บทที่ 3

การประเมินค่าระดับจำกัดฮาร์มอนิกตามมาตรฐาน IEC

เนื่องจากการประเมินหาระดับจำกัดฮาร์มอนิกในระดับที่ 2 จากหัวข้อที่ 2.2.2 ต้องพิจารณาจากระบบโครงข่ายของระบบไฟฟ้าและความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายด้วย ซึ่งมีขั้นตอนที่ละเอียดและซับซ้อนดังนั้น มาตรฐาน IEC 1000-3-6 จึงได้แสดงตัวอย่างการคำนวณการประเมินสำหรับขั้นตอนที่ 2 เรียงลำดับดังต่อไปนี้

3.1 รูปแบบโครงข่ายระบบไฟฟ้าตัวอย่างและสมมติฐาน

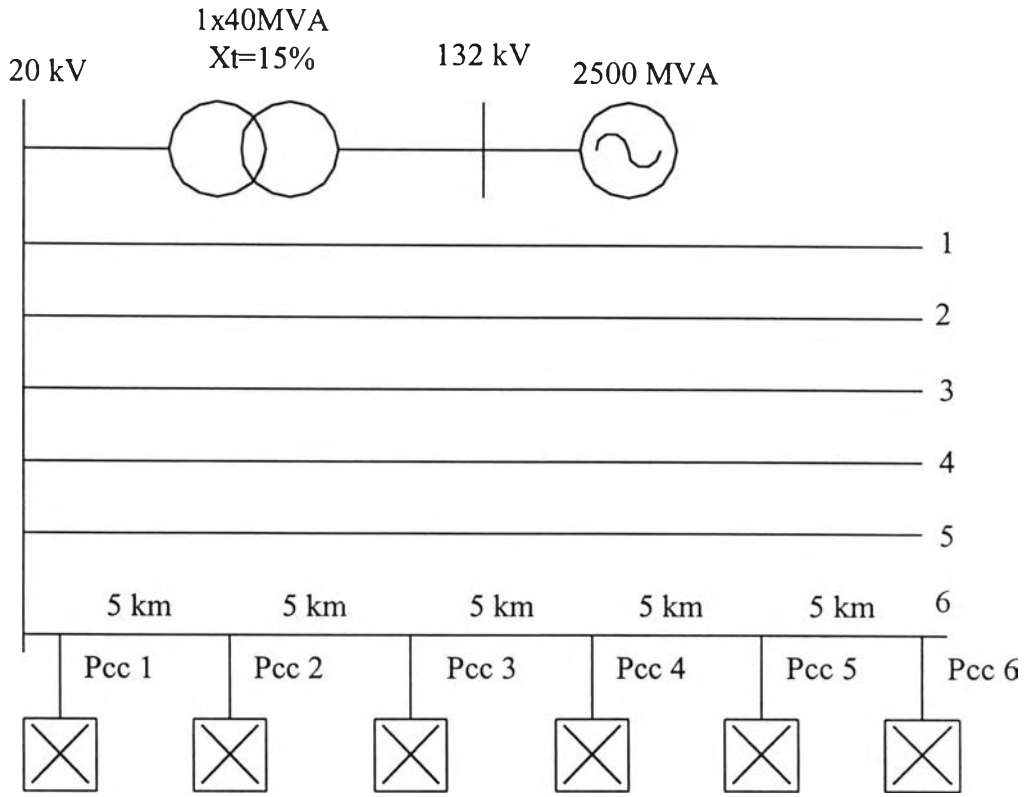
เพื่อการคำนวณที่ง่ายต่อการตรวจสอบด้วยการคำนวณด้วยมือ จึงได้ตั้งสมมติฐานของโครงข่ายและแบบจำลองอย่างง่ายดังนี้

-ทำการคำนวณเฉพาะ ฮาร์มอนิกอันดับที่ 5

-แบบจำลองของสายป้อนไม่มีอิมพีแดนซ์ต่อขนาน(เฟสลงดิน)

