

บทที่ 5 ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการศึกษาแบ่งออกเป็น 8 ส่วน ประกอบด้วย ผลการศึกษาการผลิตไฟฟ้าและการขายไฟฟ้า ผลการศึกษาผลประกอบการในการผลิตไฟฟ้าด้วย Black Liquor ในปี พ.ศ. 2554 ผลการศึกษาหาความสัมพันธ์ของ Black Liquor กับเชื้อกระดาษ ผลการศึกษาหาความสัมพันธ์ของ Black Liquor กับ Steam Generator, ผลการศึกษาหาความสัมพันธ์ของไอน้ำความดันสูงกับไฟฟ้าที่ผลิตได้, หากกลยุทธ์การผลิตไฟฟ้าโดยวิธีการจัดการการเดินเครื่องของหน่วยงานหม้อไอน้ำและโรงเชื้อกระดาษ, หาประสิทธิภาพของ Steam Turbine, หากกลยุทธ์สำหรับการผลิตไฟฟ้าโดยการวางแผนการซ่อมบำรุงและปรับการเดินเครื่องให้มีเชื้อเพลิงเพียงพอกับการผลิตไฟฟ้าให้ได้ตามเป้าหมาย และหากกลยุทธ์สำหรับการผลิตไฟฟ้าโดยการควบคุม Condition การผลิตไฟฟ้าเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด

5.1 ผลการศึกษาการผลิตไฟฟ้าและการขายไฟฟ้า

เริ่มต้นกระบวนการผลิตโดยการนำไม้ยูคาลิปตัสขนาด 2-6 เมตรมาปอกเปลือก ซึ่งเปลือกที่ได้จะนำไปเป็นเชื้อเพลิงให้กับหม้อไอน้ำในโรงไฟฟ้า (Power Boiler) ส่วนไม้ยูคาลิปตัสที่ปอกเปลือกแล้วจะส่งต่อไปตัดให้มีขนาดเล็กลงให้ได้เป็นชิ้นไม้สับ (Chip) จากนั้นจะส่งไปให้โรงเชื้อกระดาษหรือ Fiber line Plant และเข้าสู่ขั้นตอนการต้มเยื่อ (Cooking) ทำให้ได้ผลผลิต 2 ส่วน คือ เยื่อและ Black Liquor (น้ำมันยางดำ) ที่มี %DS ประมาณ 15 – 17% Black Liquor ส่วนที่ออกจาก Fiber line Plant ถูกเรียกว่า Weak Black Liquor : WBL (น้ำมันยางดำเจือจาง) เยื่อถูกส่งไปหน่วยงานฟอกเยื่อต่อไป ส่วน WBL ส่งไปยังหน่วยงานทำระเหยมีหน้าที่ระเหยน้ำออกจาก WBL ให้มีความเข้มข้นสูงขึ้น หรือที่เรียกว่า Heavy Black Liquor : HBL (น้ำมันยางดำเข้มข้น) มี %Dry solid ให้ได้ใกล้เคียงกับ 80% Dry solid ก่อนที่จะส่งไปเป็นเชื้อเพลิงที่หม้อไอน้ำนำสารเคมีกลับคืน (Chemical Recovery Boiler) โดยหม้อไอน้ำของโรงงานที่ศึกษาเป็นแบบท่อน้ำ (Water tube boiler) เงื่อนไขการทำงานตามที่ออกแบบรองรับที่ความดันได้สูงสุดที่ 87 บาร์ อัตราการไหลของไอน้ำ อยู่ที่ 56 kg/s ได้ไอน้ำ ความดันสูง (HP Steam) สูงสุดที่ 82 บาร์ อุณหภูมิสูงสุดที่ 480 องศาเซลเซียส นำไปขับกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ไอน้ำที่ออกจากกังหันจะมีความดันต่ำลงเป็น MP Steam ที่ประมาณ 12 bar อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส และ LP Steam ที่ประมาณ 4 บาร์ อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ตามลำดับ MP Steam และ LP Steam นำกลับไปใช้ในกระบวนการผลิตอีกครั้งหนึ่ง โดย MP Steam ใช้ในการต้มเยื่อเป็นหลัก ส่วน LP Steam ใช้ในการทำระเหย WBL ให้มีความเข้มข้นสูงขึ้น หรือที่

เรียกว่า HBL ในหน่วยงานท่าระเหย โรงไฟฟ้านี้จึงถือเป็นโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม (Co-Generation) ด้วยระบบกังหันไอน้ำผลิตไฟฟ้าที่ทำการศึกษานางานวิจัยฉบับนี้เป็น Steam Turbine แบบ Back- pressure Turbine มีกำลังการผลิตไฟฟ้าจริงที่ 32.9 เมกะวัตต์ แต่สัญญาซื้อขายไฟฟ้ากับการไฟฟ้าฝ่ายผลิต อยู่ที่ 25 เมกะวัตต์

โรงงานที่ทำการศึกษาคือได้ทำสัญญาซื้อขายไฟฟ้ากับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตประเภท Firm Contract จากเชื้อเพลิงพลังงานหมุนเวียน ระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก (SPP) สรุปได้ดังนี้

- ต้องผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าให้แก่การไฟฟ้า โดยมีจำนวนชั่วโมงที่ผลิตไฟฟ้าขายให้การไฟฟ้ารวมทั้งปี ไม่น้อยกว่า 7,008 ชั่วโมง
- ต้องสามารถผลิตและจ่ายพลังไฟฟ้าเพิ่ม ให้การไฟฟ้าตามปริมาณและระยะเวลาที่การไฟฟ้าสั่งการ
- ต้องผลิตไฟฟ้าให้มีคุณภาพ ตามระเบียบว่าด้วยการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนานกับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้า
- ขายไฟฟ้าเข้าระบบมากกว่า 10 เมกะวัตต์ แต่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 90 เมกะวัตต์
- ราคารับซื้อไฟฟ้าใช้หลักการ Avoided Cost
- Firm contract ได้ผลตอบแทนจากการขายไฟ 2 ส่วน ส่วนแรกได้จาก พลังไฟฟ้า (Capacity payment) ส่วนที่สองคือ พลังงานไฟฟ้า (Energy payment)
- มีระยะเวลาของสัญญา 25 ปี

ในกรณีที่ SPP ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าให้แก่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตได้ครบตามปริมาณพลังไฟฟ้าตามสัญญาเป็นเวลาดำเนินการเกินกว่า 18 เดือนการไฟฟ้าฝ่ายผลิต จะกำหนดปริมาณพลังไฟฟ้าตามสัญญาใหม่ให้เท่ากับปริมาณพลังไฟฟ้าที่ SPP สามารถทำได้จริงในขณะนั้น และ SPP จะต้องคืนเงินพลังไฟฟ้าส่วนที่ได้รับเกินไปนั้นนับตั้งแต่วันที่ COD (Commercial Operation Date) ต่อการไฟฟ้าฝ่ายผลิต พร้อมดอกเบี้ยย้อนหลังถึงวันที่ SPP ได้รับเงินส่วนเกินนั้น โดยใช้อัตราดอกเบี้ยเงินฝากประจำ 12 เดือนของธนาคารกรุงไทย ที่ประกาศ ณ วันที่ 1 ของเดือนที่เรียกเก็บเงินส่วนที่เกินดังกล่าว

5.2 ผลการศึกษาผลประกอบการในการผลิตไฟฟ้าด้วย Black Liquor ในปี พ.ศ. 2554

จากข้อมูลการจำหน่ายไฟฟ้าที่ผลิตโดยใช้ Black Liquor เป็นเชื้อเพลิงในปี พ.ศ. 2554 พบว่าเป้าหมายการขายไฟฟ้าอยู่ที่ 25 เมกะวัตต์ แต่โรงงานไม่สามารถผลิตไฟฟ้าเพื่อขายให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตได้ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ดังแสดงในตารางที่ 5.1 และตารางที่ 5.2 ซึ่งมีสาเหตุหลักดังนี้

1. การซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปี (Annual shut down) กระทำในเดือนกรกฎาคมเป็นจำนวน 13 วัน ซึ่งเป็นช่วงเดือนที่การไฟฟ้ามีความต้องการไฟฟ้าสูงตามสัญญา ดังนั้นจึงไม่ควรทำการซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำปีในเดือนนี้

2. การหยุดเพื่อทำการล้างหม้อไอน้ำ (Water wash Shut down) ในเดือนมีนาคมจำนวน 3 วัน และเดือนพฤศจิกายน จำนวน 12 วัน (โรงเยื่อหยุดซ่อมเครื่องต้มเยื่อต่อ) และการหยุดหรือลดกำลังการผลิตของหม้อไอน้ำเพื่อซ่อมเครื่องจักรในกรณีฉุกเฉินที่ต้องลดกำลังการผลิตลงมามากจำนวนมี 9 ครั้ง รวมเป็นเวลา 53 วัน เมื่อมีการหยุดเดินระบบหม้อไอน้ำต้องใช้เชื้อเพลิงเสริมในที่นี้คือ น้ำมันเตา ซึ่งทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องเพิ่มขึ้น และต้องใช้เวลาานานกว่าจะทำการเดินเครื่องได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ นอกจากนี้ในส่วนของกังหันไอน้ำ ถ้าเริ่มเดินเครื่องใหม่ต้องใช้เวลาในการเพิ่มไอน้ำความดันสูงอย่างเป็นลำดับที่จะผลิตกระแสไฟฟ้าส่งขายให้การไฟฟ้า

3. เชื้อเพลิงไม่เพียงพอเนื่องจาก 2 สาเหตุคือ หน่วยทำระเหยไม่สามารถระเหย WBL ได้ตามต้องการดูได้จาก อัตราการระเหยน้ำ (Water Evaporation Rate) ตามความสามารถของหน่วยระเหย Water Evaporation Rate ที่ 100% อยู่ที่ 300 ton H₂O/hr จะเห็นว่าในเดือนกรกฎาคม, พฤศจิกายนและ ธันวาคม ทำได้ไม่ถึง 300 ton H₂O/hr แสดงถึงประสิทธิภาพของเครื่องจักรลดลง หรือการลดลงของกำลังการผลิตการ คือไม่มีเชื้อเพลิงทำระเหยไม่ได้ ส่วนหน่วยผลิตเยื่อกระดาษมีการลดกำลังการผลิตลงมากในช่วงเดือนมีนาคม พฤศจิกายนและธันวาคม เหตุผลมาจากการขัดข้องของเครื่องจักรจึงต้องลดการผลิตและหยุดซ่อมบำรุงได้แสดงผลการผลิตไว้ดังตารางที่ 5.3

4. ไฟฟ้า PEA ดับ เนื่องจากมีรถชนเสาไฟฟ้าถูกถั่วยตก 1 เฟส และดับไฟฟ้า PEA เพื่อซ่อมเสาไฟฟ้า ส่งผลให้ต้องหยุดทั้งโรงเยื่อกระดาษและโรงไฟฟ้าเพราะรับไฟฟ้ามาจาก PEA เป็นจำนวน 12 ชั่วโมง ในเดือนสิงหาคม

ตารางที่ 5.1 การขายไฟฟ้าที่ผลิตจาก Black Liquor ในปี พ.ศ. 2554

เดือน	Target (MW)	กำลังไฟฟ้าที่ขายในช่วง(MW)				จำนวนชั่วโมงต่อเดือน	
		Peak (MW)		Off-peak (MW)		ชั่วโมงที่ทำ ได้ 25 MW	ชั่วโมงที่ขาย ไฟฟ้า
		MAX-MIN	Average	MAX-MIN	Average		
1	25	24.70 - 9.78	19.98	23.76 - 12.26	20.19	0	744
2	25	25.25 - 3.04	16.30	25.32 - 3.57	15.39	72	672
3	25	25.41 - 0.00	16.74	25.45 - 0.00	16.57	96	672
4	25	25.23 - 2.05	17.59	25.38 - 1.61	19.73	144	720
5	25	25.24 - 1.72	17.82	25.27 - 1.68	17.46	72	744
6	25	25.09 - 2.04	14.56	25.02 - 1.98	14.30	24	720
7	25	25.70 - 0.00	20.83	25.23 - 0.00	20.88	192	432
8	25	25.40 - 0.00	16.76	25.59 - 0.00	15.89	168	552
9	25	26.75 - 0.00	14.80	25.52 - 0.49	13.64	96	696
10	25	25.42 - 0.00	15.22	23.82 - 0.52	14.27	72	720
11	25	25.24 - 0.00	25.02	25.24 - 0.00	22.10	11	432
12	25	24.70 - 0.00	16.24	22.29 - 0.00	17.67	0	648

