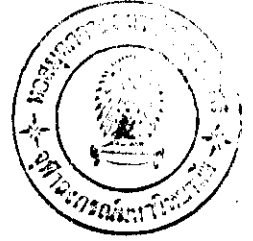


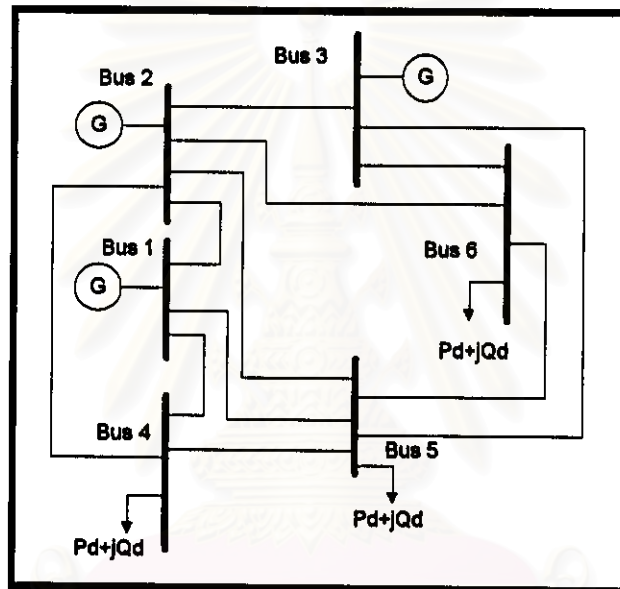
## บทที่ 5

# ผลการทดสอบและการวิเคราะห์



### 5.1 บทนำ

แนวคิดและทฤษฎีต่างๆ ที่นำเสนอในบทอื่นๆ ข้างต้น เพื่อการคำนวณอัตราและค่าใช้จ่ายในการขนส่งกำลังไฟฟ้า นั้นจะนำมาทดสอบกับระบบ 6 บัส [9] ดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 ระบบทดสอบขนาด 6 บัส

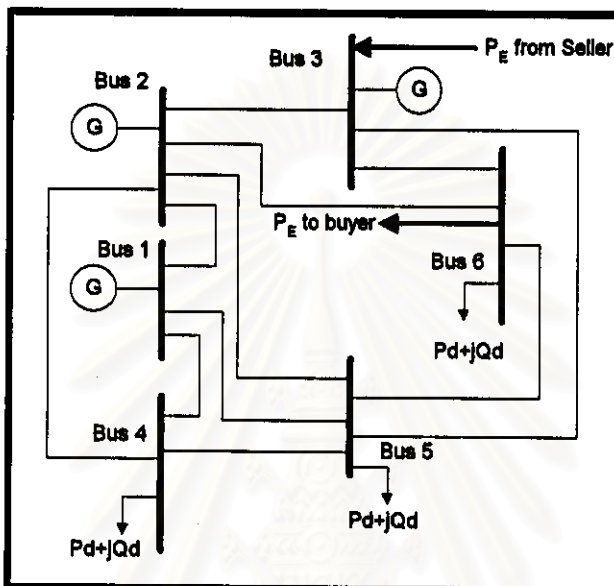
ระบบดังกล่าว สมมติให้เป็นระบบไฟฟ้าคนกลาง ซึ่งมีผู้ซื้อกำลังไฟฟ้าและผู้ขายกำลังไฟฟ้าเชื่อมต่อเข้ากับระบบไฟฟ้าคนกลาง ที่บัส 3 หรือ บัส 6 แล้วแต่กรณี สำหรับการทดสอบจะแบ่งการวิเคราะห์ ออกเป็น 3 กรณี คือ

#### 1) กรณีพื้นฐาน (base case)

กรณีนี้จะไม่ทำการขนส่งกำลังไฟฟ้าผ่านระบบไฟฟ้าคนกลาง ผลที่ได้จากการทดสอบจะเป็นผลที่แสดงถึงการจัดสรรกำลังผลิตภายในระบบของตนเองอย่างเหมาะสม

2) กรณีทำการขนส่งกำลังไฟฟ้าผ่านระบบไฟฟ้าคณกลางแบบ **forward flow**

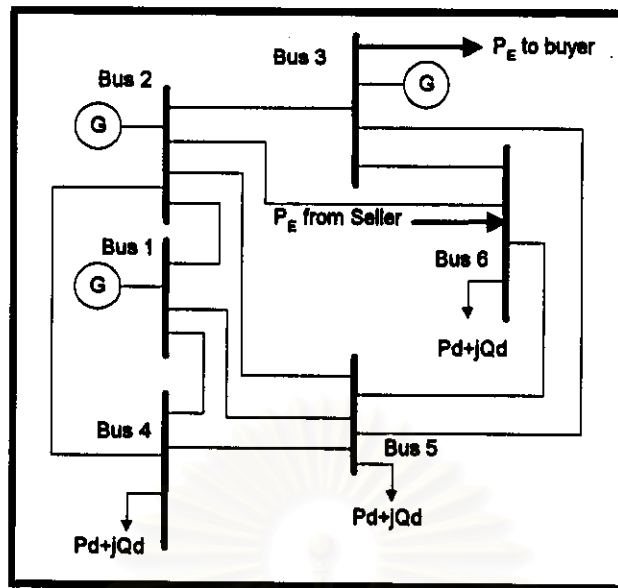
กรณีนี้จะกำหนดให้ผู้ขายกำลังไฟฟ้าส่งกำลังไฟฟ้าเข้ามายังระบบไฟฟ้าคณกลางที่บัส 3 ซึ่งเป็นบัสผลิต และผู้ซื้อกำลังไฟฟ้าดึงกำลังไฟฟ้าออกจากระบบไฟฟ้าคณกลางที่บัส 6 ซึ่งเป็นโหลดบัส ดังแสดงในรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 forward flow wheeling

3) กรณีทำการขนส่งกำลังไฟฟ้าผ่านระบบไฟฟ้าคณกลางแบบ **backward flow**

กรณีนี้จะกำหนดให้ผู้ขายกำลังไฟฟ้าส่งกำลังไฟฟ้าเข้ามายังระบบไฟฟ้าคณกลางที่บัส 6 ซึ่งเป็นโหลดบัส และผู้ซื้อกำลังไฟฟ้าดึงกำลังไฟฟ้าออกจากระบบไฟฟ้าคณกลางที่บัส 3 ซึ่งเป็นบัสผลิต ดังแสดงในรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 backward flow wheeling

ข้อมูลของระบบไฟฟ้าคนกลาง มีรายละเอียดดังนี้

จำนวนสายส่ง	=	11	เส้น
จำนวนบัส	=	6	บัส
Base MVA	=	100	MVA
Base kV	=	230	kV

ตารางที่ 5.1 : ข้อมูลสายส่ง

Line No.	From bus	To bus	R (pu)	X (pu)	$C_{\text{charge}}$ (pu)
1	1	2	0.10	0.20	0.04
2	1	4	0.05	0.20	0.04
3	1	5	0.08	0.30	0.06
4	2	3	0.05	0.25	0.06
5	2	4	0.05	0.10	0.02
6	2	5	0.10	0.30	0.04
7	2	6	0.07	0.20	0.05
8	3	5	0.12	0.26	0.05
9	3	6	0.02	0.10	0.02
10	4	5	0.20	0.40	0.08
11	5	6	0.10	0.30	0.06

ตารางที่ 5.2 : ข้อมูลบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Load	
		(pu)	(degree)	P (pu)	Q (pu)
1	Swing	1.05	0	0	0
2	Gen	1.05	-	0	0
3	Gen	1.07	-	0	0
4	Load	-	-	0.5	0.7
5	Load	-	-	0.6	0.7
6	Load	-	-	0.6	0.7

ตารางที่ 5.3 : ข้อมูลค่าพิกัดของแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		$P_o$		$Q_o$	
		$V_{min}$	$V_{max}$	$P_{Qmin}$	$P_{Qmax}$	$Q_{Qmin}$	$Q_{Qmax}$
1	Swing	0.9	1.10	0.500	2.000	-2.500	2.500
2	Gen	0.9	1.10	0.375	1.500	-2.500	2.500
3	Gen	0.9	1.10	0.460	1.800	-2.500	2.500
4	Load	0.9	1.10	-	-	-	-
5	Load	0.9	1.10	-	-	-	-
6	Load	0.9	1.10	-	-	-	-

ตารางที่ 5.4 : ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับ cost function ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่อง

Bus No.	Fuel cost (บาท/MBtu)	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
1	1	213.1	11.669	0.00533
2	1	200	10.333	0.00889
3	1	240	10.833	0.00741

เมื่อ ค่า  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันค่าใช้จ่ายในการผลิต ดังสมการที่ (3.3)

ตารางที่ 5.5 : การแปรค่าของระดับโหลดภายในระบบไฟฟ้าคนกลาง

System load (pu)	$P_d$ bus 4 (pu)	$P_d$ bus 5 (pu)	$P_d$ bus 6 (pu)
1.6	0.5	0.5	0.6
1.7	0.5	0.6	0.6
1.8	0.6	0.6	0.6
1.9	0.6	0.6	0.7
2.0	0.6	0.7	0.7
2.1	0.7	0.7	0.7
2.2	0.7	0.7	0.8

## 5.2 การทดสอบและผลการทดสอบ แบ่งได้เป็น 2 กรณีใหญ่ดังนี้

5.2.1 กรณีไม่รวมเงื่อนไขขีดจำกัดสายส่ง ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 กรณีย่อย คือ

5.2.1.1) กรณีพื้นฐาน (base case) ที่ระดับโหลดของระบบไฟฟ้าคนกลาง

ตั้งแต่ 160-220 MW ดังแสดงในตารางที่ 5.6 ถึง 5.12

5.2.1.2) กรณีทำการขนส่งกำลังไฟฟ้าแบบ forward flow ขนาด 50 MW ที่ระดับโหลดของระบบไฟฟ้าคนกลาง ตั้งแต่ 160-220 MW ดังแสดงในตารางที่ 5.13 ถึง 5.19

5.2.1.3) กรณีทำการขนส่งกำลังไฟฟ้าแบบ backward flow ขนาด 50 MW ที่ระดับโหลดของระบบไฟฟ้าคนกลาง ตั้งแต่ 160-220 MW ดังแสดงในตารางที่ 5.20 ถึง 5.26

5.2.2 กรณีรวมเงื่อนไขขีดจำกัดสายส่ง ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 กรณี คือ

5.2.2.1) กรณีพื้นฐาน (base case) ที่ระดับโหลดของระบบไฟฟ้าคนกลาง

ตั้งแต่ 160-220 MW ดังแสดงในตารางที่ 5.27 ถึง 5.33

5.2.2.2) กรณีทำการขนส่งกำลังไฟฟ้าแบบ forward flow ขนาด 50 MW ที่ระดับโหลดของระบบไฟฟ้าคนกลาง ตั้งแต่ 160-210 MW ดังแสดงในตารางที่ 5.34 ถึง 5.39

5.2.2.3) กรณีทำการขนส่งกำลังไฟฟ้าแบบ backward flow ขนาด 50 MW ที่ระดับโหลดของระบบไฟฟ้าคนกลาง ตั้งแต่ 160-220 MW ดังแสดงในตารางที่ 5.40 ถึง 5.46

สำหรับเงื่อนไขขีดจำกัดของสายส่งที่พิจารณา จะพิจารณาแต่เพียงเงื่อนไขขีดจำกัดของสายส่งเฉพาะเส้นที่ต่ออยู่ระหว่างบัส 3 และ บัส 6 เพื่อเป็นตัวอย่างเท่านั้น โดยสมมติให้มีพิกัด เท่ากับ 100 MVA หรือ เท่ากับ 1 pu ในการทดสอบแต่ละกรณีย่อยจะทำการทดสอบตั้งแต่ระดับโหลดของระบบไฟฟ้าคนกลางตั้งแต่ 160 MW จนถึงระดับ 220 MW ยกเว้นกรณีย่อยที่ 5.2.2.2 จะทำการทดสอบตั้งแต่ระดับโหลด 160 MW ถึง 210 MW เท่านั้น เพราะในกรณีนี้ ผลการทดสอบจะแสดงให้เห็นว่าตั้งแต่ระดับค่าโหลด 210 MW ขึ้นไป ระบบไม่สามารถจัดสรรกำลังการผลิตต่อไปได้ ดังจะได้กล่าวรายละเอียดในส่วนของการวิเคราะห์ผลต่อไป นอกจากนี้ในส่วนของการแปรค่าโหลด ได้อาศัยตารางที่ 5.5 เป็นหลัก และ การศึกษาการขนส่งกำลังไฟฟ้าได้ทำการทดสอบกำลังไฟฟ้าที่ทำการขนส่งขนาด 50 MW เท่านั้น ทั้งนี้เพราะการขนส่งกำลังไฟฟ้าที่ขนาดกำลังไฟฟ้าค่าอื่นจะให้ผลหรือแนวโน้มของการทดสอบในลักษณะที่คล้ายคลึงกัน

การแสดงผลการทดสอบ ในแต่ละกรณีย่อยๆ ได้แบ่งการแสดงผลการทดสอบออกเป็นตารางต่างๆ 3 ตาราง คือ

- ก) ตารางข้อมูลแต่ละบัส
- ข) ตารางข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า และ
- ค) ตารางสรุป

ซึ่งรายละเอียดของการทดสอบ แสดงได้ดังต่อไปนี้

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 5.2.1.1 กรณีพื้นฐาน เมื่อไม่รวมเงื่อนไขขีดจำกัดของสายส่ง

ตารางที่ 5.6 กรณีพื้นฐาน เมื่อไม่รวมเงื่อนไขขีดจำกัดของสายส่ง ที่ระดับโหลด 100 MW

ตารางที่ 5.6 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_G$ (pu)	$Q_G$ (pu)	$P_d$ (pu)	$Q_d$ (pu)			
1	Swing	1.05	0	0.5	0.2786	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.05	-1.113	0.6451	0.5692	0	0	11.48	0.9919	11.3869
3	Gen	1.07	-1.749	0.5059	0.864	0	0	11.5827	0.9831	11.3869
4	Load	0.9939	-1.7445	0	0	0.5	0.7	11.7676	0.9677	11.3869
5	Load	0.9916	-2.5269	0	0	0.5	0.7	11.858	0.9603	11.3869
6	Load	1.0072	-3.0706	0	0	0.6	0.7	11.803	0.9647	11.3869

ตารางที่ 5.6 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.0861	-0.064	0.1073	-0.0852	0.0216	0.0879	0.0008	0.0424
2	1	4	0.2194	0.22	0.3107	-0.2145	-0.2424	0.3237	0.0048	0.0225
3	1	5	0.1946	0.1227	0.23	-0.1901	-0.1684	0.2539	0.0045	0.0457
4	2	3	0.0319	-0.1232	0.1272	-0.0314	0.0678	0.0658	0.0004	0.0654
5	2	4	0.3278	0.4146	0.5286	-0.3148	-0.4093	0.5163	0.0131	0.0053
6	2	5	0.1387	0.1371	0.195	-0.1346	-0.1667	0.2143	0.004	0.0296
7	2	6	0.232	0.1191	0.2607	-0.2272	-0.1583	0.2769	0.0048	0.0393
8	3	5	0.1685	0.2165	0.2744	-0.1593	-0.2496	0.2961	0.0093	0.0331
9	3	6	0.3688	0.5897	0.6955	-0.3601	-0.5679	0.6724	0.0087	0.0219
10	4	5	0.0293	-0.0483	0.0564	-0.0291	-0.0302	0.0419	0.0002	0.0785
11	5	6	0.013	-0.0851	0.0861	-0.0127	0.0282	0.0291	0.0003	0.0589

ตารางที่ 5.6 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
Total generation	1.651	1.712
Load level	1.600	2.100
Power loss in wheeler system	0.051	0.388
Total production cost of wheeler system (TPC)	2520.447	บาท/h
SRMTC from bus 3 to bus 6	0.220	บาท/MWh



จากตารางที่ 5.6 เมื่อพิจารณารายละเอียดในแต่ละตารางย่อย สามารถอธิบายค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญต่างๆ ได้ดังนี้

**ตาราง 5.6 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส**

- 1) ค่า  $IC$  คือ ค่า incremental cost ที่แต่ละบัส
  - กรณีบัสผลิต คือ บัสที่ 1,2,3 สามารถคำนวณได้จาก สมการที่ (3.5)
  - กรณีโหลดบัส คือ บัสที่ 4,5,6 สามารถคำนวณได้จาก สมการที่ (4.28)
- 2) ค่า penalty factor (pf) ที่แต่ละบัส สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3.34)
- 3) ค่า  $\lambda$  (lambda) ที่แต่ละบัส สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3.33)

**ตาราง 5.6 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า**

- 1) ค่ากำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลจากบัส  $i$  ไปยัง บัส  $j$  ( $p_{ij}$ ) คำนวณได้จากสมการที่ (4.22)
- 2) ค่ากำลังไฟฟ้รีแอกทีฟที่ไหลจากบัส  $i$  ไปยัง บัส  $j$  ( $q_{ij}$ ) คำนวณได้จากสมการที่ (4.23)
- 3) ค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏที่ไหลจากบัส  $i$  ไปยัง บัส  $j$  ( $|S_{ij}|$ ) คำนวณได้จากค่าสัมบูรณ์ (absolute value) ของผลที่คำนวณได้จากสมการที่ (4.19)
- 4) ค่ากำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลจากบัส  $j$  ไปยัง บัส  $i$  ( $p_{ji}$ ) คำนวณได้เช่นเดียวกับสมการที่ (4.22)
- 5) ค่ากำลังไฟฟ้รีแอกทีฟที่ไหลจากบัส  $j$  ไปยัง บัส  $i$  ( $q_{ji}$ ) คำนวณได้เช่นเดียวกับสมการที่ (4.23)
- 6) ค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏที่ไหลจากบัส  $j$  ไปยัง บัส  $i$  ( $|S_{ji}|$ ) คำนวณได้จากค่าสัมบูรณ์ (absolute value) ของผลที่คำนวณได้จากสมการที่ (4.19)
- 7) ค่ากำลังไฟฟ้าจริงสูญเสียที่ไหลในสายส่งที่ต่อระหว่างบัส  $i$  และ บัส  $j$  ( $P_{loss}$ ) คำนวณได้จากสมการที่ (4.24)
- 8) ค่ากำลังไฟฟ้รีแอกทีฟสูญเสียที่ไหลในสายส่งที่ต่อระหว่างบัส  $i$  และ บัส  $j$  ( $Q_{loss}$ ) คำนวณได้จากสมการที่ (4.25)

**ตาราง 5.6 ค) : ตารางสรุป**

- 1) ค่า Total generation แบ่งได้เป็นกำลังไฟฟ้าจริง และ กำลังไฟฟ้รีแอกทีฟ ดังนี้

$$\text{Total generation (P)} = \sum_{i=1}^N P_{Gi}$$



$$\text{Total generation (Q)} = \sum_{i=1}^N Q_{Gi}$$

เมื่อ N คือ จำนวนบัสผลิตทั้งหมดในระบบไฟฟ้าคนกลาง

- 2) ค่า Load level คือ ค่าระดับโหลดหรือความต้องการภายในระบบไฟฟ้าคนกลาง ซึ่งมีการแปรเปลี่ยนดังในตารางที่ 5.5 และสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{Load level (P)} = \sum_{i=1}^n P_{di}$$

$$\text{Load level (Q)} = \sum_{i=1}^n Q_{di}$$

เมื่อ n คือ จำนวนบัสทั้งหมดในระบบไฟฟ้าคนกลาง

- 3) ค่า Total production cost of wheeler system (TPC) คือ ค่าใช้จ่ายในการผลิตกำลังไฟฟ้าทั้งหมดของระบบไฟฟ้าคนกลาง คำนวณได้จากสมการที่ (4.10)
- 4) ค่า Short run marginal transmission cost (SRMTC) คือ อัตราค่าใช้จ่ายในการขนส่งกำลังไฟฟ้าจากบัส 3 ไปยังบัส 6 คำนวณได้จาก  $IC_6 - IC_3$

สำหรับตารางอื่นๆ ถัดจากนี้ไปในกรณีนี้ 5.2.1.1) ก็แสดงผลได้ในลักษณะเดียวกันกับที่กล่าวมาข้าง

ต้น

ตารางที่ 5.7 กรณีพื้นฐาน เมื่อไม่รวมเงื่อนไขขีดจำกัดของสายส่ง ที่ระดับโหลด 170 MW

ตารางที่ 5.7 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_G$ (pu)	$Q_G$ (pu)	$P_D$ (pu)	$Q_D$ (pu)			
1	Swing	1.05	0	0.5	0.294	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.05	-0.9649	0.6944	0.5655	0	0	11.5676	0.9945	11.5036
3	Gen	1.07	-1.5346	0.5597	0.8623	0	0	11.6625	0.9864	11.5036
4	Load	0.9934	-1.6936	0	0	0.5	0.7	11.8771	0.9686	11.5036
5	Load	0.9888	-2.7602	0	0	0.6	0.7	12.0171	0.9573	11.5036
6	Load	1.0068	-2.9518	0	0	0.6	0.7	11.8968	0.9669	11.5036

