บทที่ 5

คู่มือการใช้โปรแกรม

5.1 บทนำ

เนื่องจากโปรแกรมHARMONICมีความสลับซับซ้อนมาก ผู้ที่ต้องการใช้โปรแกรมควรทราบวิธีการใช้มิฉะนั้นอาจไม่สามารถใช้โปรแกรมนี้ได้ หรืออาจได้คำตอบที่ไม่ถูกต้อง บทนี้จะกล่าวถึงวิธีการใช้โปรแกรมเปรียบเสมือนคู่มือการใช้ ภายในมีรายละเอียดปลีกย่อยมากมายซึ่งผู้ใช้ควรทราบ คู่มือการใช้โปรแกรม HARMONIC มี 3 ส่วนดังนี้

- การเตรียมข้อมูล (Data Preparation)
- การแปลความหมายผลลัพธ์ที่ได้ (Output Interpretation)
- การหาคำตอบใหม่เมื่อคอนเวอร์จยาก (Resolution of Convergence Difficulty)

การเก็บข้อมูล ทำโดยพิมพ์ลงในไฟล์ (File) ชื่อ DATA.TXT พิมพ์ลงไปตามคอลัมน์คล้ายกับการเจาะบัตร (Card) โปรแกรมจะอ่านข้อมูลตามฟอร์แมตและทำงานตามรหัสควบคุม

5.2 การเตรียมข้อมูล (Data Preparation)

การเตรียมข้อมูลให้กับโปรแกรม Harmonic เป็นสิ่งที่สำคัญมาก ผู้ใช้ควรตระหนักถึงข้อนี้ มิฉะนั้นผลลัพธ์ที่ได้อาจผิดพลาด รายละเอียดของข้อมูลมีดังนี้

- ฐานหนึ่งหน่วย (Per Unit Base)

- ชนิดของข้อมูลเข้า (Input Data Type)
- รายละเอียดของข้อมูลเข้า (Description of Input Data)

5.2.1 ฐานหนึ่งหน่วย (Per Unit Base)

ข้อมูลเข้าและออก(Input and Output Data) ส่วนมากจะเป็นหนึ่งหน่วย (Per Unit) ข้อมูลหนึ่งหน่วยนี้อยู่ในรูปเปอร์เซ็นต์ (100% = 1 pu) แต่มีข้อมูลบางชนิดไม่เป็นแบบนั้นได้แก่

- ตำแหน่งแทปของหม้อแปลง(Transformer Tap Positions) แสดงเป็น pu แต่ไม่เป็นเปอร์เซ็นต์ ตำแหน่งแทปหม้อแปลงระบุ (Nominal Transformer Tap Position) มีค่าเป็น 1.000
- มุมแสดงในหน่วยองศา

การกำหนดฐาน (Base)

- แรงดันในระบบกระแสสลับใช้แรงดันพิกัด (Rated Voltage) เป็นฐาน
- สำหรับในระบบกระแสตรง การทำเป็นระบบหนึ่งหน่วยดูในภาคผนวก จ

ในโปรแกรม Harmonic จะใช้ฟอร์แมต P ในการเลื่อนจุดทศนิยมเพื่อทำเป็นระบบหนึ่งหน่วย

5.2.2 ชนิดของข้อมูลเข้า (Input Data Types)

การป้อนข้อมูลเข้าจะแบ่งตามรหัสควบคุม (Control Code) 8 หมายเลข หน้าที่ของแต่ละรหัสควบคุมมีดังนี้

- รหัสควบคุม 1 อ่านและพิมพ์ชื่อระบบไฟฟ้า
- รหัสควบคุม 2 อ่านและพิมพ์จุดประสงค์การใช้โปรแกรม
- รหัสควบคุม 3 อ่านข้อมูลของบัสเพื่อใช้คำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าที่ความถี่หลักมูล
- รหัสควบคุม 4 อ่านข้อมูลของสายส่งและหม้อแปลง และตรวจสอบความต่อเนื่องของข่ายวงจร (Network Continuity)
- รหัสควบคุม 5 หาคำตอบการไหลของกำลังไฟฟ้า
- รหัสควบคุม 6 อ่านข้อมูลเพิ่มเติมสำหรับบัสไม่เชิงเส้นแบบที่ 1
- รหัสควบคุม 7 อ่านข้อมูลเพิ่มเติมสำหรับบัสไม่เชิงเส้นแบบที่ 2
- รหัสควบคุม 8 จบโปรแกรม

5.2.3 รายละเอียดของข้อมูลเข้า (Description of Input Data)

ข้อมูลเข้ากำหนดโดยรหัสควบคุม (Control Codes) 8 หมายเลขดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ต่อไปนี้จะอธิบายถึงรายละเอียดในแต่ละรหัสควบคุม

5.2.3.1 รหัสควบคุม 1 (Input Control Code 1)

รหัสควบคุม 1 ใช้ฟอร์แมต I4 ทำหน้าที่อ่านชื่อเรื่องและพิมพ์ออกมา รหัสนี้อ่านเมื่อใดก็ได้

5.2.3.2 รหัสควบคุม 2 (Input Control Code 2)

รหัสควบคุม 2 ใช้ฟอร์แมต I4 ทำหน้าที่อ่านจุดประสงค์การใช้โปรแกรมและพิมพ์ออกมา รหัสนี้อ่านเมื่อใดก็ได้

5.2.3.3 รหัสควบคุม 3 (Input Control Code 3)

รหัสควบคุม 3 ทำหน้าที่อ่านข้อมูลของบัส รหัสควบคุม 3 ต้องอ่านก่อน 4,5,6,7และ 8 โดยใช้ฟอร์แมต I4 รายละเอียดการเก็บข้อมูลในไฟล์ดูได้จากตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1

