

Thermodynamic Modeling and Investigating the Influence of Process Parameters to the Efficiency of a 660 MW Supercritical Thermal Power Plant

660 MW के अतिक्रांतिक ताप विद्युत संयंत्र का ऊष्मागतिकीय निदर्शन एवं प्रचालन कारकों का उसकी दक्षता पर प्रभावों की जाँच करना

डॉ. एस. एस. एल. पटेल¹ एवं पी. पटेल²

Dr. S. S. Patel¹ & P. Patel²

¹Principal, Government Polytechnic Kobra, Chattisgarh (INDIA)

²M.Tech. Scholar (Mechanical Engineering), IIT Kharagpur, West Bengal (INDIA)

¹sslpatel@gmail.com, ²poojyapreetpatel3@gmail.com

<https://doie.org/10.1229/VP.2023537056>

सारांश

इस शोध पत्र में ताप विद्युत संयंत्र के प्रचालन कारकों का उसकी दक्षताओं पर प्रभावों का अध्ययन किया गया जिससे कि संभावित सुधार हेतु उनके मध्य प्राथमिकता का निर्धारण किया जा सके। 660 MW के कोयला दाहित अतिक्रांतिक ताप विद्युत संयंत्र का ऊष्मागतिकीय निदर्शन तैयार करने तथा अनुरूपण के लिए “सायकल टेम्पो 5” नामक फ्लोशीट कम्प्यूटर प्रोग्राम का उपयोग किया गया। अलग-अलग प्रचालन कारकों का संयंत्र की ऊर्जा एवं एक्सर्जी दक्षता पर प्रभावों को जाँचा गया। संघनित्र दाब सबसे प्रभावकारी कारक के रूप में पाया गया जिसका मान 0.1 bar से बढ़कर 0.12 bar हो जाने पर संयंत्र की ऊर्जा दक्षता एवं एक्सर्जी दक्षता 0.7% घट जाती है। अध्ययन किए गए विभिन्न प्राचलों में से मुख्य भाप का तापमान और पुनस्तापित भाप का तापमान भी निष्पादन को बहुत प्रभावित करते हैं जबकि जाँचे गए प्राचलों में मुख्य भाप के दाब तथा पुनस्तापन दाब का प्रभाव अपेक्षाकृत कम पाया गया। इष्टतम पुनस्तापन दाब का मान बॉयलर दाब के 16% से 18% की सीमा में पाया गया।

Abstract

This paper studied the effect of plant process parameters upon its efficiencies so that they can be prioritised for possible improvement. For modeling and simulation of 660MW coal fired supercritical thermal power plant a flow sheet computer program “Cycle Tempo 5” is used. Effects of individual process parameters upon plant energy and exergy efficiency are investigated. The most influencing parameter is the condenser pressure, which on variation from 0.1bar to 0.12bar reduces the plant energy and exergy efficiency by 0.7%. Main steam temperature and reheat steam temperature are also affecting the performance considerably while main steam pressure and reheat pressure are found to have the lesser influence among the studied one. Optimum reheat pressure is found to be 16 to 18% of the boiler pressure.

मुख्य शब्द : ऊष्मागतिकीय निदर्शन, संयंत्र प्राचल, सायकल टेम्पो, ऊर्जा दक्षता, एक्सर्जी दक्षता.

Keywords: Thermodynamic modeling, Plant parameters, Cycle Tempo, Energy efficiency, Exergy efficiency.

1. प्रस्तावना

ऊर्जा की आवश्यकता, उपयोग एवं इसके पर्यावरणीय पहलू से संबंधित कुछ महत्वपूर्ण तथ्य हैं : किसी

भी कार्य को सम्पादित करने के लिए ऊर्जा की आवश्यकता होती है। किसी राष्ट्र के लिए प्रति व्यक्ति ऊर्जा खपत दर को उस राष्ट्र की समृद्धि एवं विकास के एक द्योतक के रूप में देखा जाता है। वर्तमान में वैश्विक तापन एक गंभीर पर्यावणीय चिंता का विषय है तथा इसके लिए प्रमुख रूप से उत्तरदायी ग्रीनहाउस गैसों में से एक CO₂ की भागीदारी 50% से अधिक की है [1].

विश्व में कुल उत्सर्जित CO₂ में 30 से 40% कोयला दाहित शक्ति संयंत्रों से आता है [2]. विद्युत उत्पादन उद्योग में कार्य करने वाले अभियंताओं के लिए दक्षतापूर्वक विद्युत का उत्पादन एक प्रमुख चुनौती है [3]. ये सभी तथ्य ऊर्जा सुरक्षा, पर्यावरण संरक्षण, ईंधन खपत तथा उत्सर्जन में कमी लाने के लिए ऊर्जा संरक्षण के महत्व को प्रतिपादित करते हैं। भारत में, कम ऊर्जा एवं एक्सर्जी दक्षताओं पर प्रचालित होने वाले कोयला दाहित शक्ति संयंत्रों की संख्या बहुत अधिक है। इस कारण से, आवश्यकता है कि इन संयंत्रों की दक्षता में वृद्धि हेतु सभी संभव प्रयास किया जाए और यह शोध अध्ययन इसी प्रयास की एक कड़ी है।

2. साहित्य समीक्षा

संबंधित क्षेत्र में किए गए कुछ प्रमुख कार्यों में, हाजेब्जादेह एवं उनके साथियों (Hajebzadeh et al.) [4] ने बॉयलर की इष्टतम प्रचालन अवस्थाओं पर तथा प्रदूषण कम करने हेतु विभिन्न प्राचलों के प्रभाव को जाँचने के लिए बॉयलर का एक अपरिवर्ती अवस्था वाला एकीकृत नमूना/निदर्श विकसित किया। निर्मित निदर्श का अनुप्रयोग 320 MW के शक्ति संयंत्र के बॉयलर पर छह विभिन्न भारों 240, 250, 260, 270, 280 एवं 290 MW पर सफलतापूर्वक किया गया।

झाओ एवं उनके साथियों (Zhao et al.) [5] ने 1000 MW के एक दोहरे पुनस्तापन परा-अतिक्रांतिक शक्ति संयंत्र का निष्पादन ज्ञात किया और एक्सर्जी वितरण तथा इकाई की दक्षता का मूल्यांकन किया। उन्होंने भट्टी में ईंधन के दहन तथा वाटरवाल में ऊष्मा

विनिमय के कारण होने वाली एक्सर्जी को 85% तक पाया। संघनित्र में होने वाली ऊर्जा हानि 999 MW थी परन्तु इसकी एक्सर्जी हानि बहुत कम 20.49 MW थी। उन्होंने इकाई की ऊर्जा दक्षता को उस पर भार, मुख्य भाप के तापमान एवं दाब, भरण जल तापमान, पुनस्तापन तापमान, भाप के निर्गमन दाब में परिवर्तन के साथ ज्ञात किया। अध्ययन से ज्ञात हुआ कि भार, भरण जल का तापमान तथा भाप का निर्गमन दाब अन्य प्राचलों की तुलना में इकाई की एक्सर्जी दक्षता को अधिक प्रभावित करते हैं। भार, मुख्य भाप का तापमान तथा दाब एवं पुनस्तापित भाप का तापमान, भरण जल तापमान में वृद्धि के साथ सकल एक्सर्जी दक्षता बढ़ती है जब भाप का निर्गमन दाब एक निश्चित मान पर हो परन्तु बॉयलर निकास तापमान के किसी निश्चित मान के लिए भाग के निर्गमन दाब में क्रमिक वृद्धि के साथ सकल एक्सर्जी दक्षता घटती है।

साहिन एवं अयादिन (Sahin and Ayadin) [6] ने वातावरणीय तापमान के प्रभाव का अध्ययन किया। जब वातावरणीय तापमान में वृद्धि हुई तो शक्ति संयंत्र की एक्सर्जी दक्षता घट गई। यह देखा गया कि वातावरणीय तापमान में 1°C की वृद्धि के साथ ऊर्जा दक्षता में 0.12% की कमी हुई। इसके अतिरिक्त यह दर्शाया गया कि वातावरणीय तापमान में परिवर्तन का बॉयलर एवं संघनित्र के अनुक्रमणीयता दर में बहुत अधिक प्रभाव होता है जबकि संयंत्र के अन्य अवयवों पर इसका प्रभाव कम होता है।

गेंग एवं उनके साथियों (Geng et al.) [7] ने कुछ अतिमहत्वपूर्ण प्राचलों के प्रभावों का अध्ययन किया। अध्ययन ने दर्शाया कि उच्च दाब एवं निम्न दाब टरबाइनों में प्रवेश तापमान में वृद्धि का निकाय के निष्पादन पर सकारात्मक प्रभाव होता है तथा इनमें 20°C की वृद्धि पर चक्र की दक्षता लगभग 0.5% बढ़ जाती है जब उच्च दाब टरबाइन में प्रवेश पर भाप का दाब 25 MPa हो। झाओ एवं उनके साथियों (Zhao et al.) [8] ने 1000 MW के परा-अतिक्रांतिक (Ultra-

supercritical) शक्ति संयंत्र के टरबाइन निकाय में ऊर्जा हानि तथा एक्सर्जी विनाश के सही स्थानों को चिन्हित करने के लिए एक्सर्जी संतुलन समीकरण का उपयोग किया। उन्होंने पाया कि अनुक्रमणीयता के कारण अति उच्च दाब टरबाइन में सर्वाधिक एक्सर्जी हानि होती है तथा एकल पुनस्तापन इकाई की तुलना में दोहरे पुनस्तापन इकाई की एक्सर्जी दक्षता अधिक होती है। इसी प्रकार दोहरे पुनस्तापन इकाई के संघनित्र में एक्सर्जी हानि की मात्रा एकल पुनस्तापन इकाई की तुलना में कम होती है। खान एवं उनके साथियों (Khan et al.) [9] ने एक शोध में अतिक्रांतिक रैंकिन चक्र पर प्रचालित इकाई का अनुरूपण कर उसका एक्सर्जी एवं ऊर्जा विश्लेषण प्रस्तुत किया। प्राचलों पर आधारित अध्ययन ने दर्शाया कि चक्र की ऊर्जा दक्षता एवं एक्सर्जी दक्षता, टरबाइन प्रवेश पर दाब एवं तापमान में वृद्धि से बढ़ती हैं तथा अंशात्मक (Fractional) एक्सर्जी हानि एवं अनुक्रमणीयता बॉयलर में अधिकतम होती हैं और इसके बाद क्रमशः टरबाइनों, संघनित्र और पम्प में होती हैं।