ตารางที่ 5.7 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.0746	-0.0586	0.0948	-0.0739	0.0157	0.0766	0.0006	0.0428
2	1	4	0.2155	0.2234	0.3104	-0.2107	-0.2459	0.3238	0.0048	0.0224
3	1	5	0.2099	0.1291	0.2465	-0.2048	-0.1724	0.2677	0.0051	0.0433
4	2	3	0.0269	-0.1222	0.1251	-0.0265	0.0568	0.0626	0.0004	0.0655
5	2	4	0.3441	0.4119	0.5368	-0.3306	-0.4059	0.5235	0.0135	0.0061
6	2	5	0.1623	0.1397	0.2142	-0.1576	-0.167	0.2296	0.0048	0.0273
7	2	6	0.235	0.1204	0.264	-0.2301	-0.1593	0.2799	0.0049	0.0389
8	3	5	0.1992	0.2145	0.2927	-0.1889	-0.2451	0.3094	0.0104	0.0306
9	3	6	0.3969	0.5911	0.7065	-0.378	-0.5679	0.8822	0.009	0.0232
10	4	5	0.0413	-0.0493	0.0635	-0.041	-0.0296	0.0505	0.0004	0.0779
11	5	6	-0.0078	-0.0859	0.0863	0.0081	0.0272	0.0283	0.0003	0.0587

ตารางที่ 5.7 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
Total generation	1.754	1.722
Load level	1.700	2.100
Power loss in wheeler system	0.054	0.378
Total production cost of wheeler system (TPC)	2639.820	บาท/h
SRMTC from bus 3 to bus 6	0.234	บาท/MWh

ตารางที่ 5.8 กรณีพื้นฐาน เมื่อไม่รวมเฟืองโรตารีจังก์ชันของสายส่ง ที่ระดับโหลด 180 MW

ตารางที่ 5.8 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_G$ (pu)	$Q_G$ (pu)	$P_D$ (pu)	$Q_D$ (pu)			
1	Swing	1.06	0	0.5	0.314	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.06	-0.7989	0.7485	0.5642	0	0	11.6638	0.9979	11.6391
3	Gen	1.07	-1.15	0.6083	0.8508	0	0	11.7345	0.9919	11.639
4	Load	0.9905	-1.9027	0	0	0.6	0.7	12.065	0.9656	11.6391
5	Load	0.9884	-2.6096	0	0	0.6	0.7	12.1279	0.9697	11.6391
6	Load	1.0068	-2.6648	0	0	0.6	0.7	11.98	0.9715	11.6391

ตารางที่ 5.8 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.0617	-0.0624	0.0809	-0.0613	0.0091	0.0619	0.0004	0.0432
2	1	4	0.2367	0.234	0.3328	-0.2311	-0.2536	0.3431	0.0066	0.0196
3	1	5	0.2018	0.1324	0.2412	-0.1967	-0.1763	0.2941	0.0049	0.0439
4	2	3	0.0103	-0.1191	0.1195	-0.01	0.0533	0.0543	0.0003	0.0657
5	2	4	0.4109	0.4101	0.5805	-0.3952	-0.3995	0.5619	0.0157	0.0106
6	2	5	0.1636	0.1408	0.2159	-0.1588	-0.1679	0.2311	0.0048	0.0271
7	2	6	0.2249	0.1232	0.2564	-0.2202	-0.1628	0.2739	0.0047	0.0396
8	3	5	0.2137	0.21	0.2996	-0.203	-0.2397	0.3141	0.0108	0.0297
9	3	6	0.4046	0.5875	0.7133	-0.3955	-0.5634	0.6884	0.0091	0.024
10	4	5	0.0264	-0.0469	0.0538	-0.0282	-0.0311	0.0407	0.0002	0.078
11	5	6	-0.0154	-0.085	0.0863	0.0157	0.0263	0.0306	0.0003	0.0587

ตารางที่ 5.8 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
Total generation	1.857	1.729
Load level	1.800	2.100
Power loss in wheeler system	0.057	0.371
Total production cost of wheeler system (TPC)	2759.477	บาท/ห
SRMTC from bus 3 to bus 6	0.248	บาท/MWh

ตารางที่ 5.9 กรณีพื้นฐาน เมื่อไม่รวมเฟืองโซ่ติดจำกัดของสายส่ง ที่ระดับโหลด 190 MW

ตารางที่ 5.9 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_g$ (pu)	$Q_g$ (pu)	$P_d$ (pu)	$Q_d$ (pu)			
1	Swing	1.06	0	0.5	0.3168	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.06	-0.7672	0.7917	0.5617	0	0	11.7406	0.9984	11.722
3	Gen	1.07	-1.1483	0.6676	0.8603	0	0	11.8224	0.9915	11.722
4	Load	0.9904	-1.892	0	0	0.6	0.7	12.1386	0.9657	11.722
5	Load	0.9879	-2.6611	0	0	0.6	0.7	12.2226	0.969	11.722
6	Load	1.0051	-2.9642	0	0	0.7	0.7	12.1034	0.9686	11.722

ตารางที่ 5.9 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.0692	-0.0612	0.0783	-0.0689	0.0079	0.0694	0.0004	0.0433
2	1	4	0.2368	0.2346	0.3328	-0.2303	-0.2542	0.343	0.0066	0.0196
3	1	5	0.2049	0.1334	0.2445	-0.1999	-0.1768	0.2668	0.0051	0.0434
4	2	3	0.0126	-0.1195	0.1202	-0.0123	0.0538	0.0652	0.0003	0.0657
5	2	4	0.4143	0.4093	0.5824	-0.3985	-0.3986	0.5636	0.0158	0.0108
6	2	5	0.1686	0.141	0.2198	-0.1636	-0.1676	0.2342	0.006	0.0266
7	2	6	0.255	0.123	0.2831	-0.2494	-0.1599	0.2962	0.0066	0.0369
8	3	5	0.2176	0.2103	0.3026	-0.2066	-0.2396	0.3164	0.0109	0.0293
9	3	6	0.4623	0.5963	0.7545	-0.4521	-0.5669	0.7251	0.0102	0.0294
10	4	5	0.0289	-0.0472	0.0553	-0.0287	-0.0307	0.042	0.0002	0.0779
11	5	6	-0.0012	-0.0854	0.0854	0.0015	0.0268	0.0268	0.0003	0.0586

ตารางที่ 5.9 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
Total generation	1.959	1.739
Load level	1.900	2.100
Power loss in wheeler system	0.059	0.361
Total production cost of wheeler system (TPC)	2879.893	บาท/ก
SRMTC from bus 3 to bus 6	0.281	บาท/MWh

ตารางที่ 5.10 กรณีที่ฐาน เมื่อไม่รวมเงื่อนไขขีดจำกัดของสายส่ง ที่ระดับโหลด 200 MW

ตารางที่ 5.10 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_G$ (pu)	$Q_G$ (pu)	$P_d$ (pu)	$Q_d$ (pu)			
1	Swing	1.05	0	0.5	0.3327	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.05	-0.6176	0.8415	0.5588	0	0	11.8293	1.001	11.8415
3	Gen	1.07	-0.9323	0.7218	0.8597	0	0	11.9027	0.9949	11.8414
4	Load	0.9899	-1.8405	0	0	0.6	0.7	12.251	0.9666	11.8415
5	Load	0.985	-2.8963	0	0	0.7	0.7	12.3867	0.956	11.8415
6	Load	1.0046	-2.8442	0	0	0.7	0.7	12.1987	0.9707	11.8415

ตารางที่ 5.10 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.0477	-0.0456	0.0659	-0.0474	0.002	0.0474	0.0003	0.0436
2	1	4	0.232	0.2382	0.3325	-0.2265	-0.2578	0.3431	0.0055	0.0196
3	1	5	0.2204	0.1401	0.2611	-0.2147	-0.1809	0.2807	0.0057	0.0408
4	2	3	0.0076	-0.1185	0.1188	-0.0073	0.0528	0.0533	0.0003	0.0658
5	2	4	0.4308	0.407	0.5927	-0.4145	-0.3951	0.5726	0.0163	0.0119
6	2	5	0.1924	0.144	0.2404	-0.1866	-0.1679	0.251	0.0059	0.0239
7	2	6	0.2581	0.1244	0.2865	-0.2524	-0.1609	0.2993	0.0057	0.0365
8	3	5	0.2485	0.2089	0.3246	-0.2361	-0.2349	0.3331	0.0124	0.026
9	3	6	0.4805	0.5981	0.7672	-0.47	-0.567	0.7365	0.0105	0.0311
10	4	5	0.0409	-0.0471	0.0624	-0.0406	-0.0302	0.0506	0.0004	0.0773
11	5	6	-0.022	-0.0862	0.0889	0.0224	0.0279	0.0358	0.0004	0.0582

ตารางที่ 5.10 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
Total generation	2.063	1.761
Load level	2.000	2.100
Power loss in wheeler system	0.063	0.349
Total production cost of wheeler system (TPC)	3002.937	บาท/ห
SRMTC from bus 3 to bus 6	0.298	บาท/MWh

ตารางที่ 5.11 กรณีสถานการณ์ เมื่อไม่รวมเงื่อนไขข้อจำกัดของสายส่ง ที่ระดับโหลด 210 MW

ตารางที่ 5.11 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_G$ (pu)	$Q_G$ (pu)	$P_d$ (pu)	$Q_d$ (pu)			
1	Swing	1.05	0	0.5	0.3533	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.05	-0.4499	0.8963	0.5588	0	0	11.9285	1.0045	11.9804
3	Gen	1.07	-0.5449	0.7708	0.8488	0	0	11.9753	1.0004	11.9806
4	Load	0.9869	-2.0512	0	0	0.7	0.7	12.4348	0.9636	11.9805
5	Load	0.9845	-2.7446	0	0	0.7	0.7	12.5004	0.9584	11.9805
6	Load	1.0047	-2.5549	0	0	0.7	0.7	12.2831	0.9754	11.9805

ตารางที่ 5.11 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.0347	-0.0392	0.0524	-0.0346	-0.0046	0.0349	0.0001	0.0438
2	1	4	0.2532	0.249	0.3552	-0.247	-0.2656	0.3627	0.0062	0.0166
3	1	5	0.2121	0.1435	0.256	-0.2066	-0.1949	0.2772	0.0055	0.0414
4	2	3	-0.009	-0.1153	0.1156	0.0093	0.0494	0.0503	0.0003	0.0659
5	2	4	0.4981	0.4061	0.6427	-0.479	-0.3886	0.6168	0.0191	0.0175
6	2	5	0.1937	0.1453	0.2422	-0.1878	-0.1689	0.2526	0.0059	0.0236
7	2	6	0.2479	0.1273	0.2787	-0.2425	-0.1646	0.2931	0.0054	0.0373
8	3	5	0.2832	0.2046	0.3334	-0.2602	-0.2294	0.3395	0.013	0.0248
9	3	6	0.4983	0.5947	0.7759	-0.4876	-0.5625	0.7444	0.0108	0.0322
10	4	5	0.026	-0.0458	0.0527	-0.0258	-0.0316	0.0408	0.0001	0.0774
11	5	6	-0.0296	-0.0852	0.0902	0.03	0.0271	0.0405	0.0004	0.0581

ตารางที่ 5.11 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
Total generation	2.187	1.761
Load level	2.100	2.100
Power loss in wheeler system	0.087	0.339
Total production cost of wheeler system (TPC)	3126.362 บาท/ก	
SRMTC from bus 3 to bus 6	0.308 บาท/MWh	



ตารางที่ 5.12 กรณีพื้นฐาน เมื่อไม่รวมเงื่อนไขขีดจำกัดของสายส่ง ที่ระดับโหลด 220 MW

ตารางที่ 5.12 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_G$ (pu)	$Q_G$ (pu)	$P_d$ (pu)	$Q_d$ (pu)			
1	Swing	1.05	0	0.5	0.3561	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.05	-0.418	0.9396	0.5567	0	0	12.0037	1.0051	12.0645
3	Gen	1.07	-0.5429	0.8303	0.8593	0	0	12.0635	1.0001	12.0645
4	Load	0.9868	-2.0404	0	0	0.7	0.7	12.5196	0.9636	12.0645
5	Load	0.984	-2.7964	0	0	0.7	0.7	12.5967	0.9578	12.0645
6	Load	1.0029	-2.8554	0	0	0.8	0.7	12.4085	0.9723	12.0645

ตารางที่ 5.12 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.0322	-0.038	0.0498	-0.0321	-0.0058	0.0326	0.0001	0.0439
2	1	4	0.2524	0.2497	0.355	-0.2462	-0.2663	0.3626	0.0062	0.0166
3	1	5	0.2154	0.1444	0.2593	-0.2097	-0.1854	0.2799	0.0057	0.0409
4	2	3	-0.0067	-0.1157	0.1159	0.007	0.0499	0.0503	0.0003	0.0659
5	2	4	0.5016	0.4054	0.645	-0.4823	-0.3877	0.6188	0.0193	0.0178
6	2	5	0.1988	0.1455	0.2463	-0.1926	-0.1685	0.256	0.0081	0.023
7	2	6	0.2781	0.1273	0.3059	-0.2717	-0.1617	0.3161	0.0064	0.0343
8	3	5	0.2671	0.205	0.3367	-0.2539	-0.2292	0.342	0.0132	0.0242
9	3	6	0.5562	0.6044	0.8214	-0.5441	-0.5658	0.785	0.012	0.0386
10	4	5	0.0285	-0.0461	0.0542	-0.0283	-0.0313	0.0422	0.0002	0.0773
11	5	6	-0.0155	-0.0856	0.087	0.0158	0.0275	0.0317	0.0004	0.0582

ตารางที่ 5.12 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
Total generation	2.270	1.772
Load level	2.200	2.100
Power loss in wheeler system	0.070	0.328
Total production cost of wheeler system (TPC)	3249.819 บาท/ห	
SRMTC from bus 3 to bus 6	0.345 บาท/MWh	



### วิเคราะห์ผลการทดสอบ กรณี 5.2.1.1

จากตารางที่ 5.6 ถึงตารางที่ 5.12 พบว่าผลที่ได้จากการคำนวณ ขณะที่ยังไม่มีการขนส่งกำลังไฟฟ้าผ่านระบบไฟฟ้าคนกลางนั้น ผลที่ได้ก็คือการจัดสรรกำลังผลิตภายในระบบไฟฟ้าคนกลางอย่างเหมาะสมนั่นเอง นอกจากนั้นเมื่อพิจารณา

- ค่า  $\lambda$  ที่แต่ละระดับค่าโหลด พบว่าค่า  $\lambda$  ที่ได้มีค่าเท่ากันที่ทุกบัส ยกเว้นที่บัสอ้างอิงจะมีค่ามากกว่าที่บัสอื่น ทั้งนี้เพราะที่บัสอ้างอิงกำลังผลิตที่ผลิตมีค่าเท่ากับ  $P_{G,min}$  คือ 50 MW ดังแสดงในตารางที่ 5.3 ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไขสมการที่ (3.36)

- ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียทั้งหมดภายในระบบ (Power loss in wheeler system) สำหรับกรณีนี้และกรณีถัดๆ ไปทุกกรณีจะพิจารณาแต่ค่ากำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียเท่านั้น พบว่า เมื่อระบบไฟฟ้าคนกลางมีค่าระดับโหลดเพิ่มขึ้น (Load level) ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียทั้งหมดภายในระบบมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย

- ค่า SRMTC คือ ค่าใช้จ่ายในการขนส่งกำลังไฟฟ้าจากบัส 3 ไปยังบัส 6 ค่าที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อระดับโหลดภายในระบบไฟฟ้าคนกลางเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อระดับโหลดเพิ่มขึ้น กำลังไฟฟ้าที่ต้องขนส่งระหว่างบัสผลิตและโหลดบัสต่างๆ ก็มีค่าเพิ่มขึ้นทำให้เกิดกำลังสูญเสียมากขึ้น ดังนั้น เมื่อยกตัวอย่างค่า SRMTC ระหว่างสายส่งเส้นที่ 3-6 ขึ้นมาพิจารณา ก็จะสังเกตพบว่า ค่าดังกล่าวก็มีค่ามากขึ้นด้วยเช่นกัน

## 5.2.1.2 กรณีการทำ forward flow เมื่อไม่รวมเงื่อนไขโซ่ติดจำกัดของสายส่ง

ตารางที่ 5.13 กรณีการทำ forward flow เมื่อไม่รวมเงื่อนไขโซ่ติดจำกัดของสายส่ง ที่ระดับโหลด 160 MW

ตารางที่ 5.13 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_G$ (pu)	$Q_G$ (pu)	$P_D$ (pu)	$Q_D$ (pu)			
1	Swing	1.05	0	0.5	0.2896	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.05	-1.1074	0.6739	0.61	0	0	11.5311	0.9926	11.4456
3	Gen	1.07	-0.8279	0.4912	0.8694	0	0	11.5609	0.99	11.4455
4	Load	0.9935	-1.7394	0	0	0.5	0.7	11.8255	0.9679	11.4456
5	Load	0.9891	-2.5023	0	0	0.5	0.7	11.9319	0.9592	11.4456
6	Load	0.9986	-4.0533	0	0	0.6	0.7	11.9837	0.9551	11.4456

ตารางที่ 5.13 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.0856	-0.0638	0.1068	-0.0848	0.0214	0.0875	0.0008	0.0425
2	1	4	0.2193	0.222	0.3121	-0.2145	-0.2443	0.325	0.0049	0.0223
3	1	5	0.195	0.1315	0.2352	-0.1903	-0.1762	0.2593	0.0047	0.0447
4	2	3	-0.0372	-0.1096	0.1157	0.0375	0.0438	0.0577	0.0003	0.0658
5	2	4	0.3295	0.4178	0.5321	-0.3162	-0.4122	0.5195	0.0133	0.0056
6	2	5	0.1401	0.1455	0.202	-0.1358	-0.1742	0.2208	0.0043	0.0286
7	2	6	0.3263	0.1348	0.353	-0.3178	-0.1632	0.3673	0.0084	0.0284
8	3	5	0.2254	0.2021	0.3028	-0.2145	-0.2316	0.3157	0.0109	0.0294
9	3	6	0.7282	0.6234	0.9586	-0.7119	-0.5633	0.9078	0.0163	0.0601
10	4	5	0.0307	-0.0435	0.0533	-0.0305	-0.0347	0.0462	0.0002	0.0782
11	5	6	0.0711	-0.0834	0.1096	-0.0703	0.0266	0.0751	0.0008	0.0568

ตารางที่ 5.13 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
Total generation	1.685	1.769
Load level	1.600	2.100
Power loss in wheeler system	0.085	0.331
Total production cost of wheeler system (TPC)	2536.477	บาท/ห
Wheeling rate	0.423	บาท/MWh
Wheeling cost	21.145	บาท/ห
Change in total production cost of wheeler system	16.030	บาท/ห

จากตารางที่ 5.13 เป็นการแสดงผลในกรณีการทำ forward flow ขนาด 50 MW ระหว่างบัส 3 กับ บัส 6 เมื่อไม่รวมเงื่อนไขขีดจำกัดของสายส่ง ที่ระดับโหลด 160 MW ซึ่งตารางที่ใช้ในการแสดงผล ตาราง 5.13 ก) และ ตาราง 5.13 ข) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับกรณีพื้นฐานเมื่อไม่รวมเงื่อนไขขีดจำกัดสายส่ง ในกรณี 5.2.1.1 แต่สำหรับตาราง 5.13 ค) มีข้อพิจารณาที่แตกต่างกันบางส่วน ดังนี้

**ตาราง 5.13 ค) : ตารางสรุป**

- 1) ค่า wheeling rate คือ อัตราค่าขนส่งกำลังไฟฟ้าโดยผ่านระบบไฟฟ้าคนกลาง สามารถคำนวณได้จาก สมการที่ (4.6)
- 2) ค่า wheeling cost คือ ค่าใช้จ่ายในการขนส่งกำลังไฟฟ้าโดยผ่านระบบไฟฟ้าคนกลาง สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (4.7)
- 3) ค่า Changed in total production cost of wheeler system ( $\Delta TPC$ ) คือ การเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายของระบบไฟฟ้าคนกลาง เมื่อมีการขนส่งกำลังไฟฟ้าเปรียบเทียบกับเมื่อไม่มีการขนส่งกำลังไฟฟ้าผ่านระบบของตน สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (4.1)

สำหรับตารางอื่นๆ ถัดจากนี้ไปในกรณีนี้ 5.2.1.2) ก็แสดงผลได้ในลักษณะเดียวกันกับที่กล่าวมาข้างต้น

ตารางที่ 5.14 กรณีการทำ forward flow เมื่อไม่รวมเงินโซลิตจังก์ของสายส่ง ที่ระดับโหลด 170 MW