รายละเอียดการเก็บข้อมูลของรหัสควบคุม 3

คอลัมน์ที่	ฟอร์แมต	ความหมาย
1-4	I4	เลขที่บัส
5-16	A12	ชื่อบัส
17	I1	ชนิดของบัส (Bus Type)
18	I1	ชนิดย่อยของบัส (Bus Sub-type)
19-26	F8.0	กำลังไฟฟ้าแอกทีฟที่จ่าย (%)
27-34	F8.0	โวลต์แอมแปร์รีแอกทีฟที่จ่าย (%)
35-42	F8.0	โวลต์แอมแปร์เสมือน (%)
43-50	F8.0	กำลังไฟฟ้าแอกทีฟของโหลด (%)
51-58	F8.0	โวลต์แอมแปร์รีแอกทีฟของโหลด (%)
59-68	F8.1	แรงดันบัสควบคุม (%)
67-74	F8.0	โหลดคะแปซิเตอร์หรืออินดักเตอร์แบบชันต์ (%)
75	I1	แบบการต่อคะแปซิเตอร์หรืออินดักเตอร์แบบชันต์

1. เลขที่บัส (Bus Number)

เลขที่บัสจะเป็นจำนวนเต็มบวกตั้งแต่ 1 จนถึง จำนวนที่กำหนดไว้ในตัวแปร MBHUSE ในที่นี้คือ 100 แต่เลขบัสภายในจะย่อ (Compressed) ให้ไม่เกินจำนวนบัสสูงสุดของโปรแกรมตามตัวแปร MAXNB ในที่นี้คือ 20

2. ชื่อบัส (Busname)

สามารถตั้งชื่อบัสได้ไม่เกิน 12 ตัวอักษร

3. ชนิดของบัส (Bus Type)

ชนิดของบัสกำหนดตามเลขจำนวนเต็มดังนี้

เลข 0 หมายถึง บัสความถี่หลักมูล

เลข 1 หมายถึง บัสเครื่องแปลงผันที่ไม่มีแหล่งจ่ายแรงดันกระแสตรงหรือบัสเครื่องแปลงผันแบบพาสซีฟ

เลข 2 หมายถึง บัสเครื่องแปลงผันที่มีแหล่งจ่ายแรงดันกระแสตรงหรือบัสเครื่องแปลงผันแบบแอกทีฟ

4. ชนิดย่อยของบัส (Bus Sub-type)

ชนิดย่อยของบัส กำหนดตามเลขจำนวนเต็มดังนี้

เลข 1 หมายถึง สวิงบัสที่ความถี่หลักมูล มีเพียง 1 บัสเท่านั้น (SB)

เลข 2 หมายถึง บัสควบคุมแรงดัน (PV)

เลข 3 หมายถึง บัสความถี่หลักมูลอื่นๆ (PQ)

เลข 4 หมายถึง บัสไม่เชิงเส้นที่กำหนดกำลังไฟฟ้าจริงและโวลต์แอมแปร์เสมือน (PS)

เลข 5 หมายถึง บัสไม่เชิงเส้นที่กำหนดไฟฟ้าจริงและมุมประวิง(Delay Angle)(Pα)

เลข 6 หมายถึง บัสไม่เชิงเส้นที่กำหนดแหล่งจ่ายแรงดันกระแสตรงและมุมประวิง(Eα)

เพื่อความสะดวกอาจสรุปเป็นตารางดังนี้

ตารางที่ 5.2

ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของบัสและชนิดย่อยของบัส

ชนิดของบัส (Bus Type)	ชนิดย่อยของบัส (Bus Sub-type)
บัสความถี่หลักมูล	SB ,PV ,PQ
บัสเครื่องแปลงผันแบบพาสซีฟ	PQ ,PS ,Pα
บัสเครื่องแปลงผันแบบแอกทีฟ	PQ ,PS ,Pα ,Eα

5. <u>กำลังไฟฟ้าแอกทีฟที่จ่าย</u> (Active Power Generation = P GEN)

กำลังไฟฟ้าแอกทีฟที่จ่ายที่บัสไม่เชิงเส้นต้องไม่เป็นลบ บัสชนิด 1(เครื่องแปลงผันแบบพาสซีฟ) จะไม่มีค่านี้ เครื่องแปลงผันที่ผลิตกำลังไฟฟ้าเรียกว่าอินเวอร์เตอร์ (Inverter) และกำลังไฟฟ้าแอกทีฟจะอยู่ในรูปเปอร์เซนต์

6. <u>โวลต์แอมแปร์รีแอกทีฟที่จ่าย</u> (Reactive Voltampere Generation= Q GEN)

โวลต์แอมแปร์รีแอกทีฟที่จ่ายที่บัสไม่เชิงเส้นต้องไม่เป็นบวก และอยู่ในรูปเปอร์เซนต์

7. <u>โวลต์แอมแปร์เสมือน</u> (Apparent Voltampere = S)

โวลต์แอมแปร์เสมือนต้องกำหนดไว้เฉพาะชนิดย่อยของบัสที่ 4 (บัส PS) เครื่องหมายของมันไม่สำคัญ แต่จะคอนเวอร์จยากถ้าตัวประกอบกำลังของเครื่องแปลงผัน $\frac{P}{S}$ เกินช่วง 0.5-0.95 โวลต์แอมแปร์เสมือนอยู่ในรูปเปอร์เซนต์

8. <u>กำลังไฟฟ้าแอกทีฟของโหลด</u> (Active Power Load = P LOAD)

ที่บัสไม่เชิงเส้นกำลังไฟฟ้าแอกทีฟของโหลดต้องไม่เป็นลบและเราไม่สามารถกำหนดการจ่ายและโหลด(Generation and Load) พร้อมกันทั้งคู่ได้ เครื่องแปลงผันซึ่งรับกำลังไฟฟ้าเข้ามาจะเรียกเครื่องเรียงกระแส(Rectifier) กำลังไฟฟ้าแอกทีฟของโหลดอยู่ในรูปเปอร์เซนต์

9. <u>โวลต์แอมแปร์รีแอกทีฟของโหลด</u> (Reactive Voltampere Load = Q LOAD)

โวลต์แอมแปร์รีแอกทีฟของโหลดที่บัสไม่เชิงเส้นต้องไม่เป็นลบ และไม่สามารถ

กำหนดการจ่ายและโหลดพร้อมกันทั้งคู่ได้ ที่โหลดบัสความถี่หลักมูล (Fundamental Load Bus) ผลรวมของโวลต์แอมแปร์รีแอกทีฟของโหลดจะมี 2 ส่วน คือ

- Q_{load} คือความต้องการกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟของโหลด(Reactive Power Demand of the Load) โดยปกติใช้ในการไหลของกำลังไฟฟ้าแบบดั้งเดิม
- Q คือ โหลดคะแปซิเตอร์หรือรีแอกเตอร์แบบชันต์

ค่า Q จะถือเป็นโวลต์แอมแปร์รีแอกทีฟของโหลด นั่นคืออยู่คอลัมน์ที่ 51-58 แต่ค่า Q ไม่ถือเป็นโวลต์แอมแปร์รีแอกทีฟของโหลด แต่จะอยู่คอลัมน์ที่ 67-74

10. <u>แรงดันบัสควบคุม</u> (Controlled Bus Voltage)

ค่าแรงดันที่ป้อนเป็นค่าแรงดันของบัส PV ซึ่งอยู่ในรูปเปอร์เซนต์ของแรงดันฐาน (Base Voltage) โดยปกติค่านี้เป็นค่าแรงดันของบัสที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่ออยู่

11. <u>โหลดคะแปซิเตอร์หรือรีแอกเตอร์แบบชันต์</u> (Shunt Capacitor or Reactor Load)

โหลดคะแปซิเตอร์หรือรีแอกเตอร์แบบชันต์ อยู่ในรูปหนึ่งหน่วยของวาร์ (Per Unit VAr) โดยสมมต์แรงดันที่ป้อนเป็น 100% ค่านี้ต้องคำนึงถึงทิศทางด้วยคือ

- สำหรับคะแปซิเตอร์ โวลต์แอมแปร์รีแอกทีฟมีค่าลบ
- สำหรับอินดักเตอร์ โวลต์แอมแปร์รีแอกทีฟมีค่าบวก

12. <u>แบบการต่อคะแปซิเตอร์หรือรีแอกเตอร์แบบชันต์</u> (Shunt Capacitor or Reactor Connection Type)

ข้อมูลนี้ใช้เมื่อต้องการพิจารณาลำดับศูนย์ (Zero Sequence) โดยใส่เลข 0 หรือ 1 สำหรับการต่อแบบกราวด์วาย (Grounded Wye Connection)

5.2.3.4 รหัสควบคุม 4 (Input Control Code 4)

รหัสควบคุม 4 ทำหน้าที่อ่านข้อมูลของสายส่ง , หม้อแปลง , และอิมพีแดนซ์ที่ต่อไปนิวตรัล (Impedance Ties to Neutral) รหัสควบคุม 4 ต้องอ่านตามหลังรหัสควบคุม 3 และอ่านหน้ารหัสควบคุม 5 โดยใช้ฟอร์แมต I4 รายละเอียดการเก็บข้อมูลในไฟล์ดูได้จากตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3

รายละเอียดการเก็บข้อมูลของรหัสควบคุม 4

คอลัมน์ที่	ฟอร์แมต	ความหมาย
1-4	I4	บัสต้นทาง
5-8	I4	บัสปลายทาง
9-16	F8.2	ความต้านทานลำดับบวก ($R^{(+)}$) (%)
17-24	F8.2	ความเหนี่ยวนำลำดับบวก ($X^{(+)}$)(% ที่ 50 Hz)
25-32	F8.2	ประจุสายลำดับบวก (%)
33-40	F8.2	ความต้านทานลำดับศูนย์ ($R^{(0)}$) (%)
41-48	F8.2	ความเหนี่ยวนำลำดับศูนย์ ($X^{(0)}$)(% ที่ 50 Hz)
49-56	F8.2	ประจุสายลำดับศูนย์ (%)
57-62	F6.3	ขั้วต่อหม้อแปลง
63	I1	แบบการต่อหม้อแปลง
64	I1	แบบการต่อองค์ประกอบชันต์อิมพีแดนซ์
65	I1	องค์ประกอบชันต์อิมพีแดนซ์ที่ใช้เฉพาะฮาร์มอนิก

1. <u>บัสต้นทาง,บัสปลายทาง</u> (From Bus , To Bus)

ข้อมูลเป็นจำนวนเต็มบวก เพื่อบอกว่าเริ่มต้นจากบัสเท่าไรและไปยังบัสเท่าไร ถ้าตัวเลขเป็นศูนย์จะแสดงถึงอิมพีแดนซ์ที่ต่อไปนิวตรัล

2. <u>อิมพีแดนซ์ลำดับบวก</u> (Positive Sequence Impedance)

ข้อมูลเป็นความต้านทานและความเหนี่ยวนำอนุกรมลำดับบวก (Positive Sequence Series Resistance and Reactance) หรือ $R^{(+)}$ และ $X^{(+)}$ โดยที่ $X^{(+)}$ ใช้ความถี่ 50 Hz เป็นฐาน ค่าอิมพีแดนซ์นี้จะใช้ทั้งลำดับบวกและลบ

3. <u>ประจุสายลำดับบวก</u> (Positive Sequence Line Charging)

ข้อมูลของประจุสายลำดับบวกจะใช้แรงดัน 100% ความถี่ 50 Hz เป็นฐาน ครึ่งหนึ่งของมันจะเป็นค่าอิมพีแดนซ์ที่ต่อกับนิวตรัล ค่านี้มีเครื่องหมายกำกับ คือถ้าเป็นบวกจะเป็นคะแปซิเตอร์ ถ้าเป็นลบจะเป็นอินดักเตอร์ ค่านี้แทนด้วย Q

4. <u>อิมพีแดนซ์ลำดับศูนย์</u> (Zero Sequence Impedance)

ข้อมูลจะเป็นตัวต้านทานและความเหนี่ยวนำอนุกรมลำดับศูนย์ หรือ $R^{(0)}$ และ $X^{(0)}$ โดยที่ $X^{(0)}$ ใช้ความถี่ 50 Hz เป็นฐาน สำหรับหม้อแปลงที่มีนิวตรัลรีแอกเตอร์ (Neutral Reactors) หรือ Z_n จะต้องรวมค่า $3Z_n$ กับอิมพีแดนซ์ลำดับศูนย์ด้วย

5. <u>ประจุสายลำดับศูนย์</u> (Zero Sequence Line Charging)

ข้อมูลนี้จะใช้ฐานและมีเครื่องหมายกำกับเช่นเดียวกับประจุสายลำดับบวก ค่านี้จะแทนด้วย Q

6. แทปหม้อแปลง (Transformer Tap)

ข้อมูลอยู่ในรูปหนึ่งหน่วย ปริมาณ 1.00 แสดงถึงหม้อแปลงที่มีแทประบุ (Nominal Tap)

7. แบบการต่อหม้อแปลง (Transformer Connection Type)

ข้อมูลนี้ใช้เมื่อคิดผลของลำดับศูนย์ แบบการต่อหม้อแปลงเป็นไปตามตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4

แบบการต่อหม้อแปลง

ตัวเลขแสดงแบบการต่อหม้อแปลง	บัสต้นทาง	บัสปลายทาง
0 หรือ 1	GY	GY
2	GY	Y
3	Y	GY
4	Y	Y
5	Δ	Δ
6	GY	Δ
7	Y	Δ
8	Δ	GY
9	Δ	Y

โดยที่ GY = แบบวายมีสายดิน (Grounded Wye)

Y = แบบวายไม่มีสายดิน (Ungrounded Wye)

Δ = เดลตา (Delta)

8. <u>แบบการต่อองค์ประกอบชันต์อิมพีแดนซ์</u> (Shunt Impedance Element Connection Type)

ข้อมูลนี้ใช้เมื่อคิดผลของลำดับศูนย์ โดย

- กรณี การต่อแบบวายมีสายดิน จะป้อน 0 หรือ 1
- กรณี การต่อแบบวายไม่มีสายดิน หรือเดลตาจะป้อน 2

9. <u>องค์ประกอบชันต์อิมพีแดนซ์ที่ใช้เฉพาะฮาร์มอนิก</u>

สำหรับบัสเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและโหลดบัสจะต้องมีอิมพีแดนซ์ฮาร์มอนิกสมมูล (Equivalent Harmonic Impedance) ไปนิวตรัล

- กรณีบัสเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ค่าอิมพีแดนซ์คือ Negative Sequence Subtransient Reactance
- กรณีโหลดบัส ค่าอิมพีแดนซ์คือค่าความต้านทานของโหลดขนานกับ Negative Sequence Subtransient Reactance

ถ้ามีหม้อแปลงต่อระหว่างระบบกับโหลดหรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ค่าอิมพีแดนซ์ลำดับบวกของหม้อแปลงจะต่ออนุกรมกับอิมพีแดนซ์ฮาร์มอนิกสมมูล

สำหรับการหาคำตอบความถี่หลักมูลจะไม่ใช้อิมพีแดนซ์เฉพาะฮาร์มอนิก แต่การหาคำตอบที่ความถี่ฮาร์มอนิกจะใช้อิมพีแดนซ์นี้ โดยป้อนข้อมูลเป็น 1

10. <u>การจบรหัสควบคุม 4</u>

รหัสควบคุม 4 จบโดยการป้อนข้อมูล 999 ที่คอลัมน์ 1-3 จากนั้นจะมีการตรวจสอบความต่อเนื่องของระบบเพื่อให้แน่ใจว่าทุกส่วนมีการต่อถึงกัน

5.2.3.5 รหัสควบคุม 5 (Input Control Code 5)

รหัสควบคุม 5 ใช้ในการหาคำตอบการไหลของกำลังไฟฟ้า และมีการเลือกหาคำตอบ (Solution Options) จะมีการเลือก 14 แบบเพื่อจะหาคำตอบที่เหมาะสม แบบการหาคำตอบแสดงในตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5

การเลือกหาคำตอบ (Solution Options)

แบบที่	คอลัมน์	ค่าที่ป้อน	คำอธิบาย
1	1-2	0	คำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าที่ความถี่หลักมูลและความถี่ฮาร์มอนิก
		อื่นๆ	คำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าที่ความถี่หลักมูล
2	3-4	0	ไม่คิดลำดับศูนย์และคิดเฉพาะคอนเวอร์เตอร์แบบ 6 พัลส์
		1	ไม่คิดลำดับศูนย์และคิดเฉพาะคอนเวอร์เตอร์แบบ 12 พัลส์
		อื่นๆ	คิดลำดับศูนย์ และฮาร์มอนิกเลขคี่ทั้งหมด
3	5-6	0	ใช้จำนวนเท่าฮาร์มอนิกสูงสุดกำหนดโดยมิติ
		อื่นๆ	ใช้ค่านี้เป็นจำนวนเท่าฮาร์มอนิกสูงสุด
4	7-8	0	ใช้MXFITERเป็นจำนวนการวนซ้ำ(Iterations)ของการไหลของกำลังไฟฟ้าที่ความถี่หลักมูล
5	9-10	0	พิมพ์ผลการไหลของกำลังไฟฟ้าที่ความถี่หลักมูลซึ่งเป็นค่าเริ่มต้นของฮาร์มอนิก
		อื่นๆ	ไม่พิมพ์ผลการไหลของกำลังไฟฟ้าที่ความถี่หลักมูล

ตารางที่ 5.5 (ต่อ)

การเลือกหาคำตอบ (Solution Options)

แบบที่	คอลัมน์	ค่าที่ป้อน	คำอธิบาย
6	11-12	0	ใช้ MXHITER เป็นจำนวนการวนซ้ำของการไหลของกำลังไฟฟ้าที่ความถี่ฮาร์มอนิก
7	13-14		เป็นค่าเริ่มต้นของขนาดแรงดันบัสที่ความถี่ฮาร์มอนิก โดยมีขนาดหนึ่งหน่วย ค่าแนะนำให้ใช้คือ 10^{-2}
		0	10^{-2}
		1	10^{-1}
		3	10^{-3}
		4	10^{-4}
8	15-16	0	พิมพ์ผลของการไหลของกำลังไฟฟ้าฮาร์มอนิกแต่ละความถี่
		อื่นๆ	ไม่พิมพ์
9	17-18	0	ไม่พิมพ์ค่ารายละเอียดที่ใช้ในการดีบัก (Debug)
		1	พิมพ์ค่ารายละเอียด (ปกติไม่ควรใช้)
10	19-20		เป็นตัวกำหนดแฟกเตอร์การเร่ง (Acceleration Factors) เพื่อใช้หาฮาร์มอนิก ค่าที่แนะนำให้ใช้คือ 1.0 โดยค่าที่ป้อนคือ 0 ถ้าแฟกเตอร์การเร่งต่ำกว่า 1.0 จะใช้กับเรโซแนนซ์ ถ้าเกินกว่า 1.0 จะทำให้การคอนเวิร์จเร็วขึ้น แต่คำตอบที่ได้จะไม่แน่นอน (Solution Instability) ค่าแฟกเตอร์การเร่งเปลี่ยนแปลงตามค่าที่ป้อนโดยต่างกันสิบเท่าคือ IOPT(10) = -1 ค่าแฟกเตอร์การเร่ง = 0.9

ตารางที่ 5.5 (ต่อ)

การเลือกหาคำตอบ (Solution Options)

แบบที่	คอลัมน์	ค่าที่ปิอน	คำอธิบาย
			IOPT(10) = +2 ค่าแฟกเตอร์การเร่ง = 1.2 ถ้าค่าต่ำกว่า 0.5 จะใช้เป็น 0.5 ถ้าค่าสูงกว่า 1.5 จะใช้เป็น 1.5
11	21-22	0 อื่นๆ	ไม่พิมพ์อนุกรมกระแสของอุปกรณ์ไม่เชิงเส้น พิมพ์ (ปกติไม่ควรใช้)
12	23-24	0 อื่นๆ	ไม่มีการประวิงเวลาในการหาพารามิเตอร์ใหม่ของอุปกรณ์ไม่เชิงเส้น มีการประวิงเวลาก่อนหาพารามิเตอร์ใหม่ของอุปกรณ์เชิงเส้น
13	25-26	0 อื่นๆ	ไม่ใช้ค่ามุมสับเปลี่ยนแรกเริ่มในการประมาณพารามิเตอร์เริ่มต้นของคอนเวอร์เตอร์ หาพารามิเตอร์เริ่มต้นใหม่
14	27-28	0 1 2	หาพารามิเตอร์ของอุปกรณ์ไม่เชิงเส้นโดยใช้แรงดันฮาร์มอนิกทั้งหมด หาพารามิเตอร์ของอุปกรณ์ไม่เชิงเส้นโดยใช้แรงดันที่ความถี่หลักมูล (คำตอบที่ได้เป็นค่าประมาณ ใช้เมื่อใกล้จุดเรโซแนนซ์) หาแรงดันที่ความถี่หลักมูล แล้วหาแรงดันฮาร์มอนิก (วิธีนี้จะใช้เวลาในการหาคำตอบมากที่สุด)

5.2.3.6 รหัสควบคุม 6 (Input Control Code 6)

รหัสควบคุม 6 ทำหน้าที่อ่านข้อมูลของบัสที่มีเครื่องแปลงผันแบบ 6 หรือ 12 พัลส์แบบพาสซีฟ รหัสควบคุม 6 ต้องอ่านหลังจากรหัสควบคุม 3 และอ่านก่อนรหัสควบคุม 5 รายละเอียดการเก็บข้อมูลในไฟล์ดูได้จากตารางที่ 5.6 ซึ่งรายละเอียดใช้ได้กับรหัสควบคุม 7

ตารางที่ 5.6

รายละเอียดการเก็บข้อมูลของรหัสควบคุม 6 และ 7

คอลัมน์ที่	ฟอร์แมต	ความหมาย
1-4	I4	เลขบัส
5-12	F8.2	ความต้านทานของเครื่องแปลงผัน R (%)
13-20	F8.2	รีแอกแตนซ์ของวงจรกระแสตรง F (% ที่ความถี่ 50Hz)
21-28	F8.2	แรงดันวงจรกระแสตรง E (%)
29-36	F8.2	มุมประวิง α (องศา)
37-44	F8.2	ความต้านทานของหม้อแปลง (%)
45-52	F8.2	รีแอกแตนซ์ของหม้อแปลง L (% ที่ความถี่ 50 Hz)
53	I1	แบบการต่อหม้อแปลง

1. เลขบัส (Bus Number)

เลขที่บัสใช้หลักการเดียวกับบัสในรหัสควบคุม 3

2. ความต้านทานของเครื่องแปลงผัน (Converter Resistance = R)

กรณีเครื่องแปลงผันแบบพาสซีฟ คือไม่มีแหล่งกำเนิดแรงดันกระแสตรง ไม่ต้องใส่ค่า R นั่นคือ R ต้องคำนวณจากโปรแกรม

3. รีแอกแตนซ์ของวงจรกระแสตรง (DC Circuit Reactance = F)

ค่าความเหนี่ยวนำของวงจรกระแสตรงอยู่ในรูปเปอร์เซ็นต์โดยใช้ฐานของระบบด้านกระแสตรง (DC System Base) และความถี่ 50 Hz

4. แรงดันวงจรกระแสตรง (DC Circuit Voltage = E)

กรณีเครื่องแปลงผันแบบพาสซีฟไม่ต้องใส่ค่า E ถ้าเป็นแบบแอกทีฟจะต้องใช้รหัสควบคุม 7

5. มุมประวิง (Delay Angle = α)

กรณีเครื่องแปลงผันแบบพาสซีฟ ไม่ต้องใส่ค่า α

6. ความต้านทานของหม้อแปลง (Transformer Resistance)

ความต้านทานของหม้อแปลงถือว่าอยู่นอกโมเดลของเครื่องแปลงผัน

7. รีแอกแตนซ์ของหม้อแปลง (Transformer Reactance = L)

ค่าความเหนี่ยวนำของหม้อแปลงอยู่ในรูปเปอร์เซนต์ ค่าของมันอยู่ในช่วง 5-20% ของฐานกำลังไฟฟ้าของเครื่องแปลงผัน(Converter Power Base)ถ้าอยู่นอกช่วง 5-20% จะทำให้การคำนวณมุมสับเปลี่ยนเป็นไปได้ยาก

8. <u>แบบการต่อหม้อแปลง</u> (Transformer Connection Type)

แบบการต่อหม้อแปลงดูได้จากตารางที่ 5.4 การป้อนค่าต้องป้อนจากบัสต้นทาง (From Bus) ด้านระบบไฟฟ้ากำลังไปยังบัสปลายทาง (To bus) ด้านเครื่องแปลงผัน

9. <u>การจบรหัสควบคุม 6</u>

รหัสควบคุม 6 จบโดยการป้อนข้อมูล 999 ที่คอลัมน์ 1-3

5.2.3.7 <u>รหัสควบคุม 7</u> (Input Control Code 7)

รหัสควบคุม 7 ทำหน้าที่คล้ายกับรหัสควบคุม 6 แต่จะอ่านข้อมูลของบัสที่มีเครื่องแปลงผันแบบ 6 หรือ 12 พัลส์แบบแอกทีฟ รหัสควบคุม 7 ต้องอ่านก่อนรหัสควบคุม 3 และอ่านก่อนรหัสควบคุม 5 รายละเอียดการเก็บข้อมูลในไฟล์ ดูได้จากตารางที่ 5.6

1. <u>เลขบัส</u> (Bus Number)

ใช้หลักการเดียวกับรหัสควบคุม 6

2. <u>ความต้านทานของเครื่องแปลงผัน</u> (Converter Resistance = R)

ค่าความต้านทานของเครื่องแปลงผันอยู่ในรูปเปอร์เซนต์ โดยใช้ฐานของระบบด้านกระแสตรง ค่านี้ไม่ควรเป็นศูนย์

3. <u>ความเหนี่ยวนำของวงจรกระแสตรง</u> (DC Circuit Reactance = F)

ใช้หลักการเดียวกับรหัสควบคุม 6

4. <u>แรงดันวงจรกระแสตรง</u> (DC Circuit Voltage = E)

สำหรับบัสชนิดย่อย 6 (Sub-type 6) ค่า E อยู่ในรูปเปอร์เซนต์โดยใช้ฐานของระบบด้านกระแสตรง (ดูในภาคผนวก จ) สำหรับบัสชนิดย่อยอื่นๆไม่ต้องใส่ค่า E

5. <u>มุมประวิง</u> (Delay Angle = α)

มุมประวิงอยู่ในรูปขององศา โดยมีหลักการดังนี้

- กรณีเครื่องเรียงกระแส ใช้ $0^{\circ} \leq \alpha \leq 90^{\circ}$
- กรณีเครื่องอินเวอร์เตอร์ ใช้ $90^{\circ} \leq \alpha \leq 180^{\circ}$

ค่านี้ใช้เฉพาะบัสชนิดย่อย 5 และ 6 ($P\alpha$ และ $E\alpha$)

6. <u>ความต้านทานของหม้อแปลง</u> (Transformer Resistance)

ใช้หลักการเดียวกับรหัสควบคุม 6

7. <u>ความเหนี่ยวนำของหม้อแปลง</u> (Transformer Reactance = L)

ใช้หลักการเดียวกับรหัสควบคุม 6

8. <u>แบบการต่อหม้อแปลง</u> (Transformer Connection Type)

ใช้หลักการเดียวกับรหัสควบคุม 6

เพื่อความสะดวกสามารถสรุปพารามิเตอร์ของเครื่องแปลงผันตามรหัสควบคุมดังตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7
การกำหนดพารามิเตอร์ของเครื่องแปลงผัน

ชนิดเครื่องแปลงผัน	ตัวแปรรู้ค่า	ตัวแปรไม่รู้ค่า	รหัสควบคุม
1. ไม่มีแหล่งจ่ายแรงดันกระแสตรง(บัส PQ)	P,Q,F,L,E = 0	R,α,μ	6
2. ไม่มีแหล่งจ่ายแรงดันกระแสตรง(บัส PS)	P,S,F,L,E = 0	R,α,μ,Q	6
3. ไม่มีแหล่งจ่ายแรงดันกระแสตรง(บัส Pα)	P,α,F,L,E = 0	R,Q,μ	6
4. มีแหล่งจ่ายแรงดันกระแสตรง (บัส PQ)	P,Q,F,L,R	E,α,μ	7
5. มีแหล่งจ่ายแรงดันกระแสตรง (บัส PS)	P,S,F,L,R	E,α,μ,Q	7
6. มีแหล่งจ่ายแรงดันกระแสตรง (บัส Pα)	P,α,F,L,R	E,Q,μ	7
7. แบบแจกทีฟ (บัส Eα)	E,α,F,L,R	P,Q,μ	7

5.2.3.8 รหัสควบคุม 8 (Input Control Code 8)

รหัสควบคุม 8 ใช้แสดงการจบข้อมูลในไฟล์ ซึ่งเป็นรหัสสุดท้ายในไฟล์ข้อมูล DATA.TXT

5.3 การแปรความหมายผลลัพธ์ที่ได้ (Output Interpretation)

ผลลัพธ์ที่ได้มี 2 ส่วนคือ ที่ความถี่หลักมูลและความถี่ฮาร์มอนิก โดยความถี่หลักมูลจะเป็นข้อมูลเริ่มต้นของความถี่ฮาร์มอนิก เราสามารถเลือกให้พิมพ์ผลลัพธ์ที่ความถี่หลักมูลได้ จาก IOPT(5) (ในตารางที่ 5.5) ผลลัพธ์ที่พิมพ์ออกมาจะมีตัวแปรหรือข้อความต่างๆมากมาย โดยปกติความหมายจะคล้ายคลึงกับการไหลของกำลังไฟฟ้าแบบดั้งเดิมแต่มีบางสิ่งที่แตกต่าง ซึ่งผู้ใช้ควรทราบความหมายของผลลัพธ์นี้ ดังต่อไปนี้

- พารามิเตอร์ของอุปกรณ์ไม่เชิงเส้น
- ผลสรุปของการไหลของกำลังไฟฟ้าในสายส่ง (Line Flow Output Summary)
- ผลสรุปของแรงดันบัส
- ข้อความแสดงความผิดพลาด
- ข้อความที่โปรแกรมบอกให้ผู้ใช้ทราบ

5.3.1 พารามิเตอร์ของอุปกรณ์ไม่เชิงเส้น

ตัวแปรอุปกรณ์ไม่เชิงเส้นที่ปรากฏในผลลัพธ์ มีดังนี้

- PG คือค่าการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริง(Real Power Generation)คิดเป็น %
- QG คือค่าการจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (Reactive Power Generation) คิดเป็น %
- PL คือค่ากำลังไฟฟ้าจริงของโหลด (Real Power Load) คิดเป็น %
- QL คือค่ากำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟของโหลด (Reactive Power Load) คิดเป็น %
- DELAY คือค่ามุมประจุ α หน่วยองศา
- R คือค่าความต้านทานของเครื่องแปลงผัน
- E คือค่าแรงดันกระแสตรงของเครื่องแปลงผัน คิดเป็น (%)
- COM คือค่ามุมสับเปลี่ยนของเครื่องแปลงผัน หน่วยองศา
- CIT คือจำนวนการวนซ้ำ (Iteration) เพื่อหาค่ามุมสับเปลี่ยน

5.3.2 ผลสรุปของการไหลในสายส่ง (Line Flow Output Summary)

เมื่อโปรแกรมคอนเวิร์จ ผลลัพธ์ของการไหลในสายส่ง สามารถสรุปได้ดังนี้

- ผลลัพธ์ที่ได้แยกตามความถี่ฮาร์มอนิก รวมทั้งความถี่หลักมูลด้วย
- แต่ละความถี่ฮาร์มอนิก จะพิมพ์ "From Bus" และ "To Bus"

- ที่บัส "From" จะพิมพ์ขนาดและมุมของแรงดัน

- การต่อไปยังดิน(นิวตรัล) ใช้สัญญลักษณ์ "NEUT" ในตำแหน่งของบัส"To" ถ้าเป็นอิมพีแดนซ์ต่อไปยังนิวตรัล จะใช้ชื่อว่า "Z SHUNT" ถ้าเป็นอุปกรณ์ไม่เชิงเส้นจะใช้ชื่อว่า "NONLIN DEV"

- พิมพ์กำลังไฟฟ้าแอกทีฟและรีแอกทีฟ

- ถ้ามีหม้อแปลงที่มีแทปคงที่ จะพิมพ์ตำแหน่งของแทปด้วย

- ผลลัพธ์สุดท้ายหลังจากผลลัพธ์ของแต่ละความถี่ฮาร์มอนิก คือ ผลสรุปของความถี่หลักมูลซึ่งจะมีข้อมูลคือ กระแสอาร์เอ็มเอส, กระแสยอด, ความเพี้ยนเนื่องจากฮาร์มอนิก (Harmonic Distortion) ของกระแส, P, Q, D, S ซึ่งเป็นค่ารวม (Total Values)