-คิดเฉพาะส่วนรีแอกตีฟของฮาร์มอนิกอิมพีแดนซ์ และ ค่าอิมพีแดนซ์เพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้นกับความถี่(ไม่มีสภาวะเรโซแนนซ์เกิดขึ้นในระบบ)

สำหรับระบบจำหน่ายตัวอย่างเป็นระบบแรงดัน 20 kV ซึ่งมีรูปโครงข่ายดังรูปที่ 3.1 ประกอบด้วย สายป้อน 20 kV จำนวน 6 สายแต่ละเส้นยาว 25 กิโลเมตร ซึ่งทั้งหมดถูกจ่ายจากหม้อแปลงแรงดันสูงเป็นแรงดันปานกลางมีกำลังไฟฟ้าปรากฏ 40 MVA การคำนวณกำลังไฟฟ้าที่สามารถจ่ายได้ในสภาวะอิ่มตัว ซึ่งสภาวะอิ่มตัวจะพิจารณาผลของ ค่าความสามารถในการทำงานเกินพิกัด(overload capacity) และ แฟคเตอร์การใช้งาน(Utilization factor)สูงสุดของหม้อแปลงด้วย ค่าความสามารถในการทำงานเกินพิกัดเท่ากับ 1.3 และ แฟคเตอร์การใช้งานสูงสุดเท่ากับ 0.85 ดังนั้นค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่หม้อแปลงจ่ายภาระได้จึงเท่ากับ 44 MVA (40x1.3x0.85 MVA)



รูปที่ 3.1 โครงข่ายระบบจำหน่ายแรงดัน 20 kV

การจัดสรรภาระไฟฟ้าระหว่างภาระแรงดันปานกลางกับแรงดันต่ำ ไม่มีหลักเกณฑ์ตายตัวการแน่นอนดังนั้นจึงสมมติว่า มีการใช้ภาระไฟฟ้าในระดับแรงดันปานกลางร้อยละ 40 ของกำลังไฟฟ้าที่หม้อแปลงจ่ายได้ และแรงดันต่ำร้อยละ 60 ของกำลังไฟฟ้าที่หม้อแปลงจ่ายได้ จึงได้กำลังไฟฟ้าที่จ่ายสู่ระบบแรงดันปานกลาง 18 MVA (S_{MV}=44x0.4 MVA =18 MVA) และแรงดันต่ำ 26 MVA (S_{LV}= 44x0.6 MVA =26 MVA)

จากรูปโครงข่ายมีผู้ใช้ไฟฟ้าจำนวน 6 รายซึ่งแต่ละรายมีโหลดขนาดเท่ากัน ต่อเชื่อมกับสายป้อนแต่ละชุดที่มีระยะห่างกัน 5 กิโลเมตร รวมมีผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 36 ราย ดังนั้นจะได้กำลังไฟฟ้าตกลงระหว่างผู้ใช้ไฟฟ้ากับผู้จ่ายไฟฟ้าเท่ากับ = 18/(6x6) MVA = 500 kVA

สำหรับค่าพารามิเตอร์อื่นของระบบ จากหัวข้อที่ 2.2.2.1.1 ,2.2.2.1.2 , 2.2.2.2.2 ได้สมมติค่าอ้างอิงจากรูปแบบไฟฟ้าระบบจำหน่ายของประเทศอิตาลีดังนี้

$$F_{ML} = 0.5 \; F_{MV} = 0.4 \; T_{HM} = 1$$

ค่าอิมพีแดนซ์ที่ความถี่มูลฐานของหม้อแปลงจ่ายไฟฟ้ารวมถึงระบบจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงที่บัสบาร์เท่ากับ 1.71 Ω ค่าอิมพีแดนซ์ที่ความถี่มูลฐานของสายป้อนเท่ากับ 0.35 Ω/km ดังนั้นค่าอิมพีแดนซ์ที่ความถี่มูลฐานที่เชื่อมแต่ละภาระผู้ใช้ไฟฟ้าซึ่งอยู่ห่างกัน 5 กิโลเมตร เท่ากับ

0.35x5=1.75 Ω เนื่องจากค่าอิมพีแดนซ์ที่ฮาร์มอนิกอันดับที่ 5 ซึ่งมีค่า 5 เท่าของค่าอิมพีแดนซ์ความถี่มูลฐาน เท่ากับ 1.75x5=8.75 Ω

สรุปค่าอิมพิแดนซ์ที่จุด PCC ของแต่ละผู้ใช้ไฟฟ้า ได้ผลการคำนวณดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ผลการคำนวณค่าอิมพีแดนซ์ที่จุด PCC ของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละสายป้อน หน่วย Ω

จุด PCC ที่	ระยะห่างจากสถานีจ่ายไฟฟ้า (ก.ม.)	อิมพีแดนซ์ความถี่มูลฐาน	ฮาร์มอนิคอิมพีแดนซ์ อันดับที่ 5
1	0	1.71	8.55
2	5	3.46	17.3
3	10	5.21	26.05
4	15	6.96	34.8
5	20	8.71	43.55
6	25	10.46	52.3

3.2 การคำนวณค่าระดับจำกัดการแพร่ฮาร์มอนิกของแต่ละผู้ใช้ไฟฟ้าประมาณแบบที่ 1

การคำนวณค่าระดับจำกัดแรงดันการแพร่เริ่มจากคำนวณจากสมการที่ 2.6,2.11 และหลังจากนั้นเปลี่ยนเป็นค่าจากค่าระดับจำกัดกระแสการแพร่ โดยนำอิมพีแดนซ์ที่จุด PCC นำไปหารค่าระดับจำกัดแรงดันการแพร่

ค่าความสามารถยอมรับแรงดันฮาร์มอนิกของภาระทั้งหมดประมาณแบบที่1ที่ฮาร์มอนิกอันดับที่ 5 เท่ากับร้อยละ 4 หลังจากนั้นแทนค่าในสมการที่ 2.6 โดยที่ค่า $\propto$ = 1.4 และ กำลังไฟฟ้าอนุญาตเท่ากับ 500 kVA ได้

$$E_{Uhi} = 4\%^{1.4}\sqrt{\frac{500}{44000}} = 0.163\% \qquad (3.1)$$

จากนั้นเปลี่ยนค่าจำกัดแรงดันฮาร์มอนิก เป็นค่าจำกัดกระแสฮาร์มอนิก โดยหารด้วยฮาร์มอนิกอิมพีแดนซ์อันดับที่ 5 ที่จุด PCC ของผู้ใช้ไฟฟ้าตามสมการที่ 3.2

$$E_{Ihi}\% = \left(\frac{E_{Uhi}\% \cdot 1000 \cdot U_N{}^2}{Z_h \cdot S_i}\right) \qquad (3.2)$$

ซึ่ง

E_{Ihi} ค่าจำกัดกระแสฮาร์มอนิกของผู้ใช้ไฟฟ้าที่ i อันดับฮาร์มอนิกที่ h(หน่วย %)

S_i กำลังไฟฟ้า(หน่วย โวลต์แอมป์)

U_N แรงดันฮาร์มอนิกปกติในระบบไฟฟ้า(หน่วย โวลต์)

Z_h อิมพีแดนซ์อันดับที่ h ที่จุด PCC ของผู้ใช้ไฟฟ้า

สำหรับภาระที่จุด PCC ที่ 1 แทนค่า Z_h = 8.55 Ω ได้

$$E_{Ihi}\% = \left(\frac{0.163\% \cdot 1000 \cdot 20^2}{8.55 \cdot 500}\right) = 15.2\% \qquad (3.3)$$

สำหรับภาระที่จุด PCC ที่ 6 แทนค่า Z_h = 52.3 Ω ได้

$$E_{Ihi}\% = \left(\frac{0.163\% \cdot 1000 \cdot 20^2}{52.3 \cdot 500}\right) = 2.5\% \qquad (3.4)$$

สรุปค่าจำกัดกระแสที่จุด PCC ของแต่ละผู้ใช้ไฟฟ้า ได้ผลการคำนวณดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ผลการคำนวณค่าจำกัดกระแสวิธีประมาณแบบที่ 1 ที่จุด PCC ของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายบนสายป้อนแต่ละชุด

จุด PCC ที่	ระยะห่างจาก สถานีจ่ายไฟฟ้า(ก.ม.)	E_{Ihi}(%)
1	0	15.2
2	5	7.55
3	10	5.0
4	15	3.75
5	20	3.0
6	25	2.5

3.3 การคำนวณค่าระดับจำกัดการแพร่ฮาร์มอนิกของแต่ละผู้ใช้ไฟฟ้าประมาณแบบที่ 2

เริ่มต้นการคำนวณด้วยการหาค่าความสามารถยอมรับแรงดันฮาร์มอนิกของภาระทั้งหมดประมาณแบบที่ 2 สำหรับฮาร์มอนิกอันดับที่ 5 ด้วยการแทนที่ค่าสมการที่ 2.10 ด้วยค่าระดับวางแผน L_{5HV} = 2% L_{5MV} = 5% ซึ่งนำมาจากตารางที่ 2.2 จึงได้ผลดังนี้

$$G_{hMV} = \sqrt[1.4]{\frac{18}{18+26\cdot 0.5}\cdot\left[5^{1.4}-(1\cdot 2)^{1.4}\right]} = 2.7\% \qquad (3.5)$$

คำนวณค่าระดับจำกัดแรงดันสำหรับภาระแรงดันปานกลางจากสมการที่ 2.12

$$E_{UhiMV} = 2.7\%\sqrt[1.4]{\frac{500}{18000\cdot F_{MV}}} \qquad (3.6)$$

สำหรับค่า F_{MV} เพื่อแสดงให้เห็นความแตกต่างของค่าระดับจำกัดแรงดันเมื่อแทนที่ค่า F_{MV} ดังนั้นจึงสมมติค่าF_{MV} มี 2 ค่าโดยเท่ากับ 1 และ 0.4 ตามลำดับ ได้ค่าระดับจำกัดแรงดันการแพร่ฮาร์มอนิก

-สำหรับ F_{MV} = 1 ได้ค่า E_{UhiMV} = 0.2%

-สำหรับ F_{MV} = 0.4 ได้ค่า E_{UhiMV} = 0.4%

เปลี่ยนแปลงค่าจำกัดแรงดันการแพร่ ให้อยู่ในรูปของค่าระดับจำกัดกระแส ซึ่งเป็นร้อยละของกระแสที่ผู้ใช้ไฟฟ้า(Agreed current)โดยใช้สมการที่ 3.2 สำหรับจุดภาระที่ 6 ที่ค่า Z_h = 52.3Ω เมื่อ F_{MV} = 1 ได้ค่าระดับจำกัดกระแสเท่ากับ

$$E_{IhiMV} = \left(\frac{0.2\% \cdot 1000 \cdot 20^2}{52.3 \cdot 500}\right) = 3.0\% \qquad (3.7)$$

เมื่อ F_{MV} = 0.4 ได้ค่าระดับจำกัดกระแสเท่ากับ

$$E_{IhiMV} = \left(\frac{0.4\% \cdot 1000 \cdot 20^2}{52.3 \cdot 500}\right) = 6.1\% \qquad (3.8)$$

สรุปค่าจำกัดกระแสที่จุด PCC ของแต่ละผู้ใช้ไฟฟ้า ได้ผลการคำนวณดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ผลการคำนวณค่าจำกัดกระแสวิธีประมาณแบบที่ 2 ที่จุด PCC ของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายบนสายป้อน แต่ละชุด

จุด PCC ที่	ระยะห่างจากสถานีจ่ายไฟฟ้า (ก.ม.)	E_{Ihi}(%) สำหรับ F_{MV}=1	E_{Ihi}(%) สำหรับ F_{MV}=0.4
1	0	18.7	15.2
2	5	9.25	18.5
3	10	6.15	12.3
4	15	4.6	9.2
5	20	3.7	7.35
6	25	3.0	6.1

3.4 การคำนวณค่าระดับจำกัดการแพร่ฮาร์มอนิกของแต่ละผู้ใช้ไฟฟ้าประมาณแบบที่ 3

การประมาณแบบที่ 3 จะเป็นตัวอย่างการคำนวณด้วยคิดถึงผลรูปแบบภาระที่เชื่อมต่อกระจายตามสายป้อนด้วยเหตุที่ ค่าระดับจำกัดโดยประมาณแบบที่ 1 และ 2 ได้ผลค่าจำกัด

กระแสค่อนข้างเข้มงวดสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่ต่ออยู่ไกลจากบัสบาร์ ซึ่งมีค่ากำลังไฟฟ้าลัดวงจรต่ำกว่าที่สถานีจ่ายไฟฟ้า

การคำนวณค่าความสามารถยอมรับแรงดันฮาร์มอนิกของภาระทั้งหมดของภาระไฟฟ้าแรงดันปานกลางใช้ค่าเดียวกับค่า ความสามารถยอมรับแรงดันฮาร์มอนิกของภาระทั้งหมดประมาณแบบที่2ซึ่งกล่าวแล้วในหัวข้อที่ 3.2

3.4.1 การนิยามกลุ่มฮาร์มอนิกไหลสู่สายป้อน

สำหรับในตัวอย่างนี้ จะนำกลุ่มฮาร์มอนิกไหลสู่สายป้อนทั้ง 3 กลุ่มอ้างอิงดังที่กล่าว ในหัวข้อที่ 2.2.2.2.3 โดยมีดังนี้

ก)กระแสฮาร์มอนิกไหลสู่สายป้อนคงที่

ข)กำลังไฟฟ้าฮาร์มอนิกไหลสู่สายป้อนคงที่

ค)กระแสฮาร์มอนิกไหลสู่สายป้อนแปรผกผันกับอิมพีแดนซ์ที่ตำแหน่ง PCC (หรือแรงดันฮาร์มอนิกคงที่)

ตารางที่ 3.4 ตารางแสดงค่ากระแสฮาร์มอนิกอ้างอิงสมมติ

จุด PCC ที่	K_{Zi}	กลุ่มกระแสฮาร์มอนิกอ้างอิง (A_{rms})		
		กลุ่ม ก)	กลุ่ม ข)	กลุ่ม ค)
1	1	1	1	1
2	2.02	1	0.703	0.494
3	3.05	1	0.575	0.328
4	4.07	1	0.496	0.246
5	5.09	1	0.443	0.196
6	6.12	1	0.404	0.163

3.4.2 การคำนวณหาค่าแรงดันฮาร์มอนิกตอบสนองของระบบไฟฟ้า

เทคนิคการหาค่าแรงดันฮาร์มอนิกตอบสนองของระบบไฟฟ้าประกอบด้วย 3 ขั้นตอน

-หาค่าแรงดันฮาร์มอนิกที่จุด PCC ที่ส่งผลมาจากแต่ละกลุ่มแหล่งกำเนิดกระแสฮาร์มอนิกสมมติ

-นำค่าแรงดันตอบสนองที่เกิดจากแหล่งกำเนิดกระแสฮาร์มอนิกสมมติ มารวมกันด้วยกฎการรวมดังที่กล่าวในหัวข้อที่ 2.1.4.2

-นำค่าแรงดันตอบสนองสูงสุดที่เกิดขึ้นบนจุด PCC นำมาใส่ในตัวแปร D_{Uh} ซึ่งนำไปคำนวณในหัวข้อถัดไป

เพื่อแสดงตัวอย่างการคำนวณ ขอยกการคำนวณหาแรงดันตอบสนองที่จุด PCC ที่ 6 ที่เกิดจากภาระสมมติไหลเข้าระบบจากจุด PCC ที่ 3 โดยใช้กลุ่มฮาร์มอนิกสมมติกลุ่ม ข) กำลังไฟฟ้าฮาร์มอนิกไหลสู่สายป้อนคงที่

ค่าแหล่งกระแสสมมติของจุดที่ 3 จากตารางที่ 3.4

$$I_{5i3} = 0.575\ A_{rms} \quad (3.9)$$

เนื่องจากฮาร์มอนิกอิมพีแดนซ์ที่จุด PCC ที่ 5 จากตารางที่ 3.1

$$Z_5 = 26\ \Omega \quad (3.10)$$

จึงได้แรงดันตอบสนองเท่ากับ

$$U_5\% = \frac{0.575 \cdot 26}{20000/\sqrt{3}} \cdot 100 = 0.129\% \quad (3.11)$$

เนื่องจากสายป้อนไม่มีอิมพีแดนซ์ขนานตามสมมติฐานที่ได้ตั้งไว้ ดังนั้นแรงดันที่เกิดจากผลของภาระสมมติ PCC ที่ 3 มีค่าเท่ากันทั้งจุด PCC ที่ 3, 4, 5, 6 สำหรับจุดที่ 1,2 แรงดันฮาร์มอนิกลดลงตามส่วนของฮาร์มอนิกอิมพีแดนซ์

คำนวณค่าแรงดันฮาร์มอนิกตอบสนองโดยใช้เทคนิคเดียวกัน คำนวณทุกจุดภาระแรงดันได้ผลลัพท์ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 แรงดันฮาร์มอนิกตอบสนองเมื่อใช้กลุ่มฮาร์มอนิกสมมติกำลังไฟฟ้าคงที่

จุด PCC ที่	กระแสไหลเข้า Arms	ผลแรงดันที่เกิดจากฮาร์มอนิกภาระสมมติไหลเข้าระบบของฮาร์มอนิกอันดับที่ 5(%)							แรงดันรวมที่จุด PCC[1)]
		5 สายป้อนอื่น	ภาระที่ 1	ภาระที่ 2	ภาระที่ 3	ภาระที่ 4	ภาระที่ 5	ภาระที่ 6	
1	1	0.518	0.074	0.052	0.042	0.037	0.033	0.030	0.590
2	0.703	0.518	0.074	0.105	0.086	0.074	0.066	0.061	0.667
3	0.573	0.518	0.074	0.105	0.129	0.112	0.100	0.091	0.731
4	0.496	0.518	0.074	0.105	0.129	0.149	0.134	0.122	0.780
5	0.443	0.518	0.074	0.105	0.129	0.149	0.167	0.152	0.812
6	0.404	0.518	0.074	0.105	0.129	0.149	0.167	0.183	0.828

[1)]ตัวอย่างแรงดันรวมที่จุด PCC ที่ 6 ที่เกิดจากผลรวมของผลแรงดันที่เกิดฮาร์มอนิกสมมติของแต่ละภาระ คำนวณโดยใช้กฎการรวมจากหัวข้อที่ 2.1.4.2

:$D_{u5pcc6}=(0.518^{1.4}+0.074^{1.4}+0.105^{1.4}+0.129^{1.4}+0.149^{1.4}+0.167^{1.4}+0.183^{1.4})^{1/1.4}= 0.828\%$

จากผลการคำนวณได้แสดงเห็นว่าเกิดระดับความเพี้ยนสูงสุด จุด PCC ที่ 6 เกิดจากฮาร์มอนิกตอบสนองสังเคราะห์สูงสุดเกิดขึ้นในระบบโครงข่ายไฟฟ้าตัวอย่าง ดังนั้นค่า D_{Uh} = 0.828%

3.4.3 การคำนวณค่าระดับจำกัดกระแส

สำหรับการคำนวณค่าระดับจำกัดกระแสโดยใช้กรณีกลุ่มฮาร์มอนิก ข)กำลังไฟฟ้าคงที่ โดยใช้สมการที่ 2.15 ซึ่งนำมาจากหัวข้อที่ 2.2.2.2.3

$$E_{IhiMV} = \left(\frac{1\text{Ar.m.s.}}{\sqrt{K_{Zi}}}\right)\left(\frac{G_{hMV}}{D_{Uh}}\right)\left(\frac{1}{\sqrt[\alpha]{F_{MV}}}\right) \qquad (3.12)$$

$$E_{IhiMV}(\%) = 100 \cdot \frac{E_{IhiMV}}{S_i/(\sqrt{3}\cdot U_N)} \qquad (3.13)$$

ตัวอย่างการคำนวณค่าระดับจำกัดกระแสสำหรับภาระที่ต่อกับจุด PCC ที่ 6 โดยที่ G_{hMV}=2.7% , D_{Uh}=0.828% , K_{Zi}=6.12 ได้ผลลัพท์

สำหรับ F_{MV} = 1 ได้ค่าระดับจำกัดกระแสเท่ากับ

$$E_{IhiMV} = \left(\frac{2.7\%}{0.828\%\cdot\sqrt{6.12}\sqrt[1.4]{1}}\right) = 1.32A_{rms} \qquad (3.14)$$

และ

$$E_{IhiMV}\% = 100\cdot\left(\frac{1.32}{500/(\sqrt{3}\cdot 20)}\right) = 9.15\% \qquad (3.15)$$

สำหรับ F_{MV} = 0.4 ได้ค่าระดับจำกัดกระแสเท่ากับ

$$E_{IhiMV} = \left(\frac{2.7\%}{0.828\%\cdot\sqrt{6.12}\sqrt[1.4]{0.4}}\right) = 2.53A_{rms} \qquad (3.16)$$

และ

$$E_{IhiMV}\% = 100\cdot\left(\frac{2.53}{500/(\sqrt{3}\cdot 20)}\right) = 17.6\% \qquad (3.17)$$

สรุปค่าจำกัดกระแสที่จุด PCC ของแต่ละผู้ใช้ไฟฟ้าอื่น ซึ่งใช้วิธีการคำนวณเดียวกับตัวอย่างข้างต้น ได้ผลการคำนวณดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ผลการคำนวณค่าจำกัดกระแสวิธีประมาณแบบที่ 3 ข) ที่จุด PCC ของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละสายป้อน หน่วย % ของกระแสภาระของแต่ละผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้าอนุญาต = 500 kVA

จุด PCC ที่	ระยะห่างจาก สถานีจ่ายไฟฟ้า (ก.ม.)	E_{Ihi}(%) สำหรับ F_{MV}=1%	E_{Ihi}(%) สำหรับ F_{MV}=0.4%
1	0	22.6	43.5
2	5	15.9	30.6
3	10	12.9	24.9
4	15	11.2	21.5
5	20	10.0	19.3
6	25	9.15	17.6

สำหรับการประยุกต์การเทคนิคคำนวณดังตัวอย่างข้างต้นสำหรับกลุ่มฮาร์มอนิกสมมติอื่น ในกรณีกลุ่ม ก) กระแสฮาร์มอนิกไหลสู่สายป้อนคงที่ให้แทนที่ K_{Zi} = 1 และสำหรับ กลุ่ม ค) กระแสฮาร์มอนิกไหลสู่สายป้อนแปรผกผันกับอิมพีแดนซ์ที่ตำแหน่งPCC ให้แทนที่ $\sqrt{K_{Zi}}$ ด้วย K_{Zi} ในสมการของตัวอย่างข้างบนดังกล่าว

การคำนวณค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกด้วยการประมาณแบบที่ 3 สำหรับกรณีที่กำลังไฟฟ้าตกลงผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายที่มีค่าแตกต่างกัน สามารถใช้ค่าระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกจากระบบไฟฟ้าอ้างอิงที่กำลังไฟฟ้าตกลงของผู้ใช้ไฟฟ้า เท่ากับ 500 kVA เท่ากันทั้งหมดเป็นเกณฑ์อ้างอิง โดยนำสมการที่ 2.20 และ 2.21 มาประยุกต์

3.5 บทสรุปผลการคำนวณ

ผลการคำนวณที่ได้จากตัวอย่างสามารถสรุปเปรียบเทียบ 3 วิธีการประเมินค่าระดับจำกัดที่แตกต่าง ในตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7ผลสรุปการคำนวณ ทั้ง 3 วิธีการประเมิน

วิธีการ ประเมินค่าระดับจำกัด		ระดับจำกัดกระแสฮาร์มอนิกอันดับที่ 5 [1)]			
		F_{MV} = 1.0		F_{MV} = 0.4	
ตำแหน่งบนสายป้อน		จุดที่ 1	จุดที่ 6	จุดที่ 1	จุดที่ 6
การประมาณแบบที่ 1		15.2	2.5		
การประมาณแบบที่ 2		18.7	3.0	37.4	6.1
การประมาณแบบที่ 3	ก)กระแสฮาร์มอนิกไหลสู่สายป้อนคงที่	12.4	12.4	23.9	23.9
	ข)กำลังไฟฟ้าฮาร์มอนิกไหลสู่สายป้อนคงที่	22.6	9.15	43.5	17.6
	ค)กระแสฮาร์มอนิกไหลสู่สายป้อนแปรผกผันกับอิมพีแดนซ์ที่ตำแหน่งPCC	35.7	5.8	68.7	11.2
[1)]% ของกระแสภาระของแต่ละผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้าอนุญาต = 500 kVA					

สำหรับการประมาณที่ 1 กรณีอย่างง่าย สมมติฐานว่ามีภาระไฟฟ้าทางแรงดันต่ำและปานกลางความผิดเพี้ยนในระยะเวลาเดียวกัน (สรุปอย่างเป็นนัย F_{ML} และ F_{MV} สมมติว่า เท่ากับ 1.0) จึงส่งให้ค่าระดับจำกัดที่อนุญาตค่อนข้างต่ำ และ ไม่ได้นำความสามารถดูดซับฮาร์มอนิกของระบบมาใช้เต็มที่

สำหรับการประมาณที่ 2 ตั้งสมมติฐานว่าภาระไฟฟ้าผิดเพี้ยนทางแรงดันต่ำและปานกลาง ไม่ใช่พร้อมกัน (สำหรับกรณีนี้ F_{ML} เท่ากับ 0.5) ดังนั้น ค่าระดับจำกัดกระแสสำหรับระบบแรงดันปานกลางจึงสูงขึ้นกว่าการประมาณที่ 1 นอกจากนั้น ยังพิจารณาผลของความพร้อมเพรียงกันของภาระผิดเพี้ยนในระบบแรงดันปานกลาง เห็นได้ว่าค่าระดับจำกัดกระแสอนุญาตสำหรับ F_{MV} =0.4 เพิ่มขึ้น 1.92 สรุปได้ว่าค่าปัจจัยการใช้งานพร้อมกันของภาระผิดเพี้ยนส่งผลต่อค่าระดับจำกัด

สำหรับการประมาณที่ 3 พิจารณาผลตอบสนองจริงของระบบซึ่งบ่งชี้จากแฟคเตอร์แรงดันความผิดเพี้ยน D_{Uh} ซึ่งวิธีดังกล่าวเกิดทำให้มีค่าอนุญาตการแพร่มากขึ้น โดยคำนึงระดับการรับความผิดเพี้ยน สำหรับการเลือกชนิดกลุ่มฮาร์มอนิกไหลสู่ระบบก็สำคัญ ดังได้กล่าวในหัวข้อที่ 2.2.2.2.3 จากผลแสดงให้เห็นว่า การใช้กลุ่มฮาร์มอนิกสมมติกำลังฮาร์มอนิกคงที่ทำให้ประนีประนอมระหว่างการใช้ประสิทธิภาพการดูดซับความผิดเพี้ยนของระบบและค่าระดับจำกัดไม่เข็มงวดเกินไป