ตารางที่ 5.14 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_G$ (pu)	$Q_G$ (pu)	$P_d$ (pu)	$Q_d$ (pu)			
1	Swing	1.05	0	0.5	0.3051	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.05	-0.9586	0.7236	0.6065	0	0	11.6196	0.9952	11.5633
3	Gen	1.07	-0.6133	0.5451	0.8692	0	0	11.6408	0.9933	11.5633
4	Load	0.993	-1.6881	0	0	0.5	0.7	11.936	0.9688	11.5633
5	Load	0.9862	-2.7372	0	0	0.6	0.7	12.093	0.9562	11.5633
6	Load	0.9982	-3.9353	0	0	0.6	0.7	12.0797	0.9673	11.5633

ตารางที่ 5.14 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.0741	-0.0583	0.0943	-0.0735	0.0155	0.0751	0.0006	0.0429
2	1	4	0.2155	0.2255	0.3119	-0.2106	-0.2477	0.3251	0.0049	0.0222
3	1	5	0.2104	0.138	0.2516	-0.2051	-0.1802	0.273	0.0053	0.0422
4	2	3	-0.0422	-0.1086	0.1165	0.0425	0.0428	0.0504	0.0003	0.0657
5	2	4	0.3459	0.4152	0.5404	-0.3322	-0.4087	0.5267	0.0137	0.0064
6	2	5	0.1639	0.1482	0.221	-0.1588	-0.1745	0.236	0.0051	0.0263
7	2	6	0.3295	0.1362	0.3565	-0.3209	-0.1642	0.3604	0.0086	0.0279
8	3	5	0.2562	0.2007	0.3255	-0.2438	-0.2268	0.333	0.0124	0.0261
9	3	6	0.7463	0.6257	0.9739	-0.7295	-0.563	0.9215	0.0168	0.0627
10	4	5	0.0428	-0.0435	0.061	-0.0424	-0.0341	0.0544	0.0004	0.0776
11	5	6	0.0502	-0.0845	0.0983	-0.0496	0.0271	0.0565	0.0006	0.0573

ตารางที่ 5.14 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
Total generation	1.769	1.781
Load level	1.700	2.100
Power loss in wheeler system	0.069	0.319
Total production cost of wheeler system (TPC)	2658.599	บาท/ก
Wheeling rate	0.439	บาท/MWh
Wheeling cost	21.945	บาท/ก
Change in total production cost of wheeler system	16.779	บาท/ก

ตารางที่ 5.15 กรณีการทำ forward flow เมื่อไม่รวมเงื่อนไขขีดจำกัดของสายส่ง ที่ระดับโหลด 180 MW

ตารางที่ 5.15 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_G$ (pu)	$Q_G$ (pu)	$P_d$ (pu)	$Q_d$ (pu)			
1	Swing	1.05	0	0.5	0.3252	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.05	-0.7921	0.7779	0.6054	0	0	11.7162	0.9986	11.6998
3	Gen	1.07	-0.2296	0.5937	0.859	0	0	11.7129	0.9989	11.6998
4	Load	0.9901	-1.8973	0	0	0.6	0.7	12.1151	0.9657	11.6998
5	Load	0.9858	-2.5867	0	0	0.6	0.7	12.2048	0.9586	11.6998
6	Load	0.9982	-3.6481	0	0	0.6	0.7	12.1645	0.9618	11.6998

ตารางที่ 5.15 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.0612	-0.0521	0.0804	-0.0608	0.0089	0.0614	0.0004	0.0433
2	1	4	0.2366	0.236	0.3342	-0.2311	-0.2554	0.3444	0.0056	0.0194
3	1	5	0.2022	0.1413	0.2467	-0.197	-0.1841	0.2697	0.0052	0.0428
4	2	3	-0.0586	-0.1051	0.1204	0.059	0.0397	0.0711	0.0004	0.0655
5	2	4	0.4127	0.4133	0.5841	-0.3968	-0.4024	0.5651	0.0159	0.011
6	2	5	0.1652	0.1494	0.2227	-0.16	-0.1754	0.2375	0.0051	0.0261
7	2	6	0.3194	0.139	0.3484	-0.3112	-0.1679	0.3536	0.0082	0.0289
8	3	5	0.2708	0.1965	0.3346	-0.2578	-0.2212	0.3397	0.013	0.0248
9	3	6	0.7639	0.6229	0.9857	-0.7467	-0.5582	0.9323	0.0172	0.0647
10	4	5	0.0279	-0.0422	0.0506	-0.0277	-0.0356	0.0451	0.0002	0.0778
11	5	6	0.0426	-0.0837	0.0939	-0.0421	0.0261	0.0495	0.0005	0.0576

ตารางที่ 5.15 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
Total generation	1.872	1.79
Load level	1.800	2.100
Power loss in wheeler system	0.072	0.310
Total production cost of wheeler system (TPC)	2776.852	บาท/ห
Wheeling rate	0.452	บาท/MWh
Wheeling cost	22.576	บาท/ห
Chang in total production cost of wheeler system	17.376	บาท/ห

ตารางที่ 5.16 กรณีการทำ forward flow เมื่อไม่รวมเงื่อนไขขีดจำกัดของสายส่ง ที่ระดับโหลด 100 MW

ตารางที่ 5.16 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_G$ (pu)	$Q_G$ (pu)	$P_D$ (pu)	$Q_D$ (pu)			
1	Swing	1.05	0	0.5	0.3283	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.05	-0.7599	0.8219	0.6045	0	0	11.7944	0.9991	11.7843
3	Gen	1.07	-0.2267	0.6538	0.8727	0	0	11.8019	0.9985	11.7843
4	Load	0.99	-1.8863	0	0	0.6	0.7	12.2004	0.9659	11.7843
5	Load	0.9852	-2.6384	0	0	0.6	0.7	12.3017	0.9579	11.7843
6	Load	0.9963	-3.9534	0	0	0.7	0.7	12.2928	0.9586	11.7843

ตารางที่ 5.16 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.0587	-0.0509	0.0777	-0.0583	0.0076	0.0588	0.0004	0.0433
2	1	4	0.2358	0.2367	0.3341	-0.2302	-0.2561	0.3444	0.0056	0.0194
3	1	5	0.2055	0.1425	0.2501	-0.2002	-0.1848	0.2725	0.0053	0.0423
4	2	3	-0.0563	-0.1056	0.1197	0.0567	0.0401	0.0695	0.0004	0.0655
5	2	4	0.4162	0.4127	0.5861	-0.4002	-0.4015	0.5669	0.016	0.0112
6	2	5	0.1703	0.1497	0.2268	-0.165	-0.1753	0.2407	0.0053	0.0255
7	2	6	0.3501	0.1401	0.3771	-0.3405	-0.1652	0.3785	0.0096	0.025
8	3	5	0.2748	0.197	0.3381	-0.2615	-0.2212	0.3425	0.0132	0.0242
9	3	6	0.8223	0.6356	1.0393	-0.8032	-0.5613	0.9799	0.0191	0.0742
10	4	5	0.0304	-0.0424	0.0522	-0.0302	-0.0353	0.0465	0.0002	0.0777
11	5	6	0.057	-0.0835	0.1011	-0.0563	0.0265	0.0623	0.0006	0.057

ตารางที่ 5.16 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
Total generation	1.976	1.805
Load level	1.900	2.100
Power loss in wheeler system	0.076	0.295
Total production cost of wheeler system (TPC)	2899.137	บาท/ก
Wheeling rate	0.491	บาท/MWh
Wheeling cost	24.55	บาท/ก
Change in total production cost of wheeler system	19.244	บาท/ก



ตารางที่ 5.17 กรณีการทำ forward flow เมื่อไม่รวมเงินโซลิดจังก์ของสายส่ง ที่ระดับโหลด 200 MW

ตารางที่ 5.17 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_G$ (pu)	$Q_G$ (pu)	$P_d$ (pu)	$Q_d$ (pu)			
1	Swing	1.05	0	0.5	0.3443	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.05	-0.6095	0.8722	0.6019	0	0	11.8838	1.0018	11.905
3	Gen	1.07	-0.0101	0.7081	0.8736	0	0	11.8824	1.0019	11.905
4	Load	0.9895	-1.8346	0	0	0.8	0.7	12.3138	0.9668	11.905
5	Load	0.9823	-2.8752	0	0	0.7	0.7	12.4679	0.9548	11.905
6	Load	0.9958	-3.8343	0	0	0.7	0.7	12.3905	0.9608	11.905

ตารางที่ 5.17 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.047	-0.0453	0.0653	-0.0468	0.0017	0.0468	0.0002	0.0436
2	1	4	0.2319	0.2403	0.3339	-0.2263	-0.2597	0.3445	0.0056	0.0194
3	1	5	0.2211	0.1492	0.2687	-0.2151	-0.1889	0.2863	0.006	0.0397
4	2	3	-0.0613	-0.1046	0.1212	0.0617	0.0392	0.0731	0.0004	0.0654
5	2	4	0.4328	0.4103	0.5964	-0.4162	-0.398	0.5759	0.0165	0.0123
6	2	5	0.1942	0.1528	0.2471	-0.188	-0.1756	0.2572	0.0062	0.0228
7	2	6	0.3533	0.1417	0.3807	-0.3436	-0.1662	0.3817	0.0097	0.0245
8	3	5	0.3058	0.1962	0.3633	-0.2907	-0.2162	0.3623	0.0151	0.02
9	3	6	0.8406	0.6383	1.0555	-0.8209	-0.5611	0.9943	0.0197	0.0772
10	4	5	0.0426	-0.0423	0.06	-0.0422	-0.0347	0.0547	0.0004	0.077
11	5	6	0.036	-0.0846	0.092	-0.0356	0.0273	0.0448	0.0005	0.0573

ตารางที่ 5.17 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
Total generation	2.08	1.82
Load level	2.000	2.100
Power loss in wheeler system	0.080	0.280
Total production cost of wheeler system (TPC)	3022.983 บาท/ห	
Wheeling rate	0.508 บาท/MWh	
Wheeling cost	25.405 บาท/ห	
Change in total production cost of wheeler system	20.048 บาท/ห	



ตารางที่ 5.18 กรณิการทำ forward flow เมื่อไม่รวมเฟืองโรตารีจํากัดของสายส่ง ที่ระดับโหลด 210 MW

ตารางที่ 5.18 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_G$ (pu)	$Q_G$ (pu)	$P_D$ (pu)	$Q_D$ (pu)			
1	Swing	1.05	0	0.5	0.3649	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.05	-0.4413	0.9273	0.602	0	0	11.9818	1.0053	12.045
3	Gen	1.07	0.377	0.767	0.8641	0	0	11.9549	1.0076	12.045
4	Load	0.9865	-2.0452	0	0	0.7	0.7	12.4989	0.9637	12.045
5	Load	0.9818	-2.7237	0	0	0.7	0.7	12.5827	0.9573	12.045
6	Load	0.9958	-3.545	0	0	0.7	0.7	12.4765	0.9654	12.045

ตารางที่ 5.18 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.034	-0.0389	0.0517	-0.0339	-0.0049	0.0343	0.0001	0.0438
2	1	4	0.2531	0.2512	0.3566	-0.2469	-0.2675	0.364	0.0063	0.0163
3	1	5	0.2128	0.1526	0.2619	-0.207	-0.1929	0.283	0.0058	0.0403
4	2	3	-0.0778	-0.1011	0.1275	0.0783	0.0361	0.0862	0.0005	0.065
5	2	4	0.5002	0.4094	0.6464	-0.4808	-0.3915	0.62	0.0194	0.018
6	2	5	0.1966	0.1541	0.249	-0.1893	-0.1766	0.2588	0.0063	0.0225
7	2	6	0.3433	0.1445	0.3725	-0.3339	-0.1701	0.3747	0.0094	0.0256
8	3	5	0.3205	0.1922	0.3737	-0.3046	-0.2105	0.3703	0.0159	0.0183
9	3	6	0.8582	0.6358	1.0681	-0.8381	-0.5562	1.0058	0.0202	0.0796
10	4	5	0.0276	-0.041	0.0494	-0.0275	-0.0362	0.0454	0.0002	0.0772
11	5	6	0.0284	-0.0838	0.0885	-0.028	0.0263	0.0384	0.0004	0.0575

ตารางที่ 5.18 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
Total generation	2.1843	1.831
Load level	2.1	2.1
Power loss in wheeler system	0.0843	0.269
Total production cost of wheeler system (TPC)	3147.043	บาท/ห
Wheeling rate	0.5218	บาท/MWh
Wheeling cost	28.08	บาท/ห
Chang in total production cost of wheeler system	20.6806	บาท/ห

ตารางที่ 5.19 กรณีการทำ forward flow เมื่อไม่รวมเงื่อนไขขีดจำกัดของสายส่ง ที่ระดับโหลด 220 MW

ตารางที่ 5.19 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_G$ (pu)	$Q_G$ (pu)	$P_d$ (pu)	$Q_d$ (pu)			
1	Swing	1.05	0	0.5	0.3681	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.05	-0.4089	0.9715	0.6016	0	0	12.0603	1.0058	12.1307
3	Gen	1.07	0.3797	0.8173	0.8788	0	0	12.0442	1.0072	12.1307
4	Load	0.9864	-2.0341	0	0	0.7	0.7	12.5854	0.9639	12.1307
5	Load	0.9813	-2.7757	0	0	0.7	0.7	12.6813	0.9566	12.1307
6	Load	0.9938	-3.8516	0	0	0.8	0.7	12.6072	0.9622	12.1307

ตารางที่ 5.19 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.0315	-0.0377	0.0491	-0.0314	-0.0062	0.032	0.0001	0.0439
2	1	4	0.2523	0.2519	0.3665	-0.246	-0.2683	0.364	0.0063	0.0163
3	1	5	0.2162	0.1539	0.2653	-0.2102	-0.1936	0.2858	0.0059	0.0397
4	2	3	-0.0755	-0.1015	0.1266	0.076	0.0365	0.0843	0.0005	0.0651
5	2	4	0.5037	0.4089	0.6487	-0.4942	-0.3906	0.6221	0.0195	0.0182
6	2	5	0.2007	0.1545	0.2533	-0.1942	-0.1764	0.2624	0.0065	0.0219
7	2	6	0.374	0.1459	0.4015	-0.3632	-0.1674	0.3999	0.0108	0.0214
8	3	5	0.3245	0.1929	0.3776	-0.3083	-0.2105	0.3733	0.0162	0.0176
9	3	6	0.9168	0.6494	1.1235	-0.8944	-0.5592	1.0549	0.0223	0.0902
10	4	5	0.0302	-0.0411	0.051	-0.03	-0.0359	0.0468	0.0002	0.0771
11	5	6	0.0428	-0.0836	0.0939	-0.0423	0.0266	0.05	0.0005	0.057

ตารางที่ 5.19 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
Total generation	2.289	1.849
Load level	2.200	2.100
Power loss in wheeler system	0.089	0.252
Total production cost of wheeler system (TPC)	3272.480	บาท/ห
Wheeling rate	0.583	บาท/MWh
Wheeling cost	28.15	บาท/ห
Chang in total production cost of wheeler system	22.641	บาท/ห

### วิเคราะห์ผลการทดสอบ กรณี 5.2.1.2

จากตารางที่ 5.13 ถึงตารางที่ 5.19 พบว่า ผลที่ได้จากการคำนวณ กรณีการทำ forward flow ขนาด 50 MW เมื่อไม่รวมขีดจำกัดสายส่ง ที่ระดับโหลดตั้งแต่ 160 MW ถึง 220 MW สามารถวิเคราะห์ที่ได้อดต่อไปนี้ คือ

ค่าการไหลของขนาดกำลังไฟฟ้าปรากฏจากบัส 3 ไปยังบัส 6 พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้น อย่างต่อเนื่องตั้งแต่มีค่าเท่ากับ 0.9586 pu ที่ระดับโหลด 160 MW จนกระทั่งมากกว่า 1 pu ที่ระดับโหลด 190 MW เนื่องจากกรณีนี้ยังมิได้พิจารณา เงื่อนไขขีดจำกัดของสายส่ง ดังนั้นขนาดกำลังไฟฟ้าปรากฏว่าระหว่างบัส 3 กับบัส 6 จึงสามารถมากกว่า 1 pu

ค่ากำลังสูญเสียทั้งหมดภายในระบบ พบว่าเมื่อระดับโหลดของระบบไฟฟ้าคนกลางมีค่าเพิ่มขึ้นกำลังสูญเสียทั้งหมดภายในระบบก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย นอกจากนี้เมื่อนำค่ากำลังสูญเสียทั้งหมดภายในระบบ ที่คำนวณได้ไปเปรียบเทียบกับกรณีพื้นฐานที่ระดับค่าโหลดเดียวกัน จะพบว่าค่ากำลังสูญเสียทั้งหมดภายในระบบ ในกรณีที่มีการทำ forward flow จะมีค่ามากกว่า ทั้งนี้เนื่องมาจากทิศทางการขนส่งกำลังไฟฟ้าจากบัส 3 ไปยังบัส 6 มีทิศทางเดียวกับการขนส่งกำลังไฟฟ้าเดิมอยู่แล้ว กำลังไฟฟ้าที่ขนส่งเพิ่มเข้ามาอีกที่บัส 3 เพื่อไปยังบัส 6 จึงเป็นการเพิ่มการไหลของกำลังไฟฟ้าในสายส่งแต่ละเส้นให้เพิ่มขึ้นซึ่งสังเกตได้จากค่าขนาดของ  $p_{ij}$  และ  $p_{ji}$  ดังแสดงในตาราง ข) สำหรับแต่ละกรณี ดังนั้นกำลังสูญเสียในสายส่งแต่ละเส้นจึงมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย เป็นผลให้กำลังสูญเสียรวมภายในระบบมีค่าเพิ่มขึ้นนั่นเอง

เนื่องจากผลของการขนส่งกำลังไฟฟ้าผ่านระบบไฟฟ้าคนกลางในทิศทาง forward flow เป็นการขนส่งกำลังไฟฟ้าในทิศทางเดียวกันกับการขนส่งกำลังไฟฟ้าเดิมของระบบ และมีผลให้กำลังสูญเสียภายในระบบไฟฟ้าคนกลางมีค่าเพิ่มมากขึ้นดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จากนั้นเมื่อพิจารณาค่า  $\lambda$  ที่แต่ละบัส ค่ากำลังไฟฟ้าจริงที่ผลิตทั้งหมด (Total generation) และ ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตทั้งหมดของระบบไฟฟ้าคนกลาง (TPC) ก็มีค่าเพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีพื้นฐานที่ระดับโหลดค่าเดียวกัน ทั้งนี้การเพิ่มขึ้นของค่าดังกล่าวทั้งหมด ล้วนเป็นผลอันเนื่องมาจากการจัดสรรกำลังผลิตเพิ่มขึ้นเพื่อชดเชย (compensate) กับกำลังสูญเสียที่เพิ่มขึ้น อันเนื่องมาจากการขนส่งกำลังไฟฟ้าผ่านระบบไฟฟ้าของตนนั่นเอง แต่ทั้งนี้การจัดสรรกำลังการผลิตในกรณีนี้ยังเป็นไปตามหลักการเท่ากันของแลมดาอยู่ โดยที่กำลังผลิตที่บัสที่หนึ่ง ยังคงดำเนินการผลิตอยู่ที่ค่าต่ำสุดของเครื่องดังกล่าว

ลำดับถัดมาเมื่อพิจารณา ค่า wheeling rate ซึ่งในกรณีนี้สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการเดียวกันกับการหาค่า SRMTC จะพบว่า ค่าดังกล่าว แสดงถึงการตอบสนองของค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในการขนส่งกำลังไฟฟ้าต่อการเปลี่ยนแปลงกำลังสูญเสียภายในระบบ อันเป็นผลสืบเนื่องจากการยินยอมให้มีการขนส่งกำลัง

ไฟฟ้าผ่านระบบของตน เมื่อนำค่า wheeling rate มาคำนวณหาค่า wheeling cost ตามสมการที่ (4.7) ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่เรียกเก็บจากคู่สัญญาซื้อขายกำลังไฟฟ้า พบว่าจะมีค่าสูงกว่าการเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นภายในระบบ ทั้งนี้ย่อมแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในทางเศรษฐศาสตร์ที่จะให้มีการดำเนินการขนส่งกำลังไฟฟ้าโดยผ่านระบบไฟฟ้าคนกลาง



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 5.2.1.3 กรณีการทำ backward flow เมื่อไม่รวมเงื่อนไขขีดจำกัดของสายส่ง

ตารางที่ 5.20 กรณีการทำ backward flow เมื่อไม่รวมเงื่อนไขขีดจำกัดของสายส่ง ที่ระดับโหลด 160 MW

ตารางที่ 5.20 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_G$ (pu)	$Q_G$ (pu)	$P_d$ (pu)	$Q_d$ (pu)			
1	Swing	1.05	0	0.5	0.2693	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.05	-1.1161	0.6201	0.537	0	0	11.4355	0.9913	11.3354
3	Gen	1.07	-2.6648	0.5253	0.8838	0	0	11.6115	0.9762	11.3355
4	Load	0.9942	-1.7484	0	0	0.5	0.7	11.7169	0.9674	11.3355
5	Load	0.9938	-2.5508	0	0	0.5	0.7	11.7933	0.9612	11.3355
6	Load	1.0147	-2.1098	0	0	0.6	0.7	11.6394	0.9739	11.3355

ตารางที่ 5.20 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.0863	-0.0642	0.1076	-0.0855	0.0217	0.0882	0.0008	0.0424
2	1	4	0.2193	0.2183	0.3094	-0.2145	-0.2409	0.3228	0.0048	0.0226
3	1	5	0.1943	0.1152	0.2259	-0.19	-0.1616	0.2494	0.0043	0.0464
4	2	3	0.1009	-0.1356	0.1691	-0.1	0.0729	0.1238	0.0009	0.0627
5	2	4	0.3266	0.4118	0.5256	-0.3137	-0.4068	0.5137	0.0129	0.005
6	2	5	0.1377	0.1298	0.1892	-0.1339	-0.1601	0.2087	0.0038	0.0304
7	2	6	0.1403	0.1093	0.1779	-0.1379	-0.1557	0.2079	0.0024	0.0463
8	3	5	0.1126	0.2329	0.2587	-0.1041	-0.2678	0.2873	0.0085	0.0349
9	3	6	0.0127	0.578	0.5781	-0.0067	-0.5694	0.5694	0.0061	0.0086
10	4	5	0.0282	-0.0523	0.0595	-0.028	-0.0263	0.0384	0.0002	0.0787
11	5	6	-0.044	-0.0841	0.0949	0.0445	0.0251	0.0511	0.0005	0.059

ตารางที่ 5.20 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
Total generation	1.645	1.890
Load level	1.600	2.100
Power loss in wheeler system	0.045	0.410
Total production cost of wheeler system (TPC)	2514.278 บาท/ห	
Wheeling rate	-0.028 บาท/MWh	
Wheeling cost	-1.395 บาท/ห	
Change in total production cost of wheeler system	-6.171 บาท/ห	

จากตารางที่ 5.20 เป็นการแสดงผลในกรณีการทำ backward flow เมื่อไม่รวมเงื่อนไขขีดจำกัดสายส่ง ที่ระดับโหลด 160 MW ซึ่งตารางที่ใช้ในการแสดงผล ตาราง 5.20 ก) และ ตาราง 5.20 ข) มีรายละเอียดเช่นเดียวกับหัวข้อ 5.2.1.1 กรณีพื้นฐานเมื่อไม่รวมเงื่อนไขขีดจำกัดสายส่ง และ หัวข้อ 5.2.1.2 กรณีการทำ forward flow เมื่อไม่รวมเงื่อนไขขีดจำกัดสายส่ง

สำหรับตาราง 5.20 ค) มีรายละเอียดคล้ายกับกรณีการทำ forward flow แต่มีเพียงบางส่วนที่แตกต่างกันดังนี้ คือ

#### ตาราง 5.20 ค) : ตารางสรุป

- 1) ค่า wheeling rate คือ อัตราค่าขนส่งกำลังไฟฟ้าโดยผ่านระบบไฟฟ้าคนกลาง สามารถคำนวณได้จาก สมการที่ (4.6) เช่นกัน แต่ในที่นี้ บัส S คือ บัสที่ 6 และ บัส B คือ บัสที่ 3
- 2) ค่า Changed in total production cost of wheeler system ( $\Delta TPC$ ) คือ การเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายของระบบไฟฟ้าคนกลาง เมื่อมีการขนส่งกำลังไฟฟ้าเปรียบเทียบกับเมื่อไม่มีการขนส่งกำลังไฟฟ้าผ่านระบบของตน สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (4.1) แต่ในกรณีนี้  $TPC_{wh}$  คือ  $TPC$  เมื่อมีการทำ backward flow ผ่านระบบไฟฟ้าคนกลาง

สำหรับตารางอื่นๆ ถัดจากนี้ไปในกรณี 5.2.1.3) ก็แสดงผลได้ในลักษณะเดียวกันกับที่กล่าวมาข้างต้น



ตารางที่ 5.21 กรณีการทำ backward flow เมื่อไม่รวมเงื่อนไขขีดจำกัดของสายส่ง ที่ระดับโหลด 170 MW

ตารางที่ 5.21 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_G$ (pu)	$Q_G$ (pu)	$P_d$ (pu)	$Q_d$ (pu)			
1	Swing	1.05	0	0.5	0.2846	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.05	-0.9687	0.669	0.5331	0	0	11.5224	0.9938	11.4511
3	Gen	1.07	-2.4505	0.579	0.8807	0	0	11.6911	0.9795	11.4512
4	Load	0.9937	-1.6977	0	0	0.5	0.7	11.8255	0.9683	11.4511
5	Load	0.991	-2.7827	0	0	0.6	0.7	11.9507	0.9582	11.4511
6	Load	1.0143	-1.9901	0	0	0.6	0.7	11.7312	0.9761	11.4511

ตารางที่ 5.21 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.0749	-0.0587	0.0951	-0.0742	0.0159	0.0759	0.0006	0.0428
2	1	4	0.2155	0.2217	0.3092	-0.2107	-0.2443	0.3226	0.0048	0.0226
3	1	5	0.2096	0.1215	0.2423	-0.2047	-0.1656	0.2633	0.0049	0.0441
4	2	3	0.0959	-0.1347	0.1654	-0.095	0.0718	0.119	0.0009	0.063
5	2	4	0.3428	0.4091	0.5337	-0.3295	-0.4033	0.5208	0.0133	0.0058
6	2	5	0.1613	0.1324	0.2086	-0.1568	-0.1605	0.2243	0.0045	0.0281
7	2	6	0.1432	0.1105	0.1809	-0.1407	-0.1566	0.2105	0.0025	0.0461
8	3	5	0.1432	0.2304	0.2713	-0.134	-0.2637	0.2958	0.0092	0.0333
9	3	6	0.0308	0.5786	0.5794	-0.0247	-0.5698	0.5703	0.0061	0.0088
10	4	5	0.0402	-0.0524	0.066	-0.0398	-0.0257	0.0474	0.0004	0.0781
11	5	6	-0.0647	-0.0845	0.1065	0.0654	0.0264	0.0706	0.0007	0.0581

ตารางที่ 5.21 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
Total generation	1.748	1.698
Load level	1.700	2.100
Power loss in wheeler system	0.048	0.402
Total production cost of wheeler system (TPC)	2632.894	บาท/ห
Wheeling rate	-0.040	บาท/MWh
Wheeling cost	-2.005	บาท/ห
Chang in total production cost of wheeler system	-6.828	บาท/ห



ตารางที่ 5.22 กรณีการทำ backward flow เมื่อไม่รวมเงินโซลิตจังก์ชันของสายส่ง ที่ระดับโหลด 180 MW

ตารางที่ 5.22 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_g$ (pu)	$Q_g$ (pu)	$P_d$ (pu)	$Q_d$ (pu)			
1	Swing	1.05	0	0.5	0.3045	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.05	-0.8032	0.7227	0.5316	0	0	11.618	0.9972	11.5857
3	Gen	1.07	-2.0656	0.6276	0.8678	0	0	11.7631	0.9849	11.5857
4	Load	0.9909	-1.9069	0	0	0.6	0.7	12.0023	0.9653	11.5857
5	Load	0.9906	-2.6319	0	0	0.6	0.7	12.0606	0.9606	11.5857
6	Load	1.0144	-1.7034	0	0	0.6	0.7	11.8129	0.9808	11.5857

ตารางที่ 5.22 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.062	-0.0525	0.0813	-0.0616	0.0093	0.0623	0.0004	0.0432
2	1	4	0.2367	0.2322	0.3315	-0.2312	-0.252	0.342	0.0055	0.0198
3	1	5	0.2013	0.1248	0.2369	-0.1966	-0.1695	0.2596	0.0047	0.0447
4	2	3	0.0793	-0.1318	0.1538	-0.0785	0.0681	0.1039	0.0007	0.0638
5	2	4	0.4095	0.4072	0.5775	-0.394	-0.397	0.5593	0.0155	0.0102
6	2	5	0.1625	0.1335	0.2103	-0.1579	-0.1614	0.2268	0.0046	0.0279
7	2	6	0.133	0.1135	0.1749	-0.1307	-0.16	0.2065	0.0024	0.0465
8	3	5	0.1576	0.2256	0.2752	-0.1482	-0.2584	0.2979	0.0094	0.0328
9	3	6	0.0485	0.5741	0.5762	-0.0425	-0.5657	0.5673	0.006	0.0084
10	4	5	0.0262	-0.051	0.0569	-0.025	-0.0272	0.0369	0.0002	0.0782
11	5	6	-0.0723	-0.0835	0.1104	0.0731	0.0257	0.0775	0.0008	0.0578

ตารางที่ 5.22 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
Total generation	1.850	1.704
Load level	1.800	2.100
Power loss in wheeler system	0.050	0.398
Total production cost of wheeler system (TPC)	2752.130	บาท/ห
Wheeling rate	-0.050	บาท/MWh
Wheeling cost	-2.495	บาท/ห
Change in total production cost of wheeler system	-7.347	บาท/ห

ตารางที่ 5.23 กรณีการทำ backward flow เมื่อไม่รวมเงื่อนไขขีดจำกัดของสายส่ง ที่ระดับโหลด 190 MW

ตารางที่ 5.23 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_G$ (pu)	$Q_G$ (pu)	$P_d$ (pu)	$Q_d$ (pu)			
1	Swing	1.05	0	0.5	0.307	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.05	-0.772	0.7652	0.5276	0	0	11.6935	0.9977	11.6671
3	Gen	1.07	-2.0642	0.6862	0.8733	0	0	11.8499	0.9846	11.6672
4	Load	0.9908	-1.8964	0	0	0.6	0.7	12.0845	0.9655	11.6672
5	Load	0.9902	-2.6833	0	0	0.6	0.7	12.1533	0.96	11.6672
6	Load	1.0128	-1.998	0	0	0.7	0.7	11.9321	0.9778	11.6672

ตารางที่ 5.23 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.0596	-0.0514	0.0787	-0.0592	0.0081	0.0598	0.0004	0.0433
2	1	4	0.2358	0.2328	0.3314	-0.2304	-0.2526	0.3419	0.0055	0.0198
3	1	5	0.2045	0.1255	0.24	-0.1997	-0.1698	0.2621	0.0049	0.0443
4	2	3	0.0815	-0.1322	0.1553	-0.0808	0.0686	0.1059	0.0007	0.0637
5	2	4	0.4129	0.4064	0.5794	-0.3972	-0.396	0.5609	0.0156	0.0104
6	2	5	0.1874	0.1334	0.2141	-0.1627	-0.1609	0.2288	0.0047	0.0275
7	2	6	0.1626	0.1119	0.1974	-0.1597	-0.1568	0.2238	0.0029	0.0449
8	3	5	0.1614	0.2256	0.2774	-0.1519	-0.2581	0.2995	0.0095	0.0325
9	3	6	0.1066	0.5792	0.5887	-0.0993	-0.5695	0.578	0.0063	0.0097
10	4	5	0.0276	-0.0514	0.0583	-0.0274	-0.0267	0.0383	0.0002	0.0781
11	5	6	-0.0583	-0.0845	0.1026	0.059	0.0262	0.0646	0.0007	0.0582

ตารางที่ 5.23 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
Total generation	1.951	1.708
Load level	1.900	2.100
Power loss in wheeler system	0.051	0.392
Total production cost of wheeler system (TPC)	2870.854	บาท/ห
Wheeling rate	-0.082	บาท/MWh
Wheeling cost	-4.105	บาท/ห
Chang in total production cost of wheeler system	-9.039	บาท/ห

ตารางที่ 5.24 กรณีการทำ backward flow เมื่อไม่รวมเฟืองโซ่ติดจังก์ชันของสายส่ง ที่ระดับโวลต์ 200 MW

ตารางที่ 5.24 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_G$ (pu)	$Q_G$ (pu)	$P_L$ (pu)	$Q_L$ (pu)			
1	Swing	1.05	0	0.5	0.3227	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.05	-0.8231	0.8146	0.5245	0	0	11.7814	1.0003	11.7856
3	Gen	1.07	-1.9482	0.7403	0.8713	0	0	11.9301	0.9879	11.7856
4	Load	0.9903	-1.9452	0	0	0.6	0.7	12.1959	0.9664	11.7856
5	Load	0.9873	-2.917	0	0	0.7	0.7	12.3156	0.957	11.7856
6	Load	1.0124	-1.8771	0	0	0.7	0.7	12.0253	0.9801	11.7856

ตารางที่ 5.24 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.0481	-0.0458	0.0664	-0.0478	0.0022	0.0479	0.0003	0.0436
2	1	4	0.232	0.2363	0.3312	-0.2265	-0.2561	0.3419	0.0055	0.0198
3	1	5	0.2199	0.1322	0.2566	-0.2144	-0.1739	0.2761	0.0055	0.0417
4	2	3	0.0764	-0.1313	0.152	-0.0757	0.0674	0.1014	0.0007	0.0639
5	2	4	0.4293	0.4041	0.5895	-0.4131	-0.3925	0.5699	0.0162	0.0115
6	2	5	0.1911	0.1364	0.2348	-0.1855	-0.1612	0.2458	0.0056	0.0248
7	2	6	0.1656	0.1132	0.2006	-0.1626	-0.1578	0.2266	0.003	0.0446
8	3	5	0.1922	0.2237	0.2949	-0.1817	-0.2538	0.3121	0.0105	0.0301
9	3	6	0.1238	0.5802	0.5933	-0.1174	-0.57	0.5819	0.0064	0.0102
10	4	5	0.0397	-0.0513	0.0649	-0.0393	-0.0282	0.0472	0.0004	0.0775
11	5	6	-0.079	-0.0849	0.116	0.08	0.0278	0.0847	0.001	0.0571

ตารางที่ 5.24 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
<b>Total generation</b>	<b>2.055</b>	<b>1.719</b>
<b>Load level</b>	<b>2.000</b>	<b>2.100</b>
<b>Power loss in wheeler system</b>	<b>0.055</b>	<b>0.381</b>
<b>Total production cost of wheeler system (TPC)</b>	<b>2993.196</b>	<b>บาท/ห</b>
<b>Wheeling rate</b>	<b>-0.095</b>	<b>บาท/MWh</b>
<b>Wheeling cost</b>	<b>-4.76</b>	<b>บาท/ห</b>
<b>Chang in total production cost of wheeler system</b>	<b>-9.741</b>	<b>บาท/ห</b>

ตารางที่ 5.25 กรณีการทำ backward flow เมื่อไม่รวมเฟืองโซ่บังคับของสายส่ง ที่ระดับโหลด 210 MW

ตารางที่ 5.25 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_g$ (pu)	$Q_g$ (pu)	$P_d$ (pu)	$Q_d$ (pu)			
1	Swing	1.06	0	0.5	0.3433	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.06	-0.4559	0.8691	0.5243	0	0	11.8782	1.0038	11.9236
3	Gen	1.07	-1.4609	0.7892	0.869	0	0	12.0025	0.9934	11.9237
4	Load	0.9873	-2.0558	0	0	0.7	0.7	12.3785	0.9633	11.9236
5	Load	0.9869	-2.7652	0	0	0.7	0.7	12.4283	0.9594	11.9236
6	Load	1.0125	-1.5882	0	0	0.7	0.7	12.1082	0.9848	11.9236

ตารางที่ 5.25 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.0352	-0.0395	0.0528	-0.035	-0.0044	0.0353	0.0001	0.0438
2	1	4	0.2533	0.2472	0.3539	-0.2471	-0.2639	0.3615	0.0062	0.0168
3	1	5	0.2116	0.1355	0.2513	-0.2063	-0.1779	0.2724	0.0053	0.0424
4	2	3	0.0598	-0.1283	0.1416	-0.0592	0.0638	0.087	0.0006	0.0646
5	2	4	0.4965	0.4032	0.6396	-0.4776	-0.386	0.6141	0.019	0.0172
6	2	5	0.1924	0.1376	0.2366	-0.1867	-0.1622	0.2473	0.0057	0.0245
7	2	6	0.1554	0.1162	0.194	-0.1525	-0.1613	0.222	0.0028	0.0451
8	3	5	0.2068	0.2192	0.3013	-0.1959	-0.2485	0.3164	0.0109	0.0293
9	3	6	0.1416	0.576	0.5932	-0.1352	-0.5658	0.5818	0.0064	0.0102
10	4	5	0.0246	-0.05	0.0558	-0.0245	-0.0276	0.0369	0.0001	0.0776
11	5	6	-0.0866	-0.0838	0.1206	0.0877	0.0271	0.0818	0.0011	0.0567

ตารางที่ 5.25 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
Total generation	2.158	1.727
Load level	2.100	2.100
Power loss in wheeler system	0.058	0.373
Total production cost of wheeler system (TPC)	3116.066	บาท/ห
Wheeling rate	-0.106	บาท/MWh
Wheeling cost	-5.28	บาท/ห
Change in total production cost of wheeler system	-10.297	บาท/ห

ตารางที่ 5.26 กรณีการทำ backward flow เมื่อไม่รวมเฟืองโรตารีจำกัดของสายส่ง ที่ระดับโวลต์ 220 MW

ตารางที่ 5.26 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_o$ (pu)	$Q_o$ (pu)	$P_d$ (pu)	$Q_d$ (pu)			
1	Swing	1.06	0	0.5	0.3468	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.06	-0.4245	0.9117	0.5207	0	0	11.954	1.0044	12.006
3	Gen	1.07	-1.4591	0.848	0.8655	0	0	12.0897	0.9931	12.0061
4	Load	0.9872	-2.0453	0	0	0.7	0.7	12.4618	0.9634	12.0061
5	Load	0.9864	-2.8169	0	0	0.7	0.7	12.5225	0.9588	12.0061
6	Load	1.0109	-1.8837	0	0	0.8	0.7	12.2291	0.9818	12.0061

ตารางที่ 5.26 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.0327	-0.0383	0.0504	-0.0326	-0.0056	0.0331	0.0001	0.0439
2	1	4	0.2524	0.2478	0.3537	-0.2462	-0.2646	0.3614	0.0062	0.0168
3	1	5	0.2148	0.1363	0.2544	-0.2094	-0.1782	0.275	0.0054	0.0419
4	2	3	0.062	-0.1287	0.1429	-0.0614	0.0643	0.0889	0.0006	0.0645
5	2	4	0.4999	0.4025	0.6418	-0.4808	-0.3851	0.616	0.0191	0.0174
6	2	5	0.1974	0.1377	0.2406	-0.1915	-0.1616	0.2506	0.0058	0.024
7	2	6	0.185	0.1149	0.2178	-0.1816	-0.1581	0.2408	0.0035	0.0432
8	3	5	0.2106	0.2192	0.304	-0.1995	-0.2482	0.3184	0.0111	0.0289
9	3	6	0.1988	0.582	0.615	-0.192	-0.5694	0.6009	0.0068	0.0125
10	4	5	0.0271	-0.0504	0.0572	-0.0269	-0.0272	0.0382	0.0002	0.0776
11	5	6	-0.0727	-0.0848	0.1117	0.0735	0.0276	0.0785	0.0009	0.0573

ตารางที่ 5.26 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
Total generation	2.260	1.732
Load level	2.200	2.100
Power loss in wheeler system	0.060	0.368
Total production cost of wheeler system (TPC)	3237,750 บาท/ห	
Wheeling rate	-0.139 บาท/MWh	
Wheeling cost	-6.97 บาท/ห	
Chang in total production cost of wheeler system	-12.069 บาท/ห	



### วิเคราะห์ผลการทดสอบ กรณี 5.2.1.3

จากตารางที่ 5.20 ถึงตารางที่ 5.26 แสดงผลที่ได้จากการคำนวณ กรณีการทำ backward flow ขนาด 50 MW เมื่อไม่รวมขีดจำกัดสายส่ง ที่ระดับโหลดตั้งแต่ 160 MW ถึง 220 MW พบว่า

ค่ากำลังสูญเสียทั้งหมดภายในระบบ พบว่าเมื่อระดับโหลดของระบบไฟฟ้าคนกลางมีค่าเพิ่มขึ้นกำลังสูญเสียทั้งหมดภายในระบบจะมีค่าเพิ่มขึ้น แต่มีค่าเพิ่มขึ้นน้อยกว่าในกรณีพื้นฐานที่ระดับโหลดเดียวกัน ที่เป็นดังนี้เพราะ ทิศทางการขนส่งกำลังไฟฟ้าจากบัส 6 ไปยังบัส 3 มีทิศทางย้อนกลับกับการขนส่งกำลังไฟฟ้าเดิม โดยเฉพาะสายส่งเส้นที่ 3-6 ซึ่งสังเกตได้จากค่าขนาดของ  $p_{36}$  และ  $p_{63}$  ตาราง ข) ซึ่งสามารถอธิบายการลดลงของกำลังสูญเสียที่เกิดขึ้นได้ว่า เนื่องจากบัส 6 เป็นโหลดบัส เมื่อมีการขนส่งกำลังไฟฟ้าจากภายนอกเข้ามา กำลังไฟฟ้าที่ส่งเข้ามาจะทำให้หน้าที่ย่อยโหลดให้แก่โหลดของบัสที่ 6 ก่อน ดังนั้นกำลังไฟฟ้าจากเดิมที่ต้องส่งมาจากบัสผลิตที่ระยะไกลๆ จึงมีความจำเป็นและขนาดของกำลังไฟฟ้าที่จะต้องส่งมาลดลง เมื่อพิจารณาที่บัส 3 ซึ่งเป็นบัสผลิต และมีการต่อเชื่อมกับบัสของผู้ซื้อกำลังไฟฟ้า เนื่องจากความจำเป็นที่จะต้องส่งกำลังไฟฟ้าไปยังบัสอื่นที่ระยะไกลๆ โดยเฉพาะบัสที่ 6 ลดลง ขณะเดียวกันผู้ซื้อกำลังไฟฟ้าที่ต่อเข้ามายังบัสที่ 3 ก็เปรียบเสมือนโหลดของบัสที่ 3 ไปในตัว ดังนั้นบัส 3 จึงทำหน้าที่จ่ายโหลดที่บัสของตนเองก่อน ซึ่งผลของการกระทำดังกล่าวช่วยให้กำลังสูญเสียภายในระบบมีค่าลดตามไปด้วย

เนื่องจากผลของการขนส่งกำลังไฟฟ้าผ่านระบบไฟฟ้าคนกลางในทิศทาง backward flow มีผลให้กำลังสูญเสียภายในระบบไฟฟ้าคนกลางมีค่าลดลงดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ดังนั้นเมื่อพิจารณาค่า  $\lambda$  ที่แต่ละบัส ค่ากำลังไฟฟ้าจริงที่ผลิตทั้งหมด (Total generation) และ ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตทั้งหมดของระบบไฟฟ้าคนกลาง (TPC) ก็จะมีค่าลดลงด้วยเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีพื้นฐานที่ระดับโหลดค่าเดียวกัน

นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาค่า wheeling rate พบว่า มีค่าติดลบ เมื่อนำมาคำนวณค่า wheeling cost ก็ทำให้ค่าที่คำนวณได้ติดลบด้วยเช่นกัน และ เมื่อพิจารณาความหมายของค่า wheeling cost ที่เป็นลบ สามารถอธิบายได้ว่า เป็นการจ่ายเงินให้กับคู่สัญญาซื้อขายกำลังไฟฟ้าที่ผ่านระบบของตน ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นภายในระบบ ซึ่งมีค่าเป็นลบด้วยเช่นกัน แสดงว่าค่าใช้จ่ายรวมภายในระบบไฟฟ้าคนกลางมีค่าลดลง ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าขนาด (absolute value) ของ wheeling cost กับค่าขนาดของการเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นภายในระบบ พบว่าค่าขนาด wheeling cost มีค่าขนาดต่ำกว่าค่าขนาดของการเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในระบบ ดังนั้นเงินที่จะจ่ายเงินให้แก่คู่สัญญาซื้อขายกำลังไฟฟ้าผ่านระบบของตนจึงมีค่าน้อยกว่า ค่าใช้จ่ายที่ลดลงภายในระบบของตนเอง ซึ่งจะพบว่าเป็นการสมเหตุสมผลในทางเศรษฐศาสตร์ที่จะให้มีการขนส่งกำลังไฟฟ้าผ่านระบบไฟฟ้าของตนเช่นกัน

ลำดับถัดจากนี้จะเป็นการแสดงผลกรณีรวมเงื่อนไขชนิดจำกัดสายส่ง ซึ่งตารางที่ใช้ในการแสดงผลจะมีลักษณะคล้ายกันกับกรณีที่ไม่รวมเงื่อนไขชนิดจำกัดสายส่งทุกประการเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีต่อกรณี ดังนี้คือ

- กรณีพื้นฐาน เมื่อไม่รวมเงื่อนไขชนิดจำกัดสายส่งกับเมื่อรวมเงื่อนไขชนิดจำกัดสายส่ง
- กรณีทำ forward flow เมื่อไม่รวมเงื่อนไขชนิดจำกัดสายส่งกับเมื่อรวมเงื่อนไขชนิดจำกัดสายส่ง และ
- กรณีทำ backward flow เมื่อไม่รวมเงื่อนไขชนิดจำกัดสายส่งกับเมื่อรวมเงื่อนไขชนิดจำกัดสายส่ง

ดังนั้นในการวิเคราะห์ผลจึงจะข้ามขั้นตอนในการอธิบายความหมายและที่มาของค่าต่างๆ ในแต่ละตารางในแต่ละกรณีไป แต่จะได้วิเคราะห์ผลสำหรับ กรณีพื้นฐาน กรณีทำ forward flow และ กรณีทำ backward flow เมื่อรวมเงื่อนไขชนิดจำกัดสายส่งเป็นกรณีๆ ไป เพื่อให้เกิดความเข้าใจอย่างต่อเนื่องก่อนที่จะได้มีการสรุปพร้อมทั้งหมดอีกครั้งหนึ่ง



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## 5.2.2.1 กรณีพื้นฐาน เมื่อรวมเงื่อนไขขีดจำกัดของสายส่ง

ตารางที่ 5.27 กรณีพื้นฐาน เมื่อรวมเงื่อนไขขีดจำกัดของสายส่ง ที่ระดับโหลด 160 MW

ตารางที่ 5.27 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_G$ (pu)	$Q_G$ (pu)	$P_d$ (pu)	$Q_d$ (pu)			
1	Swing	1.05	0	0.5	0.2786	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.05	-1.113	0.6451	0.5692	0	0	11.48	0.9919	11.3869
3	Gen	1.07	-1.749	0.5059	0.864	0	0	11.5827	0.9831	11.3869
4	Load	0.9939	-1.7445	0	0	0.5	0.7	11.7676	0.9677	11.3869
5	Load	0.9916	-2.6269	0	0	0.5	0.7	11.858	0.9603	11.3869
6	Load	1.0072	-3.0706	0	0	0.6	0.7	11.803	0.9647	11.3869

ตารางที่ 5.27 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.0861	-0.064	0.1073	-0.0852	0.0216	0.0879	0.0008	0.0424
2	1	4	0.2194	0.22	0.3107	-0.2145	-0.2424	0.3237	0.0048	0.0226
3	1	6	0.1946	0.1227	0.23	-0.1901	-0.1684	0.2539	0.0045	0.0457
4	2	3	0.0319	-0.1232	0.1272	-0.0314	0.0678	0.0658	0.0004	0.0654
5	2	4	0.3278	0.4146	0.5286	-0.3148	-0.4093	0.5163	0.0131	0.0063
6	2	5	0.1387	0.1371	0.196	-0.1346	-0.1667	0.2143	0.004	0.0296
7	2	6	0.232	0.1191	0.2607	-0.2272	-0.1583	0.2769	0.0048	0.0393
8	3	6	0.1686	0.2166	0.2744	-0.1593	-0.2496	0.2961	0.0093	0.0331
9	3	6	0.3688	0.5897	0.6955	-0.3601	-0.5679	0.6724	0.0087	0.0219
10	4	5	0.0293	-0.0483	0.0664	-0.0291	-0.0302	0.0419	0.0002	0.0766
11	5	6	0.013	-0.0851	0.0861	-0.0127	0.0262	0.0291	0.0003	0.0589

ตารางที่ 5.27 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
Total generation	1.851	1.712
Load level	1.500	2.100
Power loss in wheeler system	0.051	0.388
Total production cost of wheeler system (TPC)	2520.447	บาท/ห
SRMTC from bus 3 to bus 6	0.220	บาท/MWh

ตารางที่ 5.28 กรณีพื้นฐาน เมื่อรวมเฟืองโซ่บังคับของสายส่ง ที่ระดับโหลด 170 MW

ตารางที่ 5.28 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC ( $\mu\text{W/MWh}$ )	penalty factor	$\lambda$ ( $\mu\text{W/MWh}$ )
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_G$ (pu)	$Q_G$ (pu)	$P_d$ (pu)	$Q_d$ (pu)			
1	Swing	1.05	0	0.5	0.294	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.05	-0.9649	0.6944	0.5655	0	0	11.5676	0.9945	11.5036
3	Gen	1.07	-1.5346	0.5597	0.8623	0	0	11.6625	0.9864	11.5036
4	Load	0.9934	-1.6936	0	0	0.5	0.7	11.8771	0.9686	11.5036
5	Load	0.9888	-2.7602	0	0	0.6	0.7	12.0171	0.9573	11.5036
6	Load	1.0068	-2.9518	0	0	0.6	0.7	11.8968	0.9689	11.5036

ตารางที่ 5.28 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.0746	-0.0586	0.0948	-0.0739	0.0157	0.0756	0.0006	0.0428
2	1	4	0.2155	0.2234	0.3104	-0.2107	-0.2459	0.3238	0.0048	0.0224
3	1	5	0.2099	0.1291	0.2465	-0.2049	-0.1724	0.2877	0.0061	0.0433
4	2	3	0.0269	-0.1222	0.1251	-0.0265	0.0568	0.0626	0.0004	0.0656
5	2	4	0.3441	0.4119	0.5368	-0.3306	-0.4059	0.5235	0.0135	0.0061
6	2	5	0.1623	0.1397	0.2142	-0.1576	-0.167	0.2296	0.0048	0.0273
7	2	6	0.235	0.1204	0.264	-0.2301	-0.1593	0.2799	0.0049	0.0389
8	3	5	0.1992	0.2145	0.2927	-0.1889	-0.2451	0.3094	0.0104	0.0306
9	3	6	0.3969	0.5911	0.7065	-0.378	-0.5679	0.6822	0.009	0.0232
10	4	5	0.0413	-0.0483	0.0635	-0.041	-0.0296	0.0505	0.0004	0.0779
11	5	6	-0.0078	-0.0959	0.0863	0.0081	0.0272	0.0283	0.0003	0.0587

ตารางที่ 5.28 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
Total generation	1.754	1.722
Load level	1.700	2.100
Power loss in wheeler system	0.054	0.378
Total production cost of wheeler system (TPC)	2839.820 บาท/h	
SRMTC from bus 3 to bus 6	0.234 บาท/MWh	

ตารางที่ 5.29 การมีพื้นฐาน เมื่อรวมเงื่อนไขขีดจำกัดของสายส่ง ที่ระดับโหลด 180 MW

ตารางที่ 5.29 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_g$ (pu)	$Q_g$ (pu)	$P_d$ (pu)	$Q_d$ (pu)			
1	Swing	1.05	0	0.5	0.314	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.05	-0.7989	0.7485	0.5642	0	0	11.6638	0.9979	11.6391
3	Gen	1.07	-1.15	0.6083	0.8508	0	0	11.7345	0.9919	11.639
4	Load	0.9905	-1.9027	0	0	0.6	0.7	12.056	0.9655	11.6391
5	Load	0.9884	-2.6096	0	0	0.6	0.7	12.1279	0.9597	11.6391
6	Load	1.0068	-2.6648	0	0	0.6	0.7	11.98	0.9715	11.6391

ตารางที่ 5.29 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.0617	-0.0524	0.0809	-0.0613	0.0091	0.0619	0.0004	0.0432
2	1	4	0.2367	0.234	0.3328	-0.2311	-0.2536	0.3431	0.0055	0.0196
3	1	5	0.2016	0.1324	0.2412	-0.1967	-0.1763	0.2841	0.0049	0.0439
4	2	3	0.0103	-0.1191	0.1195	-0.01	0.0533	0.0543	0.0003	0.0657
5	2	4	0.4109	0.4101	0.5805	-0.3952	-0.3995	0.5619	0.0157	0.0106
6	2	5	0.1636	0.1408	0.2159	-0.1588	-0.1579	0.2311	0.0048	0.0271
7	2	6	0.2249	0.1232	0.2564	-0.2202	-0.1628	0.2739	0.0047	0.0396
8	3	5	0.2137	0.21	0.2996	-0.203	-0.2397	0.3141	0.0108	0.0297
9	3	6	0.4046	0.5875	0.7133	-0.3955	-0.5634	0.6884	0.0091	0.024
10	4	5	0.0264	-0.0469	0.0638	-0.0262	-0.0311	0.0407	0.0002	0.078
11	5	6	-0.0154	-0.085	0.0863	0.0157	0.0283	0.0306	0.0003	0.0587

ตารางที่ 5.29 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
Total generation	1.857	1.729
Load level	1.800	2.100
Power loss in wheeler system	0.057	0.371
Total production cost of wheeler system (TPC)	2759.477 บาท/h	
SRMTC from bus 3 to bus 6	0.248 บาท/MWh	

ตารางที่ 5.30 กรณีพื้นฐาน เมื่อรวมเงื่อนไขขีดจำกัดของสายส่ง ที่ระดับโหลด 190 MW

ตารางที่ 5.30 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (กWh/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (กWh/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_G$ (pu)	$Q_G$ (pu)	$P_d$ (pu)	$Q_d$ (pu)			
1	Swing	1.05	0	0.5	0.3168	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.05	-0.7672	0.7917	0.5617	0	0	11.7406	0.9984	11.722
3	Gen	1.07	-1.1483	0.6676	0.8603	0	0	11.8224	0.9915	11.722
4	Load	0.9904	-1.892	0	0	0.6	0.7	12.1386	0.9657	11.722
6	Load	0.9879	-2.6611	0	0	0.6	0.7	12.2226	0.969	11.722
6	Load	1.0061	-2.9642	0	0	0.7	0.7	12.1034	0.9685	11.722

ตารางที่ 5.30 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.0692	-0.0612	0.0783	-0.0589	0.0079	0.0594	0.0004	0.0433
2	1	4	0.2358	0.2346	0.3326	-0.2303	-0.2542	0.343	0.0055	0.0196
3	1	5	0.2049	0.1334	0.2445	-0.1999	-0.1768	0.2668	0.0061	0.0434
4	2	3	0.0126	-0.1195	0.1202	-0.0123	0.0538	0.0552	0.0003	0.0657
6	2	4	0.4143	0.4093	0.5824	-0.3985	-0.3986	0.5636	0.0158	0.0108
6	2	5	0.1686	0.141	0.2198	-0.1636	-0.1676	0.2342	0.005	0.0266
7	2	6	0.255	0.123	0.2831	-0.2494	-0.1599	0.2962	0.0056	0.0369
8	3	5	0.2176	0.2103	0.3026	-0.2066	-0.2396	0.3164	0.0109	0.0293
9	3	6	0.4623	0.5963	0.7545	-0.4521	-0.5669	0.7251	0.0102	0.0294
10	4	5	0.0289	-0.0472	0.0553	-0.0287	-0.0307	0.042	0.0002	0.0779
11	5	6	-0.0012	-0.0854	0.0854	0.0015	0.0268	0.0268	0.0003	0.0586

ตารางที่ 5.30 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
Total generation	1.959	1.739
Load level	1.900	2.100
Power loss in wheeler system	0.059	0.361
Total production cost of wheeler system (TPC)	2879.893	บาท/ก
SRMTC from bus 3 to bus 6	0.281	บาท/MWh

ตารางที่ 5.31 กรณีพื้นฐาน เมื่อรวมเงื่อนไขขีดจำกัดของสายส่ง ที่ระดับโหลด 200 MW

ตารางที่ 5.31 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_G$ (pu)	$Q_G$ (pu)	$P_d$ (pu)	$Q_d$ (pu)			
1	Swing	1.05	0	0.5	0.3327	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.05	-0.6176	0.8415	0.5588	0	0	11.8293	1.001	11.8415
3	Gen	1.07	-0.9323	0.7218	0.8597	0	0	11.9027	0.9949	11.8414
4	Load	0.9899	-1.8405	0	0	0.6	0.7	12.251	0.9666	11.8415
5	Load	0.985	-2.8963	0	0	0.7	0.7	12.3867	0.956	11.8415
6	Load	1.0046	-2.8442	0	0	0.7	0.7	12.1987	0.9707	11.8415

ตารางที่ 5.31 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.0477	-0.0456	0.0659	-0.0474	0.002	0.0474	0.0003	0.0436
2	1	4	0.232	0.2382	0.3325	-0.2265	-0.2578	0.3431	0.0055	0.0196
3	1	5	0.2204	0.1401	0.2611	-0.2147	-0.1809	0.2807	0.0067	0.0408
4	2	3	0.0076	-0.1185	0.1188	-0.0073	0.0528	0.0533	0.0003	0.0658
5	2	4	0.4308	0.407	0.5927	-0.4145	-0.3951	0.5726	0.0163	0.0119
6	2	5	0.1924	0.144	0.2404	-0.1866	-0.1679	0.251	0.0059	0.0239
7	2	6	0.2581	0.1244	0.2865	-0.2524	-0.1609	0.2993	0.0067	0.0365
8	3	5	0.2485	0.2089	0.3246	-0.2361	-0.2349	0.3331	0.0124	0.026
9	3	6	0.4805	0.5981	0.7672	-0.47	-0.567	0.7365	0.0105	0.0311
10	4	5	0.0409	-0.0471	0.0624	-0.0406	-0.0302	0.0506	0.0004	0.0773
11	5	6	-0.022	-0.0882	0.0889	0.0224	0.0279	0.0358	0.0004	0.0582

ตารางที่ 5.31 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
<b>Total generation</b>	<b>2.063</b>	<b>1.751</b>
<b>Load level</b>	<b>2.000</b>	<b>2.100</b>
<b>Power loss in wheeler system</b>	<b>0.063</b>	<b>0.349</b>
<b>Total production cost of wheeler system (TPC)</b>	<b>3002.937</b>	<b>บาท/ห</b>
<b>SRMTC from bus 3 to bus 6</b>	<b>0.296</b>	<b>บาท/MWh</b>

ตารางที่ 5.32 กรณีพื้นฐาน เมื่อรวมเงื่อนไขขีดจำกัดของสายส่ง ที่ระดับโหลด 210 MW

ตารางที่ 5.32 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_G$ (pu)	$Q_G$ (pu)	$P_d$ (pu)	$Q_d$ (pu)			
1	Swing	1.05	0	0.5	0.3633	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.05	-0.4499	0.8963	0.5588	0	0	11.9265	1.0045	11.9804
3	Gen	1.07	-0.5449	0.7708	0.8488	0	0	11.9753	1.0004	11.9806
4	Load	0.9869	-2.0512	0	0	0.7	0.7	12.4348	0.9635	11.9805
5	Load	0.9845	-2.7446	0	0	0.7	0.7	12.5004	0.9584	11.9805
6	Load	1.0047	-2.5549	0	0	0.7	0.7	12.2831	0.9754	11.9805

ตารางที่ 5.32 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.0347	-0.0392	0.0524	-0.0346	-0.0046	0.0349	0.0001	0.0438
2	1	4	0.2532	0.249	0.3652	-0.247	-0.2656	0.3627	0.0062	0.0166
3	1	5	0.2121	0.1436	0.256	-0.2066	-0.1849	0.2772	0.0055	0.0414
4	2	3	-0.009	-0.1153	0.1156	0.0093	0.0494	0.0503	0.0003	0.0659
5	2	4	0.4981	0.4061	0.6427	-0.479	-0.3886	0.6168	0.0191	0.0175
6	2	5	0.1937	0.1453	0.2422	-0.1878	-0.1689	0.2526	0.0059	0.0236
7	2	6	0.2479	0.1273	0.2787	-0.2425	-0.1646	0.2931	0.0054	0.0373
8	3	5	0.2632	0.2046	0.3334	-0.2502	-0.2294	0.3395	0.013	0.0248
9	3	6	0.4983	0.5947	0.7759	-0.4875	-0.5625	0.7444	0.0108	0.0322
10	4	5	0.026	-0.0458	0.0527	-0.0258	-0.0316	0.0408	0.0001	0.0774
11	5	6	-0.0296	-0.0852	0.0902	0.03	0.0271	0.0405	0.0004	0.0581

ตารางที่ 5.32 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
Total generation	2.167	1.761
Load level	2.100	2.100
Power loss in wheeler system	0.067	0.339
Total production cost of wheeler system (TPC)	3126.362	บาท/ห
SRMTC from bus 3 to bus 6	0.308	บาท/MWh



ตารางที่ 5.33 กรณีพื้นฐาน เมื่อรวมเงื่อนไขขีดจำกัดของสายส่ง ที่ระดับโหลด 220 MW

ตารางที่ 5.33 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_G$ (pu)	$Q_G$ (pu)	$P_D$ (pu)	$Q_D$ (pu)			
1	Swing	1.05	0	0.5	0.3661	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.05	-0.418	0.9396	0.5567	0	0	12.0037	1.0051	12.0645
3	Gen	1.07	-0.5429	0.8303	0.8593	0	0	12.0635	1.0001	12.0645
4	Load	0.9868	-2.0404	0	0	0.7	0.7	12.5196	0.9636	12.0645
5	Load	0.984	-2.7964	0	0	0.7	0.7	12.5967	0.9578	12.0645
6	Load	1.0029	-2.8554	0	0	0.8	0.7	12.4085	0.9723	12.0645

ตารางที่ 5.33 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.0322	-0.038	0.0498	-0.0321	-0.0058	0.0326	0.0001	0.0439
2	1	4	0.2524	0.2497	0.365	-0.2462	-0.2663	0.3626	0.0062	0.0166
3	1	5	0.2154	0.1444	0.2593	-0.2097	-0.1854	0.2799	0.0057	0.0409
4	2	3	-0.0067	-0.1157	0.1159	0.007	0.0499	0.0503	0.0003	0.0659
5	2	4	0.5016	0.4054	0.645	-0.4823	-0.3877	0.6188	0.0193	0.0178
6	2	5	0.1988	0.1455	0.2483	-0.1926	-0.1685	0.256	0.0061	0.023
7	2	6	0.2781	0.1273	0.3059	-0.2717	-0.1617	0.3161	0.0064	0.0343
8	3	5	0.2671	0.205	0.3367	-0.2539	-0.2292	0.342	0.0132	0.0242
9	3	6	0.5562	0.6044	0.8214	-0.5441	-0.5658	0.785	0.012	0.0396
10	4	5	0.0285	-0.0461	0.0542	-0.0283	-0.0313	0.0422	0.0002	0.0773
11	5	6	-0.0155	-0.0856	0.087	0.0158	0.0275	0.0317	0.0004	0.0582

ตารางที่ 5.33 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
Total generation	2.270	1.772
Load level	2.200	2.100
Power loss in wheeler system	0.070	0.328
Total production cost of wheeler system (TPC)	3249.819 บาท/ก	
SRMTC from bus 3 to bus 6	0.345 บาท/MWh	

### วิเคราะห์ผลการทดสอบ กรณี 5.2.2.1

จากตารางที่ 5.27 ถึงตารางที่ 5.33 พบว่าผลที่ได้จากการคำนวณในกรณีนี้ ขณะที่ยังไม่มีการขนส่งกำลังไฟฟ้าผ่านระบบไฟฟ้าคณกลาง เมื่อมีการพิจารณาเงื่อนไขขีดจำกัดสายส่งระหว่างเส้นที่ 3-6 ร่วมด้วย ตั้งแต่ระดับค่าโหลด 160 MW จนถึง 220 MW ค่าที่ได้จากการคำนวณให้ผลเช่นเดียวกับกรณีที่ไม่รวมเงื่อนไขขีดจำกัดสายส่งทุกประการ

ทั้งนี้อธิบายในแง่การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ได้ว่าเงื่อนไขบังคับสมการดังกล่าวที่นำเข้ามาร่วมพิจารณาไม่เกิดการ violate หรือ ไม่เกิดการ active ดังนั้นการพิจารณาเงื่อนไขบังคับสมการกับการไม่พิจารณาเงื่อนไขบังคับสมการจึงให้ผลไม่ต่างกัน เพราะเงื่อนไขบังคับสมการดังกล่าวไม่ได้ส่งผลต่อการคำนวณในทางคณิตศาสตร์แต่อย่างใด

หรือหากพิจารณาค่าขนาดกำลังไฟฟ้าปรากฏระหว่างสายส่งเส้นที่ 3-6 จะพบว่า ที่ระดับค่าโหลดต่างๆ ค่าดังกล่าวมีค่าไม่เกิน 1 pu หรือ 100 MVA



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 5.2.2.2 กรณีการทำ forward flow เมื่อรวมเงื่อนไขขีดจำกัดของสายส่ง

ตารางที่ 5.34 กรณีการทำ forward flow เมื่อรวมเงื่อนไขขีดจำกัดของสายส่ง ที่ระดับโหลด 160 MW

ตารางที่ 5.34 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_G$ (pu)	$Q_G$ (pu)	$P_d$ (pu)	$Q_d$ (pu)			
1	Swing	1.05	0	0.5	0.2896	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.05	-1.1074	0.6739	0.61	0	0	11.5311	0.9926	11.4456
3	Gen	1.07	-0.8279	0.4912	0.8694	0	0	11.5609	0.99	11.4455
4	Load	0.9936	-1.7394	0	0	0.5	0.7	11.8255	0.9679	11.4456
5	Load	0.9891	-2.5023	0	0	0.5	0.7	11.9319	0.9592	11.4456
6	Load	0.9986	-4.0533	0	0	0.6	0.7	11.9837	0.9551	11.4455

ตารางที่ 5.34 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.0856	-0.0638	0.1068	-0.0848	0.0214	0.0875	0.0008	0.0425
2	1	4	0.2193	0.222	0.3121	-0.2145	-0.2443	0.325	0.0049	0.0223
3	1	5	0.195	0.1315	0.2352	-0.1903	-0.1762	0.2593	0.0047	0.0447
4	2	3	-0.0372	-0.1096	0.1157	0.0375	0.0438	0.0577	0.0003	0.0658
5	2	4	0.3295	0.4178	0.5321	-0.3162	-0.4122	0.5196	0.0133	0.0056
6	2	5	0.1401	0.1455	0.202	-0.1358	-0.1742	0.2208	0.0043	0.0286
7	2	6	0.3263	0.1348	0.363	-0.3178	-0.1832	0.3573	0.0084	0.0284
8	3	5	0.2254	0.2021	0.3028	-0.2145	-0.2316	0.3157	0.0109	0.0294
9	3	6	0.7282	0.6234	0.9586	-0.7119	-0.5633	0.9078	0.0163	0.0601
10	4	5	0.0307	-0.0435	0.0533	-0.0305	-0.0347	0.0462	0.0002	0.0782
11	5	6	0.0711	-0.0834	0.1096	-0.0703	0.0266	0.0751	0.0008	0.0568

ตารางที่ 5.34 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
Total generation	1.665	1.769
Load level	1.600	2.100
Power loss in wheeler system	0.065	0.331
Total production cost of wheeler system (TPC)	2536.477	บาท/ห
Wheeling rate	0.423	บาท/MWh
Wheeling cost	21.145	บาท/ห
Change in total production cost of wheeler system	16.030	บาท/ห

ตารางที่ 5.35 กรณีการทำ forward flow เมื่อรวมเงื่อนไขจำกัดของสายส่ง ที่ระดับโหลด 170 MW

ตารางที่ 5.35 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_G$ (pu)	$Q_G$ (pu)	$P_d$ (pu)	$Q_d$ (pu)			
1	Swing	1.05	0	0.5	0.3051	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.05	-0.9586	0.7238	0.6065	0	0	11.6195	0.9952	11.5633
3	Gen	1.07	-0.6133	0.5451	0.8692	0	0	11.6408	0.9933	11.5633
4	Load	0.993	-1.6881	0	0	0.5	0.7	11.936	0.9688	11.5633
5	Load	0.9862	-2.7372	0	0	0.6	0.7	12.093	0.9562	11.5633
6	Load	0.9982	-3.9353	0	0	0.6	0.7	12.0797	0.9573	11.5633

ตารางที่ 5.35 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.0741	-0.0683	0.0943	-0.0735	0.0155	0.0761	0.0006	0.0429
2	1	4	0.2155	0.2255	0.3119	-0.2106	-0.2477	0.3251	0.0049	0.0222
3	1	5	0.2104	0.138	0.2516	-0.2051	-0.1802	0.273	0.0053	0.0422
4	2	3	-0.0422	-0.1086	0.1165	0.0425	0.0428	0.0604	0.0003	0.0657
5	2	4	0.3459	0.4152	0.5404	-0.3322	-0.4087	0.5267	0.0137	0.0064
6	2	5	0.1639	0.1482	0.221	-0.1588	-0.1745	0.236	0.0051	0.0283
7	2	6	0.3295	0.1362	0.3665	-0.3209	-0.1642	0.3604	0.0086	0.0279
8	3	5	0.2562	0.2007	0.3255	-0.2438	-0.2268	0.333	0.0124	0.0261
9	3	6	0.7463	0.6257	0.9739	-0.7295	-0.563	0.9215	0.0168	0.0627
10	4	5	0.0428	-0.0435	0.061	-0.0424	-0.0341	0.0544	0.0004	0.0776
11	5	6	0.0502	-0.0845	0.0983	-0.0496	0.0271	0.0565	0.0006	0.0573

ตารางที่ 5.35 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
Total generation	1.769	1.781
Load level	1.700	2.100
Power loss in wheeler system	0.069	0.319
Total production cost of wheeler system (TPC)	2656.599 บาท/ห	
Wheeling rate	0.439 บาท/MWh	
Wheeling cost	21.945 บาท/ห	
Change in total production cost of wheeler system	18.779 บาท/ห	

ตารางที่ 5.38 กรณีกារทำ forward flow เมื่อรวมเฟืองโซ่ตัวจำกัดของสายส่ง ที่ระดับโหลด 180 MW

ตารางที่ 5.38 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_G$ (pu)	$Q_G$ (pu)	$P_d$ (pu)	$Q_d$ (pu)			
1	Swing	1.05	0	0.5	0.3252	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.05	-0.7921	0.7779	0.6054	0	0	11.7162	0.9986	11.6998
3	Gen	1.07	-0.2286	0.5937	0.859	0	0	11.7129	0.9989	11.6998
4	Load	0.9901	-1.8973	0	0	0.6	0.7	12.1151	0.9657	11.6998
5	Load	0.9858	-2.5867	0	0	0.6	0.7	12.2048	0.9588	11.6998
6	Load	0.9982	-3.6481	0	0	0.6	0.7	12.1645	0.9618	11.6998

ตารางที่ 5.38 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.0612	-0.0521	0.0804	-0.0608	0.0089	0.0614	0.0004	0.0433
2	1	4	0.2366	0.236	0.3342	-0.2311	-0.2554	0.3444	0.0056	0.0194
3	1	5	0.2022	0.1413	0.2467	-0.197	-0.1841	0.2697	0.0052	0.0428
4	2	3	-0.0586	-0.1061	0.1204	0.059	0.0397	0.0711	0.0004	0.0656
5	2	4	0.4127	0.4133	0.5841	-0.3968	-0.4024	0.5651	0.0159	0.011
6	2	5	0.1652	0.1494	0.2227	-0.16	-0.1754	0.2375	0.0051	0.0261
7	2	6	0.3194	0.139	0.3484	-0.3112	-0.1679	0.3536	0.0082	0.0289
8	3	5	0.2708	0.1965	0.3346	-0.2578	-0.2212	0.3397	0.013	0.0248
9	3	6	0.7639	0.6229	0.9857	-0.7457	-0.5582	0.9323	0.0172	0.0647
10	4	5	0.0279	-0.0422	0.0506	-0.0277	-0.0356	0.0451	0.0002	0.0778
11	5	6	0.0426	-0.0837	0.0939	-0.0421	0.0261	0.0495	0.0005	0.0576

ตารางที่ 5.38 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
Total generation	1.872	1.790
Load level	1.800	2.100
Power loss in wheeler system	0.072	0.310
Total production cost of wheeler system (TPC)	2776.852	บาท/ห
Wheeling rate	0.482	บาท/MWh
Wheeling cost	22.575	บาท/ห
Change in total production cost of wheeler system	17.375	บาท/ห

ตารางที่ 5.37 กรณีการทำให้ forward flow เมื่อรวมเงื่อนไขขีดจำกัดของสายส่ง ที่ระดับโหลด 100 MW

ตารางที่ 5.37 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_G$ (pu)	$Q_G$ (pu)	$P_d$ (pu)	$Q_d$ (pu)			
1	Swing	1.05	0	0.5	0.3312	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.05	-0.6242	0.9894	0.5606	0	0	12.0922	1.0009	12.1031
3	Gen	1.07	-1.0391	0.4872	0.9141	0	0	11.555	0.9907	11.447
4	Load	0.99	-1.843	0	0	0.6	0.7	12.5351	0.9665	12.1153
5	Load	0.9853	-2.8883	0	0	0.6	0.7	12.7281	0.9559	12.1674
6	Load	0.9958	-4.4215	0	0	0.7	0.7	13.7087	0.9536	13.0721

ตารางที่ 5.37 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.0482	-0.0458	0.0665	-0.0479	0.0022	0.048	0.0003	0.0436
2	1	4	0.2321	0.2379	0.3324	-0.2266	-0.2575	0.343	0.0055	0.0196
3	1	5	0.2197	0.1391	0.2601	-0.214	-0.1801	0.2798	0.0057	0.041
4	2	3	0.0152	-0.12	0.1209	-0.0148	0.0543	0.0563	0.0004	0.0657
5	2	4	0.43	0.4068	0.592	-0.4137	-0.395	0.572	0.0163	0.0118
6	2	5	0.1914	0.1433	0.2391	-0.1856	-0.1674	0.2499	0.0058	0.0241
7	2	6	0.4008	0.1283	0.4208	-0.389	-0.1471	0.4159	0.0117	0.0188
8	3	5	0.2413	0.2107	0.3203	-0.2292	-0.2373	0.3299	0.0121	0.0267
9	3	6	0.7607	0.6491	1	-0.743	-0.5818	0.9437	0.0177	0.0673
10	4	5	0.0403	-0.0475	0.0623	-0.04	-0.0299	0.0499	0.0003	0.0773
11	5	6	0.0688	-0.0853	0.1096	-0.068	0.0289	0.0738	0.0008	0.0564

ตารางที่ 5.37 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
Total generation	1.977	1.808
Load level	1.900	2.100
Power loss in wheeler system	0.077	0.294
Total production cost of wheeler system (TPC)	2904.638	บาท/h
Wheeling rate	2.154	บาท/MWh
Wheeling cost	107.88	บาท/h
Change in total production cost of wheeler system	24.745	บาท/h



ตารางที่ 5.38 กรณีการท่า forward flow เมื่อรวมเงื่อนไขขีดจำกัดของสายส่ง ที่ระดับโหลด 200 MW

ตารางที่ 5.38 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_G$ (pu)	$Q_G$ (pu)	$P_d$ (pu)	$Q_d$ (pu)			
1	Swing	1.05	0	0.5413	0.3334	0	0	12.246	1	12.246
2	Gen	1.05	-0.6598	1.0676	0.5564	0	0	12.2313	1.0008	12.2411
3	Gen	1.07	-1.3668	0.4728	0.932	0	0	11.5338	0.9878	11.3925
4	Load	0.9896	-1.931	0	0	0.6	0.7	12.6917	0.9658	12.2582
5	Load	0.9825	-3.3921	0	0	0.7	0.7	13.017	0.9499	12.3653
6	Load	0.9951	-4.7058	0	0	0.7	0.7	14.391	0.9508	13.6826

ตารางที่ 5.38 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.0509	-0.0471	0.0694	-0.0506	0.0036	0.0508	0.0003	0.0435
2	1	4	0.2401	0.238	0.3381	-0.2344	-0.2569	0.3478	0.0057	0.0189
3	1	5	0.2503	0.1425	0.288	-0.2435	-0.1791	0.3023	0.0068	0.0366
4	2	3	0.0372	-0.1242	0.1296	-0.0368	0.059	0.0695	0.0004	0.0652
5	2	4	0.4392	0.4063	0.5983	-0.4225	-0.3938	0.5776	0.0166	0.0125
6	2	5	0.2196	0.145	0.2631	-0.2127	-0.1656	0.2696	0.0069	0.0206
7	2	6	0.4223	0.1258	0.4406	-0.4095	-0.1415	0.4332	0.0128	0.0157
8	3	5	0.2558	0.216	0.3348	-0.2427	-0.2403	0.3415	0.0131	0.0243
9	3	6	0.7539	0.657	1	-0.7361	-0.5897	0.9432	0.0177	0.0673
10	4	5	0.0569	-0.0493	0.0753	-0.0562	-0.0271	0.0625	0.0007	0.0764
11	5	6	0.0551	-0.0878	0.1037	-0.0544	0.0312	0.0627	0.0007	0.0566

ตารางที่ 5.38 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
Total generation	2.082	1.822
Load level	2.000	2.100
Power loss in wheeler system	0.082	0.278
Total production cost of wheeler system (TPC)	3033.677	บาท/ห
Wheeling rate	2.857	บาท/MWh
Wheeling cost	142.86	บาท/ห
Change in total production cost of wheeler system	30.740	บาท/ห

ตารางที่ 5.39 กรณีการทำ forward flow เมื่อรวมเงินโซลิดจังก์ชันของสายส่ง ที่ระดับโหลด 210 MW

ตารางที่ 5.39 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_G$ (pu)	$Q_G$ (pu)	$P_d$ (pu)	$Q_d$ (pu)			
1	Swing	1.05	0	0.6025	0.3324	0	0	12.3113	1	12.3113
2	Gen	1.05	-0.8097	1.112	0.5662	0	0	12.3102	0.9997	12.3061
3	Gen	1.07	-1.5354	0.4711	0.9343	0	0	11.5312	0.9865	11.3751
4	Load	0.9869	-2.3624	0	0	0.7	0.7	12.8359	0.9602	12.3254
5	Load	0.9822	-3.5594	0	0	0.7	0.7	13.1167	0.9486	12.443
6	Load	0.9951	-4.8697	0	0	0.7	0.7	14.628	0.9496	13.8901

ตารางที่ 5.39 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.0625	-0.0528	0.0818	-0.0621	0.0096	0.0628	0.0004	0.0432
2	1	4	0.28	0.2436	0.3711	-0.2732	-0.2581	0.3758	0.0068	0.0145
3	1	5	0.26	0.1416	0.2961	-0.2529	-0.1769	0.3086	0.0071	0.0353
4	2	3	0.0386	-0.1244	0.1303	-0.0382	0.0593	0.0706	0.0004	0.0652
5	2	4	0.4911	0.4097	0.6395	-0.4722	-0.3925	0.614	0.019	0.0172
6	2	5	0.2208	0.1457	0.2646	-0.2139	-0.1661	0.2708	0.007	0.0204
7	2	6	0.4235	0.1258	0.4418	-0.4107	-0.1413	0.4343	0.0129	0.0155
8	3	5	0.2562	0.2171	0.3358	-0.243	-0.2412	0.3424	0.0132	0.0241
9	3	6	0.7531	0.6579	1	-0.7354	-0.5906	0.9432	0.0177	0.0673
10	4	5	0.0454	-0.0494	0.0671	-0.0449	-0.0272	0.0525	0.0004	0.0767
11	5	6	0.0546	-0.0885	0.104	-0.054	0.0319	0.0627	0.0007	0.0566

ตารางที่ 5.39 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
Total generation	2.186	1.833
Load level	2.100	2.100
Power loss in wheeler system	0.086	0.267
Total production cost of wheeler system (TPC)	3181.313	บาท/ห
Wheeling rate	3.097	บาท/MWh
Wheeling cost	154.845	บาท/ห
Chang in total production cost of wheeler system	34.951	บาท/ห

### วิเคราะห์ผลการทดสอบ กรณี 5.2.2.2

จากตารางที่ 5.34 ถึงตารางที่ 5.39 พบว่า ผลที่ได้จากการคำนวณ กรณีการทำ forward flow ขนาด 50 MW เมื่อรวมเงื่อนไขขีดจำกัดสายส่ง ที่ระดับโหลดตั้งแต่ 160 MW ถึง 210 MW สามารถวิเคราะห์ได้ดังต่อไปนี้ คือ

ผลที่ได้จากการคำนวณตั้งแต่ระดับโหลด 160 MW ถึง 180 MW ให้ผลเช่นเดียวกับกรณีที่ไม่วมเงื่อนไขขีดจำกัดสายส่ง ทั้งนี้อธิบายได้เช่นเดียวกับกรณีพื้นฐาน เมื่อรวมเงื่อนไขขีดจำกัดสายส่ง กล่าวคือ เงื่อนไขบังคับข้อสมการที่พิจารณาเพิ่มเข้ามาไม่เกิดการ violate หรือ ไม่เกิดการ active ดังนั้น การมีเงื่อนไขบังคับข้อสมการกับการไม่มีเงื่อนไขบังคับข้อสมการจึงให้ผลไม่ต่างกัน

แต่เมื่อพิจารณาที่ระดับโหลดตั้งแต่ 190 MW เป็นต้นไป พบว่าค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏที่โหลระหว่างสายส่งเส้นที่ 3-6 มีค่ามากกว่า 100 MVA ดังแสดงในตารางที่ 5.16 ข) ดังนั้นในกรณีนี้เงื่อนไขบังคับข้อสมการที่นำมาพิจารณาร่วมด้วยจึงเกิดการ violate ดังนั้นจึงบังคับให้การไหลของกำลังไฟฟ้าปรากฏโหลได้เพียง 100 MVA ทำให้เงื่อนไขบังคับข้อสมการขีดจำกัดของสายส่งเกิดการ active ส่งผลให้ค่าต่างๆ ที่คำนวณได้ในตารางที่ 5.37 ถึง ตารางที่ 5.39 ไม่เท่ากับผลที่ได้ในตารางที่ 5.17 ถึง 5.19

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาค่ากำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ 1 จากเดิมที่เคยผลิตอยู่ที่ค่ากำลังไฟฟ้าต่ำสุด ( $P_{G1,min}$ ) ในขณะนี้ค่ากำลังการผลิตจะมีค่ามากขึ้นกว่าเดิม ทำให้การจัดสรรกำลังการผลิตในที่นี้ไม่เป็นไปตามหลักการเท่ากันของแลมดา ทั้งนี้เพราะหลักการเท่ากันของแลมดาเป็นการบ่งถึงความประหยัดที่สุดในการผลิตที่เกิดขึ้นเมื่อการจัดสรรกำลังการผลิตที่ได้ภายในระบบต้องสอดคล้องกับสมการที่ 3.36 แต่ในที่นี้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ 1 ซึ่งมีต้นทุนในการผลิตต่อหน่วยสูงควรจะดำเนินการผลิตน้อยแต่ไม่สามารถเป็นเช่นนั้นได้ ทำให้เครื่องอื่นที่ยังสามารถจ่ายได้ หากยังคงจ่ายต่อไปจะมีผลต่อเงื่อนไขขีดจำกัดสายส่ง ดังแสดงในตารางที่ 5.17 ข) ถึงตารางที่ 5.19 ข) จึงจำเป็นต้องยอมให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่มีต้นทุนในการผลิตต่อหน่วยที่มีค่าสูงกว่า ดำเนินการผลิตแทน เป็นผลให้ขัดกับหลักการเท่ากันของแลมดา

ดังนั้นจะสังเกตว่าในกรณีที่ระบบไฟฟ้าจะต้องซึ่งระหว่างเป้าหมายการผลิตเพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายในการผลิตต่ำที่สุด กับเป้าหมายในการผลิตเพื่อให้ระบบมีความมั่นคงแล้ว ระบบไฟฟ้าจำเป็นจะต้องเลือกเป้าหมายการผลิตเพื่อให้ระบบมีความมั่นคงมาก่อน ทั้งนี้เพราะการเลือกเป้าหมายการผลิตเพื่อให้ระบบมีความมั่นคงมาก่อน จะทำให้ระบบยังคงทำงานต่อไปได้ แม้ว่าระบบจะมีต้นทุนในการผลิตทั้งหมดเพิ่มขึ้นก็ตาม ในทางกลับกันหากเลือกเป้าหมายของการผลิตเพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายในการผลิตต่ำที่สุดมาก่อนระบบจะไม่สามารถดำเนินงานต่อไปได้เลย ตัวอย่างเช่น การเกิดการ overload ในสายส่งเส้นที่ 3-6 ดังที่กล่าวมา

จากผลของการเลือกเป้าหมายการผลิตเพื่อให้ระบบมีความมั่นคงมาก่อน และเป้าหมายการผลิตเพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายในการผลิตต่ำที่สุดมาเป็นอันดับรองลงมา จึงทำให้พบว่าผลที่ติดตามมากก็คือค่ากำลังสูญเสียทั้งหมดภายในระบบจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมาก ดังนั้นค่า  $\lambda$  ที่แต่ละบัส ค่ากำลังไฟฟ้าจริงที่ผลิตทั้งหมด (Total generation) และ ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตทั้งหมดของระบบไฟฟ้าคนกลาง (TPC) จึงมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมากด้วยเช่นกัน

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาค่า wheeling rate และค่า wheeling cost ที่ระดับโหลด 190 MW ขึ้นไป จะพบว่าค่าดังกล่าวทั้งหมดก็มีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างมากด้วยเช่นกัน เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีก่อนเกิดการ overload ในสายส่ง ที่ระดับโหลด 180 MW

และลำดับสุดท้ายในการพิจารณา คือ การจัดสรรกำลังการผลิตสามารถดำเนินต่อไปได้จนกระทั่งถึงระดับโหลด 210 MW เท่านั้น ทั้งนี้เพราะ เมื่อระดับโหลดเกินกว่า 210 MW ค่าการไหลของกำลังไฟฟ้าปรากฏระหว่างบัส 3 กับบัส 6 มีค่ามาก และ ไม่สามารถจัดการการไหลของกำลังไฟฟ้าปรากฏให้ไปในทิศทางอื่นที่เหมาะสมต่อไปได้

หากพิจารณาในแง่คณิตศาสตร์ คือ การหาผลเฉลยเพื่อหาจุดทำงานที่เหมาะสมไม่สามารถหาได้ สอดคล้องกับเงื่อนไขบังคับสมการที่กำหนดไว้ การวิ่งเข้าหาคำตอบของปัญหานี้ ได้เกิดการลู่เข้าสู่จุดทำงานอื่นซึ่งอยู่นอกขอบเขตการทำงานที่ยอมรับได้ (infeasible region) แต่เนื่องจากผลของเงื่อนไขบังคับสมการ และ เงื่อนไขบังคับสมการบังคับเอาไว้ ดังนั้นค่าที่ได้จึงตกลงตรงขอบ (project) ดังนั้นการ run program จึงเกิดการ overflow แต่ไม่ได้คำตอบที่ต้องการแต่อย่างใด

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 5.2.2.3 กรณีการทำ backward flow เมื่อรวมเงื่อนไขขีดจำกัดของสายส่ง

ตารางที่ 5.40 กรณีการทำ backward flow เมื่อรวมเงื่อนไขขีดจำกัดของสายส่ง ที่ระดับโหลด 160 MW

ตารางที่ 5.40 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_g$ (pu)	$Q_g$ (pu)	$P_d$ (pu)	$Q_d$ (pu)			
1	Swing	1.05	0	0.5	0.2693	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.05	-1.1161	0.6201	0.537	0	0	11.4365	0.9913	11.3354
3	Gen	1.07	-2.6648	0.5253	0.8838	0	0	11.6115	0.9762	11.3355
4	Load	0.9942	-1.7484	0	0	0.5	0.7	11.7169	0.9674	11.3355
5	Load	0.9938	-2.5508	0	0	0.5	0.7	11.7933	0.9612	11.3355
6	Load	1.0147	-2.1098	0	0	0.6	0.7	11.6394	0.9739	11.3355

ตารางที่ 5.40 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.0863	-0.0642	0.1076	-0.0865	0.0217	0.0882	0.0008	0.0424
2	1	4	0.2193	0.2183	0.3094	-0.2145	-0.2409	0.3226	0.0048	0.0226
3	1	5	0.1943	0.1152	0.2259	-0.19	-0.1616	0.2494	0.0043	0.0464
4	2	3	0.1009	-0.1356	0.1691	-0.1	0.0729	0.1238	0.0009	0.0627
5	2	4	0.3266	0.4118	0.5256	-0.3137	-0.4068	0.5137	0.0129	0.006
6	2	5	0.1377	0.1298	0.1892	-0.1339	-0.1601	0.2087	0.0038	0.0304
7	2	6	0.1403	0.1093	0.1779	-0.1379	-0.1557	0.2079	0.0024	0.0463
8	3	5	0.1126	0.2329	0.2587	-0.1041	-0.2676	0.2873	0.0085	0.0349
9	3	6	0.0127	0.578	0.5781	-0.0067	-0.5694	0.5694	0.0061	0.0086
10	4	5	0.0282	-0.0523	0.0595	-0.028	-0.0283	0.0384	0.0002	0.0787
11	5	6	-0.044	-0.0841	0.0949	0.0445	0.0251	0.0611	0.0005	0.059

ตารางที่ 5.40 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
<b>Total generation</b>	<b>1.645</b>	<b>1.690</b>
<b>Load level</b>	<b>1.600</b>	<b>2.100</b>
<b>Power loss in wheeler system</b>	<b>0.045</b>	<b>0.410</b>
<b>Total production cost of wheeler system (TPC)</b>	<b>2514.276</b>	<b>บาท/ห</b>
<b>Wheeling rate</b>	<b>-0.028</b>	<b>บาท/MWh</b>
<b>Wheeling cost</b>	<b>-1.395</b>	<b>บาท/ห</b>
<b>Chang in total production cost of wheeler system</b>	<b>-6.171</b>	<b>บาท/ห</b>



ตารางที่ 5.41 การไหลย้อนกลับ backward flow เมื่อรวมเงื่อนไขขีดจำกัดของสายส่ง ที่ระดับโหลด 170 MW

ตารางที่ 5.41 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_G$ (pu)	$Q_G$ (pu)	$P_d$ (pu)	$Q_d$ (pu)			
1	Swing	1.05	0	0.5	0.2846	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.05	-0.9687	0.669	0.5331	0	0	11.5224	0.9938	11.4511
3	Gen	1.07	-2.4505	0.579	0.8807	0	0	11.6911	0.9795	11.4512
4	Load	0.9937	-1.6977	0	0	0.5	0.7	11.8255	0.9683	11.4511
5	Load	0.991	-2.7827	0	0	0.6	0.7	11.9507	0.9582	11.4511
6	Load	1.0143	-1.9901	0	0	0.6	0.7	11.7312	0.9761	11.4511

ตารางที่ 5.41 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.0749	-0.0587	0.0951	-0.0742	0.0159	0.0769	0.0006	0.0428
2	1	4	0.2155	0.2217	0.3092	-0.2107	-0.2443	0.3228	0.0048	0.0226
3	1	5	0.2096	0.1215	0.2423	-0.2047	-0.1656	0.2633	0.0049	0.0441
4	2	3	0.0959	-0.1347	0.1654	-0.095	0.0718	0.119	0.0009	0.063
5	2	4	0.3428	0.4091	0.5337	-0.3295	-0.4033	0.5208	0.0133	0.0058
6	2	5	0.1613	0.1324	0.2086	-0.1568	-0.1605	0.2243	0.0045	0.0281
7	2	6	0.1432	0.1105	0.1809	-0.1407	-0.1566	0.2105	0.0025	0.0461
8	3	5	0.1432	0.2304	0.2713	-0.134	-0.2637	0.2958	0.0092	0.0333
9	3	6	0.0308	0.5786	0.5794	-0.0247	-0.5698	0.5703	0.0061	0.0088
10	4	5	0.0402	-0.0524	0.066	-0.0398	-0.0257	0.0474	0.0004	0.0781
11	5	6	-0.0647	-0.0845	0.1065	0.0654	0.0264	0.0706	0.0007	0.0581

ตารางที่ 5.41 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
Total generation	1.748	1.698
Load level	1.700	2.100
Power loss in wheeler system	0.048	0.402
Total production cost of wheeler system (TPC)	2632.994	บาท/ห
Wheeling rate	-0.040	บาท/MWh
Wheeling cost	-2.005	บาท/ห
Chang in total production cost of wheeler system	-8.828	บาท/ห



ตารางที่ 5.42 กรณีการทำ backward flow เมื่อรวมเฟืองโซ่ติดจำกัดของสายส่ง ที่ระดับโหลด 180 MW

ตารางที่ 5.42 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_g$ (pu)	$Q_g$ (pu)	$P_d$ (pu)	$Q_d$ (pu)			
1	Swing	1.05	0	0.5	0.3045	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.05	-0.8032	0.7227	0.5316	0	0	11.618	0.9972	11.5857
3	Gen	1.07	-2.0656	0.6276	0.8678	0	0	11.7631	0.9849	11.5857
4	Load	0.9909	-1.9069	0	0	0.6	0.7	12.0023	0.9653	11.5857
5	Load	0.9906	-2.6319	0	0	0.6	0.7	12.0606	0.9606	11.5857
6	Load	1.0144	-1.7034	0	0	0.6	0.7	11.8129	0.9808	11.5857

ตารางที่ 5.42 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.062	-0.0525	0.0813	-0.0616	0.0093	0.0623	0.0004	0.0432
2	1	4	0.2367	0.2322	0.3315	-0.2312	-0.252	0.342	0.0055	0.0198
3	1	5	0.2013	0.1248	0.2369	-0.1966	-0.1695	0.2596	0.0047	0.0447
4	2	3	0.0793	-0.1318	0.1538	-0.0785	0.0681	0.1039	0.0007	0.0638
5	2	4	0.4095	0.4072	0.5775	-0.394	-0.397	0.5593	0.0155	0.0102
6	2	5	0.1625	0.1335	0.2103	-0.1579	-0.1614	0.2258	0.0046	0.0279
7	2	6	0.133	0.1136	0.1749	-0.1307	-0.16	0.2065	0.0024	0.0465
8	3	5	0.1576	0.2256	0.2752	-0.1482	-0.2584	0.2979	0.0094	0.0328
9	3	6	0.0485	0.5741	0.5762	-0.0425	-0.5657	0.5673	0.006	0.0084
10	4	5	0.0252	-0.051	0.0569	-0.025	-0.0272	0.0369	0.0002	0.0782
11	5	6	-0.0723	-0.0835	0.1104	0.0731	0.0257	0.0775	0.0008	0.0578

ตารางที่ 5.42 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
Total generation	1.850	1.704
Load level	1.800	2.100
Power loss in wheeler system	0.050	0.396
Total production cost of wheeler system (TPC)	2752.130	บาท/ห
Wheeling rate	-0.050	บาท/MWh
Wheeling cost	-2.495	บาท/ห
Change in total production cost of wheeler system	-7.347	บาท/ห

ตารางที่ 5.43 กรดใการทำ backward flow เมื่อรวมเฟือนโซ่ดจ่ากัของสายส่ง ที่ระดับโผลด 180 MW

ตารางที่ 5.43 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_G$ (pu)	$Q_G$ (pu)	$P_d$ (pu)	$Q_d$ (pu)			
1	Swing	1.05	0	0.5	0.307	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.05	-0.772	0.7652	0.5276	0	0	11.6935	0.9977	11.6671
3	Gen	1.07	-2.0642	0.6862	0.8733	0	0	11.8499	0.9846	11.6672
4	Load	0.9908	-1.8964	0	0	0.6	0.7	12.0845	0.9655	11.6672
5	Load	0.9902	-2.6833	0	0	0.6	0.7	12.1533	0.96	11.6672
6	Load	1.0128	-1.998	0	0	0.7	0.7	11.9321	0.9778	11.6672

ตารางที่ 5.43 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.0596	-0.0514	0.0787	-0.0592	0.0081	0.0598	0.0004	0.0433
2	1	4	0.2358	0.2328	0.3314	-0.2304	-0.2526	0.3419	0.0055	0.0198
3	1	5	0.2045	0.1255	0.24	-0.1997	-0.1698	0.2621	0.0049	0.0443
4	2	3	0.0815	-0.1322	0.1553	-0.0808	0.0686	0.1059	0.0007	0.0637
5	2	4	0.4129	0.4064	0.5794	-0.3972	-0.396	0.5609	0.0156	0.0104
6	2	5	0.1674	0.1334	0.2141	-0.1627	-0.1609	0.2288	0.0047	0.0275
7	2	6	0.1626	0.1119	0.1974	-0.1597	-0.1568	0.2238	0.0029	0.0449
8	3	5	0.1614	0.2256	0.2774	-0.1519	-0.2581	0.2995	0.0095	0.0325
9	3	6	0.1056	0.5792	0.5887	-0.0993	-0.5695	0.578	0.0063	0.0097
10	4	5	0.0276	-0.0514	0.0583	-0.0274	-0.0287	0.0383	0.0002	0.0781
11	5	6	-0.0583	-0.0845	0.1026	0.059	0.0262	0.0646	0.0007	0.0582

ตารางที่ 5.43 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
Total generation	1.951	1.708
Load level	1.900	2.100
Power loss in wheeler system	0.051	0.392
Total production cost of wheeler system (TPC)	2870.854	บาท/ห
Wheeling rate	-0.082	บาท/MWh
Wheeling cost	-4.105	บาท/ห
Chang in total production cost of wheeler system	-9.039	บาท/ห

ตารางที่ 5.44 การวิเคราะห์ backward flow เมื่อรวมเฟืองโซ่ตัวจำกัดของสายส่ง ที่ระดับโหลด 200 MW

ตารางที่ 5.44 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_G$ (pu)	$Q_G$ (pu)	$P_d$ (pu)	$Q_d$ (pu)			
1	Swing	1.05	0	0.5	0.3227	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.05	-0.6231	0.8146	0.5245	0	0	11.7814	1.0003	11.7855
3	Gen	1.07	-1.8482	0.7403	0.8713	0	0	11.9301	0.9879	11.7856
4	Load	0.9903	-1.8452	0	0	0.6	0.7	12.1959	0.9664	11.7856
5	Load	0.9873	-2.917	0	0	0.7	0.7	12.3156	0.957	11.7856
6	Load	1.0124	-1.8771	0	0	0.7	0.7	12.0253	0.9801	11.7856

ตารางที่ 5.44 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.0481	-0.0458	0.0664	-0.0478	0.0022	0.0479	0.0003	0.0436
2	1	4	0.232	0.2363	0.3312	-0.2266	-0.2661	0.3419	0.0055	0.0198
3	1	5	0.2199	0.1322	0.2566	-0.2144	-0.1739	0.2761	0.0055	0.0417
4	2	3	0.0764	-0.1313	0.152	-0.0757	0.0674	0.1014	0.0007	0.0639
5	2	4	0.4293	0.4041	0.5895	-0.4131	-0.3925	0.5699	0.0162	0.0115
6	2	5	0.1911	0.1364	0.2348	-0.1855	-0.1612	0.2458	0.0056	0.0248
7	2	6	0.1656	0.1132	0.2006	-0.1626	-0.1578	0.2266	0.003	0.0446
8	3	5	0.1922	0.2237	0.2949	-0.1817	-0.2538	0.3121	0.0105	0.0301
9	3	6	0.1238	0.5802	0.5933	-0.1174	-0.57	0.5819	0.0064	0.0102
10	4	5	0.0397	-0.0513	0.0649	-0.0393	-0.0262	0.0472	0.0004	0.0775
11	5	6	-0.079	-0.0849	0.116	0.08	0.0278	0.0847	0.001	0.0671

ตารางที่ 5.44 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
Total generation	2.055	1.718
Load level	2.000	2.100
Power loss in wheeler system	0.055	0.381
Total production cost of wheeler system (TPC)	2993.196	บาท/ก
Wheeling rate	-0.095	บาท/MWh
Wheeling cost	-4.76	บาท/ก
Chang in total production cost of wheeler system	-9.741	บาท/ก

ตารางที่ 5.45 กรณีการทำ backward flow เมื่อรวมเงื่อนไขขีดจำกัดของสายส่ง ที่ระดับโหลด 210 MW

ตารางที่ 5.45 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_g$ (pu)	$Q_g$ (pu)	$P_d$ (pu)	$Q_d$ (pu)			
1	Swing	1.05	0	0.5	0.3433	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.05	-0.4559	0.8691	0.5243	0	0	11.8782	1.0038	11.9236
3	Gen	1.07	-1.4609	0.7892	0.859	0	0	12.0025	0.9934	11.9237
4	Load	0.9873	-2.0558	0	0	0.7	0.7	12.3785	0.9633	11.9236
5	Load	0.9869	-2.7652	0	0	0.7	0.7	12.4283	0.9594	11.9236
6	Load	1.0125	-1.5882	0	0	0.7	0.7	12.1082	0.9848	11.9236

ตารางที่ 5.45 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.0352	-0.0395	0.0528	-0.035	-0.0044	0.0353	0.0001	0.0438
2	1	4	0.2533	0.2472	0.3539	-0.2471	-0.2839	0.3615	0.0062	0.0168
3	1	5	0.2116	0.1355	0.2513	-0.2063	-0.1779	0.2724	0.0053	0.0424
4	2	3	0.0598	-0.1283	0.1416	-0.0592	0.0638	0.087	0.0006	0.0646
5	2	4	0.4965	0.4032	0.6396	-0.4776	-0.386	0.6141	0.019	0.0172
6	2	5	0.1924	0.1376	0.2366	-0.1867	-0.1822	0.2473	0.0057	0.0245
7	2	6	0.1554	0.1162	0.194	-0.1525	-0.1613	0.222	0.0028	0.0451
8	3	5	0.2068	0.2192	0.3013	-0.1959	-0.2485	0.3164	0.0109	0.0293
9	3	6	0.1416	0.576	0.5932	-0.1352	-0.5658	0.5818	0.0064	0.0102
10	4	5	0.0246	-0.05	0.0558	-0.0245	-0.0276	0.0369	0.0001	0.0776
11	5	6	-0.0866	-0.0838	0.1206	0.0877	0.0271	0.0918	0.0011	0.0567

ตารางที่ 5.45 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
Total generation	2.158	1.727
Load level	2.100	2.100
Power loss in wheeler system	0.058	0.373
Total production cost of wheeler system (TPC)	3116.065	บาท/ห
Wheeling rate	-0.106	บาท/MWh
Wheeling cost	-5.28	บาท/ห
Chang in total production cost of wheeler system	-10.297	บาท/ห

ตารางที่ 5.46 กรณีการทำ backward flow เมื่อรวมเงื่อนไขขีดจำกัดของสายส่ง ที่ระดับโหลด 220 MW

ตารางที่ 5.46 ก) : ข้อมูลแต่ละบัส

Bus No.	Bus type	Voltage		Generation		Load		IC (บาท/MWh)	penalty factor	$\lambda$ (บาท/MWh)
		Magnitude (pu)	Phase (degree)	$P_G$ (pu)	$Q_G$ (pu)	$P_d$ (pu)	$Q_d$ (pu)			
1	Swing	1.05	0	0.5	0.3458	0	0	12.202	1	12.202
2	Gen	1.05	-0.4245	0.9117	0.6207	0	0	11.954	1.0044	12.006
3	Gen	1.07	-1.4591	0.848	0.8655	0	0	12.0897	0.9931	12.0061
4	Load	0.9872	-2.0453	0	0	0.7	0.7	12.4618	0.9634	12.0061
5	Load	0.9864	-2.8169	0	0	0.7	0.7	12.5225	0.9588	12.0061
6	Load	1.0109	-1.8837	0	0	0.8	0.7	12.2291	0.9818	12.0061

ตารางที่ 5.46 ข) : ข้อมูลการไหลของกำลังไฟฟ้า

Line No.	From bus i	To bus j	Flow from bus i to bus j			Flow from bus j to bus i			Line loss	
			$P_{ij}$ (pu)	$Q_{ij}$ (pu)	$ S_{ij} $ (pu)	$P_{ji}$ (pu)	$Q_{ji}$ (pu)	$ S_{ji} $ (pu)	$P_{loss}$ (pu)	$Q_{loss}$ (pu)
1	1	2	0.0327	-0.0383	0.0604	-0.0326	-0.0066	0.0331	0.0001	0.0439
2	1	4	0.2524	0.2478	0.3537	-0.2462	-0.2646	0.3614	0.0062	0.0168
3	1	5	0.2148	0.1363	0.2544	-0.2094	-0.1782	0.275	0.0054	0.0419
4	2	3	0.062	-0.1287	0.1429	-0.0614	0.0643	0.0889	0.0006	0.0645
5	2	4	0.4999	0.4025	0.6418	-0.4808	-0.3851	0.616	0.0191	0.0174
6	2	5	0.1974	0.1377	0.2406	-0.1915	-0.1616	0.2506	0.0058	0.024
7	2	6	0.185	0.1149	0.2178	-0.1816	-0.1581	0.2408	0.0035	0.0432
8	3	5	0.2106	0.2192	0.304	-0.1995	-0.2482	0.3184	0.0111	0.0289
9	3	6	0.1988	0.582	0.615	-0.192	-0.5694	0.6009	0.0068	0.0125
10	4	5	0.0271	-0.0504	0.0672	-0.0269	-0.0272	0.0382	0.0002	0.0776
11	5	6	-0.0727	-0.0848	0.1117	0.0735	0.0276	0.0785	0.0009	0.0573

ตารางที่ 5.46 ค) : ตารางสรุป

	P (pu)	Q (pu)
Total generation	2.260	1.732
Load level	2.200	2.100
Power loss in wheeler system	0.060	0.388
Total production cost of wheeler system (TPC)	3237.760	บาท/ห
Wheeling rate	-0.139	บาท/MWh
Wheeling cost	-6.97	บาท/ห
Chang in total production cost of wheeler system	-12.069	บาท/ห

### วิเคราะห์ผลการทดสอบ กรณี 5.2.2.3

จากตารางที่ 5.40 ถึงตารางที่ 5.46 พบว่า ผลที่ได้จากการคำนวณ กรณีการทำ backward flow ขนาด 50 MW เมื่อรวมขีดจำกัดสายส่ง ที่ระดับโหลดตั้งแต่ 160 MW ถึง 220 MW ให้ผลไม่ต่างจาก กรณีการทำ backward flow กรณีไม่รวมเงื่อนไขขีดจำกัดสายส่งแต่อย่างใด

ทั้งนี้สามารถวิเคราะห์ในทางคณิตศาสตร์ได้ว่า ผลของเงื่อนไขบังคับสมการที่พิจารณาร่วมเข้ามาไม่ได้เกิดการ violate หรือไม่เกิดการ active แต่อย่างใด ดังนั้นกรณีมีเงื่อนไขบังคับสมการอยู่ร่วมในการพิจารณาจึงให้ผลไม่ต่างไปจากการไม่มีเงื่อนไขบังคับสมการอยู่ร่วมในการพิจารณา

หรือหากพิจารณาในแง่ของการไหลของกำลังไฟฟ้า แล้ว จะพบว่าการทำ backward flow ช่วยให้การกระจายการจัดสรรกำลังผลิต และ การกระจายการจ่ายโหลดเป็นไปอย่างทั่วถึง ดังนั้นเมื่อพิจารณาแนวโน้มของการไหลของกำลังไฟฟ้าในสายส่งแต่ละเส้น จึงพบว่าขนาดของกำลังไฟฟ้า  $|P_{ij}|$ ,  $|Q_{ij}|$ ,  $|S_{ij}|$ ,  $|P_{ji}|$ ,  $|Q_{ji}|$  และ  $|S_{ji}|$  ที่ไหลระหว่างสายส่งแต่ละเส้นมีแนวโน้มและมีค่าลดลงโดยทำการเปรียบเทียบระหว่างตารางที่ 27 ข) ถึง ตารางที่ 33 ข) กับ ตารางที่ 40 ข) ถึงตารางที่ 46 ข)



### 5.3 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากการคำนวณระหว่างกรณีไม่รวมเงื่อนไขขีดจำกัดสายส่งและกรณีรวมเงื่อนไขขีดจำกัดสายส่ง

จากตารางที่ 5.6 ถึง ตารางที่ 5.46 เมื่อนำมาสรุปรวมในแต่ละกรณีเพื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างกันจะได้ดังตารางที่ 5.47 ถึง 5.49 ดังนี้

ตารางที่ 5.47 การเปรียบเทียบกรณีพื้นฐาน

Load (MW)	กรณีไม่รวมเงื่อนไขขีดจำกัดสายส่ง				กรณีรวมเงื่อนไขขีดจำกัดสายส่ง			
	$ S_{3\phi} $ (MVA)	Power loss (MW)	TPC (บาท/ห)	SRMTC (บาท/ MWh)	$ S_{3\phi} $ (MVA)	Power loss (MW)	TPC (บาท/ห)	SRMTC (บาท/ MWh)
160	69.55	5.1	2520.447	0.22	69.55	5.1	2520.447	0.22
170	70.65	5.4	2639.82	0.234	70.65	5.4	2639.82	0.234
180	71.33	5.7	2769.497	0.246	71.33	5.7	2769.497	0.246
190	74.45	5.9	2879.893	0.281	74.45	5.9	2879.893	0.281
200	76.72	6.3	3002.937	0.296	76.72	6.3	3002.937	0.296
210	77.59	6.7	3126.362	0.308	77.59	6.7	3126.362	0.308
220	82.14	7.0	3249.819	0.345	82.14	7.0	3249.819	0.345

ตารางที่ 5.48 การเปรียบเทียบกรณีการทำ forward flow

Load (MW)	กรณีไม่รวมเงื่อนไขขีดจำกัดสายส่ง						กรณีรวมเงื่อนไขขีดจำกัดสายส่ง					
	$ S_{3\phi} $ (MVA)	Power loss (MW)	TPC (บาท/ห)	$\hat{\omega}$ (บาท/ MWh)	$\omega_C$ (บาท/ห)	$\Delta TPC$ (บาท/ห)	$ S_{3\phi} $ (MVA)	Power loss (MW)	TPC (บาท/ห)	$\hat{\omega}$ (บาท/ MWh)	$\omega_C$ (บาท/ห)	$\Delta TPC$ (บาท/ห)
160	95.86	6.5	2536.47	0.423	21.15	16.030	95.86	6.5	2536.47	0.423	21.15	16.030
170	97.39	6.9	2656.6	0.439	21.95	16.779	97.39	6.9	2656.6	0.439	21.95	16.779
180	98.57	7.2	2776.85	0.462	22.80	17.375	98.57	7.2	2776.85	0.462	22.80	17.375
190	103.93	7.6	2899.13	0.491	24.55	19.244	100.00	7.7	2904.63	2.154	107.70	24.745
200	105.5	8	3022.98	0.508	25.40	20.046	100.00	8.2	3033.67	2.867	142.85	30.740
210	106.681	8.4	3147.04	0.522	26.10	20.681	100.00	8.6	3136.31	3.097	154.85	34.951
220*	112.35	8.9	3272.46	0.563	28.15	22.641	*	*	*	*	*	*

\* ที่ระดับโหลด 220 MW กรณีการทำ forward flow แบบรวมเงื่อนไขขีดจำกัดสายส่งได้ทำการทดสอบแล้วแต่ไม่สามารถหาคำตอบที่ต้องการได้เนื่องจากโปรแกรมเกิดการ overflow ดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น

ตารางที่ 5.49 การเปรียบเทียบกรณีการทำ backward flow

Load	กรณีไม่รวมเงื่อนไขขีดจำกัดสายส่ง						กรณีรวมเงื่อนไขขีดจำกัดสายส่ง					
	$ S_{3s} $	Power loss	TPC	$\hat{\omega}$	$\omega_C$	$\Delta TPC$	$ S_{3s} $	Power loss	TPC	$\hat{\omega}$	$\omega_C$	$\Delta TPC$
(MW)	(MVA)	(MW)	(บาท/ห)	(บาท/ MWh)	(บาท/ห)	(บาท/ห)	(MVA)	(MW)	(บาท/ห)	(บาท/ MWh)	(บาท/ห)	(บาท/ห)
160	57.81	4.5	2514.276	-0.028	-1.40	-6.171	57.81	4.5	2514.276	-0.028	-1.40	-6.171
170	57.94	4.8	2632.994	-0.04	-2.00	-6.826	57.94	4.8	2632.994	-0.04	-2.00	-6.826
180	57.62	5	2752.13	-0.05	-2.50	-7.347	57.62	5	2752.13	-0.05	-2.50	-7.347
190	58.87	5.1	2870.854	-0.082	-4.10	-9.039	58.87	5.1	2870.854	-0.082	-4.10	-9.039
200	59.33	5.5	2993.196	-0.095	-4.75	-9.741	59.33	5.5	2993.196	-0.095	-4.75	-9.741
210	59.32	5.8	3116.055	-0.106	-5.30	-10.297	59.32	5.8	3116.055	-0.106	-5.30	-10.297
220	61.50	6	3237.75	-0.139	-6.95	-12.069	61.50	6	3237.75	-0.139	-6.95	-12.069

จากตารางที่ 5.47 ถึง 5.49 สามารถวิเคราะห์โดยสรุปรวมได้ ดังนี้

### 5.3.1 กรณีพื้นฐาน

จากตารางที่ 5.47 พบว่าผลลัพธ์ที่ได้ระหว่างกรณีไม่รวมเงื่อนไขสายส่งและกรณีรวมเงื่อนไขสายส่ง ต่างก็ให้ผลเหมือนกันทั้งนี้อธิบายได้ว่า

ที่ทุกระดับค่าโหลดตั้งแต่ 160 MW ถึง 220 MW ค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏที่โหลอยู่ระหว่างสายส่งเส้น 3-6 ไม่เกินขีดจำกัดของสายส่ง ดังนั้น เงื่อนไขบังคับข้อสมการที่ (4.13) จึงไม่ violate หรือกล่าวอีกอย่างก็คือ เงื่อนไขบังคับข้อสมการที่ (4.13) ไม่เกิดการ active ทำให้ผลที่ได้จากการแก้ปัญหาทั้งกรณีสองให้ผลเท่ากัน

### 5.3.2 กรณีการทำ forward flow

จากตารางที่ 5.48 พบว่าที่ระดับค่าโหลดตั้งแต่ 160 MW ถึง 180 MW ผลการคำนวณให้ผลของค่าต่างๆ เหมือนกัน แต่พอระดับค่าโหลดเพิ่มเป็น 190 MW ถึง 210 MW ค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏที่โหลในสายส่งเส้น 3-6 เริ่มมากกว่า 100 MVA ดังนั้นจึงทำให้ผลที่ได้จากการคำนวณกรณีที่ไม่รวมเงื่อนไขขีดจำกัดสายส่ง เปรียบเทียบกับกรณีรวมเงื่อนไขขีดจำกัดสายส่งให้ผลต่างกัน สำหรับที่ระดับค่าโหลด 220 MW กรณีไม่รวมเงื่อนไขขีดจำกัดสายส่งสามารถคำนวณต่อไปได้ตามปกติ แต่ค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏที่โหลระหว่างสายส่งเส้นที่ 3-6 มีค่ามากคือ เท่ากับ 112.35 MVA ส่วนในกรณีที่มีรวมเงื่อนไขขีดจำกัดจะไม่สามารถหาจุดทำงานต่อไปได้ ทั้งนี้ขออธิบายได้ว่าที่ระดับโหลดค่าดังกล่าวเกิดการ violate ของเงื่อนไขบังคับข้อสมการที่ (4.13) อย่างรุนแรง จนเกินกว่าที่ระบบไฟฟ้าคนกลางจะสามารถจัดสรรกำลังการผลิตให้ดำเนินงานต่อไปได้ ในการอธิบาย

ทางคณิตศาสตร์ก็คือ การทำออปติไมซ์ ณ จุด ดังกล่าวเกิดการลู่ออกนอกขอบเขตที่ยอมรับได้ (infeasible region)

### 5.3.3 กรณีการทำ backward flow

จากตารางที่ 5.49 พบว่าที่ทุกระดับค่าโหลดคือตั้งแต่ 160 MW ถึง 220 MW ในกรณีไม่รวมเงื่อนไขขีดจำกัดและกรณีที่รวมเงื่อนไขขีดจำกัด ค่าต่างๆ ที่คำนวณได้ต่างก็ให้ผลเหมือนกัน ทั้งนี้อธิบายได้ว่าการขนส่งกำลังไฟฟ้าในทิศทางย้อนกลับ เปรียบเสมือนเป็นการเกลี่ยโหลดในระบบไฟฟ้าให้มีความสม่ำเสมอมากยิ่งขึ้น และเมื่อพิจารณาค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏที่โหลดในสายส่งเส้น 3-6 ทุกกรณีต่างก็ไม่เกิดการ violate ดังนั้นกรณีรวมของเงื่อนไขขีดจำกัดสายส่ง จึงไม่แตกต่างไปจากกรณีไม่รวมขีดจำกัดของสายส่งแต่อย่างใด

### 5.3.4 การพิจารณาอัตราค่าใช้จ่ายและค่าใช้จ่ายในการขนส่งกำลังไฟฟ้า โดยผ่านระบบไฟฟ้าคนกลาง

กรณีพื้นฐานอัตราค่าขนส่งกำลังไฟฟ้าโดยผ่านระบบไฟฟ้าคนกลางจะไม่มี ความหมาย เพราะไม่มีกำลังไฟฟ้าขนส่งผ่าน แต่ค่าที่จะพิจารณาในกรณีพื้นฐานก็คือ ค่า SRMTC ซึ่งความหมายของค่านี้ใกล้เคียงกับอัตราค่าขนส่งกำลังไฟฟ้าโดยผ่านระบบไฟฟ้าคนกลาง เพียงแต่ค่าดังกล่าวเป็นอัตราค่าขนส่งกำลังไฟฟ้าภายในระบบของตนเองจากบัส 3 ไปยังบัส 6 เท่านั้น และการคำนวณค่า SRMTC กับอัตราค่าขนส่งกำลังไฟฟ้าโดยผ่านระบบไฟฟ้าคนกลาง มีสมการคณิตศาสตร์เป็นสูตรเดียวกัน ดังสมการที่ (5.1)

การเปรียบเทียบอัตราค่าขนส่งกำลังไฟฟ้าโดยผ่านระบบไฟฟ้าคนกลาง ในตารางที่ 5.48 พบว่าเมื่อระดับโหลด 190 MW อัตราค่าขนส่งกำลังไฟฟ้าโดยผ่านระบบไฟฟ้าคนกลาง สำหรับกรณีรวมเงื่อนไขสายส่งมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมาก เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีไม่รวมเงื่อนไขขีดจำกัดสายส่ง ทั้งนี้อธิบายได้ว่าที่ระดับค่าโหลด 190 MW ขึ้นไป สายส่งเส้น 3-6 เกิดการ overload ทำให้เงื่อนไขข้อสมการที่ (4.13) เกิดการ violate ทำให้ระบบไฟฟ้าคนกลางต้องจัดสรรการผลิตใหม่ให้ระบบยังคงทำงานต่อไปได้ ยังผลให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่มีต้นทุนการผลิตต่อหน่วยสุดท้ายสูงกว่าต้องทำการผลิตเพิ่มขึ้น ในขณะที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่มีค่าต้นทุนการผลิตต่อหน่วยสุดท้ายต่ำกว่าแต่ยังสามารถผลิตต่อไปได้ ไม่สามารถผลิตได้เพิ่มขึ้น ดังนั้นกรณีนี้จะพบว่า การจัดสรรการผลิตจะไม่เป็นไปตามหลักการเท่ากันของแลมดา ซึ่งตรงกับสภาวะการทำงานจริงๆ ในทางปฏิบัติ กล่าวคือ เมื่อต้องทำการเปรียบเทียบเป้าหมายการผลิตเพื่อให้ระบบมีความมั่นคง กับ เป้าหมายการผลิตที่ค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด จำเป็นที่จะต้องเลือกเป้าหมายการผลิตเพื่อให้ระบบมีความมั่นคงมาก่อน และเมื่อระบบไฟฟ้ายังคงทำงานต่อไปได้ จึงค่อยพยายามปรับการจัดสรรการผลิตให้ต่ำสุดเท่าที่จะเป็นไปได้

ต่อไปพิจารณาอัตราค่าขนส่งกำลังไฟฟ้าโดยผ่านระบบไฟฟ้าคนกลางในกรณี forward flow ค่าอัตราในการขนส่งกำลังไฟฟ้าเป็นบวก ทั้งนี้เพราะ ทิศทางการขนส่งกำลังไฟฟ้า ดังกล่าวมีผลให้ค่าใช้จ่ายในการผลิตรวมของระบบไฟฟ้าคนกลางเพิ่มขึ้น ดังสังเกตได้จากค่า  $\Delta TPC$  ในตารางที่ 5.48 มีค่าเป็นบวก ซึ่งวิเคราะห์ต่อไปได้ว่า คู่สัญญาซื้อขายไฟฟ้าที่ผ่านระบบไฟฟ้าคนกลางจะต้องจ่ายชดเชยค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นให้แก่ระบบไฟฟ้าคนกลาง อย่างน้อยเท่ากับ  $\Delta TPC$  หรือถ้าหากจะจ่ายให้กับระบบไฟฟ้าคนกลางเท่ากับ  $\omega_c$  ก็จะทำให้ระบบไฟฟ้าคนกลาง มีกำไรเท่ากับ  $\omega_c - \Delta TPC$

ส่วนในกรณี backward flow พบว่าค่าอัตราในการขนส่งกำลังไฟฟ้าโดยผ่านระบบไฟฟ้าคนกลางเป็นลบ ก็เพราะการขนส่งในทิศทางดังกล่าวช่วยให้ระบบไฟฟ้าคนกลางมีต้นทุนค่าใช้จ่ายในการผลิตรวมลดลง ดังสังเกตได้จากค่า  $\Delta TPC$  ในตารางที่ 5.49 มีค่าเป็นลบ ซึ่งวิเคราะห์ต่อไปได้ว่า ระบบไฟฟ้าคนกลางควรจะต้องจ่ายเงินให้แก่คู่สัญญาซื้อขายไฟฟ้าที่ผ่านระบบไฟฟ้าคนกลางอย่างมากไม่เกิน  $|\Delta TPC|$  หรือหรือถ้าหากระบบไฟฟ้าคนกลางจะจ่ายเงินให้แก่คู่สัญญาซื้อขายเท่ากับ  $|\omega_c|$  ก็จะทำให้ระบบไฟฟ้าคนกลาง มีกำไรเท่ากับ  $|\omega_c - \Delta TPC|$

### 5.3.5 การพิจารณากำลังไฟฟ้าสูญเสียภายในระบบไฟฟ้าคนกลางที่เปลี่ยนแปลงไป

พบว่าการขนส่งกำลังไฟฟ้าทั้งในกรณีที่รวมเงื่อนไขขีดจำกัดสายส่งและกรณีไม่รวมเงื่อนไขขีดจำกัดสายส่ง เมื่อพิจารณาในทิศทาง forward flow จะพบว่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียรวมทั้งระบบมีค่ามากกว่ากรณีพื้นฐาน แต่กรณี backward flow พบว่า กำลังไฟฟ้าสูญเสียรวมทั้งระบบได้ลดลงเมื่อเทียบกับกรณีพื้นฐาน ทั้งนี้อธิบายได้ที่เกิดจากการไหลของกำลังไฟฟ้าที่ทำการขนส่ง ( $P_B$ ) ในทิศทาง forward flow จะไหลไปในทิศทางเดียวกันกับการจ่ายโหลดเดิมของระบบในกรณีพื้นฐาน แต่การไหลของกำลังไฟฟ้าที่ทำการขนส่งในทิศทาง backward flow จะไหลในทิศทางสวนกับการจ่ายโหลดเดิมของระบบในกรณีพื้นฐาน ดังนั้นจึงเปรียบเทียบเสมือนเป็นการกระจายการจ่ายกำลังไฟฟ้าภายในระบบได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย