

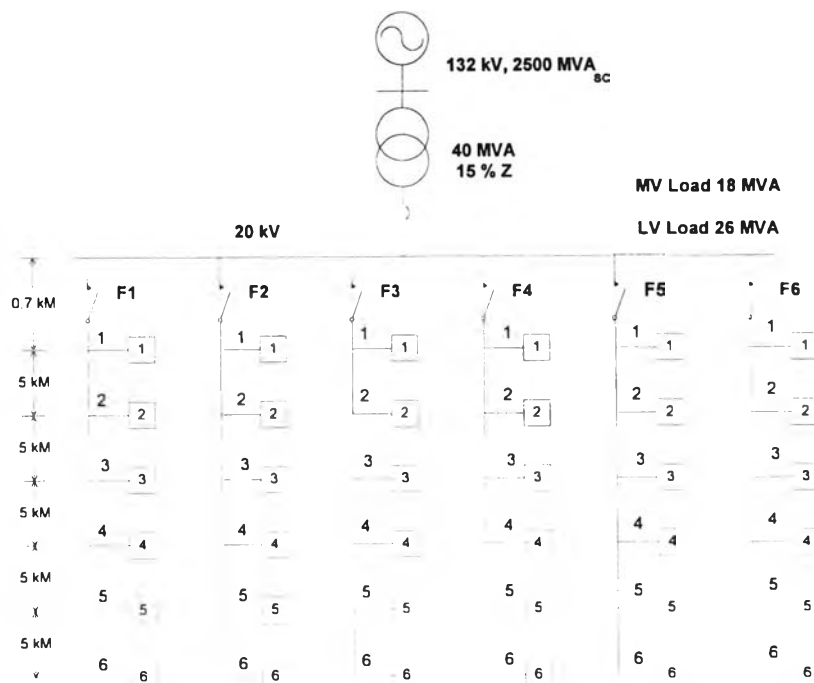
บทที่ 5

ตัวอย่างผลการคำนวณและการวิเคราะห์ผล

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะนำเสนอผลตัวอย่างการคำนวณจากโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้น และตรวจสอบเปรียบเทียบความถูกต้องของผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรม กับ ตัวอย่างผลการคำนวณดังกล่าวไว้ในบทที่ 3 และ รวมถึงการวิเคราะห์ผลการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ต่างๆของระบบ เช่น การเพิ่มหรือลดขนาดของอุปกรณ์ , ค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆของระบบไฟฟ้า และ รูปแบบโครงข่ายของผู้ใช้ไฟฟ้าในแบบที่แตกต่างกันด้วย โดยการวิเคราะห์จะใช้โปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นมาเป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์คำนวณ รวมถึงการนำระบบไฟฟ้าจริงมาทำการวิเคราะห์ด้วย

5.1 การวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าตัวอย่าง

สำหรับข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์นั้น เป็นข้อมูลของระบบไฟฟ้าตัวอย่างของ IEC โดยมีรูปแบบโครงข่ายของระบบไฟฟ้าดังรูปที่ 5.1 และผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายมีค่ากำลังไฟฟ้าตกลงกับผู้จ่ายไฟฟ้า 500 kVA เท่ากันทุกราย ค่ากำลังไฟฟ้ารวมที่ระดับแรงดันปานกลาง = 18 MVA , ค่ากำลังไฟฟ้ารวมที่ระดับแรงดันต่ำ = 26 MVA , ค่า $F_{ML} = 0.5$, ค่า $T_{hHM} = 1$ การวิเคราะห์จะทำการเปลี่ยนแปลงค่ากำลังไฟฟ้าลัดวงจร(MVA_{sc}) ที่ด้านแรงดันสูง และ ค่าปัจจัย F_{MV}



รูปที่ 5.1 แผนผังโครงข่ายของผู้ใช้ไฟฟ้าเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้า

เริ่มต้นการวิเคราะห์ต้องทำการป้อนข้อมูลระบบต่างๆ และ กำหนดค่าระดับวางแผน ตามตารางที่ 5.1 โดยจะทำการพิจารณาเฉพาะอันดับฮาร์มอนิกเลขคี่ที่สามารถไม่ลงตัว

ตารางที่ 5.1 ค่าระดับวางแผน

| ฮาร์มอนิกอันดับที่ | แรงดันฮาร์มอนิก (%) | |
|--------------------|---------------------|--------|
| | MV | HV-EHV |
| 5 | 5 | 2 |
| 7 | 4 | 2 |
| 11 | 3 | 1.5 |
| 13 | 2.5 | 1.5 |
| 17 | 1.6 | 1 |
| 19 | 1.2 | 1 |
| 23 | 1.2 | 0.7 |
| 25 | 1.2 | 0.7 |

จากนั้นคำนวณค่าความสามารถยอมรับฮาร์มอนิกของภาระทั้งหมด ได้ผลลัพธ์จากการคำนวณแสดงค่า ดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ผลลัพธ์คำนวณค่า ความสามารถยอมรับฮาร์มอนิกของภาระทั้งหมด

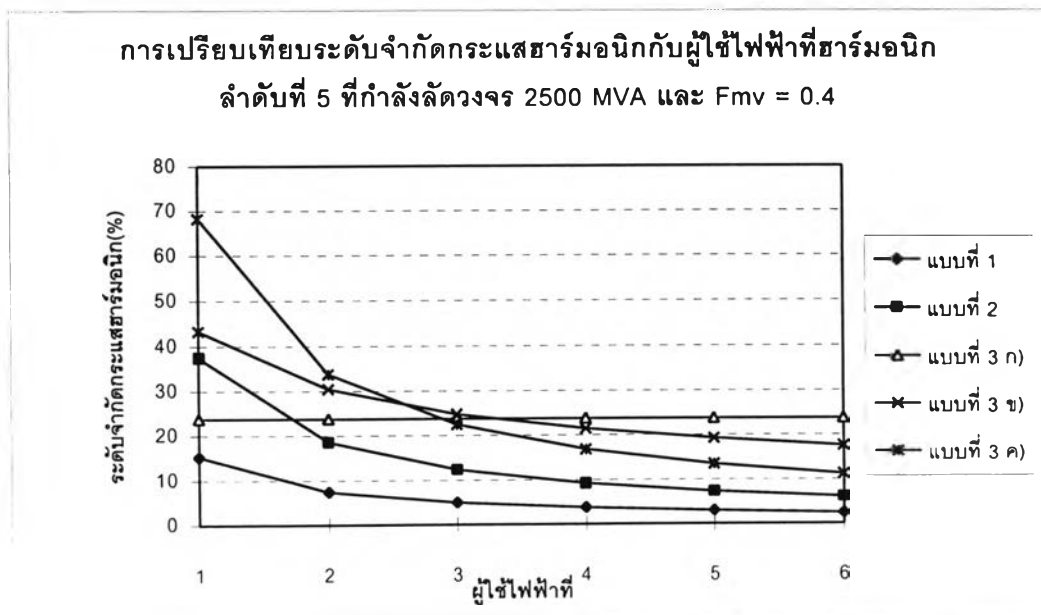
| ฮาร์มอนิกอันดับที่ | $G_{h_{MV+LV}}(\%)$ | $G_{h_{MV}}(\%)$ |
|--------------------|---------------------|------------------|
| 5 | 3.97 | 2.69 |
| 7 | 2.85 | 1.93 |
| 11 | 2.6 | 1.98 |
| 13 | 2.0 | 1.52 |
| 17 | 1.25 | 0.95 |
| 19 | 0.66 | 0.51 |
| 23 | 0.97 | 0.74 |
| 25 | 0.97 | 0.74 |

เพื่อแสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการประมาณแบบต่างๆ ดังนั้นจึงแบ่งกรณีการคำนวณค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละราย ออกเป็น 12 กรณีโดยมีการเปลี่ยนแปลงค่า MVA_{SC} และ F_{MV} ดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 การแบ่งกรณีสำหรับการคำนวณค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกสำหรับหัวข้อที่ 5.1

| กรณี | MVA_{sc} (MVA) | F_{Mv} | ตารางผลลัพธ์ | รูปภาพ |
|------|------------------|----------|--------------|-----------|
| 1 | 2500 | 0.4 | ผนวก ก.1 | ผนวก ข.1 |
| 2 | 2500 | 0.6 | ผนวก ก.2 | ผนวก ข.2 |
| 3 | 2500 | 0.8 | ผนวก ก.3 | ผนวก ข.3 |
| 4 | 2500 | 1.0 | ผนวก ก.4 | ผนวก ข.4 |
| 5 | 1000 | 0.4 | ผนวก ก.5 | ผนวก ข.5 |
| 6 | 1000 | 0.6 | ผนวก ก.6 | ผนวก ข.6 |
| 7 | 1000 | 0.8 | ผนวก ก.7 | ผนวก ข.7 |
| 8 | 1000 | 1.0 | ผนวก ก.8 | ผนวก ข.8 |
| 9 | 4000 | 0.4 | ผนวก ก.9 | ผนวก ข.9 |
| 10 | 4000 | 0.6 | ผนวก ก.10 | ผนวก ข.10 |
| 11 | 4000 | 0.8 | ผนวก ก.11 | ผนวก ข.11 |
| 12 | 4000 | 1.0 | ผนวก ก.12 | ผนวก ข.12 |

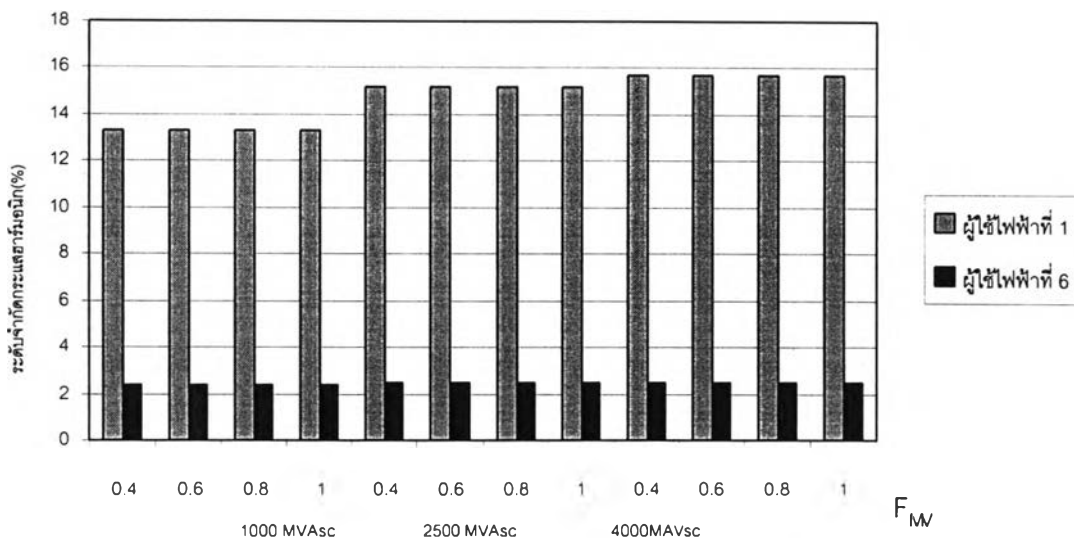
จากผลวิเคราะห์สามารถแสดงตัวอย่างการเปรียบเทียบค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายที่ต่ออยู่กับสายป้อนที่ตำแหน่งต่างๆ เฉพาะกรณีที่ 1 ของตารางที่ 5.3 แสดงดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 กราฟค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละราย

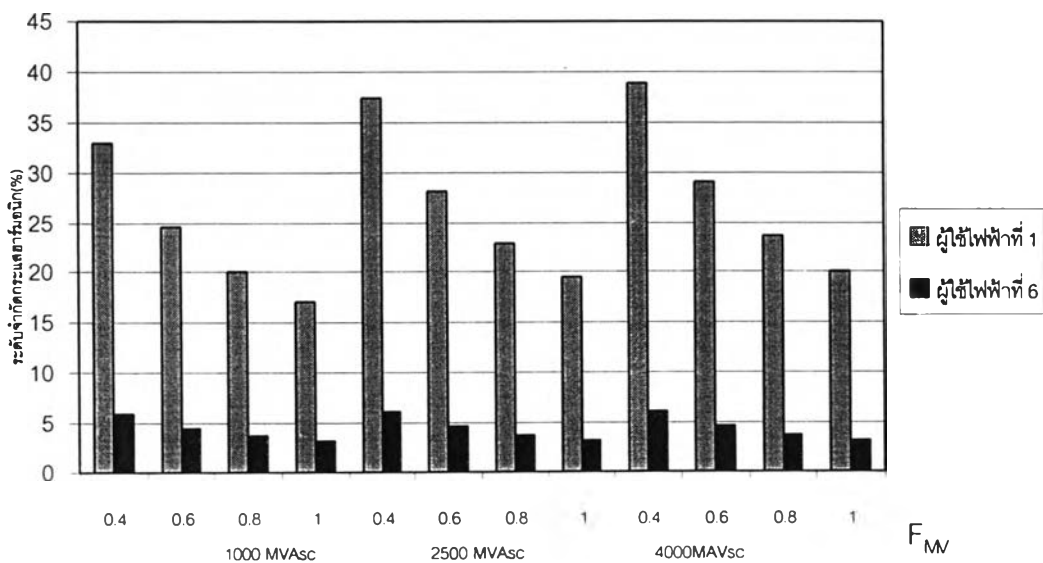
รูปที่ 5.3 ก) ข) ค) ง) จ) เรียงตามวิธีการประมาณแสดงการเปรียบเทียบค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกของผู้ใช้ไฟฟ้ารายที่ 1 ที่อยู่ต้นสายป้อนและรายที่ 6 ที่อยู่ปลายสายป้อนในเทอมของกำลังไฟฟ้าลัดวงจรและ F_{Mv}

ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกลำดับที่ 5 ตามการประมาณแบบที่ 1



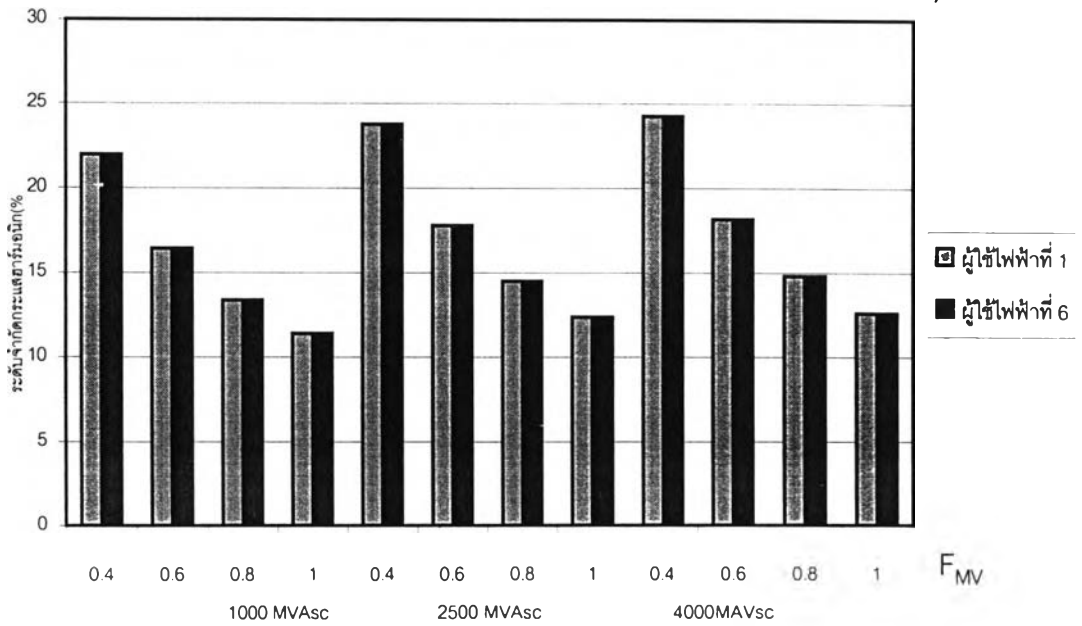
ก)

ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกลำดับที่ 5 ตามการประมาณแบบที่ 2



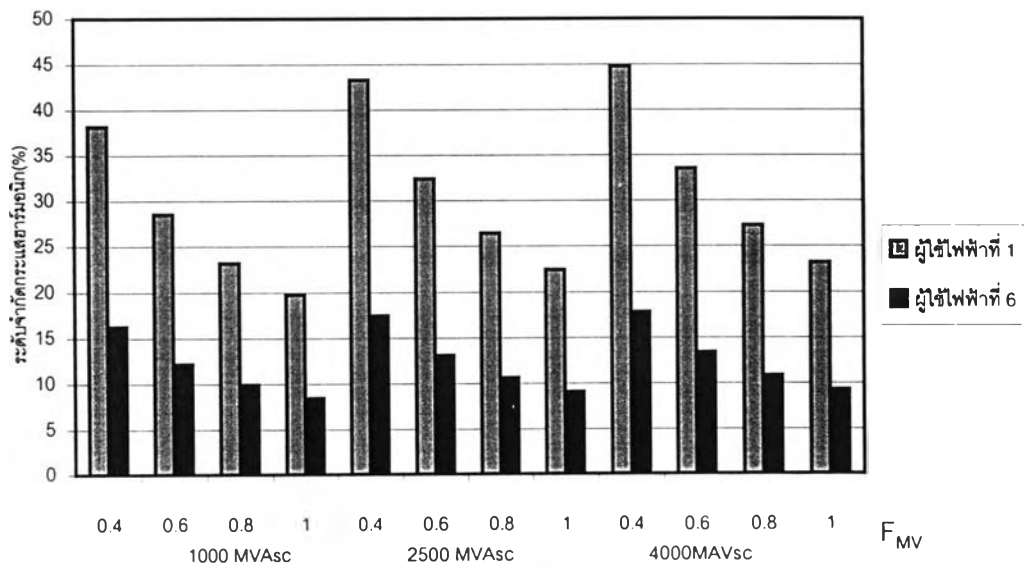
ข)

ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกลำดับที่ 5 ตามการประมาณแบบที่ 3 ก)



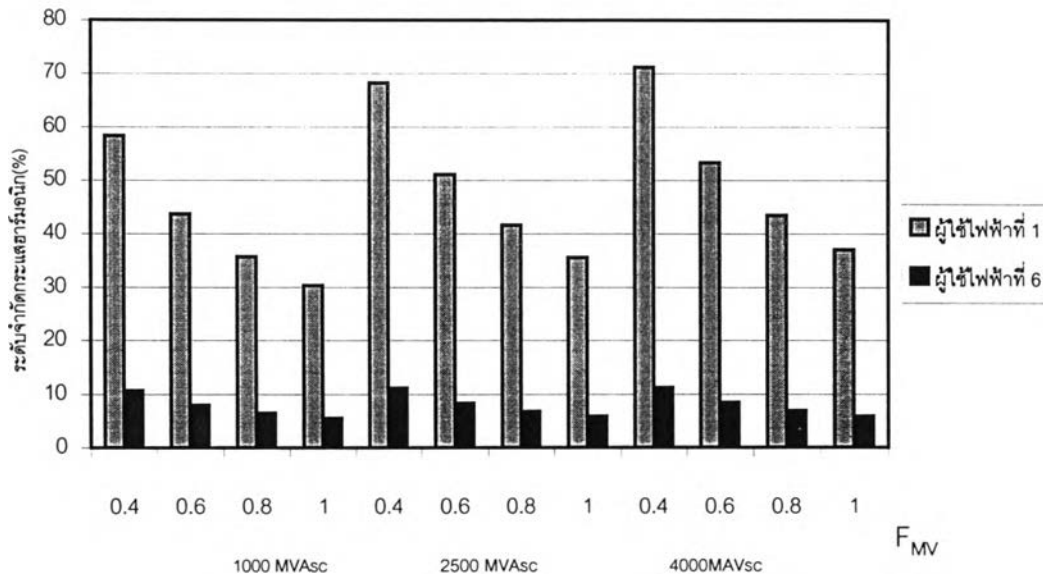
ค)

ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกลำดับที่ 5 ตามการประมาณแบบที่ 3 ข)



ง)

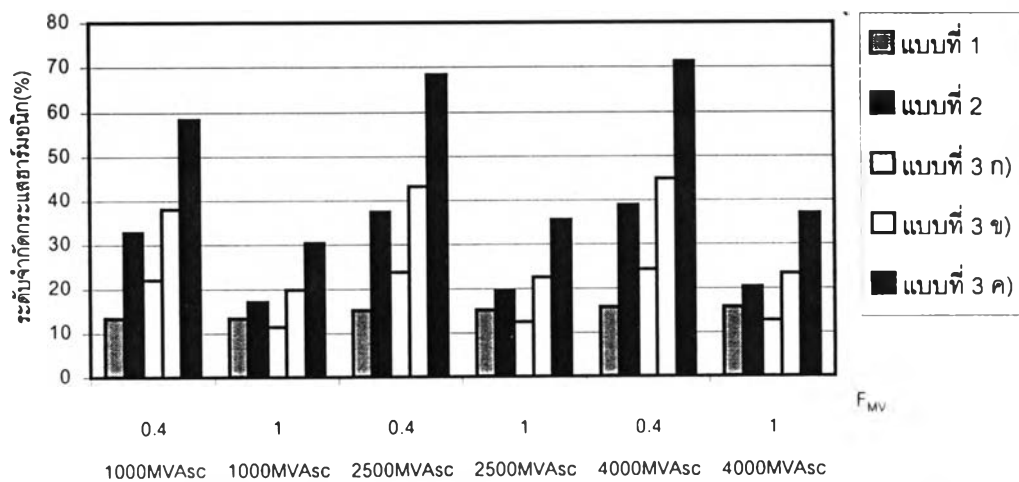
ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกลำดับที่ 5 ตามการประมาณแบบที่ 3 ค)



จ)

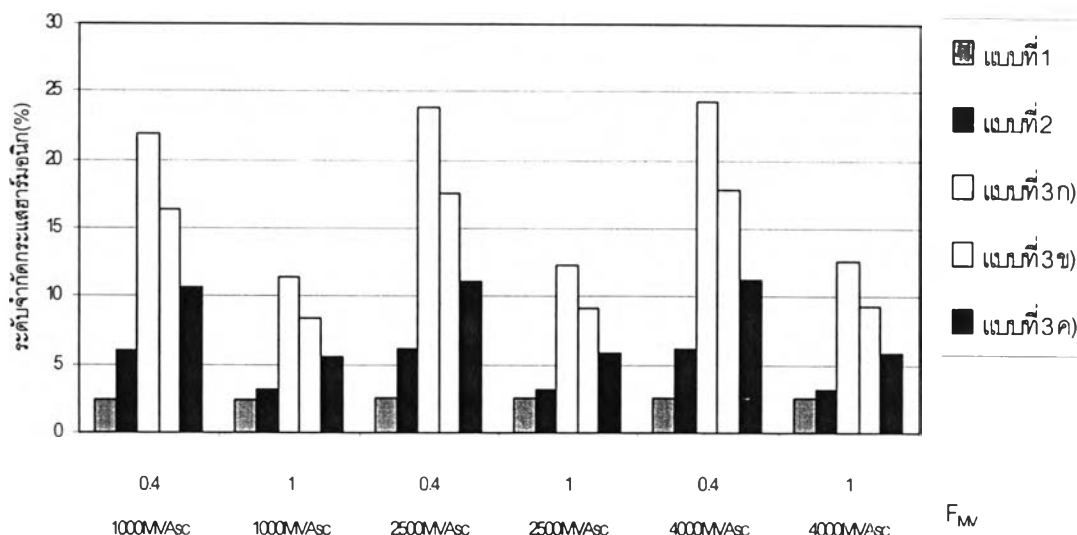
รูปที่ 5.3 กราฟเปรียบเทียบค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกอันดับที่ 5 เทียบกับค่ากำลังไฟฟ้าลัดวงจรด้านแรงสูงและ F_{MV}แยกแต่ละวิธีประมาณ

ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกของผู้ใช้ไฟฟ้ารายที่ 1



ก) ผู้ใช้ไฟฟ้ารายที่ 1 (ต้นสายป้อน)

ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกของผู้ใช้ไฟฟ้ารายที่ 6



ข) ผู้ใช้ไฟฟ้ารายที่ 6 (ปลายสายป้อน)

รูปที่ 5.4 กราฟค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกอันดับที่ 5 เทียบกับค่ากำลังไฟฟ้าลัดวงจรด้านแรงสูงและ F_{MV} แยกผู้ใช้ไฟฟ้าต้นทางและปลายทาง

จากกราฟรูปที่ 5.3 และ รูปที่ 5.4 ได้ข้อสรุปดังนี้

1) การประมาณแบบที่ 1

- ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกไม่แปรผันกับค่า F_{MV}

- ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกแปรผันกับค่า MVA_{SC} เล็กน้อยเมื่อ MVA_{SC} มากขึ้น ทำให้ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกเพิ่มขึ้น

- ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกแปรผันกับระยะห่างจากสถานีไฟฟ้าย่อย หรือ อิมพีแดนซ์ที่ผู้ใช้ไฟฟ้ามองเข้าไปยังระบบไฟฟ้า เมื่อระยะห่างมากขึ้นค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกจะลดลง

2) การประมาณแบบที่ 2

- ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกแปรผันกับค่า F_{MV} เมื่อค่า F_{MV} ลดลง ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกจะเพิ่มขึ้นขณะที่ปัจจัยอื่นคงที่

- ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกแปรผันกับค่า MVA_{SC} เล็กน้อยเมื่อ MVA_{SC} มากขึ้น ทำให้ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกเพิ่มขึ้น

- ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกแปรผันกับระยะห่างจากสถานีไฟฟ้าย่อย หรือ อิมพีแดนซ์ที่ผู้ใช้ไฟฟ้ามองเข้าไปยังระบบไฟฟ้า เมื่อระยะห่างมากขึ้นค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกจะลดลง

3) การประมาณแบบที่ 3 กลุ่ม ก)

- ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกแปรผันกับค่า F_{MV} เมื่อค่า F_{MV} ลดลง ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกจะเพิ่มขึ้น

- ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกแปรผันกับค่า MVA_{SC} เล็กน้อยเมื่อ MVA_{SC} มากขึ้น ทำให้ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกเพิ่มขึ้น

- ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกไม่แปรผันกับระยะห่างจากสถานีไฟฟ้าย่อย

4) การประมาณแบบที่ 3 กลุ่ม ข)

- ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกแปรผันกับค่า F_{MV} เมื่อค่า F_{MV} ลดลง ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกเพิ่มขึ้น

- ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกแปรผันกับค่า MVA_{SC} เล็กน้อยเมื่อ MVA_{SC} มากขึ้น ทำให้ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกเพิ่มขึ้นขณะที่ปัจจัยอื่นคงที่

- ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกแปรผันกับระยะห่างจากสถานีไฟฟ้าย่อย หรือ อิมพีแดนซ์ที่ผู้ใช้ไฟฟ้ามองเข้าไปยังระบบไฟฟ้า เมื่อระยะห่างมากขึ้นค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกจะลดลง

5) การประมาณแบบที่ 3 กลุ่ม ค)

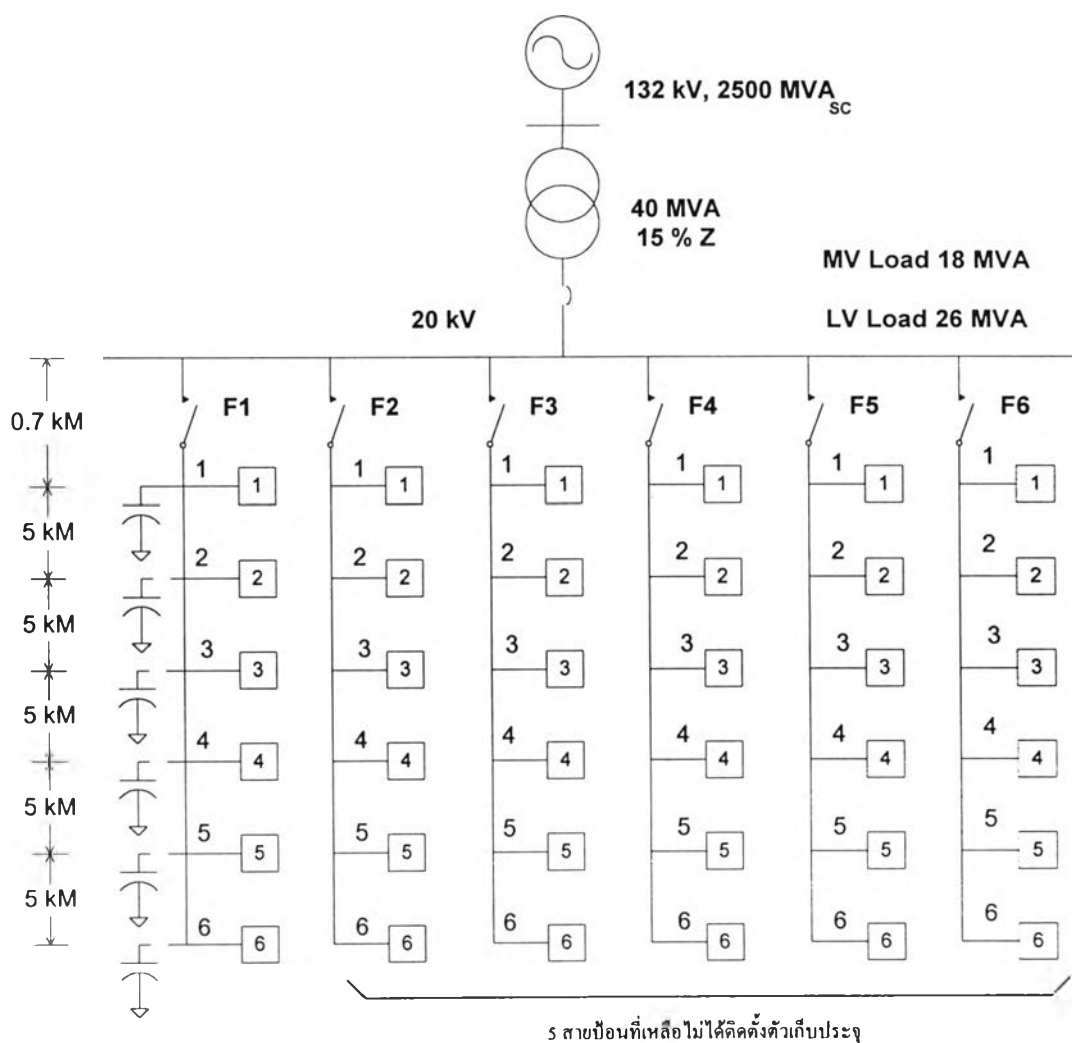
- ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกแปรผันกับค่า F_{MV} เมื่อค่า F_{MV} ลดลง ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกเพิ่มขึ้นขณะที่ปัจจัยอื่นคงที่

- ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกแปรผันกับค่า MVA_{SC} เล็กน้อยเมื่อ MVA_{SC} มากขึ้น ทำให้ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกเพิ่มขึ้นขณะที่ปัจจัยอื่นคงที่

- ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกแปรผันกับระยะห่างจากสถานีไฟฟ้าย่อย หรือ อิมพีแดนซ์ที่ผู้ใช้ไฟฟ้ามองเข้าไปยังระบบไฟฟ้า เมื่อระยะห่างมากขึ้นค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกจะลดลง และมีการลดลงมากกว่าเมื่อเทียบกับการประมาณแบบที่ 3 กลุ่ม ข)

5.2 การวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าโดยดูผลกระทบจากการติดตั้งตัวเก็บประจุ

เนื่องจากการติดตั้งตัวเก็บประจุเพื่อปรับค่าตัวประกอบกำลังให้สูงขึ้นในระบบจำหน่าย อาจก่อให้เกิดสถานะเรโซแนนซ์ขนานทำให้เกิดการขยายกระแสฮาร์มอนิก ส่งผลให้แรงดันฮาร์มอนิกเพิ่มขึ้น จึงต้องวิเคราะห์ผลกระทบจากการใช้ตัวเก็บประจุด้วย จากระบบทดสอบจากหัวข้อที่ 5.1 กำหนดให้ค่ากำลังไฟฟ้าลัดวงจรด้านแรงสูงเท่ากับ 2500 MVA และให้ค่า $F_{MV} = 0.4$ ทำการติดตั้งตัวเก็บประจุเพิ่ม ด้วยตำแหน่งที่แตกต่างกัน 6 จุดเริ่มจากติดตั้ง ตัวเก็บประจุบนจุดเดียวกับผู้ใช้ไฟรายที่ 1 บนสายป้อนที่ 1 สายป้อนเดียว จนกระทั่งถึง จุดเดียวกับผู้ใช้ไฟรายที่ 6 บนสายป้อนที่ 1 ดังรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.5 แผนผังโครงข่ายของผู้ใช้ไฟฟ้าสำหรับกรณีติดตั้งตัวเก็บประจุ

5.2.1 ใช้ตัวเก็บประจุขนาด 600 kVAr แรงดันพิกัด 20 kV

ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 5.4 ถึง 5.9

ตารางที่ 5.4 ผลการวิเคราะห์ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกเมื่อต่อตัวเก็บประจุ 600 kVAr ที่จุด 1

| สาย ป้อนที่ | ฮาร์มอนิก อันดับที่ | ตำแหน่งบน สายป้อน | ระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกตามวิธีการประมาณ(%) | | | | |
|----------------|------------------------|----------------------|---|----------|----------|----------|----------|
| | | | แบบที่ 1 | แบบที่ 2 | แบบที่ 3 | | |
| | | | | | กลุ่ม ก) | กลุ่ม ข) | กลุ่ม ค) |
| 1 | 5 | จุดที่ 1 | 14.180 | 35.039 | 22.863 | 41.349 | 64.779 |
| | | จุดที่ 2 | 7.243 | 17.897 | 22.863 | 29.087 | 32.057 |
| | | จุดที่ 3 | 4.864 | 12.018 | 22.863 | 23.709 | 21.298 |
| | | จุดที่ 4 | 3.661 | 9.046 | 22.863 | 20.515 | 15.946 |
| | | จุดที่ 5 | 2.935 | 7.253 | 22.863 | 18.34 | 12.744 |
| | | จุดที่ 6 | 2.450 | 6.053 | 22.863 | 16.736 | 10.613 |
| 2ถึง6 | 5 | จุดที่ 1 | 14.180 | 35.039 | 22.863 | 41.349 | 64.779 |
| | | จุดที่ 2 | 7.243 | 17.897 | 22.863 | 29.087 | 32.057 |
| | | จุดที่ 3 | 4.864 | 12.018 | 22.863 | 23.709 | 21.298 |
| | | จุดที่ 4 | 3.661 | 9.046 | 22.863 | 20.515 | 15.946 |
| | | จุดที่ 5 | 2.935 | 7.253 | 22.863 | 18.34 | 12.744 |
| | | จุดที่ 6 | 2.450 | 6.053 | 22.863 | 16.736 | 10.613 |

ตารางที่ 5.5 ผลการวิเคราะห์ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกเมื่อต่อตัวเก็บประจุ 600 kVAr ที่จุด 2

| สาย ป้อนที่ | ฮาร์มอ นิก อันดับที่ | ตำแหน่งบน สายป้อน | ระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกตามวิธีการประมาณ(%) | | | | |
|----------------|----------------------------|----------------------|---|----------|----------|----------|----------|
| | | | แบบที่ 1 | แบบที่ 2 | แบบที่ 3 | | |
| | | | | | กลุ่ม ก) | กลุ่ม ข) | กลุ่ม ค) |
| 1 | 5 | จุดที่ 1 | 14.112 | 34.870 | 21.488 | 38.722 | 60.451 |
| | | จุดที่ 2 | 6.517 | 16.103 | 21.488 | 27.186 | 29.798 |
| | | จุดที่ 3 | 4.525 | 11.181 | 21.488 | 22.174 | 19.823 |
| | | จุดที่ 4 | 3.466 | 8.564 | 21.488 | 19.193 | 14.852 |
| | | จุดที่ 5 | 2.808 | 6.939 | 21.488 | 17.162 | 11.874 |
| | | จุดที่ 6 | 2.361 | 5.833 | 21.488 | 15.663 | 9.891 |
| 2ถึง6 | 5 | จุดที่ 1 | 14.112 | 34.870 | 21.488 | 38.722 | 60.451 |
| | | จุดที่ 2 | 7.225 | 17.853 | 21.488 | 27.24 | 29.915 |
| | | จุดที่ 3 | 4.856 | 11.998 | 21.488 | 22.203 | 19.875 |
| | | จุดที่ 4 | 3.656 | 9.035 | 21.488 | 19.212 | 14.881 |
| | | จุดที่ 5 | 2.932 | 7.246 | 21.488 | 17.175 | 11.893 |
| | | จุดที่ 6 | 2.448 | 6.048 | 21.488 | 15.673 | 9.904 |

ตารางที่ 5.6 ผลการวิเคราะห์ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกเมื่อต่อตัวเก็บประจุ 600 kVAr ที่จุด 3

| สาย ป้อนที่ | ฮาร์มอนิก อันดับที่ | ตำแหน่งบน สายป้อน | ระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกตามวิธีการประมาณ(%) | | | | |
|----------------|------------------------|----------------------|---|----------|----------|----------|----------|
| | | | แบบที่ 1 | แบบที่ 2 | แบบที่ 3 | | |
| | | | | | กลุ่ม ก) | กลุ่ม ข) | กลุ่ม ค) |
| 1 | 5 | จุดที่ 1 | 14.03 | 34.68 | 19.813 | 35.7 | 55.759 |
| | | จุดที่ 2 | 6.45 | 15.93 | 19.813 | 25.064 | 27.485 |
| | | จุดที่ 3 | 4.00 | 9.89 | 19.813 | 20.399 | 18.205 |
| | | จุดที่ 4 | 3.15 | 7.78 | 19.813 | 17.666 | 13.654 |
| | | จุดที่ 5 | 2.60 | 6.42 | 19.813 | 15.801 | 10.924 |
| | | จุดที่ 6 | 2.21 | 5.46 | 19.813 | 14.425 | 9.103 |
| 2ถึง6 | 5 | จุดที่ 1 | 14.03 | 34.68 | 19.813 | 35.7 | 55.759 |
| | | จุดที่ 2 | 7.20 | 17.80 | 19.813 | 25.114 | 27.593 |
| | | จุดที่ 3 | 4.85 | 11.98 | 19.813 | 20.47 | 18.333 |
| | | จุดที่ 4 | 3.65 | 9.02 | 19.813 | 17.713 | 13.726 |
| | | จุดที่ 5 | 2.93 | 7.24 | 19.813 | 15.834 | 10.97 |
| | | จุดที่ 6 | 2.45 | 6.04 | 19.813 | 14.45 | 9.135 |

ตารางที่ 5.7 ผลการวิเคราะห์ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกเมื่อต่อตัวเก็บประจุ 600 kVAr ที่จุด 4

| สาย ป้อนที่ | ฮาร์มอนิก อันดับที่ | ตำแหน่งบน สายป้อน | ระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกตามวิธีการประมาณ(%) | | | | |
|----------------|------------------------|----------------------|---|----------|----------|----------|----------|
| | | | แบบที่ 1 | แบบที่ 2 | แบบที่ 3 | | |
| | | | | | กลุ่ม ก) | กลุ่ม ข) | กลุ่ม ค) |
| 1 | 5 | จุดที่ 1 | 13.942 | 34.450 | 17.995 | 32.526 | 50.966 |
| | | จุดที่ 2 | 6.370 | 15.740 | 17.995 | 22.836 | 25.122 |
| | | จุดที่ 3 | 3.933 | 9.719 | 17.995 | 18.585 | 16.64 |
| | | จุดที่ 4 | 2.751 | 6.798 | 17.995 | 16.058 | 12.423 |
| | | จุดที่ 5 | 2.320 | 5.733 | 17.995 | 14.37 | 9.948 |
| | | จุดที่ 6 | 2.006 | 4.956 | 17.995 | 13.122 | 8.295 |
| 2ถึง6 | 5 | จุดที่ 1 | 13.942 | 34.450 | 17.995 | 32.526 | 50.966 |
| | | จุดที่ 2 | 7.180 | 17.743 | 17.995 | 22.881 | 25.221 |
| | | จุดที่ 3 | 4.835 | 11.948 | 17.995 | 18.65 | 16.757 |
| | | จุดที่ 4 | 3.645 | 9.007 | 17.995 | 16.138 | 12.546 |
| | | จุดที่ 5 | 2.925 | 7.227 | 17.995 | 14.427 | 10.027 |
| | | จุดที่ 6 | 2.442 | 6.035 | 17.995 | 13.165 | 8.35 |

ตารางที่ 5.8 ผลการวิเคราะห์ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกเมื่อต่อตัวเก็บประจุ 600 kVAr ที่จุด 5

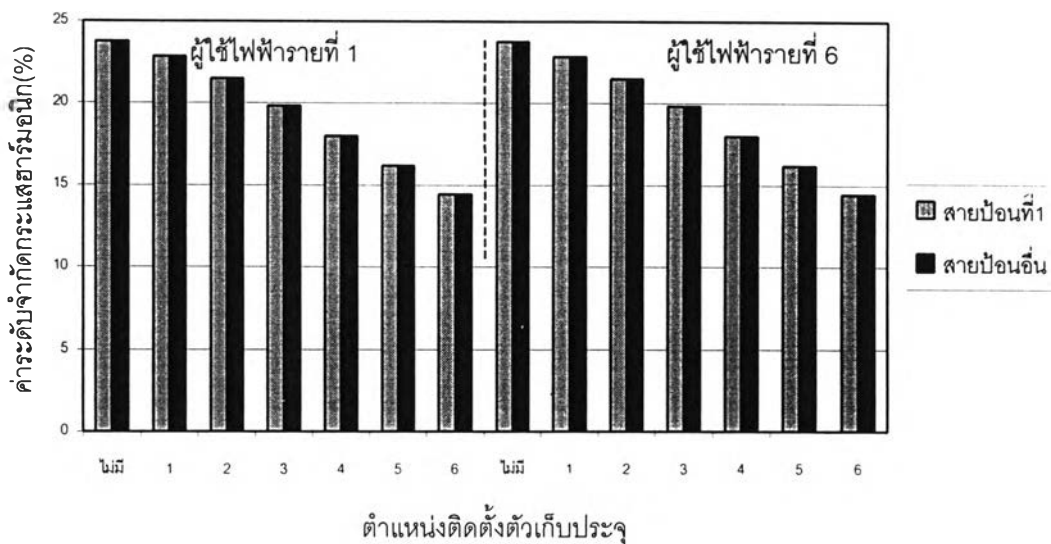
| สาย ป้อนที่ | ฮาร์มอนิก อันดับที่ | ตำแหน่งบน สายป้อน | ระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกตามวิธีการประมาณ(%) | | | | |
|----------------|------------------------|----------------------|---|----------|----------|----------|----------|
| | | | แบบที่ 1 | แบบที่ 2 | แบบที่ 3 | | |
| | | | | | กลุ่ม ก) | กลุ่ม ข) | กลุ่ม ค) |
| 1 | 5 | จุดที่ 1 | 13.83 | 34.18 | 16.175 | 29.372 | 46.215 |
| | | จุดที่ 2 | 6.28 | 15.51 | 16.175 | 20.621 | 22.78 |
| | | จุดที่ 3 | 3.85 | 9.52 | 16.175 | 16.783 | 15.088 |
| | | จุดที่ 4 | 2.68 | 6.63 | 16.175 | 14.501 | 11.265 |
| | | จุดที่ 5 | 2.00 | 4.95 | 16.175 | 12.946 | 8.978 |
| | | จุดที่ 6 | 1.76 | 4.36 | 16.175 | 11.826 | 7.492 |
| 2ถึง6 | 5 | จุดที่ 1 | 13.83 | 34.18 | 16.175 | 29.372 | 46.215 |
| | | จุดที่ 2 | 7.15 | 17.67 | 16.175 | 20.662 | 22.87 |
| | | จุดที่ 3 | 4.82 | 11.92 | 16.175 | 16.842 | 15.195 |
| | | จุดที่ 4 | 3.64 | 8.99 | 16.175 | 14.573 | 11.377 |
| | | จุดที่ 5 | 2.92 | 7.22 | 16.175 | 13.028 | 9.092 |
| | | จุดที่ 6 | 2.44 | 6.03 | 16.175 | 11.889 | 7.572 |

ตารางที่ 5.9 ผลการวิเคราะห์ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกเมื่อต่อตัวเก็บประจุ 600 kVAr ที่จุด 6

| สาย ป้อนที่ | ฮาร์มอนิก อันดับที่ | ตำแหน่งบน สายป้อน | ระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกตามวิธีการประมาณ(%) | | | | |
|----------------|------------------------|----------------------|---|----------|----------|----------|----------|
| | | | แบบที่ 1 | แบบที่ 2 | แบบที่ 3 | | |
| | | | | | กลุ่ม ก) | กลุ่ม ข) | กลุ่ม ค) |
| 1 | 5 | จุดที่ 1 | 13.705 | 33.866 | 14.452 | 26.344 | 41.58 |
| | | จุดที่ 2 | 6.171 | 15.248 | 14.452 | 18.496 | 20.495 |
| | | จุดที่ 3 | 3.763 | 9.299 | 14.452 | 15.053 | 13.575 |
| | | จุดที่ 4 | 2.604 | 6.435 | 14.452 | 13.006 | 10.135 |
| | | จุดที่ 5 | 1.935 | 4.781 | 14.452 | 11.611 | 8.077 |
| | | จุดที่ 6 | 1.505 | 3.720 | 14.452 | 10.582 | 6.708 |
| 2ถึง6 | 5 | จุดที่ 1 | 13.705 | 33.866 | 14.452 | 26.344 | 41.58 |
| | | จุดที่ 2 | 7.117 | 17.586 | 14.452 | 18.532 | 20.577 |
| | | จุดที่ 3 | 4.807 | 11.877 | 14.452 | 15.106 | 13.671 |
| | | จุดที่ 4 | 3.629 | 8.966 | 14.452 | 13.071 | 10.236 |
| | | จุดที่ 5 | 2.914 | 7.201 | 14.452 | 11.685 | 8.18 |
| | | จุดที่ 6 | 2.435 | 6.017 | 14.452 | 10.663 | 6.812 |

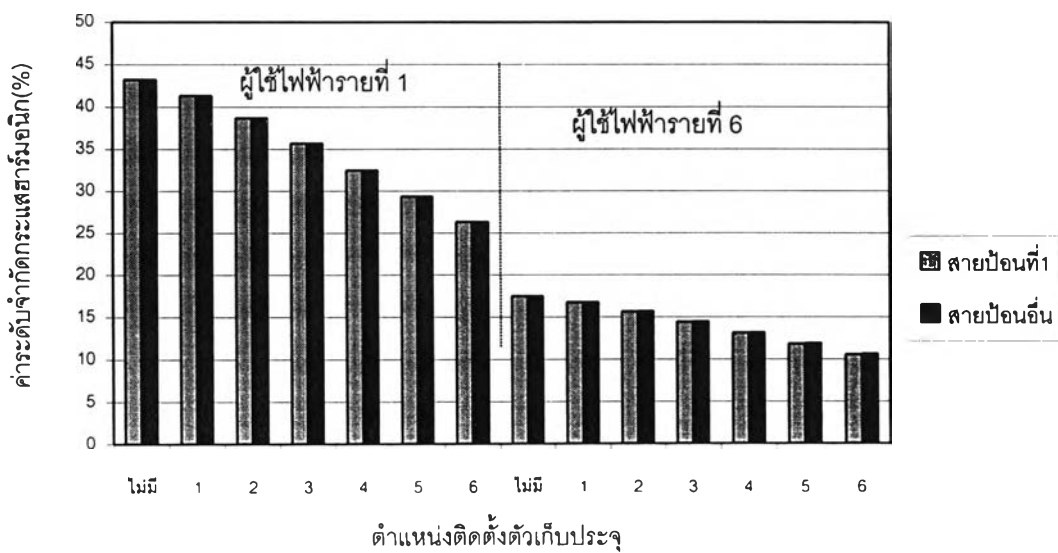
จากตารางผลการวิเคราะห์นำผลลัพธ์มาเปรียบเทียบเพื่อแสดงให้เห็นถึงผลกระทบจากการใช้ตัวเก็บประจุดังแสดงในกราฟรูปที่ 5.6

ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกที่ 5 ตามการประมาณแบบที่ 3ก)



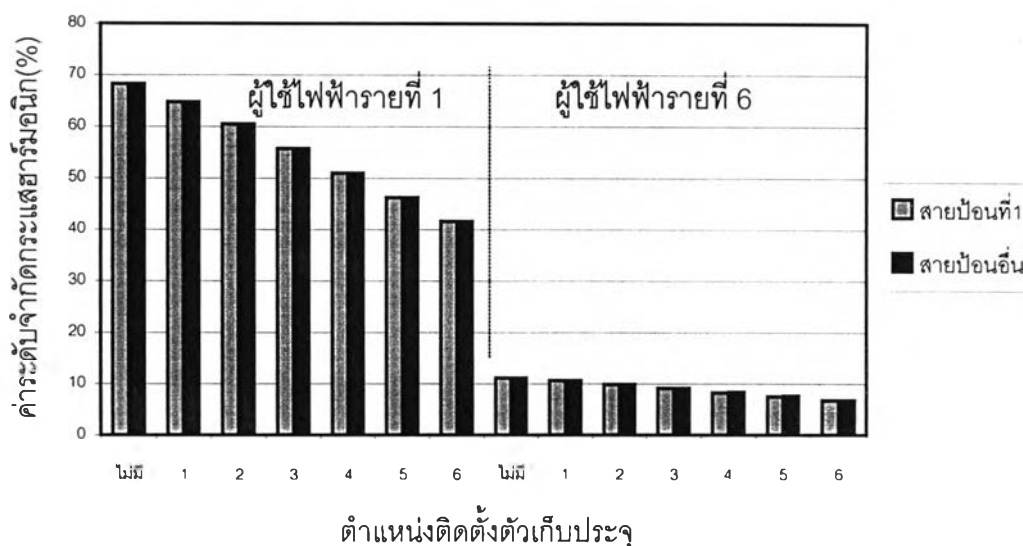
ค)

ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกที่ 5 ตามการประมาณแบบที่ 3ข)



ง)

ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกที่ 5 ตามการประมาณแบบที่ 3ค)



จ)

รูปที่ 5.6 ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกเมื่อตัวเก็บประจุ 600 kVAr ที่ตำแหน่งต่าง ๆ

จากรูปที่ 5.6 สรุปได้ว่าเมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุเทียบกับการไม่ติดตั้งตัวเก็บประจุ ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกตามวิธีการประมาณทุกแบบ ของผู้ใช้ไฟฟ้ารายที่ 6 ที่อยู่ตำแหน่งปลายสายบ่อนจะลดลง สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้ารายที่ 1 ที่อยู่ตำแหน่งต้นทางของสายบ่อนเนื่องจากใกล้สถานีไฟฟ้าย่อยดังนั้นเมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุที่มีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับกำลังไฟฟ้าลัดวงจรของระบบไฟฟ้าแรงดันสูง ผลกระทบต่อค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกสำหรับการประมาณแบบที่ 1 และ 2 สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าต้นทางสายบ่อนจึงมีผลกระทบน้อยมาก

ยิ่งจุดเชื่อมต่อของตัวเก็บประจุไกลจากสถานีไฟฟ้าย่อยยิ่งทำให้ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกเกือบทุกวิธีการประมาณลดลง โดยค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกตามวิธีการประมาณแบบที่ 1 และ 2 ลดลงน้อยเมื่อเทียบกับแบบที่ 3 สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าต้นทางสายบ่อนที่ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกที่ เมื่อตัวเก็บประจุห่างจากสถานีไฟฟ้าย่อยมาก ค่าอิมพีแดนซ์ของผู้ใช้ไฟฟ้าที่เชื่อมอยู่ปลายสายบ่อนมีค่ามากขึ้น ซึ่งผลกระทบต่อวิธีการประมาณแบบที่ 3 ก) ข) ค) ซึ่งนำค่าแรงดันตอบสนองสูงสุดของระบบมาเป็นตัวพิจารณาพร้อมเพราะฉะนั้นเพียงค่าอิมพีแดนซ์ของระบบไฟฟ้าบางจุดมีค่าสูงขึ้นจึงกระทบต่อค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกทั้งระบบไฟฟ้า

สำหรับผลกระทบของตัวเก็บประจุต่อสายบ่อนอื่นที่ไม่ได้ติดตั้งตัวเก็บประจุปรากฏว่าให้ผลเช่นเดียวกับสายบ่อนที่ 1 เพียงแต่ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกของสายบ่อนอื่นจะมีค่ามากกว่าสายบ่อนที่ 1 ที่จุดเชื่อมต่อเดียวกัน

5.2.2 ใช้ตัวเก็บประจุขนาด 6000 kVAr แรงดันพิกัด 20 kV

ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 5.10 ถึง 5.15

ตารางที่ 5.10 ผลการวิเคราะห์ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกเมื่อต่อตัวเก็บประจุ 6000 kVAr ที่จุดที่ 1

| สาย ป้อนที่ | ฮาร์มอนิก อันดับที่ | ตำแหน่งบน สายป้อน | ระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกตามวิธีการประมาณ(%) | | | | |
|----------------|------------------------|----------------------|---|----------|----------|----------|----------|
| | | | แบบที่ 1 | แบบที่ 2 | แบบที่ 3 | | |
| | | | | | กลุ่ม ก) | กลุ่ม ข) | กลุ่ม ค) |
| 1 | 5 | จุดที่ 1 | 5.4355 | 13.4314 | 11.383 | 19.2428 | 28.086 |
| | | จุดที่ 2 | 3.9758 | 9.8245 | 11.383 | 13.6164 | 14.063 |
| | | จุดที่ 3 | 3.1342 | 7.7447 | 11.383 | 11.1204 | 9.380 |
| | | จุดที่ 4 | 2.5866 | 6.3916 | 11.383 | 9.6317 | 7.036 |
| | | จุดที่ 5 | 2.2019 | 5.441 | 11.383 | 8.6155 | 5.630 |
| | | จุดที่ 6 | 1.9168 | 4.7365 | 11.383 | 7.8652 | 4.692 |
| 2ถึง6 | 5 | จุดที่ 1 | 5.436 | 13.431 | 11.383 | 19.243 | 28.087 |
| | | จุดที่ 2 | 3.976 | 9.825 | 11.383 | 13.616 | 14.063 |
| | | จุดที่ 3 | 3.134 | 7.745 | 11.383 | 11.120 | 9.380 |
| | | จุดที่ 4 | 2.587 | 6.392 | 11.383 | 9.632 | 7.037 |
| | | จุดที่ 5 | 2.202 | 5.441 | 11.383 | 8.616 | 5.630 |
| | | จุดที่ 6 | 1.917 | 4.737 | 11.383 | 7.865 | 4.692 |

ตารางที่ 5.11 ผลการวิเคราะห์ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกเมื่อต่อตัวเก็บประจุ 6000 kVAr ที่จุดที่ 2

| สาย ป้อนที่ | ฮาร์มอนิก อันดับที่ | ตำแหน่งบน สายป้อน | ระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกตามวิธีการประมาณ(%) | | | | |
|----------------|------------------------|----------------------|---|----------|----------|----------|----------|
| | | | แบบที่ 1 | แบบที่ 2 | แบบที่ 3 | | |
| | | | | | กลุ่ม ก) | กลุ่ม ข) | กลุ่ม ค) |
| 1 | 5 | จุดที่ 1 | 28.58 | 53.83 | 15.30 | 31.98 | 59.56 |
| | | จุดที่ 2 | 30.74 | 57.90 | 15.30 | 22.18 | 28.66 |
| | | จุดที่ 3 | 18.40 | 34.66 | 15.30 | 18.24 | 19.37 |
| | | จุดที่ 4 | 7.08 | 13.34 | 15.30 | 15.85 | 14.63 |
| | | จุดที่ 5 | 4.38 | 8.26 | 15.30 | 14.21 | 11.75 |
| | | จุดที่ 6 | 3.17 | 5.98 | 15.30 | 12.99 | 9.82 |
| 2ถึง6 | 5 | จุดที่ 1 | 28.58 | 53.83 | 15.30 | 31.98 | 59.56 |
| | | จุดที่ 2 | 8.21 | 15.46 | 15.30 | 22.63 | 29.83 |
| | | จุดที่ 3 | 4.79 | 9.02 | 15.30 | 18.48 | 19.90 |
| | | จุดที่ 4 | 3.38 | 6.37 | 15.30 | 16.01 | 14.93 |
| | | จุดที่ 5 | 2.61 | 4.92 | 15.30 | 14.32 | 11.95 |
| | | จุดที่ 6 | 2.13 | 4.01 | 15.30 | 13.07 | 9.96 |

ตารางที่ 5.12 ผลการวิเคราะห์ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกเมื่อต่อตัวเก็บประจุ 6000 kVAr ที่จุดที่ 3

| สาย ป้อนที่ | ฮาร์มอนิก อันดับที่ | ตำแหน่งบน สายป้อน | ระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกตามวิธีการประมาณ(%) | | | | |
|----------------|------------------------|----------------------|---|----------|----------|----------|----------|
| | | | แบบที่ 1 | แบบที่ 2 | แบบที่ 3 | | |
| | | | | | กลุ่ม ก) | กลุ่ม ข) | กลุ่ม ค) |
| 1 | 5 | จุดที่ 1 | 46.242 | 114.266 | 27.194 | 46.829 | 70.090 |
| | | จุดที่ 2 | 20.776 | 51.338 | 27.194 | 32.475 | 33.706 |
| | | จุดที่ 3 | 4.743 | 11.720 | 27.194 | 26.115 | 21.797 |
| | | จุดที่ 4 | 6.979 | 17.244 | 27.194 | 22.820 | 16.643 |
| | | จุดที่ 5 | 13.201 | 32.620 | 27.194 | 20.522 | 13.461 |
| | | จุดที่ 6 | 121.839 | 301.070 | 27.194 | 18.803 | 11.300 |
| 2ถึง6 | 5 | จุดที่ 1 | 46.242 | 114.266 | 27.194 | 46.829 | 70.090 |
| | | จุดที่ 2 | 11.215 | 27.712 | 27.194 | 33.149 | 35.121 |
| | | จุดที่ 3 | 6.381 | 15.768 | 27.194 | 27.076 | 23.431 |
| | | จุดที่ 4 | 4.459 | 11.019 | 27.194 | 23.453 | 17.579 |
| | | จุดที่ 5 | 3.427 | 8.468 | 27.194 | 20.979 | 14.067 |
| | | จุดที่ 6 | 2.783 | 6.876 | 27.194 | 19.152 | 11.724 |

