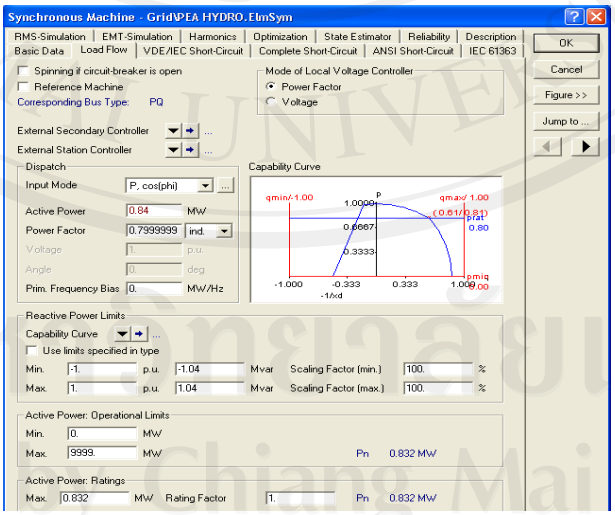
บทที่ 3

โครงสร้างของระบบที่ใช้ในการศึกษา

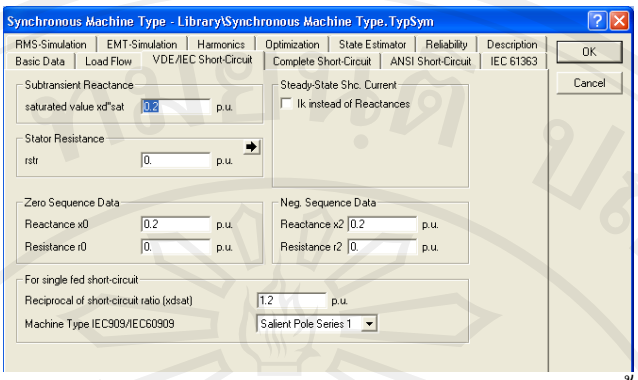
3.1 โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมาก (โรงไฟฟ้าพลังน้ำแม่ใจ)

โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมาก (โรงไฟฟ้าพลังน้ำแม่ใจ) มีขนาดกำลังผลิตไฟฟ้า 850 kW ผลิตไฟฟ้าโดยการสร้างเขื่อนคอนกรีตเสริมเหล็ก สูง 3 m ยาว 20 m กั้นที่ลำน้ำแม่ใจเพื่อกักน้ำส่งเข้าท่อส่งน้ำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2 m มีอัตราการไหลของน้ำเฉลี่ยที่ 2.0 m^3/s เพื่อนำมาปั่นกังหันน้ำแบบฟรานซิส (Francis Turbine) ที่ต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้าด้านออก 400 V และจ่ายให้กับหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อยกระดับแรงดันเพื่อจ่ายเข้าสู่ระบบจำหน่าย โดยรูปที่ 3.1 แสดงค่าพารามิเตอร์การคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมากมีค่า Active Power = 0.84 MW และ Power Factor = 0.7999999 และรูป 3.2 แสดงค่าพารามิเตอร์การคำนวณกระแสลัดวงจรของโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมากมีค่า Subtransient Reactance (xd") = 0.2 p.u., Zero Sequence Reactance (x0) = 0.2 p.u., Zero Sequence Resistance (r0) = 0 p.u., Neg. Sequence Reactance (x2) = 0.2 p.u. และ Neg. Sequence Resistance (x0) = 0 p.u.



รูปที่ 3.1 ค่าพารามิเตอร์การคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

