บทที่ 4
ระบบที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

ในบทนี้จะกล่าวถึงข้อมูลของระบบไฟฟ้าภาคใต้ของประเทศไทยที่มีการเชื่อมโยงกับระบบ HVDC ซึ่งเป็นระบบที่ใช้เป็นกรณีศึกษาในวิทยานิพนธ์นี้ โดยประกอบด้วย ลักษณะทั่วไปของระบบไฟฟ้าภาคใต้ ข้อมูลเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสในระบบ ข้อมูลสายส่ง และข้อมูลระบบ HVDC และในกรณีไม่มีข้อมูลโดยตรง จะทำการประมาณค่าข้อมูล เช่น ข้อมูลโหลด เป็นต้น

4.1 ลักษณะทั่วไปของระบบไฟฟ้าภาคใต้ของประเทศไทยที่มีการเชื่อมต่อกับระบบเอชวีดีซี

ระบบไฟฟ้าภาคใต้ของไทย เชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าภาคกลางด้วยระบบ 230 kV สองวงจร (รูปที่ 4.1) จากสถานีบางสะพาน (BSP) ถึงสถานีสุราษฎร์ธานี (SRT) มีการติดตั้ง SVC ที่สถานีบางสะพาน ขนาด 230 kV +300 MVAR, -50 MVAR เพื่อเพิ่มการส่งจ่ายพลังงานในสายส่ง และปรับปรุงเสถียรภาพของระบบ นอกจากนี้ระบบยังประกอบด้วย โรงไฟฟ้าพลังน้ำ คือ เขื่อนรัชชประภา (RPB) ขนาด 3×80 MW [16]

ที่สถานีไฟฟ้าขนอม (KN) ประกอบด้วย โรงไฟฟ้าพลังความร้อน (2×75 MW) จำนวน 2 โรง, โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม 1 โรง ซึ่งประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 5 ตัว แบ่งเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันก๊าซ (4×115 MW) จำนวน 4 เครื่อง และ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันไอน้ำ (1×230 MW) อีกหนึ่งเครื่อง [17]

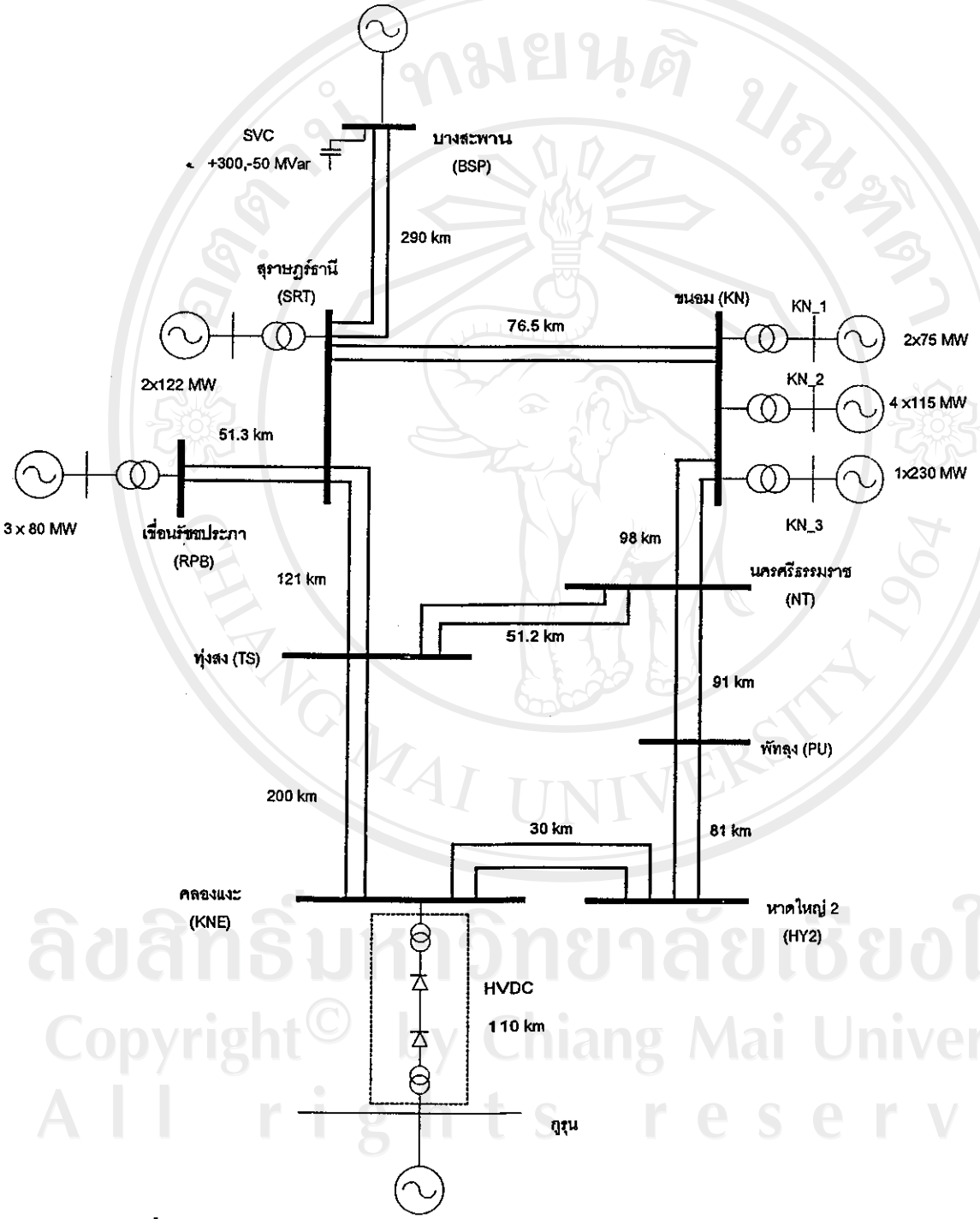
ที่สถานีไฟฟ้าสุราษฎร์ธานี (SRT) ประกอบด้วย โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ (2×122 MW) จำนวน 1 โรง [16]

ปี พ.ศ.2544 ระบบ HVDC ได้ทำการต่อเชื่อมระบบไฟฟ้าระหว่างประเทศไทยกับประเทศมาเลเซีย ระบบเป็นแบบเชื่อมด้วยสายส่ง DC เส้นเดียว (Monopolar Link แสดงในรูปที่ 2.11) พิกัดแรงดัน 300 kV พิกัดกำลัง 300 MW พิกัดกระแส 1000 A โดยขั้วทั้งสองด้านของระบบ HVDC ตั้งอยู่ที่สถานีกูรุน (แรงดัน 275 kV)ในประเทศมาเลเซียและสถานีไฟฟ้าคลองแงะ (KNE, แรงดัน 230 kV)ในประเทศไทยตามลำดับ

ระบบไฟฟ้าภาคใต้เมื่อไม่รวมระบบ HVDC จะมีขนาด 1,324 MW โหลดในระบบมีค่าเปลี่ยนแปลงโดยประมาณระหว่าง 820 – 1,350 MW ค่าแรงดันในระบบสายส่งมี 2 ระดับ คือ 230

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และ 115 kV และมีค่าแรงดันในระบบจำหน่าย คือ 33 kV รูปที่ 4.1 แสดงระบบไฟฟ้าภาคใต้ของประเทศไทย ประกอบด้วย SVC ที่สถานีบางสะพาน และมีระบบ HVDC เชื่อมต่อระหว่างสถานีไฟฟ้าคลองแงะและสถานีกูรุน [3]



รูปที่ 4.1 ระบบไฟฟ้าภาคใต้ของประเทศไทยที่มีการเชื่อมต่อระบบ HVDC

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 ข้อมูลเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสในระบบ

ระบบไฟฟ้าในรูป 4.1 ประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 ชนิด ได้แก่ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันน้ำ, เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันไอน้ำ และ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันก๊าซ โดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละตัวมีค่าพารามิเตอร์ และระบบควบคุม ดังต่อไปนี้

4.2.1 พารามิเตอร์ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส

พารามิเตอร์ต่างๆในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของระบบในรูปที่ 4.1 แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าพารามิเตอร์ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

สถานีไฟฟ้า	สุราษฎร์ธานี	เขื่อนรัชชประภา	ขนอม (KN)		
	(SRT)	(RPB)	(KN_1)	(KN_2)	(KN_3)
ชนิด	กังหันก๊าซ	กังหันน้ำ	กังหันไอน้ำ	กังหันก๊าซ	กังหันไอน้ำ
ขนาด (MVA)	2×181.82	3×89	2×88.3	4×148.5	1×291
แรงดัน (kV)	13.8	13.8	13.8	11.5	15
ชนิดขดลวด	Y	Y	Y	Y	Y
ชนิดโรเตอร์	ทรงกระบอก	ขั้วแม่เหล็กยื่น	ทรงกระบอก	ทรงกระบอก	ทรงกระบอก
H	2	5.78	1.36	6.34	4.73
X_l	0.075	0.12	0.1	0.2	0.14
X_d	1.5	0.97	1.74	2.115	2.145
X'_d	1.33	0.3	0.58	0.579	0.555
X''_d	0.929	0.2195	0.2465	0.19	0.19899
X_q	1.44	0.9	1.6	2.037	2.063
X'_q	0.375	-	0.58	0.579	0.555
X''_q	0.929	0.2195	0.2465	0.19	0.19899
T'_d	5	6	5	3.781	4.839
T''_d	0.05	0.06	0.05	0.032	0.032
T'_q	1	-	1	0.364	0.382
T''_q	0.05	0.07	0.05	0.072	0.066

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.2 พารามิเตอร์หม้อแปลงไฟฟ้าที่ต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ข้อมูลหม้อแปลงไฟฟ้าที่ต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละตัวในระบบ มีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ แสดงในตารางที่ 4.2

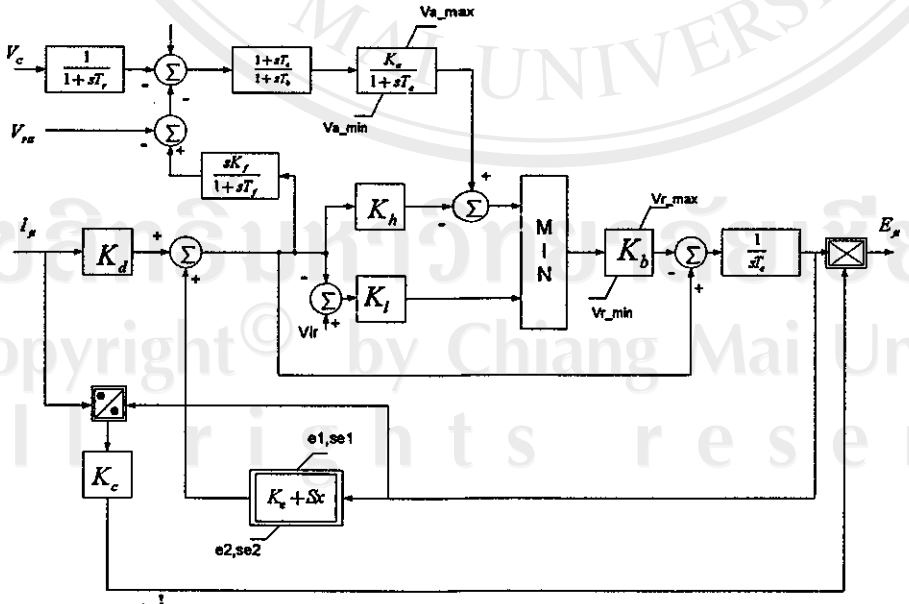
ตารางที่ 4.2 พารามิเตอร์หม้อแปลงไฟฟ้าที่ต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบ

สถานีไฟฟ้า	สุราษฎร์ธานี	เขื่อนรัชชประภา	ขนอม		
	(SRT)	(RPB)	(KN_1)	(KN_2)	(KN_3)
ชนิด	กังหันก๊าซ	กังหันน้ำ	กังหันไอน้ำ	กังหันก๊าซ	กังหันไอน้ำ
ขนาด (MVA)	2×172	3×102.5	2×75	4×140	1×175
ชนิดขดลวด (แรงต่ำ / แรงสูง)	Y / Y-Ground	Y / Y-Ground	Y / Y-Ground	Y / Y-Ground	Y / Y-Ground
รีแอกแตนซ์ (X,p.u.)	0.33779	0.13146	0.11364	0.12973	0.0564

4.2.3 ระบบควบคุมในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

4.2.3.1 ตัวคุมค่าแรงดันแบบอัตโนมัติ (Auto Voltage Regulator, AVR)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทุกตัวในระบบ ใช้ตัว AVR ชนิด IEEE AC 2 อธิบายการทำงานใน [18] ซึ่งมีลักษณะการควบคุมแสดงในรูป 4.2 และค่าพารามิเตอร์ต่างๆ แสดงในตารางที่ 4.3



รูปที่ 4.2 ลักษณะการควบคุมของตัว AVR ชนิด IEEE AC2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.3 ค่าพารามิเตอร์ในตัว AVR ชนิด IEEE AC2

	พารามิเตอร์	ค่า
T_r	Measurement Delay [s]	0.025
T_b	Filter Delay Time [s]	0
T_c	Filter Derivative Time Constant [s]	0
K_a	Controller Gain [p.u.]	1354
T_a	Controller Time Constant [s]	0.0086
K_b	Excitation System Factor [p.u.]	1
T_e	Excitor Time Constant [s]	0.5
K_l	Excitation System Factor [p.u.]	3.6
K_h	Excitation System Factor [p.u.]	0
K_f	Stabilization Path Gain [p.u.]	0.006
T_f	Stabilization Path Delay Time [s]	1
K_c	Excitor Current Compensation Factor [p.u.]	0
K_d	Excitor Current Derivative Factor [p.u.]	0
K_e	Excitor Constant [p.u.]	1
e1	Saturation Factor 1 [p.u.]	5.06
Se1	Saturation Factor 2 [p.u.]	1.9
e2	Saturation Factor 3 [p.u.]	3.8
Se2	Saturation Factor 4 [p.u.]	1.86
Vlr	Excitation System Factor [p.u.]	18.73
Va_min	Controller Minimum Output [p.u.]	-192.8
Vr_min	Excitation System Minimum Output [p.u.]	-41.9
Va_max	Controller Maximum Output [p.u.]	192.8
Vr_max	Excitation System Maximum Output [p.u.]	48.2

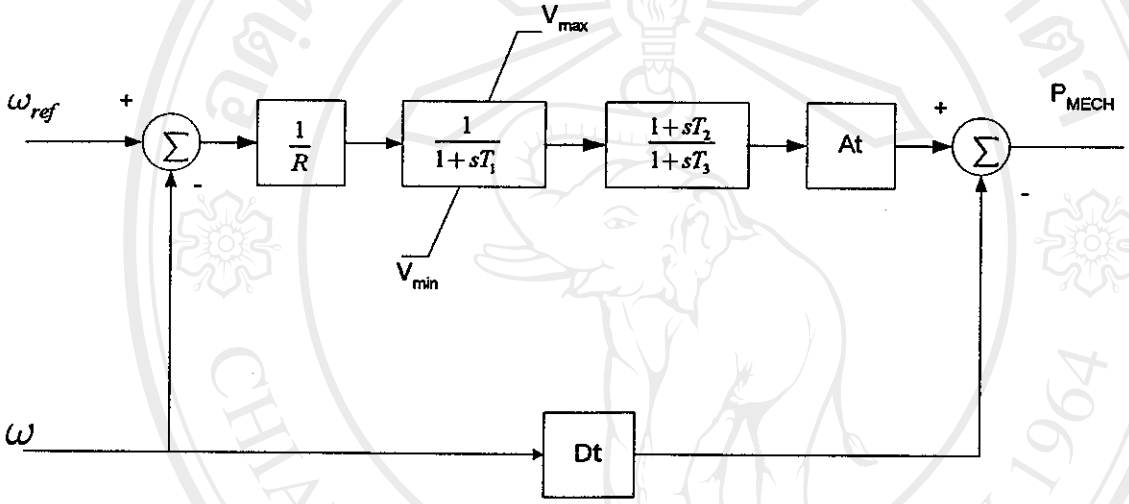
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.3.2 ตัวบังคับ (Governor)

ลักษณะตัวบังคับที่ใช้ควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสจะมีลักษณะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของกังหัน (turbine) ที่ต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในระบบที่ศึกษาจะมีลักษณะตัวบังคับ 3 ชนิด ดังต่อไปนี้

1. ตัวบังคับสำหรับกังหันไอน้ำ (Steam Turbine Governor)

ตัวบังคับชนิดนี้ใช้กับโรงไฟฟ้าพลังความร้อน โดยตัวบังคับที่ใช้สำหรับทำการศึกษาเป็นชนิด TGOV1 มีลักษณะการควบคุมแสดงในรูปที่ 4.3 และค่าพารามิเตอร์ต่างๆแสดงในตารางที่ 4.4



รูปที่ 4.3 ลักษณะการควบคุมของตัวบังคับชนิด TGOV1

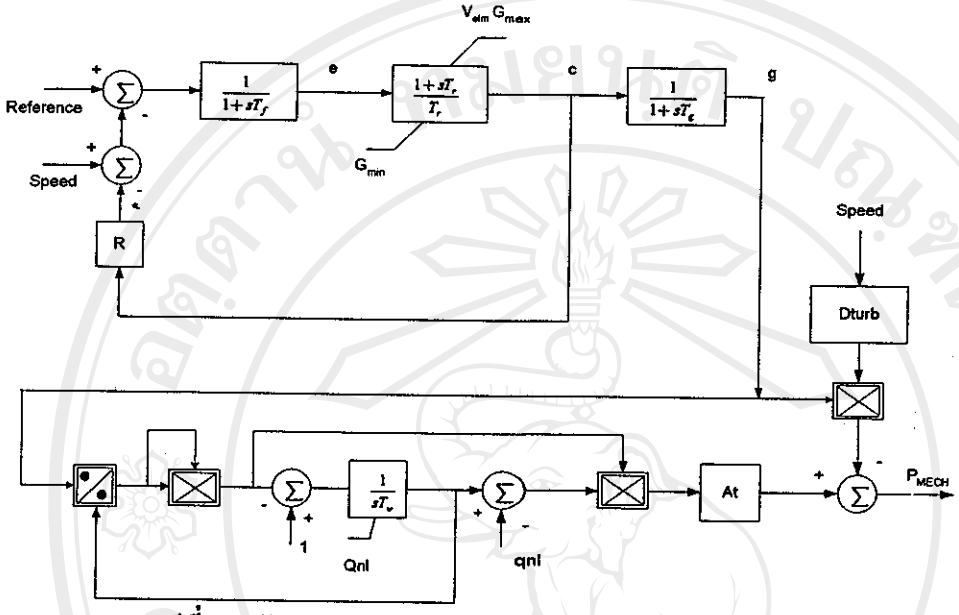
ตารางที่ 4.4 ค่าพารามิเตอร์ในตัวบังคับสำหรับกังหันไอน้ำ

	พารามิเตอร์	ค่า
T_3	Turbine Delay Time Constant [p.u.]	7
T_2	Turbine Derivative Time Constant [p.u.]	2.1
At	Turbine power coefficient [p.u.]	1
Dt	Frictional Losses Factor [p.u.]	0
R	Controller Droop [p.u.]	0.05
T_1	Governor Time Constant [s]	0.4
Vmin	Minimum Gate Limit [p.u.]	0.3
Vmax	Maximum Gate limit [p.u.]	0.9