5.3.3 <u>ผลสรุปของแรงดันบัส</u>

เมื่อโปรแกรมคอนเวิร์จ ผลลัพธ์ของแรงดันบัส สามารถสรุปได้ดังนี้

- แต่ละความถี่ฮาร์มอนิก จะพิมพ์แรงดันบัสทั้งขนาดและมุม

- ผลสรุปของแรงดันบัสจะเป็นไปตามผลสรุปของการไหลในสายส่ง โดยประกอบด้วยแรงดันบัส ที่ความถี่หลักมูลเป็นค่าอาร์เอ็มเอสและค่ายอด

- พิมพ์ความเพี้ยนเนื่องจากฮาร์มอนิก (Harmonic Distortion)

5.3.4 <u>ข้อความแสดงความผิดพลาด</u> (Errors)

โปรแกรม HARMONIC จะบอกข้อความแสดงความผิดพลาด 68 ประโยค สามารถดูได้ในภาคผนวก ฉ ข้อความนี้จะบอกถึงการคำนวณหรือสาเหตุที่ผิดพลาด ผู้ใช้สามารถทราบถึงความผิดพลาดที่เกิดขึ้นโดยเครื่องจะพิมพ์ข้อความออกมาเมื่อเกิดความผิดพลาด

5.3.5 ข้อความที่โปรแกรมบอกให้ผู้ใช้ทราบ (Messages)

ข้อความที่โปรแกรม HARMONIC บอกให้ผู้ใช้ทราบนี้ คล้ายกับบอกความผิดพลาดแต่ไม่ร้ายแรงเท่าหัวข้อ 5.3.4 เป็นการเตือนให้ผู้ใช้ระวัง โดยบอกเกี่ยวกับข้อมูลเข้า และการคำนวณที่ผิดปกติ สามารถดูรายละเอียดของข้อความนี้จากภาคผนวก ช

5.4 การหาคำตอบใหม่เมื่อไม่คอนเวิร์จ (Resolution of Convergence Difficulty)

โปรแกรมการไหลของกำลังไฟฟ้าแบบดั้งเดิมจะคอนเวิร์จยาก เมื่อ

- ความต้องการ Q มากเกินไป (Excessive Q Demand)
- ความต้องการ P มากเกินไป (Excessive P Demand)
- ข้อมูลป้อนเข้าผิดพลาด
- สภาวะแรงดันสูงหรือต่ำ (Low or High Voltage Condition)

เมื่อคำตอบคอนเวิร์จยากหรือไม่คอนเวิร์จ ควรจะพิจารณาถึงสิ่งเหล่านี้

- การกำหนดค่าเริ่มต้น
- ปัญหาที่เกิดในความถี่หลักมูล
- จำนวนการวนซ้ำ
- แฟกเตอร์การเร่ง
- พิมพ์ค่ารายละเอียด
- มุมสับเปลี่ยนของเครื่องแปลงผัน
- การเกิดเรโซแนนซ์
- การไดเวิร์จหลังจากที่ได้คำตอบฮาร์มอนิกบ้าง

5.4.1 การกำหนดค่าเริ่มต้น

ปกติจะกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับบัสเข้าใกล้ศูนย์ ซึ่งสามารถเปลี่ยนค่าได้โดยใช้ IOPT(7) กรณีโปรแกรมคอนเวิร์จยากอาจต้องเปลี่ยนค่าเริ่มต้นของบัสให้เหมาะสม

5.4.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นในความถี่หลักมูล

ถ้าคำตอบของความถี่หลักมูลไม่คอนเวิร์จ ก็ไม่สามารถคำนวณฮาร์มอนิกต่อไปได้ ควรพิจารณาที่ข้อมูลที่ป้อนว่าถูกต้องและมีความต่อเนื่องหรือไม่

5.4.3 จำนวนการวนซ้ำ

ถ้าโปรแกรมใกล้จะคอนเวิร์จแล้ว เราสามารถเพิ่มจำนวนการวนซ้ำได้โดยใช้ IOPT(6) แต่ถ้าเพิ่มจำนวนมากโปรแกรมยิ่งใช้เวลามาก

5.4.4 แฟกเตอร์การเร่ง

สามารถเปลี่ยนแปลงแฟกเตอร์การเร่ง กับโปรแกรมได้โดยพิจารณาจากการเลือกหาคำตอบ(IOPT) 10, 12, 13, และ 14

5.4.5 พิมพ์ค่ารายละเอียด

ใช้ IOPT(9) เพื่อพิมพ์ค่ารายละเอียดมาตรวจสอบ

5.4.6 มุมสับเปลี่ยนของเครื่องแปลงผัน

เมื่อไม่สามารถคำนวณมุมสับเปลี่ยนได้ ต้องเปลี่ยนค่ารีแอกแตนซ์ของวงจรกระแสตรง(F), รีแอกแตนซ์ของหม้อแปลงเครื่องแปลงผัน (L), แรงดันกระแสตรง(E), ความต้านทานวงจรกระแสตรง (R) และตรวจสอบตัวประกอบกำลังของเครื่องแปลงผัน

5.4.7 การเกิดเรโซแนนซ์

ถ้าสงสัยว่าใกล้จุดเรโซแนนซ์ ควรพิจารณาการเลือกหาคำตอบ 10, 12, 13 และ 14

5.4.8 การไดเวิร์จหลังจากที่ได้คำตอบฮาร์มอนิกบ้าง

ถ้าได้คำตอบที่ความถี่หลักมูล และความถี่ฮาร์มอนิกได้คำตอบบ้าง แต่เกิดไดเวิร์จ ให้ใช้ IOPT(14) = 2 แล้วเริ่มต้นใหม่