ตารางที่ 5.13 ผลการวิเคราะห์ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกเมื่อต่อตัวเก็บประจุ 6000 kVAr ที่จุดที่ 4

| สาย ป้อนที่ | ฮาร์มอนิก อันดับที่ | ตำแหน่งบน สายป้อน | ระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกตามวิธีการประมาณ(%) | | | | |
|----------------|------------------------|----------------------|---|----------|----------|----------|----------|
| | | | แบบที่ 1 | แบบที่ 2 | แบบที่ 3 | | |
| | | | | | กลุ่ม ก) | กลุ่ม ข) | กลุ่ม ค) |
| 1 | 5 | จุดที่ 1 | 25.181 | 62.222 | 32.102 | 60.418 | 99.978 |
| | | จุดที่ 2 | 38.579 | 95.329 | 32.102 | 41.882 | 48.042 |
| | | จุดที่ 3 | 23.291 | 57.554 | 32.102 | 33.667 | 31.045 |
| | | จุดที่ 4 | 5.993 | 14.810 | 32.102 | 28.744 | 22.629 |
| | | จุดที่ 5 | 10.070 | 24.882 | 32.102 | 25.969 | 18.470 |
| | | จุดที่ 6 | 31.482 | 77.792 | 32.102 | 23.868 | 15.602 |
| 2ถึง6 | 5 | จุดที่ 1 | 25.181 | 62.222 | 32.102 | 60.418 | 99.978 |
| | | จุดที่ 2 | 9.323 | 23.038 | 32.102 | 42.777 | 50.117 |
| | | จุดที่ 3 | 5.721 | 14.136 | 32.102 | 34.942 | 33.440 |
| | | จุดที่ 4 | 4.126 | 10.196 | 32.102 | 30.267 | 25.090 |
| | | จุดที่ 5 | 3.227 | 7.974 | 32.102 | 27.075 | 20.078 |
| | | จุดที่ 6 | 2.650 | 6.547 | 32.102 | 24.718 | 16.734 |

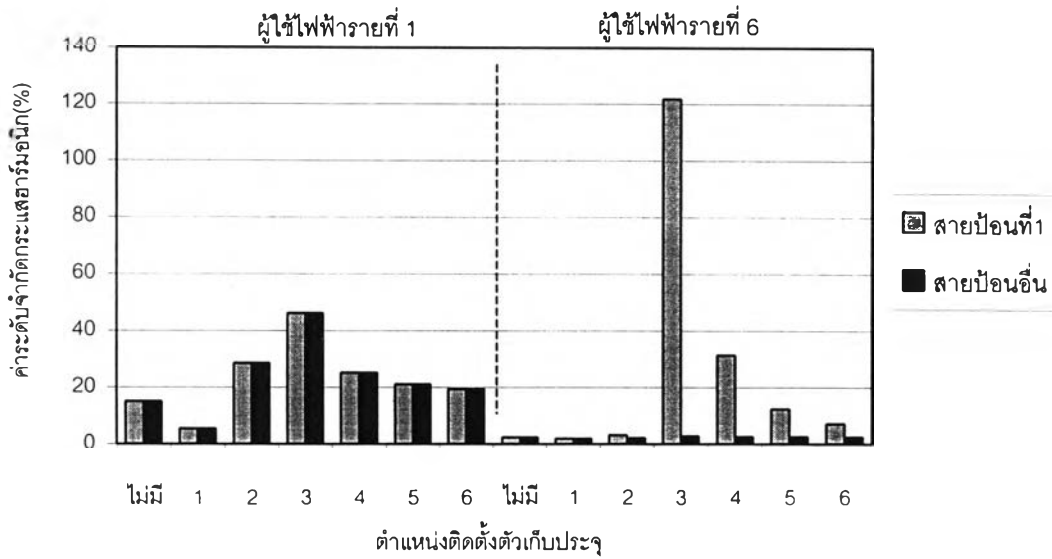
ตารางที่ 5.14 ผลการวิเคราะห์ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิก เมื่อต่อตัวเก็บประจุ 6000 kVAr ที่จุดที่ 5

| สาย ป้อนที่ | ฮาร์มอนิก อันดับที่ | ตำแหน่งบน สายป้อน | ระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกตามวิธีการประมาณ(%) | | | | |
|----------------|------------------------|----------------------|---|----------|----------|----------|----------|
| | | | แบบที่ 1 | แบบที่ 2 | แบบที่ 3 | | |
| | | | | | กลุ่ม ก) | กลุ่ม ข) | กลุ่ม ค) |
| 1 | 5 | จุดที่ 1 | 21.130 | 52.214 | 29.576 | 54.733 | 88.601 |
| | | จุดที่ 2 | 17.517 | 43.286 | 29.576 | 37.926 | 42.541 |
| | | จุดที่ 3 | 36.064 | 89.114 | 29.576 | 30.476 | 27.469 |
| | | จุดที่ 4 | 24.542 | 60.643 | 29.576 | 26.009 | 20.008 |
| | | จุดที่ 5 | 6.741 | 16.658 | 29.576 | 22.943 | 15.568 |
| | | จุดที่ 6 | 12.377 | 30.583 | 29.576 | 21.169 | 13.253 |
| 2ถึง6 | | จุดที่ 1 | 21.130 | 52.214 | 29.576 | 54.733 | 88.601 |
| | | จุดที่ 2 | 8.706 | 21.512 | 29.576 | 38.760 | 44.433 |
| | | จุดที่ 3 | 5.482 | 13.546 | 29.576 | 31.663 | 29.651 |
| | | จุดที่ 4 | 4.001 | 9.886 | 29.576 | 27.428 | 22.249 |
| | | จุดที่ 5 | 3.150 | 7.783 | 29.576 | 24.536 | 17.805 |
| | | จุดที่ 6 | 2.597 | 6.418 | 29.576 | 22.400 | 14.840 |

ตารางที่ 5.15 ผลการวิเคราะห์ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกเมื่อต่อตัวเก็บประจุ 6000 kVAr ที่จุดที่ 6

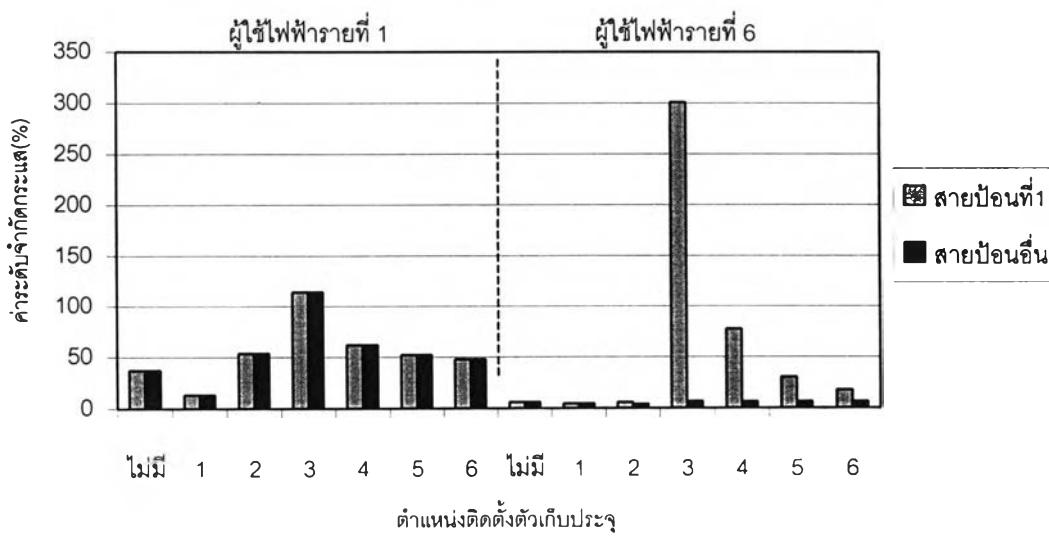
| สาย ป้อนที่ | ฮาร์มอนิก อันดับที่ | ตำแหน่งบน สายป้อน | ระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกตามวิธีการประมาณ(%) | | | | |
|----------------|------------------------|----------------------|---|----------|----------|----------|----------|
| | | | แบบที่ 1 | แบบที่ 2 | แบบที่ 3 | | |
| | | | | | กลุ่ม ก) | กลุ่ม ข) | กลุ่ม ค) |
| 1 | 5 | จุดที่ 1 | 19.410 | 47.964 | 28.271 | 51.893 | 83.175 |
| | | จุดที่ 2 | 13.467 | 33.278 | 28.271 | 35.942 | 39.901 |
| | | จุดที่ 3 | 15.002 | 37.071 | 28.271 | 28.870 | 25.744 |
| | | จุดที่ 4 | 34.813 | 86.025 | 28.271 | 24.630 | 18.737 |
| | | จุดที่ 5 | 25.290 | 62.491 | 28.271 | 21.718 | 14.569 |
| | | จุดที่ 6 | 7.239 | 17.888 | 28.271 | 19.557 | 11.813 |
| 2ถึง6 | | จุดที่ 1 | 19.410 | 47.964 | 28.271 | 51.893 | 83.175 |
| | | จุดที่ 2 | 8.399 | 20.754 | 28.271 | 36.757 | 41.730 |
| | | จุดที่ 3 | 5.359 | 13.242 | 28.271 | 30.029 | 27.852 |
| | | จุดที่ 4 | 3.935 | 9.723 | 28.271 | 26.013 | 20.901 |
| | | จุดที่ 5 | 3.109 | 7.681 | 28.271 | 23.271 | 16.726 |
| | | จุดที่ 6 | 2.569 | 6.348 | 28.271 | 21.246 | 13.942 |

ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกที่ 5 ตามการประมาณแบบที่ 1



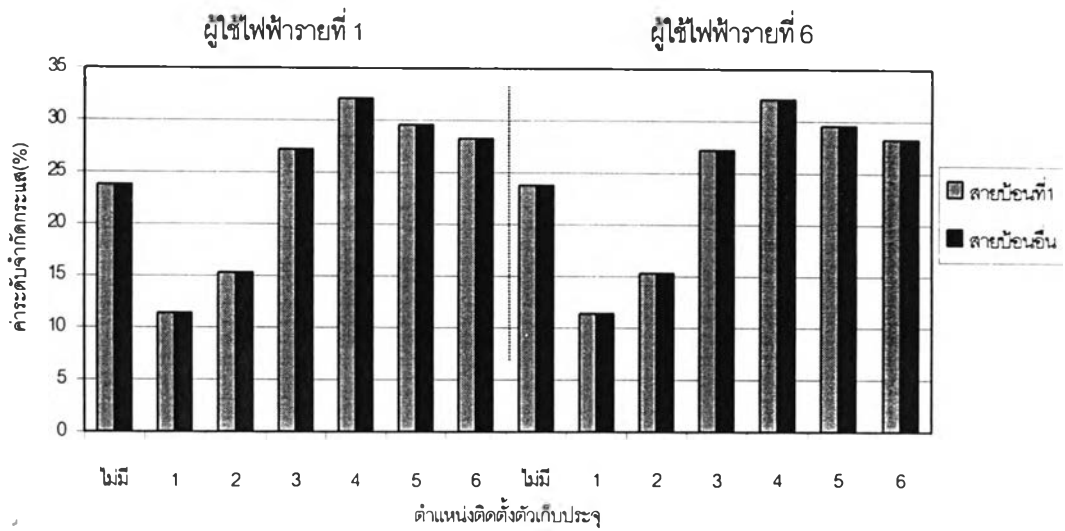
ก)

ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกที่ 5 ตามการประมาณแบบที่ 2



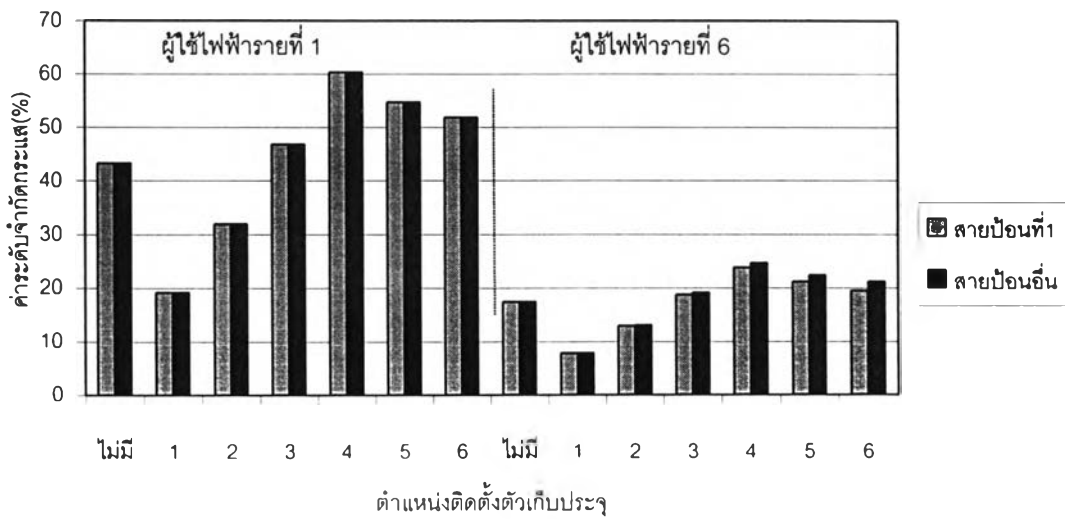
ข)

ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกที่ 5 ตามการประมาณแบบที่ 3ก)

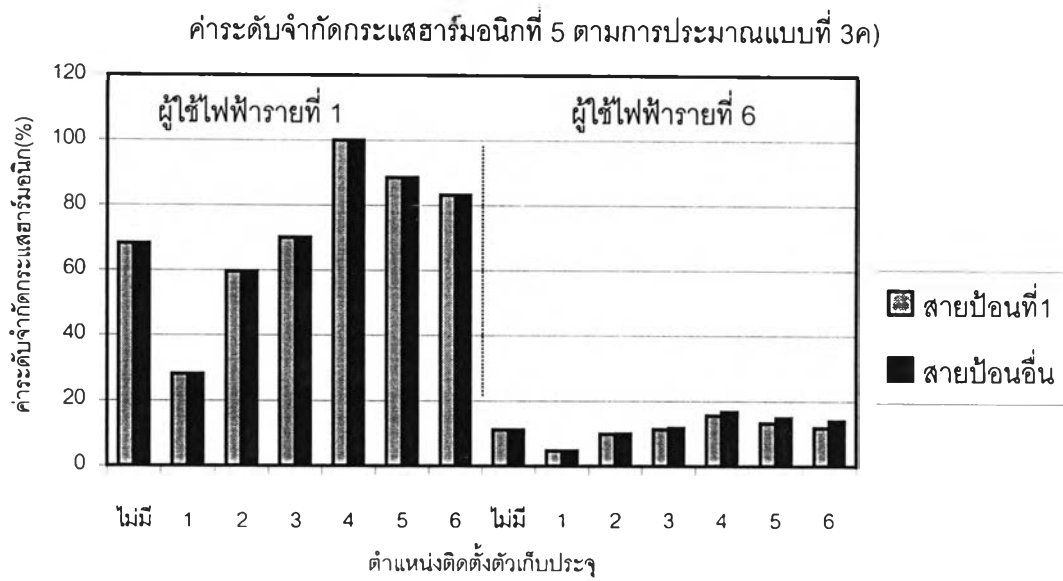


ค)

ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกที่ 5 ตามการประมาณแบบที่ 3ข)

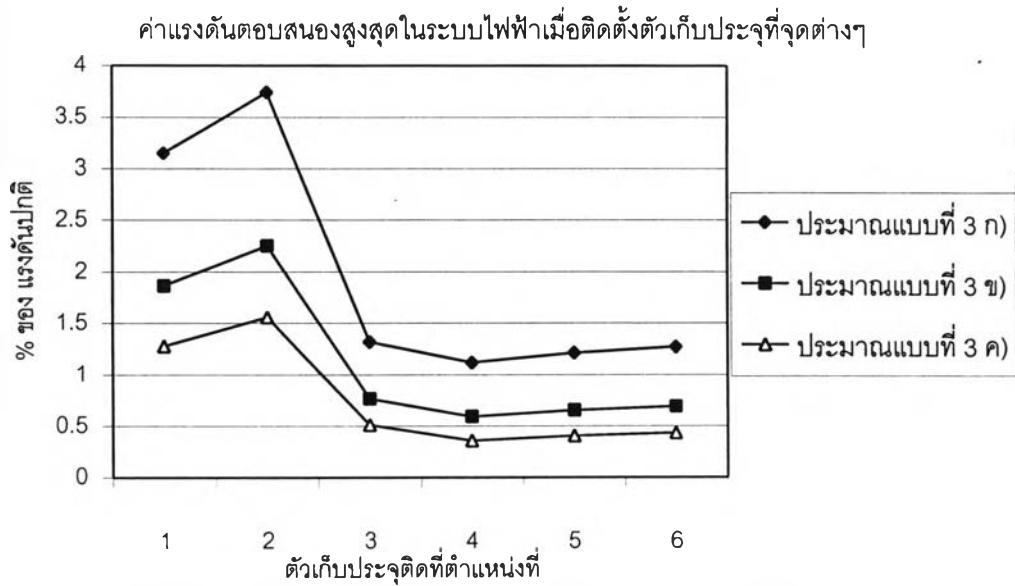


ง)



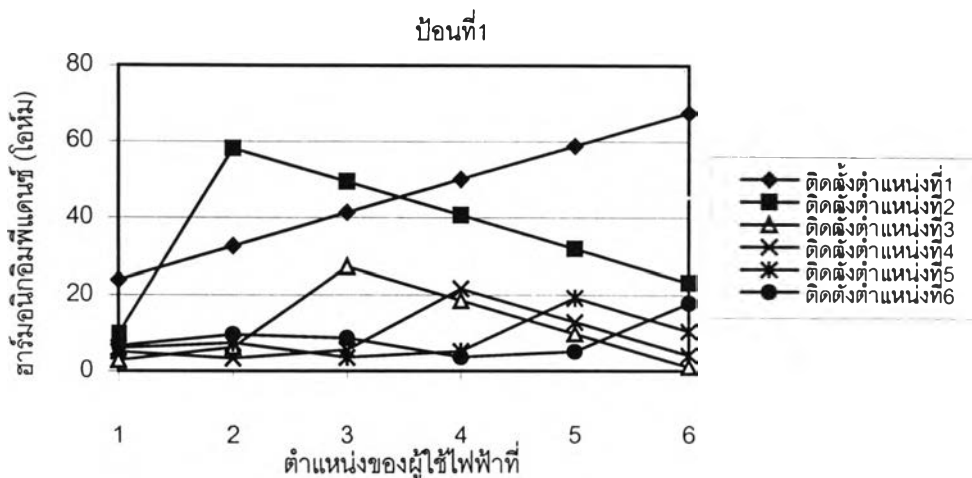
จ)

รูปที่ 5.7 ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกเมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุ 6000 kVar ที่ตำแหน่งต่างๆ



ก)

ค่าฮาร์มอนิกอิมพีแดนซ์ที่จุดผู้ใช้ไฟฟ้าเปรียบกับตำแหน่งติดตั้งตัวเก็บประจุของสาย



ข)

รูปที่ 5.8 ค่าแรงดันตอบสนองสูงสุด และ ฮาร์มอนิกอิมพีแดนซ์อันดับที่ 5 เปรียบเทียบกับตำแหน่งติดตั้งตัวเก็บประจุ 6000 kVAR

จากรูปที่ 5.7 สำหรับการประมาณแบบที่ 1 และ 2 เนื่องจากการติดตั้งตัวเก็บประจุที่ตำแหน่งที่ 3 ทำให้ค่าฮาร์มอนิกอิมพีแดนซ์ของผู้ใช้ไฟฟ้าต้นทางและปลายทางมีค่าต่ำมาก จึงเป็นสาเหตุให้ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกด้วยวิธีการประมาณแบบที่ 1 และ 2 มีค่าสูง สำหรับวิธีการประมาณแบบที่ 3 ทั้ง ก) ข) ค) คือเมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุที่ตำแหน่งที่ 2 3 4 5 6 จะเกิดการเรโซแนนซ์ในบางส่วนของระบบไฟฟ้าทำให้ค่าฮาร์มอนิกอิมพีแดนซ์ไม่สม่ำเสมอในบางจุดของระบบไฟฟ้า

สำหรับการประมาณแบบที่ 3 ก) ข) ค) ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกมีค่ามากที่สุดเมื่อติดตั้งตำแหน่งตัวเก็บประจุที่ 4 จากรูปที่ 5.8 ก) แสดงให้เห็นว่าแรงดันตอบสนองของระบบไฟฟ้าเมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุตำแหน่งที่ 4 มีค่าน้อยสุด เนื่องจากค่าฮาร์มอนิกอิมพีแดนซ์โดยรวมทั้งสายป้อนที่ 1 จากรูปที่ 5.8 ข)

5.3 การวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าโดยดูผลของอิมพีแดนซ์ของสายป้อน

จากระบบไฟฟ้ารูปที่ 5.1 เพื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลกระทบของอิมพีแดนซ์ของสายป้อนจึงได้แปรเปลี่ยนระยะห่างของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายออกเป็น 2 กรณีตัวอย่างดังนี้

5.3.1 กรณีที่จุดเชื่อมต่อกับสายป้อนของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายห่างกัน 1 กิโลเมตร

จากระบบไฟฟ้ารูปที่ 5.1 ใช้ค่าปัจจัยตัวอ่อนคงเดิม โดยที่ MVA_{sc} เท่ากับ 2500 MVA และ F_{Mv} เท่ากับ 0.4 แต่เปลี่ยนระยะห่างระหว่างจุดเชื่อมต่อของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายให้ห่างกันเพียง 1 กิโลเมตร ได้ผลวิเคราะห์ดังตารางที่ 5.16

ตารางที่ 5.16 ผลการวิเคราะห์ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกสำหรับหัวข้อที่ 5.3.1

| ฮาร์มอนิก อันดับที่ | ตำแหน่งบน สายป้อน | ระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกตามวิธีการประมาณ(%) | | | | |
|------------------------|----------------------|---|----------|----------|----------|----------|
| | | แบบที่ 1 | แบบที่ 2 | แบบที่ 3 | | |
| | | | | กลุ่ม ก) | กลุ่ม ข) | กลุ่ม ค) |
| 5 | จุดที่ 1 | 15.151 | 37.44 | 34.201 | 41.463 | 49.24 |
| | จุดที่ 2 | 12.577 | 31.078 | 34.201 | 37.776 | 40.874 |
| | จุดที่ 3 | 10.751 | 26.565 | 34.201 | 34.926 | 34.938 |
| | จุดที่ 4 | 9.387 | 23.196 | 34.201 | 32.636 | 30.507 |
| | จุดที่ 5 | 8.331 | 20.586 | 34.201 | 30.745 | 27.074 |
| | จุดที่ 6 | 7.488 | 18.503 | 34.201 | 29.149 | 24.335 |

5.3.2 กรณีที่จุดเชื่อมต่อกับสายป้อนของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายห่างกัน 10 กิโลเมตร

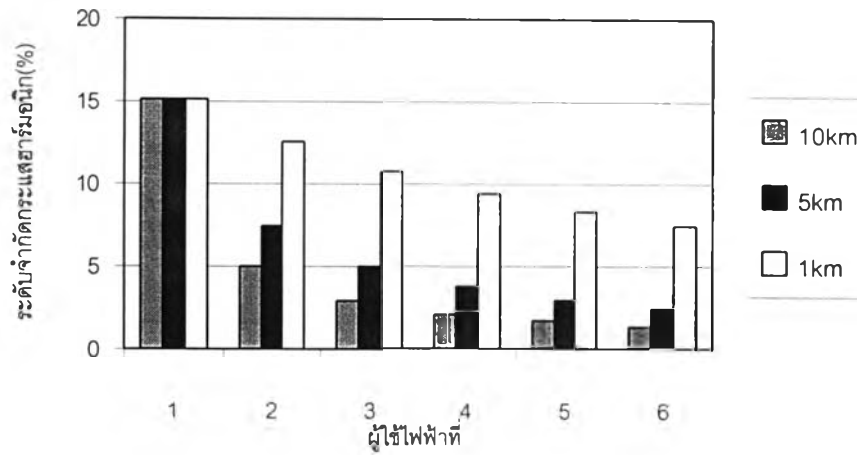
ระบบไฟฟ้ารูปที่ 5.1 ใช้ค่าปัจจัยตัวอ่อนคงเดิม โดยที่ MVA_{sc} เท่ากับ 2500 MVA และ F_{Mv} เท่ากับ 0.4 แต่เปลี่ยนระยะห่างระหว่างจุดเชื่อมต่อของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายให้ห่างกันมากถึง 10 กิโลเมตรซึ่งห่างเป็น 2 เท่าของระบบไฟฟ้ารูปที่ 5.1 ได้ผลวิเคราะห์ดังตารางที่ 5.17

ตารางที่ 5.17 ผลการวิเคราะห์ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกสำหรับหัวข้อที่ 5.3.2

| ฮาร์มอนิก อันดับที่ | ตำแหน่งบน สายป้อน | ระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกตามวิธีการประมาณ(%) | | | | |
|------------------------|----------------------|---|----------|----------|----------|----------|
| | | แบบที่ 1 | แบบที่ 2 | แบบที่ 3 | | |
| | | | | กลุ่ม ก) | กลุ่ม ข) | กลุ่ม ค) |
| 5 | จุดที่ 1 | 15.151 | 37.44 | 16.531 | 40.225 | 76.35 |
| | จุดที่ 2 | 4.973 | 12.288 | 16.531 | 23.045 | 25.059 |
| | จุดที่ 3 | 2.975 | 7.35 | 16.531 | 17.823 | 14.989 |
| | จุดที่ 4 | 2.122 | 5.243 | 16.531 | 15.053 | 10.693 |
| | จุดที่ 5 | 1.649 | 4.075 | 16.531 | 13.271 | 8.31 |
| | จุดที่ 6 | 1.349 | 3.333 | 16.531 | 12.001 | 6.796 |

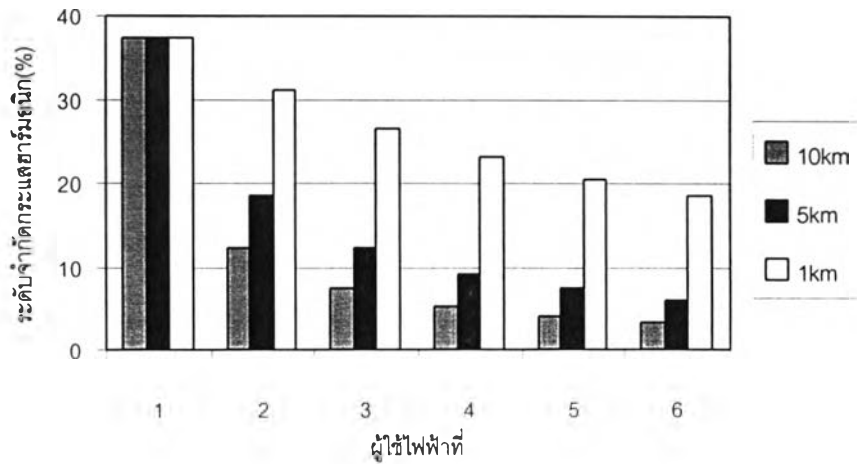
5.3.3. ผลสรุปการเปรียบเทียบผลของอิมพีแดนซ์ของสายป้อน

การเปรียบเทียบค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกลำดับที่ 5
จากแบบการประมาณแบบที่ 1



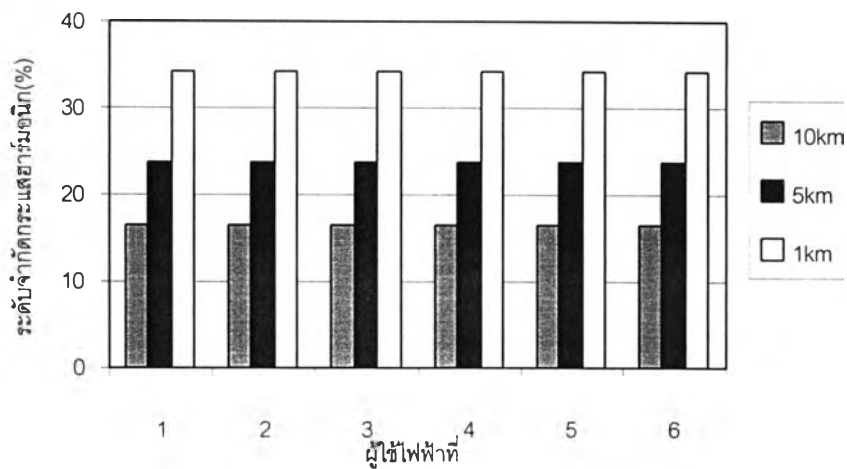
ก)

การเปรียบเทียบค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกลำดับที่ 5
จากแบบการประมาณแบบที่ 2



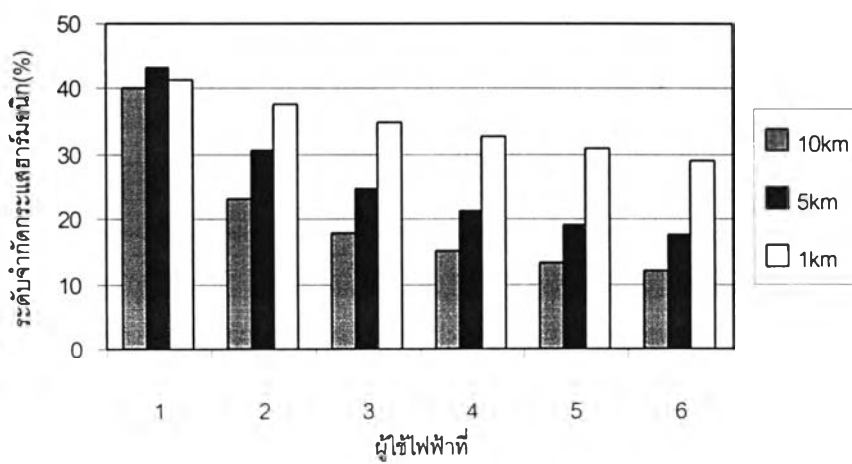
ข)