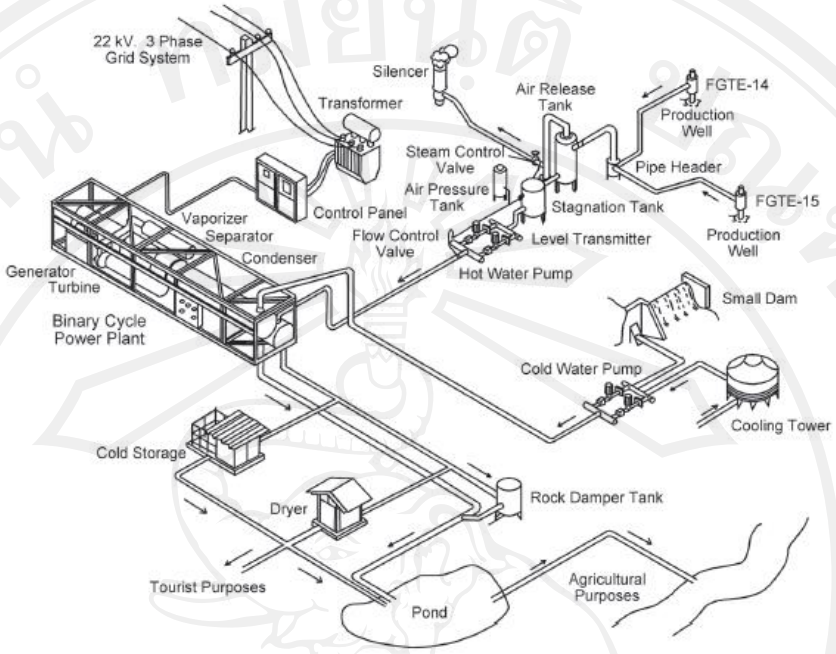


รูปที่ 3.2 ค่าพารามิเตอร์การคำนวณกระแสลัดวงจรของโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมาก

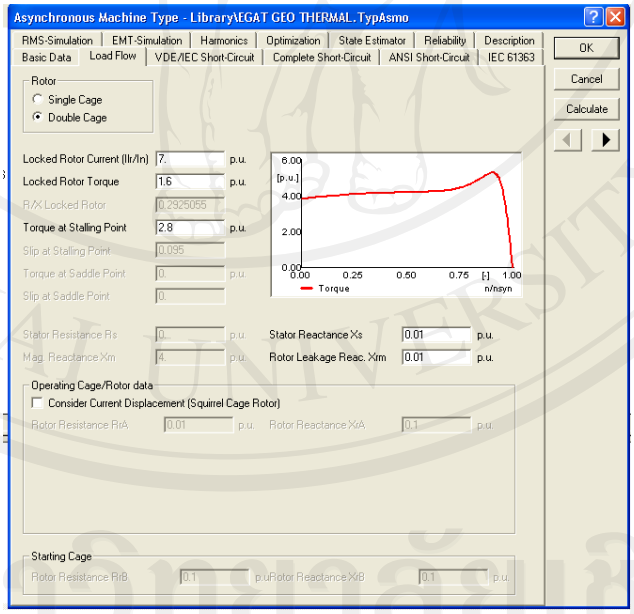
3.2 โรงไฟฟ้าพลังความร้อนใต้พิภพ

โรงไฟฟ้าพลังความร้อนใต้พิภพเป็นโรงไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เริ่มเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและจ่ายไฟตั้งแต่ พ.ศ. 2531 มีขนาดกำลังผลิตไฟฟ้า 300 kW รูปแบบของโรงไฟฟ้าเป็นแบบ 2 วงจร มีหลักการทำงานคือนำน้ำร้อนไปถ่ายเทความร้อนให้กับของเหลวหรือสารทำงาน (Working Fluid) ที่มีจุดเดือดต่ำจนกระทั่งเดือดเป็นไอ แล้วนำไอนี้ไปหมุนกังหันเพื่อขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าผลิตไฟฟ้าออกมา น้ำร้อนไปถ่ายเทความร้อนให้กับของเหลวมีอุณหภูมิประมาณ 130 C° มีปริมาณการไหล 16.5 ถึง 22 L/s มาถ่ายเมความร้อนให้กับสารทำงานและใช้น้ำที่อุณหภูมิ 15-30 C° ปริมาณ 72 ถึง 94 L/s เป็นตัวหล่อเย็น [13] โดยรูป 3.4 แสดงค่าพารามิเตอร์การคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนใต้พิภพมีค่า Stator Reactance (Xs) = 0.01 p.u. และ Rotor Leakage Reactance (Xm) = 0.01p.u. และรูป 3.5 แสดงค่าพารามิเตอร์การคำนวณกระแสลัดวงจรของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนใต้พิภพมีค่า Lock Rotor Current (Ilr/ln) = 7 p.u. และ R/X Lock Rotor = 0.4179343

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

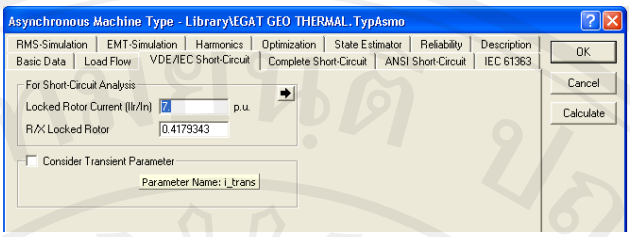


รูปที่ 3.3 รูปแบบของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนใต้พิภพ



รูปที่ 3.4 ค่าพารามิเตอร์การคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนใต้พิภพ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.5 ค่าพารามิเตอร์การคำนวณกระแสลัดวงจรของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนใต้พิภพ

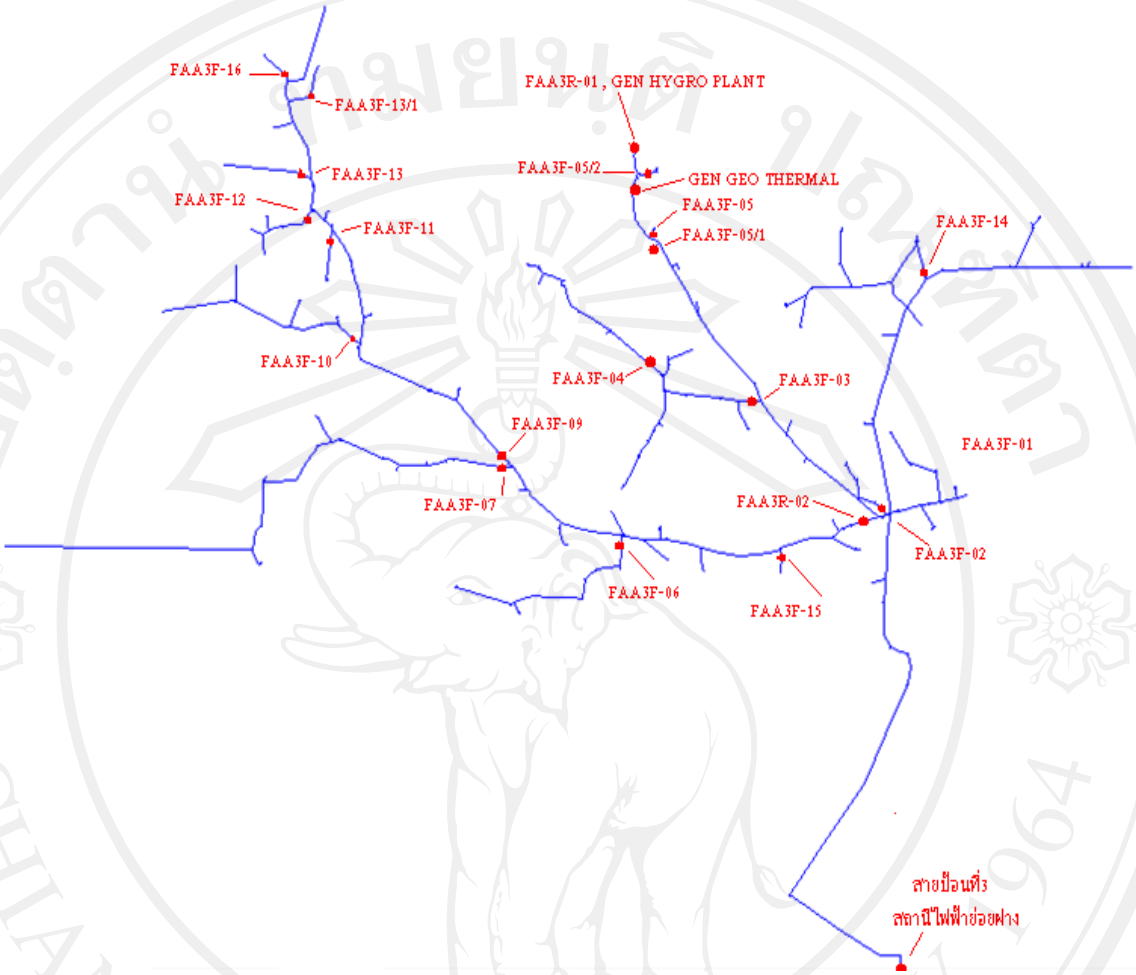
3.3 การจ่ายไฟของสถานีไฟฟ้าย่อยฝาง

สถานีไฟฟ้าย่อยฝางเป็นสถานีไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคตั้งอยู่ที่ ม.1 ต.แม่คะ อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ รับแรงดันไฟฟ้าระดับ 115 kV จากสถานีไฟฟ้าแม่ลาว จ.เชียงราย มีหม้อแปลงกำลังขนาด 50 MVA 115/22 kV มีการจ่ายไฟแบ่งออกเป็น 8 สายป้อน (Feeder) รับไฟเข้าจากโรงไฟฟ้าในพื้นที่จำนวน 2 สายป้อน (Feeder) รวมสายป้อนทั้งหมด 10 สายป้อน เพื่อจ่ายในระบบจำหน่ายที่มีโหลดประมาณ 5-29 MW ซึ่งรูปแบบของการจ่ายไฟของสถานีไฟฟ้าย่อยฝางเป็นแบบเรเดียล (Radial)

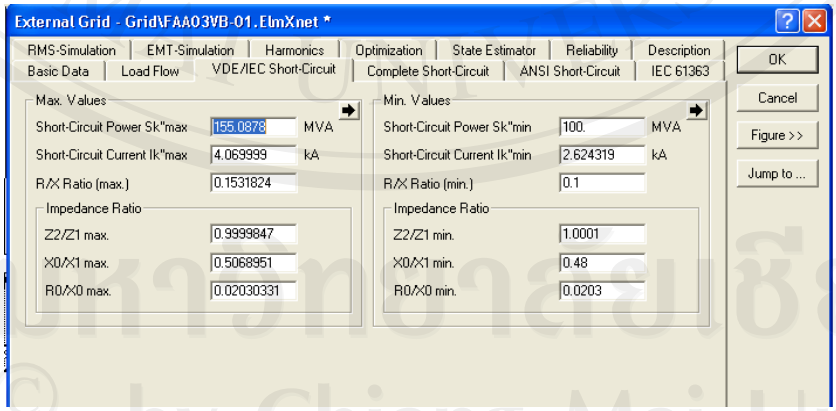
ในสายป้อนที่ 3 ของสถานีไฟฟ้าย่อยฝางมีความยาวในระบบจำหน่ายระดับแรงดัน 22 kV 99.72 วงจร – กม. จ่ายร่วมกับโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมาก (โรงไฟฟ้าพลังน้ำแม่ใจ) ขนาดพิกัด 830 kW และโรงไฟฟ้าพลังความร้อนใต้พิภพขนาดพิกัด 300 kW มีหม้อแปลงในระบบจำหน่ายทั้งหมด 156 เครื่อง พิกัดรวม 15,060 kVA แบ่งเป็น หม้อแปลง 1 เฟส 2 สาย จำนวน 44 เครื่อง พิกัดรวม 1,250 kVA และหม้อแปลง 3 เฟส 3 สาย จำนวน 112 เครื่อง พิกัดรวม 13,810 kVA มีอุปกรณ์ป้องกันในระบบจำหน่าย จำนวน 20 ชุด แบ่งเป็น รีโคลสเซอร์ (Recloser) จำนวน 2 ชุด และฟิวส์คัตเอาท์ จำนวน 18 ชุด

โดยรูปที่ 3.7 แสดงค่าพารามิเตอร์ในการคำนวณค่ากระแสลัดวงจรของเซอร์กิตเบรกเกอร์ (FAA03VB-01) ที่สถานีไฟฟ้าย่อยฝาง มีค่า Short Circuit Power sk" max = 155.0878 MVA, Short Circuit Power sk" min = 100 MVA, Short Circuit Current Ik" max = 4.069999 kA, Short Circuit Current Ik" min = 2.624319 kA, Impedance Ratio Z2/Z1max = 0.9999847, Z2/Z1min = 1.0001, X0/X1 max = 0.5068951, X0/X1 min = 0.48, R0/R1 max = 0.0230331 และ R0/R1 min = 0.0203

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.6 แผนผังการจ่ายไฟของสายป้อนที่ 3 ของสถานีไฟฟ้าย่อยฝาง



รูปที่ 3.7 ค่าพารามิเตอร์ในการคำนวณค่ากระแสลัดวงจรของเซอร์กิตเบรกเกอร์ (FAA03VB-01) ที่สถานีไฟฟ้าย่อยฝาง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3.1 อุปกรณ์ป้องกันในระบบจำหน่าย 22 kV ในสายป้อนที่ 3 ของสถานีไฟฟ้าย่อยฝาง

อุปกรณ์	รหัส	กระแสต่อเนื่องสูงสุด (A)	กระแสลัดวงจรสูงสุด (kA)	ระบบเฟส
รีโคลสเซอร์	FAA3R-01	560	12	3 เฟส
รีโคลสเซอร์	FAA3R-02	560	12	3 เฟส
ฟิวส์คัตเอาท์ Type K (แบบขาดเร็ว)	FAA3F-01	6	12	1 เฟส
ฟิวส์คัตเอาท์ Type K (แบบขาดเร็ว)	FAA3F-02	20	12	3 เฟส
ฟิวส์คัตเอาท์ Type K (แบบขาดเร็ว)	FAA3F-03	40	12	3 เฟส
ฟิวส์คัตเอาท์ Type K (แบบขาดเร็ว)	FAA3F-04	20	12	3 เฟส
ฟิวส์คัตเอาท์ Type K (แบบขาดเร็ว)	FAA3F-05	10	12	3 เฟส
ฟิวส์คัตเอาท์ Type K (แบบขาดเร็ว)	FAA3F-05/1	10	12	3 เฟส
ฟิวส์คัตเอาท์ Type K (แบบขาดเร็ว)	FAA3F-05/2	10	12	3 เฟส
ฟิวส์คัตเอาท์ Type K (แบบขาดเร็ว)	FAA3F-06	20	12	3 เฟส
ฟิวส์คัตเอาท์ Type K (แบบขาดเร็ว)	FAA3F-07	40	12	3 เฟส
ฟิวส์คัตเอาท์ Type K (แบบขาดเร็ว)	FAA3F-09	40	12	3 เฟส
ฟิวส์คัตเอาท์ Type K (แบบขาดเร็ว)	FAA3F-10	20	12	3 เฟส
ฟิวส์คัตเอาท์ Type K (แบบขาดเร็ว)	FAA3F-11	20	12	3 เฟส
ฟิวส์คัตเอาท์ Type K (แบบขาดเร็ว)	FAA3F-12	10	12	3 เฟส
ฟิวส์คัตเอาท์ Type K (แบบขาดเร็ว)	FAA3F-13	6	12	1 เฟส
ฟิวส์คัตเอาท์ Type K (แบบขาดเร็ว)	FAA3F-13/1	10	12	3 เฟส
ฟิวส์คัตเอาท์ Type K (แบบขาดเร็ว)	FAA3F-14	20	12	3 เฟส
ฟิวส์คัตเอาท์ Type K (แบบขาดเร็ว)	FAA3F-15	6	12	1 เฟส
ฟิวส์คัตเอาท์ Type K (แบบขาดเร็ว)	FAA3F-16	6	12	1 เฟส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3.2 หม้อแปลงไฟฟ้าในระบบจำหน่าย 22 kV ในสายป้อนที่ 3 ของสถานีไฟฟ้าย่อยฝาง

เจ้าของหม้อแปลงไฟฟ้า	ระบบ 1 เฟส		ระบบ 3 เฟส	
	จำนวน (เครื่อง)	พิกัดรวม (kVA)	จำนวน (เครื่อง)	พิกัดรวม (kVA)
กฟภ.	36	1,010	39	4,280
ผู้ใช้ไฟ	8	240	73	9,530
รวม	44	1,250	112	13,810

ตารางที่ 3.3 สายไฟฟ้าในระบบจำหน่าย 22 kV ในสายป้อนที่ 3 ของสถานีไฟฟ้าย่อยฝาง

ชนิดของสายไฟฟ้า	ความยาวระบบจำหน่าย (วงจร-กิโลเมตร)		
	ระบบ 1 เฟส	ระบบ 3 เฟส	รวม
Bare Aluminium (A)	0	8.82	8.82
Aluminium Conductor Steel Reinforce (ACSR)	5.87	46.05	51.91
Partial Insulated Cable (PIC)	0.4	23.6	23.91
Aerial Cable (SAC)	0.09	14.77	14.86
Cross Linked Polyethyleme (XLPE)	0	0.22	0.22
ความยาวระบบจำหน่าย รวม	6.36	93.46	99.72

3.4 ข้อมูลการจ่ายไฟ

ข้อมูลของการจ่ายไฟจะประกอบด้วยข้อมูลที่มาจาก 3 ส่วนคือ สถานีไฟฟ้าย่อยฝาง, โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมาก และโรงไฟฟ้าพลังความร้อนใต้พิภพ ข้อมูลจะประกอบด้วยค่ากำลังไฟฟ้า (MW) ใช้ข้อมูลการจ่ายไฟของปี พ.ศ. 2555 จำนวนทั้งสิ้น 12 วัน โดยกำหนดวันที่มีการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแต่ละเดือน ตามประกาศของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

การศึกษาได้กำหนดรูปแบบของการจ่ายไฟทั้งหมด 8 รูปแบบเพื่อหาค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ต่ำที่สุดได้แก่

1) รูปแบบที่ 1 การจ่ายไฟจริง

2) รูปแบบที่ 2 การจ่ายไฟจากสถานีไฟฟ้าย่อยเพียงแหล่งจ่ายเดียว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3) รูปแบบที่ 3 การจ่ายไฟจากสถานีไฟฟ้าย่อยร่วมกับโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมาก

4) รูปแบบที่ 4 การจ่ายไฟจากสถานีไฟฟ้าย่อยร่วมกับโรงไฟฟ้าพลังความร้อนใต้พิภพ

5) รูปแบบที่ 5 การจ่ายไฟจากสถานีไฟฟ้าย่อยร่วมกับโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมากจ่าย 100% ของพิกัดและโรงไฟฟ้าพลังความร้อนใต้พิภพจ่าย 100% ของพิกัด

6) รูปแบบที่ 6 การจ่ายไฟจากสถานีไฟฟ้าย่อยร่วมกับโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมากจ่าย 50% ของพิกัดและโรงไฟฟ้าพลังความร้อนใต้พิภพจ่าย 50% ของพิกัด

7) รูปแบบที่ 7 การจ่ายไฟจากสถานีไฟฟ้าย่อยร่วมกับโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมากจ่าย 75% ของพิกัดและโรงไฟฟ้าพลังความร้อนใต้พิภพจ่าย 25% ของพิกัด

8) รูปแบบที่ 8 การจ่ายไฟจากสถานีไฟฟ้าย่อยร่วมกับโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมากจ่าย 25% ของพิกัดและโรงไฟฟ้าพลังความร้อนใต้พิภพจ่าย 75% ของพิกัด

ตารางที่ 3.4 แสดงรูปแบบของการจ่ายไฟทั้ง 8 รูปแบบ

รูปแบบ	สถานีไฟฟ้าย่อย (P_{sub})	โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมาก (P_{DG1})	โรงไฟฟ้าพลังความร้อนใต้พิภพ (P_{DG2})
1	ข้อมูลปี พ.ศ. 2555	ข้อมูลปี พ.ศ. 2555	ข้อมูลปี พ.ศ. 2555
2	ภาระทางไฟฟ้ารวม	0 MW (ไม่จ่ายไฟ)	0 MW (ไม่จ่ายไฟ)
3	ภาระทางไฟฟ้ารวม - 0.83 MW	0.83 MW	0 MW (ไม่จ่ายไฟ)
4	ภาระทางไฟฟ้ารวม - 0.3 MW	0 MW (ไม่จ่ายไฟ)	0.3 MW
5	ภาระทางไฟฟ้ารวม – (0.83+0.3) MW	0.83 MW	0.3 MW
6	ภาระทางไฟฟ้ารวม – (0.42+0.15) MW	0.42 MW	0.15 MW
7	ภาระทางไฟฟ้ารวม – (0.62+0.08) MW	0.62 MW	0.08 MW
8	ภาระทางไฟฟ้ารวม – (0.21+0.23) MW	0.21 MW	0.23 MW

หมายเหตุ P_{sub} คือ กำลังไฟฟ้าที่จ่ายออกจากสถานีไฟฟ้าย่อยฝาง

P_{DG1} คือ กำลังไฟฟ้าที่จ่ายออกจากโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมาก = 0.83 MW

P_{DG2} คือ กำลังไฟฟ้าที่จ่ายออกจากโรงไฟฟ้าพลังความร้อนใต้พิภพ = 0.3 MW

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved