Cơ quan Năng lượng Đan Mạch

# Báo cáo Ẩn danh
## tại công ty sản xuất điện

**Công ty Cổ phần Giải pháp Công nghệ Việt Nam, tháng 11, 2025**

# MỤC LỤC

**GIỚI THIỆU VỀ BỐI CẢNH** ..... **2**
**TÓM TẮT** ..... **3**
**1 VỀ DOANH NGHIỆP** ..... **5**
**1.1 Giới thiệu về công ty** ..... **5**
**1.2 Mô tả quy trình** ..... **1**
**1.3 Mô tả hệ thống tiện ích** ..... **7**
**2 PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH CÁC DỰ ÁN HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG** ..... **15**
**2.1 Cách thức xác định và phát triển các dự án HQNL** ..... **15**
**2.2 Đánh giá dự án HQNL** ..... **21**
2.2.1. Thường xuyên khắc phục rò rỉ khí nén ..... 21
2.2.2. Cải tạo đường ống khí nén theo dạng vòng thay cho dạng nhánh. ..... 21
2.2.3. Thay thế máy sấy khí cũ bằng máy sấy khí hiệu suất cao ..... 22
2.2.4. Lắp biến tần điều khiển cho máy nén khí sửa chữa A ..... 22
2.2.5. Cải tạo, sửa chữa và bọc bảo ôn các vị trí tổn thất nhiệt ..... 23
2.2.6. Thay thế động cơ quạt sục silo tro bay hiệu suất thấp bằng động cơ IE4 hiệu suất cao ..... 23
2.2.7. Tận dụng nhiệt thải từ hơi flash và nước xả đáy cho các quá trình cần thiết khác ..... 24
2.2.8. Tận dụng nhiệt thải từ hơi nước phụ trợ để gia nhiệt nước cấp bổ sung ..... 25
2.2.9. Lắp biến tần cho bơm tăng áp nước biển ..... 25
2.2.10. Lắp đặt ống hút nước biển sâu từ cảng để làm mát. ..... 26
2.2.11. Nghiên cứu phương án sử dụng than trộn với nhiệt trị và chất bốc cao hơn than thiết kế ..... 26
2.2.12. Cải tạo kết nối đường ống chung của hệ thống bơm tuần hòa nước biển 2 tổ máy ..... 28
2.2.13. Lắp đặt biến tần điều khiển cho quạt phụ trợ khu vực lò hơi ..... 29
2.2.14. Lắp biến tần cho bơm hệ thống bơm tuần hoàn nước biển ..... 30
2.2.15. Thay thế máy nghiền bi hiện tại bằng máy nghiền đứng ..... 30
**2.3 Ưu tiên các dự án HQNL** ..... **31**
**2.4 Phản hồi từ doanh nghiệp** ..... **31**
**3 CÁC DỰ ÁN HQNL ĐƯỢC XÁC ĐỊNH** ..... **33**
**4 CÁC DỰ ÁN HQNL ĐƯỢC LỰA CHỌN ĐỂ HỖ TRỢ THÊM** ..... **34**
**5 PHỤ LỤC** ..... **52**

# Giới thiệu về bối cảnh

Vào ngày 13 tháng 3 năm 2019, Thủ tướng Chính phủ đã ban hành Quyết định số 280/QĐ-TTg phê duyệt Chương trình quốc gia về sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả (VNEEP) giai đoạn 2019–2030.

Chương trình VNEEP triển khai đồng bộ các hoạt động trong lĩnh vực sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả, thể hiện cam kết của các cấp chính quyền, hiệp hội, doanh nghiệp, tổ chức và cá nhân đối với việc sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả nói riêng và ứng phó với biến đổi khí hậu, bảo vệ môi trường nói chung.

Chương trình Hợp tác năng lượng Việt Nam–Đan Mạch Giai đoạn 3 (DEPP3) trong giai đoạn 2020–2025 triển khai nhiều hoạt động thiết thực và hiệu quả, đóng góp đáng kể vào quá trình chuyển dịch năng lượng của Việt Nam theo hướng tăng trưởng xanh, giảm phát thải carbon thông qua phát triển hệ thống năng lượng xanh, vận hành hệ thống điện linh hoạt, thực thi hiệu quả các chính sách và giải pháp thúc đẩy sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả.

Một trong những hoạt động quan trọng thúc đẩy hiệu quả năng lượng là thực hiện kiểm toán năng lượng trong nhiều ngành công nghiệp tại Việt Nam.

Tài liệu này là bản tóm tắt ẩn danh của một báo cáo kiểm toán năng lượng cụ thể, được thực hiện trong khuôn khổ Chương trình DEPP3. Báo cáo kiểm toán năng lượng được tiến hành tại một nhà máy sản xuất điện, do Công ty Cổ phần Giải pháp Công nghệ Việt Nam (VETS) thực hiện, phối hợp với chuyên gia quốc tế đến từ Viegand Maagøe.

# Tóm tắt

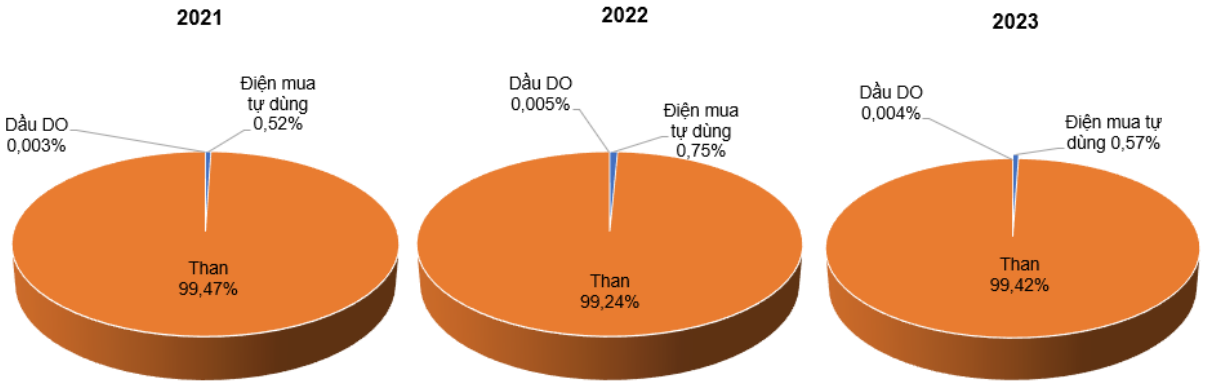
**Tình hình hoạt động của doanh nghiệp**

Trong chương này, nhóm tư vấn trình bày tổng quan về tình hình sử dụng năng lượng của nhà máy, kết quả khảo sát tại các khu vực chính được kiểm toán (kèm sơ đồ) và việc lựa chọn các cơ hội tiết kiệm năng lượng (TKNL), cùng với đánh giá chi phí - lợi ích cụ thể cho từng giải pháp được lựa chọn.

Tình hình chung về tiêu thụ năng lượng tại nhà máy:

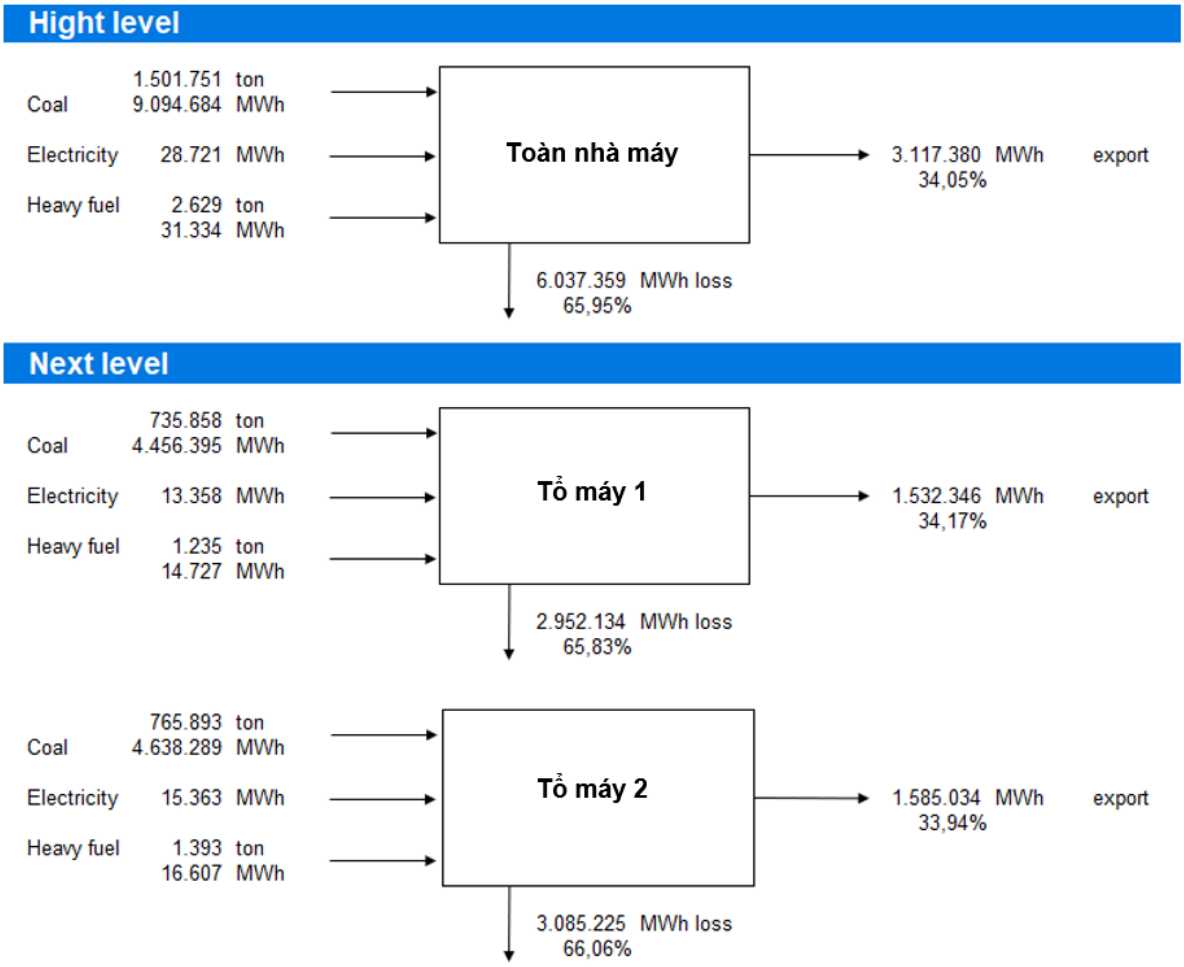
*Bảng 1.1. Cơ cấu tiêu thụ năng lượng của công ty trong giai đoạn 2021–2023*

| STT | Loại năng lượng | Đơn vị | Năng lượng tiêu thụ | Quy đổi (TOE) | Tỷ lệ (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| **Năm 2021** | | | | | |
| 1 | Điện mua tự dùng | kWh | 29.841.990 | 4.605 | 0,52 |
| 2 | Than | tấn | 1.653.607 | 873.672 | 99,47 |
| 3 | Dầu DO | tấn | 24 | 23 | 0,003 |
| | **Tổng** | | | **878,299** | **100** |
| **Năm 2022** | | | | | |
| 1 | Điện mua tự dùng | kWh | 34.767.048 | 5.365 | 0,75 |
| 2 | Than | tấn | 1.340.967 | 708.491 | 99,24 |
| 3 | Dầu DO | tấn | 40 | 38 | 0,005 |
| | **Tổng** | | | **713.893** | **100** |
| **Năm 2023** | | | | | |
| 1 | Điện mua tự dùng | kWh | 31.412.134 | 4.847 | 0,57 |
| 2 | Than | tấn | 1.596.589 | 843.547 | 99,42 |
| 3 | Dầu DO | tấn | 40 | 38 | 0,004 |
| | **Tổng** | | | **848.431** | **100** |




*Hình 1.1. Biểu đồ tỷ trọng tiêu thụ năng lượng trong giai đoạn 2021–2023*

Hiệu suất thực tế của nhà máy Nhiệt điện và các tổ máy:




*Hình 1.2. Hiệu suất thực tế của nhà máy và các tổ máy*

**Tiềm năng tiết kiệm năng lượng**

Sau khi thực hiện khảo sát, đánh giá về hiện trạng sử dụng và quản lý năng lượng tại Công ty, nhóm kiểm toán nhận thấy một số tiềm năng tiết kiệm năng lượng cho hệ thống tiến hành phân tích, tính toán chi tiết, tiềm năng tiết kiệm tại Công ty cụ thể như sau:

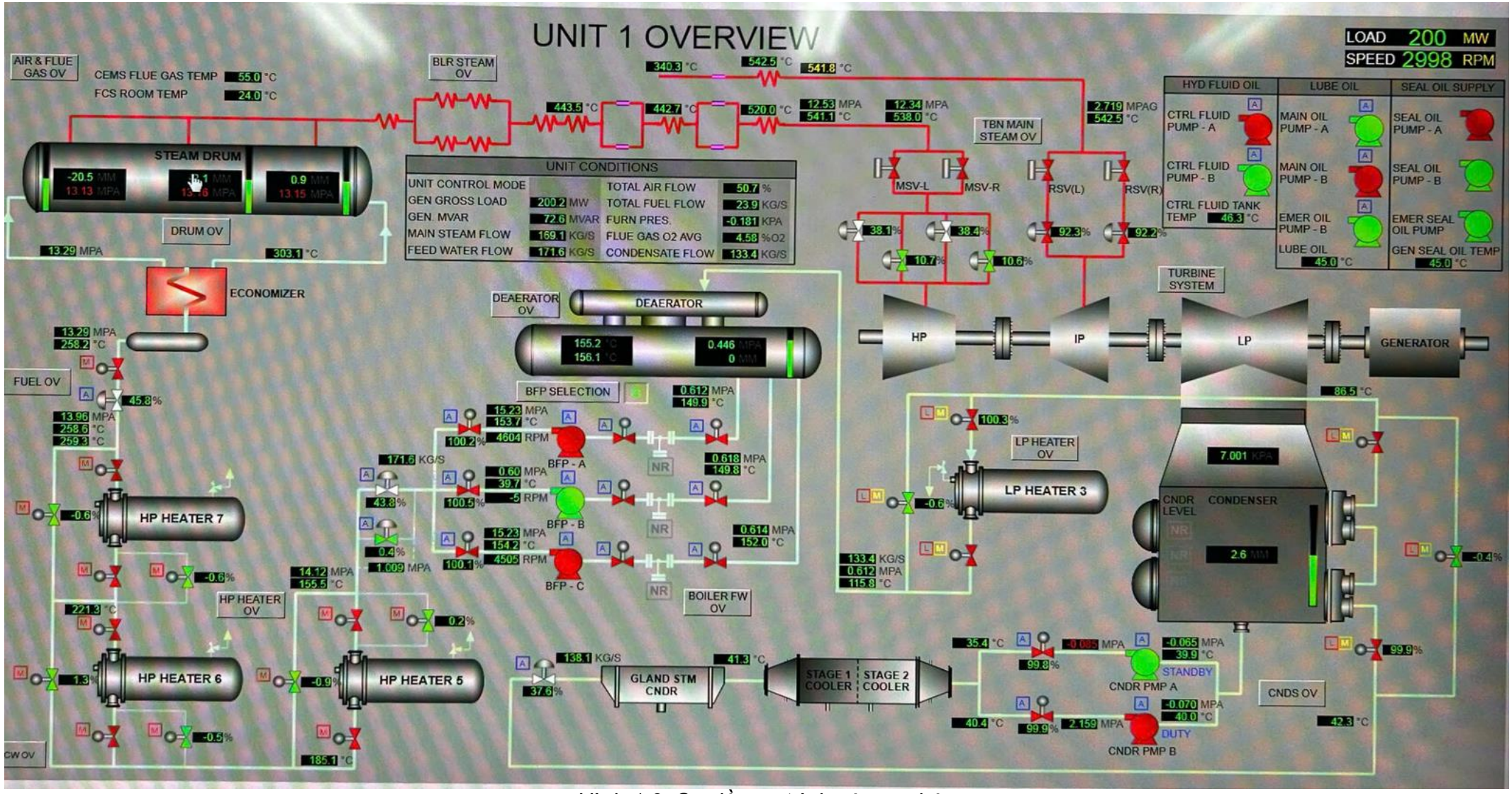
- Tiềm năng tiết kiệm năng lượng hàng năm: khoảng 37.078.333 kWh/năm và 1.461,75 tấn than/năm;
- Tiết kiệm chi phí dự kiến: khoảng 1.927.701,25 EUR/năm;
- Yêu cầu đầu tư: khoảng 6.448.895,31 EUR.

# 1 Về doanh nghiệp

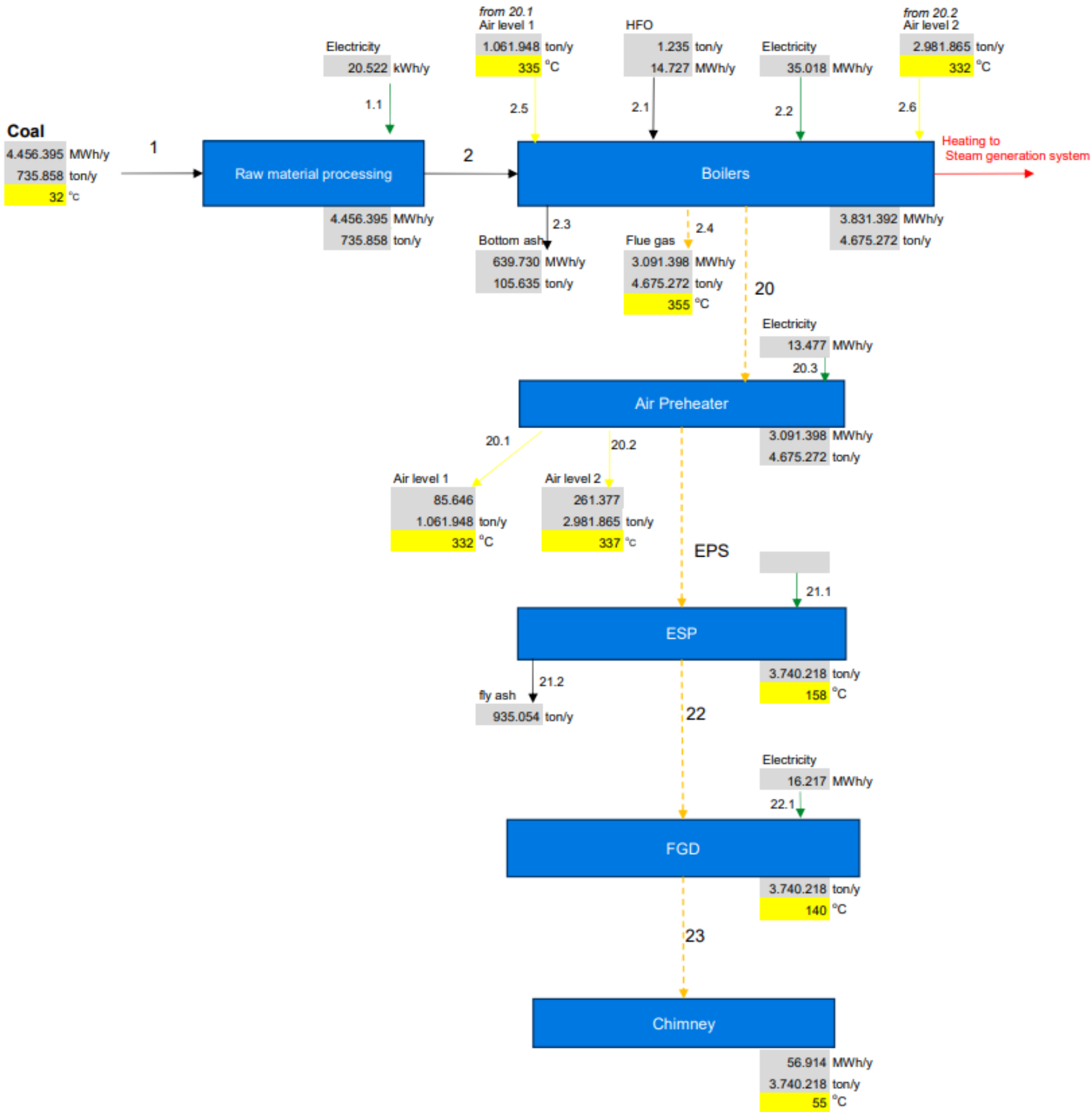
## 1.1 Giới thiệu về công ty

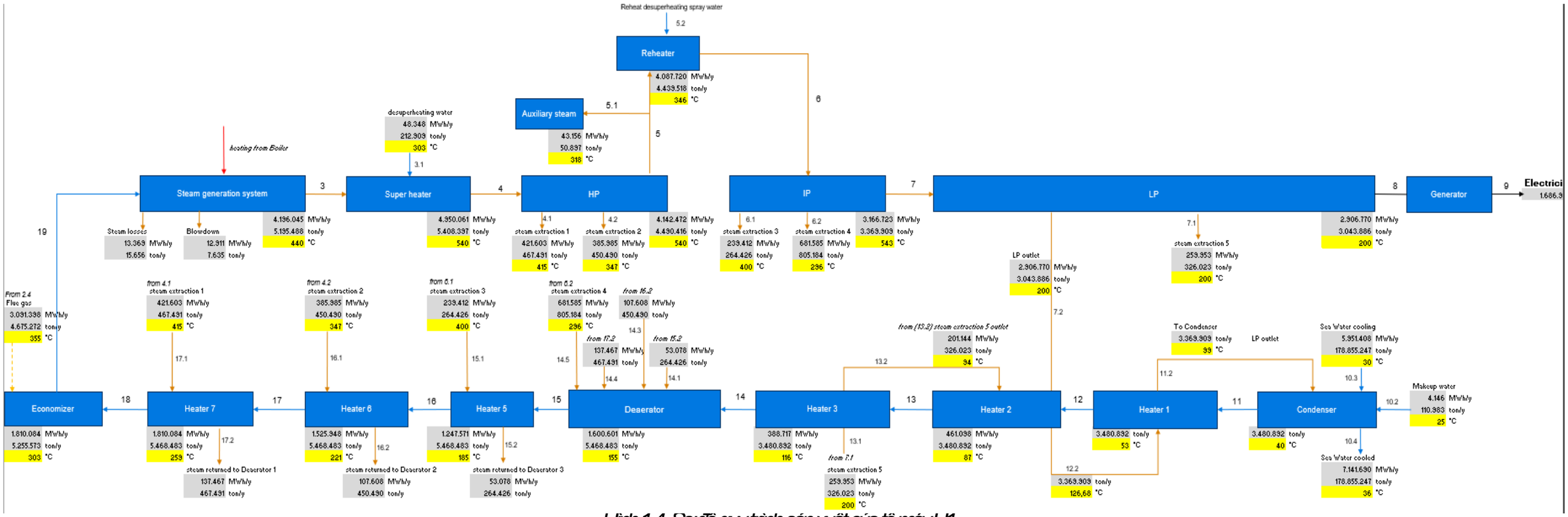
- Lĩnh vực hoạt động: Sản xuất điện
- Nguyên liệu chính: than cám antraxit 5A.1
  - Tổng lượng nguyên liệu sử dụng: 1.596.589 tấn/năm
- Sản phẩm chính: Điện thương phẩm
  - Năm 2021: 3.450.070.600 kWh
  - Năm 2022: 2.738.565.990 kWh
  - Năm 2023: 3.305.499.310 kWh
- Tổng năng lượng tiêu thụ hàng năm (Điện, than, LPG, dầu DO)
  - Điện mua tự dùng: 31.412.134 kWh (tương đương 4.847 TOE; 31.412 MWh)
  - Than: 1.596.589 tấn (tương đương 10.377 TOE; 9.669.031 MWh)
  - Dầu DO: 40 tấn (tương đương 3 TOE; 477 MWh)
- Lượng phát thải khí nhà kính hàng năm: 3.309.800 tấn $CO_2$

## 1.2 Mô tả quy trình

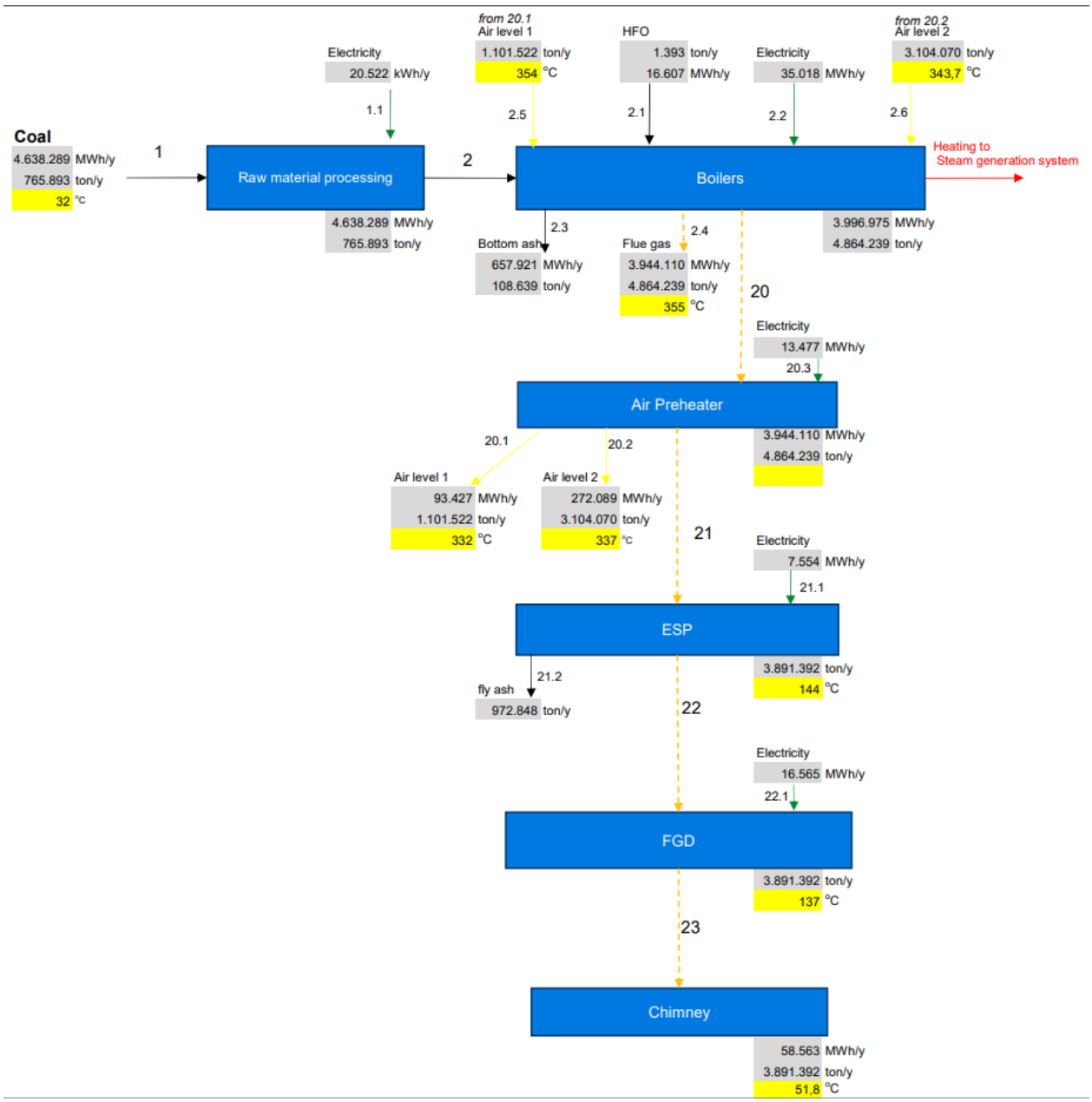


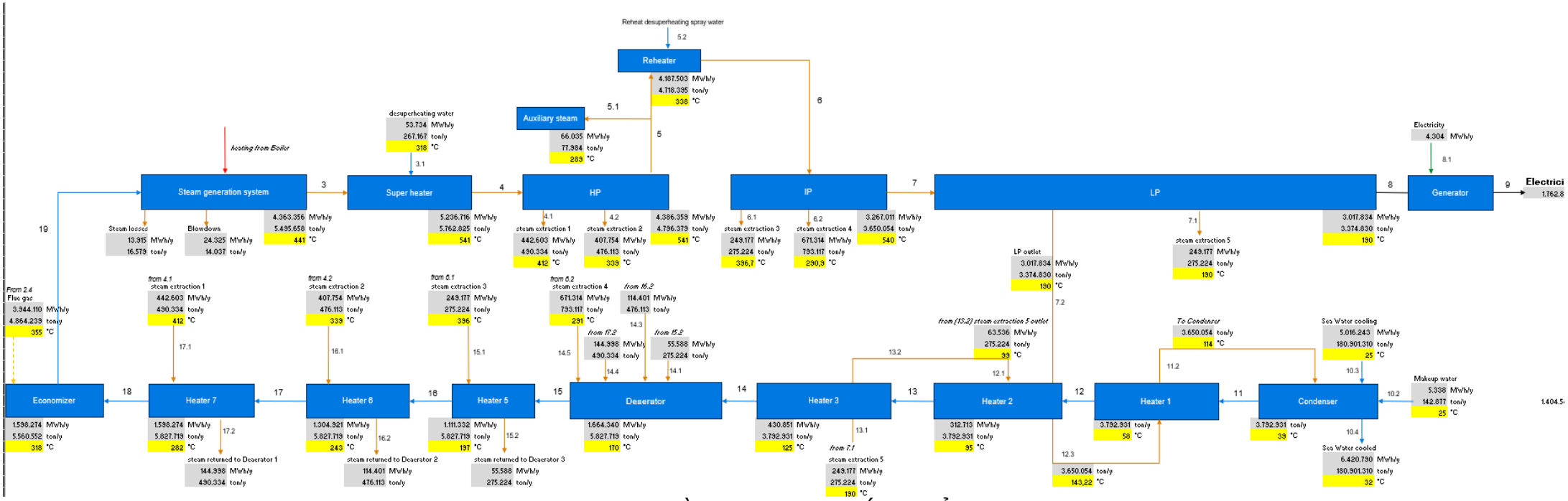

*Hình 1.3. Sơ đồ quy trình công nghệ*


Coal
4.456.395 MWh/y
735.858 ton/y
32 °C
1
Raw material processing
4.456.395 MWh/y
735.858 ton/y
Electricity
20.522 kWh/y
1.1
2
from 20.1
Air level 1
1.061.948 ton/y
335 °C
2.5
HFO
1.235 ton/y
14.727 MWh/y
2.1
Electricity
35.018 MWh/y
2.2
from 20.2
Air level 2
2.981.865 ton/y
332 °C
2.6
Boilers
Heating to
Steam generation system
3.831.392 MWh/y
4.675.272 ton/y
2.3
Bottom ash
639.730 MWh/y
105.635 ton/y
2.4
Flue gas
3.091.398 MWh/y
4.675.272 ton/y
355 °C
20
Electricity
13.477 MWh/y
20.3
Air Preheater
3.091.398 MWh/y
4.675.272 ton/y
20.1
Air level 1
85.646
1.061.948 ton/y
332 °C
20.2
Air level 2
261.377
2.981.865 ton/y
337 °C
EPS
21.1
ESP
3.740.218 ton/y
158 °C
21.2
fly ash
935.054 ton/y
22
Electricity
16.217 MWh/y
22.1
FGD
3.740.218 ton/y
140 °C
23
Chimney
56.914 MWh/y
3.740.218 ton/y
55 °C




*Hình 1.4. Sơ đồ quy trình sản xuất của tổ máy U1*


Coal
4.638.289 MWh/y
765.893 ton/y
32 °C
1
Raw material processing
4.638.289 MWh/y
765.893 ton/y
Electricity
20.522 kWh/y
1.1
2
from 20.1
Air level 1
1.101.522 ton/y
354 °C
2.5
HFO
1.393 ton/y
16.607 MWh/y
2.1
Electricity
35.018 MWh/y
2.2
from 20.2
Air level 2
3.104.070 ton/y
343,7 °C
2.6
Boilers
Heating to
Steam generation system
3.996.975 MWh/y
4.864.239 ton/y
2.3
Bottom ash
657.921 MWh/y
108.639 ton/y
2.4
Flue gas
3.944.110 MWh/y
4.864.239 ton/y
355 °C
20
Electricity
13.477 MWh/y
20.3
Air Preheater
3.944.110 MWh/y
4.864.239 ton/y
20.1
20.2
Air level 1
93.427 MWh/y
1.101.522 ton/y
332 °C
Air level 2
272.089 MWh/y
3.104.070 ton/y
337 °C
21
Electricity
7.554 MWh/y
21.1
ESP
3.891.392 ton/y
144 °C
21.2
fly ash
972.848 ton/y
22
Electricity
16.565 MWh/y
22.1
FGD
3.891.392 ton/y
137 °C
23
Chimney
58.563 MWh/y
3.891.392 ton/y
51,8 °C




*Hình 1.5. Sơ đồ quy trình sản xuất của tổ máy U2*

**Mô tả các công đoạn trong quy trình công nghệ:**

Cung cấp, chết biến nhiên liệu: Than được chuyển tới nhà máy bằng tàu được xả dỡ tại cảng của Công ty, tại đây than được vận chuyển vào kho thông qua hệ thống băng tải. Than được lưu trữ tại kho có hệ thống mái che có thể đảm bảo không bị ảnh hưởng của thời tiết mưa bão làm tăng độ ẩm trong than để đưa lên phễu than, sau đó rót xuống hai máy cấp than nguyên (dạng vít tải) và đưa xuống máy nghiền bi. Sau đó được quạt đẩy qua các bộ phân ly thô và phân ly mịn trước khi phân bổ xuống 24 vòi đốt (12 vòi trước và 12 vòi sau) để đưa vào lò. Mỗi vòi đốt được trang bị một vòi đốt dầu HFO được sử dụng khi khởi động lò, ngừng lò hoặc vận hành lò hơi ở phụ tải thấp.

Quá trình đốt cháy trong lò hơi: Việc cấp gió nóng và ngọn lửa hình chữ “W” đốt kiểu downshot sử dụng các vòi đốt than bột dòng đặc với hàm lượng NOx thấp kiểu EI-XCL (tăng cường đánh lửa – điều khiển trung tâm – Nox thấp). Các vòi đốt này được thiết kế để đốt than có hàm lượng chất bốc thấp. Hơi bão hòa qua bộ quá nhiệt trần buồng lửa, qua bộ quá nhiệt hộp, tới bộ quá nhiệt tường phân chia, qua bộ quá nhiệt cấp 1, qua bộ quá nhiệt cấp 2 (bộ quá nhiệt mành) qua bộ quá nhiệt cuối cùng (bộ quá nhiệt cấp 3); sau khi đạt được nhiệt độ cần thiết hơi quá nhiệt được đưa đến tuabine cao áp.

Tuabine và máy phát điện: Hơi nước quá nhiệt đầu tiên đi vào tuabin cao áp. Ở đây, hơi nước làm quay các cánh quạt với tốc độ cao, chuyển đổi năng lượng nhiệt thành năng lượng cơ học. Khi hơi nước giãn nở trong tuabin cao áp, nhiệt độ và áp suất của nó giảm đáng kể, điều này làm giảm khả năng sinh công của hơi nước trong các tuabin tiếp theo nên hơi được đưa qua bộ gia nhiệt để nâng cao nhiệt độ của hơi nước rồi tiếp tục được đưa đến các tuabin trung áp và hạ áp. Khi hơi nước di chuyển qua các tầng tuabin, nó mở rộng và giảm dần áp suất, cung cấp năng lượng cho các cánh quạt quay. Năng lượng cơ học từ tuabine được chuyển thành năng lượng điện thông qua máy phát điện nối liền với tuabine. Khi tuabin quay, trục quay của tuabin truyền chuyển động này đến rotor của máy phát điện tạo ra dòng điện xoay chiều trong cuộn dây của stator. Tốc độ quay của tuabin và máy phát điện phải được điều chỉnh rất chính xác để đảm bảo tần số của dòng điện là 50Hz được ổn định.

Ngưng tụ và tuần hoàn nước: Hơi quá nhiệt sau khi làm quay tuabin, hơi nước trở nên nguội hơn và được chuyển đến bộ ngưng tụ, nơi nó được làm lạnh bằng nước làm mát và chuyển thành dạng lỏng (nước ngưng). Nước ngưng tụ được gia nhiệt trở lại qua các bộ gia nhiệt và trở lại vào hệ thống lò hơi để tái sử dụng trong quá trình sinh hơi, giúp tiết kiệm nước và nâng cao hiệu suất hoạt động của nhà máy.

Xử lý khí thải và tro xỉ: Các hệ thống xử lý như lọc bụi tĩnh điện (ESP), khử lưu huỳnh (FGD), và các thiết bị khác được sử dụng để loại bỏ các chất ô nhiễm trong khí thải trước khi thải ra môi trường. Tro bay sau đó được chuyển tới các silo chứa để lưu trữ, có thể được sử dụng làm nguyên liệu cho các ngành công nghiệp như sản xuất xi măng, bê tông, gạch nhẹ, hoặc làm vật liệu lấp đầy. Xỉ đáy lò được làm nguội bằng

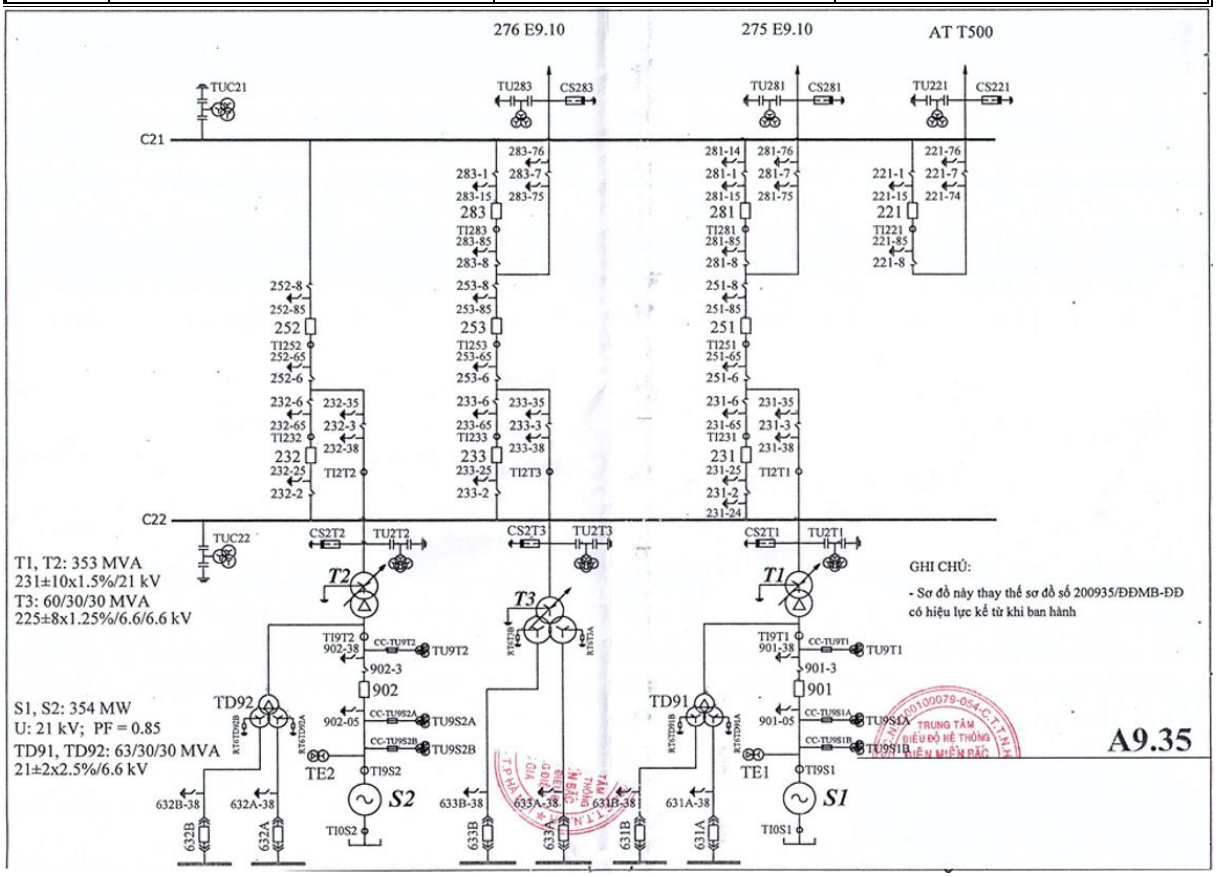
nước hoặc hệ thống làm nguội khô, sau đó được vận chuyển tới các bãi chứa để xử lý tiếp. Nhà máy được trang bị hệ thống giám sát khí thải trực tuyến để theo dõi liên tục nồng độ các chất ô nhiễm trong khí thải, từ đó điều chỉnh quá trình xử lý và tối ưu hóa hiệu quả hoạt động để đảm bảo tuân thủ các tiêu chuẩn môi trường và giảm thiểu tác động đến không khí xung quanh.

## 1.3 Mô tả hệ thống phụ trợ

- Hệ thống cấp điện:

*Bảng 1.2. Thông số trạm biến áp*

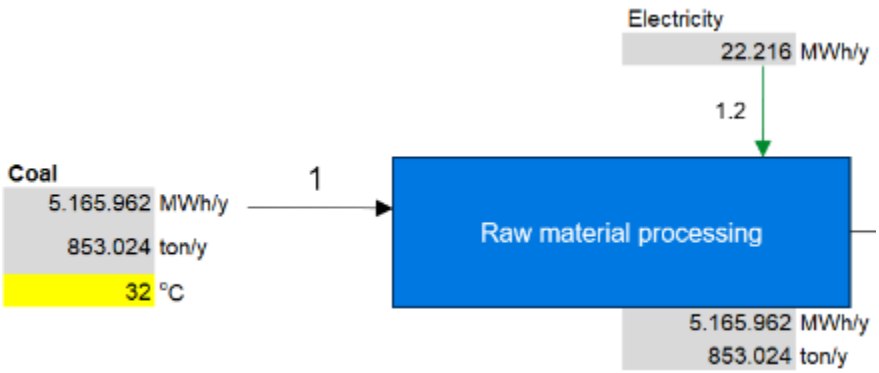
| STT | Tên thiết bị | Cấp điện áp (kV) | Công suất định mức (MVA) |
|---|---|---|---|
| 1 | Máy biến áp T1 | 231±10x1.5%/21 | 353 |
| 2 | Máy biến áp T2 | 231±10x1.5%/21 | 353 |
| 3 | Máy biến áp T3 | 225±8x1.25/6.6/6.6 | 60/30/30 |
| 4 | TD91 | 21±2x2.5%/6.6 | 63/30/30 |
| 5 | TD92 | 21±2x2.5%/6.6 | 63/30/30 |




*Hình 1.6. Sơ đồ điện 1 sợi của Công ty*

- Hệ thống cung cấp nguyên liệu

Nguyên liệu than sau khi nhập được đưa vận chuyển vào kho qua hệ thống băng tải trước khi được đưa vào nghiền. Lưu lượng than qua máy cấp được điều chỉnh bằng cách thay đổi tốc độ của băng tải máy cấp qua DCS hoặc điều khiển tại chỗ.




*Bảng 1.3. Danh sách hệ thống thiết bị phụ trợ lò hơi*

| STT | Tên thiết bị | Số lượng | Công suất (kW) | Thời gian hoạt động (giờ/năm) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Máy nghiền | 4 | 1.494 | 8.760 |
| 2 | Máy cấp than nguyên | 8 | 2,2 | 8.760 |
| 3 | Bơm làm mát dầu HGT máy nghiền | 4 | 0,75 | 8.760 |
| 4 | Bơm dầu bôi trơn máy nghiền | 8 | 5,5 | 8.760 |

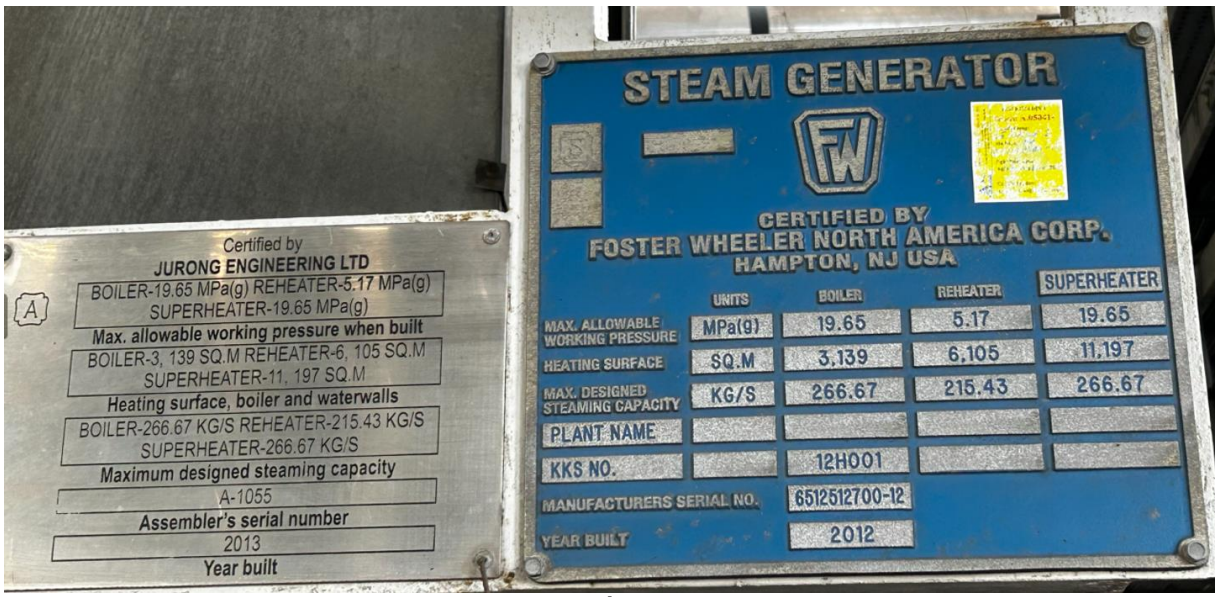
- Hệ thống lò hơi và thiết bị phụ:

Hệ thống lò hơi là thiết bị trung tâm và quan trọng nhất trong các nhà máy nhiệt điện đốt than, nó thực hiện các nhiệm vụ sau:

- Đốt cháy nhiên liệu: Đốt cháy hoàn toàn than trong buồng đốt để giải phóng lượng nhiệt lớn.
- Chuyển đổi năng lượng: Truyền nhiệt từ quá trình đốt cháy sang nước lỏng để biến nước thành hơi quá nhiệt.
- Vận hành Turbine: Hơi nước siêu nhiệt này sau đó được dẫn trực tiếp đến turbine hơi để làm quay cánh quạt turbine.

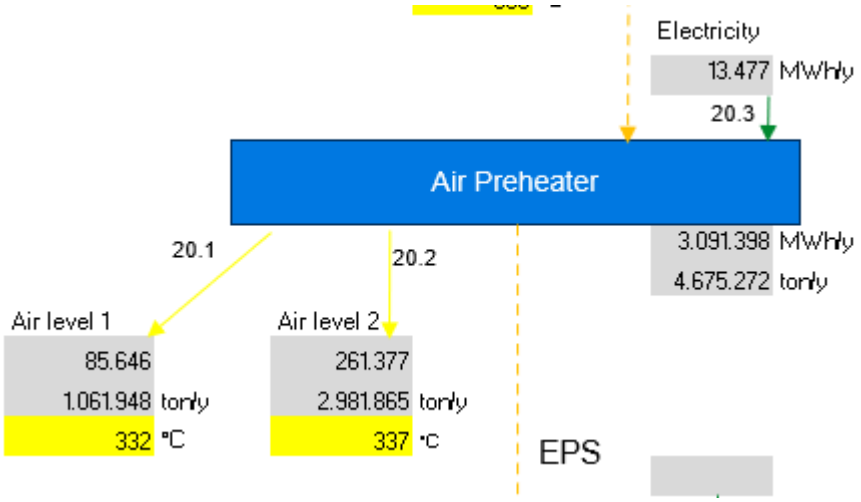
Công ty sử dụng các kiểu lò sau:

- Công ty có 2 tổ máy 300MW, mối tổ máy có 1 lò hơi cấp cho 1 tuabine để phát điện. Lò hơi tuần hoàn tự nhiên kiểu 1 bao hơi, buồng lửa đơn, gió cân bằng và bộ tái nhiệt đơn, thải xỉ khô.
- Lò được thiết kế để đốt than Antraxit Việt Nam, cùng với hệ thống máy nghiền bi. Việc cấp gió nóng và ngọn lửa hình chữ ”W” đốt kiểu dowshot sử dụng các vòi đốt than bột dòng đặc với hàm lượng Nox thấp kiểu EI-XCL (Tăng cường đánh lửa – điều khiển hướng tâm – $No_x$ thấp).




*Hình 1.7. Thông số lò hơi của Công ty*

**Bộ sấy không khí**




*Hình 1.8. Bộ sấy không khí*

- Không khí được gia nhiệt từ khói thải trước khi cấp vào lò hơi;
- Điện năng sử dụng ở công đoạn này cho các thiết bị quạt,...

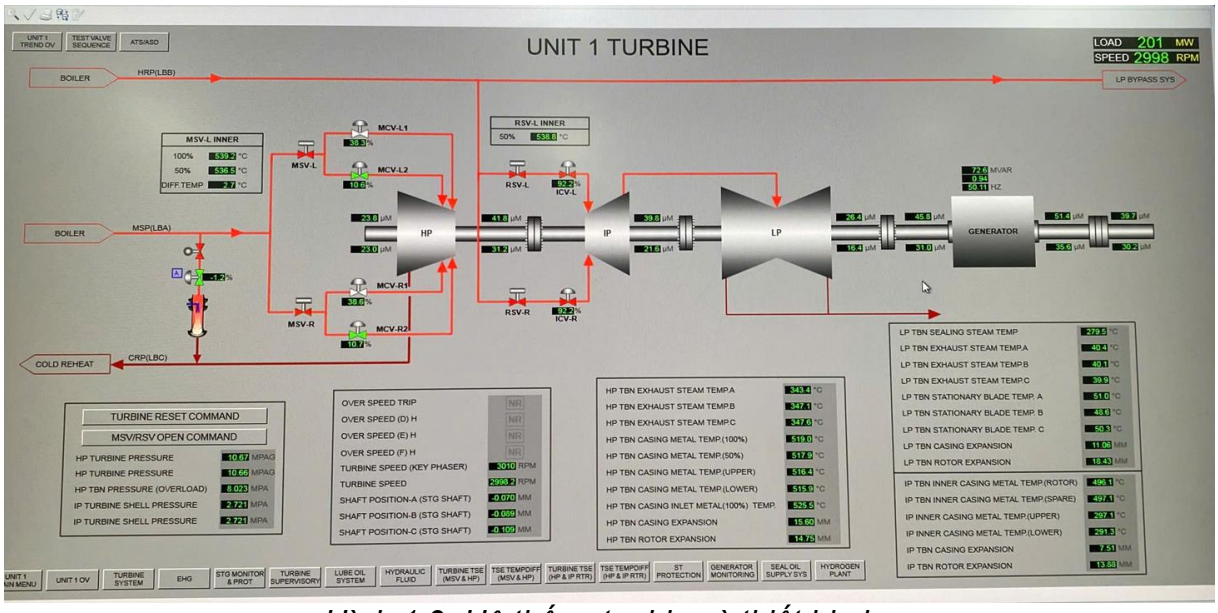
*Bảng 1.4. Hệ thống làm mềm nước cấp*

| STT | Tên thiết bị | Số lượng | Công suất (kW) | Thời gian hoạt động (giờ/năm) |
|---|---|---|---|---|
| **Hệ thống xử lý nước thô** | | | | |
| 1 | Bơm nước thô | 2 | 22 | 3.840 |
| 2 | Bơm hỗn hợp khí–nước | 4 | 22 | 3.840 |
| 3 | Bơm nước lắng | 2 | 45 | 3.840 |
| 4 | Bơm chuyển nước trong | 2 | 37 | 3.840 |
| **Hệ thống nước khử khoáng** | | | | |
| 5 | Bơm nước lọc cho khử khoáng | 2 | 11 | 3.840 |
| 6 | Bơm cấp nước lọc phục vụ | 2 | 1,5 | 3.840 |

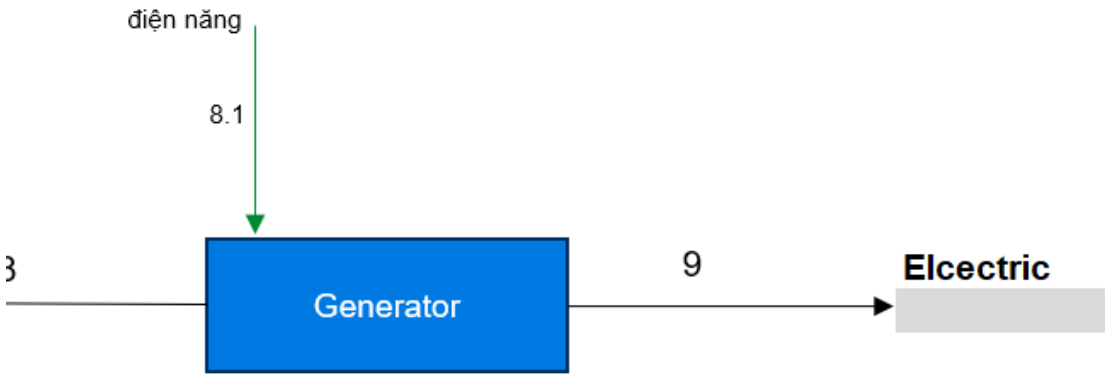
| STT | Tên thiết bị | Số lượng | Công suất (kW) | Thời gian hoạt động (giờ/năm) |
|---|---|---|---|---|
| 7 | Bơm nước thả | 2 | 11 | 3.840 |
| 8 | Bơm châm Sodium hypochlorite (NaOCl) | 2 | 0,18 | 3.840 |
| 9 | Bơm nước lọc | 2 | 11 | 3.840 |
| 10 | Bơm tăng áp nước khử khoáng | 2 | 15 | 3.840 |
| 11 | Bơm nước tái sinh | 2 | 7,5 | 3.840 |
| 12 | Bơm bể trung hòa | 2 | 15 | 3.840 |
| 13 | Bơm châm Hydrochloric acid (HCl) | 2 | 2,2 | 3.840 |
| 14 | Bơm châm Sodium hydroxide (NaOH) | 2 | 3,7 | 3.840 |

- Hệ thống tuabin và máy phát điện

Tuabine của nhà máy nhiệt điện than là turbine ngưng hơi do Công ty Fuji Nhật bản sản xuất, được cấu tạo từ 3 phần riêng biệt: Cao áp (HP), trung áp (IP) và hạ áp (LP). Nhiệm vụ của tuabin là chuyển đổi hơi thành năng lượng cơ học làm quay turbine để sản xuất điện.



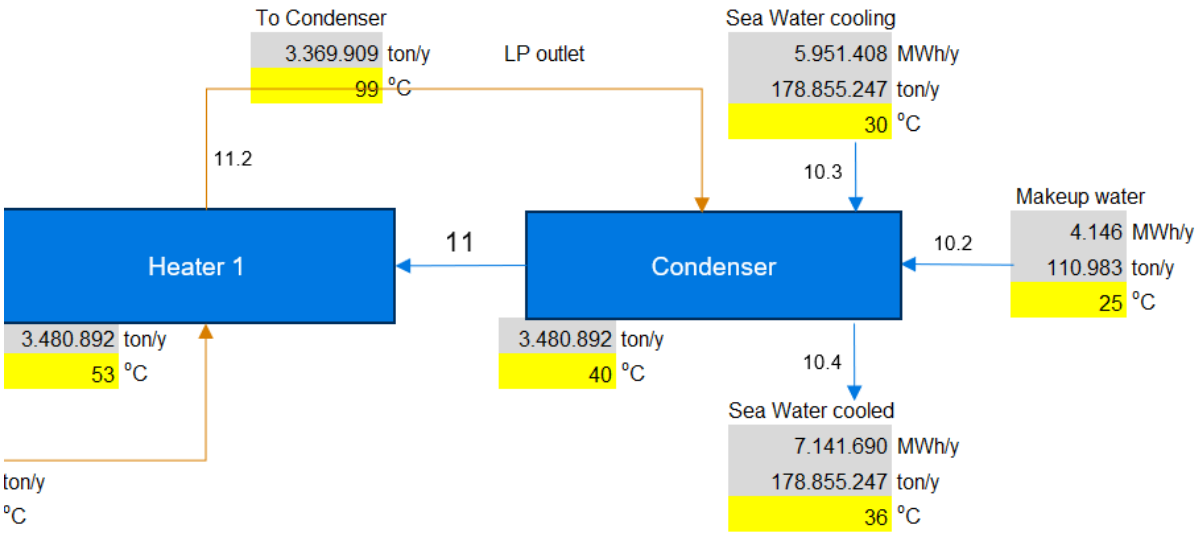

*Hình 1.9. Hệ thống tuabin và thiết bị phụ*




*Hình 1.10. Máy phát điện*

Máy phát điện tại nhà máy nhiệt điện do hãng Fuji chế tạo, có công suất 354,5MVA được làm mát bằng khí hydrogen. Điện áp đầu ra máy phát là 21kV. Tần số 50Hz.

- Điện năng sử dụng tại máy phát điện sử dụng để kích từ, làm mát, bơm dầu bôi trơn,...
  - Hệ thống nước tuần hoàn và bình ngưng




*Hình 1.11. Bình ngưng*

Hệ thống bao gồm 2 bơm ngưng, bơm ngưng chịu trách nhiệm bơm nước từ bình ngưng tụ, nơi áp suất thường khá thấp, qua các bộ gia nhiệt (economizer, bộ hâm nước) trước khi vào lò hơi. Hai bơm hoạt động luân phiên giúp đảm bảo tuổi thọ thiết bị.

*Bảng 1.5. Danh sách thiết bị hệ thống bình ngưng*

| STT | Tên thiết bị | Số lượng (thiết bị) | Công suất (kW) | Thời gian sử dụng (giờ/năm) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Bơm ngưng A | 4 | 527 | 8.760 |
| 2 | Bơm lọc nước ngưng | 4 | 18 | 8.760 |
| 3 | Bơm cấp | 6 | 5.100 | 8.760 |

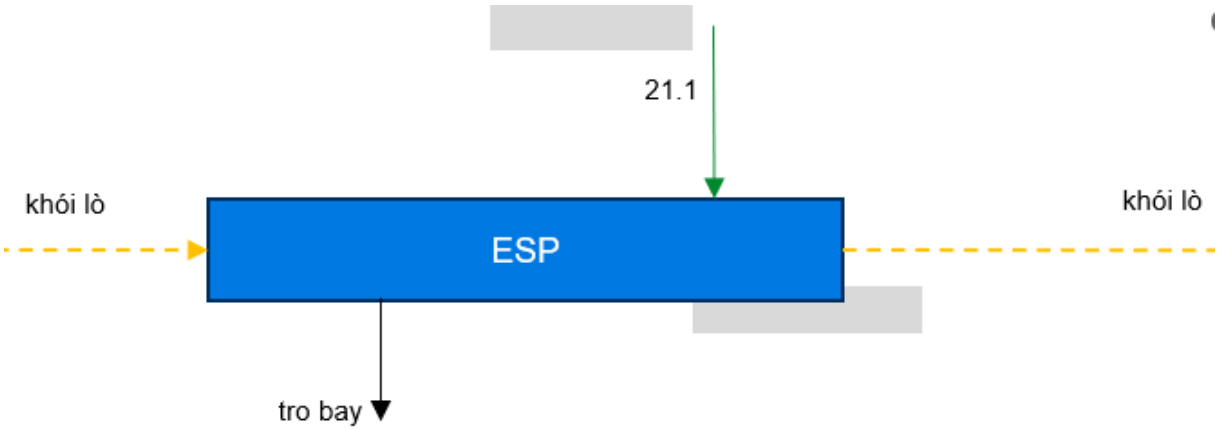
Hệ hống bơm tuần hoàn nước biển: Hai tổ máy đang sử dụng 4 bơm tuần hoàn nước biển làm mát và duy trì áp suất chân không cho bình ngưng tụ.

Hệ hống bơm tuần hoàn kín: Bao gồm 2 bơm có nhiệm vụ cấp nước giải nhiệt cho hệ thống dầu làm mát ổ trục, gối đỡ các loại động cơ, làm mát dầu chèn,...

*Bảng 1.6. Danh sách thiết bị hệ thống nước tuần hoàn*

| STT | Tên thiết bị | Số lượng (thiết bị) | Công suất (kW) | Thời gian sử dụng (giờ/năm) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Bơm nước làm mát tuần hoàn kín | 4 | 306 | 8.760 |
| 2 | Bơm tăng áp nước biển | 4 | 170 | 8.760 |
| 3 | Bơm tuần hoàn | 4 | 1.600 | 8.760 |

- Hệ thống xử lý khói thải




*Hình 1.12. Hệ thống lọc bụi tĩnh điện (ESP)*

*Hình 1.13. Hệ thống lọc bụi tĩnh điện của Công ty*

*Bảng 1.17. Danh sách thiết bị hệ thống lọc bụi tĩnh điện*

| STT | Tên thiết bị | Số lượng (thiết bị) | Công suất (kW) | Thời gian sử dụng (giờ/năm) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Búa gõ cực phóng | 32 | 0,37 | 8.760 |
| 2 | Búa gõ cực thu | 32 | 0,37 | 8.760 |
| 3 | Quạt sấy sứ | 4 | 7,5 | 8.760 |
| 4 | Bộ sấy | 4 | 2 | 8.760 |
| 5 | Máy biến áp chỉnh lưu nhánh A | 16 | - | 8.760 |

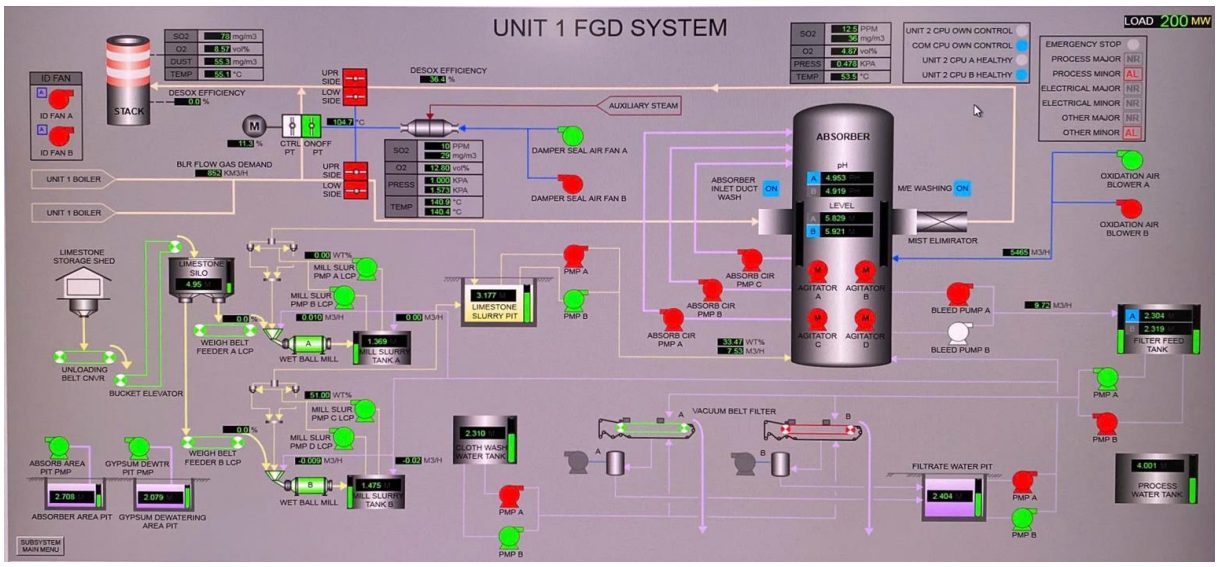
Hệ thống lọc bụi tĩnh điện tại Công ty được cung cấp bởi KC Cottel (Hàn Quốc) có hiệu suất khử bụi lên tới 99,79% được tác dụng tách tro bay và bụi khỏi dòng khói trước khi được đưa tới hệ thống xử lý SOx và NOx.

Điện năng dùng trong hệ thống để lọc bụi và vận hành hệ thống rũ bụi, quạt

*Hệ thống xử lý Sox và Nox (FGD)*

Khói sau khi qua bộ lọc bụi tĩnh điện ESP được quạt khói đưa vào hệ thống tháp hấp thụ FGD (flue gas desulfurization) để khử SOx trong khói với hiệu suất khử trên 95%. Khói ra khỏi FGD được đưa lên ống khói có chiều cao 205m đã được khử bụi, NOx, SOx… nên nồng độ các chất phát thải rất thấp, khói trước khi ra khỏi ống khói được giám sát liên tục các chỉ số thông qua hệ thống CEMS (Continuous Emission Monitoring System) và được truyền gửi đến màn hình chính Cổng Nhà máy, đến sở Tài nguyên môi trường và Tập đoàn Điện lực Việt Nam để giám sát online.

*Hình 1.14. Hệ thống xử lý Sox và NOx của Công ty*




*Hình 1.15. Màn hình điều khiển hệ thống FGD*

Hệ thống được chia thành 3 hệ thống chính:

- Hệ thống tháp hấp thụ;
- Hệ thống chuẩn bị bùn vôi;
- Hệ thống khử nước thạch cao.

*Bảng 1.18. Danh sách thiết bị hệ thống FGD*

| STT | Tên thiết bị | Số lượng (thiết bị) | Công suất (kW) | Thời gian sử dụng (giờ/năm) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Bơm tuần hoàn tháp hấp thụ | 3 | 425/375/325 | 8.760 |
| 2 | Quạt chèn tấm chắn đường khói | 4 | 45 | 8.760 |
| 3 | Máy khuấy tháp hấp thụ | 8 | 30 | 8.760 |
| 4 | Quạt oxy hóa | 4 | 220 | 8.760 |
| 5 | Bơm bể xả sự cố tháp hấp thụ | 2 | 37 | 8.760 |
| 6 | Quạt hút khí phễu nhận đá vôi | 2 | 22 | 8.760 |
| 7 | Máy nghiền đá vôi | 4 | 110 | 8.760 |
| 8 | Bơm bùn nghiền | 4 | 15 | 8.760 |
| 9 | Bơm cấp bùn vôi | 4 | 22 | 8.760 |
| 10 | Bơm chân không | 4 | 90 | 8.760 |
| 11 | Bơm nước sản xuất | 4 | 55 | 8.760 |
| 12 | Bơm nước dàn khử ẩm | 4 | 30 | 8.760 |

- Hệ thống cung cấp khí nén:

Công ty sử dụng 4 máy nén khí trục vít với 2 máy công suất 145kW, 2 máy công suất 90kW và được bố trí tập trung. Áp suất cài đặt 7 – 8,5 bar theo nhu cầu của các

hệ thống sử dụng khí nén của Công ty. Các MNK đang hoạt động theo chế độ Load/ Unload.

*Bảng 1.19. Thống kê thiết bị hệ thống MNK*

| STT | Tên máy nén khí | Số lượng (chiếc) | Công suất (kW) | Áp suất cài đặt (bar) | Thời gian vận hành (giờ/ngày) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | MNK sửa chữa A | 1 | 90 | 7-8,5 | 24 |
| 2 | MNK sửa chữa B | 1 | 90 | 7-8,5 | 24 |
| 3 | MNK điều khiển A | 1 | 145 | 7-8,5 | 24 |
| 4 | MNK điều khiển B | 1 | 145 | 7-8,5 | 24 |

# 2 Phương pháp xác định các dự án hiệu quả năng lượng

## 2.1 Cách thức xác định và phát triển các dự án HQNL

Trong quá trình thực hiện kiểm toán năng lượng, nhóm tư vấn đã thực hiện các nội dung sau:

*a) Thu thập và phân tích dữ liệu*

Thu thập dữ liệu liên quan đến hoạt động và sử dụng năng lượng của cơ sở trong 3 năm gần nhất, bao gồm thông tin về sản lượng, chỉ số KPI tiêu thụ năng lượng, dữ liệu sử dụng năng lượng, danh mục thiết bị, sơ đồ quy trình công nghệ, sổ theo dõi vận hành hệ thống và các giải pháp tiết kiệm năng lượng đã được áp dụng.

*b) Khảo sát hệ thống*

Khảo sát hệ thống trong nghiên cứu này bao gồm đánh giá nhiều thiết bị chính nhằm đảm bảo đánh giá toàn diện về mức tiêu thụ và hiệu quả sử dụng năng lượng:

- Hệ thống cung cấp điện: Khảo sát hệ thống điện và biểu đồ phụ tải, thu thập dữ liệu trên DCS.
- Hệ thống cung cấp, chế biến nhiên liệu: Kiểm tra các thiết bị như máy nghiền, máy sàng, băng tải,... thu thập dữ liệu trên DCS.
- Hệ thống lò hơi và thiết bị phụ: Kiểm tra hệ thống lò, đo lường tiêu thụ năng lượng, thu thập dữ liệu trên DCS.
- Hệ thống turbine và máy phát điện: Thu thập dữ liệu tiêu thụ năng lượng trên DCS.
- Hệ thống nước tuần hoàn và bình ngưng: Đo nhiệt độ, khảo sát và thu thập dữ liệu tiêu thụ năng lượng trên DCS.
- Hệ thống tuần xử lý khói thải: Thu thập dữ liệu vận hành, tiêu thụ năng lượng trên DCS;
- Hệ thống máy nén khí: Đo điện, khảo sát áp suất, lưu lượng và rò rỉ khí nén.
- Hệ thống chiếu sáng: Đo cường độ ánh sáng và hiệu suất chiếu sáng.

Các hệ thống khác: Thử nghiệm bổ sung để đảm bảo đánh giá toàn diện.

*c) Đánh giá sơ bộ và xác định tiềm năng tiết kiệm năng lượng*

Việc đánh giá sơ bộ và xác định tiềm năng tiết kiệm năng lượng được bắt đầu bằng quá trình khảo sát hiện trạng nhằm đánh giá mức độ sử dụng năng lượng của các hệ thống trong nhà máy. Đánh giá ban đầu này giúp nhận diện các khu vực có tiềm năng tiết kiệm năng lượng đáng kể. Trên cơ sở này, nhóm tư vấn xây dựng kế hoạch thu thập dữ liệu và thử nghiệm hệ thống một cách có cấu trúc, nhằm phục vụ cho việc đánh giá chuyên sâu các giải pháp tiết kiệm năng lượng.

Sau đó, nhóm tư vấn sẽ triển khai khảo sát chi tiết, bao gồm việc quan sát thực tế và tiến hành đo đạc chính xác đối với các hệ thống và thiết bị quan trọng. Bước này đảm bảo dữ liệu thu thập được có độ chính xác cao, phục vụ cho việc phân tích hiệu suất, nhận diện các cơ hội tiết kiệm năng lượng, cũng như xem xét các yếu tố khác có ảnh hưởng đến hiệu quả vận hành tổng thể.

*d) Xây dựng sơ đồ năng lượng (energy mapping)*

Nhằm đánh giá toàn diện hệ thống sản xuất và sử dụng năng lượng để tối ưu hoá sử dụng năng lượng và bảo vệ môi trường. Quá trình này bao gồm cân bằng vật chất và năng lượng, đánh giá hiệu suất năng lượng, xác định các khu vực có tiềm năng cải tiến và đề xuất các biện pháp giảm tiêu thụ năng lượng trong các hệ thống như quy trình công nghệ. Sơ đồ năng lượng giúp Ban quản lý năng lượng của Công ty có góc nhìn tổng thể về toàn bộ các hệ thống tiêu thụ năng lượng.

*e) Đánh giá hiệu suất năng lượng*

Đánh giá hiệu suất năng lượng được thực hiện bằng cách phân tích mức tiêu thụ năng lượng thực tế so với mức tối ưu và tính toán hệ số hiệu suất năng lượng. Phương pháp này giúp xác định hiệu suất tổng thể của từng hệ thống và nhận diện các khu vực cần cải thiện.

Dựa trên kết quả, nhóm tư vấn đề xuất các giải pháp tiết kiệm chi phí nhằm nâng cao hiệu quả năng lượng. Đồng thời, đánh giá sơ bộ mức đầu tư, chi phí tiết kiệm tiềm năng và thời gian hoàn vốn của các giải pháp được đề xuất để đảm bảo tính khả thi và hiệu quả.

*f) Phân tích và đánh giá chi tiết*

Quy trình phân tích và đánh giá chi tiết bao gồm việc tổng hợp, phân tích và đánh giá dữ liệu thu thập được nhằm xây dựng cơ sở cho việc phát triển các giải pháp tiết kiệm năng lượng. Quá trình này bao gồm việc phân tích tỷ lệ tiêu thụ năng lượng và các chỉ số hiệu suất chính (KPI) liên quan đến hiệu quả sử dụng năng lượng. Một đánh giá toàn diện về việc sử dụng năng lượng được thực hiện thông qua việc xây dựng các bản đồ năng lượng cho từng khu vực và hệ thống cụ thể.

Ngoài ra, mức tiêu thụ năng lượng hiện tại của các thiết bị trong quy trình công nghệ và dây chuyền sản xuất – chẳng hạn như máy nghiền, lò hơi, tuabin cũng được đánh giá. Nghiên cứu còn xem xét mức tiêu thụ năng lượng của các hệ thống phụ trợ, hệ thống làm mát bằng nước và khí nén, cũng như các hệ thống bơm, quạt khác.

*g) Xác định các cơ hội và phương án tiết kiệm năng lượng*

Quá trình xác định cơ hội và phương án tiết kiệm năng lượng bắt đầu từ việc đánh giá toàn diện hiệu suất thiết bị và quy trình được đo lường trong dự án. Điều này bao gồm khảo sát chi tiết, điều tra và phân tích từng hệ thống để đánh giá hiệu quả và tiềm năng cải thiện.

Dựa trên các đánh giá này, nhóm tư vấn sẽ xây dựng kế hoạch thực hiện các dự án đầu tư tiết kiệm năng lượng, bao gồm ước tính sơ bộ tiềm năng tiết kiệm. Tập trung vào tối ưu hoá quy trình hoặc hệ thống hiện tại nhằm nâng cao hiệu suất, giảm chi phí, hạn chế sự cố vận hành và nâng cao chất lượng sản phẩm/dịch vụ.

Ngoài ra, nhóm tư vấn sẽ đánh giá và xếp hạng ưu tiên các dự án tiềm năng theo các tiêu chí chính như tính khả thi, thời gian hoàn vốn và mức đầu tư cần thiết.

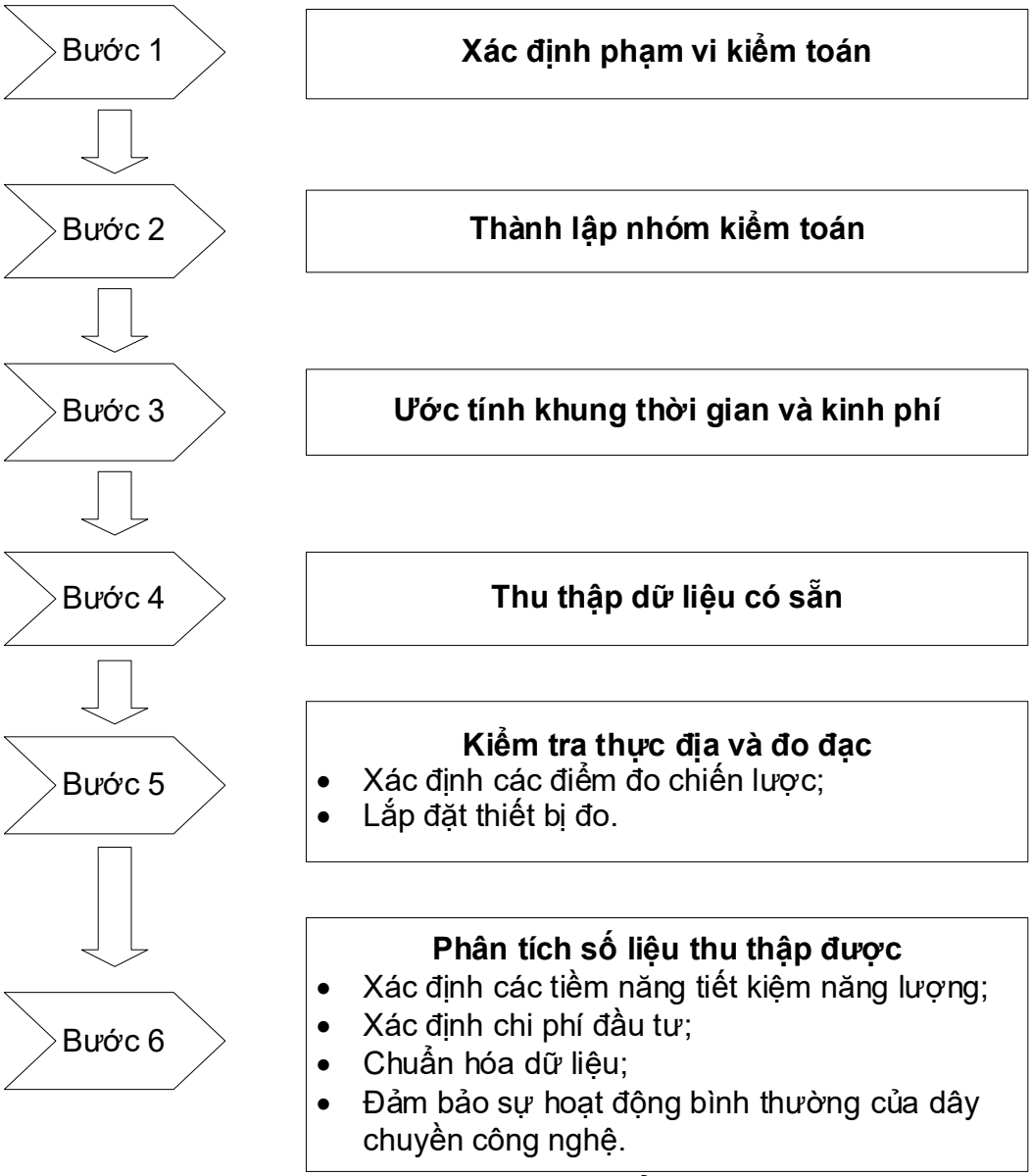
**Phương pháp đo lường và thiết bị sử dụng**

Nhóm kiểm toán năng lượng sử dụng phương pháp đo trực tiếp: Sử dụng các thiết bị trong *Bảng 2.3* để đo đạc chi tiết tại từng khu vực, thiết bị tiêu thụ năng lượng nhằm xác định các thông số như: nhiệt độ, áp suất, chất lượng ánh sáng, công suất tiêu thụ, chất lượng điện áp, hệ số công suất. Ngoài ra, nhóm kiểm toán cũng thu thập dữ liệu lưu trữ sẵn có từ các đồng hồ đo, hệ thống giám sát và dữ liệu tiêu thụ năng lượng trong quá khứ của doanh nghiệp.

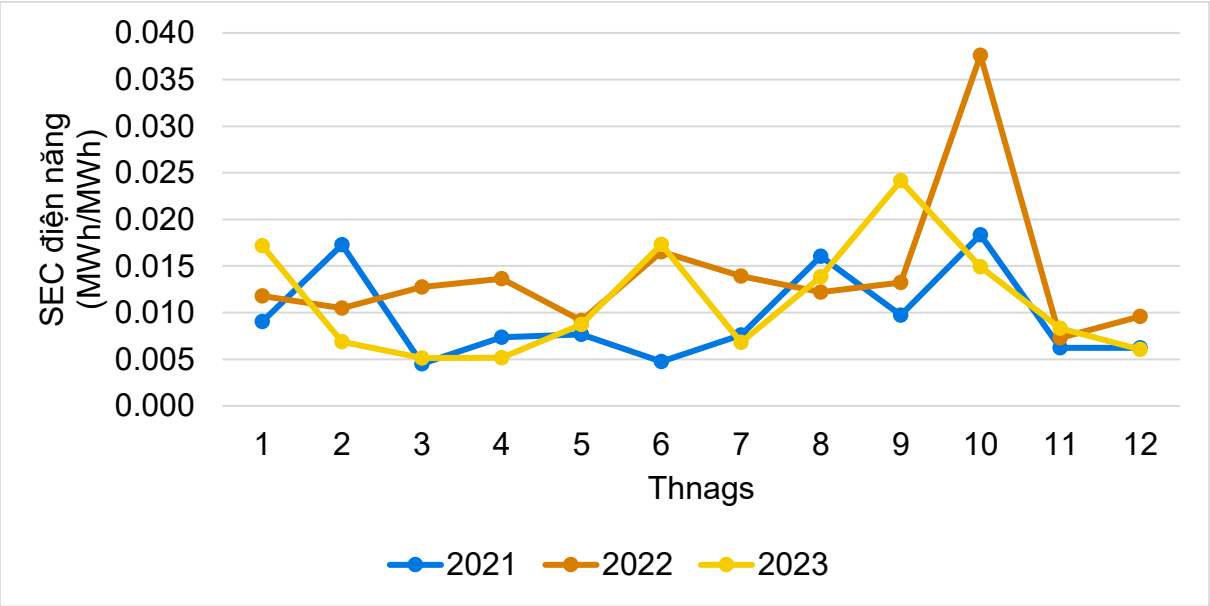
**Quy trình thực hiện kiểm toán năng lượng**

- *Quy trình thực hiện chi tiết:*

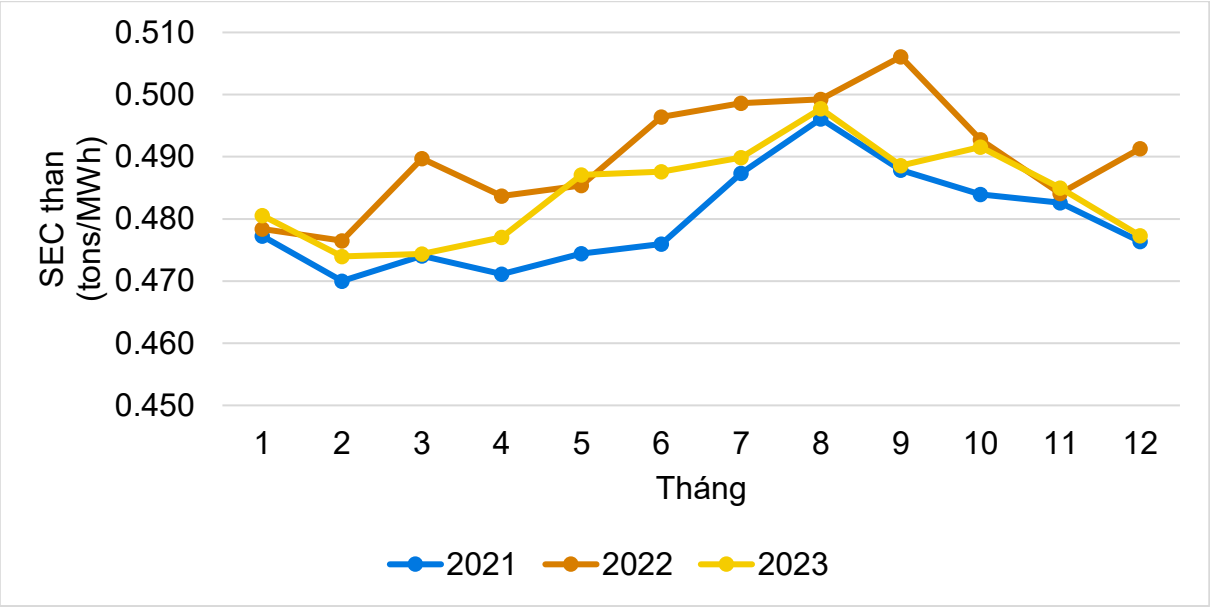
Quy trình kiểm toán năng lượng được thực hiện theo hướng dẫn tại Thông tư 25/2020/TT-BCT ngày 29/9/2020. Cụ thể như sau:



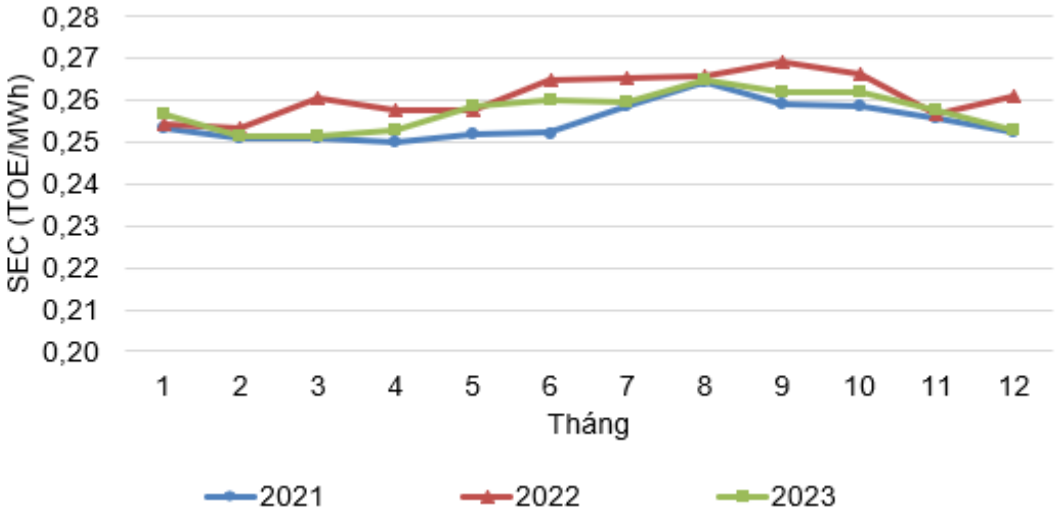

*Hình 2.1. Quy trình kiểm toán*




*Hình 2.2. Suất tiêu hao điện năng của Công ty 2021-2023*




*Hình 2.3. Suất tiêu hao than của công ty giai đoạn 2021-2023*




*Hình 2.4. Suất tiêu hao năng lượng của công ty 2021-2023*

Suất tiêu hao năng lượng của Công ty ổn định giữa các năm và giữa các tháng trong năm. Cụ thể:

- Năm 2022 suất tiêu hao năng lượng trung bình tăng 2,4% so với năm 2021;
- Năm 2023 suất tiêu hao năng lượng trung bình giảm 1,54% so với năm 2022.

Suất tiêu hao năng lượng có trong giai đoạn 2021-2023 ổn định nhờ Công ty có nhu cầu sản xuất của phụ tải ổn đinh, hệ thống quản lý vận hành hiệu quả, hệ thống thiết bị được hiệu chỉnh, bảo trì, bảo dưỡng hệ thống định kỳ.

Việc xác định và triển khai các giải pháp tiết kiệm năng lượng là cần thiết để cải thiện suất tiêu hao hiện tại. Ngoài ra, sự biến động bất thường của chỉ số SEC là dấu hiệu cần cải thiện trong hệ thống quản lý của công ty.

Để xác định tiềm năng tiết kiệm năng lượng, nhóm tư vấn đã kết hợp phân tích hệ thống bằng Công cụ Lập bản đồ năng lượng (Energy Mapping Tool) với đánh giá chuyên gia. Việc lập bản đồ năng lượng giúp xác định các khu vực có mức tiêu thụ

năng lượng cao nhất, từ đó nhà máy có thể tập trung vào các cơ hội cải tiến trọng yếu. Phương pháp này đóng vai trò như một công cụ thiết yếu trong quản lý năng lượng, hỗ trợ triển khai các sáng kiến tiết kiệm năng lượng một cách hệ thống và nâng cao hiệu quả tổng thể.

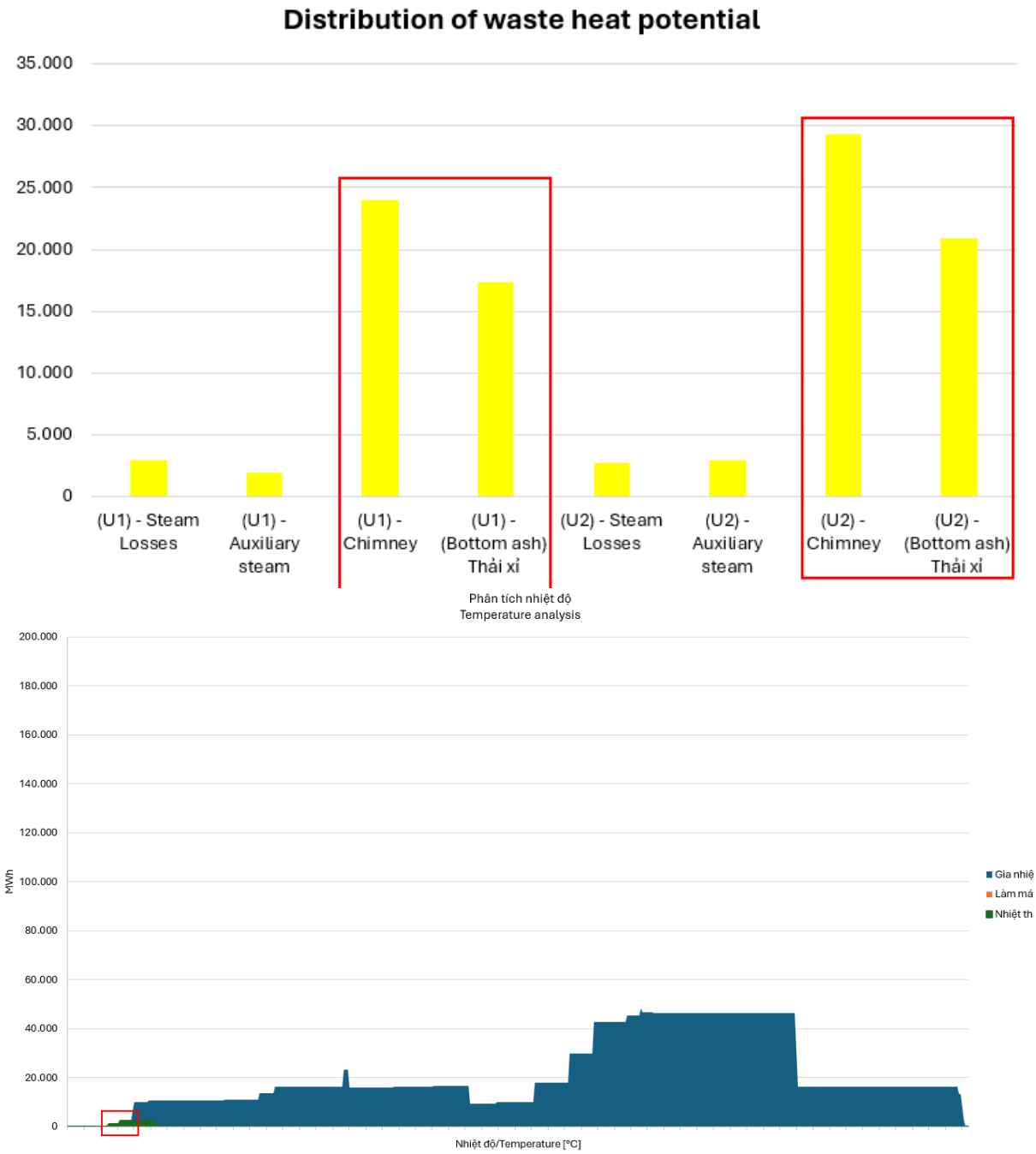
Những phát hiện chính từ phân tích sơ đồ năng lượng bao gồm:

*Hình 2.5. Nhận diện tiềm năng TKNL từ mapping*

Đối với các phụ tải điện, tổng mức tiêu thụ của hệ thống phụ trợ lò hơi, hệ thống nghiền, hệ thống bơm tuần hoàn, hệ thống khói thải chiếm tỷ lệ cao so với các công đoạn khác trong dây chuyền. Điều đó cho thấy cần có biện pháp để giảm điện năng tiêu thụ các phụ tải này.

Đối với các quá trình sử dụng nguồn nhiệt nóng, kết quả tính toán cho thấy lượng lượng nhiệt sử dụng tại bộ quá nhiệt là nhiều nhất, tuy nhiên lượng hơi này được tuần hoàn trong quá trình sản xuất nên không đáng kể. Một phần khá lớn nhiệt lượng đang

chưa được tận dụng hết như lượng hơi tự dùng sau khi sử dụng được thải thẳng ra ngoài môi trường; bị thất thoát qua các đường khói thải; qua bức xạ nhiệt; qua xỉ than,… Đây cũng là khu vực cần quan tâm để tận dụng hết lượng nhiệt hữu ích và nâng hiệu suất chung tổng thể hệ thống.




*Hình 2.6. Nhận diện tiềm năng thu hồi nhiệt thải và tối ưu nhiệt giữa các quá trình (vùng khoanh đỏ)*

Thông qua các phương pháp phân tích hệ thống nêu trên, nhóm tư vấn đã đề xuất danh mục các giải pháp tiết kiệm năng lượng tiềm năng (List level B) như trình bày tại Chương 3 của báo cáo.

Tiềm năng tiết kiệm năng lượng do nhóm tư vấn đề xuất là rất lớn. Việc thực hiện các giải pháp này sẽ góp phần giảm đáng kể chi phí năng lượng. Theo đánh giá, các giải pháp nêu trên có tính khả thi cao về mặt kỹ thuật và kinh tế. Dựa vào danh mục đề xuất, nhóm tư vấn sẽ phối hợp cùng Nhà máy lựa chọn các giải pháp cần nghiên

cứu đầu tư tiếp theo (Danh mục level A). Chi phí đầu tư sẽ được ước tính sơ bộ và tính toán chi tiết trong giai đoạn đầu tư.

*Bảng 2.1. Danh mục level A – Các giải pháp TKNL cần đầu tư*

| STT | Mô tả | Khu vực | Thiết bị | Tiết kiệm năng lượng | Tiềm năng tiết kiệm (kWh) | Ước tính chi phí tiết kiệm (EUR) | Chi phí đầu tư (EUR) | Hoàn vốn (năm) | Sơ lược về tiềm năng TKNL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Lắp biến tần điều khiển cho máy nén khí sửa chữa A | Máy nén khí | Biến tần | Tiết kiệm điện | 37.189 | 1.837 | 6.588 | 3,59 | Máy nén khí sửa chữa A vận hành với thời gian không tải lớn, vận hành chế độ Load/Unload |
| 2 | Cải tạo, sửa chữa và bọc bảo ôn các vị trí tổn thất nhiệt (bảo ôn các vị trí tổn thất nhiệt) | Lò hơi | Bảo ôn | Tiết kiệm nhiệt | 581 | 6.282 | 3.294 | 0,52 | Nhiều vị trí bảo ôn đã bị xuống cấp, tổn thất nhiệt lớn |
| | Cải tạo, sửa chữa và bọc bảo ôn các vị trí tổn thất nhiệt (bảo ôn van hơi) | | | | 217 | 2.340 | 6.588 | 2,82 | |
| 3 | Cải tạo kết nối đường ống chung của hệ thống bơm tuần hòa nước biển 2 tổ máy | Bơm tuần hoàn | Khớp nối, đường ống | Tiết kiệm điện | 3.744.000 | 184.991 | 65.880 | 0,36 | Lưu lượng nước làm mát bình ngưng vào mua đông dư |
| 4 | Lắp đặt biến tần điều khiển cho quạt phụ trợ khu vực lò hơi | Lò hơi | Biến tần | Tiết kiệm điện | 12.638.683 | 624.477 | 1.317.600 | 2,11 | IDF, FDF, PAF đang điều khiển trực tiếp, điều khiển lưu lượng bằng van |

| STT | Mô tả | Khu vực | Thiết bị | Tiết kiệm năng lượng | Tiềm năng tiết kiệm (kWh) | Ước tính chi phí tiết kiệm (EUR) | Chi phí đầu tư (EUR) | Hoàn vốn (năm) | Sơ lược về tiềm năng TKNL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | Lắp biến tần cho bơm hệ thống bơm tuần hoàn nước biển | Bơm tuần hoàn | Biến tần | Tiết kiệm điện | 7.371.817 | 364.241 | 658.800 | 1,81 | Bơm tuần hoàn nước biển đang điều khiển trực tiếp, điều khiển lưu lượng bằng van |

## 2.2 Đánh giá dự án HQNL

Việc đánh giá từng giải pháp tiết kiệm năng lượng được thực hiện dựa trên một khung đánh giá có cấu trúc rõ ràng. Việc đánh giá này xem xét nhiều yếu tố, bao gồm mức tiết kiệm năng lượng, hiệu quả tài chính và tác động môi trường, nhằm đảm bảo phân tích toàn diện cho từng giải pháp được đề xuất.

Đối với mỗi giải pháp, mức tiết kiệm năng lượng được ước tính bằng cách so sánh mức tiêu thụ năng lượng cơ sở với hiệu suất dự kiến sau cải tiến. Tính khả thi về tài chính được đánh giá thông qua các chỉ số chính như thời gian hoàn vốn, Tỷ suất hoàn vốn nội bộ (IRR), và Giá trị hiện tại ròng (NPV), xét đến cả chi phí đầu tư ban đầu và khoản tiết kiệm dài hạn. Bên cạnh đó, lợi ích môi trường được định lượng thông qua mức giảm phát thải $CO_2$ và quy đổi sang đơn vị TOE (tấn dầu quy đổi), đảm bảo phù hợp với các mục tiêu phát triển bền vững.

Các tính toán chi tiết cho từng giải pháp HQNL được trình bày trong phần phụ lục.

### *2.2.1. Thường xuyên khắc phục rò rỉ khí nén*

**1. Hiện trạng của thiết bị**

- Trong thời gian đo thực hiện thử nghiệm, nhóm KTNL đi kiểm tra toàn bộ dây chuyền và đánh giá lượng rò rỉ khí nén trong nhà máy tương đối tại các vị trí khớp nối, gioăng cao su,...
- Khi hiện tượng rò rỉ xảy ra trong một thời gian dài sẽ làm tăng thời gian vận hành của máy và tăng công suất của máy để bù lại lượng khí bị rò rỉ khiến cho tuổi thọ của máy nén khí bị giảm, gia tăng chi phí bảo dưỡng cho các chi tiết khác.

**2. Giải pháp đề xuất**

Để tránh hiện tượng rò rỉ của máy cần phải chú ý đến việc bảo dưỡng và kiểm tra các chi tiết rất dễ bị rò rỉ khí như:

- Các mối nối, khớp nối, các đường ống dẫn khí;
- Thiết bị điều chỉnh áp suất của máy;
- Van nạp và xả khí.

Ngoài khắc phục các điểm rò rỉ, Công ty cần tuyên truyền, đào tạo nâng cao nhận thức của công nhân viên trong việc sử dụng khí nén hợp lý, tránh sử dụng với mục đích không cần thiết gây lãng phí năng lượng.

**3. Chi phí đầu tư và hiệu quả tài chính**

- Chi phí đầu tư phụ thuộc vào hiện trạng của nhà máy.

**4. Đánh giá tính khả thi**

- Giải pháp khả thi về mặt kinh tế và kỹ thuật.

### *2.2.2. Cải tạo đường ống khí nén theo dạng vòng thay cho dạng nhánh.*

**1. Hiện trạng của hệ thống**

- Hệ thống đường ống phân phối khí nén của Công ty được lắp đặt theo kiểu mạch nhánh.

- Tại vị trí cuối đường ống có hiện tượng sụt áp.

**2. Giải pháp đề xuất**

- Giải pháp đưa ra là bố trí đường ống dẫn khí nén theo mạch kết hợp khép kín để phân phối khí nén phù hợp hơn tới điểm tiêu thụ và cân bằng áp lực trong đường ống. Sau khi thực hiện giải pháp tiến hành thực hiện thay đổi mức áp suất phù hợp với nhu cầu sử dụng trong nhà xưởng.

**3. Chi phí đầu tư và hiệu quả tài chính**

- Chi phí đầu tư phụ thuộc vào hiện trạng của nhà máy.

**4. Đánh giá tính khả thi**

- Giải pháp khả thi về mặt kinh tế và kỹ thuật.

*2.2.3. Thay thế máy sấy khí cũ bằng máy sấy khí hiệu suất cao*

**1. Hiện trạng của hệ thống**

- Dựa trên kết quả thu thập được, công ty đang sử dụng loại máy sấy khí dùng gas lạnh thông thường, máy nén luôn chạy liên tục.

**2. Giải pháp đề xuất**

- Công ty nên thay máy sấy khí hiện tại bằng dòng máy sấy khí Flex Series của hãng SFXFlow. Dòng máy sấy khí Flex Series hoạt động hiệu quả bằng cách sử dụng một vật liệu đặc biệt gọi là Môi chất chuyển pha (Phase Change Material - PCM). Vật liệu này chuyển đổi giữa trạng thái rắn và lỏng để loại bỏ độ ẩm từ khí nén trong khi sử dụng rất ít năng lượng, đặc biệt là khi điều kiện nhiệt độ xung quanh không quá nóng hoặc khi máy nén không hoạt động ở công suất tối đa.

*2.2.4. Lắp biến tần điều khiển cho máy nén khí sửa chữa A*

**1. Hiện trạng thiết bị**

- Máy hoạt động ở chế độ Load - Unload, thời gian máy chạy Unload chiếm tỷ lệ (2% - 65,5%) trong tổng thời gian hoạt động. Việc chạy không tải (Unload>15%) động cơ vẫn hoạt động nhưng không sinh ra khí nén gây lãng phí năng lượng.

**2. Giải pháp đề xuất**

- Lắp đặt biến tần điều khiển cho động cơ máy nén khí AC A để điều chỉnh tốc độ quay theo tải thực tế, giúp giảm tiêu thụ điện năng trong thời gian vận hành không tải.

**3. Năng lượng tiêu thụ trước và sau**

- Trước khi lắp biến tần: ~57.213 kWh/năm trong thời gian không tải
- Sau khi lắp biến tần: Tiết kiệm được 37.189 kWh/năm (~65% phần tải không hữu ích).

**4. Tiết kiệm kỳ vọng**

- Điện năng tiết kiệm: 37.189 kWh/năm;
- Tiền điện tiết kiệm: 55,782,979 VND/năm;
- Giảm phát thải $CO_2$: 25.16 tấn/năm;

- Tiết kiệm quy đổi: 5.74 TOE/năm.

**5. Chi phí đầu tư và hiệu quả tài chính**

- Chi phí đầu tư: 200 triệu đồng;
- Thời gian hoàn vốn đơn giản: 3.59 năm;
- IRR: 12.2% NPV sau 5 năm (12%): 1.085 triệu đồng.

**6. Đánh giá tính khả thi**

- Kỹ thuật: Có thể thực hiện với thay đổi nhỏ trong hệ thống điều khiển.
- Kinh tế: Khả thi và nên ưu tiên triển khai sớm.

*2.2.5. Cải tạo, sửa chữa và bọc bảo ôn các vị trí tổn thất nhiệt*

**1. Hiện trạng hệ thống**

- Hầu hết các khu vực, bề mặt có nhiệt độ cao đã được bọc bảo ôn tốt tuy nhiên qua thời gian dài sử dụng lớp bảo ôn đã xuống cấp gây thất thoát nhiệt tại một số khu vực.
- Nhiều vị trí van có kích thước lớn chưa được bọc bảo ôn có nhiệt độ bề mặt 100 - 141 $^{o}$C.

**2. Giải pháp đề xuất**

- Để tránh tình trạng thất thoát nhiệt năng dẫn tới tiêu tốn một lượng chi phí không nhỏ Công ty nên xem xét thực hiện giải pháp bọc bảo ôn các vị trí bề mặt có nhiệt độ cao.

**3. Năng lượng tiêu thụ trước và sau**

- Lượng nhiệt tổn thất trung bình/năm: 791.052.023 kJ;
- Lượng nhiên liệu tiết kiệm trong 1 năm: 35,76 tấn than/năm.

**4. Tiết kiệm kỳ vọng**

- Lượng than than tiết kiệm: 35,76 tấn/năm;
- Tiền điện tiết kiệm: 71.044.811 VND/năm;
- Giảm phát thải $CO_2$: 88,33 tấn/năm;
- Tiết kiệm quy đổi: 21,46 TOE/năm.

**5. Chi phí đầu tư và hiệu quả tài chính**

- Chi phí đầu tư: 200 triệu đồng;
- Thời gian hoàn vốn đơn giản: 2,82 năm;
- IRR: 12.2% NPV sau 5 năm (chiết khấu 12%/năm): 56.100.644 đồng.

**6. Đánh giá tính khả thi**

- Giải pháp khả thi về mặt kinh tế và kỹ thuật.

*2.2.6. Thay thế động cơ quạt sục silo tro bay hiệu suất thấp bằng động cơ IE4 hiệu suất cao.*

**1. Hiện trạng hệ thống**

- Hầu hết các động cơ được sử dụng tại Nhà máy Nhiệt điện 1 là động cơ hiệu suất cao, đạt cấp IE2 hoặc IE3, giúp tối ưu hóa việc sử dụng điện nội bộ.

- Tuy nhiên, động cơ quạt sục silo tro bay vẫn đang sử dụng động cơ chuẩn IE1 với hiệu suất thấp (0,79), dẫn đến tổn thất năng lượng không cần thiết. Với chế độ vận hành liên tục quanh năm (theo giờ hoạt động của các tổ máy phát điện), lượng điện năng bị tổn thất do hiệu suất thấp là rất đáng kể

**2. Giải pháp đề xuất**

- Thay thế động cơ quạt sục silo tro bay hiệu suất thấp bằng động cơ IE4 hiệu suất cao.

**3. Năng lượng tiêu thụ trước và sau**

- Tổng tổn thất điện năng ở động cơ cũ IE1: 383.164 kWh/năm;
- Tổng tổn thất điện năng ở động cơ mới IE4: 164.402 kWh/năm;

**4. Tiết kiệm kỳ vọng**

- Lượng điện tiết kiệm: 218.762 kWh/năm;
- Tiền điện tiết kiệm: 328.143.601 VND/năm;
- Giảm phát thải $CO_2$: 148,01 tấn/năm;
- Tiết kiệm quy đổi: 33,76 TOE/năm.

**5. Chi phí đầu tư và hiệu quả tài chính**

- Chi phí đầu tư: 1.280 triệu đồng;
- Thời gian hoàn vốn đơn giản: 3,9 năm;

**6. Đánh giá tính khả thi**

- Giải pháp khả thi về mặt kinh tế và kỹ thuật.

### *2.2.7. Tận dụng nhiệt thải từ hơi flash và nước xả đáy cho các quá trình cần thiết khác*

**1. Hiện trạng hệ thống**

- Nước xả đáy có nhiệt độ cao, thường từ 150-200°C và các bẫy hơi loại bỏ nước ngưng và không khí trong hệ thống hơi, (nhiệt độ từ 70-100°C), chứa một lượng nhiệt đáng kể;
- Hơi này có thể được thu hồi và sử dụng cung cấp hơi cho các quy trình yêu cầu hơi áp suất thấp hoặc gia nhiệt cho thiết bị phụ trợ.

**2. Giải pháp đề xuất**

- Thu hồi và tận dụng nhiệt thải từ hơi thoát và nước xả đáy để gia nhiệt cho nước cấp lò hơi.

**3. Năng lượng tiêu thụ trước và sau khi thực hiện giải pháp**

- Nhiệt độ nước cấp lò hơi trước khi thực hiện: 30°C;
- Nhiệt độ nước cấp lò hơi sau khi thực hiện: 52,76°C;
- Tổng lượng than tiêu thụ của nhà máy trước khi thực hiện: 9.094.684 tấn/năm;
- Tổng lượng than tiêu thụ của nhà máy sau khi thực hiện: 9.094.491 tấn/năm.

**4. Mức tiết kiệm dự kiến**

- Lượng than tiết kiệm: 193 tấn/năm;
- Chi phí than tiết kiệm: 383.407.392 VNĐ/năm;
- Lượng $CO_2$ giảm phát thải: 476,68 tấn/năm;

- Năng lượng tiết kiệm quy đổi: 115,79 TOE/năm.

**5. Chi phí đầu tư và hiệu quả tài chính**

- Chi phí đầu tư: 1 tỷ VNĐ;
- Thời gian hoàn vốn đơn giản: 1,61 năm;
- IRR: 26,51%; NPV sau 5 năm (tỷ lệ chiết khấu 12%): 382.097.841 VNĐ.

**6. Đánh giá tính khả thi**

- Giải pháp khả thi cả về mặt kỹ thuật và kinh tế.

*2.2.8. Tận dụng nhiệt thải từ hơi nước phụ trợ để gia nhiệt nước cấp bổ sung*

***1. Hiện trạng hệ thống***

- Các bẫy hơi loại bỏ nước ngưng và không khí trong hệ thống hơi, (nhiệt độ từ 70-100°C), chứa một lượng nhiệt đáng kể, việc xả bỏ ra môi trường gây lãng phí lượng nhiệt mà nước ngưng tại các bẫy hơi mang.

**2. Giải pháp đề xuất**

- Tận dụng nhiệt thải từ hệ thống hơi phụ trợ để đun nóng nước bổ sung bằng cách sử dụng bộ trao đổi nhiệt hoặc máy bơm nhiệt.

**3. Năng lượng tiêu thụ trước và sau khi thực hiện giải pháp**

- Nhiệt độ nước cấp lò hơi trước khi thực hiện: 30°C
- Nhiệt độ nước cấp lò hơi sau khi thực hiện: 53,68°C
- Tổng lượng than tiêu thụ của nhà máy trước khi thực hiện: 9.094.684 tấn/năm
- Tổng lượng than tiêu thụ của nhà máy sau khi thực hiện: 9.093.546 tấn/năm

**4. Năng lượng tiết kiệm dự kiến**

- Lượng than tiết kiệm: 1.137 tấn/năm;
- Chi phí than tiết kiệm: 2.259.817.166 VNĐ/năm;
- Lượng $CO_2$ giảm phát thải: 2.809,56 tấn/năm;
- Năng lượng tiết kiệm quy đổi: 682,48 TOE/năm.

**5. Chi phí đầu tư và hiệu quả tài chính**

- Chi phí đầu tư: 4 tỷ VNĐ;
- Thời gian hoàn vốn đơn giản: 1,77 năm;
- IRR: 48,73%; NPV sau 5 năm (tỷ lệ chiết khấu 12%): 4.146.135.143 VNĐ.

**6. Đánh giá tính khả thi**

- Giải pháp khả thi về mặt kinh tế và kỹ thuật.

*2.2.9. Lắp biến tần cho bơm tăng áp nước biển*

**1. Hiện trạng hệ thống**

- Bơm tăng áp nước biển hoạt động trực tiếp, điều chỉnh lưu lượng nước bằng van tay. Góc mở van thường duy trì ở mức 50% làm tăng trở lực trên đường ống gây lãng phí điện năng.

**2. Giải pháp đề xuất**

- Lắp biến tần cho bơm tăng áp nước biển 1A và 2A để điều chỉnh tốc độ quay theo tải thực tế giúp thiết bị hoạt động tối ưu.

**3. Năng lượng tiêu thụ trước và sau**

- Tổng điện năng tiêu thụ của 2 bơm trong 1 năm: 1.997.280 kWh/năm;
- Tổng điện năng tiêu thụ của 2 bơm trong 1 năm sau khi lắp đặt biến tần dự kiến: 685.067 kWh/năm.

**4. Tiết kiệm kỳ vọng**

- Lượng điện tiết kiệm: 852.938 kWh/năm;
- Tiền điện tiết kiệm: 1.279.407.636 VND/năm;
- Giảm phát thải $CO_2$: 577,10 tấn/năm;
- Tiết kiệm quy đổi: 131,61 TOE/năm.

**5. Chi phí đầu tư và hiệu quả tài chính**

- Chi phí đầu tư: 2.000 triệu đồng;
- Thời gian hoàn vốn đơn giản: 1,56 năm;
- IRR: 12.2% NPV sau 5 năm (chiết khấu 12%/năm): 5.930.144.769 đồng.

**6. Đánh giá tính khả thi**

- Giải pháp khả thi về mặt kinh tế và kỹ thuật.

*2.2.10. Lắp đặt ống hút nước biển sâu từ cảng để làm mát.*

**1. Hiện trạng hệ thống**

- Hệ thống làm mát bằng nước biển của nhà máy hiện nay lấy nước từ độ sâu 2–5 mét, tức là lớp nước bề mặt. Vào mùa hè, nhiệt độ nước biển sử dụng để làm mát cao hơn so với mùa đông, với chênh lệch nhiệt độ lên tới 5–6°C. Sự chênh lệch nhiệt độ này làm tăng nhu cầu lưu lượng nước biển làm mát trong mùa hè, có thể cao hơn tới 50% so với mùa đông. Việc lấy nước biển từ độ sâu lớn hơn sẽ cung cấp nguồn nước có nhiệt độ thấp hơn quanh năm, giúp giảm lưu lượng nước biển cần thiết trong suốt cả năm. Điều này sẽ góp phần tiết kiệm điện năng cho hệ thống bơm tuần hoàn nước biển và duy trì hiệu quả vận hành của các tổ máy trong nhà máy.

**2. Giải pháp đề xuất**

- Lắp đặt ống xi phông để lấy nước biển từ nguồn sâu hơn, mát hơn, đặc biệt là vào mùa hè.

**3. Chi phí đầu tư và hiệu quả tài chính**

- Phụ thuộc vào quy mô thực tế của hệ thống.

**4. Đánh giá tính khả thi**

- Nghiên cứu, hoàn thiện giải pháp để cân nhắc đầu tư trong tương lai.

*2.2.11. Nghiên cứu phương án sử dụng than trộn với nhiệt trị và chất bốc cao hơn than thiết kế*

***1. Hiện trạng hệ thống***

- Nhà máy Nhiệt điện 1 gồm 2 tổ máy, tổng công suất lắp đặt 600MW (2x300MW). Lò đốt sử dụng công nghệ lò đốt than phun – PC (Pulverised combustion) loại lò hơi than phun tuần hoàn tự nhiên, thông số hơi dưới tới hạn. Lò hơi được thiết kế để đốt than cám antraxit 5A.1, nhu cầu tiêu thụ than khoảng 1,5 triệu tấn/năm. Than antraxit 5A.1 là loại than chất lượng cao nhưng khó bắt cháy hơn so với các loại than khác, do đó cần bổ sung dầu HFO (dầu nặng) trong quá trình khởi động lò hoặc khi vận hành ở tải thấp.
- Nhiệt trị than 22.121 kJ/kg.

**2. Giải pháp đề xuất**

- Nhóm tư vấn đề xuất nghiên cứu phương án phối trộn than antraxit 5A.1 với một hoặc nhiều loại than có giá trị nhiệt cao hơn, hàm lượng chất bốc lớn hơn và dễ bắt cháy hơn. Giải pháp này sẽ giúp cải thiện quá trình cháy, nâng cao hiệu suất lò hơi, giảm tiêu thụ than và dầu HFO, đồng thời giảm phát thải khí nhà kính.
- Các loại than được xem xét để phối trộn bao gồm than bán bitum (sub-bituminous), than bitum (bituminous), than nhập khẩu (từ Úc hoặc Indonesia) và các loại than mịn trong nước khác (6a, 6b, 7).
- Bảng dưới đây trình bày so sánh giữa than antraxit 5A.1 và các loại than thường được sử dụng để phối trộn, dựa trên các tiêu chí kỹ thuật và kinh tế như: ưu điểm – nhược điểm, hiệu suất lò hơi, phát thải, chi phí, và tính khả thi kỹ thuật.

*Bảng 2.8. So sánh sơ bộ các phương án phối trộn với than antraxit 5A.1*

| Tiêu chí | Than bán bitum (Sub-bituminous) | Than bitum (Bituminous) | Than nhập khẩu (Indonesia/Úc) | Than mịn nội địa (6a, 6b, 7) |
|---|---|---|---|---|
| Giá trị nhiệt (MJ/kg) | 20–25 | 25–30 | 18–28 | 15–23 |
| Chất bốc (%) | 20–35 | 20–35 | 15–38 | 10–25 |
| Ưu điểm | Dễ bắt cháy, ngọn lửa ổn định | Hiệu suất cháy cao, ít tro | Dễ cháy, Giá rẻ, Giá trị nhiệt phù hợp | Có sẵn trong nước, Giá rẻ |
| Nhược điểm | Độ ẩm cao, nhiều tro | Giá cao, dễ gây xỉ bám | Chất lượng không ổn định, cần kiểm soát tạp chất | Độ ổn định thấp, chi phí bảo trì tăng |
| Cải thiện hiệu suất lò hơi | ⭐⭐⭐ | ⭐⭐⭐⭐ | ⭐⭐⭐ | ⭐⭐ |
| Giảm tiêu thụ than | ⭐⭐ | ⭐⭐⭐⭐ | ⭐⭐⭐ | ⭐ |

| Tiêu chí | Than bán bitum (Sub-bituminous) | Than bitum (Bituminous) | Than nhập khẩu (Indonesia/Úc) | Than mịn nội địa (6a, 6b, 7) |
|---|---|---|---|---|
| Giảm phát thải ($CO_2$, $NO_x$) | ⭐⭐ | ⭐⭐⭐⭐ | ⭐⭐⭐ | ⭐⭐ |
| Tối ưu chi phí nhiên liệu | ⭐⭐ | ⭐⭐ | ⭐⭐⭐⭐ | ⭐⭐⭐ |
| Tương thích với lò đốt antraxit | ⭐⭐ | ⭐⭐⭐⭐ | ⭐⭐⭐ | ⭐⭐ |
| Khả thi kỹ thuật (tỷ lệ phối trộn thấp) | Cao | Cao | Cao | Trung bình – cần kiểm soát chặt chế độ cháy |
| Khả thi thương mại | Trung bình – phụ thuộc nhập khẩu | Giá cao | Cao – nguồn dồi dào | Cao – sẵn có trong nước |

- Để triển khai, cần tiến hành các nghiên cứu kỹ thuật chi tiết, bao gồm mô phỏng đặc tính cháy của hỗn hợp than, thử nghiệm với nhiều tỷ lệ phối trộn, và đánh giá hiệu quả của từng phương án.

**3. Chi phí đầu tư và hiệu quả tài chính**

- Cần có kế hoạch triển khai chi tiết để xác định tổng mức đầu tư và hiệu quả tài chính.

**4. Đánh giá tính khả thi**

- Giải pháp hoàn toàn khả thi, đã và đang được áp dụng tại nhiều nhà máy nhiệt điện lớn trên thế giới, kể cả tại Việt Nam (như Nhiệt điện Vũng Áng, Vĩnh Tân, Duyên Hải...).

### *2.2.12. Cải tạo kết nối đường ống chung của hệ thống bơm tuần hòa nước biển 2 tổ máy*

**1. Hiện trạng hệ thống**

- Hiện nay, hai tổ máy đang sử dụng 4 bơm tuần hoàn nước biển để làm mát bình ngưng. Các bơm này được điều chỉnh lưu lượng bằng van, với góc mở van khoảng 50–55%. Tuy nhiên, khi nhu cầu làm mát giảm hoặc khi nhiệt độ nước biển giảm vào mùa đông, công suất tiêu thụ điện và lưu lượng nước làm mát vẫn không thay đổi.

**2. Giải pháp đề xuất**

- Để khắc phục vấn đề này, cần nghiên cứu giải pháp kết nối đường ống giữa hai hệ thống bơm tuần hoàn nước biển. Giải pháp này sẽ cho phép hệ thống tuần hoàn nước biển giảm số lượng bơm vận hành khi nhu cầu làm mát giảm, đồng thời đảm bảo khả năng dự phòng lẫn nhau trong trường hợp một bơm gặp sự cố.

**3. Năng lượng tiêu thụ trước và sau**

- Tổng điện năng tiêu thụ của 4 bơm tuần hoàn nước biển trong 1 năm: 45.552.000 kWh/năm;
- Tổng điện năng tiêu thụ của hệ thống khi tắt 1 bơm trong 4 tháng mùa đông: 41.808.000 kWh/năm.

**4. Tiết kiệm kỳ vọng**

- Lượng điện tiết kiệm: 3.744.000 kWh/năm;
- Tiền điện tiết kiệm: 5.616.000.000 VND/năm;
- Giảm phát thải $CO_2$: 2533,19 tấn/năm;
- Tiết kiệm quy đổi: 577,70 TOE/năm.

**5. Chi phí đầu tư và hiệu quả tài chính**

- Chi phí đầu tư: 2.000 triệu đồng;
- Thời gian hoàn vốn đơn giản: 0,36 năm;
- IRR: 12.2% NPV sau 5 năm (chiết khấu 12%/năm): 18.244.423.152 đồng.

**6. Đánh giá tính khả thi**

- Giải pháp khả thi về mặt kinh tế và kỹ thuật.

*2.2.13. Lắp đặt biến tần điều khiển cho quạt phụ trợ khu vực lò hơi*

**1. Hiện trạng hệ thống**

- Các quạt phụ trợ đang hoạt động với mức tải từ 24-90%$P_{đm}$ do các thiết bị đang thay đổi lưu lượng bằng cách thay đổi góc mở van (góc mở van khoảng 34-54%)

**2. Giải pháp đề xuất**

- Lắp đặt biến tần để điều khiển tốc độ quạt và mở hoàn toàn cánh van quạt nhằm giảm tổn thất năng lượng

**3. Năng lượng tiêu thụ trước và sau**

- Trước khi lắp biến tần: khoảng 24.046.200 kWh/năm;
- Sau khi lắp biến tần: khoảng 8.247.847 kWh/năm.

**4. Tiết kiệm kỳ vọng**

- Lượng điện tiết kiệm: 12.638.683 kWh/năm;
- Tiền điện tiết kiệm: 18.958.024.080 VND/năm;
- Giảm phát thải $CO_2$: 9.126 tấn/năm;
- Tiết kiệm quy đổi: 1.950 TOE/năm.

**5. Chi phí đầu tư và hiệu quả tài chính**

- Chi phí đầu tư: 40.000 triệu đồng;

- Thời gian hoàn vốn đơn giản: 2,11 năm;
- IRR: 12.2% NPV sau 5 năm (chiết khấu 12%/năm): 28.339.434.047 đồng.

**6. Đánh giá tính khả thi**

- Giải pháp khả thi về mặt kinh tế và kỹ thuật.

*2.2.14. Lắp biến tần cho bơm hệ thống bơm tuần hoàn nước biển*

**1. Hiện trạng hệ thống**

- Các bơm tuần hoàn nước biển hoạt động trực tiếp, điều chỉnh lưu lượng bằng van tay. Góc mở van thường duy trì ở mức thấp từ 55-56% làm tăng trở lực trên đường ống gây lãng phí điện năng

**2. Giải pháp đề xuất**

- Lắp đặt biến tần để điều khiển tốc độ quạt và mở hoàn toàn cánh hướng quạt nhằm giảm tổn thất năng lượng.

**3. Năng lượng tiêu thụ trước và sau**

- Trước khi lắp biến tần: khoảng 23.240.280 kWh/năm;
- Sau khi lắp biến tần: khoảng 11.899.023 kWh/năm.

**4. Tiết kiệm kỳ vọng**

- Lượng điện tiết kiệm: 7.371.817 kWh/năm;
- Tiền điện tiết kiệm: 11.057.725.224 VND/năm;
- Giảm phát thải $CO_2$: 4.988 tấn/năm;
- Tiết kiệm quy đổi: 1.137 TOE/năm.

**5. Chi phí đầu tư và hiệu quả tài chính**

- Chi phí đầu tư: 20.000 triệu đồng;
- Thời gian hoàn vốn đơn giản: 1,81 năm;
- IRR: 12.2% NPV sau 5 năm (chiết khấu 12%/năm): 19.860.624.740 đồng.

**6. Đánh giá tính khả thi**

- Giải pháp khả thi về mặt kinh tế và kỹ thuật.

*2.2.15. Thay thế máy nghiền bi hiện tại bằng máy nghiền đứng*

**1. Hiện trạng**

- Hiện nay, hệ thống nghiền than của Nhà máy nhiệt điện sử dụng máy nghiền bi ống nằm ngang với hai cửa vào và hai cửa ra (Double Inlet Double Outlet – DIDO). Công nghệ này đã vận hành ổn định trong nhiều năm; tuy nhiên còn tồn tại các hạn chế về hiệu suất nghiền và mức tiêu thụ điện năng cao.

**2. Giải pháp đề xuất**

- Thay thế các máy nghiền nằm ngang bằng máy nghiền than đứng công nghệ mới, có hiệu suất nghiền cao hơn, kết cấu tối ưu cho bảo trì và giúp giảm tiêu thụ điện năng cũng như chi phí vận hành.

**3. Năng lượng tiêu thụ trước và sau**

- Trước khi lắp biến tần: ~36.742.944 kWh/năm;
- Sau khi lắp biến tần: ~24.528.000 kWh/năm.

**4. Mức tiết kiệm dự kiến**

- Lượng điện tiết kiệm: 12.214.944 kWh/năm;
- Chi phí điện tiết kiệm: 18.322.416.000 VNĐ/năm;
- Lượng $CO_2$ giảm phát thải: 8.265 tấn/năm;
- Năng lượng tiết kiệm quy đổi: 1.885 TOE/năm.

**5. Chi phí đầu tư và hiệu quả tài chính**

- Chi phí đầu tư: 125.000 triệu VNĐ;
- Thời gian hoàn vốn đơn giản: 6,82 năm.

**6. Đánh giá tính khả thi**

- Cần tiếp tục nghiên cứu, hoàn thiện giải pháp để xem xét cho đầu tư trong tương lai.

## 2.3 Ưu tiên các dự án HQNL

Các giải pháp chính được lựa chọn để đưa vào đề xuất nghiên cứu đầu tư sau khi thực hiện kiểm toán năng lượng được trình bày trong danh sách Mức A (Bảng 4.1 và 4.2). Để đạt được mục tiêu chuyển đổi nhà máy trở thành một nhà máy tiết kiệm năng lượng, các giải pháp đề xuất cần trải qua một số giai đoạn then chốt.

Quy trình bắt đầu từ báo cáo kiểm toán năng lượng, cung cấp cái nhìn tổng quan về tiềm năng tiết kiệm năng lượng của nhà máy. Tiếp theo là giai đoạn khả thi nhằm xác định và lựa chọn từ hai đến ba giải pháp quan trọng nhất. Giai đoạn khả thi sau đó sẽ đánh giá các phương án này để xác định giải pháp có tính khả thi cao nhất cho việc đầu tư. Sau khi có quyết định đầu tư, quy trình sẽ chuyển sang giai đoạn đấu thầu hoặc báo giá cạnh tranh, tiếp theo là đánh giá hồ sơ dự thầu hoặc mua sắm.

Giai đoạn lắp đặt và chạy thử cần được giám sát chặt chẽ bởi phía nhà máy để đảm bảo các quyết định thiết kế quan trọng được đưa ra trong giai đoạn khả thi và đấu thầu được thực hiện đúng. Sau khi giải pháp được lắp đặt và đi vào vận hành, cần tiến hành đánh giá toàn diện để thu thập và ghi nhận dữ liệu mới về hiệu suất năng lượng. Bước cuối cùng này nhằm đảm bảo rằng giải pháp không chỉ hoạt động như mong đợi mà còn mang lại mức tiết kiệm năng lượng như dự kiến.

## 2.4 Phản hồi từ doanh nghiệp

- *Đề xuất thực hiện giai đoạn khả thi (FS):*

Sau khi trao đổi với đại diện các phòng ban trong nhà máy và theo gợi ý của ông Peter Kristensen – Chuyên gia dự án, các đề xuất sau đã được xác định để đưa vào giai đoạn nghiên cứu khả thi:

  - Cải tạo kết nối đường ống chung của hệ thống bơm tuần hòa nước biển 2 tổ máy.
  - Lắp biến tần cho bơm hệ thống bơm tuần hoàn nước biển.

- *Kết luận cuộc họp cuối cùng với nhà máy:*

Sau phần trình bày và thảo luận, phía nhà máy đã đồng ý với kết quả kiểm toán năng lượng và tất cả các giải pháp tiết kiệm năng lượng được đề xuất. Nhà máy đã

xác định năm giải pháp đặc biệt quan tâm và đề xuất được nghiên cứu sâu hơn trong giai đoạn nghiên cứu khả thi (FS) của dự án. Nhà máy kỳ vọng Ban Quản lý Dự án DE3 sẽ xem xét, lựa chọn và phê duyệt các giải pháp này để hỗ trợ trong giai đoạn FS. Bên cạnh đó, nhà máy cũng cam kết sẽ phối hợp và hỗ trợ các bước tiếp theo nhằm đảm bảo thực hiện thành công các giải pháp tiết kiệm năng lượng.

# 3 Các dự án HQNL được xác định

*Bảng 3.1. Danh mục tổng thể (level B)*

| STT | Tên dự án | Dạng năng lượng | Chi phí đầu tư (EUR) | Mức tiết kiệm | | | Thời gian thu hồi vốn (năm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Năng lượng (kWh) | Lượng $CO_2$ giảm (tấn $CO_2$/năm) | Lượng tiền tiết kiệm (EUR) | |
| **I. Các giải pháp tiết kiệm năng lượng yêu cầu chi phí đầu tư thấp** | | | | | | | |
| 1 | Khắc phục các vị trí rò rỉ khí nén | Điện năng | Khuyến nghị | | | | |
| 2 | Lắp đặt đường ống khí nén từ mạch nhánh sang mạch vòng | Điện năng | Khuyến nghị | | | | |
| 3 | Thay thế máy sấy khí cũ bằng máy sấy khí hiệu suất cao | Điện năng | Khuyến nghị | | | | |
| 4 | Lắp biến tần điều khiển cho máy nén khí sửa chữa A | Điện năng | 6.588 | 37.189 | 25,16 | 1.837 | 3,59 |
| 5 | Cải tạo, sửa chữa và bọc bảo ôn các vị trí tổn thất nhiệt (bảo ôn các vị trí tổn thất nhiệt) | Than | 3.294 | 581 | 237,11 | 6.282 | 0,52 |
| | Cải tạo, sửa chữa và bọc bảo ôn các vị trí tổn thất nhiệt (bảo ôn van hơi) | Than | 6.588 | 217 | 88,33 | 2.340 | 2,82 |
| 6 | Thay thế động cơ quạt sục silo tro bay - IE1 hiệu suất thấp bằng động cơ IE4 hiệu suất cao | Điện năng | 42.163 | 218.762 | 148,01 | 10.809 | 3,9 |
| 7 | Tận dụng nhiệt thải từ hơi nước phụ trợ để gia nhiệt nước cấp bổ sung | Than | 131.760 | 6.886 | 2.809,56 | 74.438 | 1,77 |
| 8 | Tận dụng nhiệt thải từ hơi flash và nước xả đáy cho các quá trình cần thiết khác | Than | 32.940 | 1.169 | 476.68 | 12.629 | 2.61 |
| **I. Các giải pháp tiết kiệm năng lượng yêu cầu chi phí đầu tư cao** | | | | | | | |
| 9 | Lắp biến tần cho bơm tăng áp nước biển | Điện năng | 65.880 | 852.938 | 379,67 | 42.144 | 1,56 |
| 10 | Lắp đặt ống hút nước biển sâu từ cảng để làm mát | Điện năng | Khuyến nghị | | | | |
| 11 | Nghiên cứu phương án sử dụng than trộn với nhiệt trị và chất bốc cao hơn than thiết kế | Than | Khuyến nghị | | | | |
| 12 | Cải tạo kết nối đường ống chung của hệ thống bơm tuần hòa nước biển 2 tổ máy | Điện năng | 65.880 | 3.744.000 | 2.533,19 | 184.991 | 0,36 |
| 13 | Lắp đặt biến tần điều khiển cho quạt phụ trợ khu vực lò hơi | Điện năng | 1.317.600 | 12.638.683 | 9.126,39 | 624.477 | 2,11 |
| 14 | Lắp biến tần cho bơm hệ thống bơm tuần hoàn nước biển | Điện năng | 658.800 | 7.371.817 | 4.987,77 | 364.241 | 1,81 |
| 15 | Thay thế máy nghiền bi hiện tại bằng máy nghiền đứng | Điện năng | 4.117.500 | 12,214,944 | 8.264,63 | 603.540 | 6,82 |

# 4 Các dự án HQNL được lựa chọn để hỗ trợ thêm

*Bảng 4.1. Dự án được lựa chọn (level A)*

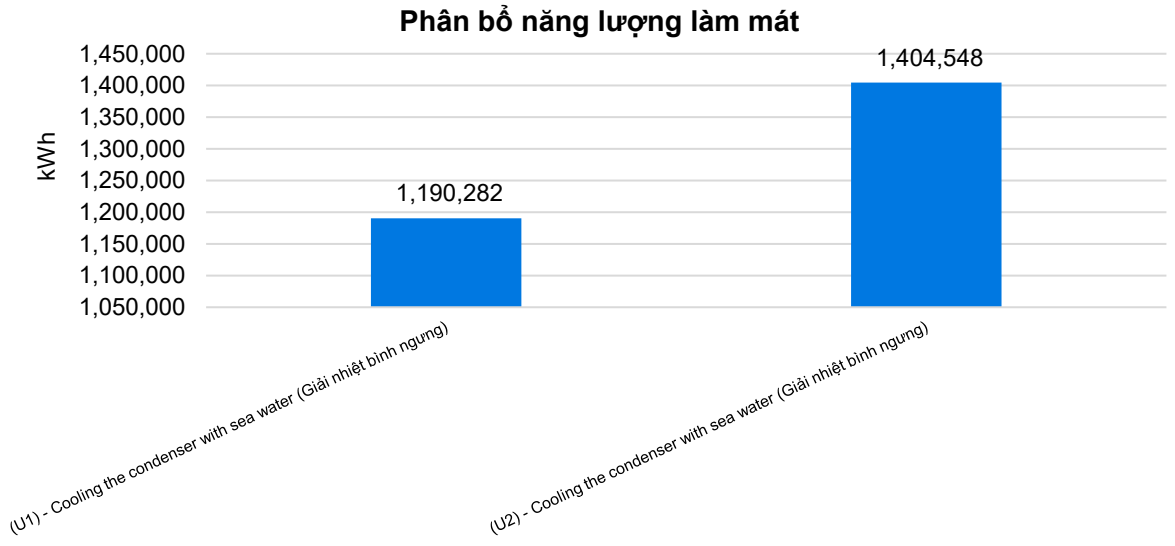
| Thông tin dự án | | |
|---|---|---|
| **Tên dự án: Lắp biến tần cho bơm hệ thống bơm tuần hoàn nước biển** | **Dự án số 1** | **Thời gian thực hiện: dự kiến 2025 - 2026** |
| **Doanh nghiệp: Công ty sản xuất điện** | **Đơn vị KTNL (EAC): Công ty Cổ phần Giải pháp Công nghệ Việt Nam (VETS)** | **Trưởng nhóm KTNL: Dương Chí Công** |

**Mô tả dự án**

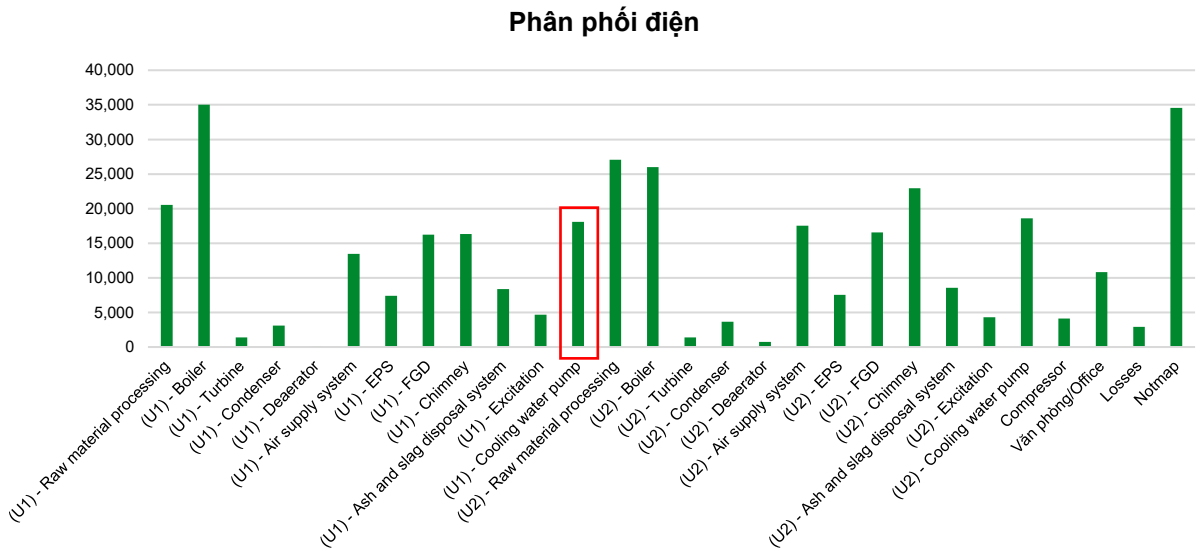
**Hiện trạng:**

Tại nhà máy, nhiều quá trình gia nhiệt diễn ra đồng thời và được kết nối chặt chẽ để đảm bảo chất lượng sản phẩm trong toàn bộ dây chuyền sản xuất. Công cụ **Energy Mapping** giúp hình dung các nguồn nhiệt, cung cấp cái nhìn tổng quan rõ ràng hơn về nguồn năng lượng, hệ thống, thiết bị và quy trình tiêu thụ năng lượng trong dây chuyền sản xuất. Điều này cho phép người quản lý năng lượng giám sát và tối ưu hóa việc sử dụng năng lượng, từ đó đề xuất các cải tiến như nâng cấp thiết bị, tối ưu quy trình, cải thiện vận hành và áp dụng công nghệ tiết kiệm năng lượng.

Trong quá trình kiểm toán năng lượng, nhóm tư vấn đã kết hợp giữa phân tích hệ thống bằng công cụ Energy Mapping và kinh nghiệm chuyên môn. Công cụ này giúp xác định các khu vực tiêu thụ năng lượng lớn nhất, từ đó nhà máy có thể tập trung vào các hoạt động cải thiện. Đây là một công cụ quan trọng giúp doanh nghiệp quản lý và sử dụng năng lượng hiệu quả hơn, đồng thời thúc đẩy các hoạt động tiết kiệm năng lượng một cách có hệ thống.

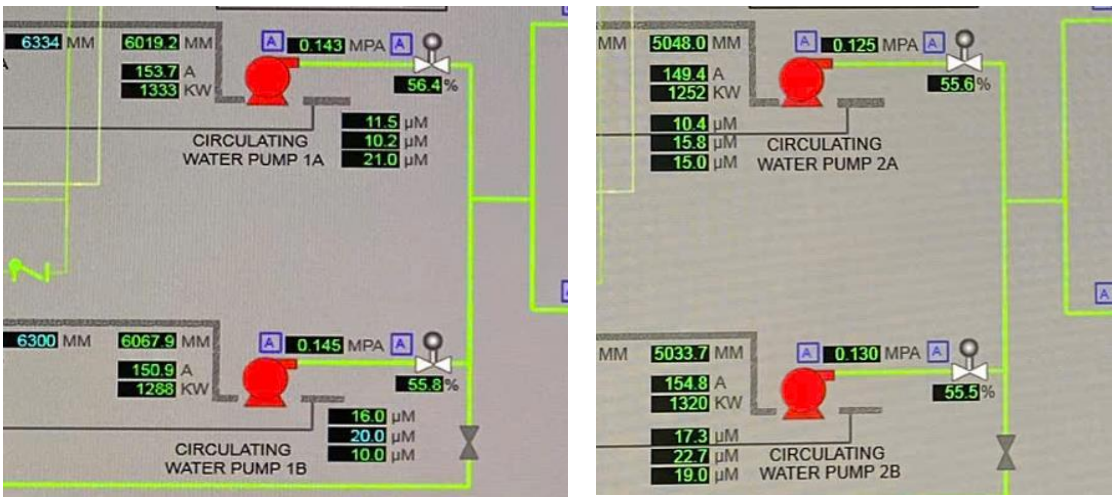



*Hình 4.1. Biểu đồ phân bố tiêu thụ làm mát bằng nước*




*Hình 4.2. Biểu đồ phân bố tiêu thụ năng lượng theo công đoạn*

Công ty sử dụng hệ thống bơm tuần hoàn nước biển với nhiệm vụ giải nhiệt cho bình ngưng, qua đó duy trì chu trình nhiệt điện khép kín và đảm bảo hiệu suất sinh công của Tuabin. Sau khi thực hiện nhiệm vụ làm mát, lượng nước biển nóng lên này sẽ được thải ra ngoài môi trường thông qua một hệ thống **kênh thoát nước làm mát**, được thiết kế để đảm bảo nhiệt độ nước xả thải luôn tuân thủ các tiêu chuẩn môi trường quy định. Hệ thống bơm tuần hoàn nước biển cũng chiếm 1 tỉ trọng tiêu thụ điện lớn trong tổng lượng điện năng tiêu thụ của nhà máy để nhóm KTNL tập trung tìm kiếm các giải pháp tiết kiệm năng lượng.




*Hình 4.3. Màn hình điều khiển hệ thống bơm tuần hoàn nước biển của tổ máy U1 và U2*

Hệ thống của công ty bao gồm 4 bơm công suất 1.600kW, 2 bơm cấp cho 1 tổ máy. Góc mở van thường duy trì ở mức thấp từ 55-56% (trung bình khi tải làm việc min và max) làm tăng trở lực trên đường ống. Khi điều tiết bằng cách đóng van này, bơm vẫn phải hoạt động ở tốc độ không đổi (hoặc gần không đổi) với công suất điện gần tối đa. Năng lượng được dùng để tạo ra cột áp dư thừa, sau đó bị tiêu hao thành nhiệt và tổn thất thủy lực tại van. Đây là nguyên nhân chính gây lãng phí năng lượng.

**Giải pháp đề xuất**

Nhóm tư vấn đã thu thập công suất điện và lưu lượng nước cấp của hệ thống bơm tuần hoàn nước biển, dữ liệu thu được được tổng hợp trong bảng dưới đây:

*Bảng 4.2. Kết quả thu thập hệ thống bơm tuần hoàn nước biển*

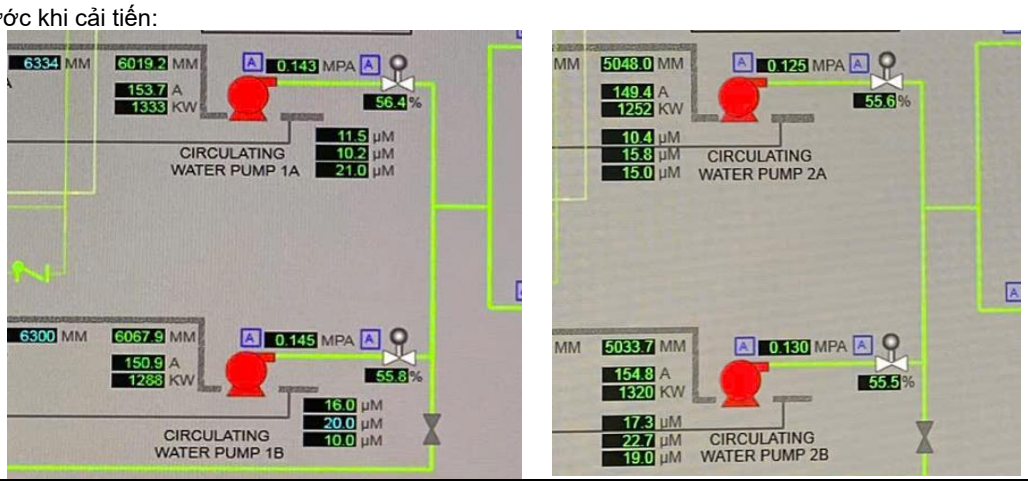
| STT | Tên thiết bị | $P_{định\ mức}$ (kW) | $P_{thực\ tế}$ (kW) | Góc mở van (%) | Lưu lượng định mức ($m^3/h$) | Lưu lượng thực tế ($m^3/h$) | Mức tải (%) | Thời gian vận hành (giờ/năm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tổ máy U1** | | | | | | | | |
| 1 | Bơm tuần hoàn 1A | 1.600 | 1.333 | 56,4 | 22.000 | 12.408 | 83,31 | 8.760 |
| 2 | Bơm tuần hoàn 1B | 1.600 | 1.288 | 55,8 | 22.000 | 12.276 | 80,50 | 8.760 |
| **Tổ máy U2** | | | | | | | | |
| 1 | Bơm tuần hoàn 2A | 1.600 | 1.252 | 55,6 | 22.000 | 12.232 | 78,25 | 8.760 |
| 2 | Bơm tuần hoàn 2B | 1.600 | 1.320 | 55,5 | 22.000 | 12.210 | 82,50 | 8.760 |

Công suất tiêu thụ thực tế 1.252 kW đến 1.333 kW vẫn rất cao so với công suất định mức 1.600 kW, dù lưu lượng thực tế 12.210 $m^3/h$ đến 12.408 $m^3/h$ chỉ đạt khoảng **55.5% - 56.4%** lưu lượng định mức 22.000 $m^3/h$.

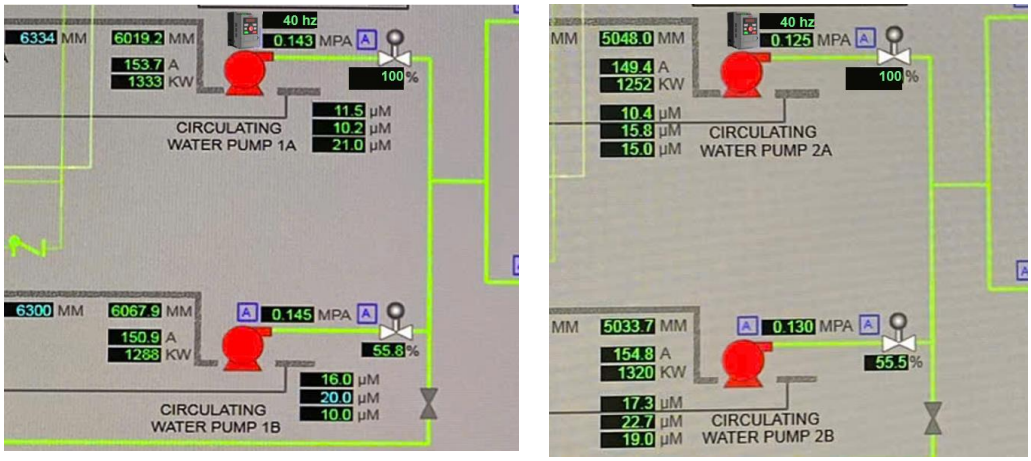
Thông qua hoạt động kiểm toán năng lượng, nhà máy đã hiểu rõ hơn về giải pháp đề xuất và hiện đang mong muốn gửi đề xuất: **"lắp đặt biến tần cho bơm tuần hoàn nước biển"** lên Ban Quản lý DEPP3 để được hỗ trợ thực hiện Báo cáo khả thi (FS).

**Hình minh họa sơ đồ công nghệ (PFD)**

Trước khi cải tiến:




Sau khi cải tiến:



## Ngân sách dự án

- Chi phí đầu tư (CAPEX): Mua biến tần và phụ kiện, chi phí lắp đặt
- Chi phí vận hành (OPEX): Bảo trì, vận hành, tiêu thụ điện bổ sung cho biến tần
- Chi phí đào tạo nhân sự

**Tổng chi phí đầu tư ước tính: Khoảng 658.800 EUR**

## TIẾN ĐỘ DỰ KIẾN

| STT | Nội dung | Tháng 1 | | | | Tháng 2 | | | | Tháng 3 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | T1 | T2 | T3 | T4 | T1 | T2 | T3 | T4 | T1 | T2 | T3 | T4 |
| **1** | ***Họp khởi động, lập kế hoạch đo đạc và thu thập dữ liệu*** | | | | | | | | | | | | |
| 1.1 | Họp khởi động, chuẩn bị nội dung kế hoạch khảo sát chi tiết | | | | | | | | | | | | |
| 1.2 | Thực hiện khảo sát và thu thập dữ liệu | | | | | | | | | | | | |
| *1.2.1* | *Khảo sát và thu thập dữ liệu tại hiện trường dự án (dữ liệu khí tượng và thủy văn; địa hình - địa chất)* | | | | | | | | | | | | |
| *1.2.2* | *Khảo sát, đo đạc, thu thập dữ liệu tình trạng vận hành hiện tại hệ thống bơm tuần hoàn* | | | | | | | | | | | | |
| *1.2.3* | *Khảo sát và thu thập dữ liệu bơm tuần hoàn sơ bộ:<br>- Đo công suất bơm (kW), lưu lượng nước ($m^3/h$), thời gian vận hành (giờ/ngày).<br>- Ghi nhận điện năng tiêu thụ (kWh/tháng)* | | | | | | | | | | | | |
| *1.2.4* | *Thu thập các dữ liệu và thông tin khác phục vụ đánh giá hiệu suất và lập báo cáo* | | | | | | | | | | | | |
| 1.3 | Thảo luận với nhà máy về định hướng giải pháp khả thi (FS) | | | | | | | | | | | | |
| **2** | ***Thu thập bổ sung dữ liệu phục vụ giải pháp*** | | | | | | | | | | | | |
| 2.1 | Chuyên gia và kỹ sư tự động hóa đánh giá tính khả thi triển khai giải pháp | | | | | | | | | | | | |
| *2.1.1* | *Chuyên gia và kỹ sư xác định nhu cầu tối thiểu về lưu lượng nước phục vụ giải nhiệt* | | | | | | | | | | | | |
| *2.1.2* | *Đánh giá khả năng tương thích của biến tần với PLC/SCADA hiện hữu của hệ thống. Kiểm tra điều kiện môi trường (bụi, nhiệt độ)* | | | | | | | | | | | | |
| *2.1.3* | *- Thiết kế thử nghiệm trên một bơm: lắp đặt biến tần, vận hành thử, đo đạc kết quả.<br>- Đánh giá tác động đến bình ngưng và các hệ thống khác.* | | | | | | | | | | | | |
| 2.2 | Xây dựng các phương án kỹ thuật cho giải pháp (phối hợp với đơn vị cung cấp giải pháp và biến tần) | | | | | | | | | | | | |
| **3** | ***Tính toán sơ bộ hiệu quả các phương án triển khai*** | | | | | | | | | | | | |
| 3.1 | Xây dựng giải pháp kỹ thuật | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *3.1.1* | *Xây dựng giải pháp kỹ thuật triển khai giải pháp (phối hợp với chuyên gia)* | | | | | | | | | | | | |
| *3.1.2* | *Ước tính chi phí đầu tư (CAPEX - biến tần, lắp đặt, đào tạo). Ước tính chi phí vận hành (OPEX - bảo trì, vận hành).* | | | | | | | | | | | | |
| *3.1.3* | *Tính toán điện năng tiết kiệm và thời gian hoàn vốn.* | | | | | | | | | | | | |
| *3.1.4* | *Xác định rủi ro (sấy không đạt, lỗi tích hợp, hỏng thiết bị).*<br>*Đề xuất biện pháp giảm thiểu (cảm biến, kiểm tra thử nghiệm).* | | | | | | | | | | | | |
| 3.2 | Tính toán so sánh hiệu quả, lợi ích và chi phí các giải pháp kỹ thuật | | | | | | | | | | | | |
| 3.3 | Trình bày kết quả tính toán sơ bộ cho nhà máy, thảo luận và thống nhất lựa chọn phương án khả thi để đưa vào báo cáo khả thi | | | | | | | | | | | | |
| **4** | ***Lập báo cáo nghiên cứu khả thi*** | | | | | | | | | | | | |
| 4.1 | Lập báo cáo nghiên cứu khả thi (Căn cứ theo Điều 54 Luật Xây dựng số 50/2014/QH13 ngày 18/6/2014, Điều 8 Nghị định số 15/202/NĐ-CP ngày 03/03/2021 và Luật 62/2020/QH14) | | | | | | | | | | | | |
| 4.2 | Họp làm rõ báo cáo FS với các bên liên quan | | | | | | | | | | | | |
| 4.3 | Hoàn thiện báo cáo theo ý kiến góp ý từ các bên liên quan | | | | | | | | | | | | |

**Tiềm năng tiết kiệm**

| | |
|---|---|
| **Điện năng (hằng năm): 7.371.817 kWh/năm** | **Lượng tiền tiết kiệm hàng năm: 364.241 EUR** |
| **Giảm phát thải $CO_2$ (hằng năm): 4.987,77 tấn** | **Thời gian hoàn vốn đơn giản: 1,81 năm** |

**Phân tích rủi ro**

**a) Nhận diện các yếu tố rủi ro**

- ***Thủy lực – quá trình***
  - Chạy lệch điểm hiệu suất tốt nhất của bơm khi giảm tốc quá sâu → xoáy hồi lưu, rung, tăng nhiệt nước bơm.
  - Thiếu lưu lượng/thiếu cột áp ở điều kiện khắc nghiệt (mực nước thấp, bám bẩn ống/bình ngưng, mùa nóng) nếu tốc độ tối thiểu đặt không đúng.
  - Van một chiều khi lưu lượng thấp có nguy cơ tuần hoàn lại qua by-pass.
- ***Thiết bị cơ khí***
  - Làm mát động cơ kém ở tốc độ thấp (quạt gắn trục quay chậm) → quá nhiệt cuộn dây/bạc đạn.
  - Rò rỉ/phá hủy phớt cơ do điều kiện hoạt động thay đổi khi chạy chậm lâu.
  - Tăng rung do phổ tần số mới; cộng hưởng với kết cấu bệ máy/đường ống.
  - Ăn mòn tăng tốc ở khu vực sương muối nếu chọn sai vật liệu sơn/phủ.
- ***Điện – chất lượng điện***
  - Sóng hài dòng (THDi) cao, đặc biệt khi nhiều biến tần lớn chạy song song.
  - Nhiễu điện từ (EMI/RFI) ảnh hưởng tín hiệu PT/FT/HMI nếu nối đất/cáp không chuẩn.
  - Tốc độ thay đổi điện áp quá cao ở đầu cực động cơ (đặc biệt khi cáp dài) → suy giảm cách điện cuộn dây, dòng rò qua trục gây rỗ mặt ổ bi.

- Nháy điện/lưới chập chờn → dễ ngắt hàng loạt nếu không có giải pháp duy trì vượt qua nháy điện.
- Thiết bị bù phản kháng có thể quá tải do thành phần sóng hài (dù hệ số công suất dịch chuyển gần 1).

- ***Điều khiển – liên động – tích hợp***
  - Giữa các bơm biến tần/đóng trực tiếp ưu tiên rõ → lưu lượng dao động.
  - Thông số bộ điều khiển đặt chưa chuẩn → quá điều chỉnh, dao động
  - Sự cố cảm biến khiến VFD chạy sai chế độ.
- ***Môi trường – lắp đặt – vận hành***
  - Tủ VFD không đủ cấp bảo vệ/điều hòa nhiệt trong môi trường ẩm mặn → ngưng ẩm, ăn mòn bản mạch.
  - Bố trí không gian tủ điện chật, thoát nhiệt kém; bụi muối/ẩm tích tụ → phóng điện bề mặt.
  - Lỗi thi công: tiết diện cáp thiếu, không dùng cáp bọc chống nhiễu, nối đất kém.
  - Kỹ năng vận hành/chẩn đoán VFD hạn chế → xử lý sự cố chậm.

**b) Đánh giá khả năng chịu rủi ro**

- Năng lực tài chính: Đánh giá xem doanh nghiệp có đủ khả năng tài chính để chịu đựng các rủi ro trong trường hợp lợi ích mong đợi không đạt được hay không.
- Thời gian hoàn vốn: Đánh giá xem doanh nghiệp có chấp nhận được khoảng thời gian hoàn vốn của khoản đầu tư hay không.
- Tìm kiếm nguồn tài chính ưu đãi: Do giải pháp giúp tiết kiệm năng lượng và giảm tác động môi trường, có thể xem xét tiếp cận các khoản vay lãi suất thấp hoặc các chương trình hỗ trợ để giảm gánh nặng tài chính.

| Nhóm rủi ro | Khả năng | Tác động | Mức rủi ro | Ghi chú |
|---|---|---|---|---|
| Thiếu lưu lượng/cột áp lúc cao điểm | Trung | Cao | Cao | Phụ thuộc tốc độ tối thiểu & điểm đặt |
| Lệch điểm hiệu suất tốt nhất → rung/ồn/nhiệt | Trung | Trung | Trung | Tăng nếu chạy chậm lâu |
| Làm mát động cơ kém khi chạy chậm | Trung | Trung–Cao | Trung–Cao | Nhất là động cơ dùng quạt gắn trục |
| Sóng hài điện & méo điện áp | Trung–Cao | Trung | Trung–Cao | Nhiều biến tần lớn chạy song song |
| Điện áp đổi quá nhanh → hại cách điện/ổ bi | Trung | Trung | Trung | Cáp dài, động cơ cũ |
| Dao động điều khiển giữa các bơm | Trung | Trung | Trung | |
| Ngắt do nháy điện | Thấp–Trung | Trung–Cao | Trung | Đảm bảo điện áp ổn định |
| Ăn mòn/ẩm mặn trong tủ | Trung | Trung | Trung | Nếu không có cấp kín/làm mát tủ phù hợp |
| Lỗi thi công/nối đất | Thấp–Trung | Trung | Trung | Giảm mạnh nếu QC tốt |

**c) Lập kế hoạch giảm thiểu rủi ro**

- ***Thủy lực – quá trình***
  - Lập đường cong hệ thống (tính cả bám bẩn theo thời gian) và đường cong bơm để chốt tốc độ tối thiểu an toàn đáp ứng lưu lượng/cột áp quanh năm.
  + Quy định vùng làm việc tốt của bơm (ví dụ 70–120% lưu lượng tại điểm hiệu suất cao nhất) và không để bơm chạy ngoài vùng này quá lâu.
  + Kiểm tra dự trữ hút ở mực nước thấp; cài ngưỡng mực nước/áp suất để giới hạn giảm tốc.
  + Nếu hệ yêu cầu lưu lượng tối thiểu qua bình ngưng, bố trí đường hồi lưu điều tiết hoặc van xả tối thiểu.
- ***Cơ khí – động cơ – vật liệu***
  + Động cơ phù hợp chạy biến tần: cách điện tốt, gắn cảm biến nhiệt; nếu giữ động cơ cũ → kiểm tra cách điện, sóng xung; lắp quạt làm mát riêng cho chế độ chạy chậm.
  + Bảo vệ ổ bi: dùng ổ bi cách điện một đầu trục + vòng tiếp địa trục để triệt dòng rò.
  + Cân chỉnh trục, kiểm tra bệ máy; nếu rung tập trung ở một dải tốc độ → đặt dải tốc độ cấm.

+ Sơn/phủ chống hơi muối cho động cơ, khớp nối, bulông.

- ***Điện – chất lượng điện***
  + Giảm sóng hài: lắp cuộn kháng phía nguồn/tải hoặc bộ lọc chủ động; nếu yêu cầu cao, chọn biến tần chỉnh lưu tích cực hoặc cầu nhiều xung.
  + Hạn chế điện áp đổi quá nhanh: dùng bộ lọc dV/dt hoặc bộ lọc dạng sin theo chiều dài cáp; cáp bọc chống nhiễu; đi dây tách xa cáp tín hiệu.
  + Nối đất & chống nhiễu chuẩn: kẹp chống nhiễu ở hai đầu cáp, lọc nhiễu cho tủ điều khiển gần kề.
  + Độ tin cậy nguồn: cấp nguồn liên tục cho mạch điều khiển; cài chế độ vượt qua nháy điện; bố trí đường đi vòng để có thể chạy trực tiếp qua khởi động nếu biến tần hỏng (khi quá trình cho phép).
  + Tủ biến tần: chọn cấp kín IP cao, phủ chống ẩm mạch, lắp máy lạnh tủ/điều hòa, giám sát nhiệt–ẩm.
- ***Điều khiển – liên động***
  + Kiến trúc bơm chính – bơm phụ; đặt dải cho áp/lưu lượng; thứ tự ưu tiên/luân phiên bơm rõ ràng; thêm/bớt bơm có thời gian duy trì để tránh nhấp nháy.
  + Bộ điều khiển tỉ lệ–tích phân–vi phân có chống bão hòa tích phân, lọc nhiễu đầu đo; giới hạn độ dốc thay đổi tốc độ.
  + Liên động an toàn: không cho giảm tốc khi mực nước thấp, chênh áp bình ngưng vượt ngưỡng, nhiệt độ nước ra tăng nhanh; khi dừng thì hạ về tốc độ an toàn trước khi ngắt.
  + Quy trình chuẩn chuyển 3↔4 bơm: người chịu trách nhiệm, tiêu chí…
- ***Lắp đặt – nghiệm thu – đào tạo***
  + Danh mục cáp/khay/cốt nối đúng chuẩn; nghiệm thu điện trở cách điện, chiều quay, thử tại xưởng/tại chỗ giữa biến tần – động cơ.
  + Lập cửa sổ dừng và phương án đi vòng để không gián đoạn sản xuất.
  + Đào tạo vận hành/chẩn đoán cảnh báo/ngắt; hướng dẫn bảo trì lọc, máy lạnh tủ trong môi trường ẩm mặn.
  + Dự phòng phụ tùng: quạt tủ, mô-đun công suất, bo điều khiển, vòng tiếp địa trục, cảm biến nhiệt.

**Lợi ích phi năng lượng**

- ***Ổn định quá trình và chất lượng đầu ra***
  + Nhiệt độ nước ra bình ngưng ổn định hơn, giảm dao động áp cuối tua-bin → tổ máy vận hành ổn định, ít phải cắt giảm tải đột ngột.
  + Chuyển chế độ êm (tăng/giảm tốc có kiểm soát).
- ***Tăng độ tin cậy và giảm hư hỏng cơ khí***
  + Khởi động mềm – dừng mềm giảm xung lực lên bánh công tác, trục, gối đỡ, khớp nối → ít nứt gãy/rơ rão, kéo dài thời gian giữa hai lần hỏng.
  + Giảm làm việc ngoài vùng hiệu suất tốt (ít xoáy hồi lưu, ít rung) khi đặt dải tốc độ hợp lý → tuổi thọ bơm, phớt, ổ bi tăng.
  + Giảm va đập của van một chiều nhờ lưu lượng êm → ít mòn đĩa van, vòng đệm.
- ***Linh hoạt vận hành và bảo trì***
  + Phân phối tải thông minh giữa các bơm: ưu tiên bơm chính tự động thêm/bớt bơm khi cần → vận hành theo kịch bản, giảm thao tác tay.
  + Mở rộng cửa sổ bảo trì: có thể điều khiển tốc độ/đổi bơm êm ái, giữ hệ thống đang chạy ổn định.
  + Giảm thời gian khôi phục sau sự cố nhờ bộ điều khiển đã đặt.
- ***Lợi ích môi trường***
  + Giảm phát thải khí nhà kính: Góp phần vào mục tiêu Net Zero vào năm 2050 của Việt Nam.
  + Hỗ trợ sản xuất sạch hơn: Việc tối ưu hóa năng lượng phù hợp với tiêu chuẩn sản xuất xanh, hỗ trợ nhà máy đạt chứng nhận ISO 14001 hoặc đáp ứng yêu cầu của khách hàng quốc tế.
- ***Chất lượng điện – thiết bị phụ trợ***
  + Giảm dòng khởi động → ít ảnh hưởng tới thiết bị khác trong cùng thanh cái, giữ ổn định điện áp nội bộ.
  + Bảo vệ tốt hơn nhờ cơ chế ngắt mềm, chẩn đoán lỗi sớm (nhiệt động cơ, mất pha, quá dòng…).

*Bảng 4.3: Dự án được lựa chọn số 2*

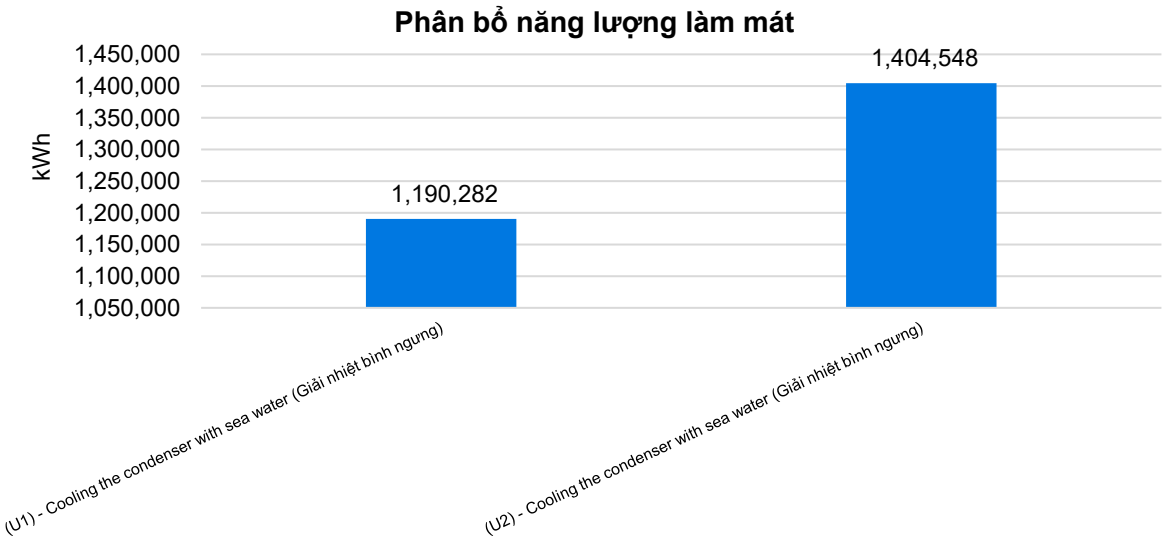
| Thông tin dự án | | |
|---|---|---|
| **Dự án: Cải tạo đường ống chung của hệ thống bơm tuần hoàn nước biển cho 2 tổ máy** | **Dự án số 2** | **Thời gian thực hiện: dự kiến 2025 - 2026** |
| **Doanh nghiệp: Công ty sản xuất điện** | **Đơn vị KTNL (EAC): Công ty Cổ phần Giải pháp Công nghệ Việt Nam (VETS)** | **Trưởng nhóm KTNL: Dương Chí Công** |

**Mô tả dự án**

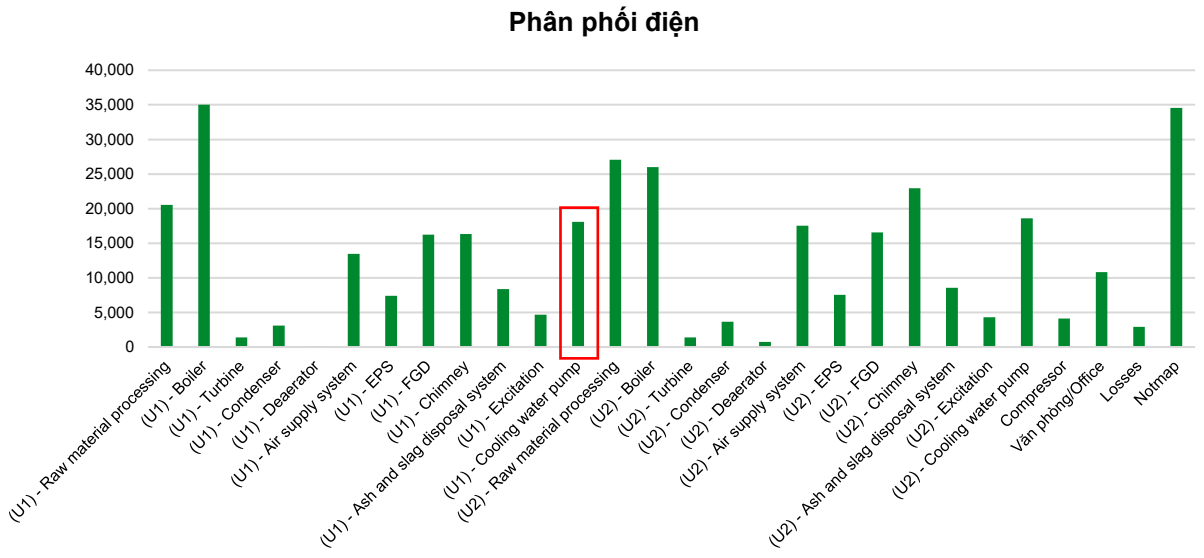
**Hiện trạng:**

Tại nhà máy, nhiều quá trình gia nhiệt diễn ra đồng thời và được kết nối chặt chẽ để đảm bảo chất lượng sản phẩm trong toàn bộ dây chuyền sản xuất. Công cụ **Energy Mapping** giúp hình dung các nguồn nhiệt, cung cấp cái nhìn tổng quan rõ ràng hơn về nguồn năng lượng, hệ thống, thiết bị và quy trình tiêu thụ năng lượng trong dây chuyền sản xuất. Điều này cho phép người quản lý năng lượng giám sát và tối ưu hóa việc sử dụng năng lượng, từ đó đề xuất các cải tiến như nâng cấp thiết bị, tối ưu quy trình, cải thiện vận hành và áp dụng công nghệ tiết kiệm năng lượng.

Trong quá trình kiểm toán năng lượng, nhóm tư vấn đã kết hợp giữa phân tích hệ thống bằng công cụ Energy Mapping và kinh nghiệm chuyên môn. Công cụ này giúp xác định các khu vực tiêu thụ năng lượng lớn nhất, từ đó nhà máy có thể tập trung vào các hoạt động cải thiện. Đây là một công cụ quan trọng giúp doanh nghiệp quản lý và sử dụng năng lượng hiệu quả hơn, đồng thời thúc đẩy các hoạt động tiết kiệm năng lượng một cách có hệ thống.




*Hình 4.4. Biểu đồ phân bố tiêu thụ làm mát bằng nước*




*Hình 4.5. Biểu đồ phân bố tiêu thụ năng lượng theo công đoạn*

*Bảng 4.4. Đánh giá và nhận xét kết quả đo kiểm thiết bị hóa hơi LPG*

| STT | Tên thiết bị | $P_{định\ mức}$ (kW) | $P_{thực\ tế}$ (kW) | Góc mở van (%) | Lưu lượng định mức ($m^3/h$) | Lưu lượng thực tế ($m^3/h$) | Mức tải (%) | Thời gian vận hành (giờ/năm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tổ máy U1** | | | | | | | | |
| 1 | Bơm tuần hoàn 1A | 1.600 | 1.333 | 56,4 | 22.000 | 12.408 | 83,31 | 8.760 |
| 2 | Bơm tuần hoàn 1B | 1.600 | 1.288 | 55,8 | 22.000 | 12.276 | 80,50 | 8.760 |
| **Tổ máy U2** | | | | | | | | |
| 1 | Bơm tuần hoàn 2A | 1.600 | 1.252 | 55,6 | 22.000 | 12.232 | 78,25 | 8.760 |
| 2 | Bơm tuần hoàn 2B | 1.600 | 1.320 | 55,5 | 22.000 | 12.210 | 82,50 | 8.760 |

*Bảng 4.5. Tính toán lưu lượng tuần hoàn nước biển trong nhà máy*

| STT | Chỉ số | Đơn vị | U1 | U2 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Lưu lượng định mức | $m^3/h$ | 22.000 | 22.000 |
| 2 | Góc mở van trung bình | % | 56,40 | 55,60 |
| 3 | Tổng công suất | kW | 2.621 | 2.581 |
| 4 | Lưu lượng thực tế của 2 bơm tuần hoàn | $m^3/h$ | 24.816 | 24.464 |
| 5 | Lưu lượng thực tế của 2 bơm tuần hoàn | $m^3/s$ | 6,89 | 6,80 |
| 6 | Nhiệt độ nước vào trung bình | °C | 30,52 | 25,52 |
| 7 | Nhiệt độ nước ra trung bình | °C | 36,37 | 32,22 |
| 8 | Khối lượng riêng của nước biển | $kg/m^3$ | 1.025 | |
| 9 | Nhiệt dung riêng của nước biển | kJ/kg.K | 3,99 | |
| 10 | Lưu lượng khối nước biển | kg/s | 7.065,67 | 6.965,44 |
| 11 | Truyền nhiệt | MW | 165,047 | 186,347 |
| 12 | Nhiệt độ nước biển trong 4 tháng mùa đông | °C | 25,63 | |
| 13 | Nhiệt độ nước biển trong 8 tháng mùa hè | °C | 29 | |
| 14 | Nhiệt độ nước sau làm mát | °C | 36 | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 15 | Lưu lượng khối nước biển mùa hè | kg/s | 12.571,80 |
| 16 | Lưu lượng khối nước biển mùa đông | kg/s | 8.486,27 |
| 17 | Lưu lượng thể tích nước biển mùa hè | m³/h | 44.154,63 |
| 18 | Lưu lượng thể tích nước biển mùa đông | m³/h | 29.805,44 |

**Dự án đề xuất:**

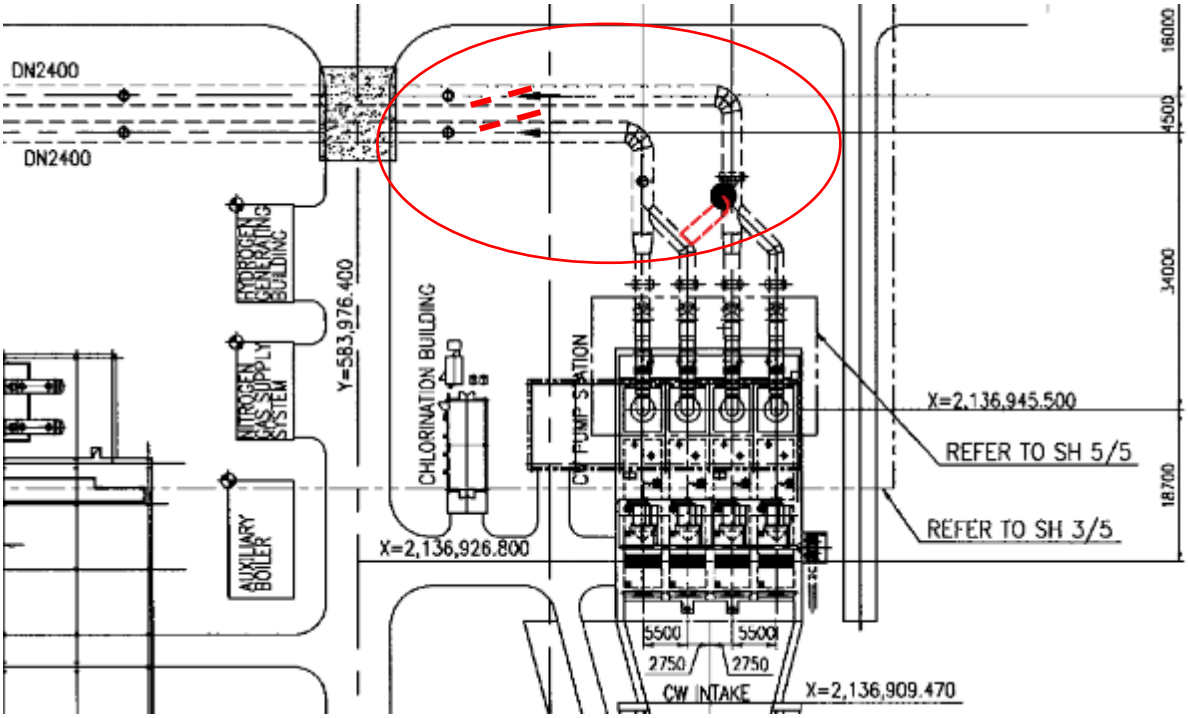
Nghiên cứu giải pháp kết nối đường ống giữa hai hệ thống bơm tuần hoàn nước biển. Giải pháp này sẽ cho phép hệ thống giảm số lượng bơm vận hành khi nhu cầu làm mát giảm, đồng thời đảm bảo khả năng dự phòng lẫn nhau trong trường hợp một bơm gặp sự cố.

Có ba phương án có thể xem xét để triển khai:

- **Phương án 1:** Lắp đặt hai đường ống kết nối giữa các tuyến ống nước biển của Tổ máy 1 và Tổ máy 2. Một đường ống kết nối dùng khi cần cấp nước từ hệ thống của Tổ máy 1 sang Tổ máy 2, và đường còn lại dùng khi cần cấp nước từ hệ thống của Tổ máy 2 sang Tổ máy 1.
- **Phương án 2:** Lắp đặt đường ống kết nối giữa hệ thống bơm tuần hoàn nước biển của Tổ máy 1 và Tổ máy 2 thông qua các mặt bích của các cửa người (manhole) liền kề trên hai tuyến ống (các cửa người này được sử dụng để công nhân vào kiểm tra bên trong ống trong quá trình bảo dưỡng, sửa chữa).
- **Phương án 3:** Lắp đặt một đường ống góp (header) chung cho nước biển của hai hệ thống tại vị trí hai tuyến ống chạy song song.

Kế hoạch triển khai phương án 1:

- Lắp đặt hai đường ống kết nối như minh họa trong hình dưới đây. Hai đường ống này được lắp đặt tạo thành các điểm kết nối hình chữ Y để giảm thiểu tổn thất áp suất.
- Tại các điểm kết nối giữa hai đường ống, lắp đặt van điều tiết lưu lượng để điều chỉnh và cân bằng áp suất, lưu lượng cấp nước.
- Khi hệ thống giảm công suất 1 bơm, chỉ cần 3 bơm vận hành: 3 bơm chính cung cấp lưu lượng chung cho toàn nhà máy, 1 bơm dự phòng.

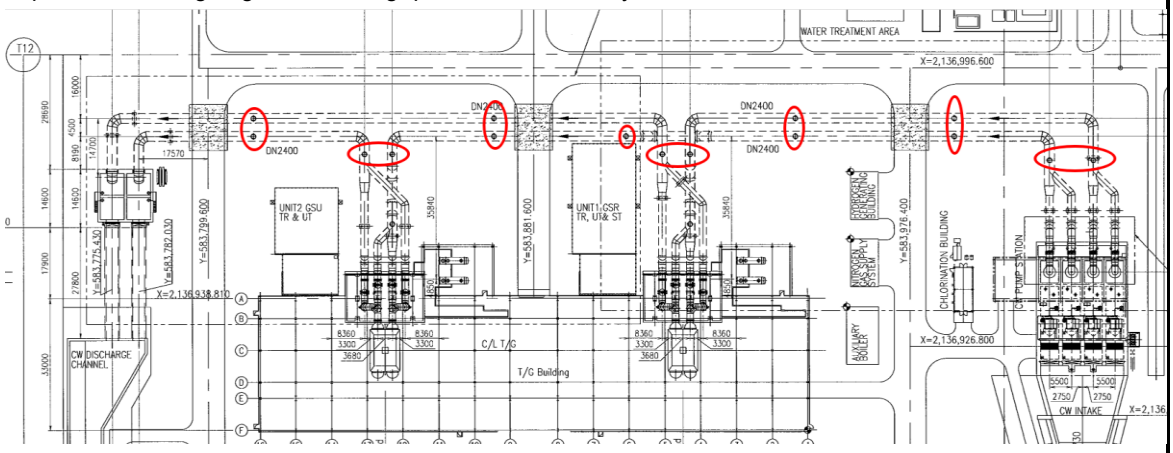



*Hình 4.6. Vị trí đường ống kết nối hệ thống bơm tuần hoàn nước biển*

Phương án này có ưu điểm là tổn thất áp suất trên các đường ống kết nối thấp và thi công tương đối dễ dàng. Tuy nhiên, nhược điểm là trong quá trình xây dựng cần phải đào đất, và tiến độ thi công có thể ảnh hưởng đến hoạt động bình thường của các tổ máy phát điện.

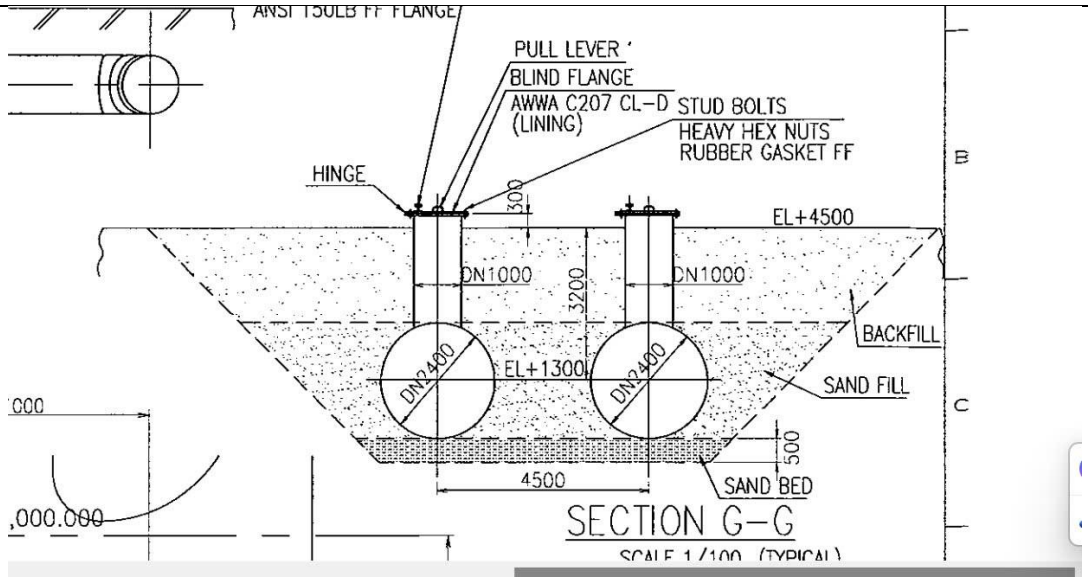
Kế hoạch triển khai phương án 2:

Hệ thống tuần hoàn nước biển của mỗi tổ máy có 8 manhole. Các cửa này được bố trí dọc theo toàn bộ chiều dài tuyến ống chính. Phần lớn các manhole trên hai tuyến ống được bố trí liền kề nhau, tạo điều kiện thuận lợi để lắp đặt các đường ống kết nối thông qua các manhole này.




*Hình 4.7. Vị trí các cửa manhole trên tuyến ống nước biển*

*Hình 4.8. Hình ảnh thực tế của các manholes*

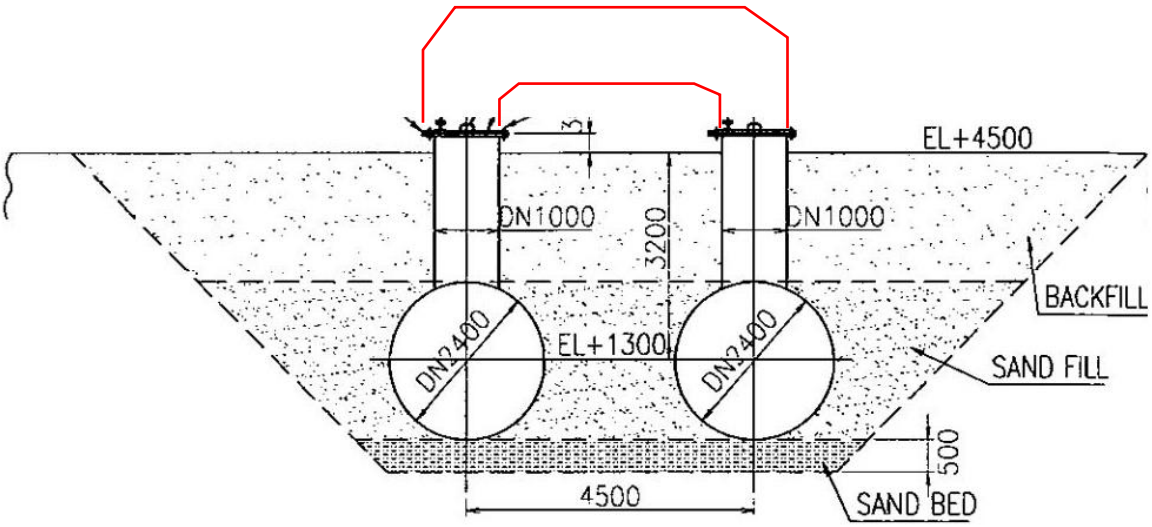



*Hình 4.9. Bản vẽ mặt cắt ngang của các cửa manhole*

Tuy nhiên, cần lắp đặt ít nhất hai đường ống kết nối tại các vị trí manhole khác nhau vì diện tích tiết diện ngang của manhole nhỏ hơn nhiều so với đường ống chính (đường kính manhole là 1.000 mm, trong khi đường kính đường ống chính là 2.400 mm).

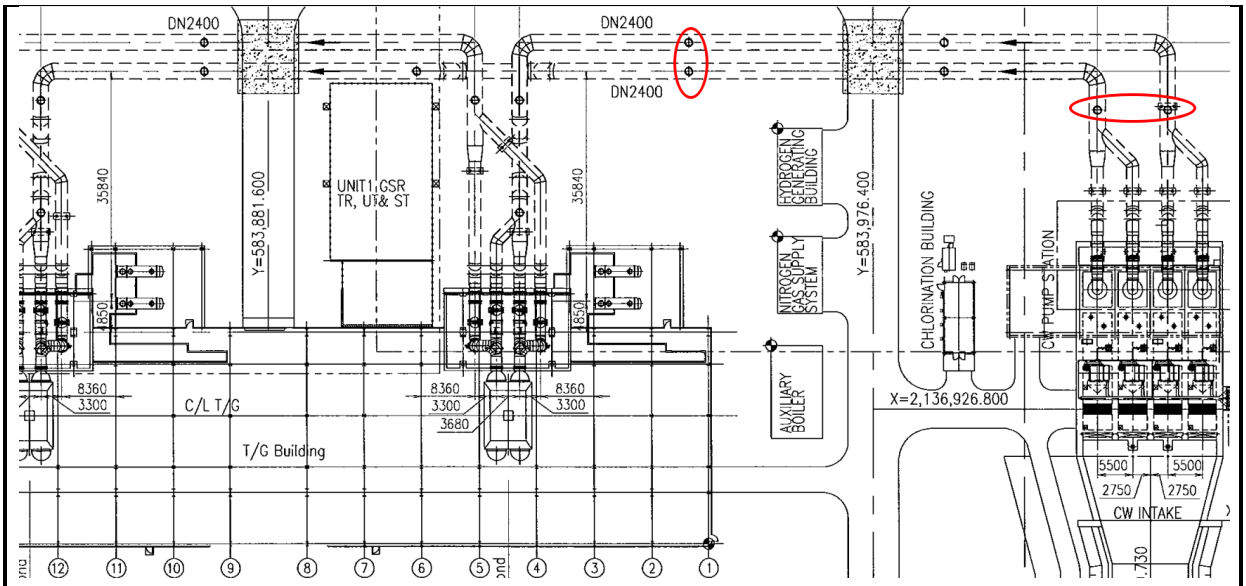
Kế hoạch triển khai cụ thể được trình bày như sau:

Lắp đặt hai đường ống kết nối như minh họa trong hình dưới đây.




*Hình 4.10. Kế hoạch lắp đặt đường ống kết nối*

- Lắp đặt một van điều khiển ở giữa mỗi đường ống kết nối để chủ động đóng/mở khi cần thiết.
- Khi hệ thống giảm công suất 1 bơm, chỉ cần 3 bơm vận hành: 3 bơm chính cung cấp lưu lượng chung cho toàn nhà máy, 1 bơm dự phòng.
- Các vị trí đề xuất lắp đặt đường ống kết nối được thể hiện trong hình dưới đây.

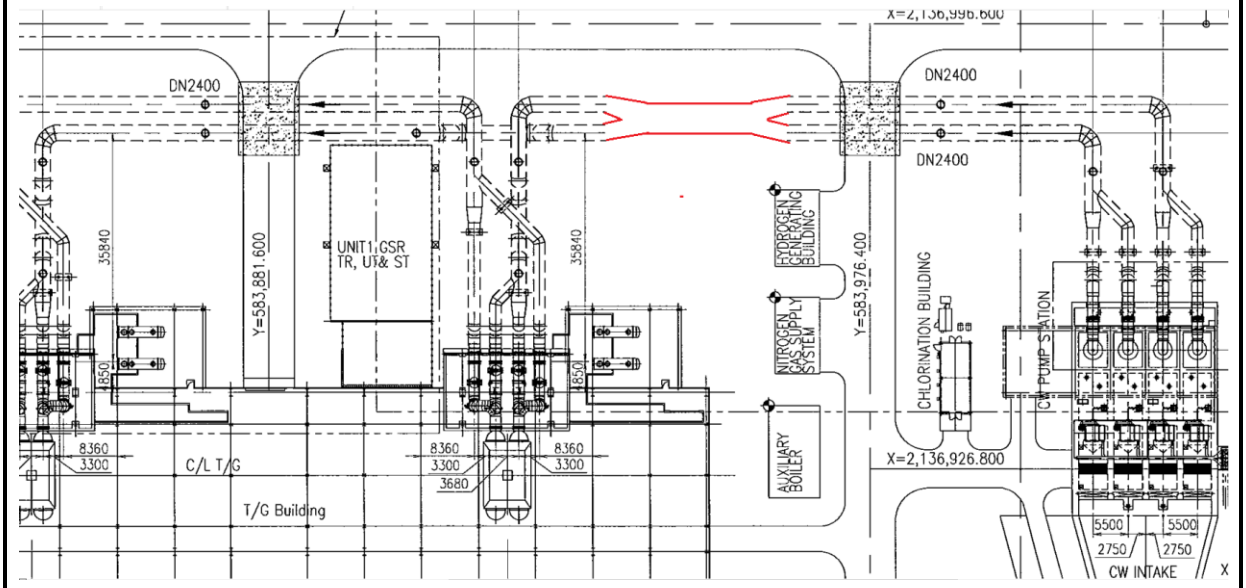



*Hình 4.11. Vị trí lắp đặt đường ống đề xuất (1)*

Phương án này có ưu điểm là không cần đào đất trong quá trình lắp đặt, giúp việc thi công nhanh chóng và gây ít gián đoạn đến hoạt động của nhà máy. Tuy nhiên, nhược điểm của **Phương án 2** là sẽ có tổn thất áp suất trong đường ống kết nối do đường ống đặt vuông góc với dòng chảy chính.

**Kế hoạch triển khai phương án 3:**

Phương án này yêu cầu lắp đặt một ống góp chung (common manifold) cho hai hệ thống bơm tuần hoàn nước biển. Vị trí và phương pháp lắp đặt được thể hiện trong hình dưới đây.




*Hình 4.12. Vị trí lắp đặt đường ống đề xuất (2)*

Phương án này có ưu điểm là tổn thất áp suất trong hệ thống đường ống là thấp nhất và mang lại hiệu quả tiết kiệm năng lượng cao nhất. Tuy nhiên, phương án này cũng đòi hỏi mức đầu tư lớn nhất, thời gian thi công dài nhất trong ba phương án, và có thể ảnh hưởng đáng kể đến hoạt động của các tổ máy phát điện trong quá trình xây dựng.

Bảng dưới đây so sánh ưu điểm và nhược điểm của ba phương án:

*Bảng A.4. So sánh ưu nhược điểm của ba phương án cải tạo đường ống dẫn nước biển*

| Tiêu chí | Phương án 1 | Phương án 2 | Phương án 3 |
|---|---|---|---|
| Ưu điểm | - Tổn thất áp suất thấp trong các đường ống kết nối | - Không cần đào đất khi lắp đặt - Lắp đặt đơn giản - Chi phí | - Tổn thất áp suất thấp nhất trong hệ thống đường ống - Hiệu quả tiết kiệm năng lượng cao nhất |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | - Thi công dễ dàng | thấp - Ít hoặc không ảnh hưởng đến vận hành tổ máy | |
| Nhược điểm | - Cần đào đất trong quá trình thi công - Ảnh hưởng đến vận hành của các tổ máy phát điện | - Tổn thất áp suất đáng kể trong các đường ống kết nối - Hiệu quả tiết kiệm năng lượng thấp nhất trong ba phương án | - Chi phí đầu tư lớn nhất - Thời gian triển khai dài nhất - Phức tạp hơn hai phương án còn lại - Yêu cầu không gian xây dựng lớn |

Thông qua việc đánh giá các kế hoạch triển khai của ba phương án, có thể thấy rằng mỗi phương án đều có những ưu điểm và nhược điểm riêng. Tuy nhiên, cả ba phương án đều có thể mang lại mức tiết kiệm năng lượng đáng kể cho nhà máy và đem lại hiệu quả đầu tư cao. Nhà máy cần cân nhắc kỹ lưỡng trước khi quyết định lựa chọn phương án triển khai.

**Ngân sách dự án**

- Chi phí đầu tư (CAPEX): Thiết kế, van, thiết bị điều khiển, phụ kiện cơ khí (khớp nối, gối đỡ,…), chi phí thi công, lắp đặt…
- Chi phí vận hành (OPEX): Bảo trì, vận hành và tiêu thụ điện năng của bơm tuần hoàn nước biển.
- Chi phí đào tạo: Chi phí đào tạo cho nhân viên vận hành.

**Tổng chi phí đầu tư (ước tính): Khoảng 65.880 EUR**

**TIẾN ĐỘ DỰ KIẾN**

| STT | Nội dung | Tháng 1 | | | | Tháng 2 | | | | Tháng 3 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | T1 | T2 | T3 | T4 | T1 | T2 | T3 | T4 | T1 | T2 | T3 | T4 |
| **1** | ***Họp khởi động, lập kế hoạch đo đạc và thu thập dữ liệu*** | | | | | | | | | | | | |
| 1.1 | Họp khởi động, chuẩn bị nội dung kế hoạch khảo sát chi tiết | | | | | | | | | | | | |
| 1.2 | Tiến hành khảo sát và thu thập dữ liệu | | | | | | | | | | | | |
| *1.2.1* | *Khảo sát và thu thập dữ liệu tại hiện trường dự án (dữ liệu khí tượng thủy văn; địa hình - địa chất, nhật ký vận hành các mùa)* | | | | | | | | | | | | |
| *1.2.2* | *Khảo sát, đo đạc, thu thập dữ liệu hiện trạng vận hành của các thiết bị bơm tuần hoàn nước biển hiện hữu và đánh giá khả năng thực hiện giải pháp theo từng phương án* | | | | | | | | | | | | |
| *1.2.3* | *Thu thập một số dữ liệu và thông tin khác phục vụ quá trình đánh giá hiệu quả và lập báo cáo (Kiểm kê van hiện hữu & phụ kiện, Cảm biến & điểm đo, đánh giá ăn mòn, kết cấu đỡ &móng)* | | | | | | | | | | | | |
| 1.3 | Trao đổi với nhà máy về định hướng các giải pháp trong giai đoạn khả thi | | | | | | | | | | | | |
| **2** | ***Thu thập thêm dữ liệu phục vụ giải pháp*** | | | | | | | | | | | | |
| 2.1 | Khảo sát và làm việc với nhà cung cấp về giải pháp cải tạo đường ống chung của hệ thống bơm tuần hoàn nước biển cho 2 tổ máy | | | | | | | | | | | | |
| *2.1.1* | *Khảo sát, tìm kiếm và làm việc với các nhà cung cấp giải pháp cải tạo đường ống chung của hệ thống bơm tuần hoàn nước biển cho 2 tổ máy* | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *2.1.2* | *Khảo sát, tìm kiếm và làm việc với nhà cung cấp thiết bị, cấu kiện* | | | | | | | | | | | | |
| *2.1.3* | *Khảo sát, tìm kiếm và làm việc với nhà cung cấp thực hiện thi công* | | | | | | | | | | | | |
| 2.2 | Xây dựng các phương án kỹ thuật cho giải pháp (phối hợp với các nhà cung cấp giải pháp) | | | | | | | | | | | | |
| **3** | ***Tính toán sơ bộ hiệu quả của các phương án triển khai*** | | | | | | | | | | | | |
| 3.1 | Xây dựng giải pháp kỹ thuật | | | | | | | | | | | | |
| *3.1.1* | *Xây dựng giải pháp kỹ thuật để triển khai giải pháp (phối hợp với chuyên gia)* | | | | | | | | | | | | |
| *3.1.2* | *Tính toán các thông số kỹ thuật cơ bản của hệ thống bơm* | | | | | | | | | | | | |
| *3.1.3* | *Xây dựng giải pháp kỹ thuật cơ bản của hệ thống bơm khi thực hiện giảm số bơm hoạt động* | | | | | | | | | | | | |
| 3.2 | Tính toán so sánh hiệu quả, lợi ích và chi phí của các phương án kỹ thuật | | | | | | | | | | | | |
| 3.3 | Trình bày kết quả tính toán sơ bộ với Công ty trao đổi và thống nhất phương án khả thi nhất đưa vào báo cáo nghiên cứu khả thi | | | | | | | | | | | | |
| **4** | ***Lập báo cáo nghiên cứu khả thi*** | | | | | | | | | | | | |
| 4.1 | Lập báo cáo nghiên cứu khả thi (Căn cứ theo Điều 54 Luật Xây dựng số 50/2014/QH13 ngày 18/6/2014, Điều 8 Nghị định số 15/202/NĐ-CP ngày 03/03/2021 và Luật 62/2020/QH14) | | | | | | | | | | | | |
| 4.2 | Họp làm rõ nội dung báo cáo khả thi với các bên liên quan | | | | | | | | | | | | |
| 4.3 | Hoàn thiện báo cáo theo góp ý của các bên liên quan | | | | | | | | | | | | |

**Tiềm năng tiết kiệm**

| | |
|---|---|
| **Năng lượng (hằng năm): 3.744.000 kWh** | **Tài chính (hằng năm): 184.991 EUR** |
| **Giảm phát thải $CO_2$ (hằng năm): 2.533,19 tấn** | **Thời gian hoàn vốn đơn giản: 0,36 năm** |

**Phân tích rủi ro**

**a) Xác định các yếu tố rủi ro**

- ***Thủy lực – hiệu năng***
  - + Δp tăng trên tuyến kết nối làm thiếu lưu lượng CW → tăng nhiệt độ nước ra bình ngưng, tăng backpressure turbine.
  - + Mất cân bằng lưu lượng giữa 2 hệ khi mở van liên thông (đảo chiều dòng, chênh áp cục bộ).
  - + Water hammer khi đóng/mở van nhanh, thay đổi chế độ bơm (3 bơm ↔ 4 bơm).
  - + Hút khí (air ingress) ở cao điểm tuyến/điểm cao độ, gây sủi bọt và sụt hiệu suất bơm.
  - + PA2 (manhole): tiết diện hạn chế → rủi ro "cổ chai"; cần nhiều nhánh song song.
  - + PA3 (header lớn): rủi ro cộng hưởng dao động áp nếu bố trí đỡ kém.
- ***Kết cấu – thi công***

+ Sai lệch tim ống, cao độ, không đủ không gian đặt van lớn/thiết bị chấp hành.
+ Va chạm hạ tầng ngầm, phải cắt – chuyển hướng tạm; rủi ro ngập cục bộ khi cắt nối.
+ Chất lượng mối hàn/đấu bích không đạt → rò rỉ nước biển (ăn mòn nhanh).
+ PA1: rủi ro đào đất trong khi nhà máy đang vận hành.
+ PA3: khối lượng dân dụng lớn → rủi ro tiến độ.

- ***Ăn mòn – bám bẩn***
  + Ăn mòn kẽ/điện hóa tại mối ghép khác vật liệu (thép–FRP–HDPE–duplex).
  + Biofouling, cát/mùn gây mài mòn; hư hại lớp phủ epoxy/FRP trong thi công.
- ***Điều khiển – đo lường***
  + Lỗi FT/PT (đo lưu lượng/áp) → sai điều khiển cân bằng lưu lượng.
  + Interlock chưa đủ: mở liên thông khi điều kiện không cho phép (mực nước thấp, bơm dự phòng không sẵn sàng…).
  + Chọn chế độ fail của van không phù hợp (fail-open gây chảy ngầm; fail-close gây nghẽn đột ngột).
- ***Vận hành – bảo trì***
  + Lẫn bùn/rác vào tuyến kết nối → tắc nghẽn, tăng Δp.
  + Khó tiếp cận để bảo trì van/cảm biến (đặc biệt vị trí manhole).
  + Trình tự SOP chưa chặt → thao tác sai khi chuyển chế độ 3↔4 bơm.
- ***An toàn – HSE***
  + Không gian hạn chế (confined space) ở manhole; rủi ro ngạt, khí độc, ngập.
  + LOTO không đầy đủ khi cắt nối; rủi ro ngập nước áp lực cao.
  + Nâng hạ/rigging van kích cỡ lớn.
- ***Môi trường – pháp lý***
  + Thay đổi chế độ xả có thể ảnh hưởng **nhiệt độ/turbidity** tại điểm xả; yêu cầu cập nhật hồ sơ pháp lý.
  + Tiếng ồn/thi công ảnh hưởng khu vực lân cận.

**b) Đánh giá khả năng chịu rủi ro**

- Năng lực tài chính: Đánh giá xem doanh nghiệp có đủ khả năng tài chính để chịu đựng các rủi ro trong trường hợp lợi ích mong đợi không đạt được hay không.
- Thời gian hoàn vốn: Đánh giá xem doanh nghiệp có chấp nhận được khoảng thời gian hoàn vốn của khoản đầu tư hay không.
- Tìm kiếm nguồn tài chính ưu đãi: Do giải pháp giúp tiết kiệm năng lượng và giảm tác động môi trường, có thể xem xét tiếp cận các khoản vay lãi suất thấp hoặc các chương trình hỗ trợ để giảm gánh nặng tài chính.

| Nhóm rủi ro | Khả năng | Tác động | Mức rủi ro | Ghi chú theo phương án |
|---|---|---|---|---|
| Δp tăng/thiếu lưu lượng | Trung–Cao | Cao | Cao | **PA2** rủi rocao nhất; **PA3** rủi ro thấp nhất |
| Mất cân bằng lưu lượng | Trung | Trung–Cao | Trung–Cao | Phụ thuộc chất lượng đo/điều khiển |
| Water hammer | Thấp–Trung | Cao | Trung | Tăng nếu van đóng/mở nhanh |
| Sai lệch lắp đặt/cắt nối | Trung | Trung | Trung | **PA3** cao hơn do khối lượng lớn |
| Ăn mòn/biofouling | Trung | Trung | Trung | Tăng nếu chọn vật liệu/phủ không đúng |
| Lỗi đo – điều khiển | Thấp–Trung | Trung | Trung | Giảm mạnh nếu có 2oo3/đo dự phòng |
| HSE (confined space) | Trung | Cao | Cao **(PA2)** | **PA2** làm trong manhole |
| Pháp lý môi trường | Thấp | Trung | Thấp–Trung | Nếu không thay đổi tổng lưu lượng/xả đáng kể |
| Lead-time thiết bị | Trung | Trung–Cao | Trung–Cao | Van DN lớn + actuator |

**c) Kế hoạch giảm thiểu rủi ro**

- ***Kỹ thuật – thiết kế***
  - Tính thủy lực chi tiết (AFT Fathom/CFD) với 3 PA; kiểm tra Δp, vận tốc, NPSH; tối ưu đường kính & số nhánh song song (đặc biệt PA2 cần ≥2–3 nhánh để hạ Δp).
  - Van điều khiển đặt giữa tuyến, chọn đặc tính equal-percentage, có positioner & limit switch; fail-close mặc định để tránh chảy ngầm.
  - Giới hạn tốc độ đóng/mở (≥20–60 s) + bypass cân áp để triệt water hammer.
  - Vật liệu & bảo vệ ăn mòn:
  - Phương án kinh tế: HDPE/FRP cho tuyến kết nối, mặt bích lót FRP.
  - Phương án bền: duplex 2205/2507 tại khu vực xung yếu.
  - Thép sơn epoxy dày + anốt hy sinh nếu dùng thép carbon.
  - Gioăng: EPDM/Viton phù hợp nước biển; bulong inox/duplex cách điện tránh pin điện hóa.
  - Lưới chắn rác/strainer tại nhánh kết nối; cút lớn R/D ≥ 3 giảm tổn thất cục bộ.
  - Kết cấu đỡ – móng tính dao động/giãn nở; chèn khớp giãn nở gần van lớn.
  - PA3: chia modular (spool lắp sẵn), pre-fab tối đa để rút ngắn cắt nối.
- ***Điều khiển – đo lường***
  - Vòng điều khiển cân bằng lưu lượng: dùng 2×FT (mỗi bên) + 2×PT (trước/sau tuyến) → điều khiển van theo Δp & setpoint Q giữa hai hệ.
  - Interlock/Permissive: chỉ cho phép mở liên thông khi có ≥3 bơm chạy/áp ổn định/đủ mực; auto-close khi Δp vượt ngưỡng, mực thấp, FT/PT lỗi.
  - Redundancy: nguồn UPS cho tủ điều khiển; bypass tay (manual gear) cho van.
  - Alarm & giới hạn: Δp, Q, vị trí van, mực nước biển, rung bơm.
- ***Thi công – vận hành***
  - Method Statement & JSA chi tiết: kế hoạch bypass tạm, cửa sổ dừng; FAT/SAT, hydrotest theo áp suất thiết kế; NDT (UT/RT/MT) tại mối hàn.
  - LOTO đầy đủ; biện pháp chống ngập tại điểm cắt; bơm hút cục bộ standby.
  - Confined Space (PA2): permit, giám sát khí, cứu hộ sẵn sàng; thang/giá treo đạt chuẩn.
  - Định tuyến cáp – ống tránh xung đột; biện pháp rigging cho van lớn.
  - Đào tạo SOP: trình tự chuyển 4→3 bơm và ngược lại; checklist trước khi mở liên thông.

**d) Giám sát & Đánh giá**

- ***Kỹ thuật:***
  - Δp qua tuyến kết nối; Q mỗi hệ; vị trí van; số giờ chạy 3 bơm + 1 dự phòng.
  - Nhiệt độ nước ra bình ngưng, backpressure turbine; COP/hiệu suất trao đổi nhiệt.
  - Rung & dòng điện bơm, sự kiện water hammer (áp đỉnh).
- ***Độ tin cậy – bảo trì:***
  - Tỷ lệ sự cố van/cảm biến; thời gian sẵn sàng của van liên thông.
  - Ăn mòn/biofouling: coupon/ER probe, kiểm tra lớp phủ định kỳ.
  - Hiệu quả tài chính: kWh tiết kiệm, VND/năm tiết kiệm ròng; so sánh với baseline.
- ***Ngưỡng cảnh báo & hành động***
  - Δp vượt ngưỡng thiết kế X% → đóng van về vị trí an toàn, kiểm tra tắc nghẽn.
  - Q lệch giữa 2 hệ >Y% trong Z phút → kích hoạt vòng cân bằng/giảm độ mở.
  - Tăng backpressure >ngưỡng → ưu tiên khôi phục 4 bơm/đóng liên thông.
- ***Chu kỳ rà soát***
  - Sau chạy thử (30–90 ngày): đánh giá hiệu năng & tinh chỉnh PID/Setpoint.
  - Hàng quý: họp MOC, xem log sự kiện/alarm, cập nhật SOP.
  - Hàng năm: nội soi/siêu âm cục bộ, sơn sửa/lót lại; hiệu chuẩn FT/PT; rà soát lại lợi ích TKNL.

| Lợi ích phi năng lượng |
| --- |
| - ***Độ tin cậy & khả dụng***<br>+ Dự phòng N-1 thực sự → nếu một tuyến/ một bơm/ một van hỏng, tuyến kia vẫn cấp nước làm mát, giảm giờ ngừng máy ngoài kế hoạch.<br>+ Giữ được tải khi sự cố cục bộ (kẹt rác, mực nước thấp) nhờ chia sẻ lưu lượng giữa hai hệ.<br>+ Ổn định điều kiện bình ngưng trong ngày đêm/mùa, giúp điều độ công suất dễ hơn.<br>+ Chỉ số theo dõi (đặt tên thuần Việt): Tỷ lệ khả dụng của tổ máy; Tỷ lệ sự cố đột xuất; Giờ ngừng do hệ nước làm mát.<br>- ***Linh hoạt vận hành & bảo trì***<br>+ Bảo trì: có thể cô lập một nhánh/bơm/đoạn ống mà vẫn chạy máy nhờ tuyến còn lại.<br>+ Chia tải chủ động giữa hai hệ: ưu tiên lưu lượng cho tổ máy đang tải nặng (cao điểm mùa nóng) mà chưa cần chạy thêm bơm.<br>+ Giảm thao tác khẩn cấp quanh cửa lấy nước/giỏ chắn rác.<br>+ Chỉ số: Giờ bảo trì khi tổ máy vẫn mang tải; Số lần chuyển chế độ khẩn; Thời gian khôi phục sau sự cố.<br>- ***Tuổi thọ thiết bị & chất lượng vận hành***<br>+ Giảm đóng/mở bơm liên tục, giảm dao động áp lực thủy lực cho bơm, van, gối đỡ, đường ống.<br>+ Giảm rung do mất cân bằng lưu lượng.<br>+ Giảm sốc nhiệt ở bình ngưng nhờ lưu lượng ổn định → bảo vệ ống trao đổi nhiệt, bích, gioăng.<br>+ Chỉ số: Thời gian trung bình giữa hai lần hỏng của bơm/van.<br>+ Số lần đại tu/năm; Số lần cảnh báo rung vượt ngưỡng.<br>- ***Lợi ích môi trường***<br>+ Giảm phát thải khí nhà kính: Góp phần vào mục tiêu Net Zero vào năm 2050 của Việt Nam.<br>+ Hỗ trợ sản xuất sạch hơn: Việc tối ưu hóa năng lượng phù hợp với tiêu chuẩn sản xuất xanh, hỗ trợ nhà máy đạt chứng nhận ISO 14001 hoặc đáp ứng yêu cầu của khách hàng quốc tế.<br>- ***Tuân thủ quy định và nâng cao hình ảnh doanh nghiệp***<br>+ Tuân thủ pháp luật: Giải pháp giúp nhà máy thực hiện nghĩa vụ tiết kiệm năng lượng theo Luật Sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả năm 2010, đặc biệt với các cơ sở sử dụng năng lượng trọng điểm.<br>+ Nâng cao hình ảnh doanh nghiệp: Việc áp dụng công nghệ hiện đại, thân thiện môi trường giúp tăng uy tín với đối tác, khách hàng và cơ quan quản lý. |

# 5 Phụ lục

*Bảng 5.1. Tính toán hiệu quả kinh tế giải pháp lắp biến tần điều khiển cho máy nén khí sửa chữa A*

| TT | Các chỉ tiêu | Đơn vị | Giá trị |
|---|---|---|---|
| I | Tiềm năng tiết kiệm năng lượng | | |
| 1 | Công suất định mức của động cơ máy nén khí | kW | 90 |
| 2 | Tỷ lệ thời gian chạy không tải | % | 32 |
| 3 | Công suất tiêu thụ của máy nén khí khi chạy không tải | kW | 20,41 |
| 4 | Thời gian vận hành trong ngày | giờ | 24 |
| 5 | Số ngày hoạt động | Ngày | 365 |
| 6 | Điện năng tiêu thụ trong khoảng thời gian hoạt động rã tải | kWh/năm | 57.213 |
| 7 | Khả năng tiết kiệm điện năng trong khoảng thời gian hoạt động rã tải khi lắp biến tần | | 65% |
| 8 | Tiết kiệm điện năng hàng năm | kWh/năm | 37.189 |
| 9 | Giá điện bình quân | VNĐ | 1.500 |
| 10 | Lượng tiền tiết kiệm được một năm | VNĐ/ năm | 55.782.979 |
| 11 | Tổng chi phí đầu tư và lắp đặt | VNĐ | 200.000.000 |
| 12 | Thời gian hoàn vốn giản đơn | Năm | 3,59 |
| 13 | Hệ số hoàn vốn nội tại IRR | % | 12,2% |
| 14 | Giá trị hiện tại thuần NPV (trong 5 năm, chiết khấu 12%/năm) | VNĐ | 1.085.156 |
| II | Môi trường | | |
| 1 | Quy đổi TOE | TOE/ năm | 5,74 |
| 2 | Giảm phát thải CO2 | tấn CO2/ năm | 25,16 |

*Bảng 5.2. Tính toán lượng năng lượng tiết kiệm của giải pháp bọc bảo ôn các vị trí thất thoát nhiệt*

| STT | Thông số | Công thức | Đơn vị | Giá trị |
|---|---|---|---|---|
| | Thông số hiện trạng | | | |
| 1 | Nhiệt độ bề mặt | tw | oC | 200 |
| 2 | Nhiệt độ không khí xung quanh | tf | oC | 40 |
| 3 | Nhiệt độ trung bình | ttb | oC | 120,0 |
| 4 | Tiêu chuẩn Prandtl trung bình | Prtb | | 0,686 |
| 5 | Tiêu chuẩn Prandtl nhiệt độ bề mặt ống | Prtw | | 0,680 |
| 6 | Tiêu chuẩn Prandtl nhiệt độ kk xung quanh | Prf | | 0,700 |

| STT | Thông số | Công thức | Đơn vị | Giá trị |
|---|---|---|---|---|
| 7 | Gia tốc trọng trường | g | m2/s | 9,81 |
| 8 | Hệ số giãn nở thể tích | β = 1/(273+ttb) | | 0,00254 |
| 9 | Diện tích bề mặt trao đổi nhiệt cho 50m ống | F | m2 | 50 |
| 10 | Kích thước tương đương | d | m | 0,05 |
| 11 | Hệ số dẫn nhiệt | λ | W/m.K | 0,0276 |
| 12 | Độ nhớt động học | υ | m2/s | 0,0000167 |
| 13 | Tiêu chuẩn Grashof | Gr = (g.β.d3.(tw-tf))/υ2 | | 1.792.230 |
| 14 | Tiêu chuẩn Nusselt | Nu = 0,15.(Gr.Pr)0,33 .(Prf/Prw)0.25 | | 15,45 |
| 15 | Hệ số toả nhiệt | α = Nu.λ/d | W/m2.K | 8,53 |
| 16 | Nhiệt lượng tỏa ra môi trường | Qtr = α.(tw-tf).F | W | 68.214,16 |
| | Sau khi thực hiện giải pháp | | | |
| 17 | Nhiệt độ bề mặt ống | tw | oC | 45 |
| 18 | Nhiệt độ không khí xung quanh | tf | oC | 40 |
| 19 | Nhiệt độ trung bình | ttb | oC | 42,5 |
| 20 | Tiêu chuẩn Prandtl trung bình | Prtb | | 0,687 |
| 21 | Tiêu chuẩn Prandtl nhiệt độ bề mặt ống | Prtw | | 0,698 |
| 22 | Tiêu chuẩn Prandtl nhiệt độ kk xung quanh | Prf | | 0,699 |
| 23 | Gia tốc trọng trường | g | m2/s | 9,81 |
| 24 | Hệ số giãn nở thể tích | β = 1/(273+ttb) | | 0,0032 |
| 25 | Diện tích bề mặt trao đổi nhiệt cho 50m ống | F | m2 | 50 |
| 26 | Kích thước tương đương | d | m | 1,00 |
| 27 | Hệ số dẫn nhiệt | λ | W/m.K | 0,0296 |
| 28 | Độ nhớt động học | υ | m2/s | 0,000017 |
| 29 | Tiêu chuẩn Grashof | Gr = (g.β.d3.(tw-tf))/υ2 | | 540.012.649 |
| 30 | Tiêu chuẩn Nusselt | Nu = 0,15.(Gr.Pr)0,33 .(Prf/Prw)0.25 | | 100,94 |
| 31 | Hệ số toả nhiệt | α = Nu.λ/d | W/m2.K | 2,99 |
| 32 | Nhiệt lượng tỏa ra môi trường | Qtr = α.(tw-tf).F | W | 746,961 |
| 33 | Hiệu suất thực hiện giải pháp | | % | 85 |
| 34 | Nhiệt lượng tỏa ra thực tế | Qtt | W | 878,78 |

*Bảng 5.3. Tính toán hiệu quả kinh tế giải pháp bọc bảo ôn các vị trí thất thoát nhiệt*

| STT | Thông số | Công thức | Giá trị |
|---|---|---|---|
| | Thông số vận hành | | |
| 1 | Số giờ vận hành trung bình trong ngày | Giờ | 24 |
| 2 | Số ngày hoạt động trung bình trong năm | Ngày | 365 |
| | Tính toán TKNL | | |
| 3 | Nhiệt lượng tiết kiệm được | kW | 67,335 |
| 4 | Hệ số chuyển đổi của than | kJ/kg | 22.121 |
| 5 | Lượng nhiên liệu tiết kiệm | kg/s | 0,00304396 |
| 6 | Lượng nhiên liệu tiết kiệm được trong 1 năm | tấn/năm | 95,99 |
| 7 | Giá nhiên liệu trên 1 tấn | VNĐ/tấn | 1.986.699 |
| 8 | Chi phí tiết kiệm nhiên liệu được trong 1 năm | VNĐ/năm | 190.711.653 |
| 9 | Chi phí đầu tư | VNĐ | 100.000.000 |
| 10 | Thời gian hoàn vốn | Năm | 0,52 |
| | Môi trường | | |
| 11 | Quy đổi TOE | TOE/ năm | 57,60 |
| 12 | Giảm phát thải CO2 | tấn CO2 /năm | 237,11 |

*Bảng 5.4. Tính toán hiệu quả kinh tế giải pháp bọc bảo ôn van nhiệt*

| TT | Các chỉ tiêu | Đơn vị | Giá trị |
|---|---|---|---|
| Tính toán tiết kiệm | | | |
| 1 | Nhiệt độ chênh lệch giữa van và nhiệt độ môi trường | độ C | 140 |
| 2 | Tổn thất nhiệt | kcal/(m2h) | 2.326 |
| 3 | | kJ/(m2s) | 2,70 |
| 4 | Số lượng van | Van | 50 |
| 5 | Diện tích trao đổi nhiệt của van | m2 | 10,32 |
| 6 | Tổng tổn thất nhiệt của van | kJ/s | 27,871 |
| 7 | Số giờ vận hành trung bình trong ngày | giờ | 24 |
| 8 | Số ngày hoạt động trung bình trong năm | ngày | 365 |
| 9 | Hiệu suất giải pháp | % | 90% |
| 10 | Lượng nhiệt tiết kiệm được trong 1 năm | kJ | 791.052.023 |
| 11 | Nhiệt trị than | kJ/kg | 22.121 |
| 12 | Lượng nhiên liệu tiết kiệm trong 1 năm | tấn | 35,76 |
| 13 | Giá của nhiên liệu | VNĐ/tấn | 1.986.699 |
| 14 | Chi phí tiết kiệm | VNĐ/năm | 71.044.811 |
| 15 | Chi phí đầu tư | VNĐ | 200.000.000 |
| 16 | Thời gian hoàn vốn | năm | 2,82 |

| TT | Các chỉ tiêu | Đơn vị | Giá trị |
|---|---|---|---|
| 17 | Hệ số hoàn vốn nội tại IRR | % | 22,80% |
| 18 | Giá trị hiện tại thuần NPV (trong 5 năm, chiết khấu 12%/năm) | VNĐ | 56.100.644 |
| Môi trường | | | |
| 19 | Quy đổi TOE | TOE/ năm | 21,46 |
| 20 | Giảm phát thải CO2 | tấn CO2 /năm | 88,33 |

*Bảng 5.5. Tính toán kinh tế giải pháp lắp biến tần điều khiển bơm tuần hoàn nước biển 2 tổ máy*

| TT | Các chỉ tiêu | Đơn vị | Bơm tuần hoàn 1A | Bơm tuần hoàn 2B |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Dữ liệu cơ sở | | | |
| 1.1 | Công suất thực tế bơm | kW | 1.333 | 1.320 |
| 1.5 | Tần số nguồn điện cấp động cơ khi chưa lắp biến tần | Hz | 50 | 50 |
| 1.6 | Góc mở van | % | 56,4 | 55,5 |
| 1.7 | Số giờ hoạt động trong ngày | Giờ | 24 | 24 |
| 1.8 | Số ngày hoạt động trong năm | Ngày | 365 | 365 |
| 1.9 | Tổng điện năng tiêu thụ trong năm | kWh/năm | 11.677.080 | 11.563.200 |
| 2 | Tiềm năng tiết kiệm năng lượng | | | |
| 2.1 | Tần số trung bình nguồn cấp cho động cơ khi đã lắp biến tần | Hz | 40 | 40 |
| 2.2 | Góc mở van sau khi lắp biến tần | % | 100 | 100 |
| 2.3 | Công suất sử dụng khi lắp biến tần | kW | 682,50 | 675,84 |
| 2.4 | Tiết kiệm công suất | kW | 650,50 | 644,16 |
| 2.5 | Tỷ lệ thời gian tiết kiệm công suất | % | 65% | 65% |
| 2.6 | Năng lượng tiết kiệm được khi sử dụng biến tần | kWh/năm | 3.703.970 | 3.667.847 |
| 2.7 | Chi phí điện năng trung bình | VNĐ/kWh | 1.500 | 1.500 |
| 2.8 | Tổng tiết kiệm tiền hàng năm | VNĐ/năm | 5.555.954.664 | 5.501.770.560 |
| 2.9 | Tổng chi phí đầu tư và lắp đặt | VNĐ | 10.000.000.000 | 10.000.000.000 |
| 2.10 | Thời gian hoàn vốn | Năm | 1,80 | 1,82 |

| TT | Các chỉ tiêu | Đơn vị | Bơm tuần hoàn 1A | Bơm tuần hoàn 2B |
|---|---|---|---|---|
| 3 | Môi trường | | | |
| 3.1 | Quy đổi TOE | TOE/ năm | 571,52 | 565,95 |
| 3.2 | Giảm phát thải CO2 | tấn CO2 /năm | 2506,11 | 2481,67 |

*Bảng 5.6. Tính toán kinh tế giải pháp lắp biến tần điều khiển bơm tăng áp nước biển*

| TT | Các chỉ tiêu | Đơn vị | Bơm tăng áp 1A | Bơm tăng áp 2A |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Dữ liệu cơ sở | | | |
| 1.1 | Công suất thực tế bơm | kW | 78 | 150 |
| 1.5 | Tần số nguồn điện cấp động cơ khi chưa lắp biến tần | Hz | 50 | 50 |
| 1.6 | Góc mở van | % | 51,2 | 50 |
| 1.7 | Số giờ hoạt động trong ngày | Giờ | 24 | 24 |
| 1.8 | Số ngày hoạt động trong năm | Ngày | 365 | 365 |
| 1.9 | Tổng điện năng tiêu thụ trong năm | kWh/năm | 683.280 | 1.314.000 |
| 2 | Tiềm năng tiết kiệm năng lượng | | | |
| 2.1 | Tần số trung bình nguồn cấp cho động cơ khi đã lắp biến tần | Hz | 35 | 35 |
| 2.2 | Góc mở van sau khi lắp biến tần | % | 100 | 100 |
| 2.3 | Công suất sử dụng khi lắp biến tần | kW | 26,75 | 51,45 |
| 2.4 | Tiết kiệm công suất | kW | 51,25 | 98,55 |
| 2.5 | Tỷ lệ thời gian tiết kiệm công suất | % | 65% | 65% |
| 2.6 | Năng lượng tiết kiệm được khi sử dụng biến tần | kWh/năm | 291.795 | 561.144 |
| 2.7 | Chi phí điện năng trung bình | VNĐ/kWh | 1.500 | 1.500 |
| 2.8 | Tổng tiết kiệm tiền hàng năm | VNĐ/năm | 437.692.086 | 841.715.550 |
| 2.9 | Tổng chi phí đầu tư và lắp đặt | VNĐ | 1.000.000.000 | 1.000.000.000 |
| 2.10 | Thời gian hoàn vốn | Năm | 2,28 | 1,19 |
| 3 | Môi trường | | | |
| 3.1 | Quy đổi TOE | TOE/ năm | 45,02 | 86,58 |

| TT | Các chỉ tiêu | Đơn vị | Bơm tăng áp 1A | Bơm tăng áp 2A |
|---|---|---|---|---|
| 3.2 | Giảm phát thải CO2 | tấn CO2 /năm | 197,43 | 379,67 |

*Bảng 5.7. Tính toán kinh tế cho giải pháp lắp đặt biến tần điều khiển bơm tuần hoàn nước biển của 2 tổ máy*

| TT | Các chỉ tiêu | Đơn vị | Bơm tuần hoàn 1A | Bơm tuần hoàn 2B |
|---|---|---|---|---|
| **1** | **Dữ liệu cơ sở** | | | |
| 1.1 | Công suất thực tế bơm | kW | 1.333 | 1.320 |
| 1.5 | Tần số nguồn điện cấp động cơ khi chưa lắp biến tần | Hz | 50 | 50 |
| 1.6 | Góc mở van | % | 56,4 | 55,5 |
| 1.7 | Số giờ hoạt động trong ngày | Giờ | 24 | 24 |
| 1.8 | Số ngày hoạt động trong năm | Ngày | 365 | 365 |
| 1.9 | Tổng điện năng tiêu thụ trong năm | kWh/năm | 11.677.080 | 11.563.200 |
| **2** | Tiềm năng tiết kiệm năng lượng | | | |
| 2.1 | Tần số trung bình nguồn cấp cho động cơ khi đã lắp biến tần | Hz | 40 | 40 |
| 2.2 | Góc mở van sau khi lắp biến tần | % | 100 | 100 |
| 2.3 | Công suất sử dụng khi lắp biến tần | kW | 682,50 | 675,84 |
| 2.4 | Tiết kiệm công suất | kW | 650,50 | 644,16 |
| 2.5 | Tỷ lệ thời gian tiết kiệm công suất | % | 65% | 65% |
| 2.6 | Năng lượng tiết kiệm được khi sử dụng biến tần | kWh/năm | 3.703.970 | 3.667.847 |
| 2.7 | Chi phí điện năng trung bình | VNĐ/kWh | 1.500 | 1.500 |
| 2.8 | Tổng tiết kiệm tiền hàng năm | VNĐ/năm | 5.555.954.664 | 5.501.770.560 |
| 2.9 | Tổng chi phí đầu tư và lắp đặt | VNĐ | 10.000.000.000 | 10.000.000.000 |
| 2.10 | Thời gian hoàn vốn | Năm | 1,80 | 1,82 |
| **3** | **Môi trường** | | | |
| 3.1 | Quy đổi TOE | TOE/ năm | 571,52 | 565,95 |
| 3.2 | Giảm phát thải CO2 | tấn $CO_2$ /năm | 2506,11 | 2481,67 |

*Bảng 5.8. Phân tích kinh tế cho giải pháp cải tạo đường ống chung của hệ thống bơm tuần hoàn nước biển của hai tổ máy*

| TT | Các chỉ tiêu | Đơn vị | Giá trị |
|---|---|---|---|
| 1 | Công suất trung bình 1 bơm tuần hoàn | kW | 1.300 |
| 2 | Thời gian hoạt động 4 tháng mùa đông | giờ/năm | 2.880 |
| 3 | Lượng điện tiết kiệm được | kWh/năm | 3.744.000 |
| 4 | Giá điện bình quân | VNĐ | 1.500 |
| 5 | Lượng tiền tiết kiệm được một năm | VNĐ/năm | 5.616.000.000 |
| 6 | Tổng chi phí đầu tư và lắp đặt | VNĐ | 2.000.000.000 |
| 7 | Thời gian hoàn vốn giản đơn | Năm | 0,36 |
| 8 | Hệ số hoàn vốn nội tại IRR | % | 280,4% |
| 9 | Giá trị hiện tại thuần NPV (trong 5 năm, chiết khấu 12%/năm) | VNĐ | 18.244.423.152 |
| **II** | **Môi trường** | | |
| 10 | Quy đổi TOE | TOE/ năm | 577,70 |
| 11 | Giảm phát thải $CO_2$ | tấn $CO_2$/ năm | 2533,19 |

*Bảng 5.9. Phân tích kinh tế cho giải pháp tận dụng nhiệt thải từ hơi thoát và xả đáy để gia nhiệt nước cấp bổ sung*

| STT | Thông số | Đơn vị | Giá trị |
|---|---|---|---|
| **Thông tin vận hành** | | | |
| 1 | Số giờ vận hành trung bình trong ngày | hour | 24 |
| 2 | Số ngày hoạt động trung bình trong năm | day | 320 |
| 3 | Nhiệt trị than | kJ/kg | 22,121 |
| 4 | Hiệu suất lò hơi | % | 85 |
| 5 | Nhiệt dung riêng của nước | kJ/(kg.K) | 4,186 |
| **Thông tin hiện trạng trước giải pháp** | | | |
| 6 | Số lượng nước ngưng lò hơi | ton/year | 21,672 |
| 7 | Lưu lượng nước ngưng lò hơi | kg/s | 0.78 |
| 8 | Lưu lượng nước makeup cần gia nhiệt (2 lò) | ton/year | 253,860 |
| 9 | Lưu lượng nước makeup cần gia nhiệt (15%) | ton/year | 38,079 |
| 10 | Lưu lượng nước cấp bổ sung vào bộ gia nhiệt | kg/s | 1.38 |
| 11 | Nhiệt độ xả của lò hơi | °C | 90 |
| 12 | Nhiệt độ nước cấp bổ sung trước khi thực hiện giải pháp | °C | 30 |
| **Thông tin sau giải pháp** | | | |

| STT | Thông số | Đơn vị | Giá trị |
|---|---|---|---|
| 13 | Nhiệt độ nước xả lò hơi sau bộ trao đổi nhiệt | °C | 40 |
| 14 | Tổng nhiệt lượng trao đổi của nước xả lò hơi | kW | 164.06 |
| 15 | Hiệu suất bộ trao đổi nhiệt ε | | 0.8 |
| 16 | Tổng nhiệt lượng trao đổi của nước cấp bổ sung lò hơi | kW | 131.25 |
| 17 | Nhiệt độ nước cấp bổ sung lò hơi sau khi gia nhiệt | °C | 52.76 |
| **Tính toán lợi ích** | | | |
| 18 | Lượng nhiệt tiết kiệm được | kW | 131.25 |
| 19 | Quy đổi kW to kJ | kJ/kWh | 3,600 |
| 20 | Tổng lượng nhiệt tiết kiệm | MJ | 3,628,709 |
| 21 | Lượng than tiết kiệm trong 1 năm | ton/year | 193 |
| 22 | Giá than trung bình | VND/ton | 1,986,699 |
| 23 | Lượng tiền tiết kiệm | VND/year | 383,407,392 |
| 24 | Chi phí đầu tư | VND | 1,000,000,000 |
| 25 | Thời gian hoàn vốn | year | 2.61 |
| **Environment** | | | |
| 26 | Quy đổi TOE | TOE/ năm | 115.79 |
| 27 | Giảm phát thải $CO_2$ | tấn $CO_2$ /năm | 476.68 |

*Bảng 5.10. Phân tích kinh tế cho giải pháp tận dụng nhiệt thải từ hơi phụ để gia nhiệt nước cấp bổ sung*

| STT | Thông số | Đơn vị | Giá trị |
|---|---|---|---|
| **Thông tin vận hành** | | | |
| 1 | Số giờ vận hành trung bình trong ngày | giờ | 24 |
| 2 | Số ngày hoạt động trung bình trong năm | ngày | 320 |
| 3 | Nhiệt trị than | kJ/kg | 22,121 |
| 4 | Hiệu suất lò hơi | % | 85 |
| 5 | Nhiệt dung riêng của nước | kJ/(kg.K) | 4.186 |
| **Thông tin hiện trạng trước giải pháp** | | | |
| 6 | Số lượng nước ngưng lò hơi | ton/year | 127,734 |
| 7 | Lưu lượng nước ngưng lò hơi | kg/s | 4.62 |
| 8 | Lưu lượng nước makeup cần gia nhiệt (2 lò) | ton/year | 253,860 |
| 9 | Lưu lượng nước makeup cần gia nhiệt (15%) | ton/year | 215,781 |
| 10 | Lưu lượng nước cấp bổ sung vào bộ gia nhiệt | kg/s | 7.80 |
| 11 | Nhiệt độ xả của lò hơi | °C | 90 |

| STT | Thông số | Đơn vị | Giá trị |
|---|---|---|---|
| 12 | Nhiệt độ nước cấp bổ sung trước khi thực hiện giải pháp | $^oC$ | 30 |
| **Thông tin sau giải pháp** | | | |
| 13 | Nhiệt độ nước xả lò hơi sau bộ trao đổi nhiệt | $^oC$ | 40 |
| 14 | Tổng nhiệt lượng trao đổi của nước xả lò hơi | kW | 966.97 |
| 15 | Hiệu suất bộ trao đổi nhiệt ε | | 0.8 |
| 16 | Tổng nhiệt lượng trao đổi của nước cấp bổ sung lò hơi | kW | 773.57 |
| 17 | Nhiệt độ nước cấp bổ sung lò hơi sau khi gia nhiệt | $^oC$ | 53.68 |
| **Tính toán lợi ích** | | | |
| 18 | Lượng nhiệt tiết kiệm được | kW | 773.57 |
| 19 | Quy đổi kW to kJ | kJ/kWh | 3,600 |
| 20 | Tổng lượng nhiệt tiết kiệm | MJ | 21,387,741 |
| 21 | Lượng than tiết kiệm trong 1 năm | ton/year | 1,137 |
| 22 | Giá than trung bình | VND/ton | 1,986,699 |
| 23 | Lượng tiền tiết kiệm | VND/year | 2,259,817,166 |
| 24 | Chi phí đầu tư | VND | 4,000,000,000 |
| 25 | Thời gian hoàn vốn | year | 1.77 |
| **Môi trường** | | | |
| 26 | Quy đổi TOE | TOE/ năm | 682.48 |
| 27 | Giảm phát thải $CO_2$ | tấn $CO_2$ /năm | 2,809.56 |

*Bảng 5.11. Tính toán kinh tế giải pháp thay thế động cơ quạt sục silo tro bay hiệu suất thấp bằng động cơ IE4 hiệu suất cao*

| STT | Thông số | Đơn vị | Thay thế động cơ IE1 bằng động cơ IE4 | | Thay thế động cơ IE2 bằng động cơ IE4 | | Thay thế động cơ IE3 bằng động cơ IE4 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Quạt sục silo tro bay - IE1 | Động cơ IE4 mới | Bơm bể bùn - IE2 | Động cơ IE4 mới | Máy nghiền đá vôi – IE3 | Động cơ IE4 mới |
| **I** | **Dữ liệu cơ sở** | | | | | | | |
| 1.1 | Công suất định mức | kW | 8 | | 15 | | 105 | |
| 1.2 | Số lượng động cơ cần thay thế | chiếc | **4** | | **2** | | **2** | |
| 1.3 | Công suất yêu cầu | kW | 30 | 30 | 30 | 30 | 210 | 210 |
| 1.5 | Hệ số công suất định mức | | 0,79 | 0,93 | 0,84 | 0,93 | 0,89 | 0,93 |
| 1.6 | Hiệu suất định mức | % | 0,79 | 0,93 | 0,84 | 0,93 | 0,89 | 0,93 |
| 1.7 | Vận hành trung bình 1 ngày | Giờ | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 |
| 1.8 | Số ngày vận hành trong 1 năm | Ngày | 320 | 320 | 320 | 320 | 320 | 320 |
| 1.9 | Tỉ lệ hoạt động đồng thời | % | 70% | 70% | 70% | 70% | 70% | 70% |
| 1.10 | Số giờ vận hành trong 1 năm | Giờ | 7.680 | 7.680 | 7.680 | 7.680 | 7.680 | 7.680 |
| 1.11 | Công suất biểu kiến tải tiêu thụ | kVA | 26,58 | 22,58 | 25,00 | 22,58 | 165,17 | 158,06 |
| 1.12 | Tổn thất sắt trong động cơ | kW | 0,25 | 0,68 | 0,50 | 0,68 | 3,50 | 4,74 |
| 1.13 | Tổn thất đồng trong động cơ | kW | 3,91 | 1,11 | 2,80 | 1,11 | 12,72 | 7,75 |
| 1.14 | Tổng tổn thất | kW | 4,16 | 1,78 | 3,30 | 1,78 | 16,22 | 12,49 |
| **II** | **Tiềm năng tiết kiệm năng lượng** | | | | | | | |
| 2.1 | Công suất tiết kiệm | kW | | 28,48 | | 1,52 | | 3,73 |
| 2.2 | Điện năng tiết kiệm | kWh | | 218.762 | | 11.644 | | 28.653 |

| STT | Thông số | Đơn vị | Thay thế động cơ IE1 bằng động cơ IE4 | | Thay thế động cơ IE2 bằng động cơ IE4 | | Thay thế động cơ IE3 bằng động cơ IE4 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Quạt sục silo tro bay - IE1 | Động cơ IE4 mới | Bơm bể bùn - IE2 | Động cơ IE4 mới | Máy nghiền đá vôi – IE3 | Động cơ IE4 mới |
| 2.3 | Gía điện trung bình | VNĐ/kWh | 1.500 | 1.500 | 1.500 | 1.500 | 1.500 | 1.500 |
| 2.4 | Lượng tiền tiết kiệm | VNĐ/năm | | 328.143.601 | | 17.465.806 | | 42.979.746 |
| 2.5 | Tổng chi phí đầu tư | VNĐ | | 1.280.000.000 | | 174.000.000 | | 600.000.000 |
| 2.6 | Thời gian hoàn vốn | Năm | | 3,90 | | 9,96 | | 13,96 |
| **III** | **Môi trường** | | | | | | | |
| 3.1 | Quy đổi TOE | TOE/ năm | | 33,76 | | 1,80 | | 4,42 |
| 3.2 | Giảm phát thải $CO_2$ | tấn $CO_2$/ năm | | 148,01 | | 7,88 | | 19,39 |

*Bảng 5.12. Tính toán kinh tế lắp đặt biến tần điều khiển cho quạt phụ trợ khu vực lò hơi*

| TT | Các chỉ tiêu | Công thức | Đơn vị | ID Fan | FD Fan | PA Fan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | **Dữ liệu cơ sở** | | | | | |
| 1.1 | Công suất thực tế quạt | A | kW | 1.361 | 323 | 1.061 |
| 1.2 | Tần số động cơ chưa lắp biến tần | B | Hz | 50 | 50 | 50 |
| 1.3 | Góc mở van gió | C | % | 37,1 | 53,5 | 54,2 |
| 1.4 | Số giờ hoạt động/ngày | D | Giờ | 24 | 24 | 24 |
| 1.5 | Số ngày hoạt động/năm | E | Ngày | 365 | 365 | 365 |
| 1.6 | Tổng điện năng tiêu thụ trong năm | F= A*D*E | kWh/năm | 11.922.360 | 2.829.480 | 9.294.360 |
| **2** | **Tiềm năng tiết kiệm năng lượng** | | | | | |
| 2.1 | Tần số trung bình nguồn cấp động cơ khi lắp biến tần | G | Hz | 35 | 35 | 35 |
| 2.2 | Góc mở van gió sau khi lắp biến tần cho động cơ quạt | H | % | 100 | 100 | 100 |
| 2.3 | Công suất sử dụng khi lắp biến tần | I=A*(G^3/B^3) | kW | 466,82 | 110,79 | 363,92 |
| 2.4 | Tiết kiệm công suất | J= A-I | kW | 894,18 | 212,21 | 697,08 |
| 2.5 | Tỷ lệ thời gian tiết kiệm công suất | K | | 80% | 80% | 80% |
| 2.6 | Năng lượng tiết kiệm được khi sử dụng biến tần | L=D*E*J*K | kWh /năm | 6.266.392 | 1.487.175 | 4.885.116 |
| 2.7 | Chi phí điện năng trung bình | M | VNĐ/kWh | 1.500 | 1.500 | 1.500 |
| 2.8 | Tổng tiết kiệm tiền hàng năm | N=L*M | VNĐ/năm | 9.399.588.624 | 2.230.762.032 | 7.327.673.424 |
| 2.9 | Tổng chi phí đầu tư và lắp đặt | O | VNĐ | 20.000.000.000 | 10.000.000.000 | 10.000.000.000 |
| 2.10 | Thời gian hoàn vốn | P=O/N | năm | 2,13 | 4,48 | 1,36 |
| **3** | **Môi trường** | | | | | |
| 3.1 | Quy đổi TOE | Q=L*0,000543 | TOE/ năm | 966,90 | 229,47 | 753,77 |
| 3.2 | Giảm phát thải $CO_2$ | R=L*0,0006766 | tấn $CO_2$ /năm | 4.524,96 | 1.073,89 | 3.527,54 |

*Bảng 5.13. Tính toán kinh tế cho giải pháp thay thế máy nghiền bi hiện tại bằng máy nghiền đứng*

| STT | Thông số | Đơn vị | nghiền bi | nghiền đứng Loesche LM 30.3 D |
|---|---|---|---|---|
| **I** | **Dữ liệu cơ sở** | | | |
| 1 | Số máy nghiền | Chiếc | 4 | 4 |
| 2 | Công suất định mức | kW | 1.498 | 1.000 |
| 3 | Tỉ lệ hoạt động đồng thời | % | 70 | 70 |
| 4 | Số giờ vận hành | giờ/năm | 8.760 | 8.760 |
| 5 | Điện năng tiêu thụ | kWh/năm | 36.742.944 | 24.528.000 |
| **II** | **Tiềm năng tiết kiệm năng lượng** | | | |
| 6 | Lượng điện năng tiết kiệm | | | 12.214.944 |
| 7 | Giá điện trung bình | VND/kWh | 1.500 | 1.500 |
| 8 | Tổng tiết kiệm tiền hàng năm | VNĐ/năm | | 18.322.416.000 |
| 9 | Tổng chi phí đầu tư và lắp đặt | VNĐ | | 125.000.000.000 |
| 10 | Thời gian hoàn vốn | Năm | | 6,82 |
| **3** | **Môi trường** | | | |
| 11 | Quy đổi TOE | TOE/ năm | | 1.884,77 |
| 12 | Giảm phát thải $CO_2$ | tấn $CO_2$ /năm | | 8.264,63 |