मा एवं उनके साथियों (Ma et al.) [10] ने एक शोध अध्ययन में 1000 MW के दोहरे पुनस्तापकयुक्त परा-अतिक्रांतिक बॉयलर वाली शक्ति संयंत्र के पुनस्तापित भाप का तापमान उसके अभिकल्पित मान से कम होने की समस्या से पार पाने के लिए फ्लू गैस पुनर्संचरण की विधि को एक विकल्प के रूप में उपयोग किया। उन्होंने पाया कि फ्लू गैस पुनर्संचरण योजना पुनस्तापित भाप का तापमान बढ़ा सकती है।

इस्लाम एवं उनके साथियों (Islam et al.) [11] ने अभिकल्पन परिस्थिति तथा वास्तविक प्रचालन परिस्थिति दोनों के लिए ऊर्जा दक्षता एवं एक्सर्जी दक्षता के रूप में निष्पादन ज्ञात किया। वांग और झाओ (Wang and Zhao) [12] ने 1000 MW के परा-अतिक्रांतिक दो पुनर्तापक वाली संयंत्र के परा-उच्च (Ultra-high) दाब टरबाइन, उच्च दाब टरबाइन, माध्यमिक दाब टरबाइन एवं निम्न दाब टरबाइन की दक्षताओं का ईंधन खपत पर प्रभाव

का विश्लेषण किया। उन्होंने पाया कि सिलिण्डर दक्षताओं का कोयले की खपत पर प्रभाव रेखीय (Linear) प्रकृति का है तथा निम्न दाब सिलिण्डर का प्रभाव सर्वाधिक होता है और इसके बाद माध्यमिक दाब सिलिण्डर का प्रभाव होता है। उच्च दाब एवं परा-उच्च दाब सिलिण्डरों का कोयले की खपत पर प्रभाव बहुत कम होता है।

3. ऊर्जा एवं एक्सर्जी दक्षता

ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम एवं द्वितीय नियम पर आधारित ऊर्जा एवं एक्सर्जी विश्लेषण द्वारा किसी ऊर्जा रूपांतरण निकाय के ऊष्मागतिकीय निष्पादन को प्रभावी ढंग से ज्ञात किया जा सकता है। विश्लेषण के द्वारा निकाय की ऊर्जा दक्षता एवं एक्सर्जी दक्षता जिनकी परिभाषाएं निम्नानुसार हैं, ज्ञात किया जा सकता है—

$$\text{ऊर्जा दक्षता, } \eta_I = \frac{\text{वांछित प्राप्त ऊर्जा}}{\text{प्रदाय की गई ऊर्जा}} = \frac{E_{out}}{E_{in}}$$

$$\text{सम्पूर्ण निकाय के लिए, } \eta_I = \frac{W_{net}}{Q_{fuel}}$$

किसी निकाय की एक्सर्जी,

$$\psi = m [(h - h_0) - T_0 (s - s_0)]$$

जहाँ m, h, s क्रमशः द्रव्यमान प्रवाह दर, विशिष्ट एन्थाल्पी एवं विशिष्ट एन्ट्रॉपी को व्यक्त करते हैं जबकि h_0, T_0, s_0 परिवेश को प्रदर्शित करते हैं।

एक्सर्जी दक्षता,

$$\eta_{II} = \frac{\text{प्राप्त एक्सर्जी आउटपुट}}{\text{प्रदाय की गई एक्सर्जी}} = \frac{\text{उत्पाद की एक्सर्जी}}{\text{प्रदाय की गई एक्सर्जी}}$$

$$\text{एक्सर्जी} = \frac{\psi_{out}}{\psi_{in}}$$

$$\text{सम्पूर्ण संयंत्र के लिए, } \eta_{II} = \frac{W_{net}}{\psi_{fuel}} = \frac{W_{net}}{(m_f \times \gamma \times LHV)}$$

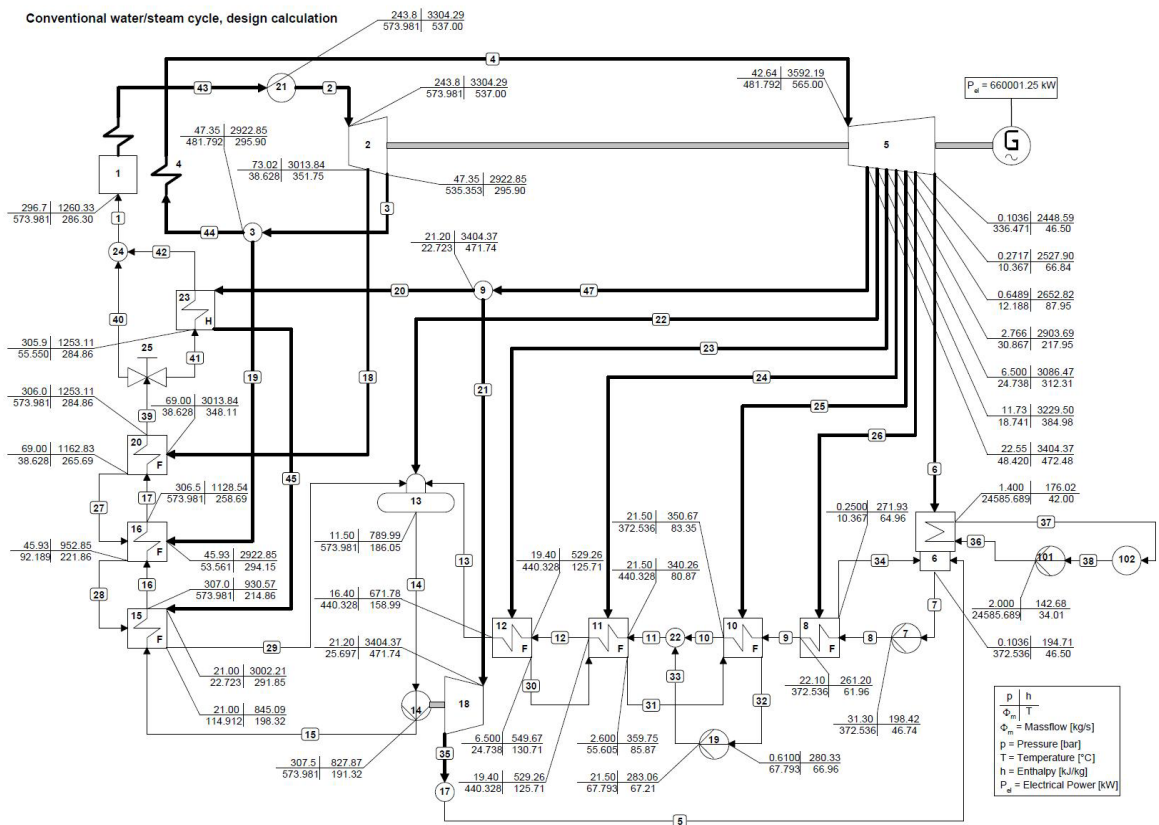
जहाँ m_f ईंधन खपत दर, LHV कोयले का निम्न ऊष्मीय मान एवं γ एक्सर्जी गुणक (निम्न ऊष्मीय मान पर आधारित) है। γ का मान सामान्यतः 1.06 लिया जाता है [13]।

4. मेथोडोलॉजी

प्रस्तुत शोध कार्य के लिए अपनाई गई शोध विधि के निम्न वर्णित दो प्रमुख चरण हैं :

(अ) संयंत्र का ऊष्मागतिकीय निदर्शन, अनुरूपण एवं विधिमान्यकरण (**Thermodynamic modeling, Simulation and Validation of simulated model of the plant**) – शक्ति संयंत्रों के ऊष्मागतिकीय निदर्शन के लिए बहुत ही कारगर 'सायकल टेम्पो 5' सॉफ्टवेयर [14, 15] का उपयोग वर्तमान अध्ययन में किया गया है। संयंत्र का ऊष्मागतिकीय निदर्श तैयार करने की प्रक्रिया में पहले अवयववार निदर्शन एवं तत्पश्चात् सम्पूर्ण निकाय का अनुरूपण किया गया। 660 MW के अतिक्रांतिक ताप विद्युत संयंत्र के सायकल टेम्पो निदर्श का रेखीय विन्यास चित्र 1 में दिखाया गया है। तालिका 1 में दिखाए अनुसार विभिन्न प्राचलों के वास्तविक मानों की तुलना सायकल टेम्पो सॉफ्टवेयर से अनुरूपित निदर्श से प्राप्त उनके मानों से करके निदर्श का विधिमान्यकरण किया गया। अनुरूपित निदर्श के आंकड़ों का मान उनके वास्तविक मानों के लगभग बराबर या बहुत निकट होना सफल अनुरूपण को दर्शाता है।

(ब) विधिमान्य निदर्श का संचालन (**Running the validated model**)– अध्ययन के लिए चयनित प्रक्रम प्राचलों के मानों को उनके संभावित परिवर्तन की व्यावहारिक सीमा में परिवर्तित करके निदर्श को चलाया गया।



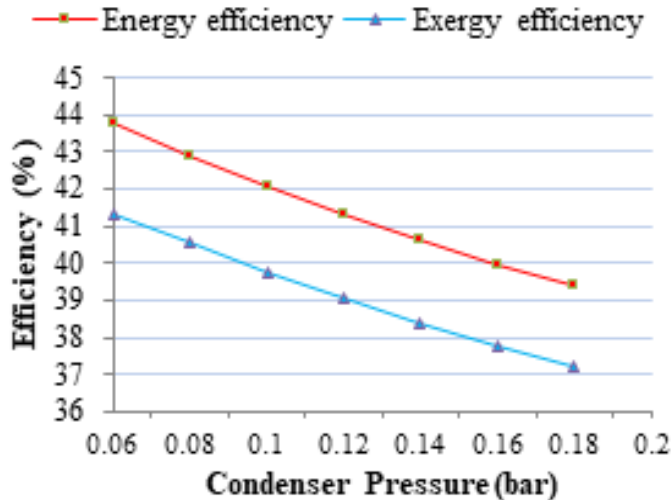
चित्र 1 : 660 MW के अतिक्रांतिक ताप विद्युत संयंत्र के सायकल टेम्पो निदर्श का रेखीय विन्यास

4. परिणाम एवं चर्चा

अनुरूपित निदर्श की सहायता से पाँच महत्वपूर्ण प्रक्रम प्राचलों के प्रभाव का अध्ययन किया गया। प्राप्त परिणामों को चित्र 2 से 6 में दर्शाया गया है।

(अ) संघनित्र दाब में परिवर्तन का प्रभाव

संघनित्र दाब में परिवर्तन के प्रभाव को चित्र 2 में दर्शाया गया है।



चित्र 2 : संघनित्र दाब का ऊर्जा दक्षता एवं एक्सर्जी दक्षता पर प्रभाव

जैसा कि चित्र से स्पष्ट है कि संघनित्र दाब में वृद्धि के साथ ऊर्जा एवं एक्सर्जी दक्षता दोनों घटते हैं। संघनित्र दाब का 0.1 bar से बढ़कर 0.12 bar हो जाने पर ऊर्जा एवं एक्सर्जी दक्षता प्रत्येक में लगभग 0.7% की कमी हो जाती है तथा संघनित्र दाब में वृद्धि होते जाने से दोनों दक्षताएँ स्थिर दर से घटती जाती हैं। ऊर्जा दक्षता में गिरावट के पीछे संघनित्र दाब में वृद्धि से संतृप्त तापमान में वृद्धि अर्थात् वह औसत तापमान जिस पर ऊष्मा निष्कासन होता है उसका बढ़ जाना हो सकता है जबकि एक्सर्जी दक्षता में गिरावट, टरबाइन से समान कार्य प्राप्ति हेतु भाप प्रवाह दर का बढ़ जाना हो सकता है।

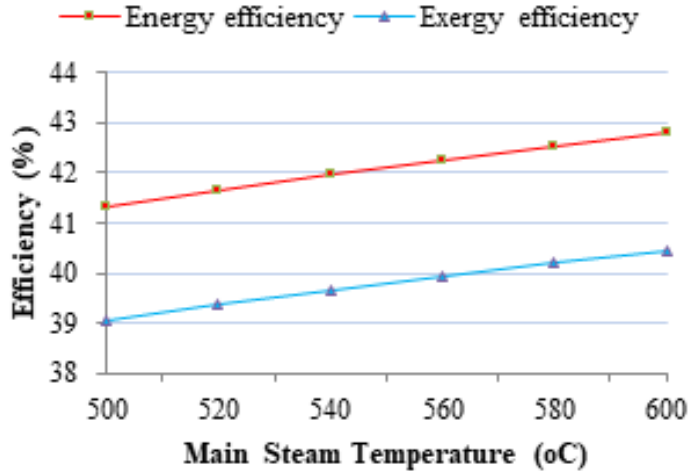
तालिका 1 : 660 MW के अतिक्रांतिक ताप विद्युत संयंत्र के वास्तविक प्रचालन आंकड़ों का सायकल टेम्पो सॉफ्टवेयर के आंकड़ों के साथ विधिमान्यकरण

Stream	Physical State	p (bar) Operation	p (bar) Simulation	% variation	t (°C) Operation	t (°C) Simulation	% variation	m (kg/s) Operation	m (kg/s) Simulation	% variation
1	Water	296.72	296.7	0.00	286.3	286.3	0.00	562.15	573.981	2.10
2	Steam	243.82	243.8	0.00	537	537.00	0.00	562.15	573.981	2.10
3	Steam	47.38	47.35	0.00	296.71	295.9	-0.27	520.541	535.353	-2.84
4	Steam	42.64	42.64	0.00	565.01	565.00	0.00	466.98	481.792	3.17
6	Steam	0.1036	0.1036	0.00	46.5	46.50	0.00	329.1	336.471	2.24

7	Water	0.104	0.1036	-0.38	46.67	46.50	-0.36	366.62	372.536	1.61
8	Water	31.32	31.30	0.00	46.34	46.74	0.86	366.62	372.536	1.61
9	Water	21.92	22.10	0.82	62.73	61.96	-1.22	366.62	372.536	1.61
10	Water	21.43	21.50	0.32	83.06	83.35	0.35	366.62	372.536	1.61
11	Water	21.43	21.50	0.32	80.87	80.87	0.00	434.11	440.328	1.43
12	Water	18.92	19.40	2.53	129.88	125.71	-3.20	434.11	440.328	1.43
13	Water	16.42	16.40	0.00	159.78	158.99	-0.49	434.11	440.328	1.43
14	Water	11.77	11.50	-2.29	187	186.05	0.50	562.15	573.981	2.10
15	Water	307.7	307.5	0.00	190.03	191.32	0.67	562.15	573.981	2.10
16	Water	307.7	307.0	0.00	213.6	214.86	0.85	562.15	573.981	2.10
17	Water	302.15	306.5	1.44	255.0	258.69	1.44	562.15	573.981	2.10
18	Steam	67.91	69.00	1.60	349.25	348.11	-0.32	40.77	39.628	-2.78
19	Steam	45.20	45.93	0.97	295.62	294.15	-0.49	49.2	51.561	4.72
45	Steam	21.42	21.00	-1.96	291.03	291.85	0.28	21.13	21.723	2.82
47	Steam	22.54	22.55	0.00	470.34	472.48	0.45	21.13	21.723	2.82
20	Steam	21.42	21.20	-1.02	469.72	471.74	0.42	21.13	21.723	2.82
21	Steam	19.84	21.20	1.81	465.84	471.74	1.06	27.09	25.697	-5.15
22	Steam	11.34	11.73	3.44	374.29	384.98	2.83	16.166	16.741	3.54
23	Steam	6.495	6.500	0.00	299.58	312.31	4.20	22.69	23.738	4.55
24	Steam	2.785	2.766	-0.68	214.22	217.95	1.74	31.63	30.867	-2.41
25	Steam	0.612	0.6489	0.60	87.07	87.95	1.01	13.21	13.188	-0.17
26	Steam	0.261	0.2717	4.09	65.98	66.84	1.30	9.65	10.067	4.32
27	Water	66.93	69.00	3.09	273.2	265.69	-2.75	40.77	38.628	-5.22
28	Water	44.89	45.93	2.31	223.4	221.86	0.69	89.97	92.189	2.46
29	Water	21.2	21.00	-0.94	201.5	198.32	-1.56	111.93	114.912	2.68
30	Water	6.27	6.500	3.66	129.56	130.71	1.04	22.7	23.738	4.57
31	Water	2.631	2.600	-1.17	87.96	85.87	2.37	54.32	55.605	2.32
32	Water	0.602	0.6100	0.13	68.06	66.96	-1.61	67.538	67.793	2.18
33	Water	21.43	21.50	0.32	68.78	67.21	-2.27	67.538	67.793	2.18

(ब) मुख्य भाप के तापमान में परिवर्तन का प्रभाव

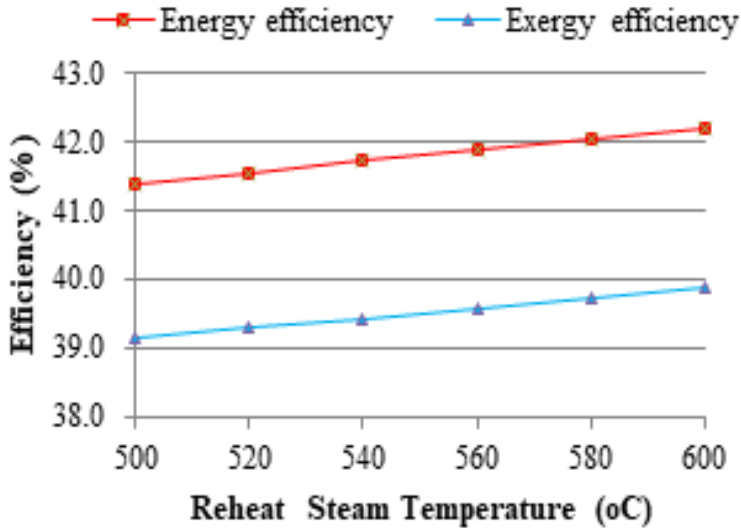
अध्ययन दर्शाता है कि ऊर्जा दक्षता एवं एक्सर्जी दक्षता दोनों को प्रभावित करने वाला एक महत्वपूर्ण प्राचल मुख्य भाप का तापमान होता है। जैसा कि चित्र 3 में दर्शाया गया है, मुख्य भाप के तापमान में औसतन 20°C की वृद्धि से संयंत्र की ऊर्जा एवं एक्सर्जी दक्षता प्रत्येक में लगभग 0.3% की वृद्धि होती है। इसके विपरीत जब मुख्य भाप का तापमान गिरते हुए 500°C से कम हो जाता है तो दक्षताओं के मानों में गिरावट आनुपातिक रूप से अधिक तेजी से होती है।



चित्र 3 : मुख्य भाप के तापमान में परिवर्तन का ऊर्जा दक्षता एवं एक्सर्जी दक्षता पर प्रभाव

(स) पुनस्तापित भाप के तापमान में परिवर्तन का प्रभाव

पुनस्तापित भाप के तापमान में परिवर्तन का भी विचारणीय प्रभाव पड़ता है जैसा कि चित्र 4 में दिखाया गया है। परन्तु मुख्य भाप के तापमान में परिवर्तन के प्रभाव की तुलना में इसका कम प्रभाव पड़ता है।

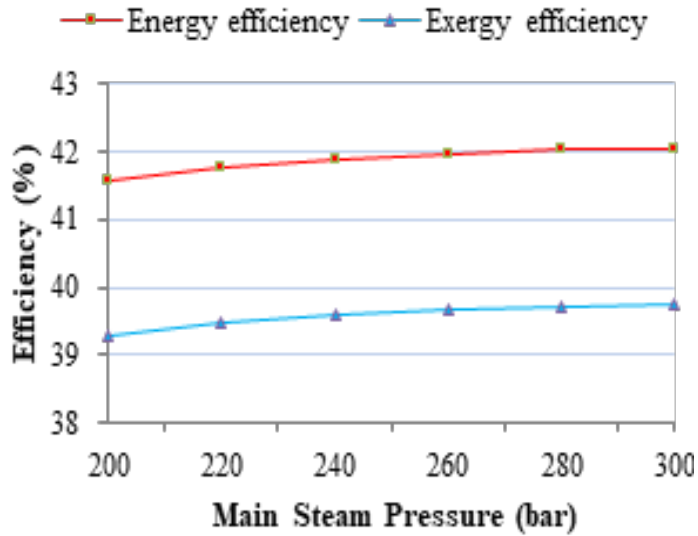


चित्र 4 : पुनस्तापित भाप के तापमान में परिवर्तन का ऊर्जा दक्षता एवं एक्सर्जी दक्षता पर प्रभाव

(द) मुख्य भाप के दाब में परिवर्तन का प्रभाव

पूर्व में वर्णित तीन प्राचलों की तुलना में मुख्य भाप के दाब में परिवर्तन का प्रभाव कम होता है। इसके परिवर्तन से होने वाले प्रभाव में एक महत्वपूर्ण तथ्य यह देखा गया कि इसके मान में गिरावट से होने वाला ऋणात्मक प्रभाव इसके मान में वृद्धि से होने वाले सकारात्मक प्रभाव से अधिक होता है, जैसा कि चित्र 5 में

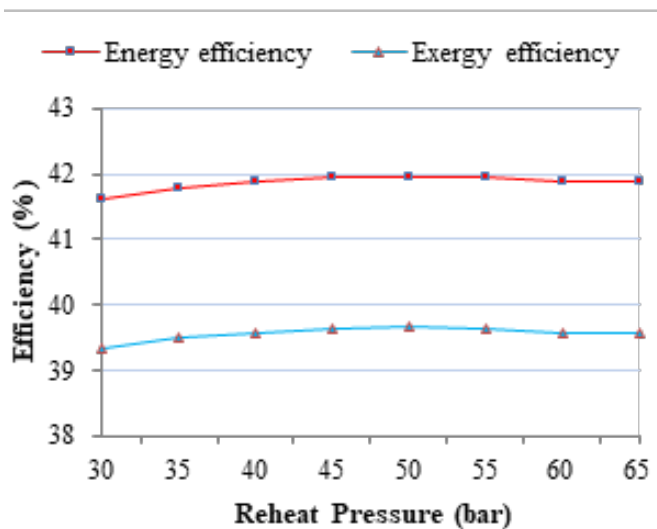
दर्शाया गया है। मुख्य भाप के दाब में गिरावट से ऊर्जा दक्षता एवं इक्सर्जी दक्षता में आने वाली कमी क्रमशः बॉयलर में आवश्यक ऊष्मा की मात्रा तथा अनुत्क्रमणीयता में होने वाली वृद्धियाँ होती हैं।



चित्र 5 : मुख्य भाप के दाब में परिवर्तन का ऊर्जा दक्षता एवं एक्सर्जी दक्षता पर प्रभाव

(ई) पुनस्तापन दाब में परिवर्तन का प्रभाव

पुनस्तापन दाब में परिवर्तन के प्रभाव को चित्र 6 से देखा जा सकता है। प्रारंभ में पुनस्तापन दाब में वृद्धि के साथ संयंत्र की दक्षताएँ तेजी से बढ़ती हैं तथा लगभग 50 bar के आस-पास अधिकतम तक पहुँचकर पुनः घटने लगती हैं। इससे एक महत्वपूर्ण तथ्य ज्ञात होता है कि पुनस्तापन दाब को बॉयलर दाब का 16 से 18% के मध्य होना चाहिए।



चित्र 6 : पुनस्तापन दाब में परिवर्तन का ऊर्जा दक्षता एवं एक्सर्जी दक्षता पर प्रभाव

5. संभावित अनुप्रयोग

विगत कुछ वर्षों से स्थापित की जा रही अष्टिकांश यूटिलिटी शक्ति संयंत्र इकाइयाँ अतिक्रांतिक दाब पर प्रचालित होने वाली हैं। अतः इस शोध विधि का अनुप्रयोग लगभग सभी नए शक्ति संयंत्रों में किया जा सकता है। प्रस्तुत शोध कार्य हेतु अध्ययन इकाई के रूप में संबंधित संयंत्र के चयन का एक प्रमुख आधार भी यही था कि यह अपनी तरह के अनेकों शक्ति संयंत्र का प्रतिनिधित्व करता है। अध्ययन के परिणामों का उपयोग करते हुए प्रचालन कारकों को उनके वांछित मानों की सीमा में बनाए रखकर अतिक्रांतिक ताप विद्युत संयंत्रों की दक्षता को बढ़ाया जा सकता है।

6. निष्कर्ष एवं भविष्य के शोध निर्देश

इस अध्ययन में संयंत्र की दक्षताओं पर विभिन्न प्रचालन कारकों के प्रभावों का अध्ययन किया गया। संयंत्र का निदर्शन तैयार कर उसे अनुरूपित किया गया और प्राप्त परिणामों की चर्चा इसके पूर्व के अनुच्छेद में किया गया। अध्ययन के परिणामों को निष्कर्षात्मक रूप से निम्न प्रकार से समझा जा सकता है –

1. अध्ययन किए गए सभी प्राचलों में संघनित्र दाब सर्वाधिक प्रभावकारी प्राचल है।
2. मुख्य भाप का तापमान एक अन्य प्रमुख प्रभावकारी प्राचल है। मुख्य भाप के तापमान में 500°C से नीचे गिरावट आने पर दक्षताओं पर अपेक्षाकृत अधिक ऋणात्मक प्रभाव होता है।
3. पुनस्तापन तापमान तीसरा सबसे अधिक प्रभाव डालने वाला प्राचल है।
4. पुनस्तापन दाब का इष्टतम मान 50 से 55 bar होता है इसलिए इसका मान बॉयलर दाब के 0.16 से 0.18 गुना रखना चाहिए।
5. संघनित्र दाब अपने अधिक मान की ओर संयंत्र दक्षताओं में तेजी से गिरावट लाता है।

भविष्य के शोध निर्देश – वर्तमान अध्ययन में एक-एक प्राचलों के मानों में परिवर्तन के प्रभावों का अध्ययन किया गया है परन्तु वास्तव में इनमें किसी में परिवर्तन से अन्य प्राचल के मान भी बदलते हैं। अतः इन प्राचलों के मानों में संयुक्त रूप से होने वाले परिवर्तनों के प्रभावों का अध्ययन किया जाना संयंत्र के और अधिक वास्तविक निष्पादन की जानकारी प्रदान करेगा। साथ ही भार में परिवर्तनों के प्रभावों का अध्ययन भी वास्तविक प्रचालन परिस्थितियों के अधिक निकट होगा। पुनः किसी उन्नत/अद्यतन अभिकल्पन विधि के साथ इष्टतमीकरण (Optimization) अध्ययन कर संयंत्र के इष्टतम निष्पादन हेतु महत्वपूर्ण प्राचलों के इष्टतम मानों का एक समूह (Optimized set) ज्ञात किया जा सकता है।

प्रयुक्त शब्दावली

Alphabetically sorted terminology in English	वर्णमाला अनुक्रमित हिन्दी शब्दावली
Cycle Tempo	सायकल टेम्पो
Condenser	संघनित्र
Efficiency	दक्षता
Exergy	एक्सर्जी
Feed water	भरण जल
Irreversibility	अनुत्क्रमणीयता
Modeling	निदर्शन
MW	मेगावाट
Optimum	इष्टतम
Overall	सकल
Parameter	प्राचल
Reheating	पुनस्तापन
Simulation	अनुरूपण

Supercritical	अतिक्रांतिक
Ultra-supercritical	परा-अतिक्रांतिक
Validation	विधिमान्यकरण

संदर्भ:

1. Cetin Burhanettin and Ozen Erman, "Analysis of a Power Plant with Super-critical and Sub-critical", Journal of Thermal Engineering, Comparative Energy and Exergy, Vol. 4, No. 6, 2018, pp. 2423-2431.
2. International Energy Agency, World Energy Outlook, 2014.
3. S. Adibhatla, S. C. Kaushik, "Energy and Exergy Analysis of a Super Critical Thermal Power Plant at Various Load Conditions under Constant and Pure Sliding Pressure Operation", Applied Thermal Engineering, Vol. 73, 2014, pp. 51-65.
4. Hamed Hajebzadeh, Abdulhamid N. M. Ansari, Saeid Niazi, "Mathematical modeling and validation of a 320MW tangentially fired boiler: A case study", Applied Thermal Engineering, 146, 2019, pp. 232-242.
5. Z. Zhao, S. Su, N. Si, S. Hu, Y. Wang, J. Xu, L. Jiang, G. Chen, J. Xiang, "Exergy analysis of the turbine system in a 1000MW double reheat ultra-supercritical power plant", Energy, 119: 2017, pp. 540-548.
6. H. Erhan Sahin and Mu Rat Aydin, "Energy and Exergy Analysis of a Supercritical Power Plant with 600MW Output in Turkey", Global Conference on Global Warming, Istanbul, Turkey, 8-12 July 2012, pp. 1590-1594.
7. Chenchen Geng, Yingjuan Shao, Wenqi Zhong and Xuejiao Liu, "Thermodynamic Analysis of Supercritical CO₂ Power Cycle with Fluidized Bed Coal Combustion", Hindawi, Journal of Combustion, Volume 2018, pp. 1- 9.
8. Zhigang Zhao, Su Sheng, Hu Song, Yi Wang, Jun Xu, Long Jiang, Gang Chen, Jun Xiang "Exergy analysis of the turbine system in a 1000 MW double reheat ultra-supercritical power plant", Energy, Vol 119, 15, 2017, pp. 540-548.
9. Mohammad Nawaz Khan, M. M. Hasan, Mohd. Atif, "Energy and Exergy Analysis of Supercritical Rankine Cycle", International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 5, Issue 12, December-2014, pp. 408-414.
10. K. Ma, C. F. Li, W. P. Yan, J. W. Sun, P. Cai and Q. L. Huang, "Effect of Flue Gas Recirculation on Reheated Steam Temperature of a 1000 MW Ultra-supercritical Double Reheat Boiler", IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 146, (2018) 012043.
11. A. K. M. Nazrul Islam, Farhana Alam, Md. Ashraful Islam, "Energy and Exergy Analysis of a Coal Fired Thermal Power Plant with Varying Load Conditions", Journal of Scientific and Engineering Research, 4(7), 2017, pp. 215-229.
12. B. Wang and Y. Z. Zhao, "Analysis on the influence of cylinder efficiency on coal consumption of an ultra-supercritical double- reheat 1000MW steam turbine unit", IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 188 (2018) 012097, pp. 1-7.
13. T. J. Kotas, "The Exergy Method of Thermal Plant Analysis", Butterworths, London, U. K, ISBN: 9781483100364, 1985.
14. Cycle-Tempo release 5, Delft University of Technology (TU Delft), Netherlands. www. Cycle-Tempo.nl, 2006.
15. S. S. L. Patel and P. Patel "Simulation and Investigation of Performance of a Coal Fired Thermal Power Plant with Additional Feed Water Heaters", Vigyan Prakash, Vol. 20, No. 1, January-March 2022, pp. 19-28.