ตารางที่ 5.2 มูลค่าการสูญเสียในช่วงที่หยุดจำหน่ายไฟฟ้า

Down times (Month/hr.)	Electric selling lose (kWh)	มูลค่าเงินที่ สูญเสียกับการ ขายไฟ** (Baht)	มูลค่าเชื้อเพลิง เสริมที่ใช้ (Baht)	มูลค่า BL ที่ใช้ เป็นเชื้อเพลิง*	มูลค่าสูญเสีย สุทธิ (Baht)
March/ 75.4	1,885,000	9,539,822	1,711,163	791,700	10,459,285
July/ 312	7,800,000	23,734,978	3,236,360	4,290,000	22,681,338
August/ 192	4,800,000	15,545,658	1,200,000	1,152,000	1,602,568
September/ 24	600,000	6,623,038	195,000	138,000	6,680,038
October/ 24	600,000	6,014,707	190,000	138,000	6,066,707
November/288	7,200,000	26,239,660	2,700,000	1,080,000	27,859,660
December/96	2,400,000	8,269,230	1,200,000	720,000	8,749,230

หมายเหตุ: * เป็นมูลค่าBlack Liquor ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงคอนเดนเครื่องนำมาลบออกจากมูลค่าเงินที่สูญเสียกับการขายไฟ และมูลค่าเชื้อเพลิงเสริมที่ใช้เพื่อหา มูลค่าสูญเสียสุทธิ

** ใช้ข้อมูลของปี พ.ศ. 2554 ในการคิดมูลค่าเงินที่สูญเสียกับการขายไฟ

เกิดผลกระทบต่อการผลิตไฟฟ้าคือ ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ต่อเนื่องส่งผลให้การขายไฟฟ้าให้แก่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตไม่ได้ตามเป้าหมายที่วางแผนไว้ และในการเริ่มต้นการเดินเครื่องหม้อไอน้ำต้องใช้เชื้อเพลิงเสริมในที่นี่คือ น้ำมันเตา จึงต้องเสียต้นทุนในการเดินเครื่องสูงขึ้น และกว่าจะทำการเดินเครื่องได้อย่างเต็มประสิทธิภาพต้องใช้เวลาาน ส่วน Steam Turbine ถ้าเริ่มเดินเครื่องใหม่ต้องใช้เวลาในการเพิ่มไอน้ำความดันสูงอย่างเป็นลำดับกว่าจะได้กระแสไฟฟ้าส่งให้แก่การไฟฟ้าฝ่ายผลิต นอกจากนี้ยังส่งผลต่อกระบวนการผลิตเนื่องจากไม่มีไอน้ำความดันปานกลาง(MP Steam) และไอน้ำความดันต่ำ (LP Steam) มาใช้ในกระบวนการผลิตด้วย เมื่อนำผลการผลิตไฟฟ้ามาคำนวณรายได้ตามระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กเฉพาะการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนประเภท สัญญา Firm อัตราค่าไฟฟ้า ประกอบด้วย อัตราค่าพลังงานไฟฟ้า (Capacity Payment), อัตราค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy Payment) และ ส่วนเพิ่มราคาปรับซื้อไฟฟ้า (Escalation payment) ดังตารางที่ 5.4 แสดงมูลค่าการขายไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2554 มีรายได้รวมจากการขายไฟฟ้าคิดจากปริมาณไฟฟ้ารวมทั้งปี 137,537,755 kWh ทั้งหมด 359,501,015 บาท (ตัวอย่างการคำนวณอยู่ในภาคผนวก ข.) และสรุปการเดินเครื่องดังตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.3 ปริมาณเชื้อเพลิง Black Liquor ของหน่วยระเหย, โรงเชื้อ และหม้อไอน้ำ

เดือน	* Water Evaporation Rate (tonH ₂ O/hr)	ผลผลิตเชื้อกระดาษ (ADT/day)	ปริมาณ Weak Black Liquor ที่ส่งมาจากโรงเชื้อ (TDS/day)	ปริมาณ Heavy Black Liquor ที่ออกจากหน่วยระเหย (TDS/day)	ปริมาณ Heavy Black Liquor ที่เข้า Recovery Boiler (TDS/day)
มกราคม	304	1000	1510	1468	1467
กุมภาพันธ์	301	950	1365	1369	1325
มีนาคม	306	662	1000	1341	1258
เมษายน	311	810	1323	1538	1503
พฤษภาคม	307	834	1436	1404	1398
มิถุนายน	305	861	1423	1466	1383
กรกฎาคม	266	793	1185	1199	835
สิงหาคม	318	781	1316	1432	1057
กันยายน	323	908	1365	1391	1274
ตุลาคม	325	804	1348	1320	1259
พฤศจิกายน	211	495	797	848	859
ธันวาคม	267	596	944	1090	1388

หมายเหตุ : * Water Evaporation Rate คืออัตราการระเหยน้ำของหน่วยงานทำระเหยโดยโรงงานที่ทำการศึกษา มี water evaporation rate ที่ 300 ton H₂O/hr หากจาก Feed WBL(m³/hr) × density WBL × (1 - (%DS WBL / %DS HBL))

ตารางที่ 5.4 ปริมาณไฟฟ้า และมูลค่าที่ได้จากการขายไฟในปี 2554

เดือน	พลังงานไฟฟ้า (Peak)	พลังงานไฟฟ้า (Off Peak)	รวมพลังงานไฟฟ้า	ค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy payment)	ค่าพลังไฟฟ้า (Capacity payment)	ส่วนเพิ่มราคาซื้อขายไฟฟ้า (Escalation payment)	รายได้รวมจาก การขายไฟฟ้า
	kWh	kWh	kWh	Baht	Baht	Baht	Baht
1	8,361,630	6,570,770	14,932,400	22,249,276	6,721,299	10,993,233	39,963,808
2	6,162,830	4,524,990	10,687,820	15,924,852	5,156,138	7,868,373	28,949,363
3	6,193,580	4,574,070	10,947,650	16,311,999	5,343,435	8,059,660	29,715,094
4	7,125,050	6,215,470	13,346,520	19,877,375	5,399,366	9,255,653	28,459,720
5	7,459,230	6,682,810	13,142,040	19,581,640	5,492,269	9,117,947	28,453,381
6	5,895,680	4,504,360	10,400,040	15,496,060	4,178,629	7,215,548	26,890,237
7	4,927,180	3,919,360	8,846,540	13,181,345	6,701,338	6,137,729	26,020,412
8	7,087,500	5,286,225	12,373,725	18,436,850	5,063,418	-	23,500,268
9	5,992,240	4,295,580	10,287,820	15,328,851	4,245,303	9,935,977	29,510,131
10	6,163,250	4,501,770	10,665,020	15,890,879	4,541,527	10,294,944	30,727,351
11	5,834,420	4,176,980	10,011,400	14,916,986	8,561,500	9,664,004	33,142,490
12	6,796,900	5,099,880	11,896,780	17,726,202	4,962,012	11,483,962	34,172,176
รวม	77,999,490	60,352,265	137,537,755	204,922,315	66,362,819	100,027,030	359,501,015

หมายเหตุ : รายได้รวมยังไม่ได้ทำการหักค่าต้นทุนการเดินเครื่องโรงไฟฟ้า

ตารางที่ 5.5 สรุปผลการเดินเครื่องในปี 2554

PRODUCTION DATAS	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
ชั่วโมงหยุดจ่ายไฟฟ้า (hr)	-	-	75.4	-	-	-	312.0	312.0	24.0	24.0	288.0	96.0
ชั่วโมงเดินเครื่องโรงไฟฟ้า (hr)	744.0	672.0	668.6	720.0	744.0	720.0	627.0	702.0	714.0	738.0	714.0	702.0
MONTHLY CAPACITY FACTOR (MCF) (%)	80.3	63.6	58.86	74.11	70.66	57.8	71.9	66.0	57.2	57.3	56.6	64.0
ผลิตไฟฟ้าทั้งหมด (kWh)	14,932,400	10,687,820	10,767,650	13,340,520	14,142,040	10,400,040	8,846,540	12,373,725	10,287,820	10,665,020	10,011,400	11,896,780
ผลิตไฟฟ้าทั้งหมด (Peak) (kWh)	8,361,630	6,162,830	6,193,580	7,125,050	7,459,230	5,895,680	4,927,180	7,087,500	5,992,240	6,163,250	5,834,420	6,796,900
ผลิตไฟฟ้าทั้งหมด (Off Peak) (kWh)	6,570,770	4,524,990	4,574,070	6,215,470	6,682,810	4,504,360	3,919,360	5,286,225	4,295,580	4,501,770	4,176,980	5,099,880
เฉลี่ยผลิตไฟฟ้าทั้งหมดต่อเวลาผลิต (kWh)	20,070	15,904	16,105	18,529	19,008	14,445	20,478	28,643	14,781	14,813	23,175	18,359
Billing Capacity (MW)	20.19	15.39	16.57	19.73	17.46	14.30	20.88	15.89	13.64	14.27	22.10	17.67
Actual Capacity (MW)	19.98	16.30	16.74	17.59	17.82	14.56	20.83	16.76	14.80	15.22	25.02	16.24
ผลิตไอน้ำแรงดันสูงทั้งหมด (ton)	141,876.5	128,034.9	141,876.5	79,589.2	141,876.5	137,262.6	141,876.5	134,955.7	137,262.6	141,876.5	137,262.6	134,955.7
เฉลี่ยผลิตไอน้ำทั้งหมดต่อเวลาผลิต (ton/hr)	190.7	190.5	212.2	110.5	190.7	190.6	226.3	192.2	192.2	192.2	192.2	192.2
ไอน้ำจ่ายให้ Turbine (ton)	141,876	128,034.9	141,876.5	79,589.2	141,876.5	137,262.6	141,876.5	134,955.7	137,262.6	141,876.5	137,262.6	134,955.7
ผลิตไอน้ำแรงดันปานกลาง (ton)	26,568	23,976.0	26,568.0	14,904.0	26,568.0	25,704.0	26,568.0	25,272.0	25,704.0	26,568.0	25,704.0	25,272.0
ผลิตไอน้ำแรงดันต่ำ (ton)	115,308	104,058.9	115,308.5	64,685.2	115,308.5	111,558.6	115,308.5	109,683.7	111,558.6	115,308.5	111,558.6	109,683.7
ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้												
น้ำมันยางดำ (LHV 11,334 kJ/kg) (TDS/day)	1,467	1,325	1,258	1,503	1,398	1,383	835	1,057	1,274	1,259	859	1388
- ราคาเฉลี่ยต่อหน่วย (Bath/ton)	263	264	265	268	278	327	289.72	295	294	295	294	295
น้ำมันเตา (LHV41,116 kJ/kg) (lit)	-	-	73,033.0	-	-	-	131,720.0	60,000.0	9,750.0	9,500.0	135,000.0	60,000.0
- ราคาเฉลี่ยต่อหน่วย (Bath/ton)	20.0	21.2	23.4	20.0	20.0	20.0	24.6	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0

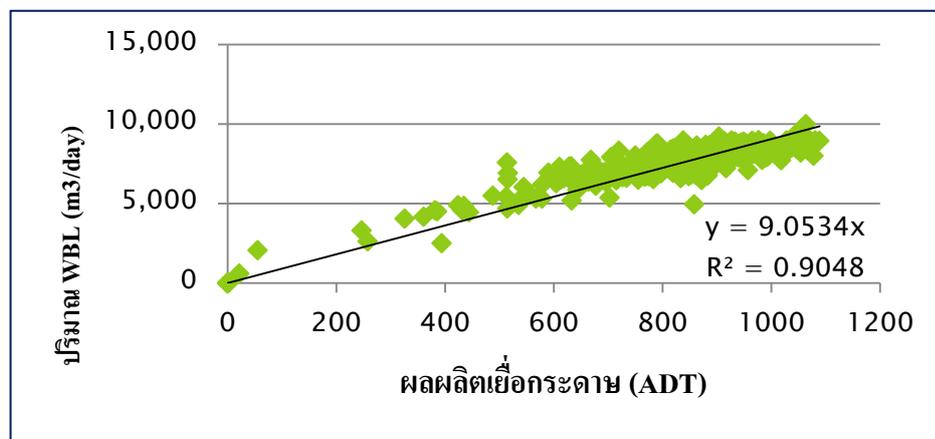
ตารางที่ 5.5 สรุปผลการเดินเครื่องในปี 2554 (ต่อ)

PRODUCTION DATA	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
ยอดขายพลังงาน												
ขายไฟให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิต (Actual) (kWh)	14,932,400	10,687,820	10,947,650	13,346,520	13,142,040	10,400,404	8,846,540	12,373,725	10,287,820	10,665,020	10,011,400	11,896,780
ปริมาณพลังไฟเรียกเก็บ (MW)	20.2	15.4	15.07	19.7	17.46	14.30	20.9	15.9	13.6	14.3	22.1	17.7
ปริมาณพลังงานไฟฟ้า(Peak) (kWh)	8,361,630	6,162,830	6,193,580	7,125,050	7,459,230	5,895,680	4,927,180	7,087,500	5,992,240	6,163,250	5,834,420	6,796,900
ปริมาณพลังงานไฟฟ้า(Off Peak) (kWh)	6,570,770	4,524,990	4,574,070	6,215,470	6,682,810	4,504,360	3,919,360	5,286,225	4,295,580	4,501,770	4,176,980	5,099,880
ขายไฟให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิต (Billing) (kWh)	14,932,400	10,656,755	10,990,415	13,340,412	13,141,717	10,399,727	8,828,991	17,549,229	17,849,216	18,449,190	17,849,216	17,549,229
ไอน้ำค่านแรงดันปานกลางที่ใช้ (ton)	16,426.3	11,455.3	9,886.3	10,535.7	11,940.1	10,794.5	7,947.5	34,875.4	35,471.5	36,663.8	35,471.5	34,875.4
ไอน้ำค่านแรงดันต่ำที่ใช้ (ton)	38,730.5	34,298.8	34,499.4	30,869.1	40,715.0	33,785.3	24,379.7	82,642.6	134,799.6	137,365.8	134,799.6	133,516.5
Recovery boiler Heat Input (kJ)	424,193	379,929	382,487	429,923	421,849	408,871	361,649	421,587	426,285	440,614	426,285	421,587
Turbine Heat Rate (Electric) (kJ/kWh)	28,408	35,548	34,938	32,212	32,099	39,313	40,880	34,071	41,436	41,314	42,580	35,437
Heat Rate (Steam) (kJ/ton)	2,991	2,998	3,028	3,058	3,071	3,176	3,289	3,124	3,106	3,106	3,106	3,124
Black Liquor/ Steam (ton/ton)	0.32	0.32	0.33	0.33	0.33	0.34	0.35	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
เชื้อเพลิงเฉลี่ย (TDS/MWh)	3.07	3.84	3.75	3.48	3.47	4.25	4.36	3.66	4.48	4.47	4.61	3.81
ค่าใช้จ่าย (Baht)	27,212,536	16,397,870	21,149,408	26,640,880	25,184,639	19,995,179	21,605,127	84,367,757	136,171,497	138,743,519	136,171,497	136,513,525
ค่าน้ำมันยางดำ (Baht)	12,089,059	10,845,131	10,877,888	12,462,277	12,706,234	14,475,249	11,164,340	13,370,029	13,570,448	14,055,671	13,570,448	13,370,029
ค่าน้ำมันเตา (Baht)	-	-	1,711,163	-	-	-	3,236,360	1,200,000	195,000	190,000	2,700,000	1,200,000

หมายเหตุ *total enthalpy=heat rate

5.3 ผลการศึกษาหาความสัมพันธ์ของ Black Liquor กับเยื่อกระดาษ

น้ำมันยางดำเจือจาง(Weak Black Liquor: WBL) ได้จากการล้างเยื่อที่ผ่านการต้มในกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ ปริมาณ WBL จึงมีความสัมพันธ์กับผลผลิตเยื่อกระดาษแบบแปรผันตรง จากการเก็บข้อมูลในปี พ.ศ. 2554 หาความสัมพันธ์ของปริมาณ WBL กับผลผลิตเยื่อกระดาษได้ดังกราฟและสมการในรูปที่ 5.1 ซึ่งมีความสัมพันธ์ค่อนข้างสูง ค่า R^2 อยู่ที่ 0.9264



รูปที่ 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตเยื่อกระดาษกับปริมาณ WBL

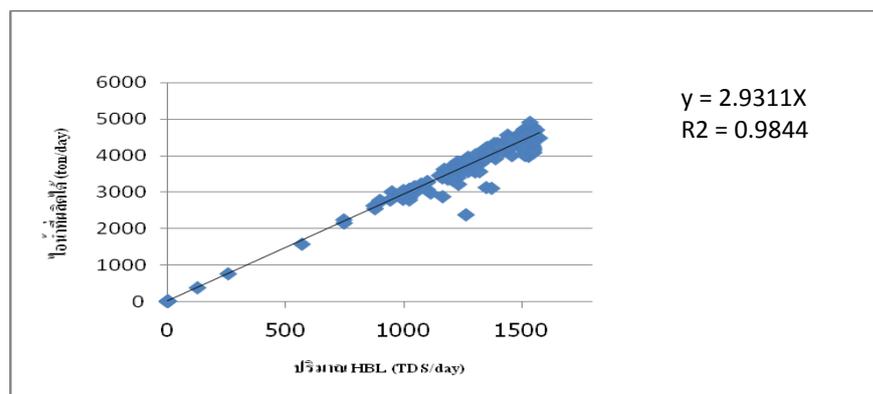
จากความสัมพันธ์ในรูปที่ 5.1 สามารถคำนวณหาปริมาณ WBL ที่ส่งมาจากกระบวนการเยื่อกระดาษในหน่วย TDS/day แปรผันตาม %DS ได้ดังตารางที่ 5.6 พบว่าเมื่อมีการผลิตในปริมาณเท่าเดิมแต่ WBL มีความเข้มข้นสูงปริมาณ WBL เมื่อคิดในหน่วย TDS/day ก็จะเพิ่มขึ้นตาม %DS เช่น เมื่อเดินเครื่องต้มเยื่อที่ 900 ATD/day จะได้ปริมาณ WBL ประมาณ 8148 m³/day คิดจากสมการความสัมพันธ์ในรูปที่ 2 ที่ 15%DS ได้ WBL 1,307 TDS/day, 16%DS ได้ WBL 1402 TDS/day, 17%DS ได้ WBL 1498 TDS/day, 18%DS ได้ WBL 1595 TDS/day

ตารางที่ 5.6 ปริมาณ WBL (TDS/day) ที่แปรผันตามความเข้มข้น

ผลผลิตการต้ม เชื้อกระดาษ (ADT/day)	ปริมาณ WBL (m ³ /day)	ปริมาณ WBL ที่ 15%DS (TDS/day)	ปริมาณ WBL ที่ 16%DS (TDS/day)	ปริมาณ WBL ที่ 17%DS (TDS/day)	ปริมาณ WBL ที่ 18%DS (TDS/day)
850	7695	1235	1324	1415	1506
900	8148	1307	1402	1498	1595
950	8600	1380	1480	1581	1684
1000	9053	1453	1558	1665	1772

5.4 ผลการศึกษาหาความสัมพันธ์ของ Black Liquor กับ ไอน้ำที่ผลิตได้

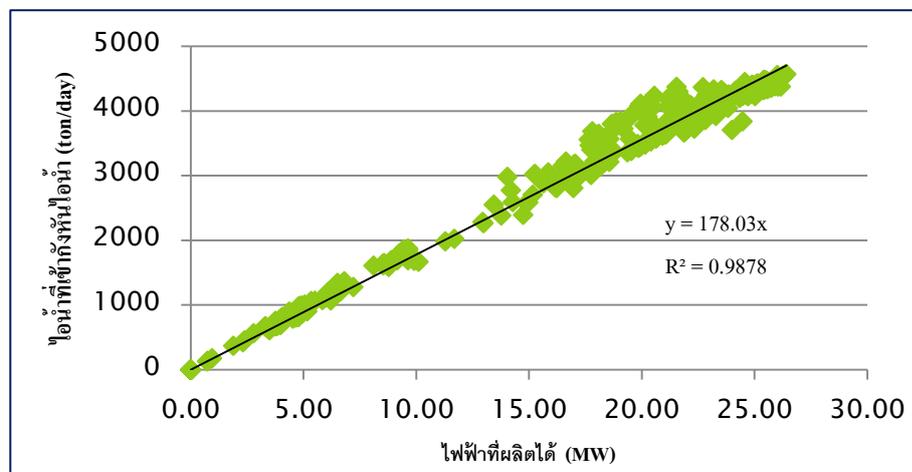
ไอน้ำแรงดันสูงเกิดจากเชื้อเพลิง Weak Black Liquor (WBL) ถูกทำให้มีความเข้มข้นสูงขึ้นใกล้เคียง 80 % เรียกว่า Heavy Black Liquor (HBL) แล้วส่งเข้ามาใน Recovery Boiler เพื่อทำการผลิตไอน้ำ ความดันสูง ส่งเข้า Steam Turbine ผลิตกระแสไฟฟ้า จากข้อมูลในปีที่ผ่านมาหาความสัมพันธ์ของ ปริมาณ HBL (TDS) ที่เข้า Recovery Boiler และปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้ นำมาเขียนความสัมพันธ์ได้ ดังกราฟและสมการที่แสดงในรูปที่ 5.2 โดย HBL มีค่าความร้อนสูง (High Heating Value) ที่ dry basis เท่ากับ 9244 MJ/ton พบว่าปริมาณการใช้เชื้อเพลิง HBL แปรผันตามปริมาณการผลิตไอน้ำ โดย ได้ค่า R² ของสมการเท่ากับ 0.98 เช่น ใช้เชื้อเพลิง 1000 TDS/day ได้ไอน้ำ 2940 ton/day, ใช้เชื้อเพลิง 1200 TDS/day ได้ไอน้ำ 3526 ton/day และใช้เชื้อเพลิง 1500 TDS/day ได้ไอน้ำ 4406 ton/day เป็นต้น



รูปที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างไอน้ำที่ผลิตได้กับปริมาณ HBL (TDS) ที่ 73-78%DS ที่ใช้ในการผลิตไอน้ำ

5.5 ผลการศึกษาหาความสัมพันธ์ของไอน้ำความดันสูงกับไฟฟ้าที่ผลิตได้

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไอน้ำความดันสูงที่เข้าระบบผลิตไฟฟ้าฯ กับกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้แสดงได้ดังกราฟรูปที่ 5.3 ซึ่งแปรผันตามกันและมีความสัมพันธ์ค่อนข้างสูง ได้ค่า R^2 เท่ากับ 0.98 เมื่อต้องการผลิตไฟฟ้าให้ได้มากกว่า 25 MW จากผลการศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ที่แสดงได้ดังสมการข้างต้นทำให้สามารถประเมินปัจจัยที่ต้องการใช้เพื่อผลิตไฟฟ้างี้ ต้องผลิตไอน้ำความดันสูงไม่ต่ำกว่า 4438 tons/day ใช้ เชื้อเพลิง HBL ไม่ต่ำกว่า 1510 TDS/day



รูปที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างไอน้ำที่ผลิตได้กับกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้

5.6 การทดสอบประสิทธิภาพ Steam Turbine ของโรงงานที่ทำการศึกษ

การทดสอบประสิทธิภาพ Steam Turbine ได้ทดลองทั้งหมด 6 Conditions โดยกำหนด HP Pressure, HP Temperature ที่เข้า Turbine, LP Pressure และปริมาณการเผาไหม้ HBL ผลได้ดังตารางที่ 5.4 พบว่าถ้าสามารถเดินเครื่องได้ดัง Conditions ตามตารางที่ 5.7 สามารถผลิตไฟฟ้า (Gross generation) ได้มากกว่า 25 เมกะวัตต์ แต่ Condition ที่สามารถผลิตได้ใกล้เคียง Design มากที่สุดคือ HP Pressure 80 bar, HP Temperature 480 °C, LP Pressure ที่ 3.5 bar และปริมาณการเผาไหม้เชื้อเพลิง HBL อยู่ที่ 1550 TDS ผลิตไฟฟ้าได้มากถึง 30.5 เมกะวัตต์ โดยหาประสิทธิภาพ Turbine ได้ดังตารางที่ 5.8

จากการเปรียบเทียบ Conditions ที่ 5 และ 6 พบว่าตัวแปรที่มีผลกับการผลิตไฟฟ้าที่ชัดเจนที่สุดคือ LP Pressure ถ้า LP Pressure ต่ำจะสามารถผลิตไฟฟ้าได้มากขึ้นแต่เนื่องจากทางโรงงานมีกระบวนการที่

ต้องใช้ความร้อนในการทำระเหย Black Liquor จึงไม่ควรเดิน LP Pressure ต่ำเกินไป โรงงานที่ทำการศึกษาเป็น Steam Turbine แบบ Back Pressure ไม่สามารถกำหนดปริมาณ LP Pressure ได้

ตารางที่ 5.7 ผลการทดสอบประสิทธิภาพ Steam Turbine ตามเงื่อนไขต่างๆ

DATA	Conditions						
	1	2	3	4	5	6	7
HP Flow (kg/s)	55.50	52.66	52.26	52.16	54.11	54.87	55.26
HP Pressure (bar)	81.00	77.50	80.62	77.45	81.12	81.84	82.36
HP Temp (°C)	480.00	451.88	451.88	475.69	477.68	475.88	475.88
Gross Gen (MW)	32.90	26.07	27.01	26.21	28.39	30.19	30.49
LP Flow (kg/s)	52.5	38.5	40.2	38.5	43.2	45.2	46.4
LP Pressure (bar)	3.50	4.18	4.22	4.27	4.36	3.58	3.61
LP Temp (°C)	147.92	156.88	156.88	168.05	169.38	156.88	156.88
LP Steam Blow off (bar)	4.00	4.05	4.12	4.08	4.18	3.49	3.50
Pressure Steam Drum (bar)	100.00	91.03	93.95	92.86	95.46	96.58	96.53
Pressure Main Steam (bar)	87.00	81.34	84.43	82.56	85.30	86.26	86.27
HP enthalpy (kJ/kg)	3347.00	3282.80	3278.20	3342.30	3342.40	3336.90	3336.20
LP enthalpy (kJ/kg)	2733.40	2765.90	2765.60	2790.00	2792.20	2770.70	2770.40
Heavy Black Liquor (TDS)	1550.00	1500.00	1500.00	1500.00	1550.00	1550.00	1550.00

หมายเหตุ Conditions ที่ทำการทดลองมีดังนี้

1. Design Pressure 84 Bar, Temp 480 °C LP Pressure 3.5 bar, HBL 1550 TDS
2. Pressure 77 Bar, Temp 450 °C LP Pressure 4 bar (Not blow), HBL 1,500 TDS
3. Pressure 80 Bar, Temp 450 °C, LP Pressure 4 bar (Not blow), HBL 1,500 TDS
4. Pressure 77 Bar, Temp 480 °C, LP Pressure 4 bar (Not blow), HBL 1,500 TDS
5. Pressure 80 Bar, Temp 480 °C, LP Pressure 4 bar (Not blow), HBL 1550 TDS
6. Pressure 80 Bar, Temp 480 °C, LP Pressure 3.5 bar (Blow LP), HBL 1550 TDS
7. Pressure 80 Bar, Temp 480 °C, LP Pressure 3.5 bar (Blow LP), HBL 1550 TDS (Max)

Pressure Main Steam Operation อยู่ที่ 84 bar โดยมี Safety Valve ที่ Pressure Main Steam Operation อยู่ที่ 87 bar

ตารางที่ 5.8 สรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพ Steam Turbine ตาม Conditions ต่างๆ

Item	Unit	Conditions						
		1 (Design)	2	3	4	5	6	7
Gross Generate	kWh	789,600	625,624	629,082	648,157	681,446	724,507	731,808
	MJ	2,842,560	2,252,245	2,264,695	2,333,366	2,453,207	2,608,226	2,634,508
HP inlet	ton/ day	4,795	4,550	4,516	4,507	4,675	4,741	4,774
	MJ	16,049,534	14,935,155	14,802,732	15,063,298	15,626,226	15,819,382	15,928,278
MP extraction	ton/ day	0	0	0	0	0	0	0
	MJ	0	0	0	0	0	0	0
LP exhaust	ton/ day	4,536	3,326	3,473	3,326	3,732	3,905	4,009
	MJ	12,398,702	9,200,490	9,605,703	9,280,656	10,421,831	10,820,359	11,106,550
น้ำมันยางดำ	TDS	1,550	1,500	1,500	1,500	1,550	1,550	1550
Heating value	kJ/ kg	12,561	12,561	12,561	12,561	12,561	12,561	12,561
Turbine efficiency	%	95.0%	76.7%	80.2%	77.1%	82.4%	84.9%	86.3%

5.7 กลยุทธ์การผลิตไฟฟ้าโดยวิธีการจัดการการเดินเครื่องและวางแผนการซ่อมบำรุง

กลยุทธ์การดำเนินงานสำหรับการผลิตไฟฟ้าเพื่อให้ได้มากที่สุดตามเป้าหมาย จะใช้วิธีการจัดการการเดินเครื่องของหน่วยผลิตเชื้อกระดาษ หน่วยทำระเหย หน่วยหม้อไอน้ำ และหน่วยผลิตไฟฟ้าฯ โดยดูจากความสัมพันธ์ที่หามาข้างต้น โดยมีเป้าหมายผลิตไฟฟ้าให้ได้มากที่สุดได้ 25 MW ตลอด 24 ชั่วโมง จำนวน 30 วัน ซึ่งสามารถกำหนดเงื่อนไขการทำงานของหน่วยงานต่างๆได้ ดังตารางที่ 5.6 และได้เสนอแผนการซ่อมบำรุง ดังนี้

1. การวางแผนหยุดซ่อมประจำปีในเดือนกุมภาพันธ์เป็นจำนวน 12 วัน
2. หยุดล้างหม้อไอน้ำในเดือนมิถุนายน 5 วันและตุลาคม 5 วัน
3. กำหนดให้หยุดฉุกเฉินไม่เกิน 15 วัน เพื่อหยุดในเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิดอื่นๆ

ดังนั้นจำนวนชั่วโมงผลิตไฟฟ้าใน 1 ปี เท่ากับ 7512 ชั่วโมง โดยหักเวลาการหยุดซ่อมบำรุง 528 ชั่วโมง และหยุดฉุกเฉิน 30 วัน หรือ 720 ชั่วโมง โดยในช่วงเดือนมีนาคม- ตุลาคม เป็นช่วงที่การไฟฟ้าต้องการให้โรงงานขายไฟฟ้าให้ได้มากที่สุด ดังนั้นถ้าไม่จำเป็นจึงไม่ควรหยุดเดินเครื่องเพื่อซ่อมบำรุงประจำปีดังเช่นปีที่ผ่านมา และควรทำการบำรุงประจำปีให้เสร็จก่อนเดือนมีนาคมเพื่อความเสถียรภาพในการเดินเครื่อง ในช่วง peak months ตามการจัดแผนการซ่อมบำรุงดัง ตารางที่ 5.9 หลังจากการหยุดซ่อมบำรุงประจำปีโดยต้องมีการ stock HBL เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงด้วย จากสมการความสัมพันธ์ที่หามาข้างต้นถ้าต้องการผลิตไฟฟ้าได้มากกว่า 25 MW ต้องใช้เงื่อนไขการเดินเครื่องดัง ตารางที่ 5.10 เพื่อการทำ contact capacity

ตารางที่ 5.9 แผนการหยุดการซ่อมบำรุงที่จัดทำขึ้นใหม่และผลการหยุดซ่อมบำรุงในปี 2554

แผนการซ่อมบำรุง	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
1. Water Wash Shutdown #1			← - - →			↔						
2. Water Wash Shutdown #2										↔	← - - →	
3. Annual Shut down		↔					← - - →					
4. Emergency Shut down											← - - →	↔

หมายเหตุ ← - - → เป็นผลการหยุดซ่อมบำรุงในปี 2554

↔ แผนการหยุดซ่อมบำรุงที่จัดทำขึ้น

Emergency Shut down ในปี 2554 มีจำนวน 53 วัน ในแผนที่จัดทำใหม่ได้ เพื่อการมี Emergency Shut down ไว้ 30 วัน

ตารางที่ 5.10 เงื่อนไขการเดินเครื่องของหน่วยผลิตเชื้อกระดาษ ทำระเหยหม้อไอน้ำและหน่วยผลิตไฟฟ้าเพื่อให้ได้ไฟฟ้า มากกว่า 25 MW

หน่วยผลิตเชื้อกระดาษ		หน่วยงานทำระเหย	
อัตราการผลิตเชื้อกระดาษ (ADT/day)	ความเข้มข้นของ WBL (%DS)	HBL ที่ระเหยได้ (TDS/day)	ปริมาณ WBL (m ³ /day)
มากกว่า 900	ไม่ต่ำกว่า 17%	มากกว่า 1518	ไม่ต่ำกว่า 8252
หม้อไอน้ำ		หน่วยผลิตไฟฟ้า	
เชื้อเพลิง HBL ที่ใช้ (TDS/day)	ความเข้มข้นของ HBL (%DS)	ไอน้ำที่ผลิตได้ (ton/day)	ไฟฟ้าที่ผลิตได้ (MW)
มากกว่า 1518	73-78	มากกว่า 4450	มากกว่า 25

หมายเหตุ หม้อไอน้ำทำการผลิตไอน้ำ 24 ชั่วโมง หน่วยทำระเหยจึงต้องเดินเครื่องผลิต Heavy Black Liquor ให้เพียงพอในอัตราที่มากกว่าหม้อไอน้ำเนื่องจากหน่วยทำระเหยเป็นหน่วยงานที่อยู่ตรงกลางระหว่างโรงเชื้อกระดาษและหม้อไอน้ำ นอกจากนั้นหน่วยทำระเหยยังต้องลดกำลังการทำระเหยหรือหยุดทำการระเหยในบางครั้งเพื่อทำการล้างหน่วยทำระเหย ป้องกันการเกิดตะกรันซึ่งเป็นปัญหาในการแลกเปลี่ยนความร้อนภายในหน่วยทำระเหยด้วย

หน่วยทำระเหยมี Storage ในการเก็บ Black Liquor ในกรณีที่โรงเชื้อกระดาษเดินเครื่องได้มากกว่าหน่วยทำระเหยและหม้อไอน้ำ และสามารถนำ Black Liquor จาก Storage มาใช้ในกรณีที่โรงเชื้อกระดาษไม่สามารถผลิตได้หรือต้องลดกำลังการผลิต

5.8 กลยุทธ์สำหรับการผลิตไฟฟ้าโดยการควบคุม Conditions การเดิน Steam Turbine

ผลจากการทดสอบประสิทธิภาพ Steam Turbine ตาม Condition ต่างๆพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตไฟฟ้ามามากที่สุด คือ LP Pressure ถ้า LP Pressure สูงไฟที่ผลิตได้จะต่ำกว่า LP Pressure ต่ำ แต่ถ้าเราทำการควบคุม LP Pressure ต่ำเกินไปจะส่งผลกระทบต่อหน่วยงานทำระเหยที่ต้องใช้ความร้อนในการทำระเหย จากการทดสอบจึงพบว่า conditions ที่สมดุลระหว่างการผลิตไฟฟ้าและการนำความร้อนไปใช้งานคือ condition ที่ 3 และ 4 โดย HP Pressure 77-80 bar, HP Temp 450 °C, LP Pressure ไม่เกิน 4 bar และไม่น้อยกว่า 3.5 bar, HBL 1,500-1550 TDS/day ไฟฟ้าที่ผลิตได้ประมาณ 26-27 เมกะวัตต์

Steam Turbine แบบ Back Pressure Turbine ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีข้อจำกัดคือ ไม่สามารถควบคุม LP Pressure ได้ LP Pressure จะสูงหรือต่ำขึ้นกับ HP steam ที่เข้า Turbine และ steam ออกตาม state ต่างๆ ของ Turbine การควบคุม LP Pressure ทำได้โดยการ Blow steam ออกนอกระบบเมื่อ Pressure สูงเกินไปเท่านั้น ซึ่งเป็นการสูญเสียพลังงานความร้อนโดยไม่ได้นำความร้อนกลับมาใช้ จากแนวทางนี้ ถ้าเราเปลี่ยนจาก Back Pressure Steam Turbine เป็น Condensing Extraction Steam Turbine ซึ่งมีหลักการทำงานต่างจาก Back Pressure ตรงที่มีไอน้ำบางส่วนถูกปล่อยออกมาตรงกลางของ Turbine ไอน้ำที่ปล่อยออกมามีความดันหลายขนาดเลือกตามความเหมาะสมกับจุดใดจุดหนึ่งของกระบวนการผลิตไอน้ำที่เหลือจะถูกปล่อยให้ขยายตัวผ่าน Turbine เพื่อผลิตไฟฟ้าจนมีความดันต่ำจึงออกจาก Turbine

จากกลยุทธ์ที่จัดทำถ้าสามารถดำเนินงานและขายไฟฟ้าได้ตามเป้าหมาย 25 เมกะวัตต์ สามารถคิดปริมาณ ไฟฟ้าที่ผลิตได้และมูลค่าการขายไฟฟ้าได้ดังตารางที่ 5.11

ตารางที่ 5.11 รายได้จากการขายไฟฟ้าที่ผลิตได้กับไฟฟ้าตามเป้าหมายปี พ.ศ. 2554

รายการ	รายได้รวมปี 2554 (บาท/ปี)	เป้าหมายรายได้ * (บาท/ปี)
พลังงานไฟฟ้า (Peak) (kWh)	77,999,490	110,700,000
พลังงานไฟฟ้า (Off-Peak) (kWh)	60,352,265	86,100,000
รวมพลังงานไฟฟ้า (kWh)	137,537,755	196,800,000
ค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy payment) (Baht)	204,922,315	293,232,000
ค่าพลังไฟฟ้า (Capacity payment) (Baht)	66,362,819	93,032,214
ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้า (Escalation payment) (Baht)	100,027,030	144,884,160
รายได้รวมจากการขายไฟฟ้า (Baht)	359,501,015	531,148,374

หมายเหตุ : * ตามการวางแผนการเงินเครื่องที่ 25 เมกะวัตต์ และการหยุดเดินเครื่องที่จัดทำขึ้นใหม่ที่ได้ทำใน งานวิจัยฉบับนี้