



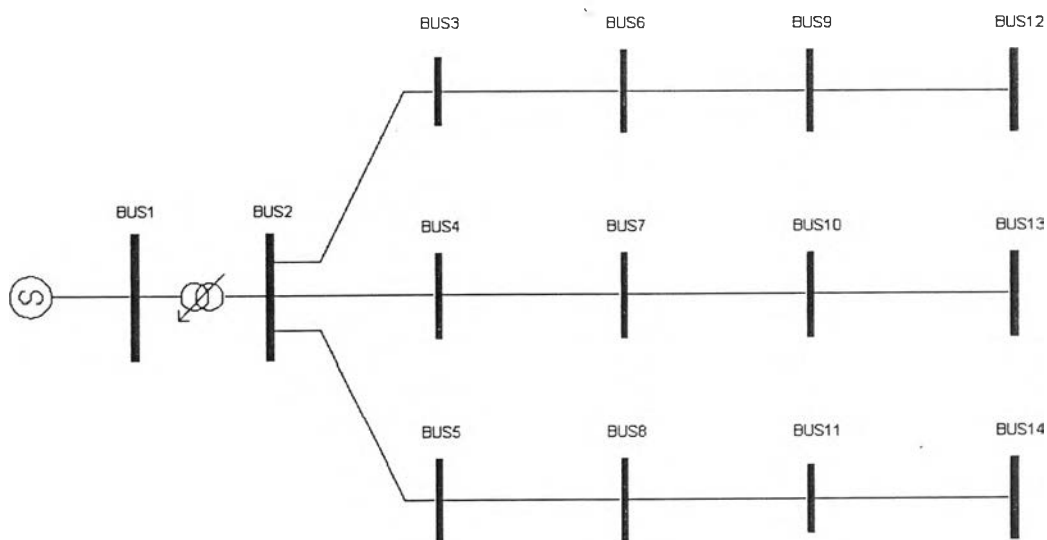
บทที่ 5

การประเมินแรงดันตกชั่วขณะเมื่อใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่พัฒนาขึ้นทำการประเมินระบบจริง

เพื่อเป็นการตรวจสอบค่าความถูกต้องในการคำนวณของโปรแกรมประเมินแรงดันตกชั่วขณะ (Voltage sags assessment program, VSA) ที่ได้ทำการพัฒนาขึ้น ก่อนทำการประเมินระบบจริงจึงทำการเปรียบเทียบผลการคำนวณค่ากระแสฟอลต์ของทุกบัส และค่าแรงดันขณะเกิดฟอลต์ ณ ตำแหน่งที่สนใจ จากระบบทดสอบที่ได้สมมติขึ้นกับโปรแกรมประยุกต์ PSS-ADEPT ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ได้รับการยอมรับและใช้งานในการวิเคราะห์ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในปัจจุบัน

5.1 การตรวจสอบค่าความถูกต้องในการคำนวณของโปรแกรม

ระบบทดสอบ 14 บัส ที่ได้ทำการสมมติขึ้นมีแผนผังวงจรเส้นเดียวดังรูปที่ 5.1 และรายละเอียดข้อมูลของระบบดัง ตารางที่ 5.1



รูปที่ 5.1 แผนผังวงจรเส้นเดียวของระบบทดสอบ 14 บัส

ตารางที่ 5.1 ข้อมูลของระบบทดสอบ 14 บัส

อุปกรณ์	บัส	ระยะทาง (km)	แรงดัน (kV)	R1 (Ohm/km)	X1 (Ohm/km)	R0 (Ohm/km)	X0 (Ohm/km)
แหล่งจ่าย	0-1	Y Ground	115	0.01	0.04	0.01	0.04
หม้อแปลง	1-2	YG-YG	22	0.035	0.035	0.005	0.005
สาย	2-3	10	22	0.66668	0.39134	0.96268	2.73072
สาย	2-4	10	22	0.64015	0.37985	0.78815	1.60667
สาย	2-5	10	22	0.93663	0.38689	1.08433	1.61371
สาย	3-6	10	22	0.66668	0.39134	0.96268	2.73072
สาย	4-7	10	22	0.64015	0.37985	0.78815	1.60667
สาย	5-8	10	22	0.93663	0.38689	1.08433	1.61371
สาย	6-9	10	22	0.66668	0.39134	0.96268	2.73072
สาย	7-10	10	22	0.64015	0.37985	0.78815	1.60667
สาย	8-11	10	22	0.93663	0.38689	1.08433	1.61371
สาย	9-12	10	22	0.66668	0.39134	0.96268	2.73072
สาย	10-13	10	22	0.64015	0.37985	0.78815	1.60667
สาย	11-14	10	22	0.93663	0.38689	1.08433	1.61371

การตรวจสอบผลการคำนวณจากระบบทดสอบ 14 บัส จะทำการเปรียบเทียบโดยทำการจำลองการเกิดฟอลต์ทุกแบบขึ้นที่บัสอื่นทีละบัส จนครบทุกบัส สำหรับค่าที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบคือ ค่ากระแสฟอลต์ที่ตำแหน่งเกิดฟอลต์ และค่าแรงดันขณะเกิดฟอลต์ ณ ตำแหน่งบัสที่สนใจ ซึ่งจะกำหนดให้บัสที่ 7 เป็นตำแหน่งที่สนใจแล้วทำการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนจะเป็นดังสมการที่ (5.1) และผลการเปรียบเทียบแสดงได้ดังตารางที่ 5.2 – ตารางที่ 5.5

$$\text{ค่าความคลาดเคลื่อน} = \left| \text{ค่าจากโปรแกรมPSS - ADEPT} - \text{ค่าจากโปรแกรมVSA} \right| \quad (5.1)$$

ตารางที่ 5.2 การเปรียบเทียบผลการคำนวณกรณีฟอลต์แบบสมมาตร (เฟส ABC)

ตำแหน่ง ฟอลต์	กระแสฟอลต์ (กิโลแอมป์)		ค่าความ คลาดเคลื่อน	แรงดันเฟส ABC ที่บัส 7 ขณะเกิดฟอลต์ (เปอร์เซ็นต์)		ค่าความ คลาดเคลื่อน
	PSS-ADEPT	VSA		PSS-ADEPT	VSA	
บัส 1	12.176333	12.176349	0.000016	0.000000	0.000000	0.000000
บัส 2	30.004385	30.004471	0.000086	0.000002	0.000000	0.000002
บัส 3	1.567212	1.567213	0.000001	0.953837	0.953838	0.000001
บัส 4	1.624513	1.624514	0.000001	0.000000	0.000000	0.000000
บัส 5	1.212361	1.212363	0.000002	0.967267	0.967268	0.000001
บัส 6	0.802182	0.802183	0.000001	0.976449	0.976450	0.000001
บัส 7	0.832290	0.832290	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
บัส 8	0.616311	0.616311	0.000000	0.983432	0.983433	0.000001
บัส 9	0.539029	0.539030	0.000001	0.984193	0.984194	0.000001
บัส 10	0.559439	0.559439	0.000000	0.327851	0.327851	0.000000
บัส 11	0.413162	0.413163	0.000001	0.988910	0.988910	0.000000
บัส 12	0.405879	0.405879	0.000000	0.988104	0.988105	0.000001
บัส 13	0.421315	0.421315	0.000000	0.493810	0.493810	0.000000
บัส 14	0.310735	0.310735	0.000000	0.991665	0.991666	0.000001

ตารางที่ 5.3 การเปรียบเทียบผลการคำนวณกรณีฟอลต์ลงดินเส้นเดียว (เฟส A)

ตำแหน่ง ฟอลต์	กระแสฟอลต์ (กิโลแอมป์)		ค่าความ คลาดเคลื่อน	แรงดันเฟส A ที่บัส 7 ขณะเกิดฟอลต์ (เปอร์เซ็นต์)		ค่าความ คลาดเคลื่อน
	PSS-ADEPT	VSA		PSS-ADEPT	VSA	
บัส 1	12.176333	12.176349	0.000016	0.000000	0.000000	0.000000
บัส 2	35.548149	35.548268	0.000119	0.000003	0.000000	0.000003
บัส 3	0.885355	0.885356	0.000001	0.975181	0.975181	0.000000
บัส 4	1.173348	1.173349	0.000001	0.000000	0.000000	0.000000
บัส 5	0.977047	0.977048	0.000001	0.974603	0.974603	0.000000
บัส 6	0.448240	0.448241	0.000001	0.987435	0.987435	0.000000
บัส 7	0.596280	0.596281	0.000001	0.000000	0.000000	0.000000
บัส 8	0.494814	0.494814	0.000000	0.987152	0.987152	0.000000
บัส 9	0.300084	0.300084	0.000000	0.991588	0.991589	0.000001
บัส 10	0.399700	0.399701	0.000001	0.329678	0.329678	0.000000
บัส 11	0.331296	0.331296	0.000000	0.991401	0.991401	0.000000
บัส 12	0.225537	0.225537	0.000000	0.993678	0.993678	0.000000
บัส 13	0.300600	0.300600	0.000000	0.495877	0.495877	0.000000
บัส 14	0.249007	0.249007	0.000000	0.993538	0.993538	0.000000

ตารางที่ 5.4 การเปรียบเทียบผลการคำนวณกรณีฟอลต์สองเส้น (เฟส B-C)

ตำแหน่ง ฟอลต์	กระแสฟอลต์ (กิโลแอมป์)		ค่าความ คลาดเคลื่อน	แรงดันเฟส B ที่บัส 7 ขณะเกิดฟอลต์ (เปอร์เซ็นต์)		ค่าความ คลาดเคลื่อน
	PSS-ADEPT	VSA		PSS-ADEPT	VSA	
บัส 1	10.545015	10.545027	0.000012	0.500000	0.500000	0.000000
บัส 2	25.984586	25.984634	0.000048	0.499999	0.500000	0.000001
บัส 3	1.357245	1.357246	0.000001	0.976229	0.976230	0.000001
บัส 4	1.406870	1.406870	0.000000	0.500000	0.500000	0.000000
บัส 5	1.049935	1.049936	0.000001	0.985840	0.985841	0.000001
บัส 6	0.694710	0.694711	0.000001	0.987887	0.987887	0.000000
บัส 7	0.720784	0.720784	0.000000	0.500000	0.500000	0.000000
บัส 8	0.533741	0.533741	0.000000	0.992866	0.992866	0.000000
บัส 9	0.466813	0.466813	0.000000	0.991873	0.991873	0.000000
บัส 10	0.484488	0.484488	0.000000	0.577173	0.577173	0.000000
บัส 11	0.357809	0.357809	0.000000	0.995232	0.995233	0.000001
บัส 12	0.351501	0.351501	0.000000	0.993885	0.993886	0.000001
บัส 13	0.364869	0.364869	0.000000	0.660104	0.660105	0.000001
บัส 14	0.269105	0.269105	0.000000	0.996419	0.996420	0.000001

ตารางที่ 5.5 การเปรียบเทียบผลการคำนวณกรณีฟอลต์ลงดินสองเส้น (เฟส B-C)

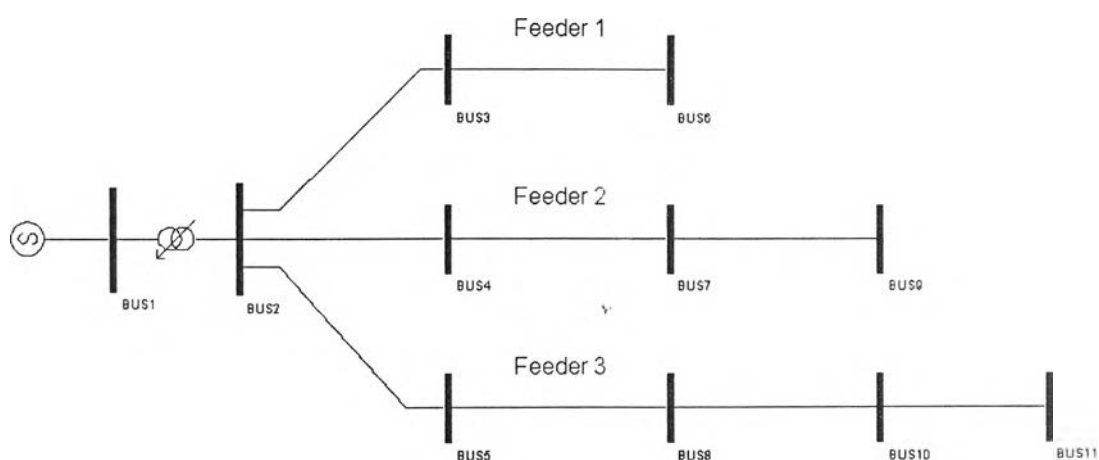
ตำแหน่ง ฟอลต์	กระแสฟอลต์ (กิโลแอมป์)		ค่าความ คลาดเคลื่อน	แรงดันเฟส B ที่ บัส 7 ขณะเกิดฟอลต์ (เปอร์เซ็นต์)		ค่าความ คลาดเคลื่อน
	PSS-ADEPT	VSA		PSS-ADEPT	VSA	
บัส 1	12.176331	12.176349	0.000018	0.000000	0.000000	0.000000
บัส 2	31.917698	31.917936	0.000238	0.000005	0.000000	0.000005
บัส 3	1.216411	1.216411	0.000000	0.972696	0.972696	0.000000
บัส 4	1.274023	1.274024	0.000001	0.000000	0.000000	0.000000
บัส 5	0.947463	0.947464	0.000001	0.979161	0.979161	0.000000
บัส 6	0.621921	0.621921	0.000000	0.986160	0.986160	0.000000
บัส 7	0.650698	0.650698	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
บัส 8	0.479911	0.479911	0.000000	0.989534	0.989534	0.000000
บัส 9	0.417745	0.417746	0.000001	0.990731	0.990731	0.000000
บัส 10	0.436920	0.436920	0.000000	0.329796	0.329796	0.000000
บัส 11	0.321330	0.321330	0.000000	0.993012	0.993013	0.000001
บัส 12	0.314495	0.314495	0.000000	0.993032	0.993033	0.000001
บัส 13	0.328872	0.328872	0.000000	0.496011	0.496012	0.000001
บัส 14	0.241520	0.241520	0.000000	0.994755	0.994756	0.000001

จากผลการเปรียบเทียบจะเห็นได้ว่าโปรแกรม VSA ที่ได้พัฒนาขึ้นมีค่าผลการคำนวณที่ได้ใกล้เคียงกับผลจากโปรแกรม PSS-ADEPT โดยความคลาดเคลื่อนอยู่บ้างเล็กน้อย

5.2 การประเมินระบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของการเกิดแรงดันตกชั่วขณะ

การวิเคราะห์จะทำการจำลองระบบขึ้นจากนั้นจึงใช้โปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นทำการประเมินแรงดันตกชั่วขณะเพื่อศึกษาถึงผลกระทบของการเกิดแรงดันตกชั่วขณะที่มีต่ออุปกรณ์ที่ต่ออยู่กับระบบไฟฟ้าว่าส่งผลอย่างไรบ้างในกรณีที่มีการเปลี่ยนตำแหน่งที่ตั้ง ขนาดสาย และระยะของสายป้อน โดยในการประเมินจะพิจารณาทั้งแบบค่าต่ำที่สุดใน 3 เฟส และแบบแต่ละเฟสแยกอิสระด้วย สำหรับข้อมูลของอุปกรณ์ที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของแรงดันตกชั่วขณะจะทำการจำลองขึ้นเช่นกันทั้งแบบที่มีความไวเป็นสี่เหลี่ยมมุมฉากและแบบที่ไม่เป็นสี่เหลี่ยมมุมฉาก

5.2.1 ข้อมูลของระบบที่ได้จำลองขึ้น



รูปที่ 5.2 แผนผังวงจรเส้นเดียวของระบบที่ได้จำลองขึ้น

ตารางที่ 5.6 สัดส่วนการเกิดฟอลต์แต่ละแบบของระบบที่ได้จำลองขึ้น (เป็น%)

สมมาตร	ลงดินเส้นเดียว	สองเส้น	ลงดินสองเส้น
5	70	15	10

ตารางที่ 5.7 ข้อมูลแหล่งจ่ายและหม้อแปลงของระบบที่ได้จำลองขึ้น

อุปกรณ์	บัส	รูปแบบการต่อขดลวด	แรงดัน (kV)	%X1 (100 MVA)	%X0 (100 MVA)	Fault rate (Fr/yr)
แหล่งจ่าย	0-1	Y Ground	115	10	10	0.25
หม้อแปลง	1-2	Delta-YG	22	15	15	0.5

ตารางที่ 5.8 ข้อมูลสายของระบบที่ได้จำลองขึ้น

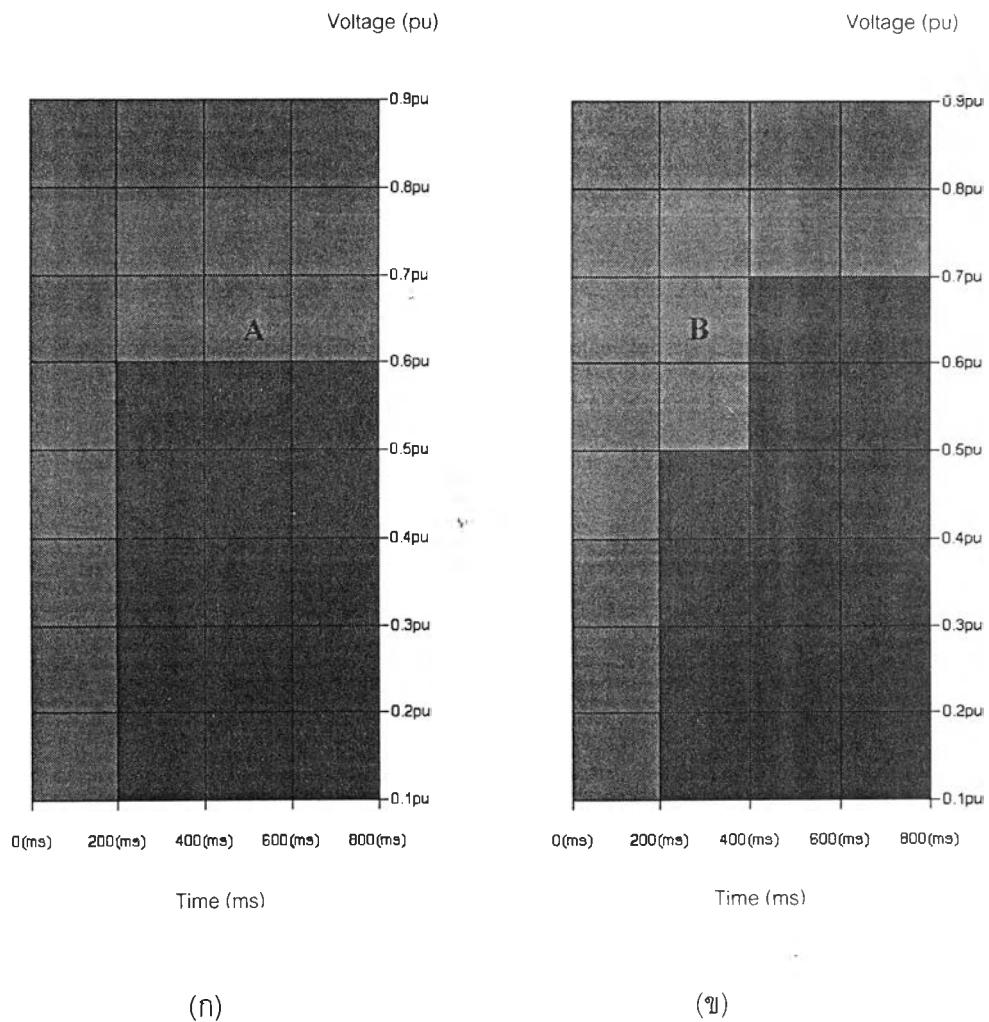
อุปกรณ์	บัส-บัส	ระยะทาง (km)	แรงดัน (kV)	ชนิดของสาย	อุปกรณ์ป้องกัน
สาย	2-3	5.0	22	L22185PICS	Relay
สาย	2-4	5.0	22	L22185PICS	Relay
สาย	2-5	5.0	22	L22185PICS	Relay
สาย	3-6	5.0	22	L22185PICS	Relay
สาย	4-7	5.0	22	L22185PICS	Relay
สาย	5-8	5.0	22	L22185PICS	Relay
สาย	7-9	5.0	22	L22185PICS	Relay
สาย	8-10	5.0	22	L22185PICS	Relay
สาย	10-11	5.0	22	L22185PICS	Relay

ตารางที่ 5.9 ข้อมูลของสายของระบบที่ได้จำลองขึ้น

ชนิดของสาย	R1 (Ohm/km)	X1 (Ohm/km)	R0 (Ohm/km)	X0 (Ohm/km)	อัตราการเกิดฟอลต์ (ครั้ง/100km/ปี)
L22_50 PICS	0.26643	0.36147	0.44987	1.53780	25
L22120PICS	0.26643	0.34869	0.41443	1.57551	25
L22185PICS	0.21435	0.33976	0.39186	1.5538	25

5.2.2 ข้อมูลของอุปกรณ์ที่ได้จำลองขึ้น

ในการศึกษาได้ทำการจำลองอุปกรณ์ที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของแรงดันตกชั่วขณะขึ้นทั้งแบบที่มีความไวเป็นสีเหลืองมมจาก (แบบ A) และแบบที่ไม่เป็นสีเหลืองมมจาก (แบบ B) ซึ่งมีรายละเอียดดังรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 (ก) อุปกรณ์ที่มีความไวเป็นสีเหลืองมมจาก (A)

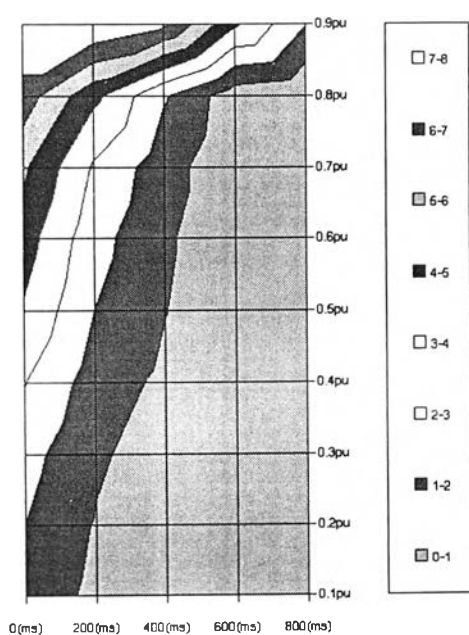
(ข) อุปกรณ์ที่มีความไวไม่เป็นสีเหลืองมมจาก (B)

5.2.3 การศึกษากรณีเปลี่ยนตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์

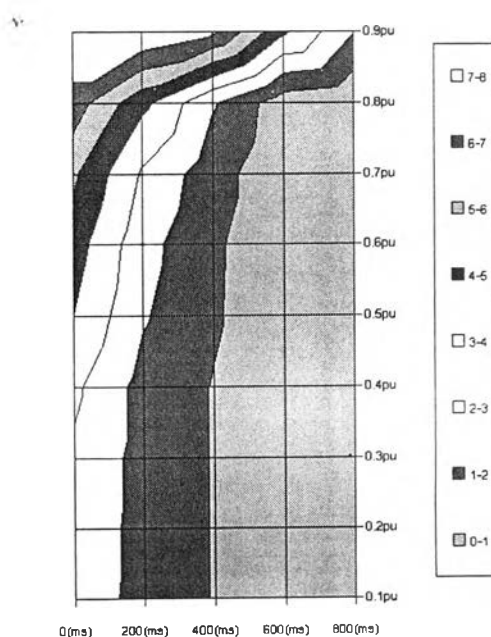
จากระบบที่ทำการจำลองขึ้นในรูปที่ 5.2 ระบบประกอบด้วยสายป้อนจำนวน 3 สายป้อนซึ่งมีความยาวต่างกัน การศึกษาจะทำการประเมินแรงดันตกชั่วขณะที่ตำแหน่งต่างๆในระบบโดยจะทำการประเมินที่บัสต้นทางเปรียบเทียบกับบัสปลายทางของแต่ละสายป้อนซึ่งผลการประเมินมีรายละเอียดดัง ตารางที่ 5.10 รูปที่ 5.4 ตารางที่ 5.11 และ รูปที่ 5.5

ตารางที่ 5.10 ผลการประเมินกรณีเปลี่ยนตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์โดยพิจารณาค่าต่ำที่สุดใน 3 เฟส

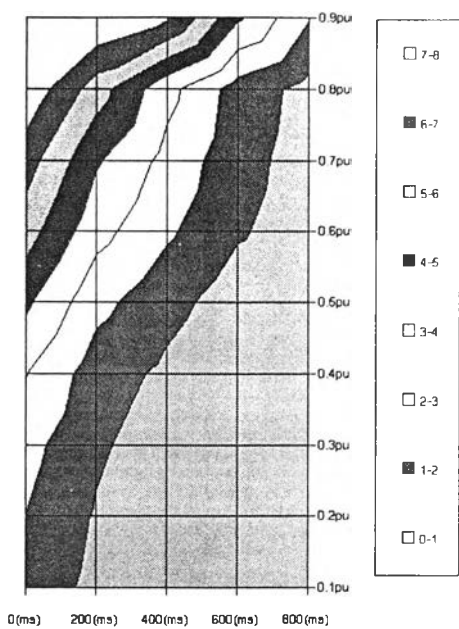
สายป้อน	ต้นทาง	อุปกรณ์ A (ครั้ง/ปี)	อุปกรณ์ B (ครั้ง/ปี)	ระยะห่าง (km)	ปลายทาง	อุปกรณ์ A (ครั้ง/ปี)	อุปกรณ์ B (ครั้ง/ปี)
Feeder 1	บัส 3	2.3494	2.3994	5	บัส 6	2.3494	2.3994
Feeder 2	บัส 4	3.3488	3.6494	10	บัส 9	3.5994	3.6494
Feeder 3	บัส 5	3.4050	4.7119	15	บัส 11	4.8494	4.8994



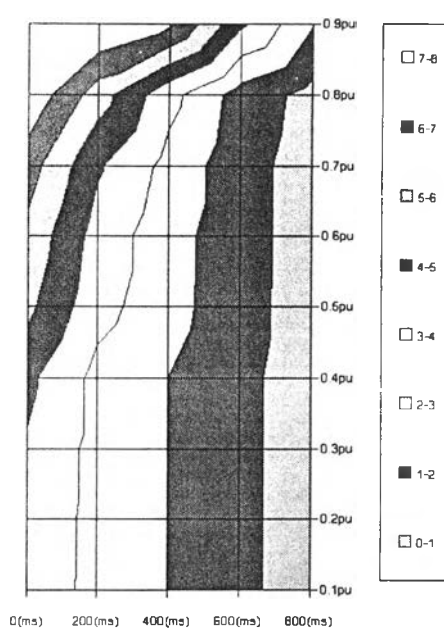
บัส 3 (ต้นทางสายป้อน 1)



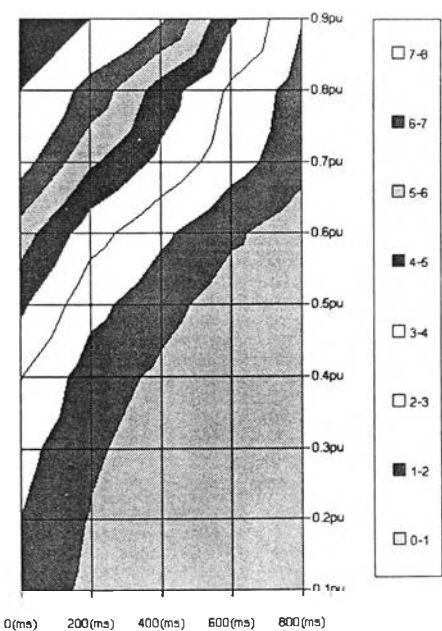
บัส 6 (ปลายทางสายป้อน 1)



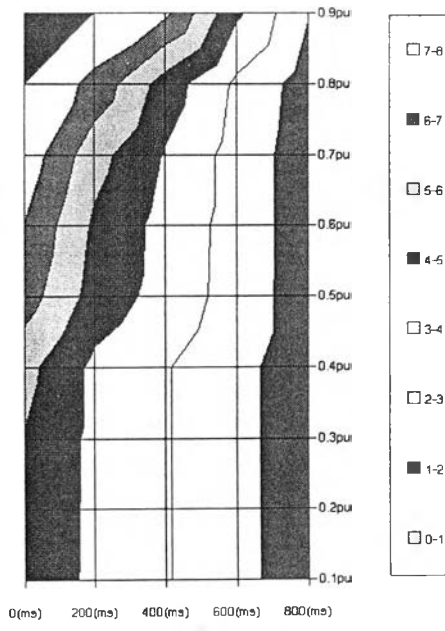
บัต 4 (ต้นทางสายป้อน 2)



บัต 9 (ปลายทางสายป้อน 2)



บัต 5 (ต้นทางสายป้อน 3)

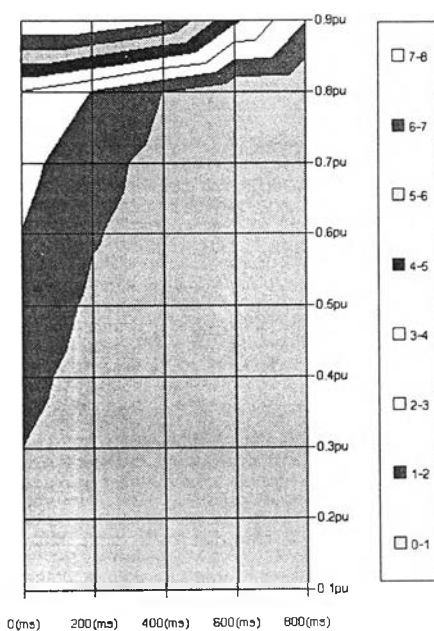


บัต 11 (ปลายทางสายป้อน 3)

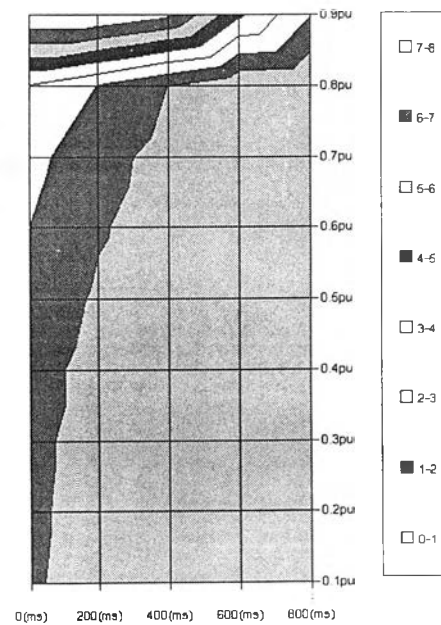
รูปที่ 5.4 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของระดับแรงดันตกชั่วขณะของแต่ละบัตกรณี พิจารณาค่าต่ำที่สุด
 ใน 3 เฟส

ตารางที่ 5.11 ผลการประเมินกรณีเปลี่ยนตำแหน่งที่ตั้งตู้อุปกรณ์โดยพิจารณาแต่ละเฟสเป็นอิสระ

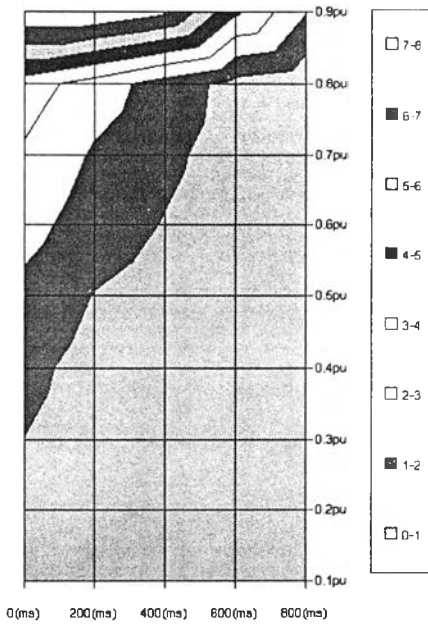
สายป้อน	ต้นทาง	อุปกรณ์ A (ครั้ง/ปี)	อุปกรณ์ B (ครั้ง/ปี)	ระยะห่าง (km)	ปลายทาง	อุปกรณ์ A (ครั้ง/ปี)	อุปกรณ์ B (ครั้ง/ปี)
Feeder 1	บัส 3	1.0679	1.0523	5	บัส 6	1.0879	1.0523
Feeder 2	บัส 4	1.4823	1.5885	10	บัส 9	1.6504	1.6148
Feeder 3	บัส 5	1.5127	2.0260	15	บัส 11	2.2129	2.1773



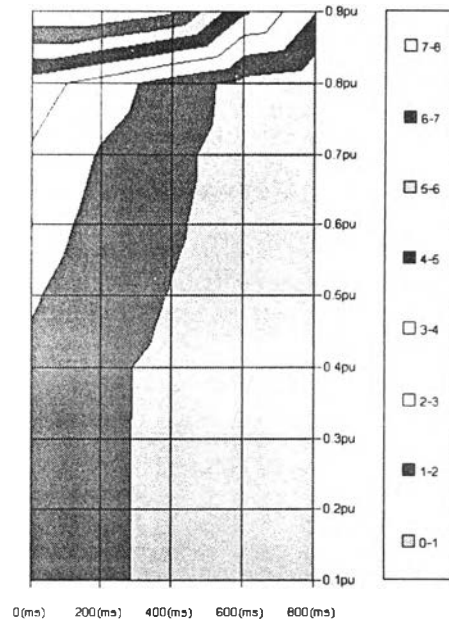
บัส 3 (ต้นทางสายป้อน 1)



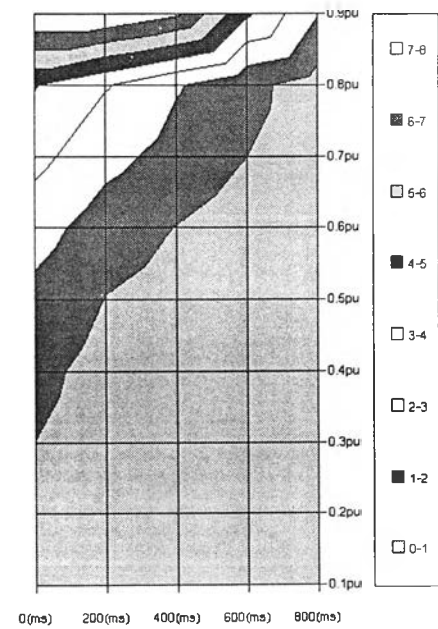
บัส 6 (ปลายทางสายป้อน 1)



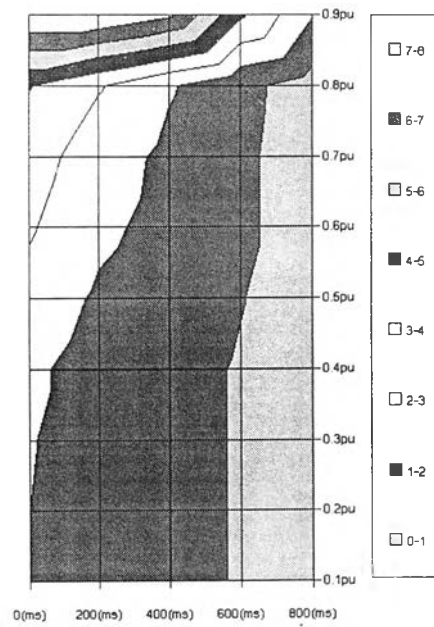
บ้ต 4 (ต้นทงสยบ้อน 2)



บ้ต 9 (ปลยทงสยบ้อน 2)



บ้ต 5 (ต้นทงสยบ้อน 3)



บ้ต 11 (ปลยทงสยบ้อน 3)

รูปที่ 5.5 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของระดับแรงดันตกชั่วขณะของแต่ละบ้ตกรณี พิจารณาแต่ละเฟสเป็นอิสระ

5.2.4 การศึกษากรณีเปลี่ยนขนาดสาย

การศึกษาจะทำการประเมินแรงดันตกชั่วขณะที่ตำแหน่งต่างๆในระบบโดยจะทำการประเมินที่บัสต้นทางเปรียบเทียบกับบัสปลายทางของแต่ละสายป้อนเช่นเดียวกับการศึกษากรณีเปลี่ยนตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์แต่จะเพิ่มการพิจารณาระบบว่ามีการเปลี่ยนขนาดสายร่วมด้วย ซึ่งทำให้ข้อมูลของระบบมีการเปลี่ยนแปลงดังตารางที่ 5.12

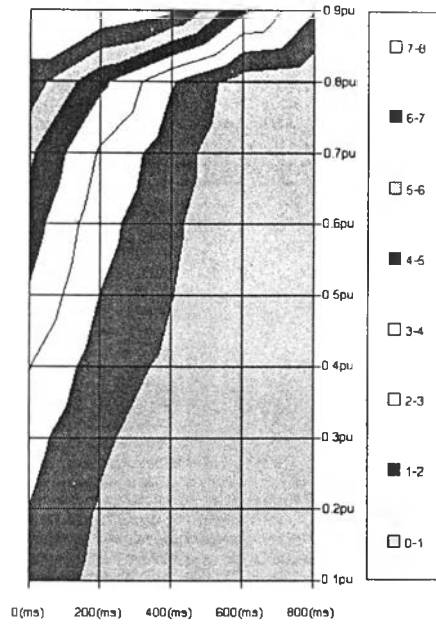
ตารางที่ 5.12 ข้อมูลสายของระบบที่มีการเปลี่ยนขนาด

อุปกรณ์	บัส-บัส	ระยะทาง (km)	แรงดัน (kV)	ชนิดของสาย (เปลี่ยนเป็น)	อุปกรณ์ป้องกัน
สาย	7-9	5.0	22	L22120PICS	Relay
สาย	8-10	5.0	22	L22120PICS	Relay
สาย	10-11	5.0	22	L22_50 PICS	Relay

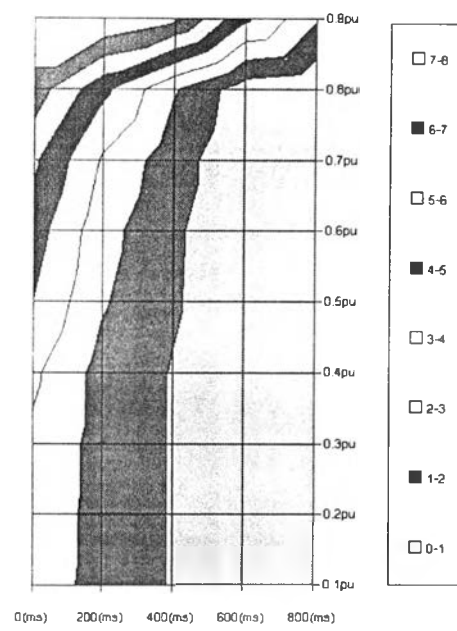
ซึ่งผลการประเมินมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 5.13 ผลการประเมินกรณีเปลี่ยนขนาดสายโดยพิจารณาค่าต่ำที่สุดใน 3 เฟส

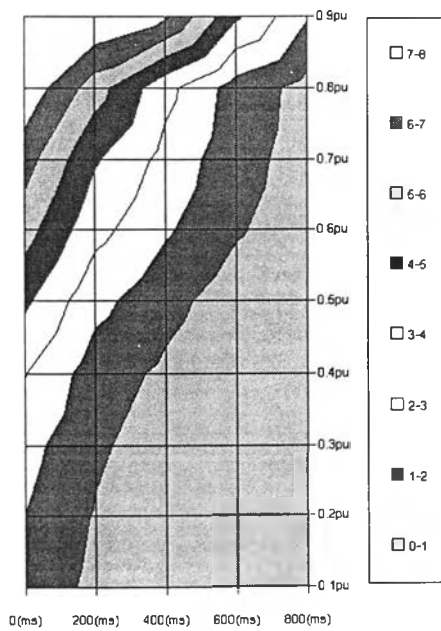
สายป้อน	ต้นทาง	อุปกรณ์ A (ครั้ง/ปี)	อุปกรณ์ B (ครั้ง/ปี)	ระยะห่าง (km)	ปลายทาง	อุปกรณ์ A (ครั้ง/ปี)	อุปกรณ์ B (ครั้ง/ปี)
Feeder 1	บัส 3	2.3494	2.3994	5	บัส 6	2.3494	2.3994
Feeder 2	บัส 4	3.3244	3.6494	10	บัส 9	3.5994	3.6494
Feeder 3	บัส 5	3.3638	4.6431	15	บัส 11	4.8494	4.8994



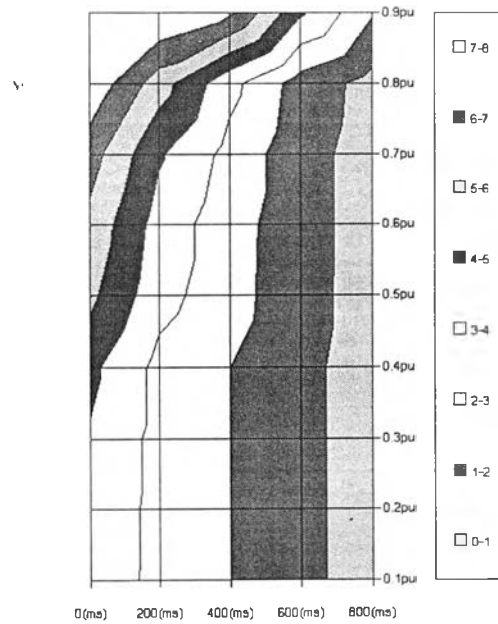
บ้ส 3 (ต้ันทงสยบ้อน 1)



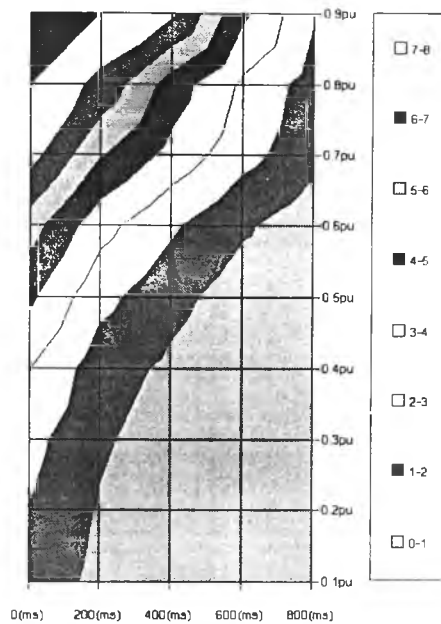
บ้ส 6 (ปลยทงสยบ้อน 1)



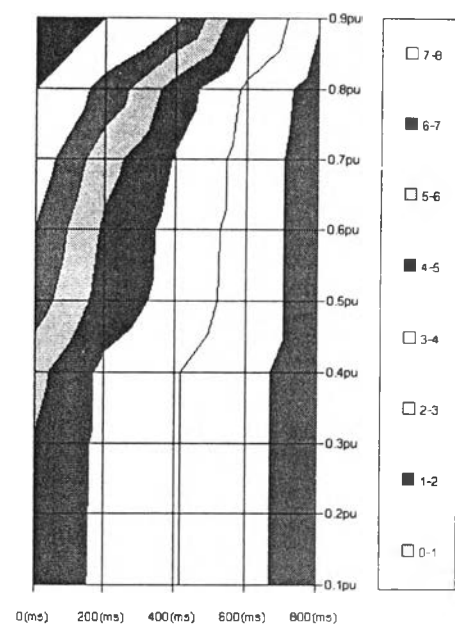
บ้ส 4 (ต้ันทงสยบ้อน 2)



บ้ส 9 (ปลยทงสยบ้อน 2)



บัส 5 (ต้นทางสายป้อน 3)

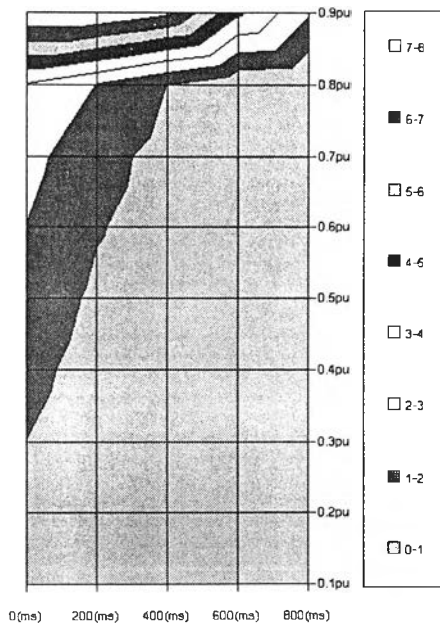


บัส 11 (ปลายทางสายป้อน 3)

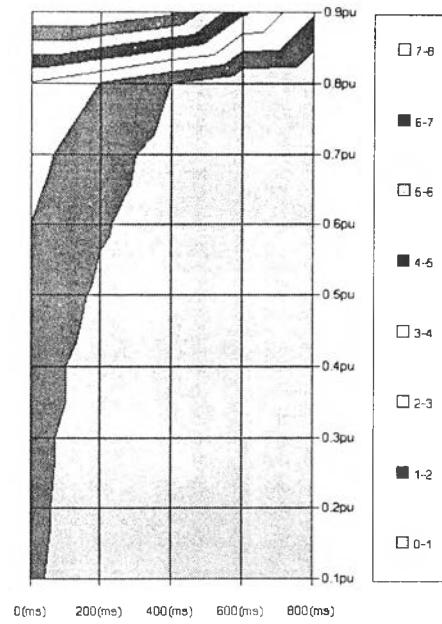
รูปที่ 5.6 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของระดับแรงดันตกชั่วขณะของแต่ละบัสกรณีเปลี่ยนขนาดสาย โดยพิจารณาค่าต่ำที่สุดใน 3 เฟส

ตารางที่ 5.14 ผลการประเมินกรณีเปลี่ยนขนาดสายโดยพิจารณาแต่ละเฟสเป็นอิสระ

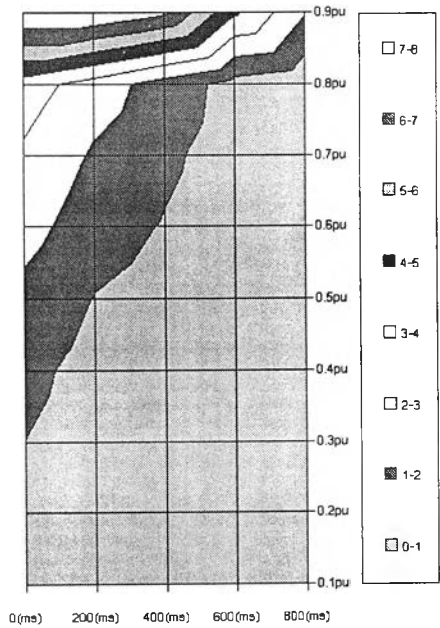
สายป้อน	ต้นทาง	อุปกรณ์ A (ครั้ง/ปี)	อุปกรณ์ B (ครั้ง/ปี)	ระยะห่าง (km)	ปลายทาง	อุปกรณ์ A (ครั้ง/ปี)	อุปกรณ์ B (ครั้ง/ปี)
Feeder 1	บัส 3	1.0679	1.0523	5	บัส 6	1.0879	1.0523
Feeder 2	บัส 4	1.4700	1.5817	10	บัส 9	1.6504	1.6148
Feeder 3	บัส 5	1.4894	1.9883	15	บัส 11	2.2129	2.1773



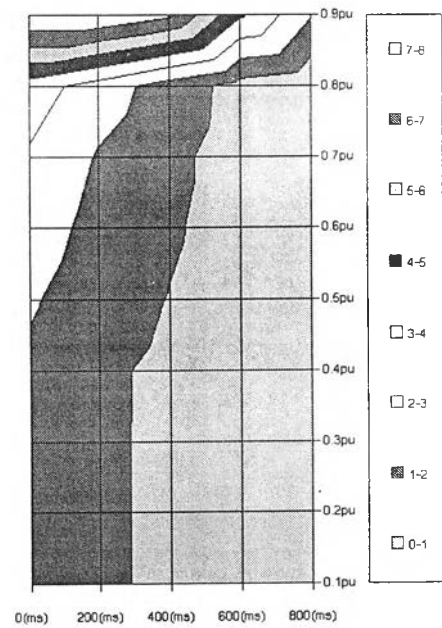
บัส 3 (ต้นทางสายป้อน 1)



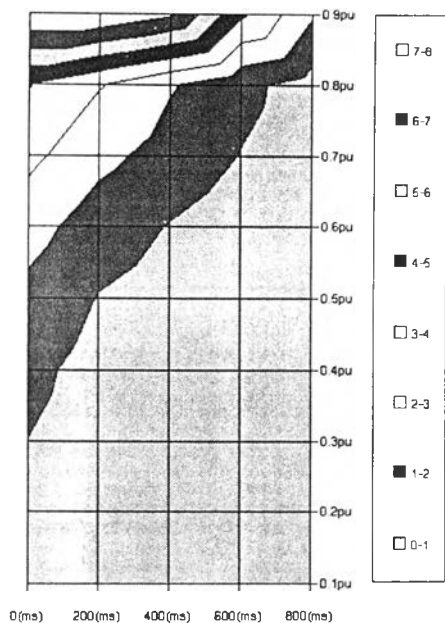
บัส 6 (ปลายทางสายป้อน 1)



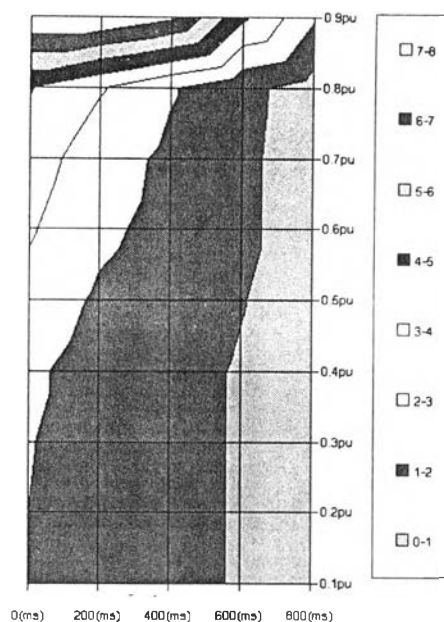
บัส 4 (ต้นทางสายป้อน 2)



บัส 9 (ปลายทางสายป้อน 2)



บัส 5 (ต้นทางสายป้อน 3)



บัส 11 (ปลายทางสายป้อน 3)

รูปที่ 5.7 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของระดับแรงดันตกชั่วขณะของแต่ละบัสกรณีเปลี่ยนขนาดสาย โดยพิจารณาแต่ละเฟสเป็นอิสระ

5.2.5 การวิเคราะห์ผลจากการประเมินระบบจำลอง

จากผลการศึกษาโดยจำลองระบบขึ้นสามารถแสดงรายละเอียดในรูปแบบของกราฟแท่งได้ดังรูปที่ 5.8 สำหรับกรณีพิจารณาค่าต่ำที่สุดใน 3 เฟส และรูปที่ 5.9 สำหรับกรณีพิจารณาแต่ละเฟสเป็นอิสระ ซึ่งจะพบว่าสามารถวิเคราะห์ผลได้โดยแยกพิจารณาได้เป็น 3 ส่วน ดังนี้

- ผลของตำแหน่งที่ตั้งอุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ตั้งอยู่บนสายป้อนเดียวกันแต่อยู่ตำแหน่งต่างกันคือต้นทางกับปลายทาง จากการประเมินพบว่าที่ตำแหน่งปลายทางจะได้รับผลกระทบของแรงดันตกชั่วขณะมากกว่าอุปกรณ์ที่ตั้งอยู่ที่ตำแหน่งต้นทางของสายป้อนเนื่องจากในระบบเรเดียลนั้น การเกิดฟอลต์ที่ต้นทางจะมีความรุนแรงกว่าการเกิดฟอลต์ที่ปลายทางจึงทำให้ที่ปลายทางได้รับผลกระทบมากกว่า

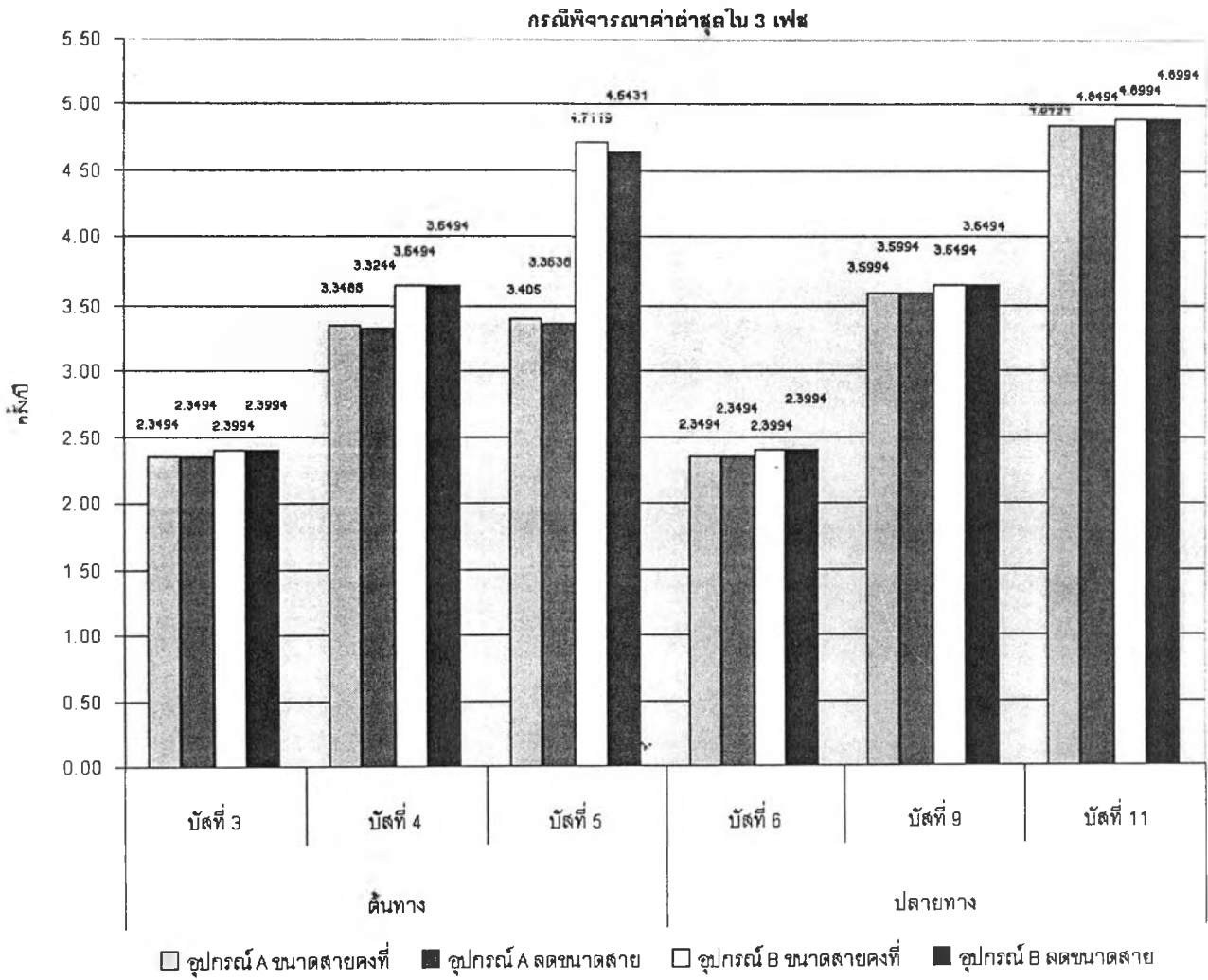
- ผลของระยะทางของสายป้อน

อุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่บนสายป้อนที่มีความยาวมากกว่าจะได้รับผลกระทบของแรงดันตกชั่วขณะสูงกว่าด้วยเนื่องจากเมื่อสายมีความยาวมากกว่าก็จะมีโอกาสที่จะเกิดฟอลต์ได้มากกว่าตามไปด้วย

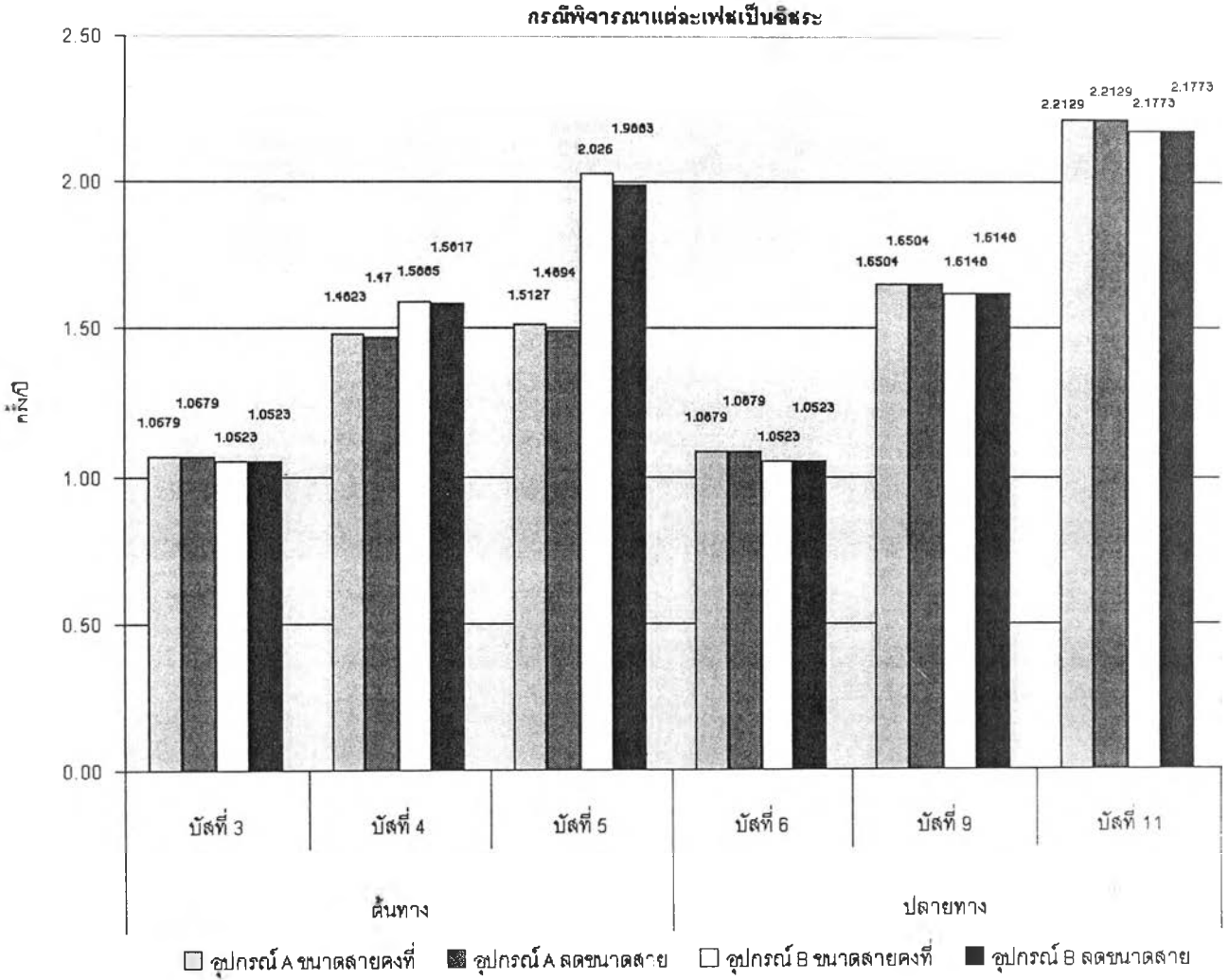
- ผลของขนาดสาย

อุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่บนสายป้อนที่มีการลดขนาดสายลงซึ่งในระบบจริงจะเกิดในกรณีที่มีการต่อสายแยกไปยังวงจรร้อยจากสายป้อนหลัก พบว่าอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่ที่ปลายทางของสายป้อนที่มีการลดขนาดของสายลงจะได้รับผลกระทบเท่าเดิม แต่อุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่ที่ต้นทางของสายป้อนที่มีการลดขนาดของสายลงจะได้รับผลกระทบลดลงเนื่องจากการลดขนาดสายลงในกรณีที่ความยาวเท่ากันจะทำให้ค่าอิมพีแดนซ์ของสายมีค่ามากขึ้นทำให้ค่ากระแสฟอลต์ที่เกิดบนสายป้อนนั้นมีค่าลดลงทำให้ขนาดของแรงดันขณะเกิดฟอลต์ที่ตำแหน่งต่างๆในระบบมีค่ามากขึ้นทำให้ผลของแรงดันตกชั่วขณะลดลง

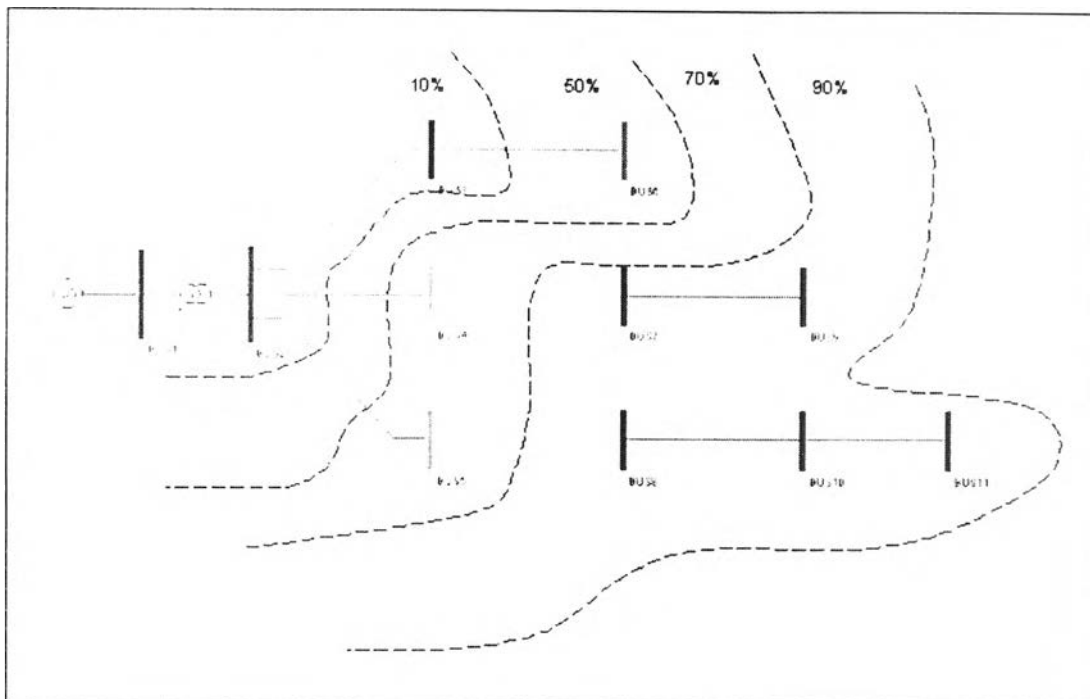
โปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นสามารถแสดงให้เห็นถึงพื้นที่ของระดับแรงดันตกชั่วขณะบนแผนผังวงจรเส้นเดียวรอบตำแหน่งที่สนใจได้โดยแต่ละบัสจะแสดงสีออกมาเพื่อให้เห็นถึงระยะที่ทำให้เกิดแรงดันตกชั่วขณะที่ระดับต่างๆกัน จากการประเมินระบบที่จำลองขึ้นสามารถนำผลมาแสดงพื้นที่ของระดับแรงดันตกชั่วขณะที่บัส 3 ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ได้รับผลกระทบจากแรงดันตกชั่วขณะน้อยที่สุดในระบบและที่บัส 11 ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ได้รับผลกระทบจากแรงดันตกชั่วขณะมากที่สุดในระบบได้ดังรูปที่ 5.10 และ รูปที่ 5.11 ตามลำดับ



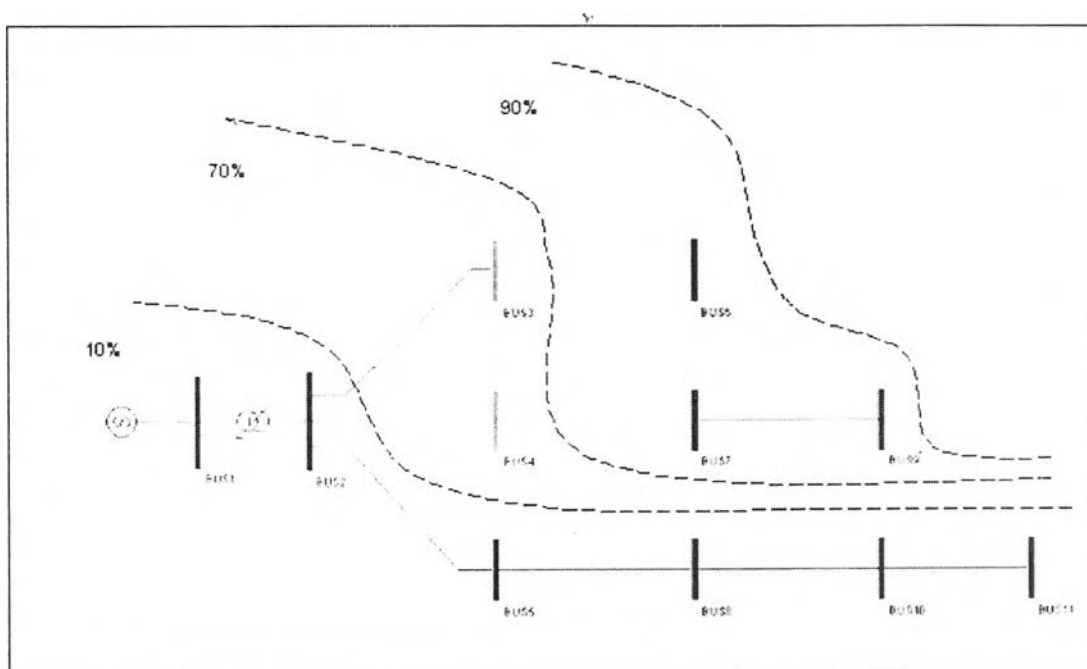
รูปที่ 5.8 กราฟแท่งเปรียบเทียบผลกระทบของแรงดันตกชั่วขณะกรณีพิจารณาค่าต่ำที่สุดใน 3 เฟส



รูปที่ 5.9 กราฟแท่งเปรียบเทียบผลกระทบของแรงดันตกชั่วขณะกรณีพิจารณาแต่ละเฟสเป็นอิสระ



รูปที่ 5.10 พื้นที่ของระดับแรงดันตกชั่วขณะรอบตำแหน่งบัส 3 (ต้นทางสายป้อน 1)



รูปที่ 5.11 พื้นที่ของระดับแรงดันตกชั่วขณะรอบตำแหน่งบัส 11 (ปลายทางสายป้อน 3)

5.3 การประเมินระบบจริง

ข้อมูลระบบจริงที่นำมาใช้ในการประเมินเป็นระบบจำหน่ายแรงสูง แรงดัน 22 กิโลโวลท์ (kV) ของสถานีไฟฟ้าย่อยสระบุรี 1 การไฟฟ้าเขต 1 ภาคกลาง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยนำมาพิจารณา จำนวน 3 สายป้อน (Feeder) ซึ่งมีรายละเอียดของระบบดังนี้

ตารางที่ 5.15 ข้อมูลของสายป้อนที่ 1

อุปกรณ์	บัส-บัส	ระยะทาง (km)	แรงดัน (kV)	ชนิดของสาย	อุปกรณ์ป้องกัน
แหล่งจ่าย	0-1	-	22	Thevenin_S1	Relay
สาย	1-2	0.12	22	L22185PICS	Relay
สาย	2-3	0.12	22	L22185PICS	Relay
สาย	3-4	2.0	22	L22185 SACS	Relay
สาย	4-5	5.0	22	L22185PICS	Relay
สาย	5-6	2.6	22	L22185PICS	Relay
สาย	5-7	0.5	22	L22185 SACS	Relay
สาย	5-10	0.005	22	L22185 SACS	Relay
สาย	7-8	4.15	22	L22185 SACS	Relay
สาย	7-9	0.9	22	L22_50 PICS	Relay
สาย	10-11	0.005	22	L22185 SACS	Relay
สาย	11-12	0.5	22	L22_50 ACSR	Relay
สาย	11-13	1.2	22	L22185 SACS	Relay
สาย	13-14	0.7	22	L22185 SACS	Relay
สาย	13-16	0.2	22	L22_50 ACSR	Relay
สาย	14-15	0.5	22	L22_50 PICS	F 10K
สาย	16-17	0.3	22	L22_50 ACSR	F 40K
สาย	17-18	0.1	22	L22_50 ACSR	F 40K
สาย	17-19	0.2	22	L22_50 ACSR	F 40K
สาย	19-20	1.1	22	L22_50 ACSR	F 40K
สาย	19-21	0.3	22	L22_50 ACSR	F 40K
สาย	21-22	1.0	22	L22_50 ACSR	F 10K
สาย	21-23	1.5	22	L22_50 ACSR	F 40K

ตารางที่ 5.16 ข้อมูลของสายป้อนที่ 2

อุปกรณ์	บัส-บัส	ระยะทาง (km)	แรงดัน (kV)	ชนิดของสาย	อุปกรณ์ป้องกัน
สาย	1-24	0.15	22	L22185 SACS	Relay
สาย	24-25	0.15	22	L22185 SACS	Relay
สาย	25-26	0.3	22	L22185PICS	Relay
สาย	25-27	1.5	22	L22185PICS	Relay
สาย	27-28	0.1	22	L22185PICS	Relay
สาย	28-29	0.2	22	L22185 SACS	Relay
สาย	28-30	0.65	22	L22185 SACS	Relay
สาย	30-31	0.75	22	L22185 SACS	Relay
สาย	30-33	1.15	22	L22185 SACS	Relay
สาย	31-32	1.5	22	L22185PICS	Relay
สาย	33-34	0.5	22	L22185PICS	Relay
สาย	33-38	0.5	22	L22185PICS	Relay
สาย	34-35	0.2	22	L22_50_A	Relay
สาย	35-36	0.8	22	L22_50_A	Relay
สาย	35-37	0.1	22	L22_50_A	Relay
สาย	38-39	0.2	22	L22185PICS	Relay
สาย	38-40	0.5	22	L22185PICS	Relay
สาย	40-41	0.1	22	L22185 SACS	Relay
สาย	40-50	0.1	22	L22185 SACS	Relay
สาย	41-42	0.1	22	L22185 SACS	Relay
สาย	42-43	0.2	22	L22_50 ACSR	Relay
สาย	42-44	0.4	22	L22185 SACS	Relay
สาย	44-45	0.3	22	L22_50 ACSR	Relay
สาย	44-46	0.3	22	L22185PICS	Relay
สาย	44-47	0.6	22	L22185A_S	Relay

อุปกรณ์	บัส-บัส	ระยะทาง (km)	แรงดัน (kV)	ชนิดของสาย	อุปกรณ์ป้องกัน
สาย	47-48	0.3	22	L22185A_S	Relay
สาย	48-49	0.2	22	L22_50 PICS	Relay
สาย	50-51	0.2	22	L22185PICS	Relay
สาย	51-52	1.0	22	L22185PICS	F 40K
สาย	52-53	0.4	22	L22_50 ACSR	F 15K
สาย	53-54	1.0	22	L22_50 ACSR	F 15K
สาย	54-55	1.3	22	L22_50 ACSR	F 15K
สาย	55-56	3.2	22	L22_50 ACSR	F 15K
สาย	56-57	0.6	22	L22_50 ACSR	F 15K

ตารางที่ 5.17 ข้อมูลของสายป้อนที่ 3

อุปกรณ์	บัส-บัส	ระยะทาง (km)	แรงดัน (kV)	ชนิดของสาย	อุปกรณ์ป้องกัน
สาย	1-58	0.125	22	L22185 SACS	Relay
สาย	58-59	0.125	22	L22185 SACS	Relay
สาย	59-60	0.25	22	L22185 SACS	Relay
สาย	60-61	0.3	22	L22_50 PICS	Relay
สาย	60-62	0.3	22	L22185PICS	Relay
สาย	62-63	0.35	22	L22_50 ACSR	Relay
สาย	62-70	1.05	22	L22185 SACS	Relay
สาย	63-64	0.35	22	L22_50 ACSR	Relay
สาย	64-65	0.5	22	L22_50 PICS	Relay
สาย	64-66	1.1	22	L22_50 ACSR	Relay
สาย	66-67	1.9	22	L22_50 ACSR	F 25K
สาย	67-68	0.5	22	L22_50 ACSR	F 25K
สาย	67-69	0.2	22	L22_50 ACSR	F 25K
สาย	70-71	0.15	22	L22185PICS	Relay
สาย	70-97	0.2	22	L22185 SACS	Relay
สาย	71-72	0.1	22	L22185PICS	Relay

อุปกรณ์	บัส-บัส	ระยะทาง (km)	แรงดัน (kV)	ชนิดของสาย	อุปกรณ์ป้องกัน
สาย	71-73	0.15	22	L22185PICS	Relay
สาย	73-74	0.4	22	L22185PICS	Relay
สาย	73-75	0.1	22	L22185PICS	Relay
สาย	75-76	0.3	22	L22185PICS	Relay
สาย	75-78	0.6	22	L22185PICS	Relay
สาย	76-77	0.6	22	L22185 SACS	Relay
สาย	78-79	1.2	22	L22185PICS	Relay
สาย	78-81	0.3	22	L22185PICS	Relay
สาย	79-80	0.7	22	L22185PICS	Relay
สาย	79-82	0.4	22	L22185PICS	Relay
สาย	82-83	0.2	22	L22_50 PICS	Relay
สาย	82-84	0.1	22	L22185PICS	Relay
สาย	84-85	0.1	22	L22_50 PICS	Relay
สาย	84-86	0.7	22	L22185PICS	Relay
สาย	84-87	0.8	22	L22185PICS	Relay
สาย	86-93	0.6	22	L22185PICS	Relay
สาย	87-88	0.4	22	L22185PICS	Relay
สาย	87-89	0.9	22	L22_50 PICS	Relay
สาย	88-90	0.4	22	L22_50 PICS	Relay
สาย	88-91	0.1	22	L22185PICS	Relay
สาย	91-92	0.6	22	L22_50 PICS	Relay
สาย	93-94	0.6	22	L22_50 ACSR	F 40K
สาย	93-112	0.1	22	L22185PICS	Relay
สาย	94-95	0.6	22	L22_50 ACSR	F 40K
สาย	95-96	0.6	22	L22_50 ACSR	F 40K
สาย	97-98	0.7	22	L22185PICS	Relay
สาย	98-99	0.1	22	L22_50 ACSR	Relay
สาย	98-102	0.35	22	L22185PICS	Relay
สาย	99-100	0.2	22	L22_50 ACSR	Relay
สาย	99-101	0.4	22	L22185 SACS	Relay

อุปกรณ์	บัส-บัส	ระยะทาง (km)	แรงดัน (kV)	ชนิดของสาย	อุปกรณ์ป้องกัน
สาย	102-103	0.35	22	L22185PICS	Relay
สาย	103-104	1.1	22	L22185PICS	Relay
สาย	103-107	0.25	22	L22_50 ACSR	F 25K
สาย	104-105	1.2	22	L22185PICS	Relay
สาย	104-106	0.3	22	L22185PICS	Relay
สาย	107-108	0.25	22	L22_50 ACSR	F 25K
สาย	108-109	0.4	22	L22_50 ACSR	F 25K
สาย	108-110	0.5	22	L22_50 ACSR	F 25K
สาย	110-111	0.7	22	L22_50 ACSR	F 25K
สาย	112-113	0.8	22	L22_50 ACSR	F 10K

สำหรับข้อมูลอัตราการเกิดฟอลต์ของสายแต่ละชนิดและเปอร์เซ็นต์การเกิดของฟอลต์แต่ละแบบจะใช้ค่าที่สมมติขึ้นก่อนเนื่องจากในการประเมินจริงต้องใช้ข้อมูลทางสถิติซึ่งปัจจุบันยังมีข้อมูลไม่มากพอ

ตารางที่ 5.18 ข้อมูลของสายของระบบจริง

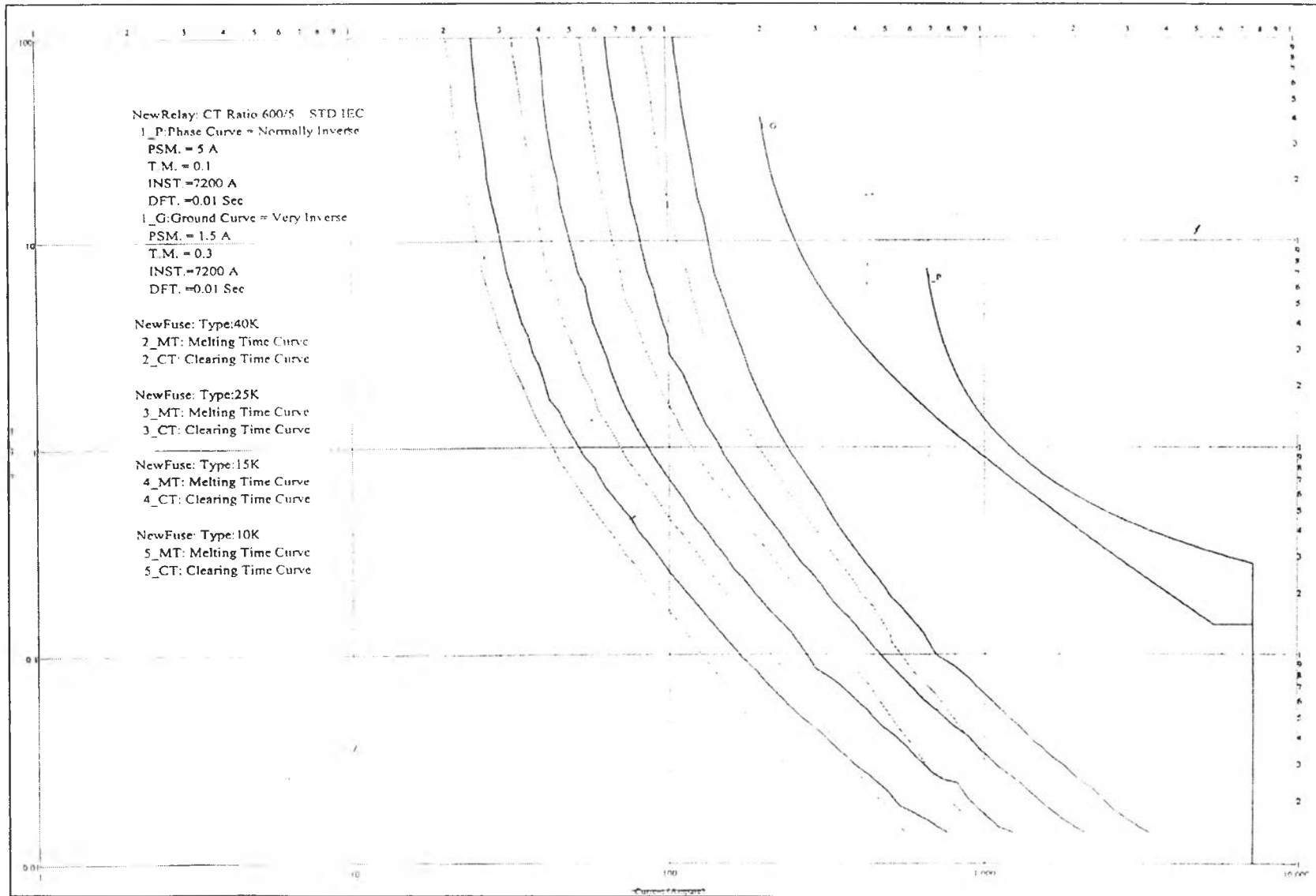
ชนิดของสาย	R1 (Ohm/km)	X1 (Ohm/km)	R0 (Ohm/km)	X0 (Ohm/km)	อัตราการเกิดฟอลต์ (ครั้ง/100km/ปี)
Thevenin_S1	0.0606	0.29896	0.0000103	0.46514	0.1
L22185 SACS	0.1805	0.2455	0.3285	1.7549	15
L22185PICS	0.21435	0.33976	0.39186	1.5538	20
L22185A_S	0.17571	0.33444	0.32371	1.56125	20
L22_50 PICS	0.26643	0.36147	0.44987	1.53780	20
L22_50_A	0.64015	0.37985	0.78815	1.60667	25
L22_50 ACSR	0.66668	0.39134	0.96268	2.73072	25

ตารางที่ 5.19 สัดส่วนการเกิดฟอลต์แต่ละแบบที่ใช้ประเมินระบบจริง (เป็น%)

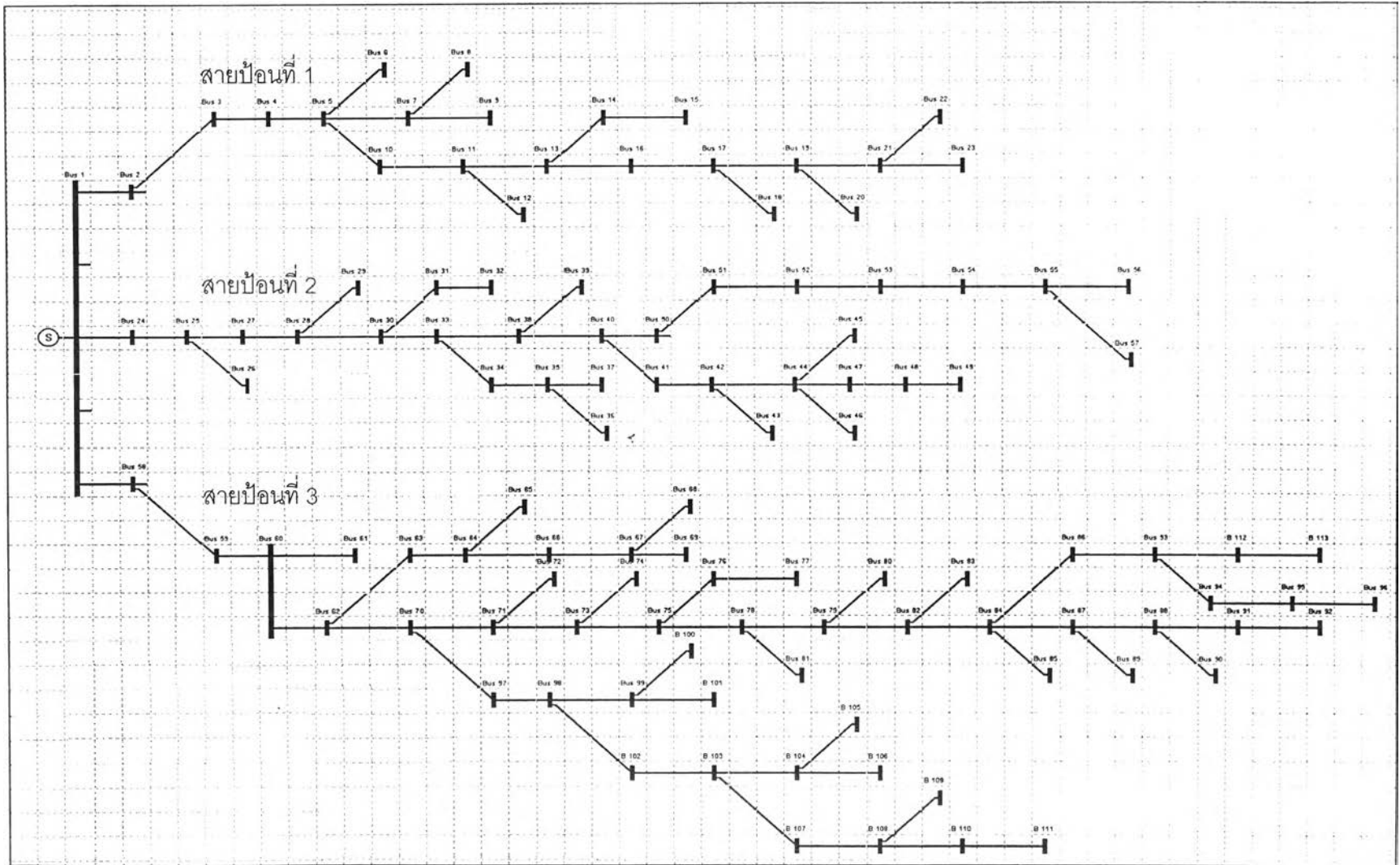
สมมาตร	ลงดินเส้นเดียว	สองเส้น	ลงดินสองเส้น
3	80	10	7

ตารางที่ 5.20 ข้อมูลความยาวสายรวมของระบบจริง

ชนิดของสาย	ความยาวสายรวม (กิโลเมตร)		
	สายป้อนที่ 1	สายป้อนที่ 2	สายป้อนที่ 3
L22185 SACS	8.56	3.75	2.75
L22185 PICS	7.84	6.6	11.5
L22185A_S	-	0.9	-
L22_50 PICS	1.4	0.2	3.0
L22_50_A	-	1.1	-
L22_50 ACSR	5.0	7	9.4
รวม	22.8	19.25	26.65



รูปที่ 5.12 กราฟข้อมูลอุปกรณ์ป้องกันของระบบจริงที่นำมาใช้ในการประเมิน



รูปที่ 5.13 แผนผังวงจรเส้นเดียวของระบบจริง

5.4 ผลการประเมินระบบจริง

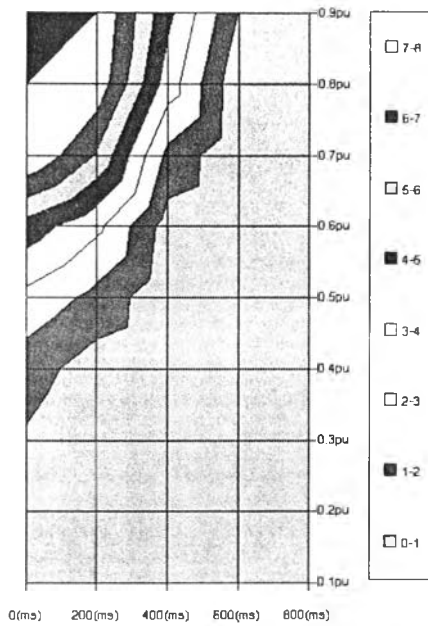
การประเมินระบบจริงจะทำการประเมินผลกระทบของแรงดันตกชั่วขณะที่สายป้อนที่ 3 เนื่องจากมีความยาวสายรวมมากที่สุด โดยเลือกตำแหน่งบัส 61 ซึ่งอยู่ที่ต้นทาง ประเมินเปรียบเทียบกับที่ตำแหน่งบัส 96 ซึ่งอยู่ที่ปลายทาง โดยจะใช้ข้อมูลของอุปกรณ์ที่ได้จำลองขึ้นจากการประเมินระบบจำลองมาใช้แทนข้อมูลของอุปกรณ์จริง จากนั้นจะประเมินโดยใช้ข้อมูลจากอุปกรณ์มาตรฐาน SEMI F-47 และ มาตรฐาน ITIC

5.4.1 กรณีประเมินระบบจริงโดยใช้ข้อมูลอุปกรณ์ที่ได้จำลองขึ้น

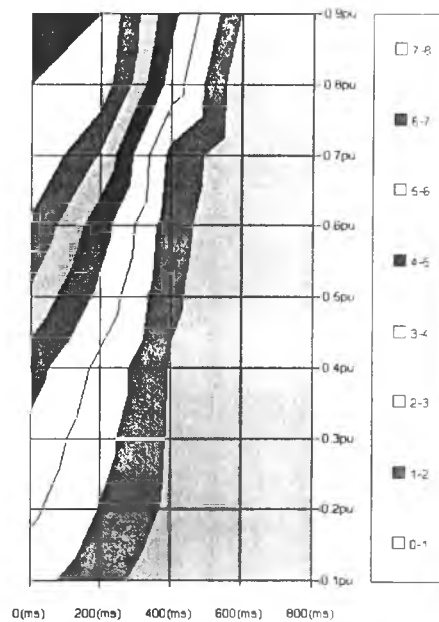
ตารางที่ 5.21 ผลการประเมินระบบจริงโดยใช้ข้อมูลอุปกรณ์ที่ได้จำลองขึ้น

กรณี พิจารณา	ต้นทาง	อุปกรณ์ A (ครั้ง/ปี)	อุปกรณ์ B (ครั้ง/ปี)	ปลาย ทาง	อุปกรณ์ A (ครั้ง/ปี)	อุปกรณ์ B (ครั้ง/ปี)
ค่าต่ำสุด	บัส 61	3.3273	3.1891	บัส 96	4.4573	4.2460
แยกอิสระ	บัส 61	1.3378	1.3659	บัส 96	1.8445	1.7715

สำหรับตารางความถี่สะสมที่ได้จากการประเมินบัส 61 และบัส 96 ของทั้งกรณีพิจารณาค่าต่ำสุดใน 3 เฟส และกรณีพิจารณาแต่ละเฟสแยกอิสระแสดงได้ดังตารางที่ 5.22 - 5.25

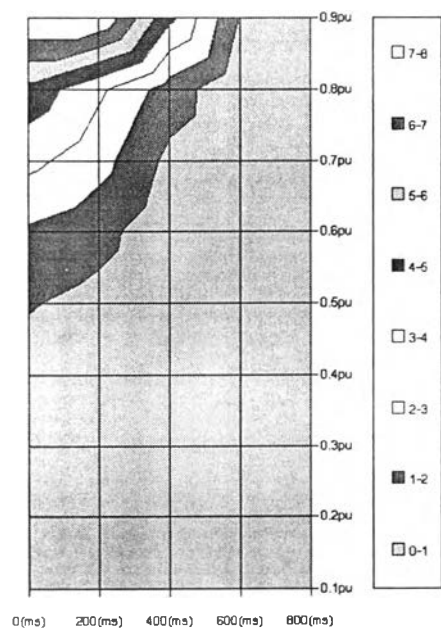


บัส 61 (ต้นทาง)

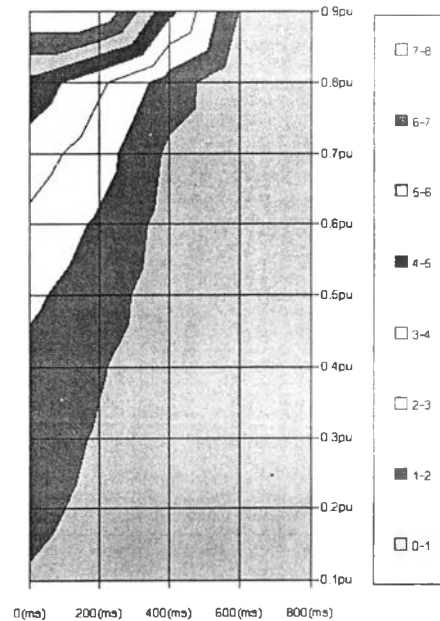


บัส 96 (ปลายทาง)

รูปที่ 5.14 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของระดับแรงดันตกชั่วขณะโดยพิจารณาค่าต่ำที่สุดใน 3 เฟส เปรียบเทียบระหว่างต้นทางและปลายทางของระบบจริง



บัส 61 (ต้นทาง)



บัส 96 (ปลายทาง)

รูปที่ 5.15 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของระดับแรงดันตกชั่วขณะโดยพิจารณาแต่ละเฟสแยกเป็นอิสระเปรียบเทียบระหว่างต้นทางและปลายทางของระบบจริง

ตารางที่ 5.22 ตารางความถี่สะสมของการประเมินที่บัล 61 กรณีพิจารณาค่าต่ำสุดใน 3 เฟส

ขนาด	เวลา (วินาที)				
	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8
90%	14.3220	8.4219	4.2549	0.9416	0.1258
80%	11.5166	7.7062	3.5392	0.2338	0.1208
70%	8.1925	5.8694	1.7120	0.1623	0.0514
60%	4.5863	3.2373	0.5512	0.0592	0.0000
50%	2.7327	1.6942	0.2171	0.0000	0.0000
40%	1.4490	0.5051	0.0657	0.0000	0.0000
30%	0.8837	0.0886	0.0035	0.0000	0.0000
20%	0.5911	0.0222	0.0000	0.0000	0.0000
10%	0.3488	0.0024	0.0000	0.0000	0.0000

ตารางที่ 5.23 ตารางความถี่สะสมของการประเมินที่บัล 61 กรณีพิจารณาแต่ละเฟสแยกอิสระ

ขนาด	เวลา (วินาที)				
	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8
90%	14.3220	8.4219	4.2549	0.9416	0.1258
80%	4.6835	3.1841	1.5387	0.1517	0.0771
70%	3.2722	2.3843	0.7564	0.0823	0.0171
60%	1.8489	1.3378	0.2708	0.0197	0.0000
50%	1.0754	0.6952	0.0857	0.0000	0.0000
40%	0.5823	0.2391	0.0244	0.0000	0.0000
30%	0.3506	0.0570	0.0012	0.0000	0.0000
20%	0.2317	0.0152	0.0000	0.0000	0.0000
10%	0.1358	0.0012	0.0000	0.0000	0.0000

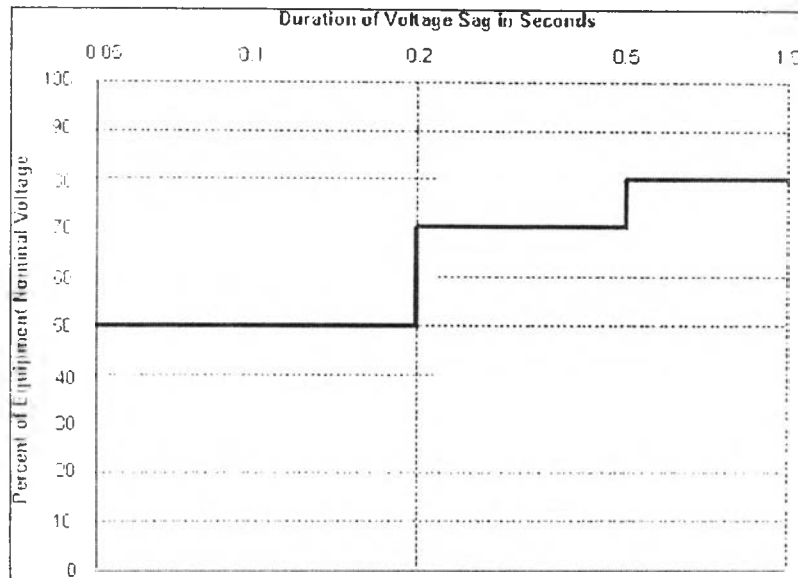
ตารางที่ 5.24 ตารางความถี่สะสมของการประเมินที่บัส 96 กรณีพิจารณาค่าต่ำสุดใน 3 เฟส

ขนาด	เวลา (วินาที)				
	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8
90%	14.3220	8.4219	4.2549	0.9416	0.1258
80%	11.5166	7.7062	3.5392	0.2338	0.1208
70%	8.6715	5.8694	1.7120	0.1623	0.0514
60%	6.8506	4.4573	1.3895	0.0614	0.0000
50%	5.7809	3.7163	1.1823	0.0485	0.0000
40%	4.4292	2.7282	0.8955	0.0424	0.0000
30%	3.7490	2.3435	0.8662	0.0424	0.0000
20%	3.2255	1.9762	0.7988	0.0418	0.0000
10%	2.3841	1.3987	0.3247	0.0099	0.0000

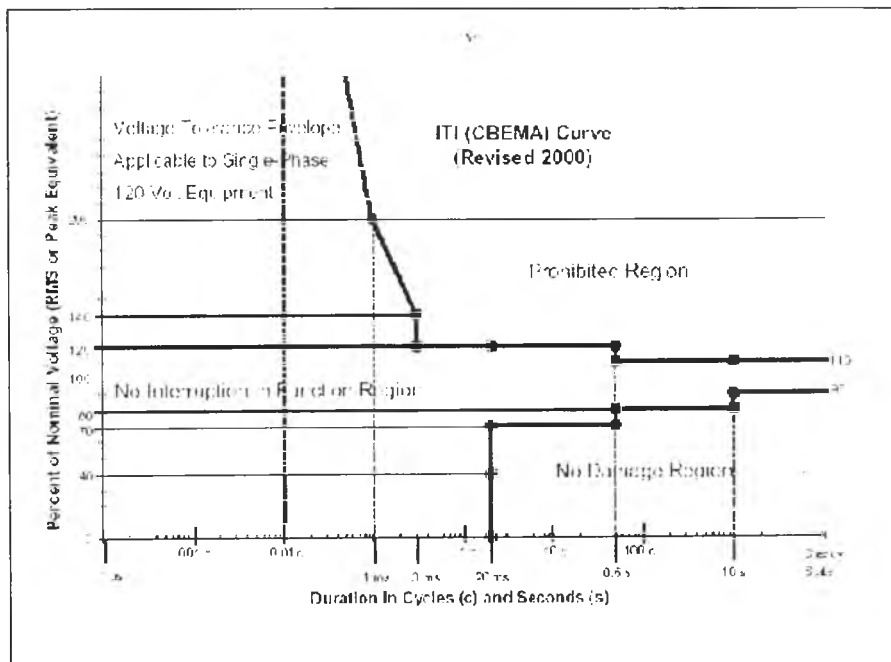
ตารางที่ 5.25 ตารางความถี่สะสมของการประเมินที่บัส 96 กรณีพิจารณาแต่ละเฟสแยกอิสระ

ขนาด	เวลา (วินาที)				
	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8
90%	14.3220	8.4219	4.2549	0.9416	0.1258
80%	4.6967	3.1841	1.5387	0.1517	0.0771
70%	3.5261	2.4358	0.8065	0.0823	0.0171
60%	2.7619	1.8445	0.6146	0.0366	0.0000
50%	2.2021	1.4358	0.4708	0.0323	0.0000
40%	1.7065	1.0724	0.3671	0.0283	0.0000
30%	1.4407	0.9132	0.3498	0.0283	0.0000
20%	1.2387	0.7672	0.3201	0.0270	0.0000
10%	0.9133	0.5417	0.1402	0.0062	0.0000

5.4.2 กรณีประเมินโดยใช้ข้อมูลจากอุปกรณ์มาตรฐาน SEMI F-47 และ มาตรฐาน ITIC



รูปที่ 5.16 ข้อมูลความไวของอุปกรณ์ตามมาตรฐาน SEMI F-47



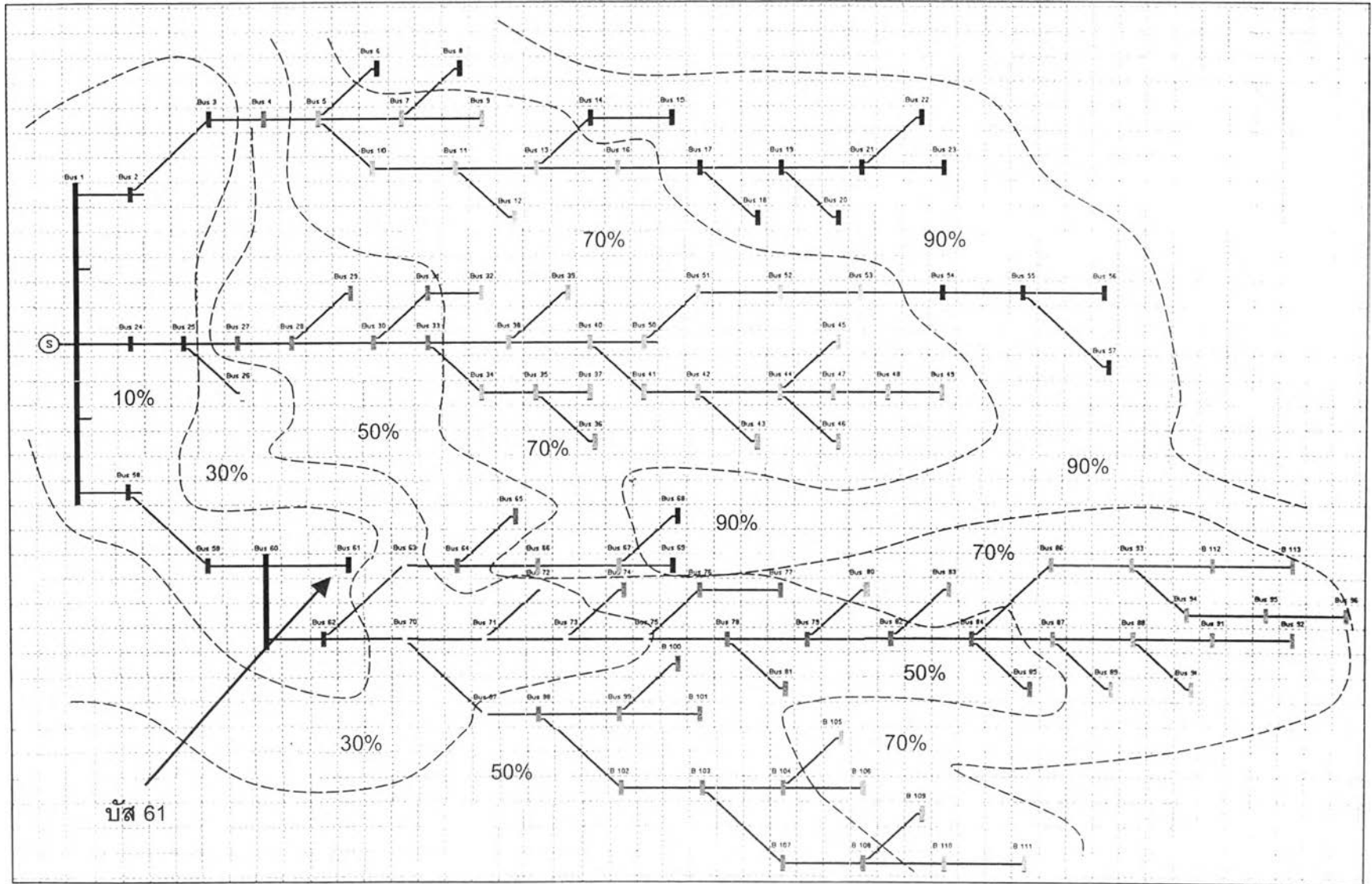
รูปที่ 5.17 ข้อมูลความไวของอุปกรณ์ตามมาตรฐาน ITIC

ตารางที่ 5.26 ผลการประเมินระบบจริงโดยใช้ข้อมูลจากอุปกรณ์มาตรฐาน

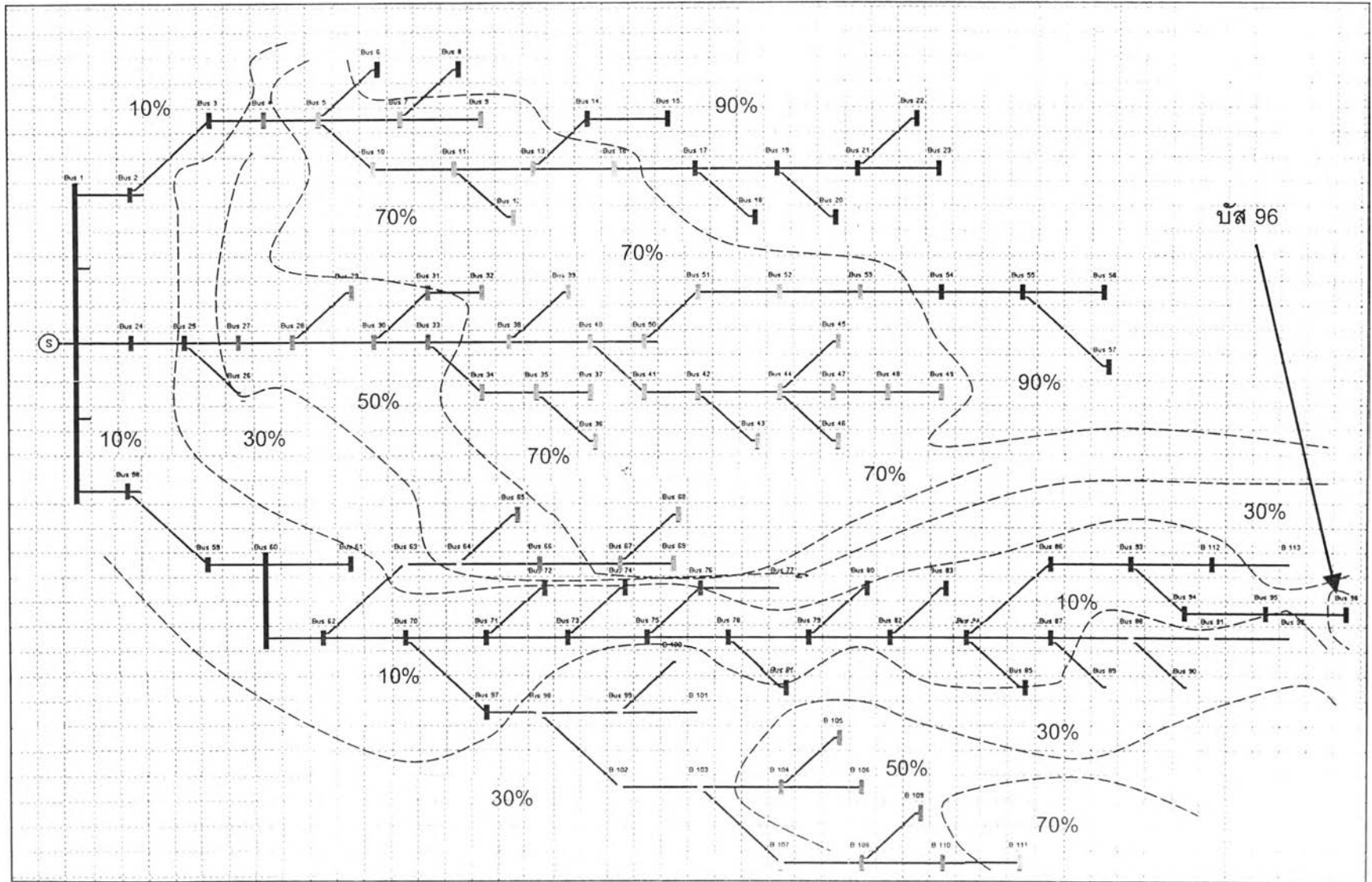
กรณีพิจารณา	ต้นทาง	SEMI F-47 (ครั้ง/ปี)	ITIC (ครั้ง/ปี)	ปลายทาง	SEMI F-47 (ครั้ง/ปี)	ITIC (ครั้ง/ปี)
ค่าต่ำสุด	บัส 61	7.9220	7.9635	บัส 96	7.9410	8.0055
แยกอิสระ	บัส 61	3.1578	3.1829	บัส 96	3.2153	3.2477

จากผลการประเมินระบบจริงจะเห็นได้ว่าผลที่ได้สอดคล้องกับผลการประเมินระบบที่ได้จำลองขึ้นคืออุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่ที่ตำแหน่งบัสปลายทางจะได้รับผลกระทบมากกว่าอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่ที่ตำแหน่งบัสต้นทาง และเมื่อพิจารณาแบบแต่ละเฟสแยกอิสระซึ่งเป็นแบบที่เหมาะสมกับการประเมินสำหรับอุปกรณ์ชนิดเฟสเดียว อุปกรณ์ A จะได้รับผลกระทบที่มากกว่าอุปกรณ์ B ในทางปฏิบัติถ้าต้องพิจารณาเพื่อเลือกการติดตั้งระหว่างอุปกรณ์ A และ อุปกรณ์ B จะเห็นได้ว่าถ้าตำแหน่งที่ติดตั้งอยู่ที่บัสต้นทางควรเลือกอุปกรณ์ A แต่ถ้าตำแหน่งอยู่ที่บัสปลายทางควรเลือกอุปกรณ์ B จะทำให้ได้รับผลกระทบจากการเกิดแรงดันตกชั่วขณะน้อยกว่า และถ้าเป็นไปได้ควรเลือกตำแหน่งบัสที่ต้นทางเป็นตำแหน่งที่ตั้งของอุปกรณ์ ซึ่งในทางปฏิบัตินั้นการเลือกตำแหน่งที่ติดตั้งนั้นทำได้ยาก ดังนั้นผลที่ได้จากการประเมินแรงดันตกชั่วขณะจึงสามารถให้ข้อมูลเพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกอุปกรณ์ที่จะนำมาติดตั้งให้เหมาะสมกับระบบได้

จากการประเมินระบบจริงสามารถแสดงพื้นที่ของระดับแรงดันตกชั่วขณะบนแผนผังวงจรเส้นเดียวรอบตำแหน่งที่บัส 61 และบัส 96 ได้ดังรูปที่ 5.18 และ รูปที่ 5.19 ตามลำดับ



รูปที่ 5.18 พื้นที่ของระดับแรงดันตกชั่วขณะรอบตำแหน่งบัส 61



รูปที่ 5.19 พื้นที่ของระดับแรงดันตกชั่วขณะรอบตำแหน่งบัส 96