การเปรียบเทียบค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกลำดับที่ 5
จากแบบการประมาณแบบที่ 3ก)



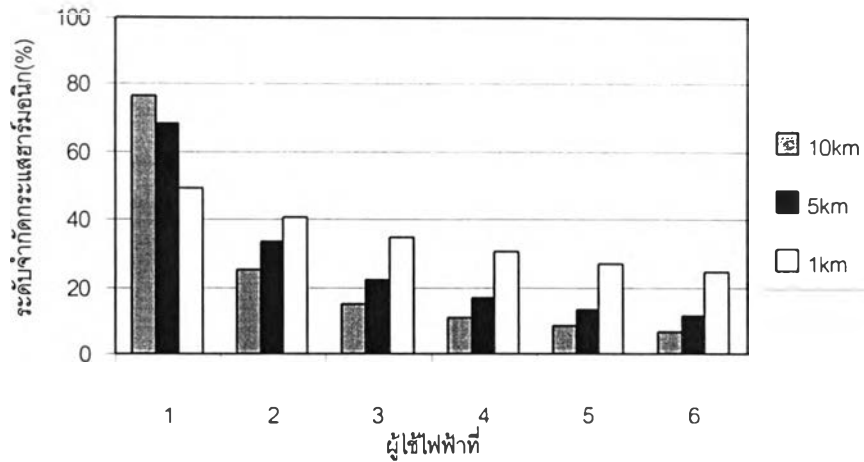
ค)

การเปรียบเทียบค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกลำดับที่ 5
จากแบบการประมาณแบบที่ 3ข)



ง)

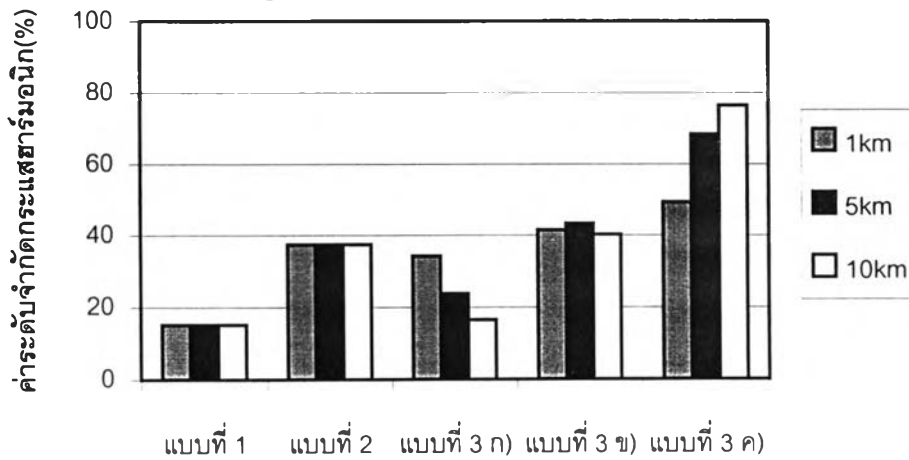
การเปรียบเทียบค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกลำดับที่ 5
จากแบบการประมาณแบบที่ 3ค)



จ)

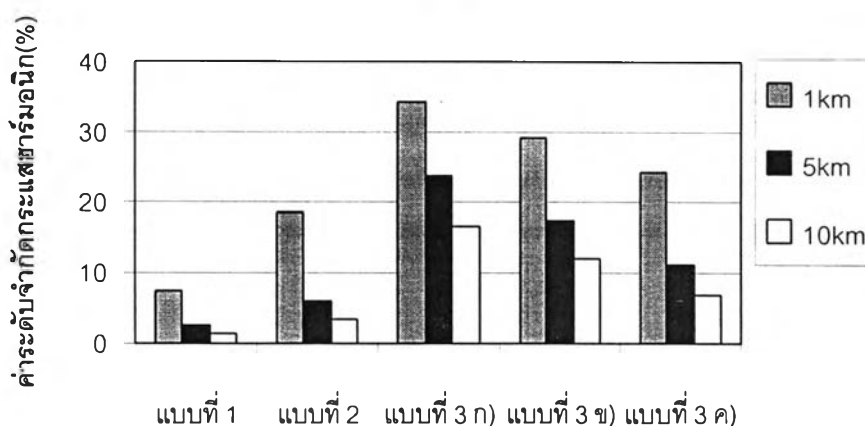
รูปที่ 5.9 กราฟเปรียบเทียบค่าระดับจำกัดกระแสเมื่อระยะห่างของจุดเชื่อมต่อแตกต่างกัน

การเปรียบเทียบค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกอันดับที่ 5 ของ
ผู้ใช้ไฟฟารายที่ 1 กับวิธีประมาณ



ก)

การเปรียบเทียบค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกอันดับที่ 5 ของผู้
ใช้ไฟฟ้ารายที่ 6 กับวิธีประมาณ



ข)

รูปที่ 5.10 กราฟเปรียบเทียบค่าระดับจำกัดกระแสเทียบตามวิธีการประมาณ

จากผลวิเคราะห์รูปที่ 5.9 การประมาณแบบที่ 1 และ 2 ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกของผู้ใช้ไฟฟ้าทุกรายลดลงตามระยะห่างที่มากขึ้นเป็นสัดส่วน สำหรับการประมาณแบบที่ 3 ก) ไม่ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของผู้ใช้ไฟฟ้า ส่วนการประมาณแบบที่ 3 ข) และ ค) ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกจะลดลงเมื่อผู้ใช้ไฟฟ้าอยู่ห่างจากสถานีไฟฟ้าย่อยมากขึ้น กรณีที่ระยะห่างน้อย ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกจะใกล้เคียงกัน เมื่อ ระยะห่างมากขึ้น ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกเริ่มกระจายตัวมากขึ้นโดยผู้ใช้ไฟฟ้าที่อยู่ใกล้สถานีไฟฟ้าย่อยจะได้ค่ามากที่สุด ผู้ใช้ไฟฟ้าที่อยู่ไกลสถานีไฟฟ้าย่อยจะได้ค่าน้อยสุด

จากรูปที่ 5.10 สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่อยู่ใกล้สถานีไฟฟ้าย่อยได้ผลสรุปว่า การประมาณแบบที่ 1 และ 2 ให้ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกที่แตกต่างกันน้อยมากกล่าวคืออิมพีแดนซ์ของสายป้อนไม่ส่งผลต่อค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิก แต่สำหรับการประมาณแบบที่ 3 กลุ่ม ก) อิมพีแดนซ์ของสายป้อนมีผลต่อค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกกล่าวคือ ค่าลดลงอย่างมากเมื่อผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายอยู่ห่างกันมากขึ้น อิมพีแดนซ์ของสายป้อนมีผลต่อค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกกล่าวคือจะมีค่าลดลงอย่างมากเมื่อผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายอยู่ห่างกันมากขึ้น สืบเนื่องมาจากค่าแรงดันตอบสนองสูงสุด สูงขึ้นจากเดิมมาก

จากผลการวิเคราะห์ รูปที่ 5.10 สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่อยู่ไกลจากสถานีไฟฟ้าย่อย ค่าอิมพีแดนซ์ของสายป้อนมีผลต่อค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกอย่างชัดเจนจากทุกวิธีการประมาณ กล่าวคือเมื่อระยะห่างของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายสูงขึ้น ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกจะมีค่าลดลง

5.4 การวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าโดยดูผลของขนาดของผู้ใช้ไฟฟ้า

ระบบตัวอย่างมีแผนผังดังรูปที่ 5.1 โดยกำหนดข้อมูลค่ากำลังไฟฟ้าตกลงกับผู้จ่ายไฟฟ้างดงตารางที่ 5.18

ตารางที่ 5.18 กำลังไฟฟ้าตกลงกับผู้จ่ายไฟฟ้าแต่ละกรณี

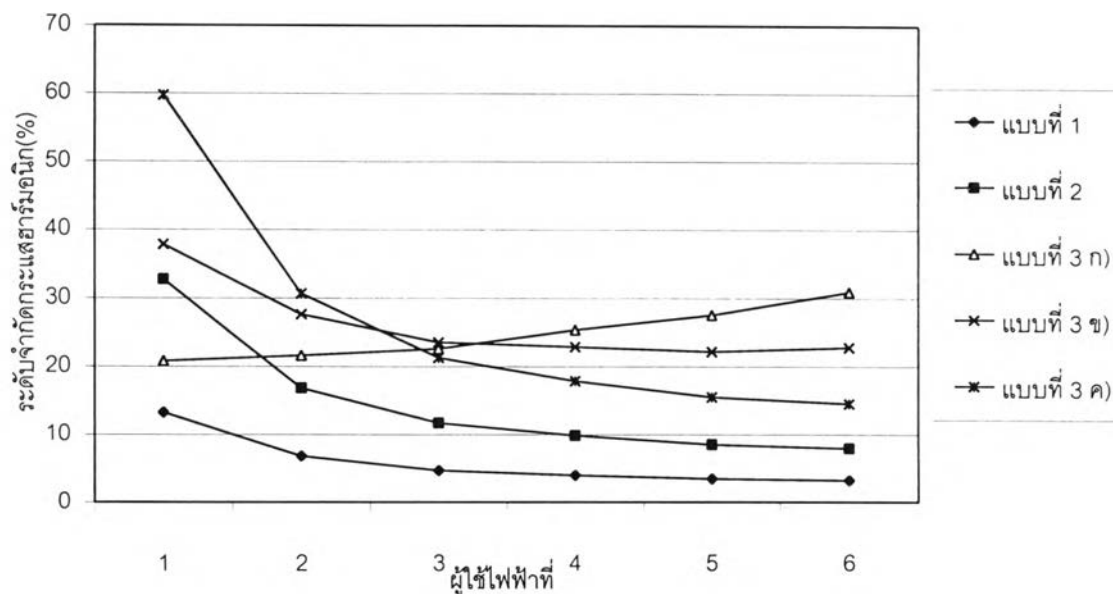
| ผู้ใช้ไฟฟารายที่ บนสายป้อนใด ๆ | กำลังไฟฟ้าตกลงกับ ผู้จ่ายไฟฟ้า (kVA) สำหรับกรณีที่ 1 | กำลังไฟฟ้าตกลงกับ ผู้จ่ายไฟฟ้า (kVA) สำหรับ กรณีที่ 2 | กำลังไฟฟ้าตกลงกับผู้จ่าย ไฟฟ้า (kVA) สำหรับ กรณีที่ 3(อ้างอิง) |
|-----------------------------------|--|---|--|
| 1 | 800 | 200 | 500 |
| 2 | 700 | 300 | 500 |
| 3 | 600 | 400 | 500 |
| 4 | 400 | 600 | 500 |
| 5 | 300 | 700 | 500 |
| 6 | 200 | 800 | 500 |

โดยที่ค่ากำลังไฟฟ้าตกลงกับผู้จ่ายไฟฟ้าที่ระบุในตารางที่ 5.18 มีค่าเหมือนกัน สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าทุกสายป้อน ณ ที่ตำแหน่งเดียวกันที่ต่อเข้ากับระบบไฟฟ้า ระบบไฟฟ้างดงกล่าว พิจารณาที่ $MVA_{sc} = 2500 \text{ MVA}$, $F_{Mv} = 0.4$ ผลการวิเคราะห์สำหรับกรณีที่ 1 ดังตารางที่ 5.19 และ กรณีที่ 2 ดังตารางที่ 5.20

ตารางที่ 5.19 ผลการวิเคราะห์ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกกรณีที่ 1 หัวข้อที่ 5.4

| ฮาร์มอนิก อันดับที่ | ตำแหน่งบนสาย ป้อน | ระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกตามวิธีการประมาณ(%) | | | | |
|------------------------|----------------------|---|----------|----------|----------|----------|
| | | แบบที่ 1 | แบบที่ 2 | แบบที่ 3 | | |
| | | | | กลุ่ม ก) | กลุ่ม ข) | กลุ่ม ค) |
| 5 | จุดที่ 1 | 13.247 | 32.735 | 20.791 | 37.837 | 59.696 |
| | จุดที่ 2 | 6.802 | 16.807 | 21.599 | 27.634 | 30.650 |
| | จุดที่ 3 | 4.721 | 11.665 | 22.572 | 23.534 | 21.272 |
| | จุดที่ 4 | 3.968 | 9.804 | 25.344 | 22.862 | 17.879 |
| | จุดที่ 5 | 3.442 | 8.505 | 27.515 | 22.188 | 15.511 |
| | จุดที่ 6 | 3.218 | 7.952 | 30.895 | 22.733 | 14.502 |

การเปรียบเทียบระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกกับผู้ใช้ไฟฟ้า
ที่ฮาร์โมนิกลำดับที่ 5



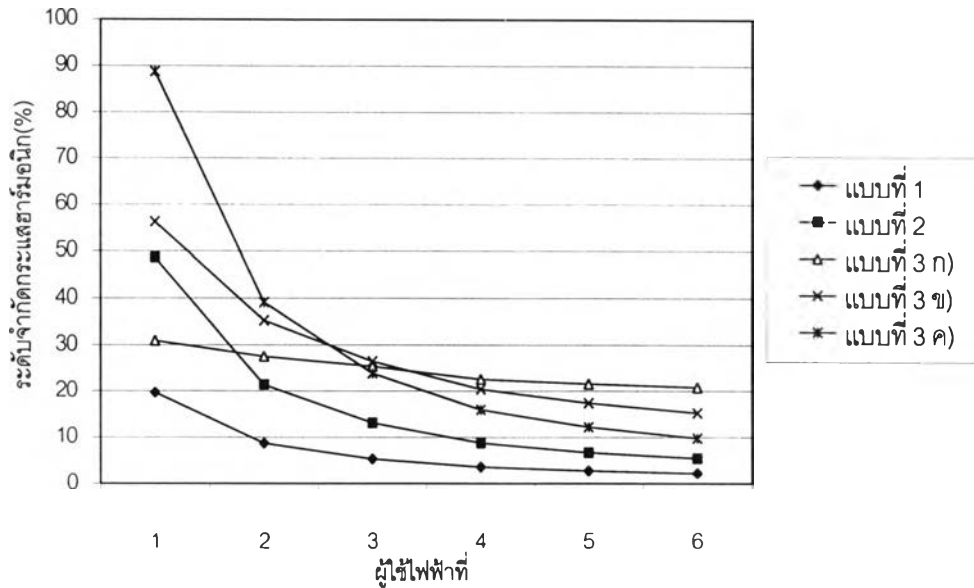
รูปที่ 5.11 กราฟเปรียบเทียบค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกด้วยการประมาณแบบต่างๆ สำหรับกรณีที่ 1 หัวข้อที่

5.4

ตารางที่ 5.20 ผลการวิเคราะห์ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกกรณีที่ 2 หัวข้อที่ 5.4

| ฮาร์โมนิก อันดับที่ | ตำแหน่งบน สายป้อน | ระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกตามวิธีการประมาณ(%) | | | | |
|------------------------|----------------------|---|----------|----------|----------|----------|
| | | แบบที่ 1 | แบบที่ 2 | แบบที่ 3 | | |
| | | | | กลุ่ม ก) | กลุ่ม ข) | กลุ่ม ค) |
| 5 | จุดที่ 1 | 19.686 | 48.644 | 30.895 | 56.225 | 88.708 |
| | จุดที่ 2 | 8.665 | 21.411 | 27.515 | 35.203 | 39.046 |
| | จุดที่ 3 | 5.300 | 13.097 | 25.344 | 26.424 | 23.884 |
| | จุดที่ 4 | 3.534 | 8.732 | 22.572 | 20.361 | 15.923 |
| | จุดที่ 5 | 2.702 | 6.677 | 21.599 | 17.417 | 12.176 |
| | จุดที่ 6 | 2.166 | 5.352 | 20.791 | 15.298 | 9.759 |

การเปรียบเทียบระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกกับผู้ใช้ไฟฟ้า
ที่ฮาร์มอนิกลำดับที่ 5



รูปที่ 5.12 กราฟเปรียบเทียบค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกด้วยการประมาณแบบต่างๆ สำหรับกรณีที่ 2 หัวข้อที่

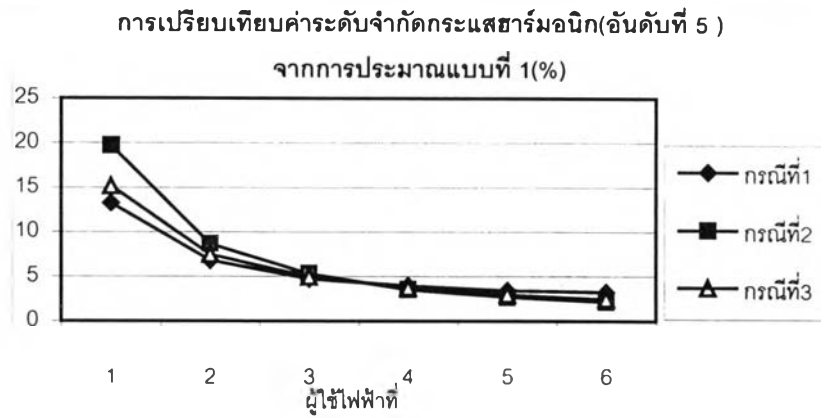
5.4

ตารางที่ 5.21 ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกเปรียบเทียบกรณีที่ 1 และ 2 และหัวข้อที่ 5.4

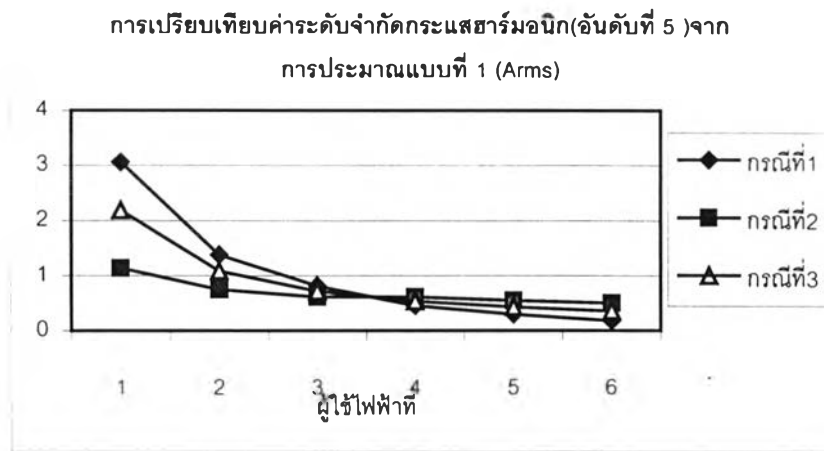
| ฮาร์มอนิก อันดับที่ | ตำแหน่งบน สายป้อน | กรณี | ขนาด (kVA) | หน่วย | ระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกตามวิธีการประมาณ | | | | |
|------------------------|----------------------|------|---------------|-------|--|----------|----------|----------|----------|
| | | | | | แบบที่ 1 | แบบที่ 2 | แบบที่ 3 | | |
| | | | | | | | กลุ่ม ก) | กลุ่ม ข) | กลุ่ม ค) |
| 5 | จุดที่ 1 | 1 | 800 | % | 13.247 | 32.735 | 20.791 | 37.837 | 59.696 |
| | | | | Arms | 3.06 | 7.56 | 4.80 | 8.74 | 13.79 |
| | | 2 | 200 | % | 19.686 | 48.644 | 30.895 | 56.225 | 88.708 |
| | | | | Arms | 1.14 | 2.81 | 1.78 | 3.25 | 5.12 |
| | | 3 | 500 | % | 15.15 | 37.44 | 23.78 | 43.28 | 68.28 |
| | | | | Arms | 2.19 | 5.40 | 3.43 | 6.25 | 9.85 |
| | จุดที่ 2 | 1 | 700 | % | 6.802 | 16.807 | 21.599 | 27.634 | 30.650 |
| | | | | Arms | 1.37 | 3.40 | 4.36 | 5.58 | 6.19 |
| | | 2 | 300 | % | 8.665 | 21.411 | 27.515 | 35.203 | 39.046 |
| | | | | Arms | 0.75 | 1.85 | 2.38 | 3.05 | 3.38 |
| | | 3 | 500 | % | 7.49 | 18.50 | 23.78 | 30.42 | 33.74 |
| | | | | Arms | 1.08 | 2.67 | 3.43 | 4.39 | 4.87 |

ตารางที่ 5.21 ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกเปรียบเทียบกรณีที่ 1 และ 2 และหัวข้อที่ 5.4(ต่อ)

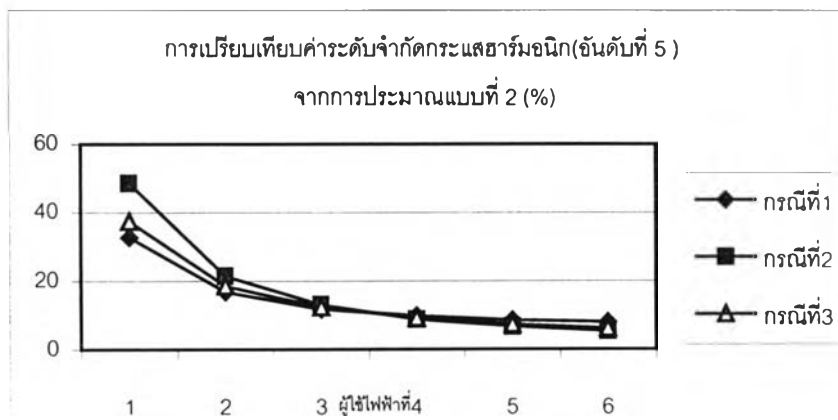
| ฮาร์มอนิก อันดับที่ | ตำแหน่งบน สายป้อน | กรณี | ขนาด (kVA) | หน่วย | ระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกตามวิธีการประมาณ | | | | |
|------------------------|----------------------|------|---------------|-------|--|----------|----------|----------|----------|
| | | | | | แบบที่ 1 | แบบที่ 2 | แบบที่ 3 | | |
| | | | | | | | กลุ่ม ก) | กลุ่ม ข) | กลุ่ม ค) |
| 5 | จุดที่ 3 | 1 | 600 | % | 4.721 | 11.665 | 22.572 | 23.534 | 21.272 |
| | | | | Arms | 0.82 | 2.02 | 3.91 | 4.08 | 3.68 |
| | | 2 | 400 | % | 5.300 | 13.097 | 25.344 | 26.424 | 23.884 |
| | | | | Arms | 0.61 | 1.51 | 2.93 | 3.05 | 2.76 |
| | | 3 | 500 | % | 4.97 | 12.29 | 23.78 | 24.79 | 22.41 |
| | | | | Arms | 0.72 | 1.77 | 3.43 | 3.58 | 3.23 |
| | จุดที่ 4 | 1 | 400 | % | 3.968 | 9.804 | 25.344 | 22.862 | 17.879 |
| | | | | Arms | 0.46 | 1.13 | 2.93 | 2.64 | 2.06 |
| | | 2 | 600 | % | 3.534 | 8.732 | 22.572 | 20.361 | 15.923 |
| | | | | Arms | 0.61 | 1.51 | 3.91 | 3.53 | 2.76 |
| | | 3 | 500 | % | 3.72 | 9.20 | 23.78 | 21.45 | 16.78 |
| | | | | Arms | 0.54 | 1.33 | 3.43 | 3.10 | 2.42 |
| | จุดที่ 5 | 1 | 300 | % | 3.442 | 8.505 | 27.515 | 22.188 | 15.511 |
| | | | | Arms | 0.30 | 0.74 | 2.38 | 1.92 | 1.34 |
| | | 2 | 700 | % | 2.702 | 6.677 | 21.599 | 17.417 | 12.176 |
| | | | | Arms | 0.55 | 1.35 | 4.36 | 3.52 | 2.46 |
| | | 3 | 500 | % | 2.98 | 7.35 | 23.78 | 19.17 | 13.40 |
| | | | | Arms | 0.43 | 1.06 | 3.43 | 2.77 | 1.93 |
| | จุดที่ 6 | 1 | 200 | % | 3.218 | 7.952 | 30.895 | 22.733 | 14.502 |
| | | | | Arms | 0.19 | 0.46 | 1.78 | 1.31 | 0.84 |
| | | 2 | 800 | % | 2.166 | 5.352 | 20.791 | 15.298 | 9.759 |
| | | | | Arms | 0.50 | 1.24 | 4.80 | 3.53 | 2.25 |
| | | 3 | 500 | % | 2.48 | 6.12 | 23.78 | 17.50 | 11.16 |
| | | | | Arms | 0.36 | 0.88 | 3.43 | 2.53 | 1.61 |



ก.1)

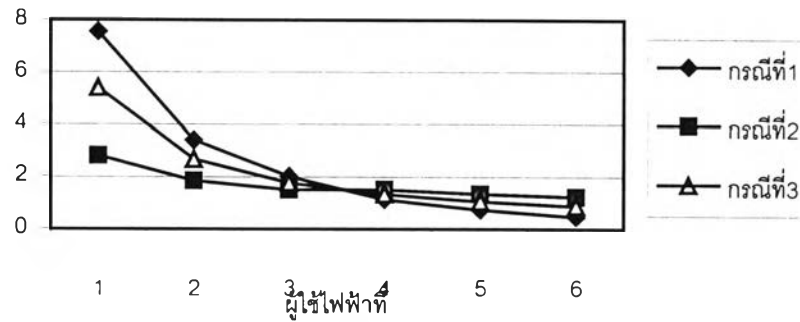


ก.2)



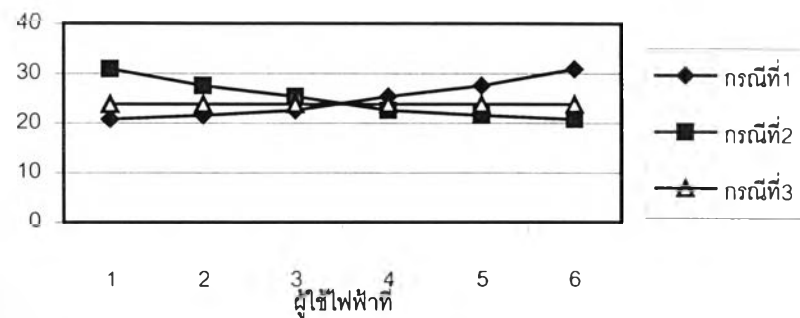
ข.1)

การเปรียบเทียบค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิก(อันดับที่5)
จากการประมาณแบบที่ 2 (Arms)



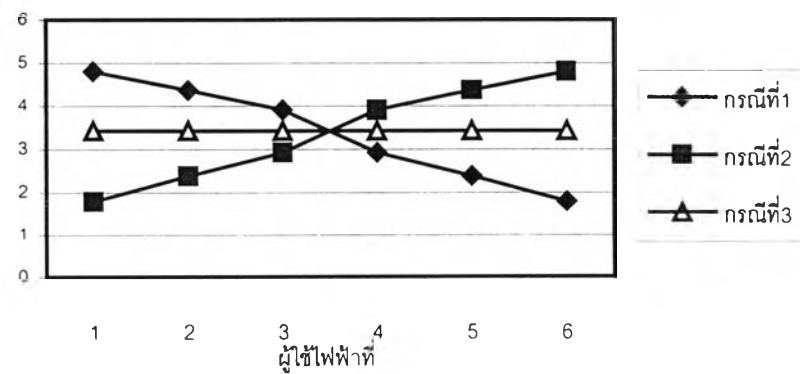
ข.2)

การเปรียบเทียบค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิก(อันดับที่ 5) จาก
การประมาณแบบที่ 3ก) (%)



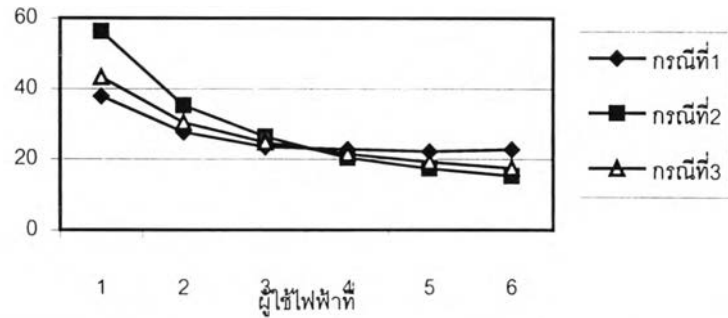
ค.1)

การเปรียบเทียบค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิก(อันดับที่ 5) จาก
การประมาณแบบที่ 3ก) (Arms)



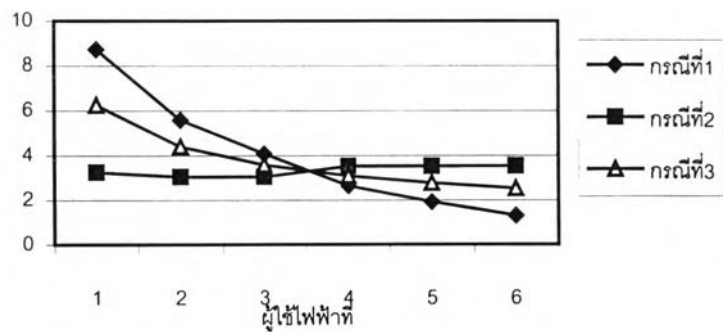
ค.2)

การเปรียบเทียบค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิก(อันดับที่ 5)
จากการประมาณแบบที่ 3ข) (%)



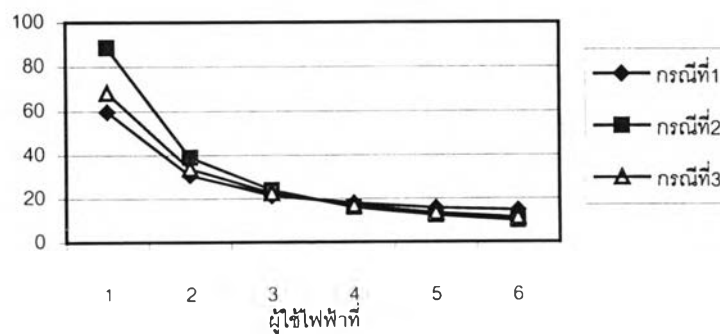
ง.1)

การเปรียบเทียบค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิก(อันดับที่ 5) จาก
การประมาณแบบที่ 3ข) (Arms)

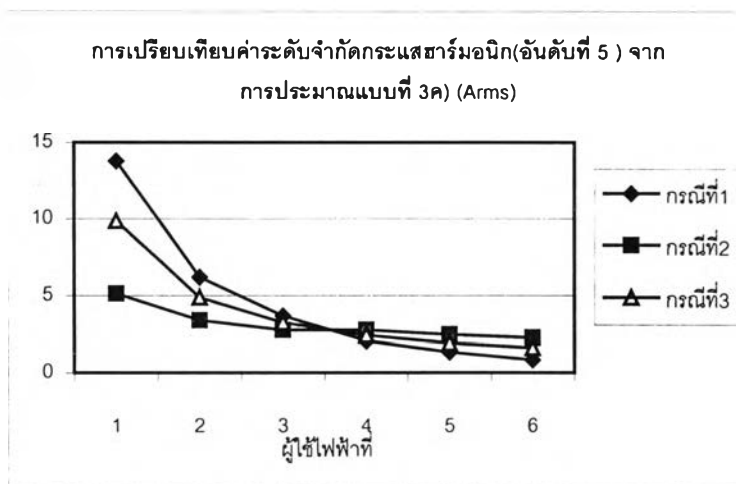


ง.2)

การเปรียบเทียบค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิก(อันดับที่ 5)
จากการประมาณแบบที่ 3ค) (%)



จ.1)



จ.2)

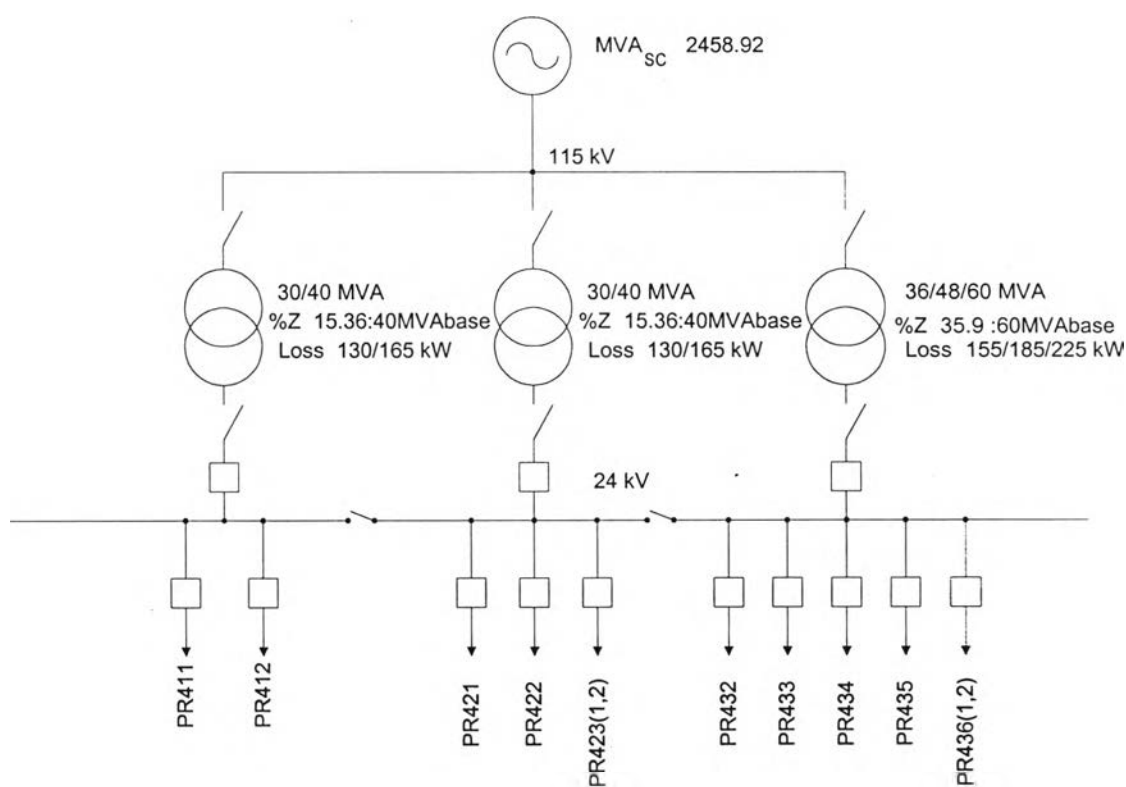
รูปที่ 5.13 ค่าเปรียบเทียบระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกอันดับที่ 5 ตามกรณีของหัวข้อที่ 5.4

จากผลวิเคราะห์ตารางที่ 5.19 , 5.20 เมื่อเปรียบเทียบกรณีที่ 1 กับกรณีที่ 3 (ค่ากำลังไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าเท่ากันหมด) ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกมีค่ามากขึ้นเมื่อกำลังไฟฟ้ามากขึ้นของจุดเชื่อมต่อของผู้ใช้ไฟฟ้าเดียวกัน และในทางกลับกัน เมื่อเปรียบเทียบกรณีที่ 2 กับกรณีที่ 3 ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกมีค่าน้อยลงเมื่อกำลังไฟฟ้าน้อยลงของจุดเชื่อมต่อของผู้ใช้ไฟฟ้าเดียวกัน ดังนั้นสรุปได้ว่าค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกมีค่ามากแปรตามกำลังไฟฟ้าตกลงที่มีค่ามากทุกวิธีการประมาณ โดยเมื่อแสดงผลในรูปของหน่วย A_{rms} ยิ่งแสดงให้เห็นได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

5.5 กรณีศึกษาจากระบบไฟฟ้าจริงของการไฟฟ้านครหลวง

สำหรับการคัดเลือกสถานีไฟฟ้าย่อยตัวอย่างที่จะทำการศึกษานั้น จะพิจารณาจากสถานีไฟฟ้าย่อยที่ทำการจ่ายไฟฟ้าแก่ผู้ใช้ไฟฟ้ารายใหญ่เป็นจำนวนมาก เช่น โรงงานอุตสาหกรรม เหล็ก โรงงานอุตสาหกรรมประกอบรถยนต์ เป็นต้น

สำหรับกรณีศึกษาในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการคัดเลือกเขตอุตสาหกรรมแพรงษาขึ้นมาทำการศึกษาค่าการประเมินความผิดพลาดของแรงดัน และกระแสฮาร์มอนิกในระบบแรงดันปานกลาง โดยมีแบบแผนผังสถานีไฟฟ้าย่อยของระบบดังนี้



รูปที่ 5.14 แผนผังของสถานีไฟฟ้าย่อยแพรงษา

จากรูปที่ 5.14 จะเห็นว่าระบบไฟฟ้าของเขตอุตสาหกรรมแพรงษา นั้นมีสายป้อนทั้งหมด 10 สายป้อน มีผู้ใช้ไฟฟ้าที่ซื้อไฟฟ้าจากระบบแรงดันปานกลาง 24 kV จำนวนทั้งสิ้น 172 ราย โดยมีหมายเลขเครื่องวัดตั้งแสดงในตารางที่ 5.22 แผนผังระบบการเชื่อมต่อของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละราย แสดงในภาคผนวก ค. และ คุณสมบัติของสายป้อนแสดงในภาคผนวก ง.

ตารางที่ 5.22 ข้อมูลมิเตอร์ที่ใช้ในการวัดข้อมูลในระบบศึกษา

| เลขที่มิเตอร์ | สายป้อน ที่ | กำลังไฟฟ้า พิกัดที่มิเตอร์ (kVA) | ค่า demand 3 เฟส(kVA) | เลขที่มิเตอร์ | สายป้อน ที่ | กำลังไฟฟ้า พิกัดที่มิเตอร์ (kVA) | ค่า demand 3 เฟส(kVA) |
|---------------|----------------|--|--------------------------|---------------|----------------|--|--------------------------|
| PM094753 | PR411 | 5500 | 1341.64 | PM023218 | PR412 | 500.000 | 475.24 |
| PM101222 | PR411 | 500 | 545.89 | PM092559 | PR421 | 2000 | 1126.99 |
| PM098381 | PR411 | 1250 | 732.39 | PM096592 | PR421 | 1000 | 855.58 |
| PM116734 | PR411 | 1000 | 336.15 | PM093696 | PR422 | 1500 | 762.29 |
| PM082671 | PR412 | 1000 | 700.00 | PM080704 | PR422 | 630 | 262.25 |
| PM056770 | PR412 | 3000 | 1475.63 | PM084988 | PR422 | 500 | 76.32 |
| PM080477 | PR412 | 3000 | 1317.05 | PM080036 | PR422 | 1000 | 150.00 |
| PM011838 | PR412 | 400 | 0.00 | PM070990 | PR422 | 1000 | 0.00 |
| PM081458 | PR412 | 300 | 54.78 | PM086851 | PR422 | 1000 | 298.33 |
| PM058515 | PR412 | 1000 | 336.43 | PM117126 | PR422 | 2000 | 500.85 |
| PM054419 | PR412 | 800 | 134.54 | PM121667 | PR422 | 400 | 0.00 |
| PM059101 | PR412 | 1400 | 664.83 | PM121677 | PR422 | 400 | 0.00 |
| PM082766 | PR412 | 1250 | 856.98 | PM051261 | PR422 | 500 | 276.99 |
| PM063120 | PR412 | 2000 | 255.83 | PM130947 | PR422 | 400 | 0.00 |
| PM062660 | PR412 | 1260 | 636.25 | PM081464 | PR422 | 500 | 255.12 |
| PM060749 | PR412 | 300 | 53.67 | PM093225 | PR422 | 800 | 943.40 |
| PM070932 | PR412 | 800 | 50.00 | PM080093 | PR422 | 3500 | 5401.79 |
| PM056441 | PR412 | 800 | 522.02 | PM109283 | PR422 | 630 | 169.39 |
| PM070092 | PR412 | 800 | 419.84 | PM116552 | PR422 | 630 | 323.52 |
| PM126410 | PR412 | 500 | 433.50 | PM111610 | PR422 | 315 | 107.70 |
| PM062674 | PR412 | 1000 | 137.64 | PM120634 | PR422 | 500 | 131.73 |
| PM080200 | PR412 | 1000 | 170.08 | PM094752 | PR422 | 2200 | 0.00 |
| PM092707 | PR412 | 315 | 110.68 | PM082507 | PR422 | 1500 | 1019.80 |
| PM070923 | PR412 | 800 | 131.82 | PM082508 | PR422 | 3000 | 1118.03 |
| PM070921 | PR412 | 1400 | 332.34 | PM083574 | PR422 | 315 | 0.00 |
| PM063232 | PR412 | 1000 | 388.52 | PM110606 | PR422 | 500 | 34.00 |
| PM097259 | PR412 | 315 | 0.00 | PM077627 | PR422 | 1250 | 781.02 |
| PM069522 | PR412 | 500 | 0.00 | PM089911 | PR422 | 800 | 228.25 |
| PM081825 | PR412 | 800 | 682.59 | PM084053 | PR422 | 1000 | 566.13 |
| PM101571 | PR412 | 2500 | 0.00 | PM093946 | PR423 | 2000 | 912.14 |
| PM066254 | PR412 | 4500 | 1392.84 | PM089916 | PR423 | 2000 | 567.72 |
| PM101570 | PR412 | 500 | 296.44 | PM112352 | PR423 | 1000 | 268.33 |
| PM061656 | PR412 | 1000 | 392.94 | PM125569 | PR423 | 315 | 0.00 |

ตารางที่ 5.22 ข้อมูลมิเตอร์ที่ใช้ในการวัดข้อมูลในระบบศึกษา(ต่อ)

| เลขที่มิเตอร์ | สายป้อน ที่ | กำลังไฟฟ้า พิกัดที่มิเตอร์ (kVA) | ค่า demand 3 เฟส (kVA) | เลขที่มิเตอร์ | สาย ป้อนที่ | กำลังไฟฟ้า พิกัดที่มิเตอร์ (kVA) | ค่า demand 3 เฟส (kVA) |
|---------------|----------------|--|------------------------------|---------------|----------------|--|------------------------------|
| PM091081 | PR423 | 315 | 71.51 | PM050142 | PR423 | 800 | 863.15 |
| PM090263 | PR423 | 4000 | 813.29 | PM088461 | PR432 | 1000 | 652.99 |
| PM131573 | PR423 | 630 | 280.57 | PM084985 | PR432 | 315 | 256.12 |
| PM116780 | PR423 | 800 | 0.00 | PM087566 | PR432 | 750 | 20.00 |
| PM113594 | PR423 | 4500 | 1431.78 | PM103235 | PR432 | 500 | 90.00 |
| PM113796 | PR423 | 4500 | 2481.29 | PM112453 | PR433 | 1000 | 226.81 |
| PM087598 | PR423 | 1500 | 728.99 | PM084718 | PR433 | 1000 | 240.42 |
| PM090947 | PR423 | 1000 | 237.70 | PM082137 | PR433 | 500 | 503.46 |
| PM090880 | PR423 | 630 | 126.82 | PM090279 | PR433 | 1000 | 430.12 |
| PM130944 | PR423 | 1000 | 293.64 | PM069082 | PR433 | 1000 | 488.36 |
| PM117858 | PR423 | 500 | 126.05 | PM081402 | PR433 | 400 | 196.77 |
| PM108421 | PR423 | 315 | 196.00 | PM131175 | PR433 | 630 | 172.24 |
| PM108292 | PR423 | 500 | 201.32 | PM070804 | PR433 | 8600 | 377.61 |
| PM112372 | PR423 | 500 | 233.38 | PM100896 | PR433 | 2500 | 824.62 |
| PM098603 | PR423 | 3500 | 0.00 | PM090327 | PR433 | 1600 | 349.86 |
| PM114436 | PR423 | 350 | 75.47 | PM070612 | PR433 | 630 | 1062.41 |
| PM128466 | PR423 | 500 | 111.80 | PM109312 | PR433 | 500 | 67.88 |
| PM113217 | PR423 | 315 | 0.00 | PM085432 | PR433 | 630 | 396.99 |
| PM121167 | PR423 | 315 | 101.98 | PM048963 | PR433 | 500 | 179.11 |
| PM129132 | PR423 | 800 | 158.14 | PM062726 | PR433 | 1000 | 974.94 |
| PM129801 | PR423 | 3000 | 341.76 | PM046147 | PR433 | 800 | 1442.22 |
| PM091078 | PR423 | 1000 | 0.00 | PM112869 | PR433 | 1630 | 670.82 |
| PM117268 | PR423 | 2000 | 1245.31 | PM059806 | PR433 | 630 | 422.31 |
| PM094041 | PR423 | 2360 | 752.44 | PM099182 | PR434 | 5315 | 1758.24 |
| PM116654 | PR423 | 3000 | 1320.04 | PM082765 | PR434 | 1880 | 0.00 |
| PM119959 | PR423 | 500 | 183.66 | PM098269 | PR434 | 3000 | 1253.00 |
| PM077743 | PR423 | 4230 | 1640.12 | PM126256 | PR434 | 1000 | 877.84 |
| PM094147 | PR423 | 4000 | 1570.65 | PM080588 | PR434 | 3600 | 2433.75 |
| PM092448 | PR423 | 315 | 220.91 | PM082371 | PR434 | 800 | 365.38 |
| PM070937 | PR423 | 1250 | 989.55 | PM092742 | PR434 | 2000 | 1569.84 |
| PM061183 | PR423 | 1000 | 969.33 | PM088336 | PR434 | 1000 | 908.15 |
| PM079915 | PR423 | 1600 | 1142.80 | PM126630 | PR434 | 2500 | 639.84 |
| PM120257 | PR423 | 1500 | 654.77 | PM070946 | PR434 | 8750 | 4621.92 |

ตารางที่ 5.22 ข้อมูลมิเตอร์ที่ใช้ในการวัดข้อมูลในระบบศึกษา(ต่อ)

| เลขที่มิเตอร์ | สายป้อน ที่ | กำลังไฟฟ้า พิกัดที่มิเตอร์ (kVA) | ค่า demand 3 เฟส(kVA) | เลขที่มิเตอร์ | สายป้อน ที่ | กำลังไฟฟ้า พิกัดที่มิเตอร์ (kVA) | ค่า demand 3 เฟส(kVA) |
|---------------|----------------|--|--------------------------|---------------|----------------|--|--------------------------|
| PM118157 | PR434 | 2000 | 306.44 | PM125795 | PR435 | 500 | 302.65 |
| PM059812 | PR434 | 500 | 210.00 | PM125871 | PR435 | 1000 | 236.81 |
| PM080478 | PR434 | 1000 | 353.16 | PM113549 | PR435 | 400 | 173.67 |
| PM105621 | PR434 | 500 | 113.84 | PM081037 | PR435 | 400 | 542.44 |
| PM063826 | PR434 | 700 | 320.16 | PM082869 | PR435 | 1000 | 1166.19 |
| PM100693 | PR435 | 1300 | 425.44 | PM070973 | PR435 | 300 | 81.22 |
| PM124090 | PR435 | 1000 | 334.72 | PM114418 | PR435 | 8000 | 0.00 |
| PM084504 | PR435 | 4000 | 2474.97 | PM120053 | PR436 | 3200 | 3162.30 |
| PM083986 | PR435 | 2500 | 1969.77 | PM101980 | PR436 | 315 | 84.48 |
| PM085606 | PR435 | 630 | 515.63 | PM100881 | PR436 | 630 | 168.69 |
| PM086285 | PR435 | 2000 | 1032.47 | PM100401 | PR436 | 800 | 233.24 |
| PM096266 | PR435 | 2000 | 0.00 | PM093655 | PR436 | 1000 | 0.00 |
| PM085637 | PR435 | 5000 | 1254.93 | PM081071 | PR436 | 6000 | 1442.22 |
| PM092958 | PR435 | 1000 | 341.76 | PM093101 | PR436 | 1500 | 1007.21 |
| PM081656 | PR435 | 500 | 924.03 | PM113812 | PR436 | 800 | 176.92 |
| PM095657 | PR435 | 800 | 397.91 | PM084121 | PR436 | 6150 | 1295.31 |
| PM118440 | PR435 | 1500 | 382.13 | PM088446 | PR436 | 1260 | 316.23 |
| PM093694 | PR435 | 500 | 351.14 | PM082897 | PR436 | 1000 | 335.41 |
| PM101199 | PR435 | 500 | 550.93 | PM087532 | PR436 | 4500 | 0.00 |
| PM081384 | PR435 | 630 | 639.91 | PM084123 | PR436 | 1000 | 648.46 |

หมายเหตุ

ค่า demand kVA คำนวณจาก kW demand และ kVAr demand กรณีที่ข้อมูลเป็น 0.00 หมายถึงผู้ใช้ไฟฟ้าไม่ได้ใช้ไฟฟ้าหรือยกเลิกการใช้ไฟฟ้า

สำหรับการวิเคราะห์ ได้พิจารณาค่าปัจจัยของระบบไฟฟ้าซึ่ง สอดคล้องกับระบบไฟฟ้าจริง ดังต่อไปนี้ ค่า $F_{MV} = 0.4$, ค่า $T_{hHM} = 1$

การวิเคราะห์เพื่อแสดงถึงการเปรียบเทียบผลจากการกำหนดขนาดของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายได้แบ่งเป็นอีก 4 กรณีย่อยดังนี้

1) ระบุค่ากำลังไฟฟ้าพิกัดของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละราย เป็นกำลังไฟฟ้าที่ผู้ใช้ไฟฟ้านำมาใช้ จ่ายไฟฟ้า(Agreed power) และ แยกกำลังไฟฟ้าแรงดันต่ำเป็นสัดส่วน

สำหรับกรณีนี้ทำการรวมกำลังไฟฟ้าพิกัดของหม้อแปลงที่จ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าที่ใช้ แรงดันต่ำ เป็นกำลังไฟฟ้าแรงดันต่ำรวม โดยทำการแบ่งสัดส่วนออกไปจากระบบ และใช้ค่า ปัจจัย $F_{ML} = 0.5$ ได้ผลข้อมูลดังระบุในภาคผนวก จ ดังตารางที่ จ.1.1 , จ.1.2, จ.1.3 และ จ.1.4

2) ระบุค่า กำลังไฟฟ้า Actual demand ของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละราย เป็นกำลังไฟฟ้าที่ผู้ใช้ไฟ ฟ้านำมาใช้จ่ายไฟฟ้า(Agreed power) และ แยกกำลังไฟฟ้าแรงดันต่ำเป็นสัดส่วน

กรณีนี้คล้ายกับ กรณี 1) แต่เปลี่ยนจากค่ากำลังไฟฟ้าพิกัด(kVA) เป็น Actual demand แทน และใช้ค่าปัจจัย $F_{ML} = 0.5$ ได้ผลคำนวณดังระบุในภาคผนวก จ ดังตารางที่ จ.2.1 , จ.2.2, จ.2.3 และ จ.2.4

3) ระบุค่ากำลังไฟฟ้าพิกัดของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละราย เป็นกำลังไฟฟ้าที่ผู้ใช้ไฟฟ้านำมาใช้จ่าย ไฟฟ้า(Agreed power) และ สมมูลหม้อแปลงจำหน่ายแต่ละชุดที่จ่ายภาระแรงดันต่ำเสมือน กับเป็นผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละราย

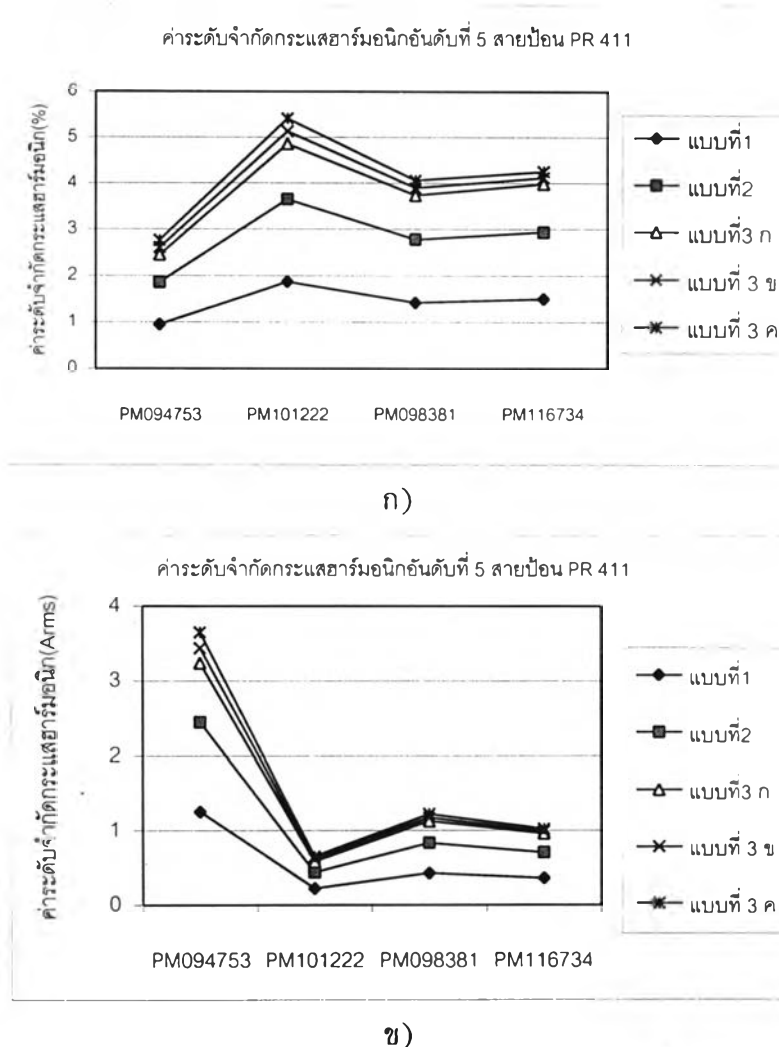
เนื่องจากกรณีนี้สมมูล หม้อแปลงจำหน่ายแต่ละชุดที่จ่ายภาระแรงดันต่ำเสมือนกับเป็นผู้ ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายแล้ว ดังนั้นค่ากำลังไฟฟ้าระบบแรงดันต่ำรวมจึงคิดเป็น 0 ดังนั้นค่าปัจจัย F_{ML} จึงไม่มีผลต่อการคำนวณ ได้ผลคำนวณดังข้อมูลภาคผนวก จ ดังตารางที่ จ.3.1 , จ.3.2, จ.3.3 , จ.3.4

4) ระบุค่า กำลังไฟฟ้า Actual demand ของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละราย เป็นกำลังไฟฟ้าที่ผู้ใช้ไฟ ฟ้านำมาใช้จ่ายไฟฟ้า(Agreed power) และ สมมูลหม้อแปลงจำหน่ายแต่ละชุดที่จ่ายภาระแรง ดันต่ำเสมือนกับเป็นผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละราย

กรณีนี้คล้ายกับ กรณี 3) แต่เปลี่ยนจากค่าพิกัด เป็น Actual demand แทน ค่ากำลังไฟ ฟ้าของหม้อแปลงจำหน่าย เท่ากับร้อยละ 80 ของกำลังไฟฟ้าพิกัดของหม้อแปลงจำหน่าย ได้ผล คำนวณดังข้อมูลภาคผนวก จ ดังตารางที่ จ.4.1 , จ.4.2, จ.4.3 ,จ.4.4

5.5.1 วิเคราะห์ระบบไฟฟ้าโดยแยกตามสายป้อน

5.5.1.1 ผลการวิเคราะห์ สายป้อน PR411 สำหรับกรณีที่ 1

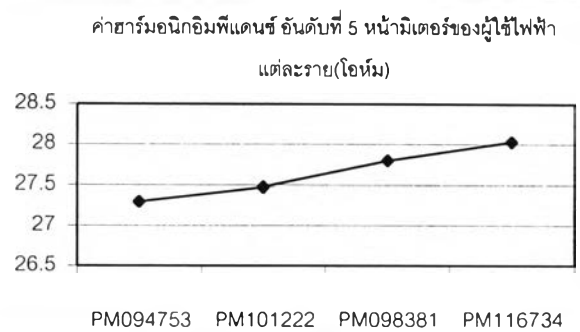


รูปที่ 5.15 กราฟค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกอันดับที่ 5 ของผู้ใช้ไฟฟ้าที่ต่อกับสายป้อน PR411

จากรูปที่ 5.15 ก) วิเคราะห์ได้ว่าเนื่องจากค่าฮาร์มอนิกอิมพีแดนซ์หน้ามิเตอร์ของผู้ใช้ไฟฟ้ารายที่อยู่ใกล้สถานีไฟฟ้าย่อยมีค่าน้อยกว่าผู้ใช้ไฟฟ้ารายที่อยู่ไกลสถานีไฟฟ้าย่อยโดยอ้างอิงจากรูปที่ 5.16 เมื่อเปรียบเทียบผู้ใช้ไฟฟ้าที่กำลังไฟฟ้าพิกัดใกล้เคียงกันเช่น ผู้ใช้ไฟฟ้า PM098381 กับ PM116734 ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกของผู้ใช้ไฟฟ้า PM116734 มีค่าสูงกว่า PM098381 ในหน่วยของร้อยละกระแสพิกัด สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้า PM101222 มีค่ากำลังไฟฟ้าพิกัดต่ำกว่ารายอื่น ๆ จึงทำให้ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกหน่วยร้อยละเทียบกับกระแสพิกัดจึงมีค่าสูงกว่าผู้ใช้ไฟฟ้ารายอื่น ๆ

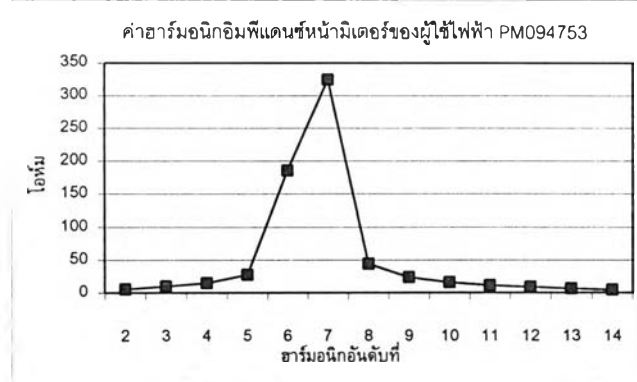
จากรูปที่ 5.15 ข) วิเคราะห์ได้ว่าขนาดของผู้ใช้ไฟฟ้ามีผลต่อค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกอันดับที่ 5 ในหน่วยของแอมแปร์ (A_{rms}) อย่างมาก ผู้ใช้ไฟฟ้ารายใหญ่มีค่าระดับ

จำกัดกระแสฮาร์โมนิกมาก เมื่อเทียบกับผู้ใช้ไฟฟ้ารายเล็กอย่างเห็นได้ชัด โดยที่ผู้ใช้ไฟฟ้า PM094753 มีกำลังไฟฟ้าพิกัด 5500 kVA สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้า PM101222 มีกำลังไฟฟ้าพิกัด 500 kVA



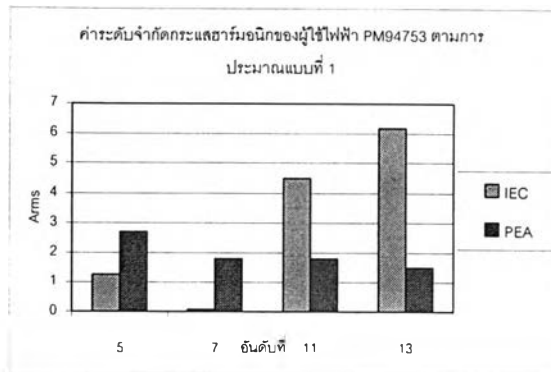
รูปที่ 5.16 กราฟเปรียบเทียบค่าอิมพีแดนซ์หน้ามิเตอร์ของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายบนสายป้อน PR411

ค่าฮาร์โมนิกอิมพีแดนซ์ของผู้ใช้ไฟฟ้า PM094753 ซึ่งอยู่ใกล้สถานีไฟฟ้าย่อยมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 5.17 พบว่าเกิดสถานะเรโซแนนซ์ที่ฮาร์โมนิกอันดับที่ 7

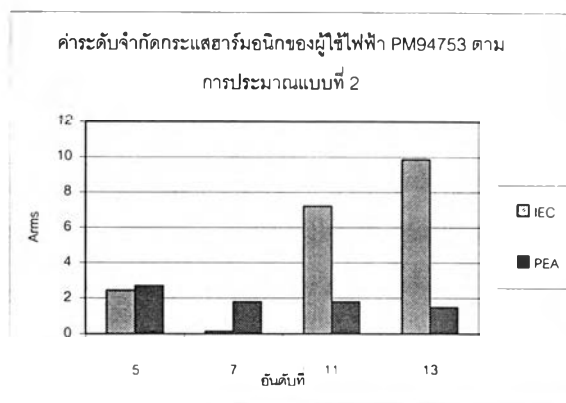


รูปที่ 5.17 กราฟค่าฮาร์โมนิกอิมพีแดนซ์ของผู้ใช้ไฟฟ้า PM094753 เปรียบเทียบกับอันดับที่ของฮาร์โมนิก

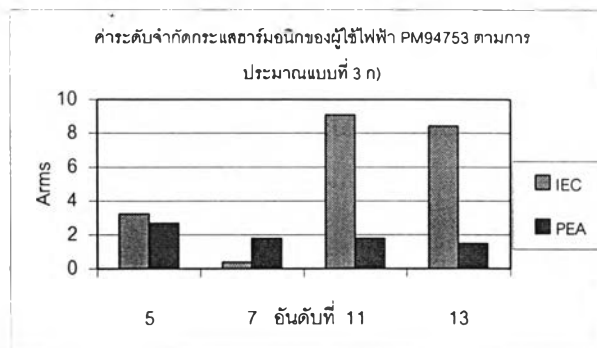
จากผลการประเมินค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกของผู้ใช้ไฟฟ้า PM094753 ตามวิธีการประมาณค่าทั้ง 5 แบบของมาตรฐาน IEC ได้นำมาเปรียบเทียบกับค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกที่กำหนดโดยการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [4] ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 5.18 พบว่าค่าจำกัดกระแสฮาร์โมนิกอันดับที่ 5 จากการประมาณการตามวิธีการของ IEC มีค่าต่ำกว่าค่าที่กำหนดโดยการไฟฟ้าอย่างมาก เนื่องจากได้คิดผลของสถานะเรโซแนนซ์ด้วย



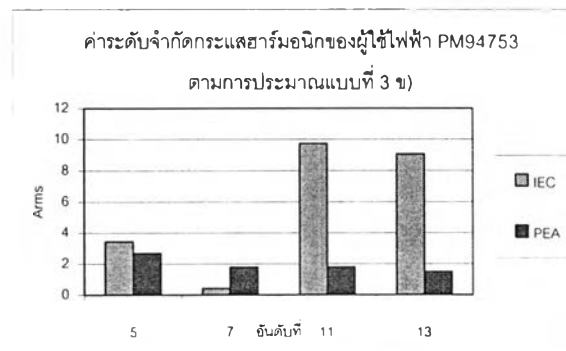
ก)



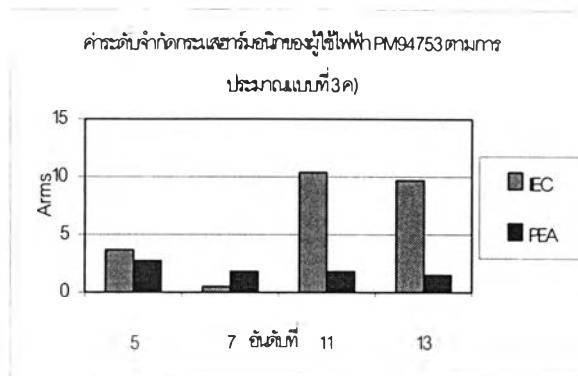
ข)



ค)



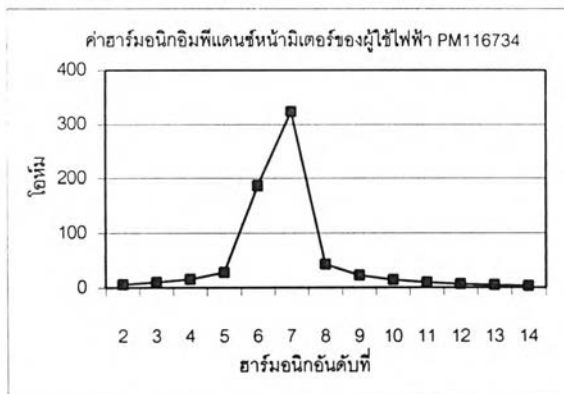
ง)



จ)

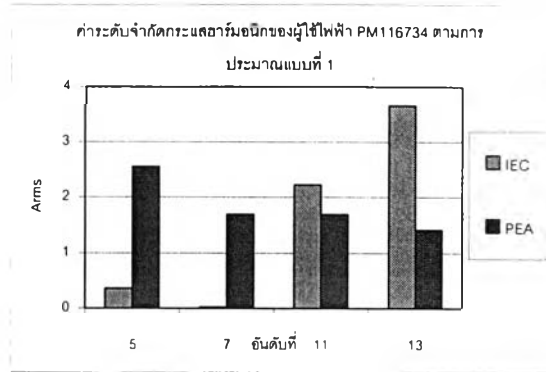
รูปที่ 5.18 กราฟเปรียบเทียบค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกของผู้ใช้ไฟฟ้า PM094753 กับมาตรฐานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่อยู่ไกลจากสถานีไฟฟ้าย่อยได้นำผู้ใช้ไฟฟ้า PM116734 มาเป็นตัวอย่างในการพิจารณาได้ค่าฮาร์มอนิกอิมพีแดนซ์ดังแสดงในรูปที่ 5.19 พบว่าเกิดสภาวะเรโซแนนซ์ที่ฮาร์มอนิกอันดับที่ 7 เช่นเดียวกับผู้ใช้ไฟฟ้า PM094753

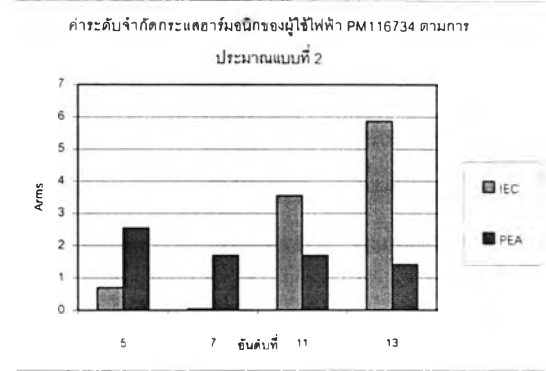


รูปที่ 5.19 กราฟค่าฮาร์มอนิกอิมพีแดนซ์ของผู้ใช้ไฟฟ้า PM116734 เปรียบเทียบกับอันดับที่ของฮาร์มอนิก

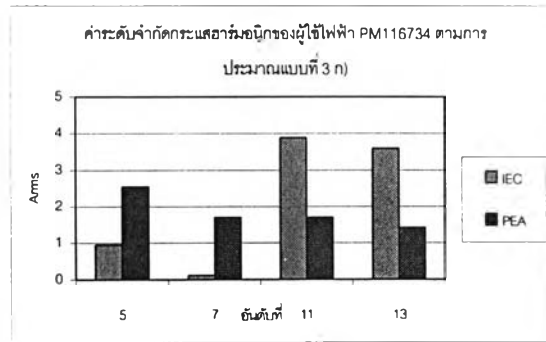
นำผลการประเมินค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกตามวิธีการประมาณค่าของ IEC มาเปรียบเทียบกับค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกที่กำหนดโดยการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 5.20



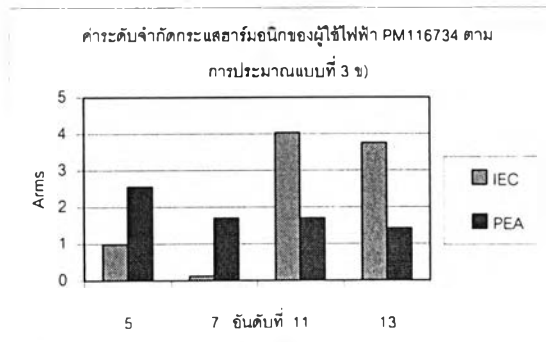
ก)



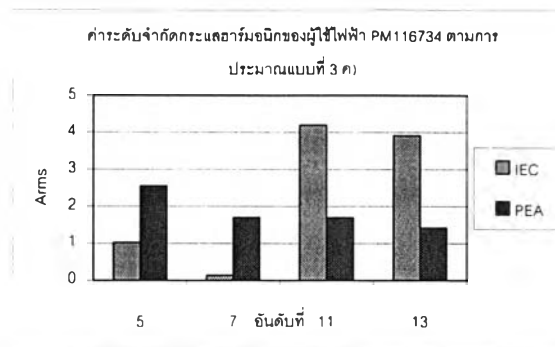
ข)



ค)



ง)



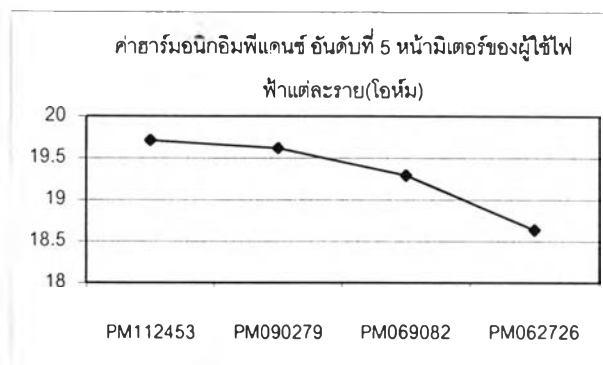
จ)

รูปที่ 5.20 กราฟเปรียบเทียบค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกของผู้ใช้ไฟฟ้า PM 116734 กับมาตรฐานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

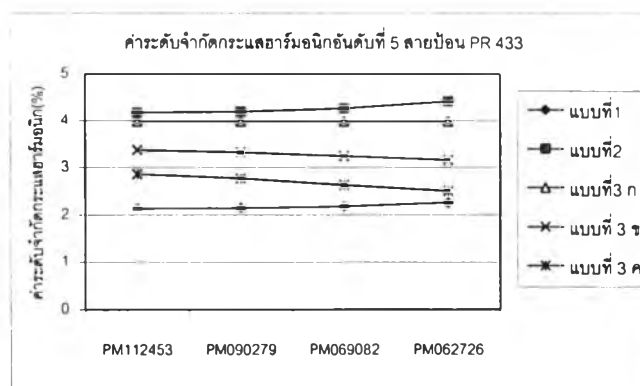
จากกราฟรูปที่ 5.20 พบว่าค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกอันดับที่ 7 ที่ได้จากการประมาณการตามวิธีการของ IEC ทั้ง 5 วิธีมีค่าต่ำกว่าค่าที่กำหนดโดยการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เพราะได้คิดผลของสภาวะเรโซแนนซ์เช่นเดียวกับผู้ใช้ไฟฟ้าที่ใกล้สถานีไฟฟ้าย่อย

5.5.1.2 ผลการวิเคราะห์ สายป้อน PR433 บางส่วนสำหรับกรณีที่ 1

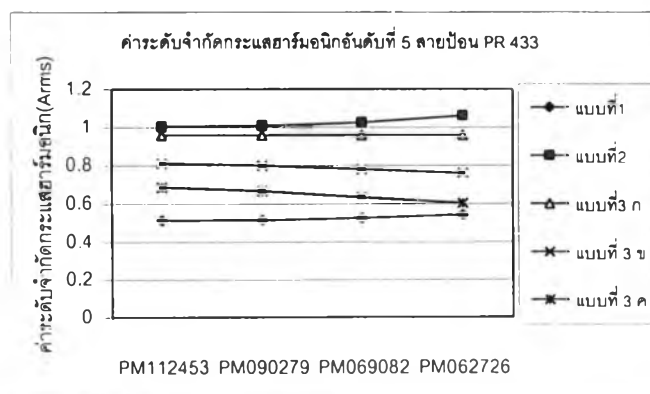
พิจารณาผู้ใช้ไฟฟ้าบางส่วนในสายป้อน PR433 ซึ่งผู้ใช้ไฟฟ้าที่อยู่ใกล้สถานีไฟฟ้าย่อยที่มีค่าฮาร์มอนิกอิมพีแดนซ์อันดับที่ 5 มากกว่าผู้ใช้ไฟฟ้าที่อยู่ไกลจากสถานีไฟฟ้าย่อยแสดงดังรูปที่ 5.21 ได้ผลค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกอันดับที่ 5 ดังแสดงในรูปที่ 5.22



รูปที่ 5.21 กราฟเปรียบเทียบค่าฮาร์มอนิกอิมพีแดนซ์หน้ามิเตอร์ของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายบนสายป้อน PR433 บางส่วน



ก)

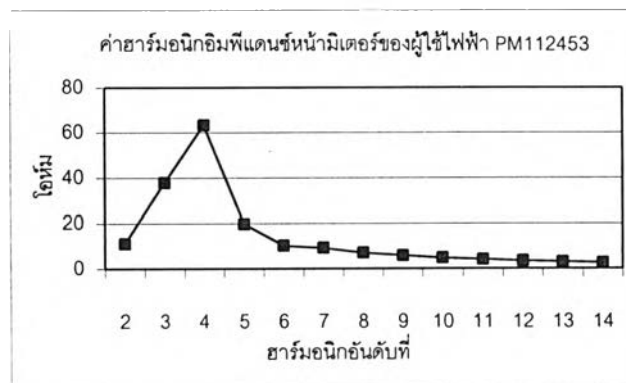


ข)

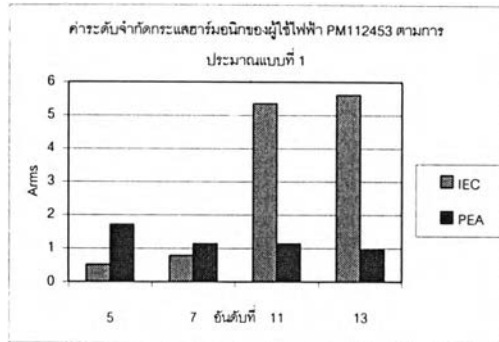
รูปที่ 5.22 กราฟเปรียบเทียบค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกอันดับที่ 5 ของผู้ใช้ไฟฟ้าที่ต่อกับสายป้อน PR433

สำหรับการวิเคราะห์นี้ ผู้ใช้ไฟฟ้าทุกราย มีค่ากำลังไฟฟ้าพิกัดเท่ากับ 1000 kVA ค่าฮาร์มอนิกอิมพีแดนซ์อันดับที่ 5 ที่จุดต่อร่วมของผู้ใช้ไฟฟ้าแสดงดังกราฟรูปที่ 5.21 จากข้อมูลนี้แสดงให้เห็นว่าฮาร์มอนิกอิมพีแดนซ์อันดับที่ 5 ที่จุดเชื่อมต่อของผู้ใช้ไฟฟ้ามีแนวโน้มลดลงตามระยะห่างจากสถานีไฟฟ้าย่อย ดังนั้นค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกอันดับที่ 5 ตามการประมาณแบบที่ 1 และ 2 ของผู้ใช้ไฟฟ้าที่อยู่ห่างจากสถานีไฟฟ้าย่อยจึงมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกอันดับที่ 5 ตามการประมาณแบบที่ 3 ก) นั้นเนื่องจากกำลังไฟฟ้าพิกัดของผู้ใช้ไฟฟ้าทุกรายเท่ากันค่าระดับจำกัดกระแสทั้งหมด % และ แอมแปร์จึงมีค่าคงที่ตลอดสำหรับการประมาณแบบที่ 3 ข) และ 3 ค) มีแนวโน้มลดลงตามระยะห่างจากสถานีไฟฟ้าย่อยที่เพิ่มขึ้น

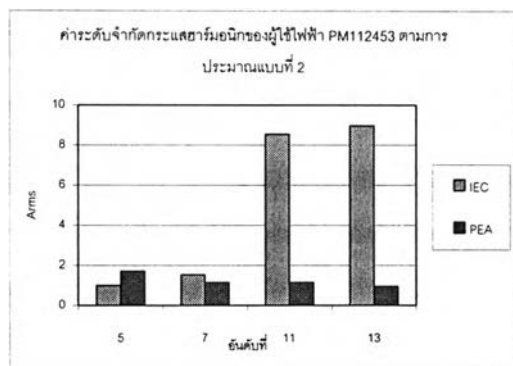
สำหรับค่าฮาร์มอนิกอิมพีแดนซ์ของผู้ใช้ไฟฟ้า PM112453 ซึ่งอยู่ใกล้สถานีไฟฟ้าย่อยมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 5.23 ซึ่งมีสภาวะเรโซแนนซ์ที่ฮาร์มอนิกอันดับที่ 4 เมื่อนำค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกของผู้ใช้ไฟฟ้านี้ที่ประมาณการได้ตามวิธีการของ IEC มาเปรียบเทียบกับค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจะได้ผลการเปรียบเทียบดังรูปที่ 5.24 พบว่ากระแสฮาร์มอนิกอันดับที่ 5 และ 7 จากการประมาณการตามวิธีการของ IEC จะต่ำกว่าค่าที่กำหนดโดยการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เนื่องจากอยู่ใกล้ฮาร์มอนิกอันดับที่ 4 ซึ่งเป็นสภาวะเรโซแนนซ์ ส่วนค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกอันดับที่ 11 และ 13 จะสูงกว่ามากเนื่องจากอยู่ห่างจากจุดเรโซแนนซ์



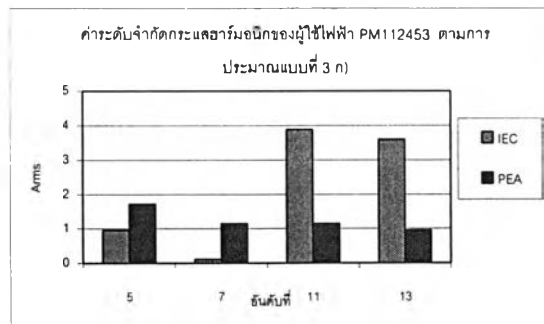
รูปที่ 5.23 กราฟค่าฮาร์มอนิกอิมพีแดนซ์ของผู้ใช้ไฟฟ้า PM112453 เปรียบเทียบอันดับที่ฮาร์มอนิก



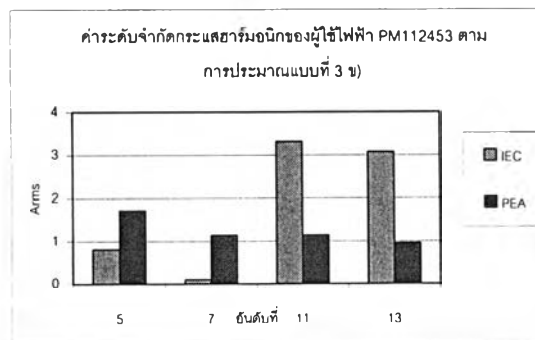
ก)



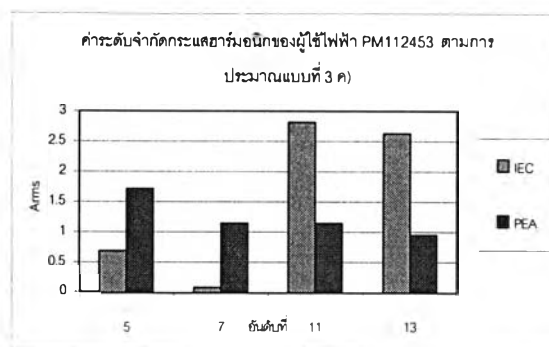
ข)



ค)



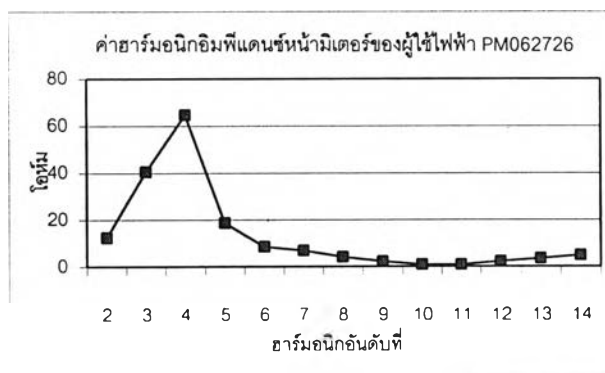
ง)



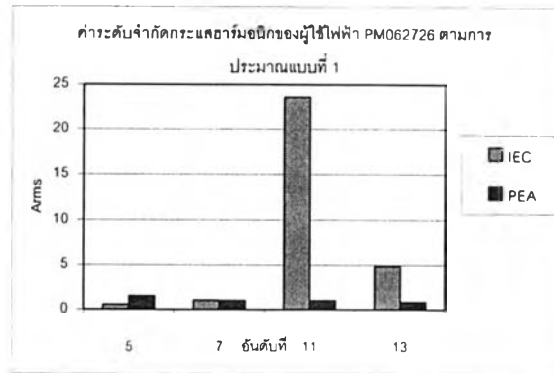
จ)

รูปที่ 5.24 กราฟเปรียบเทียบค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกของผู้ใช้ไฟฟ้า PM112453 กับมาตรฐานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

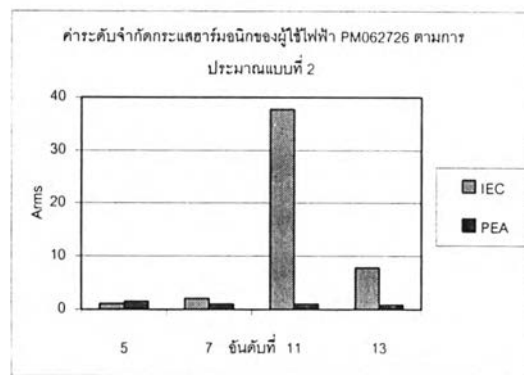
สำหรับค่าฮาร์โมนิกอิมพีแดนซ์ของผู้ใช้ไฟฟ้า PM062726 ซึ่งอยู่ใกล้สถานีไฟฟ้าย่อยมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 5.25 ซึ่งมีสภาวะเรโซแนนซ์ที่ฮาร์โมนิกอันดับที่ 4 เช่นเดียวกับผู้ใช้ไฟฟ้า PM112453 เมื่อนำระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกที่ประมาณการได้ตามวิธีการของ IEC มาเปรียบเทียบกับค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจะได้ผลการเปรียบเทียบดังรูปที่ 5.26 ซึ่งให้ผลคล้ายกับผู้ไฟฟ้า PM112453 เพียงแต่มีความแตกต่างกันในเรื่องขนาดที่ต่างกันทั้งนี้เพราะฮาร์โมนิกอิมพีแดนซ์ของผู้ใช้ไฟฟ้าทั้ง 2 รายมีลักษณะที่ต่างกัันดังแสดงในรูปที่ 5.23 และ 5.25



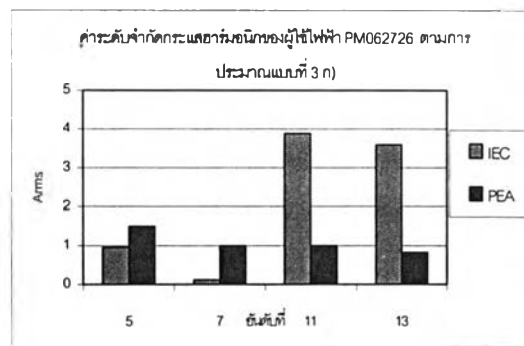
รูปที่ 5.25 กราฟค่าฮาร์โมนิกอิมพีแดนซ์ของผู้ใช้ไฟฟ้า PM062726 เปรียบเทียบอันดับที่ฮาร์โมนิก



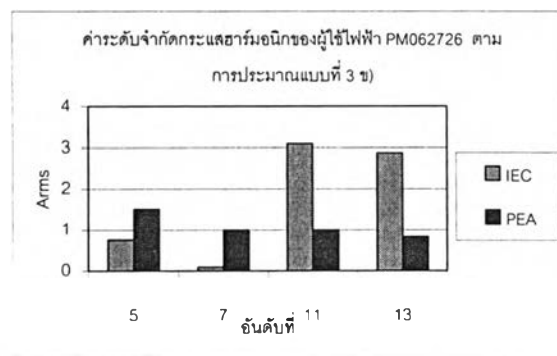
ก)



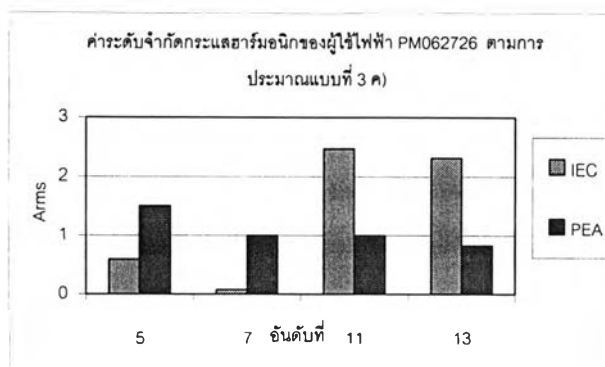
ข)



ค)



ง)



จ)

รูปที่ 5.26 กราฟเปรียบเทียบค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกของผู้ใช้ไฟฟ้า PM062726 กับมาตรฐานของการไฟฟ้าภูมิภาค

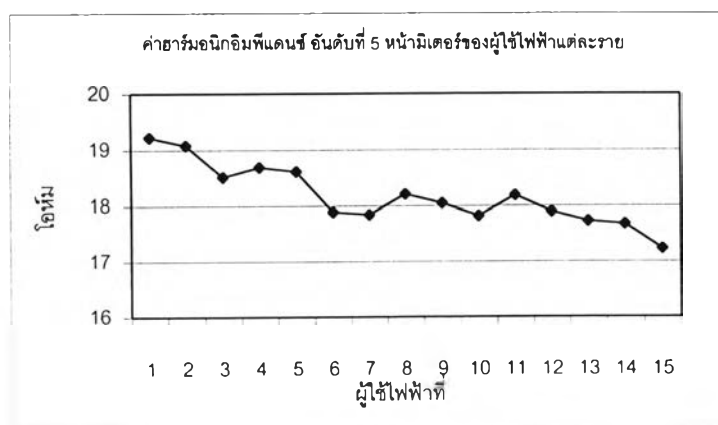
จากการวิเคราะห์ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกตามมาตรฐาน IEC เทียบกับ มาตรฐานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ได้ข้อสังเกตว่า ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกตามมาตรฐานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค มีค่าคงที่ เมื่อค่ากำลังไฟฟ้าพิกัดของผู้ใช้ไฟฟ้ามีค่าสูงจะมีผลทำให้ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกจากวิธีการประมาณการตามมาตรฐาน IEC มีค่าสูงกว่าค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกตามมาตรฐานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ดังเช่น ผู้ใช้ไฟฟ้า PM094753 ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกมาตรฐาน IEC ตามการประมาณแบบที่ 3 ก) ข) ค) และข้อสังเกตอีกข้อคือ ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกตามมาตรฐานการไฟฟ้าภูมิภาคไม่ขึ้นกับค่าฮาร์โมนิกอิมพีแดนซ์ ดังนั้นผลกระทบของการเกิดสถานะเรโซแนนซ์ในระบบไฟฟ้าจึงไม่ส่งผลต่อค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกตามมาตรฐานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค แต่จะส่งผลกระทบต่อค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกจากการประมาณการตามมาตรฐาน IEC ทุกวิธีการประมาณการ

5.5.2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกกับอันดับที่ฮาร์มอนิก

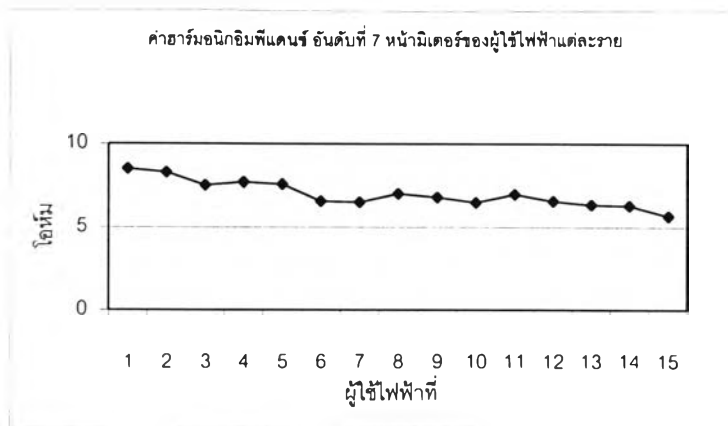
เพื่อแสดงการเปรียบเทียบค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกกับฮาร์มอนิกอิมพีแดนซ์อันดับอื่นด้วย ดังนั้นจึงยกผลวิเคราะห์ของสายป้อน PR 434 สำหรับกรณีที่ 1 ตั้งแต่ ฮาร์มอนิกอันดับที่ 5 , 7 , 11 และ 13 โดยได้สร้างดัชนีตารางผู้ใช้ไฟฟ้างดงตารางที่ 5.23 ค่าฮาร์มอนิกอิมพีแดนซ์ของผู้ใช้ไฟฟ้าทั้ง 15 ราย แสดงในรูปที่ 5.27 และ 5.28 โดยมีผลวิเคราะห์ดังรูปที่ 5.29

ตารางที่ 5.23 ดัชนีของผู้ใช้ไฟฟ้าบนสายป้อน PR434

| ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ | เลขรหัสมิเตอร์ |
|----------------|----------------|
| 1 | PM099182 |
| 2 | PM082765 |
| 3 | PM098269 |
| 4 | PM126256 |
| 5 | PM080588 |
| 6 | PM082371 |
| 7 | PM092742 |
| 8 | PM088336 |
| 9 | PM126630 |
| 10 | PM070946 |
| 11 | PM118157 |
| 12 | PM059812 |
| 13 | PM080478 |
| 14 | PM105621 |
| 15 | PM063826 |



ก)



ข)

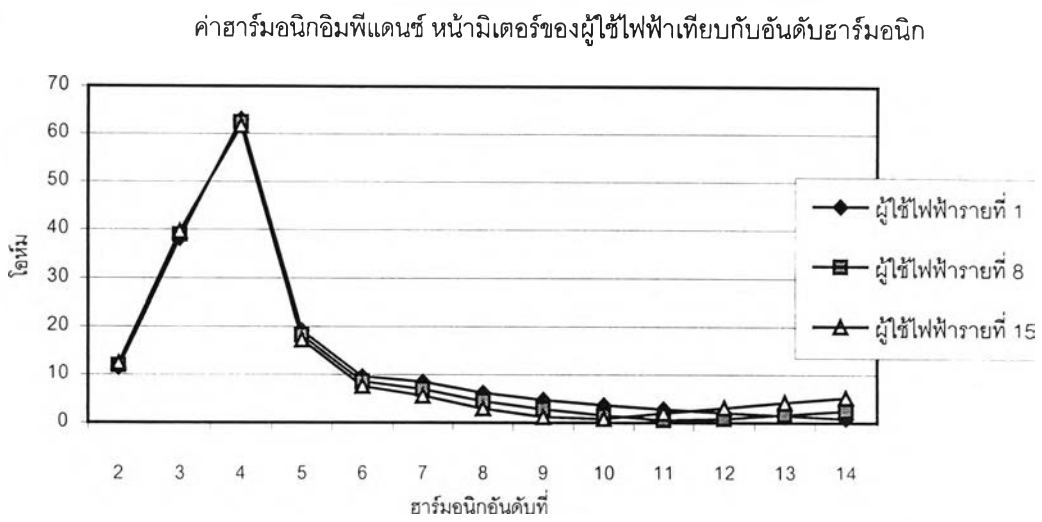


ค)

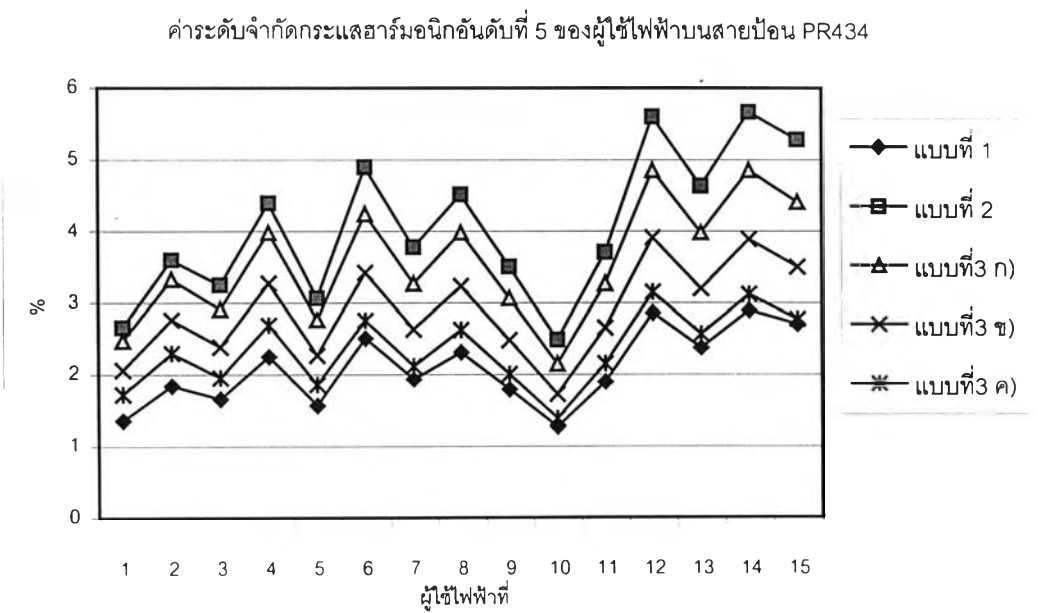


ง)

รูปที่ 5.27 กราฟค่าฮาร์มอนิกอิมพีแดนซ์ของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละราย ตามอันดับที่ฮาร์มอนิกบนสายป้อน PR434

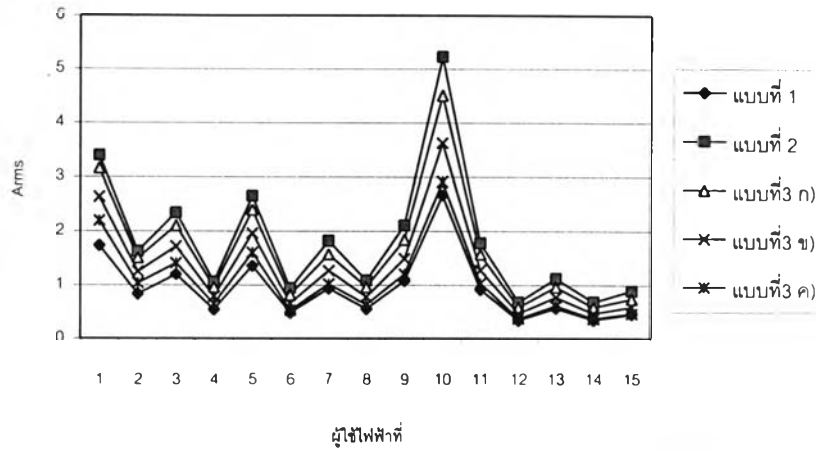


รูปที่ 5.28 กราฟค่าฮาร์มอนิกอิมพีแดนซ์เทียบตามอันดับฮาร์มอนิกของผู้ใช้ไฟฟ้าบางราย บนสายป้อน PR434



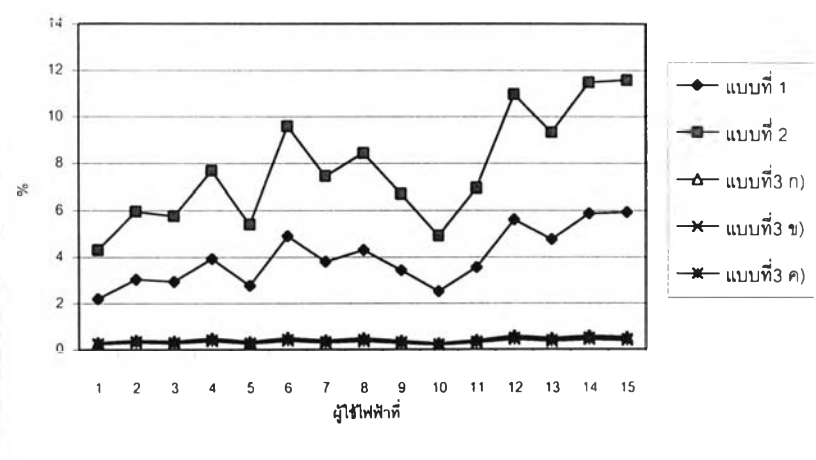
ก)

ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกอันดับที่ 5 ของผู้ใช้ไฟฟ้าบนสายป้อน PR434



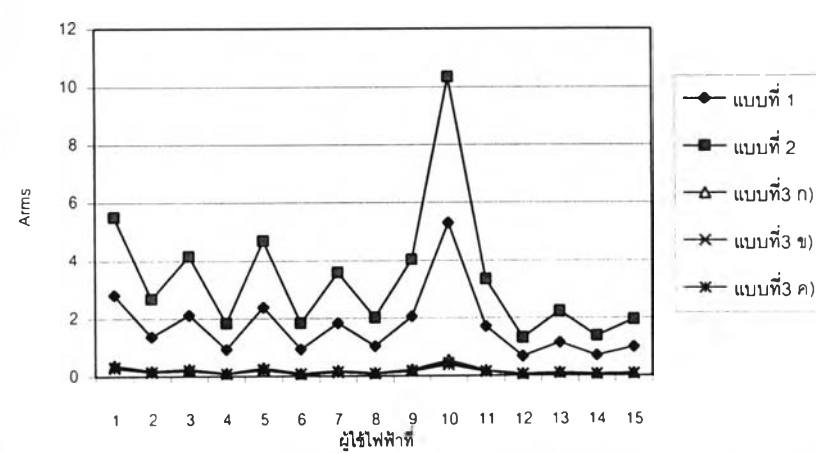
ข)

ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกอันดับที่ 7 ของผู้ใช้ไฟฟ้าบนสายป้อน PR434

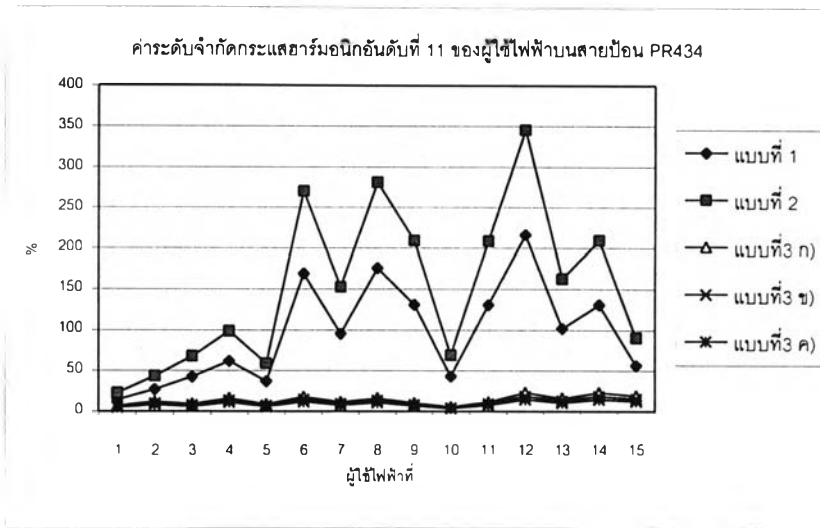


ค)

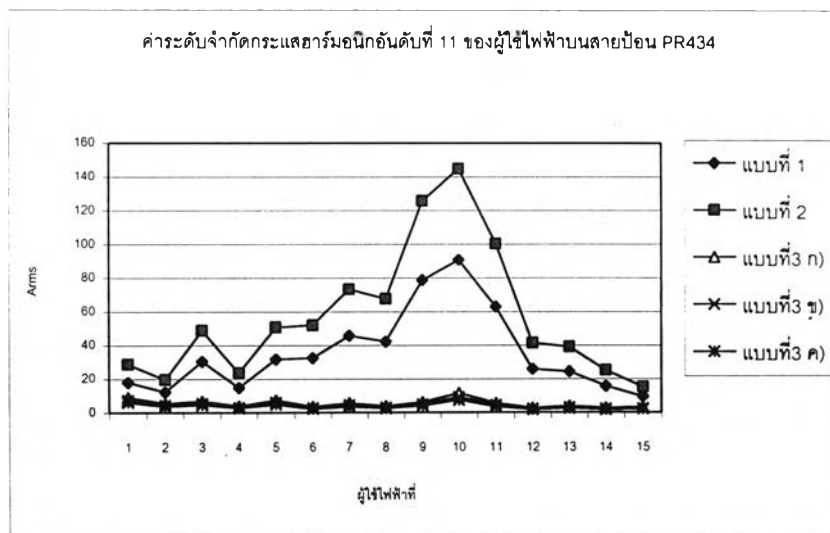
ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกอันดับที่ 7 ของผู้ใช้ไฟฟ้าบนสายป้อน PR434



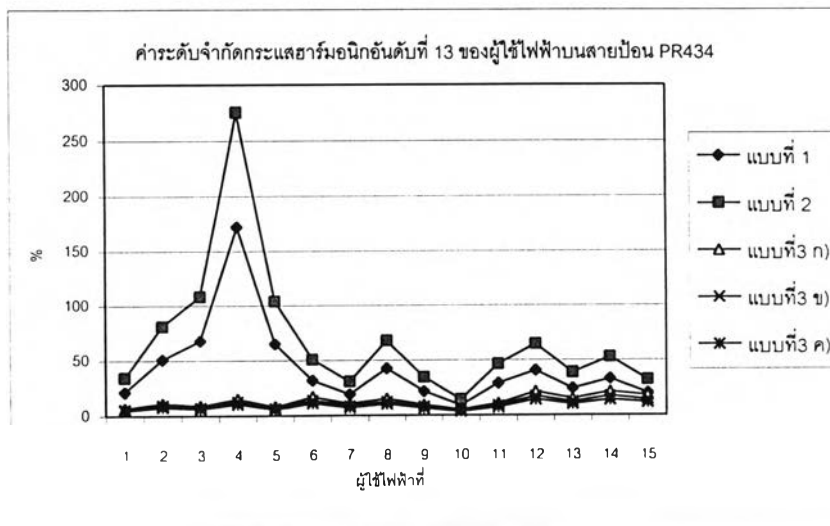
ง)



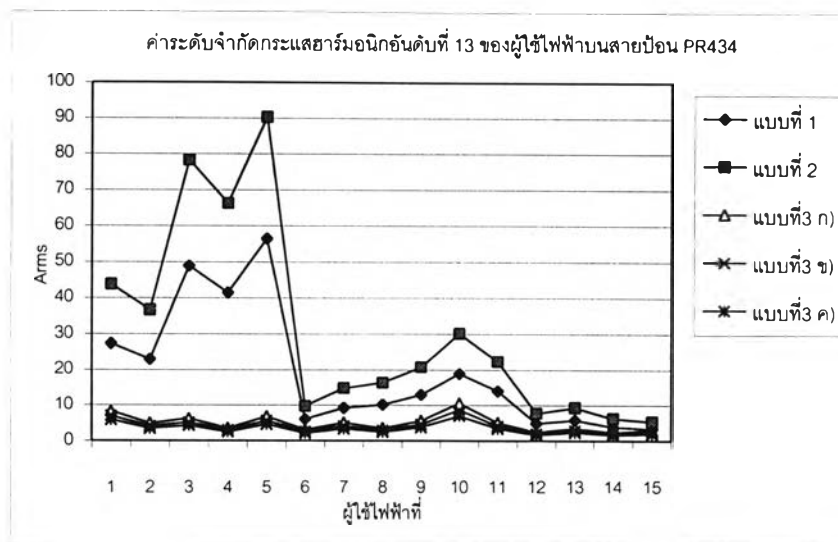
จ)



ฉ)



ช)



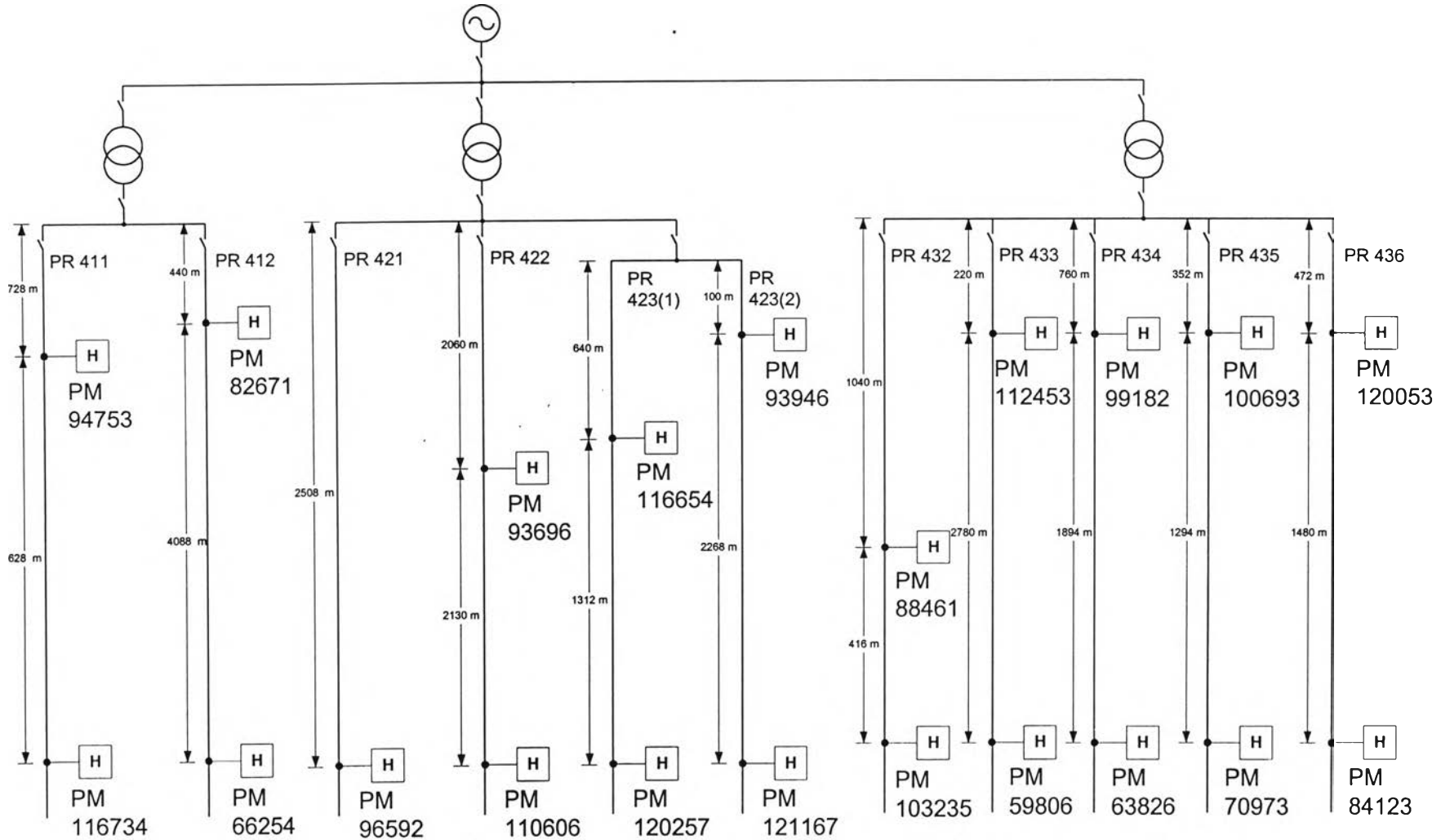
ช)

รูปที่ 5.29 ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกแต่ละอันดับของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายบนสายป้อน PR434

จากกราฟรูปที่ 5.29 ค่าฮาร์มอนิกอิมพีแดนซ์อันดับที่ 5 , 7 และ 11 มีแนวโน้มลดลงเมื่อห่างจากสถานีไฟฟ้าย่อยมากขึ้น แต่ว่าค่าฮาร์มอนิกอิมพีแดนซ์อันดับที่ 13 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อห่างจากสถานีไฟฟ้าย่อยมากขึ้น ค่าระดับจำกัดฮาร์มอนิกอันดับที่ 5 , 7 และ 11 ในหน่วยของเปอร์เซ็นต์ก็แสดงแนวโน้มสวนทางกับค่าฮาร์มอนิกอิมพีแดนซ์ กล่าวคือ ค่าระดับจำกัดฮาร์มอนิกอันดับที่ 5 , 7 และ 11 หน่วยของเปอร์เซ็นต์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อห่างจากสถานีไฟฟ้าย่อยมากขึ้น ค่าระดับจำกัดฮาร์มอนิกอันดับที่ 13 หน่วยเปอร์เซ็นต์มีแนวโน้มลดลงเมื่อห่างจากสถานีไฟฟ้าย่อยมากขึ้น สำหรับค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกอันดับที่ 5 , 7 และ 11 ในหน่วยของ A_{rms} มีแนวโน้มขึ้นกับขนาดกำลังไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าส่วนใหญ่ และค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกอันดับที่ 13 ขึ้นกับทั้งขนาดกำลังไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าและแนวโน้มของค่าฮาร์มอนิกอิมพีแดนซ์ด้วย

5.5.3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกกับกรณีต่าง ๆ

เพื่อทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกของผู้ใช้ไฟฟ้าทุกกรณีจึงได้นำผลตัวอย่างของผู้ใช้ไฟฟ้าต้นทางและปลายทางของทุกกรณีมาวิเคราะห์เปรียบเทียบ โดยมีแผนผังโครงข่ายสรุของผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งต้นทางและปลายทางของแต่ละสายป้อนดังรูปที่ 5.30



รูปที่ 5.30 แผนผังแสดงผู้ใช้ไฟฟ้าใกล้และไกลสถานีไฟฟ้าย่อย

ตารางที่ 5.24 ผลการวิเคราะห์ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกอันดับที่ 5 ของผู้ใช้ไฟฟ้าที่อยู่ใกล้และไกลจากสถานีไฟฟ้าย่อยของแต่ละสายป้อนสำหรับกรณีที่ 1

| สายป้อน | มิเตอร์ | กำลัง ไฟฟ้า (kVA) | แบบที่1 (%) | แบบที่2 (%) | แบบที่3ก (%) | แบบที่3ข (%) | แบบที่3ค (%) | แบบที่1 (Arms) | แบบที่2 (Arms) | แบบที่3ก (Arms) | แบบที่3ข (Arms) | แบบที่3ค (Arms) |
|---------|----------|----------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| PR411 | PM094753 | 5500 | 0.946 | 1.850 | 2.447 | 2.600 | 2.761 | 1.251 | 2.448 | 3.238 | 3.440 | 3.653 |
| PR411 | PM116734 | 1000 | 1.499 | 2.933 | 3.983 | 4.116 | 4.250 | 0.361 | 0.706 | 0.958 | 0.990 | 1.022 |
| PR412 | PM082671 | 1000 | 1.514 | 2.961 | 3.983 | 4.285 | 4.606 | 0.364 | 0.712 | 0.958 | 1.031 | 1.108 |
| PR412 | PM066254 | 4500 | 0.794 | 1.553 | 2.592 | 2.386 | 2.196 | 0.859 | 1.681 | 2.805 | 2.583 | 2.377 |
| PR421 | PM096592 | 1000 | 0.967 | 1.892 | 3.983 | 3.903 | 3.822 | 0.233 | 0.455 | 0.958 | 0.939 | 0.919 |
| PR422 | PM093696 | 1500 | 0.911 | 1.782 | 3.547 | 3.544 | 3.539 | 0.329 | 0.643 | 1.280 | 1.279 | 1.277 |
| PR422 | PM110606 | 500 | 1.154 | 2.257 | 4.855 | 4.454 | 4.084 | 0.139 | 0.271 | 0.584 | 0.536 | 0.491 |
| PR423 | PM093946 | 2000 | 0.956 | 1.871 | 3.267 | 3.563 | 3.883 | 0.460 | 0.900 | 1.572 | 1.714 | 1.868 |
| PR423 | PM121167 | 315 | 1.504 | 2.942 | 5.540 | 5.471 | 5.400 | 0.114 | 0.223 | 0.420 | 0.415 | 0.409 |
| PR423 | PM116654 | 3000 | 0.831 | 1.626 | 2.910 | 3.085 | 3.270 | 0.600 | 1.173 | 2.100 | 2.227 | 2.360 |
| PR423 | PM120257 | 1500 | 0.978 | 1.914 | 3.547 | 3.577 | 3.605 | 0.353 | 0.691 | 1.280 | 1.291 | 1.301 |
| PR432 | PM088461 | 1000 | 2.177 | 4.258 | 3.983 | 3.297 | 2.727 | 0.524 | 1.024 | 0.958 | 0.793 | 0.656 |
| PR432 | PM103235 | 500 | 2.679 | 5.241 | 4.855 | 3.973 | 3.249 | 0.322 | 0.630 | 0.584 | 0.478 | 0.391 |
| PR433 | PM112453 | 1000 | 2.132 | 4.170 | 3.983 | 3.373 | 2.855 | 0.513 | 1.003 | 0.958 | 0.811 | 0.687 |
| PR433 | PM059806 | 630 | 2.633 | 5.151 | 4.545 | 3.568 | 2.799 | 0.399 | 0.781 | 0.689 | 0.541 | 0.424 |
| PR434 | PM099182 | 5315 | 1.357 | 2.654 | 2.471 | 2.062 | 1.719 | 1.734 | 3.393 | 3.160 | 2.636 | 2.198 |
| PR434 | PM063826 | 700 | 2.700 | 5.282 | 4.410 | 3.498 | 2.773 | 0.455 | 0.890 | 0.743 | 0.589 | 0.467 |
| PR435 | PM100693 | 1300 | 1.952 | 3.818 | 3.695 | 3.117 | 2.628 | 0.610 | 1.194 | 1.156 | 0.975 | 0.822 |
| PR435 | PM070973 | 300 | 3.012 | 5.892 | 5.618 | 4.584 | 3.737 | 0.217 | 0.425 | 0.405 | 0.331 | 0.270 |
| PR436 | PM120053 | 3200 | 1.556 | 3.043 | 2.857 | 2.401 | 2.017 | 1.198 | 2.343 | 2.199 | 1.848 | 1.552 |
| PR436 | PM084123 | 1000 | 2.334 | 4.567 | 3.983 | 3.221 | 2.604 | 0.562 | 1.099 | 0.958 | 0.775 | 0.626 |

ตารางที่ 5.25 ผลการวิเคราะห์ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกอันดับที่ 5 ของผู้ใช้ไฟฟ้าที่อยู่ใกล้และไกลจากสถานีไฟฟ้าย่อยของแต่ละสายป้อนสำหรับกรณี 2

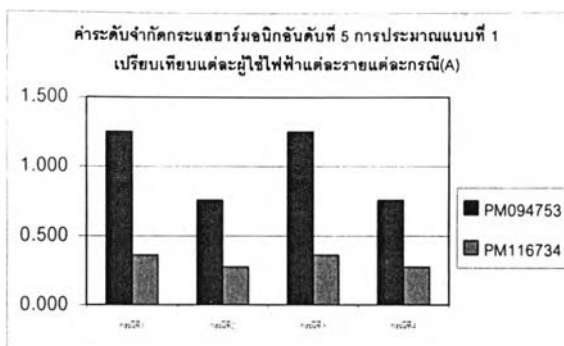
| สายป้อน | มิเตอร์ | กำลัง ไฟฟ้า (kVA) | แบบที่1 (%) | แบบที่2 (%) | แบบที่3ก (%) | แบบที่3ข (%) | แบบที่3ค (%) | แบบที่1 (Arms) | แบบที่2 (Arms) | แบบที่3ก (Arms) | แบบที่3ข (Arms) | แบบที่3ค (Arms) |
|---------|----------|----------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| PR411 | PM094753 | 1341.64 | 2.352 | 4.650 | 6.432 | 6.821 | 7.230 | 0.759 | 1.501 | 2.076 | 2.201 | 2.333 |
| PR411 | PM116734 | 336.15 | 3.402 | 6.726 | 9.552 | 9.852 | 10.156 | 0.275 | 0.544 | 0.772 | 0.797 | 0.821 |
| PR412 | PM082671 | 700.00 | 2.785 | 5.507 | 7.746 | 8.317 | 8.926 | 0.469 | 0.927 | 1.304 | 1.401 | 1.503 |
| PR412 | PM066254 | 1392.84 | 1.843 | 3.645 | 6.364 | 5.849 | 5.373 | 0.618 | 1.221 | 2.132 | 1.960 | 1.800 |
| PR421 | PM096592 | 855.58 | 1.680 | 3.323 | 7.314 | 7.153 | 6.992 | 0.346 | 0.684 | 1.505 | 1.472 | 1.439 |
| PR422 | PM093696 | 762.29 | 1.836 | 3.631 | 7.560 | 7.539 | 7.514 | 0.337 | 0.666 | 1.386 | 1.382 | 1.378 |
| PR422 | PM110606 | 34.00 | 4.132 | 8.171 | 18.382 | 16.833 | 15.406 | 0.034 | 0.067 | 0.150 | 0.138 | 0.126 |
| PR423 | PM093946 | 912.14 | 1.988 | 3.931 | 7.182 | 7.817 | 8.504 | 0.436 | 0.863 | 1.576 | 1.715 | 1.866 |
| PR423 | PM121167 | 101.98 | 3.448 | 6.818 | 13.431 | 13.239 | 13.043 | 0.085 | 0.167 | 0.329 | 0.325 | 0.320 |
| PR423 | PM116654 | 1320.04 | 1.746 | 3.452 | 6.462 | 6.839 | 7.234 | 0.554 | 1.096 | 2.052 | 2.172 | 2.297 |
| PR423 | PM120257 | 654.77 | 2.060 | 4.073 | 7.895 | 7.946 | 7.994 | 0.324 | 0.642 | 1.244 | 1.252 | 1.259 |
| PR432 | PM088461 | 652.99 | 4.085 | 8.077 | 7.901 | 6.528 | 5.391 | 0.642 | 1.269 | 1.241 | 1.025 | 0.847 |
| PR432 | PM103235 | 90.00 | 7.266 | 14.367 | 13.919 | 11.368 | 9.280 | 0.157 | 0.311 | 0.301 | 0.246 | 0.201 |
| PR433 | PM112453 | 226.81 | 5.412 | 10.701 | 10.688 | 9.035 | 7.634 | 0.295 | 0.584 | 0.583 | 0.493 | 0.417 |
| PR433 | PM059806 | 422.31 | 4.905 | 9.698 | 8.949 | 7.012 | 5.492 | 0.498 | 0.985 | 0.909 | 0.712 | 0.558 |
| PR434 | PM099182 | 1758.24 | 3.092 | 6.113 | 5.954 | 4.958 | 4.127 | 1.308 | 2.586 | 2.518 | 2.097 | 1.746 |
| PR434 | PM063826 | 320.16 | 5.610 | 11.093 | 9.686 | 7.668 | 6.068 | 0.432 | 0.854 | 0.746 | 0.591 | 0.467 |
| PR435 | PM100693 | 425.44 | 4.462 | 8.823 | 8.930 | 7.518 | 6.327 | 0.457 | 0.903 | 0.914 | 0.769 | 0.648 |
| PR435 | PM070973 | 81.22 | 7.269 | 14.373 | 14.333 | 11.672 | 9.500 | 0.142 | 0.281 | 0.280 | 0.228 | 0.186 |
| PR436 | PM120053 | 3162.30 | 2.594 | 5.128 | 5.035 | 4.223 | 3.541 | 1.973 | 3.901 | 3.830 | 3.213 | 2.694 |
| PR436 | PM084123 | 648.46 | 4.390 | 8.680 | 7.917 | 6.391 | 5.157 | 0.685 | 1.354 | 1.235 | 0.997 | 0.804 |

ตารางที่ 5.26 ผลการวิเคราะห์ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกอันดับที่ 5 ของผู้ใช้ไฟฟ้าที่อยู่ใกล้และไกลจากสถานีไฟฟ้าย่อยของแต่ละสายป้อนสำหรับกรณีที่ 3

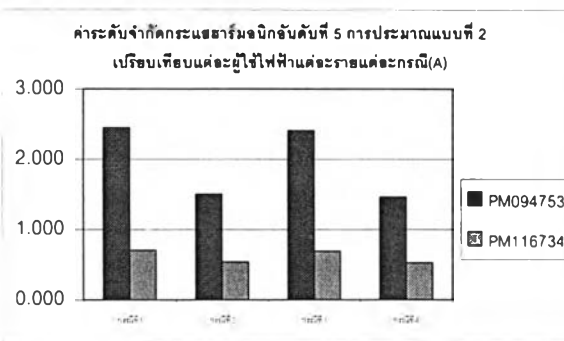
| สายป้อน | มิเตอร์ | กำลัง ไฟฟ้า (kVA) | แบบที่1 (%) | แบบที่2 (%) | แบบที่3ก (%) | แบบที่3ข (%) | แบบที่3ค (%) | แบบที่1 (Arms) | แบบที่2 (Arms) | แบบที่3ก (Arms) | แบบที่3ข (Arms) | แบบที่3ค (Arms) |
|---------|----------|----------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| PR411 | PM094753 | 5500 | 0.946 | 1.820 | 2.562 | 2.727 | 2.902 | 1.251 | 2.408 | 3.390 | 3.608 | 3.839 |
| PR411 | PM116734 | 1000 | 1.499 | 2.885 | 4.170 | 4.317 | 4.467 | 0.361 | 0.694 | 1.003 | 1.039 | 1.075 |
| PR412 | PM082671 | 1000 | 1.514 | 2.913 | 4.170 | 4.494 | 4.842 | 0.364 | 0.701 | 1.003 | 1.081 | 1.165 |
| PR412 | PM066254 | 4500 | 0.794 | 1.527 | 2.713 | 2.503 | 2.308 | 0.859 | 1.653 | 2.937 | 2.710 | 2.499 |
| PR421 | PM096592 | 1000 | 0.967 | 1.861 | 4.170 | 4.094 | 4.017 | 0.233 | 0.448 | 1.003 | 0.985 | 0.966 |
| PR422 | PM093696 | 1500 | 0.911 | 1.753 | 3.714 | 3.718 | 3.719 | 0.329 | 0.632 | 1.340 | 1.341 | 1.342 |
| PR422 | PM110606 | 500 | 1.154 | 2.220 | 5.084 | 4.672 | 4.293 | 0.139 | 0.267 | 0.611 | 0.562 | 0.516 |
| PR423 | PM093946 | 2000 | 0.956 | 1.840 | 3.421 | 3.737 | 4.081 | 0.460 | 0.885 | 1.646 | 1.798 | 1.964 |
| PR423 | PM121167 | 315 | 1.504 | 2.893 | 5.801 | 5.739 | 5.676 | 0.114 | 0.219 | 0.440 | 0.435 | 0.430 |
| PR423 | PM116654 | 3000 | 0.831 | 1.599 | 3.047 | 3.237 | 3.437 | 0.600 | 1.154 | 2.199 | 2.336 | 2.480 |
| PR423 | PM120257 | 1500 | 0.978 | 1.882 | 3.714 | 3.752 | 3.789 | 0.353 | 0.679 | 1.340 | 1.354 | 1.367 |
| PR432 | PM088461 | 1000 | 2.177 | 4.188 | 4.170 | 3.458 | 2.866 | 0.524 | 1.008 | 1.003 | 0.832 | 0.690 |
| PR432 | PM103235 | 500 | 2.679 | 5.155 | 5.084 | 4.167 | 3.415 | 0.322 | 0.620 | 0.611 | 0.501 | 0.411 |
| PR433 | PM112453 | 1000 | 2.132 | 4.102 | 4.170 | 3.538 | 3.001 | 0.513 | 0.987 | 1.003 | 0.851 | 0.722 |
| PR433 | PM059806 | 630 | 2.633 | 5.067 | 4.759 | 3.743 | 2.942 | 0.399 | 0.768 | 0.721 | 0.567 | 0.446 |
| PR434 | PM099182 | 5315 | 1.357 | 2.610 | 2.587 | 2.163 | 1.807 | 1.734 | 3.337 | 3.308 | 2.765 | 2.311 |
| PR434 | PM063826 | 700 | 2.700 | 5.195 | 4.618 | 3.669 | 2.914 | 0.455 | 0.875 | 0.778 | 0.618 | 0.491 |
| PR435 | PM100693 | 1300 | 1.952 | 3.755 | 3.869 | 3.269 | 2.762 | 0.610 | 1.174 | 1.210 | 1.022 | 0.864 |
| PR435 | PM070973 | 300 | 3.012 | 5.795 | 5.882 | 4.808 | 3.928 | 0.217 | 0.418 | 0.425 | 0.347 | 0.283 |
| PR436 | PM120053 | 3200 | 1.556 | 2.993 | 2.991 | 2.518 | 2.120 | 1.198 | 2.304 | 2.303 | 1.939 | 1.632 |
| PR436 | PM084123 | 1000 | 2.334 | 4.492 | 4.170 | 3.379 | 2.737 | 0.562 | 1.081 | 1.003 | 0.813 | 0.658 |

ตารางที่ 5.27 ผลการวิเคราะห์ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกอันดับที่ 5 ของผู้ใช้ไฟฟ้าที่อยู่ใกล้และไกลจากสถานีไฟฟ้าย่อยของแต่ละสายป้อนสำหรับกรณีที่ 4

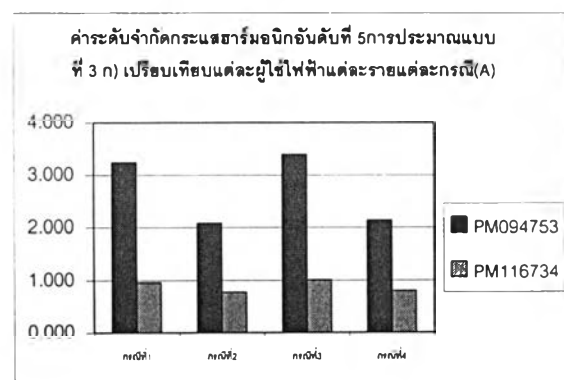
| สายป้อน | มิเตอร์ | กำลัง ไฟฟ้า (kVA) | แบบที่1 (%) | แบบที่2 (%) | แบบที่3ก (%) | แบบที่3ข (%) | แบบที่3ค (%) | แบบที่1 (Arms) | แบบที่2 (Arms) | แบบที่3ก (Arms) | แบบที่3ข (Arms) | แบบที่3ค (Arms) |
|---------|----------|----------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| PR411 | PM094753 | 1341.64 | 2.352 | 4.525 | 6.613 | 7.031 | 7.474 | 0.759 | 1.460 | 2.134 | 2.269 | 2.412 |
| PR411 | PM116734 | 336.15 | 3.402 | 6.545 | 9.820 | 10.155 | 10.498 | 0.275 | 0.529 | 0.794 | 0.821 | 0.849 |
| PR412 | PM082671 | 700.00 | 2.785 | 5.359 | 7.963 | 8.573 | 9.227 | 0.469 | 0.902 | 1.341 | 1.444 | 1.554 |
| PR412 | PM066254 | 1392.84 | 1.843 | 3.547 | 6.542 | 6.029 | 5.554 | 0.618 | 1.188 | 2.192 | 2.020 | 1.861 |
| PR421 | PM096592 | 855.58 | 1.680 | 3.233 | 7.520 | 7.373 | 7.228 | 0.346 | 0.665 | 1.548 | 1.518 | 1.488 |
| PR422 | PM093696 | 762.29 | 1.836 | 3.533 | 7.772 | 7.771 | 7.767 | 0.337 | 0.648 | 1.425 | 1.425 | 1.424 |
| PR422 | PM110606 | 34.00 | 4.132 | 7.951 | 18.898 | 17.351 | 15.925 | 0.034 | 0.065 | 0.155 | 0.142 | 0.130 |
| PR423 | PM093946 | 912.14 | 1.988 | 3.826 | 7.383 | 8.058 | 8.791 | 0.436 | 0.839 | 1.620 | 1.768 | 1.929 |
| PR423 | PM121167 | 101.98 | 3.448 | 6.635 | 13.808 | 13.646 | 13.482 | 0.085 | 0.163 | 0.339 | 0.335 | 0.331 |
| PR423 | PM116654 | 1320.04 | 1.746 | 3.359 | 6.643 | 7.049 | 7.478 | 0.554 | 1.067 | 2.110 | 2.239 | 2.375 |
| PR423 | PM120257 | 654.77 | 2.060 | 3.963 | 8.117 | 8.191 | 8.263 | 0.324 | 0.624 | 1.279 | 1.290 | 1.302 |
| PR432 | PM088461 | 652.99 | 4.085 | 7.860 | 8.123 | 6.729 | 5.572 | 0.642 | 1.235 | 1.276 | 1.057 | 0.875 |
| PR432 | PM103235 | 90.00 | 7.266 | 13.981 | 14.310 | 11.718 | 9.593 | 0.157 | 0.303 | 0.310 | 0.254 | 0.208 |
| PR433 | PM112453 | 226.81 | 5.412 | 10.413 | 10.988 | 9.313 | 7.891 | 0.295 | 0.568 | 0.600 | 0.508 | 0.431 |
| PR433 | PM059806 | 422.31 | 4.905 | 9.438 | 9.200 | 7.228 | 5.677 | 0.498 | 0.959 | 0.935 | 0.734 | 0.577 |
| PR434 | PM099182 | 1758.24 | 3.092 | 5.949 | 6.121 | 5.111 | 4.266 | 1.308 | 2.516 | 2.589 | 2.162 | 1.805 |
| PR434 | PM063826 | 320.16 | 5.610 | 10.795 | 9.958 | 7.904 | 6.272 | 0.432 | 0.831 | 0.767 | 0.609 | 0.483 |
| PR435 | PM100693 | 425.44 | 4.462 | 8.586 | 9.181 | 7.750 | 6.540 | 0.457 | 0.879 | 0.940 | 0.793 | 0.669 |
| PR435 | PM070973 | 81.22 | 7.269 | 13.987 | 14.735 | 12.031 | 9.821 | 0.142 | 0.273 | 0.288 | 0.235 | 0.192 |
| PR436 | PM120053 | 3162.30 | 2.594 | 4.991 | 5.176 | 4.353 | 3.660 | 1.973 | 3.796 | 3.937 | 3.312 | 2.785 |
| PR436 | PM084123 | 648.46 | 4.390 | 8.447 | 8.139 | 6.588 | 5.330 | 0.685 | 1.318 | 1.270 | 1.028 | 0.832 |



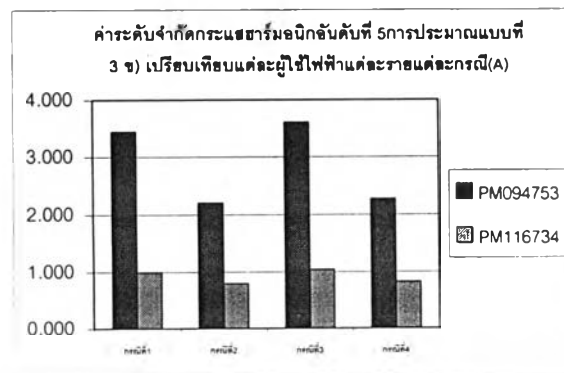
ก)



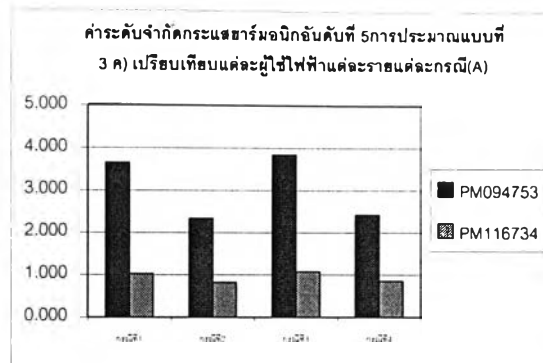
ข)



ค)

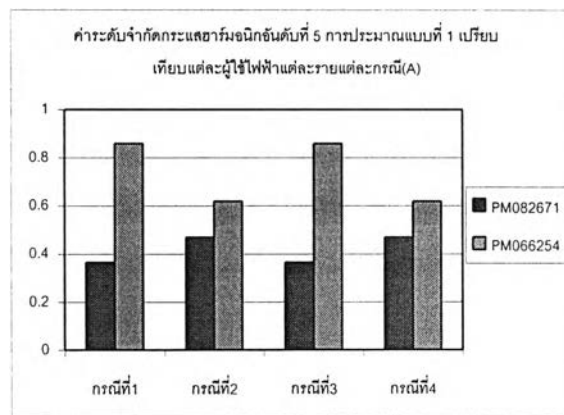


ง)

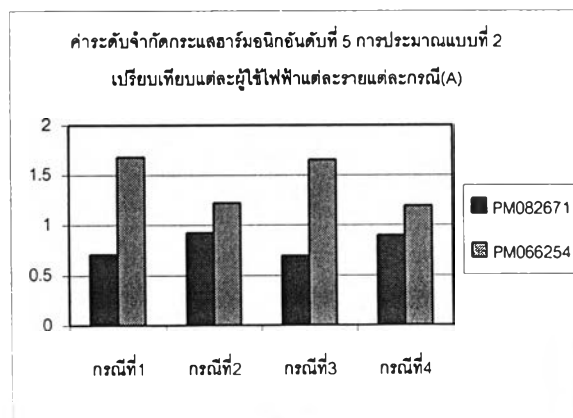


จ)

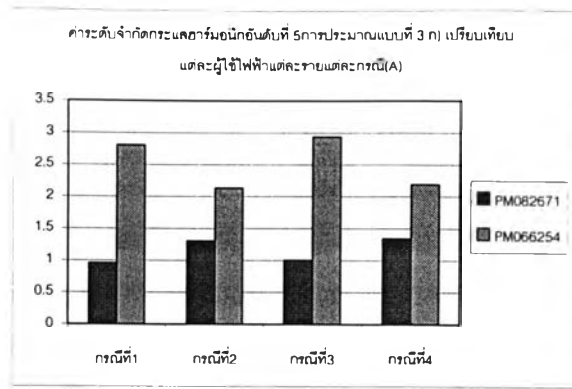
รูปที่ 5.31 ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกอันดับที่ 5 ของผู้ใช้ไฟฟ้าบนสายป้อน PR411 เปรียบเทียบแต่ละกรณี



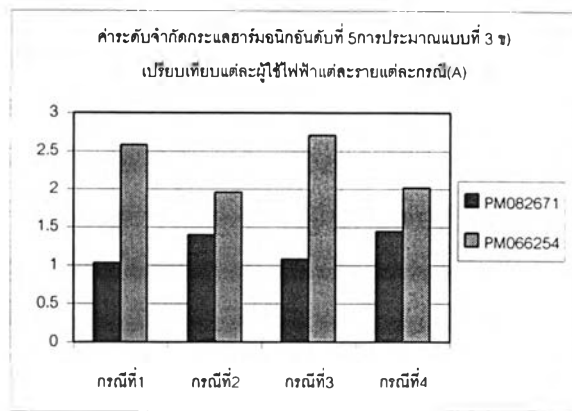
ก)



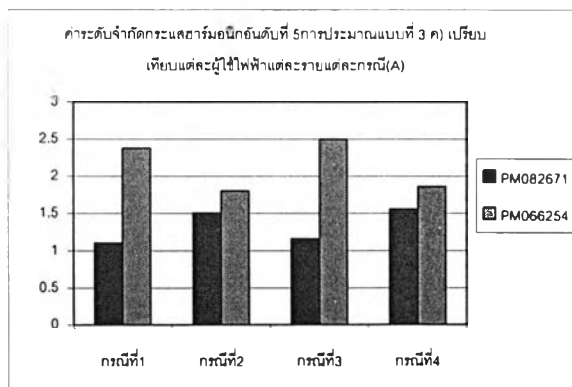
ข)



ค)



ง)



จ)

รูปที่ 5.32 ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกอันดับที่ 5 ของผู้ใช้ไฟฟ้าบนสายป้อน PR412 เปรียบเทียบแต่ละกรณี

จากผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบที่แสดงในรูปที่ 5.31 และ 5.32 แสดงให้เห็นว่า กรณีที่สมมติผู้ใช้ไฟฟ้าแรงดันต่ำเสมือนเป็นผู้ใช้ไฟฟ้าแรงดันปานกลาง(กรณี ที่ 3 และ 4)เมื่อเทียบกับกรณีที่รวมกำลังไฟฟ้าแรงดันต่ำเป็นค่าเดียว(กรณี ที่ 1 และ กรณีที่ 2) จะให้ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกใกล้เคียงกัน(กรณีที่ 1 เทียบกับกรณีที่ 3 และ กรณีที่ 2 เทียบกับกรณีที่ 4) โดยวิเคราะห์ได้ว่า กำลังไฟฟ้ารวมของภาระไฟฟ้าแรงดันต่ำมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับกำลังไฟฟ้า

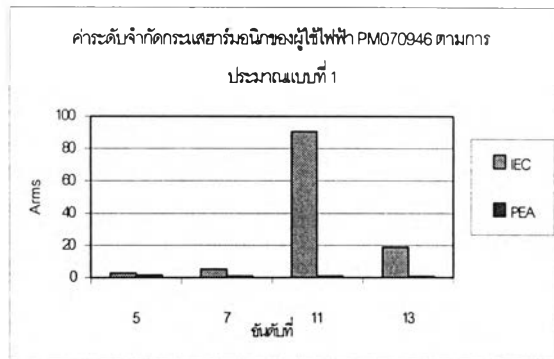
รวมของภาระไฟฟ้าแรงดันปานกลางสำหรับตัวอย่าง สถานีไฟฟ้าย่อยแพรภานี้ จึงยังไม่สามารถสรุปได้แน่ชัดว่ากรณีการสมมติผู้ใช้ไฟฟ้าแรงดันต่ำเสมือนเป็นผู้ใช้ไฟฟ้าแรงดันปานกลาง มีผลกระทบต่อค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกในรูปแบบที่ชัดเจน

จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า กรณีที่ 2 และ 4 ซึ่ง ใช้ค่ากำลังไฟฟ้า Demand ของผู้ใช้ไฟฟ้าแทนค่ากำลังไฟฟ้าพิกัดของผู้ใช้ไฟฟ้า ตามหลักการเมื่อใช้ค่ากำลังไฟฟ้า Demand ในการแบ่งสัดส่วนค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายนั้น จะทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าบางรายได้รับค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกเพิ่มขึ้น เช่น ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกของผู้ใช้ไฟฟ้า PM082671 บนสายป้อน PR412 และผู้ใช้ไฟฟ้าบางรายจะได้รับค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกลดลง เช่น ผู้ใช้ไฟฟ้า PM094753 PM116734 PM61656 เนื่องจากค่ากำลังไฟฟ้า Demand ของผู้ใช้ไฟฟ้า 3 รายนี้เมื่อเทียบกับค่ากำลังไฟฟ้าพิกัดต่ำกว่ามากดังนั้น ถึงแม้ว่าการแบ่งสัดส่วนค่าสามารถยอมรับฮาร์มอนิกโดยรวม มากขึ้นแต่ ไม่สามารถชดเชยค่ากำลังไฟฟ้า Demand ของผู้ใช้ไฟฟ้าที่ลดลงจากค่ากำลังไฟฟ้าพิกัดของผู้ใช้ไฟฟ้ามากกว่า

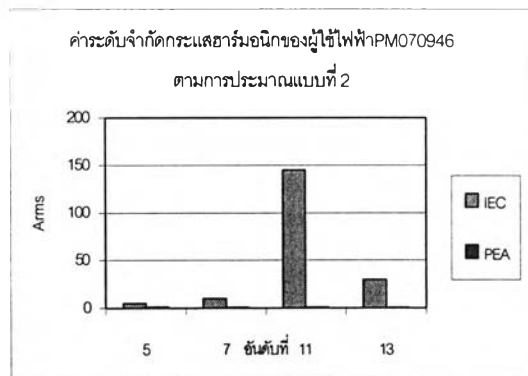
ข้อสรุปของการใช้ค่ากำลังไฟฟ้า Demand ของผู้ใช้ไฟฟ้ากล่าวคือ การแบ่งสัดส่วนแก่ผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละราย เหมาะสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายยิ่งขึ้น แต่มีข้อเสียเนื่องจากค่ากำลังไฟฟ้า Demand ของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายแต่ละเดือนไม่เท่ากัน ส่งผลให้ไม่สามารถกำหนดค่าบรรทัดฐานอย่างแน่นอน

5.5.4 การวิเคราะห์ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกของผู้ใช้ไฟฟ้ามีกำลังไฟฟ้าสูงสุดและน้อยสุดในระบบไฟฟ้าสำหรับกรณีที่ 1

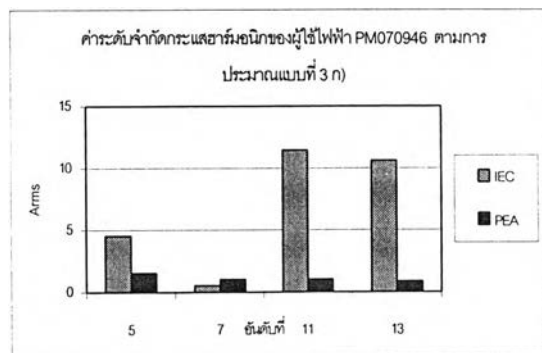
เปรียบเทียบวิเคราะห์ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกของผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้าพิกัดสูงสุด และน้อยสุดในระบบไฟฟ้ากับมาตรฐานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ได้ผลดังกราฟรูปที่ 5.33 และ 5.34



ก)



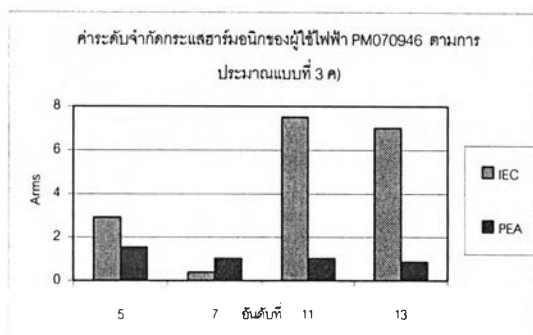
ข)



ค)

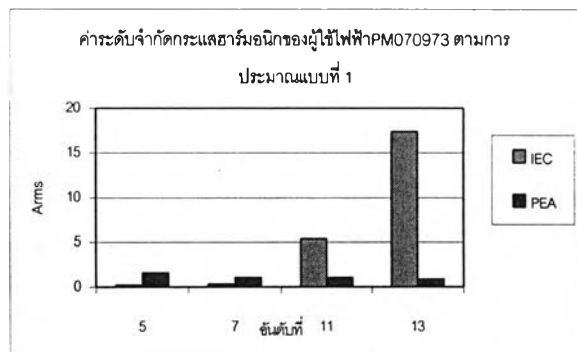


ง)

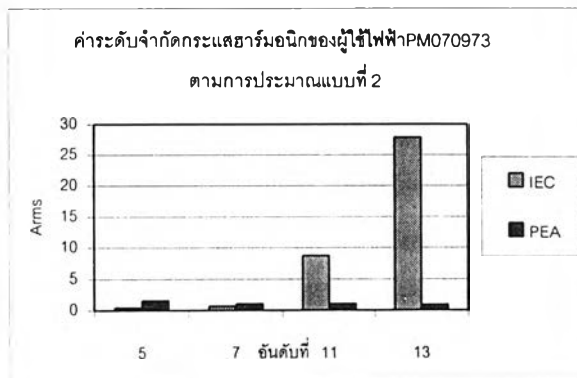


จ)

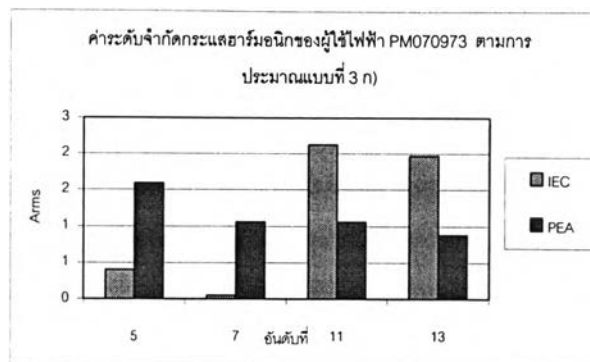
รูปที่ 5.33 ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกของผู้ใช้ไฟฟ้ามีกำลังไฟฟ้าพิกัดมากที่สุด



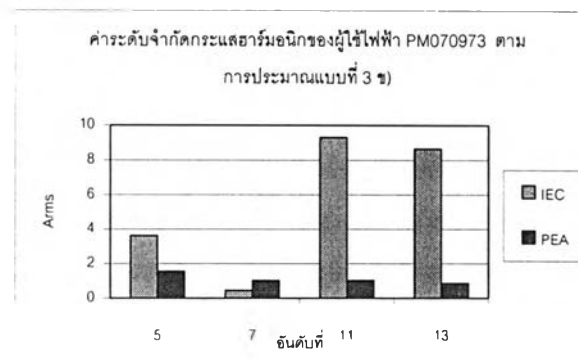
ก)



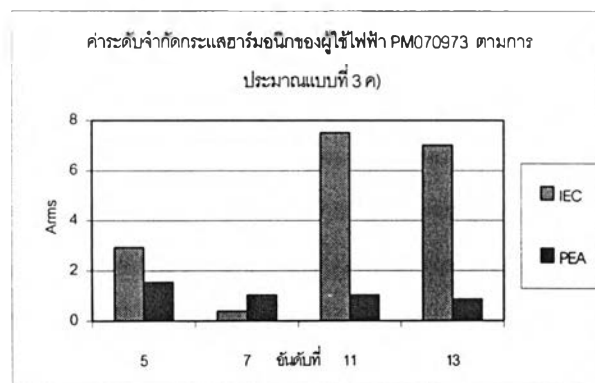
ข)



ค)



ง)



จ)

รูปที่ 5.34 ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกของผู้ใช้ไฟฟ้ามีกำลังไฟฟ้าที่กัदन้อยที่สุด

จากผลการวิเคราะห์ผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้ามากที่สุดจากรูปที่ 5.33 เห็นได้ชัดเจนว่าค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกอันดับที่ 5, 11 และ 13 ตามมาตรฐาน IEC มีค่ามากกว่าค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกตามมาตรฐานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคสำหรับค่าระดับจำกัดฮาร์โมนิกอันดับที่ 7 เนื่องจากค่าฮาร์โมนิกอิมพีแดนซ์มีผลกระทบของเรโซแนนซ์ มีผลให้ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกอันดับที่ 7 ตามมาตรฐาน IEC มีค่าน้อยกว่าค่าระดับจำกัดกระแสตามมาตรฐานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

จากผลการวิเคราะห์ผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้าน้อยที่สุดรูปที่ 5.34 สังเกตได้ว่าค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกอันดับที่ 5 และ 7 ตามวิธีการประมาณตามมาตรฐาน IEC มีค่าต่ำกว่าค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกตามมาตรฐานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เนื่องจากผลของเรโซแนนซ์ ยกเว้นผลการประมาณค่าตามวิธีการประมาณแบบที่ 3 ข) และ 3 ค) ที่ให้ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกอันดับที่ 5 สูงกว่า สำหรับค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์โมนิกอันดับที่ 11 และ 13 ตามมาตรฐาน IEC ทุกวิธีการประมาณจะมีค่าสูงกว่าค่าที่กำหนดโดยการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเนื่องจากอยู่ห่างอันดับฮาร์โมนิกที่เกิดเรโซแนนซ์