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. ตัวบังคับสำหรับกังหันน้ำ (Hydro Turbine Governor)

ตัวบังคับชนิดนี้ใช้กับโรงไฟฟ้าพลังน้ำ โดยตัวบังคับที่ใช้สำหรับทำการศึกษาเป็นชนิด HYGOV มีลักษณะการควบคุมแสดงในรูปที่ 4.4 และค่าพารามิเตอร์ต่างๆแสดงในตารางที่ 4.5



รูปที่ 4.4 ลักษณะการควบคุมของตัวบังคับชนิด HYGOV

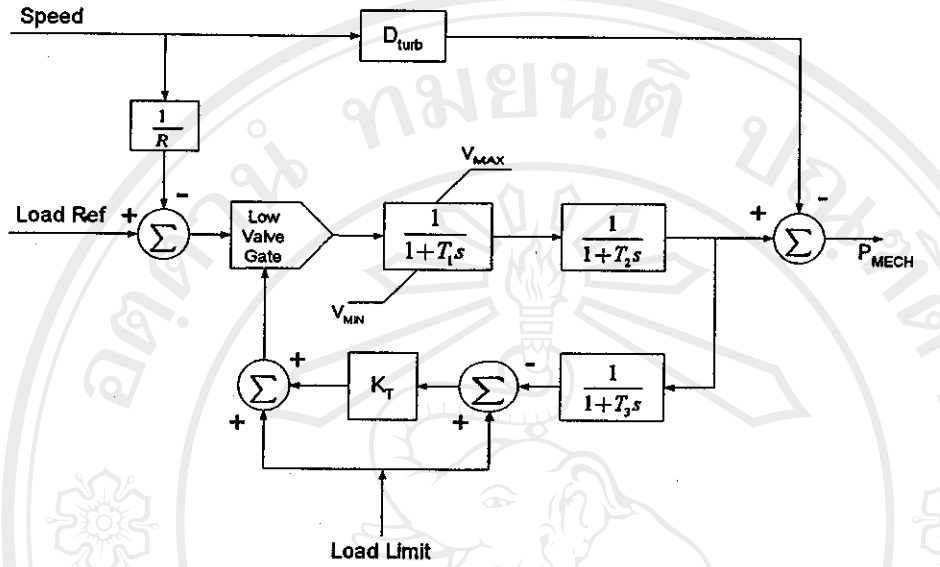
ตารางที่ 4.5 ค่าพารามิเตอร์ในตัวบังคับสำหรับกังหันน้ำ

	พารามิเตอร์	ค่า
R	Permanent Droop [p.u.]	0.04
r	Temporary Droop [p.u.]	0.05
T_r	Governor time Constant [s]	8.408
T_f	Filter time Constant [s]	0.05
T_g	Servo Time constant [s]	0.5
T_w	Water Starting time [s]	0.496
At	Turbine gain [p.u.]	1.15
Dtrub	Frictional losses factor [p.u.]	0
qnl	No Load Flow [p.u.]	0.08
G_{min}	Minimum Gate Limit [p.u.]	0
Qnl	No Load Flow [p.u.]	0
V_{elm}	Gate Velocity Limit [p.u.]	0.2
G_{max}	Maximum Gate Limit [p.u.]	1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. ตัวบังคับสำหรับกังหันก๊าซ (Gas Turbine Governor)

ตัวบังคับชนิดนี้ใช้กับโรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ โดยตัวบังคับที่ใช้สำหรับทำการศึกษาเป็นชนิด GAST มีลักษณะการควบคุมแสดงในรูปที่ 4.5 และค่าพารามิเตอร์ต่างๆแสดงในตารางที่ 4.6



รูปที่ 4.5 ลักษณะการควบคุมของตัวบังคับชนิด GAST

ตารางที่ 4.6 ค่าพารามิเตอร์ในตัวบังคับสำหรับกังหันก๊าซ

	พารามิเตอร์	ค่า
R	Speed Droop [p.u.]	0.05
T_1	Controller Time Costant [s]	0.4
T_2	Actuator Time Constant [s]	0.1
T_3	Compressor Time Constant [s]	3
K_T	Turbine Factor [p.u.]	2
D_{turb}	Frictional Losses Factor [p.u.]	0
V_{MIN}	Controller Minimum Output [p.u.]	0
V_{MAX}	Controller Maximum Output[p.u.]	0.9

สำหรับโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม จะประกอบด้วยชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 2 ชุด คือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันก๊าซ และ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันไอน้ำ ซึ่งกังหันไอน้ำจะใช้พลังงานความร้อนที่ได้จากการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันก๊าซ มาใช้ขับเคลื่อนกังหันเพื่อผลิตไฟฟ้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อีกต่อหนึ่ง เพราะฉะนั้นตัวบังคับจะแบ่งเป็น 2 ชุด คือ ตัวบังคับสำหรับกังหันก๊าซ กับ ตัวบังคับสำหรับกังหันไอน้ำ ซึ่งมีลักษณะการควบคุมแสดงในรูปที่ 4.3 และ 4.5 และค่าพารามิเตอร์แสดงในตารางที่ 4.4 และ 4.6

4.3 ข้อมูลตัวชดเชยค่ากำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟแบบสถิต (Static Var Compensator : SVC)

จากระบบที่ทำการศึกษาในรูป 4.1 พบว่ามีตัว SVC ขนาด 300 MVA ที่สถานีไฟฟ้าบางสะพาน (BSP)สามารถชดเชยค่ารีแอกทีฟได้ระหว่าง –50 ถึง 300 MVar มีค่าพารามิเตอร์แสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ค่าพารามิเตอร์ในตัว SVC และหม้อแปลงที่ต่อกับ SVC

ตัว SVC

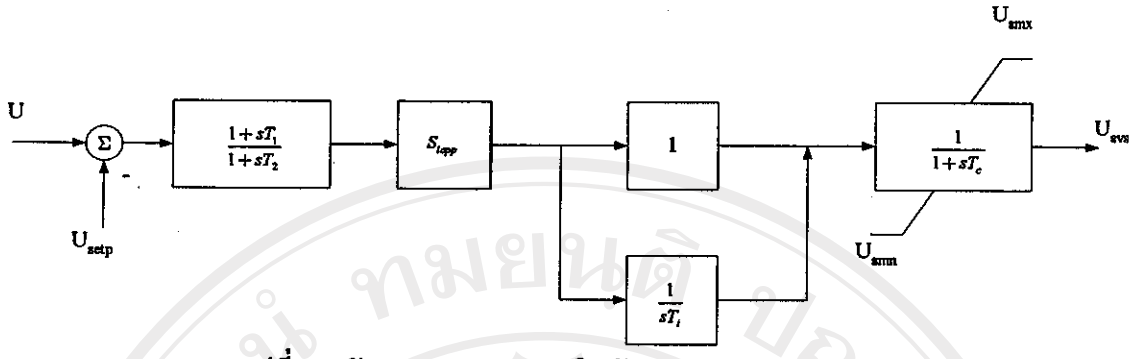
แรงดัน (kV)	16
พิกัด (MVA)	300
Q_{min} (MVar)	-50
Q_{max} (MVar)	300

หม้อแปลงที่ต่อกับตัว SVC (16 kV / 230 kV)

พิกัด (MVA)	300
รีแอกแตนซ์ (X, p.u.)	0.04
ชนิดขดลวด (แรงต่ำ / แรงสูง)	วาย / วาย - กราวด์

ลักษณะการควบคุมในตัว SVC จะมีการควบคุมแสดงในรูปที่ 4.6 และมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆแสดงในตารางที่ 4.8

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.6 ลักษณะการควบคุมในตัว SVC

ตารางที่ 4.8 ค่าพารามิเตอร์ในตัวควบคุมสำหรับตัว SVC

	พารามิเตอร์	ค่า
S_{topp}	Contoller Gain [p.u.]	1
T_i	Integration Time Constant [s]	0.1
T_1	Time Constant [s]	0
T_2	Time Constant [s]	0.1
T_3	SVC Controller Time Constant [s]	0.2
U_{smx}	SVC Controller Upper Signal Limit [p.u.]	3
U_{smn}	SVC Controller Lower Signal Limet [p.u.]	-3
U_{min}	Minimum Input Voltage [p.u.]	0.8

4.4 ข้อมูลสายส่งของระบบ

จากระบบที่ทำการศึกษา (รูปที่ 4.1) เป็นระบบ 230 kV มีจำนวนบัส 9 บัส ค่าพารามิเตอร์สายส่งในแต่ละช่วงสามารถแสดงได้ในตารางที่ 4.9

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.9 ค่าพารามิเตอร์ในสายส่งแต่ละช่วง

จาก บัส	ถึง บัส	ระยะทาง (กิโลเมตร)	R1 (โอห์ม)	X1 (โอห์ม)	B1 (μS)	R0 (โอห์ม)	X0 (โอห์ม)	B0 (μS)
บางสะพาน	สุราษฎร์ธานี	290	15.10295	112.7087	228.9195	84.23267	363.0897	148.8553
สุราษฎร์ธานี	ขนอม	76.5	3.96221	29.59755	6.0306	22.11749	96.42612	39.146
สุราษฎร์ธานี	รัชชประภา	51.3	2.65558	19.77931	40.61133	14.85961	64.8025	26.15905
ทุ่งสง	คลองแงะ	200	5.17891	56.71409	209.7591	51.92664	228.5492	121.8552
สุราษฎร์ธานี	ทุ่งสง	121	3.14755	34.45906	126.9441	51.92664	138.7038	75.58352
ขนอม	นครศรีธรรมราช	98	5.09956	37.94517	77.0224	27.92062	123.4104	50.24971
นครศรีธรรมราช	ทุ่งสง	51.2	2.65029	20.34534	41.49476	13.52124	63.77095	24.1753
นครศรีธรรมราช	พัทลุง	91	4.73455	35.23669	71.51551	25.92629	114.5867	46.6578
พัทลุง	หาดใหญ่ 2	81	4.20026	31.25861	64.18357	23.4876	102.4197	41.34135
หาดใหญ่ 2	คลองแงะ	30	0.77763	8.63328	33.1683	6.86113	34.58602	16.10805

4.5 ข้อมูลแหล่งจ่ายไฟ

จากระบบในรูปที่ 4.1 พบว่า ระบบทำการศึกษามีการรับพลังงานไฟฟ้าจากภายนอก (External Grid) 2 ตำแหน่ง ได้แก่ สถานีไฟฟ้าบางสะพาน (BSP) และ สถานีไฟฟ้ากูรุน (Gurun) โดยทั้งสองตำแหน่งมีค่าอิมพีแดนซ์ลัดวงจร (Short Circuit Impedance) และค่ากระแสลัดวงจร แสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ค่าอิมพีแดนซ์ลัดวงจรและค่ากระแสลัดวงจร

บัส	แรงดัน (kV)	กระแสลัดวงจร (kA)	R1 (p.u.)	R2 (p.u.)	R0 (p.u.)	X1 (p.u.)	X2 (p.u.)	X0 (p.u.)
บางสะพาน	230	4.4416	0.01246	0.01248	0.00082	0.05512	0.05515	0.02725
กูรุน	275	4.122	0	0	0	0.05108	0.05108	0.05108

4.6 ข้อมูลโหลด

จากข้อมูลที่ได้จากการไฟฟ้าฝ่ายผลิต (กฟผ.) พบว่าข้อมูลโหลดในแต่ละบัส เทียบเป็นเปอร์เซ็นได้ดังตารางที่ 4.11

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.11 ข้อมูลโหลดในระบบเมื่อเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์

บัส	ขนาดโหลดเมื่อเทียบเป็น %
รัชชประภา (RPB)	0.08
สุราษฎร์ธานี (SRT)	3.43
ขนอม (KN)	15.92
นครศรีธรรมราช (NT)	14.74
พัทลุง (PU)	6.03
หาดใหญ่ 2 (HY2)	36.43
ทุ่งสง (TS)	23.37
รวม	100.00

4.7 ข้อมูลระบบ HVDC

อุปกรณ์หลักของระบบ HVDC ที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย

4.7.1 หม้อแปลงคอนเวอร์เตอร์ (Converter Tranformer)

เป็นหม้อแปลงชนิด 3 ขดลวด แบบ Ynyn0d11 โดยหนึ่งชุดต่อเข้ากับระบบ AC มีการต่อขดลวดแบบ วาย ส่วนอีกสองชุด ต่อเข้ากับไทริสเตอร์วาล์ว มีการต่อขดลวดเป็นแบบ วาย ชุดหนึ่ง และ เดลต้า อีกชุดหนึ่ง เพื่อทำให้มีค่ามุมทางไฟฟ้าต่างกัน 30° มีค่าพารามิเตอร์ดังนี้

ขนาดพิกัด	116/58/58	MVA
แรงดันด้านที่ต่อระบบ AC (ขดลวดแบบ วาย)	$230/\sqrt{3}$	kV (บางสะพาน)
แรงดันด้านที่ต่อระบบ AC (ขดลวดแบบ วาย)	$275/\sqrt{3}$	kV (กูรุน)
แรงดันด้านต่อกับวาล์ว (ขดลวดแบบ วาย)	$122.24/\sqrt{3}$	kV
แรงดันด้านต่อกับวาล์ว (ขดลวดแบบ เดลต้า)	122.24	kV
ค่าอิมพีแดนซ์หม้อแปลง (วาย – วาย)	11	%
ค่าอิมพีแดนซ์หม้อแปลง (วาย – เดลต้า)	11	%

ข้อมูลแทป (Tap) หม้อแปลง

- อัตราส่วนแรงดันปกติ (Nominal Ratio)	230/122.24	kV (บางสะพาน)
- อัตราส่วนแรงดันปกติ (Nominal Ratio)	275/122.24	kV (กูรุน)
- ช่วงในการแทป (Range)	-5 ถึง +16	%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- ตำแหน่งแทป่ (Tap positions)	22	ตำแหน่ง
- ขนาดขั้นในการแทป (step size)	1	%

4.7.2 สมูตติ้ง รีแอกเตอร์ (Smoothing Reactor)

เป็นตัวเหนี่ยวนำขนาด 100 mH มีหน้าที่ช่วยลดการเกิดการกระเพื่อม จากการสวิตช์ของไทริสเตอร์วาล์ว และช่วยป้องกันไทริสเตอร์วาล์ว กรณีเกิดฟอลต์ในสายส่ง DC

4.7.3 สายส่งกระแสตรง (DC Transmission Line)

สายส่งเป็นแบบสองขั้ว ยาว 110 km มีความสามารถส่งผ่านกำลังไฟฟ้า และกระแส ได้ดังนี้

กำลังไฟฟ้า DC

- กำลังไฟฟ้าพิกัด	300	MW
- กำลังไฟฟ้าสูงสุด (ทนได้ 10 นาที)	450	MW
- กำลังไฟฟ้าต่ำสุด	30	MW

กระแส DC

- กระแสพิกัด	1000	A
- กระแสสูงสุด (ทนได้ 10 นาที)	1560	A
- กระแสต่ำสุด	100	A

แรงดัน DC

- แรงดันพิกัด	300	V
- แรงดันสูงสุด	308	V
- แรงดันต่ำสุด	292	V

ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในสายส่ง DC แสดงได้ดังนี้

ความต้านทาน	3.3	Ω
ความเหนี่ยวนำ	0.042	H

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.7.4 ไทริสเตอร์วาล์ว (Thyristor Valve)

เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดัน AC เป็น DC เมื่อต้องการระบบ HVDC แบบ 12 พัลส์ จะสามารถทำได้โดยใช้ชุดไทริสเตอร์วาล์วแบบ 6 พัลส์ต่ออนุกรมกัน โดยที่

- ชุดวาล์วแบบ 6 พัลส์ชุดบน จะต่อกับสายส่ง DC จะแปลงแรงดันจากด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงคอนเวอร์เตอร์ที่มีการต่อขดลวดแบบ วาย (Wye)
- ชุดวาล์วแบบ 6 พัลส์ชุดล่าง จะต่อกับกราวด์หรือสายนิวทรอล DC จะแปลงแรงดันจากด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงคอนเวอร์เตอร์ที่มีการต่อขดลวดแบบ เดลต้า (Delta)

ชุดวาล์วแบบ 6 พัลส์แต่ละชุดจะเปลี่ยนแรงดัน AC ขนาด122.24 kV เป็นแรงดัน DC ขนาด 150 kV มีค่ารีแอกแตนซ์การสับเปลี่ยน (X_c) เท่ากับ 5 Ω

4.7.5 ตัวกรอง AC (AC Filter)

ทำหน้าที่กรองฮาร์มอนิก ที่เกิดจากการสวิตช์ของไทริสเตอร์ไม่ให้มีผลกระทบต่อระบบทางด้าน AC และอีกหน้าที่คือ การจ่าย Var ให้กับการทำงานของระบบ HVDC เพราะการทำงานของชุดวาล์ว จะใช้ Var ประมาณครึ่งหนึ่งของพลังงานที่จ่าย โดยตัวกรอง AC จะติดทั้งฝั่งสถานีคลองแงะ และฝั่งสถานีกูรุน โดยที่

สถานีคลองแงะ ประกอบด้วย

- วงจรกรอง 3 ชุด ขนาด 1×84 MVar และ 2×42 MVar
- ตัวเก็บประจุ 3 ชุด ขนาด 3×84 MVar

สถานีกูรุน ประกอบด้วย

- วงจรกรอง 2 ชุด ขนาด 2×60 MVar
- ตัวเก็บประจุ 3 ชุด ขนาด 3×60 MVar

4.7.6 ระบบควบคุมในวงจร HVDC

ระบบควบคุมที่ใช้เพื่อควบคุมการเปลี่ยนแปลงค่ากำลังไฟฟ้าในระบบ HVDC ประกอบด้วย ตัวควบคุมความถี่, ตัวควบคุมกระแส และ ตัวควบคุมแทปหม้อแปลงคอนเวอร์เตอร์ โดยมีลักษณะการทำงานแสดงในหัวข้อที่ 3.1.2.2 โดยที่พารามิเตอร์ต่างๆมีค่า ดังนี้

ตัวควบคุมความถี่

จาก [19] พารามิเตอร์ต่างๆมีค่าดังนี้

$K_{\omega,r}$ = 0.1 $T_{\omega,r}$ = 10 $\Delta U_{\max}$ = 1.25 p.u. $\Delta U_{\min}$ = 0.65 p.u.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวควบคุมแทปหม้อแปลงคอนเวอร์เตอร์

$K_{t,r} = 1$ $T_{t,r} = 0.5$ $K_{t,i} = 1$ $T_{t,i} = 0.5$

$tap_\max = 1.16$ p.u. $tap_\min = 0.95$ p.u.

ตัวควบคุมกระแส

ค่าพารามิเตอร์ในตัวควบคุมกระแสจะมีค่าขึ้นอยู่กับ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่ากำลังไฟฟ้าในระบบ HVDC โดยแบ่งเป็น

1. เปลี่ยนแปลงค่ากำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น, ลดลง
2. เปลี่ยนแปลงค่ากำลังไฟฟ้าแบบเปลี่ยนทิศทางการไหลของกำลังไฟฟ้า

เนื่องจากทั้งสองกรณีมีการใช้งานที่ไม่เหมือนกัน ค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในตัวควบคุมกระแส จึงแตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved