หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

โปรแกรมโหลดโฟลโดยวิธีแยกระบบเป็นส่วนย่อย

ตามที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 นั้น เป็นทฤษฎีหลักในการวิเคราะห์โหลดโฟล ส่วนในบทที่ 3 เป็นวิธีการคำนวณหาผลลัพธ์ของข่ายวงจร โดยวิธีแยกเป็นส่วนย่อย ในบทนี้จะแสดงขั้นตอนของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์โหลดโฟล โดยวิธีแยกระบบเป็นส่วนย่อย ใช้หลักการที่กล่าวมาทั้ง 2 บทร่วมกัน

โปรแกรมโหลดโฟลนี้ จะแบ่งขั้นตอนการทำงานออกเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. การอ่านข้อมูลและจัดข้อมูลแบ่งออกเป็นโซน
2. การสร้างเมตริก Z_1 และ Z_2
3. การสร้างเมตริก Z_4 และ Y_4
4. การกำหนดค่าเริ่มต้น
5. การหาผลลัพธ์ของแรงดันไฟฟ้า โดยวิธีอิเทอเรทีฟ
6. ส่วนแสดงผลลัพธ์

4.1 การอ่านข้อมูลและจัดข้อมูล แบ่งออกเป็นโซน

โปรแกรมส่วนนี้จะทำการอ่านข้อมูลต่าง ๆ เพื่อนำไปเก็บไว้ในหน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์ และทำการจัดข้อมูล แบ่งออกเป็นโซนตามระหัสที่กำหนดในอินพุท (Input)

4.1.1 ส่วนข้อมูลเกี่ยวกับระบบและข้อมูลที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของโปรแกรม

ข้อมูลส่วนนี้จะเป็นการบอกขนาดของระบบไฟฟ้า ค่าที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์โหลดโฟล และข้อมูลที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของโปรแกรมซึ่งประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

NOZONE คือจำนวนโซนทั้งหมดในระบบ

NOBUS คือจำนวนบัสทั้งหมดในระบบ

NOLINE คือจำนวนสายส่งและหม้อแปลงไฟฟ้ารวมกันทั้งหมดในระบบ

MAXITE คือจำนวนรอบสูงสุดที่กำหนดไว้ในการทำอิเทอเรทีฟ

BASMVA คือค่าเอ็มวีเอฐาน (Base MVA) ที่ใช้ในระบบ

ACC คือตัวเร่ง (Acceleration Factor) เพื่อให้ผลลัพธ์ได้เร็วขึ้น และลดจำนวนอิเทอเรทีฟ

TOR คือความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (Tolerance)

OPTION คือระหัสควบคุมการทำงานของโปรแกรมสำหรับสั่งพิมพ์ผลลัพธ์ (Output) กำหนดไว้ในรูปของขบวน (Array)

ข้อมูลทั้งหมดบรรจุอยู่ในบัตรข้อมูล 1 ใบ

4.1.2 ส่วนข้อมูลเกี่ยวกับบัส

โปรแกรมส่วนนี้ทำหน้าที่อ่านข้อมูลเกี่ยวกับบัส ข้อมูลของแต่ละบัส จะอ่านจากบัตรข้อมูล 1 ใบ และนำไปเก็บไว้ในหน่วยความจำ รายละเอียดของข้อมูลเกี่ยวกับบัส ประกอบด้วย

BUSNAM คือชื่อเรียกของบัส เขียนเป็นตัวอักษรหรือตัวเลขได้ 8 หลัก มีไว้สำหรับเรียกชื่อและง่ายต่อการจดจำ

BUS คือหมายเลขระหัสของบัส เป็นค่าตัวเลขจำนวนเต็ม ซึ่งไม่จำเป็นต้องเรียงลำดับกัน

ZONE คือหมายเลขระหัส ซึ่งจะบอกตำแหน่งของบัสนั้นว่าอยู่ในโซนอะไร เพื่อประโยชน์ในการจัดโซน

TYPE คือหมายเลขระหัส ซึ่งจะบอกชนิดของบัสนั้นว่าเป็นบัสชนิดใด ในโปรแกรมนี้แบ่งชนิดของบัสออกเป็น 3 ประเภท คือ

TYPE (3) เป็นสวิงบัส (Swing Bus) หรือแสลกบัส (Slag Bus) ส่วนมากจะเลือกเอาบัสที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีกำลังผลิตมากที่สุด

ต่ออยู่เพียงบัสเดียว เพื่อสำหรับจ่ายพลังไฟฟ้าให้กับโหลด ส่วนที่เหลือจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตัวอื่นแล้ว และค่าพลังไฟฟ้าสูญเสียในสายส่ง ซึ่งในตอนแรกยังไม่รู้ค่า ข้อมูลที่กำหนดไว้สำหรับบัสชนิดนี้คือ ค่าขนาดของแรงดันและมุมของแรงดัน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วมุมของแรงดันจะกำหนดเป็นศูนย์และจะเป็นมุมอ้างอิงของแรงดันที่บัสอื่น

TYPE (2) เป็นบัสควบคุมแรงดัน (Voltage Control Bus) เป็นบัสที่ควบคุมขนาดของแรงดันไว้เท่ากับค่าที่กำหนด โดยมีค่าพลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ (Reactive Power) เปลี่ยนค่าได้ในขีดจำกัดที่กำหนดบัสชนิดนี้ จะกำหนดค่าขนาดของแรงดันและพลังไฟฟ้าแอคทีฟ (Active Power) ไว้

TYPE (1) เป็นบัสของโหลด จะกำหนดเฉพาะค่าพลังไฟฟ้าแอคทีฟ และพลังไฟฟ้ารีเอคทีฟไว้

BASEKV คือค่าแรงดันฐาน (Base Voltage) ของบัสนั้น ซึ่งในระบบที่นำมาวิเคราะห์โหลดโฟล ค่าแรงดันฐานของแต่ละบัส อาจจะมีระดับต่างกัน โปรแกรมนี้จะเปลี่ยนค่าแรงดันให้มีค่าต่อหน่วย (Per Unit) โดยหารแรงดันด้วย BASEKV

VOLT คือค่าขนาดของแรงดันที่กำหนดของบัส ชนิดที่ 3 และ 2 และเป็นค่าแรงดันประมาณครั้งแรกของบัสชนิดที่ 1 มีหน่วยเป็นกิโลโวลต์ (KV) และจะถูกเปลี่ยนเป็นค่าต่อหน่วย โดยการหารด้วย BASEKV สำหรับบัสที่ไม่ได้ใส่ค่า VOLT ไว้ โปรแกรมจะเปลี่ยนค่าให้เป็น 1 p.u.

GEN คือค่าพลังไฟฟ้าแอคทีฟและพลังไฟฟ้ารีแอคทีฟของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ต่ออยู่ที่บัส หน่วยที่ใช้เป็นเม็กกะวัตต์ (MW) และ - เม็กกะวาร์ (MVAR) ตามลำดับ เก็บข้อมูลไว้ในรูปของข้อมูลแต่ละหน่วยจะเป็นเลขเชิงซ้อน (Complex)

LOAD คือค่าพลังไฟฟ้าแอคทีฟและพลังไฟฟ้ารีแอคทีฟของโหลดที่ต่ออยู่ที่บัส หน่วยที่ใช้เป็นเม็กกะวัตต์และเม็กกะวาร์ เก็บข้อมูลไว้ในรูปของข้อมูลแต่ละหน่วยจะเป็นเลขเชิงซ้อน

VARMAX,VARMIN เป็นขีดจำกัดสูงสุด และขีดจำกัดต่ำสุด ของพลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่ใช้ในบัสชนิดที่ 2 มีหน่วยเป็นเม็กกะวาร์

STATC คือค่าคาปาซิเตอร์ (Capacitor) หรือรีแอคเตอร์ (Reactor) ที่ต่อขนานอยู่ที่บัส มีหน่วยเป็นเม็กกะวาร์

ขั้นตอนการทำงานเป็นดังนี้

1. อ่านข้อมูลของบัสจากบัตรข้อมูล 1 ใบ
2. เปลี่ยนค่า VOLT ที่อ่านได้เป็นค่าต่อหน่วยด้วยสมการ

$$VOLT = \frac{VOLT}{BASEKV}$$

3. ตรวจสอบดูว่า ถ้า VOLT = 0.0 นั่นคือไม่ได้กำหนดค่าแรงดันเริ่มต้นไว้ ให้กำหนดแรงดันเริ่มต้น คือ VOLT = 1.0 p.u.
4. กลับไปทำขั้นตอนที่ 1 ใหม่ จนกว่าจะครบจำนวน NOBUS

โฟลชาร์จ (Flow Chart) ของโปรแกรมส่วนนี้ แสดงไว้ในรูปที่ 4.1

4.1.3 <u>การจัดกลุ่มของบัสโดยแบ่งเป็นโซน</u>

โปรแกรมส่วนนี้ จะทำการจัดบัสแบ่งเป็นกลุ่ม แยกแต่ละโซนออกจากกัน รวมบัสที่อยู่ในโซนเดียวกันไว้ด้วยกัน และนับจำนวนบัสในแต่ละโซน สัญญลักษณ์ที่ใช้แทนค่าในโปรแกรมมีดังนี้

NOBUSZ คือจำนวนบัสในแต่ละโซน

BUSZON คือหมายเลขระหัสของบัสในโซน

ขั้นตอนการทำงานเป็นดังนี้

1. เลือกโซน J บันทึกค่าจำนวนบัสในโซน J เป็น 0

2. เลือกบัส I ตรวจสอบว่า บัส I อยู่ในโซน J หรือไม่

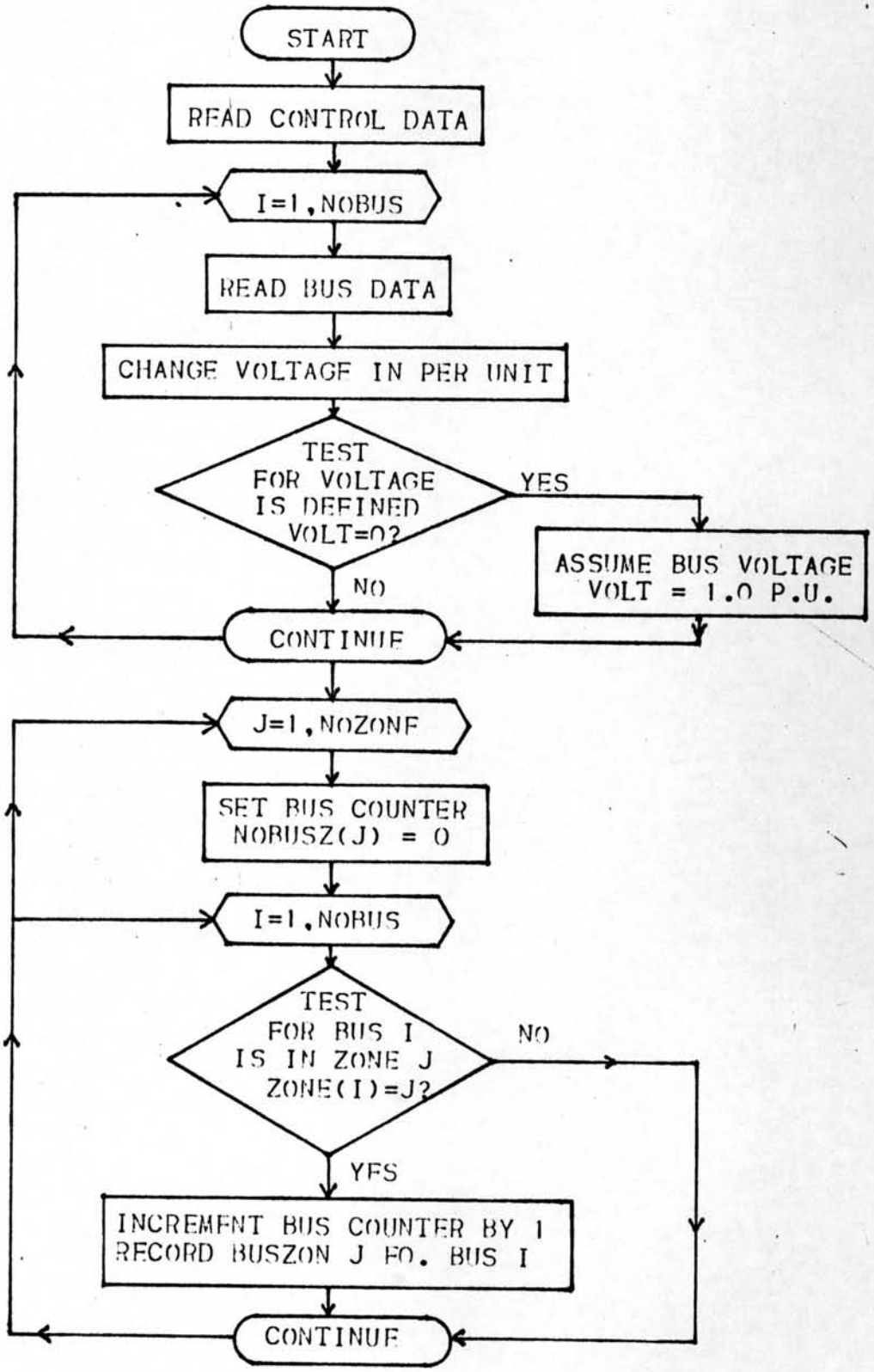
   ก. ถ้าไม่อยู่ให้เลือกบัส I ใหม่

   ข. ถ้าอยู่ให้ทำขั้นตอนที่ 3

3. เพิ่มจำนวนบัสในโซน J ด้วย 1 และบันทึกค่า BUSZON J เท่ากับ BUS I เสร็จแล้วกลับไปทำขั้นตอนที่ 2 จนครบทุกบัส

4. เริ่มขั้นตอนที่ 1 ใหม่ จนครบทุกโซน

โฟลชาร์จ แสดงอยู่ในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 โฟลชาร์จแสดงการอ่านข้อมูลของบัสและการจัดโซน

4.1.4 ส่วนข้อมูลเกี่ยวกับสายส่งและหม้อแปลงไฟฟ้า

โปรแกรมส่วนนี้ จะทำหน้าที่อ่านข้อมูลเกี่ยวกับสายส่งและหม้อแปลงไฟฟ้า พร้อมทั้งบันทึกค่าไว้ในหน่วยความจำ รายละเอียดของข้อมูลประกอบด้วย

LINE คือหมายเลขระหัสของสายส่ง หรือหม้อแปลงเป็นค่าตัวเลข ซึ่งไม่จำเป็นต้องเรียงลำดับกัน

NP, NQ คือหมายเลขระหัสประจำบัส 2 บัส ซึ่งสายส่งหรือหม้อแปลงไฟฟ้าเชื่อมอยู่

ZPRI คือค่าอินพีแดนซ์ของสายส่งหรือหม้อแปลงไฟฟ้ามีหน่วยเป็น p.u.

BC คือค่าลายน์ชาร์จจิ้ง ของสายส่งตลอดแนวสาย กำหนดเป็นค่า - ซัสเซบแทนซ์ มีหน่วยเป็น p.u.

T คือค่าอัตราส่วนจำนวนรอบของหม้อแปลงไฟฟ้า

ขั้นตอนการทำงานเป็นดังนี้

1. อ่านข้อมูลของสาย 1 เส้น จากบัตร ข้อมูล 1ใบ
2. ตรวจสอบดู ถ้าข้อมูลเป็นสายส่ง คือ T = 0.0 ให้กำหนดค่าเป็น T = 1.0 ถ้าข้อมูลเป็นหม้อแปลงไฟฟ้า จะมีค่า - BC = 0.0
3. กลับไปทำขั้นตอนที่ 1 ใหม่จนครบจำนวน NOLINE

โฟลชาร์จแสดงอยู่ในรูปที่ 4.2

4.1.5 การหาคัทลายน์ และคำนวณขั้นอิลิเมนท์ที่บัส

โปรแกรมส่วนนี้ จะทำการตรวจหาสายที่เชื่อมระหว่างบัส ที่อยู่ต่างโซนกัน เรียกว่าคัทลายน์ เมื่อตรวจพบก็จะบันทึกค่าเก็บไว้ต่างหาก และจะคำนวณหาขั้นอิลิเมนท์ที่ต่อขนานอยู่ที่บัส

สัญญลักษณ์ที่ใช้ในโปรแกรม มีดังนี้

NOCUT คือจำนวนคัทลายน์

CUTP,CUTQ คือตัวเลขประจำบัส ที่คัทลายน์เชื่อมอยู่

CUTZ คือค่าอิมพีแดนซ์ของคัทลายน์

NPD,NQD คือค่าตัวเลขประจำบัส 2 -บัสของสาย ซึ่งไม่ใช่คัทลายน์ เป็นค่าที่เก็บไว้ชั่วคราว เพื่อใช้ในการจัดสายต่อไป

ZPRID คือค่าอิมพีแดนซ์ของสาย ซึ่งไม่ใช่คัทลายน์ เป็นค่าที่เก็บไว้ชั่วคราว

BCS คือค่าขั้นอิลิเมนท์ที่บัส ซึ่งเกิดจากลายชาร์จจิ้ง

YT คือค่าขั้นอิลิเมนท์ที่บัส ซึ่งเกิดจากหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีอัตราส่วนจำนวนรอบผิดจากปกติ

สำหรับสายส่ง ค่าลายน์ชาร์จจิ้ง จะเปรียบเสมือนขั้นคาปาซิแทนซ์ ซึ่งมีค่าซัสเซบแทนซ์เป็นครึ่งหนึ่งของขั้นคาปาซิแทนซ์ของสายส่งตลอดสายต่ออยู่ที่บัสทั้งสองด้านที่สายส่งเชื่อมอยู่ มีค่าดังนี้

$$BCS = \frac{BC}{2}$$

สำหรับหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีอัตราส่วนจำนวนรอบผิดจากปกติ โดยมีค่า T อยู่ทางด้านบัส p ค่าขั้นอิลิเมนท์ หาได้ตามสมการที่ (2.5) และ (2.6) ดังนี้

ที่บัส p :
$$YT = \frac{1-T}{T^2} \cdot \frac{1}{ZPRI}$$

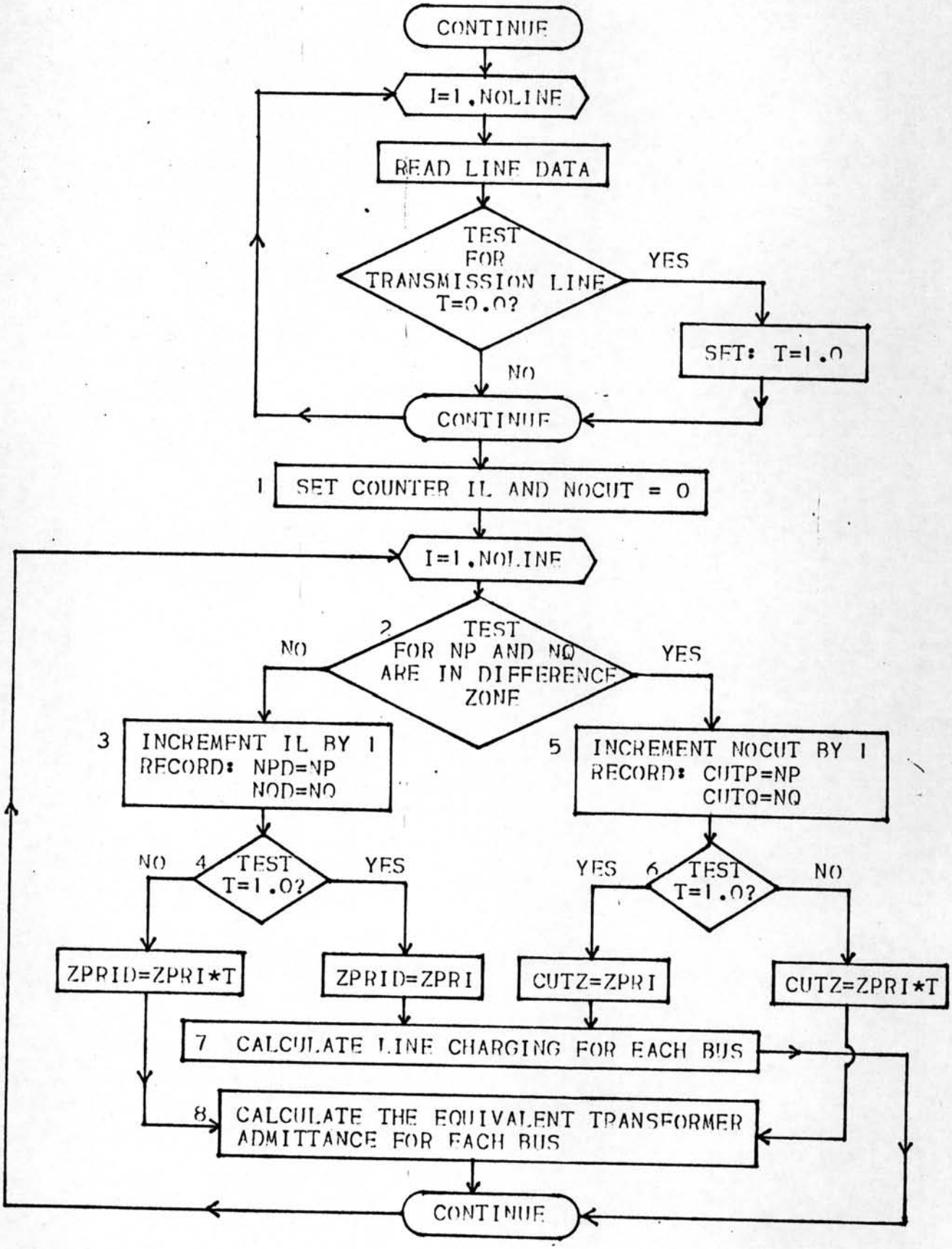
ที่บัส q :
$$YT = \frac{T-1}{T} \cdot \frac{1}{ZPRI}$$

ส่วนค่าอิมพีแดนซ์ระหว่างบัส p และบัส q คือ ZPRI x T

ขั้นตอนการทำงานเป็นดังนี้

1. บันทึกค่า IL และ NOCUT เป็น 0, IL คือ จำนวนสายที่ไม่ใช่คัทลายน์
2. เริ่มจากสาย I ตรวจสอบว่า NP(I) และ NQ (I) อยู่ในโซนเดียวกันหรือไม่
   ก. ถ้าอยู่ในโซนเดียวกัน แสดงว่าไม่ใช่คัทลายน์ให้ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 3
   ข. ถ้าอยู่ต่างโซนกันแสดงว่าเป็นคัทลายน์ให้ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 5
3. บวกค่า IL ด้วย 1 และบันทึกค่า NPD = NP, NQD = NQ
4. ตรวจสอบว่าสายดังกล่าวเป็นหม้อแปลงไฟฟ้าหรือไม่ โดยตรวจสอบว่า T = 1.0 หรือไม่
   ก. ถ้า T≠1.0 บันทึกค่า ZPRID=ZPRI × T แล้วข้ามไปทำขั้นตอนที่ 8
   ข. ถ้า T=1.0 บันทึกค่า ZPRID = ZPRI แล้วข้ามไปทำขั้นตอนที่ 7
5. บวกค่า NOCUT ด้วย 1 และบันทึกค่า CUTP = NP, CUTQ = NQ
6. ตรวจสอบว่าคัทลายน์เป็นหม้อแปลงไฟฟ้าหรือไม่ โดยตรวจสอบว่า T=1.0 หรือไม่
   ก. ถ้า T≠1.0 บันทึกค่า CUTZ=ZPRI × T แล้วข้ามไปทำขั้นตอนที่ 8
   ข. ถ้า T=1.0 บันทึกค่า CUTZ = ZPRI แล้วทำขั้นตอนที่ 7
7. คำนวณค่าขั้นอิลิเมนท์ที่บัส ซึ่งเกิดจากลายน์ชาร์จจิ้ง แล้วกลับไปทำขั้นตอนที่ 2 จนครบทุกสาย
8. คำนวณค่าขั้นอิลิเมนท์ที่บัส ซึ่งเกิดจากหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีอัตราส่วนจำนวนรอบผิดจากปกติ แล้วกลับไปทำขั้นตอนที่ 2 จนครบทุกสาย

โฟลชาร์จ แสดงอยู่ในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 โฟลชาร์จแสดงการอ่านข้อมูลของสาย การหาศักลายน์และการหาขั้น-อิลิเมนท์สมมูลย์ที่บัส

4.1.6 <u>การจัดลำดับสายและสร้างสายสมมูลย์</u>

หลังจากแยกคัทลายน์ออกไปแล้ว สายที่เหลือจะนำมาจัดแบ่งเป็นกลุ่มโดยที่สายในกลุ่มเดียวกันจะอยู่ในโซนเดียวกัน และสร้างสายสมมูลย์ต่อระหว่างบัสกับกราวนด์สำหรับทุก ๆ บัส ในทุก ๆ โซน ค่าอิมพิแดนซ์สมมูลย์นี้คือผลรวมของกราวนด์-ทาย อิมพิแดนซ์และชั้นอิลิเมนท์ ที่ต่อขนานกับบัส

สัญญลักษณ์ที่ใช้ในโปรแกรมส่วนนี้มีดังนี้

NPZ, NQZ คือตัวเลขประจำบัส 2 บัส ซึ่งสายหรือสายสมมูลย์เชื่อมอยู่ หลังจากแบ่งโซนแล้ว

ZRX คือค่าอิมพิแดนซ์ของสาย หรือสายสมมูลย์ หลังจากแบ่งโซนแล้ว ค่ากราวนด์-ทาย อิมพิแดนซ์ คืออิมพิแดนซ์ที่สมมูลย์กับโหลดหาได้จากสมการที่ (2.3)

$$Z_L = \frac{|VOLT|^2 \times BASMVA}{(LOAD)^*}$$

ค่าชั้นอิลิเมนท์ที่ต่อขนานกับบัส ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

1. ส่วนที่เกิดจากคาปาซิเตอร์ หรือ รีแอคเตอร์

$$Z_C = \frac{|VOLT|^2 \times BASMVA}{1 + j\ STATC}$$

2. ส่วนที่เกิดจากลายน์ชาร์จจิ้ง

$$Z_B = \frac{1}{1 + j\ BCS}$$

3. ส่วนที่เกิดจากหม้อแปลงที่มีอัตราส่วนจำนวนรอบผิดจากปกติ

$$Z_T = \frac{1}{YT}$$

ค่าอิมพิแดนซ์สมมูลย์ของบัสเทียบกับกราวนด์จะได้ดังนี้

$$ZRX = \frac{1}{\frac{(LOAD)^{*} + (1 + j\ STATC)}{BASMVA \times |VOLT|^{2}} + YT + (1 + j\ BCS)}$$

ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมส่วนนี้ เป็นดังนี้

1. เริ่มต้นจากโซน J จากบัสแรกในโซน J สร้างสายปลอม (เพื่อนำทาง)ขึ้นมา ให้บัส p = 0 (บัสกราวนด์) และบัส q =บัสแรกในโซน J โดยให้มีอิมพิแดนซ์ของสาย ZRX = 1.0 + j 1.0
2. กำหนดค่าตัวนับ NH, II, JJ, KK เป็น 1
3. กำหนดค่าตัวนับสาย IL = 1 (ค่า IL จะเพิ่มครั้งละ 1 จน ครบจำนวนสายทั้งหมดที่นำมาจัดกลุ่มแบ่งโซน สายที่ถูกจัดไปแล้ว จะถูกทำเครื่องหมายไว้ที่บัส p ของสายเส้นนั้น โดยให้ NPD (IL) = 9999)
4. ตรวจสอบว่า สายถูกจัดไปแล้วหรือยัง โดยตรวจดูว่า NPD (IL)=9999 หรือไม่
   ก. ถ้าใช่ ให้ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 9
   ข. ถ้าไม่ใช่ ให้ทำขั้นตอนที่ 5
5. ตรวจสอบว่า สายที่นำมาจัดหมดแล้วหรือยัง โดยตรวจดูว่า NPD (IL) = NQD (IL) = 0 หรือไม่
   ก. ถ้าใช่ให้ทำขั้นตอนที่ 6
   ข. ถ้าไม่ใช่ให้ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 7
6. สร้างสายสมมูลย์ตามขั้นตอน ดังนี้
   ก. เพิ่มค่า II ด้วย 1 (II = II + 1), II คือจำนวนสายในโซน J

ข. กำหนดค่าบัส p=0 และบัส q คือบัสที่ลำดับ NH ในโซน J

นั่นคือ NPZ (II, J) = 0

NQZ (II, J) = BUSZON (NH, J)

ค. คำนวณค่าอิมพิแดนซ์สมมูลย์ของบัสเทียบกับกราวนด์ ZRX (II, J)

ง. เพิ่มค่าตัวนับ NH = NH + 1

จ. กำหนดค่า JJ = NH

ฉ. ตรวจสอบว่าทุกบัสในโซน J สร้างสายสมมูลย์หมดแล้วหรือยัง โดยตรวจดูว่า BUSZON (NH, J) =0 หรือไม่

ฉ.1 ถ้าใช่ให้ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 12

ฉ.2 ถ้าไม่ใช่กลับไปทำขั้นตอนที่ 3 ใหม่

7. เมื่อสายที่นำมาจัดยังไม่หมดให้ตรวจสอบดูว่า บัส q ของสาย IL เท่ากับบัส NH หรือไม่ โดยตรวจดูว่า NQD (IL) = BUSZON (NH,J) หรือไม่

ก. ถ้าเท่าให้ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 8

ข. ถ้าไม่เท่าตรวจดูว่า บัส p ของสาย IL เท่ากับบัส NH หรือไม่ โดยตรวจดูว่า NPD (IL) = BUSZON (NH,J) หรือไม่

ข.1 ถ้าไม่เท่าให้ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 9

ข.2 ถ้าเท่าให้สลับค่าบัส p และบัส q ของสาย IL และทำขั้นตอนที่ 8

8. ตรวจว่า บัส p ของสาย IL พบอยู่ในบัส M หรือไม่ ในเมื่อ M แปรค่าจาก 1 ถึง KK

ก. ถ้าพบให้ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 10

ข. ถ้าไม่พบให้เพิ่มค่า KK = KK + 1และสร้างบัสใหม่คือ BUSZON (KK,J) = NPD (IL) เสร็จแล้วทำขั้นตอนที่ 9

9. เพิ่มค่าตัวนับสายด้วย 1, IL = IL +1 แล้วกลับไปทำขั้นตอนที่ 4

10. เปรียบเทียบค่า M กับค่า JJ

ก. ถ้า M มากกว่าหรือเท่ากับ JJ ให้กลับไปทำขั้นตอนที่ 9

ข. ถ้า M น้อยกว่า JJ ทำขั้นตอนที่ 11

11. บันทึกค่า ZRX ของสาย IL ตามขั้นตอนดังนี้

ก. เพิ่มค่า II = II + 1, II คือจำนวนสายในโซน J

ข. กำหนดค่าบัส p และ q ของสาย II เท่ากับบัส p และ q ของสาย IL

NPZ (II,J) = NPD (IL) และ NQZ (II,J) = NQD (IL)

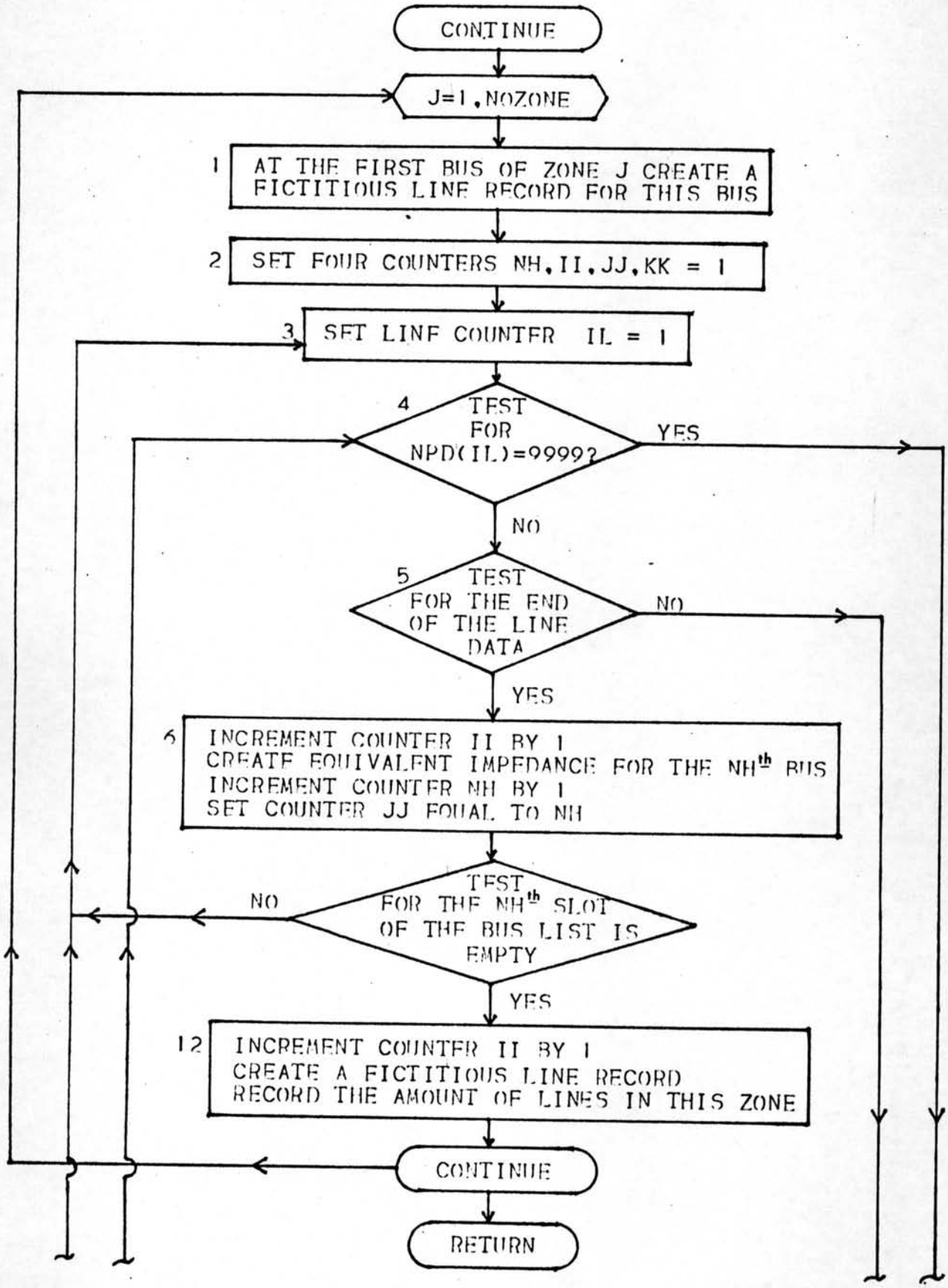
ค. กำหนดค่า ZRX (II,J) = ZPRID (IL)

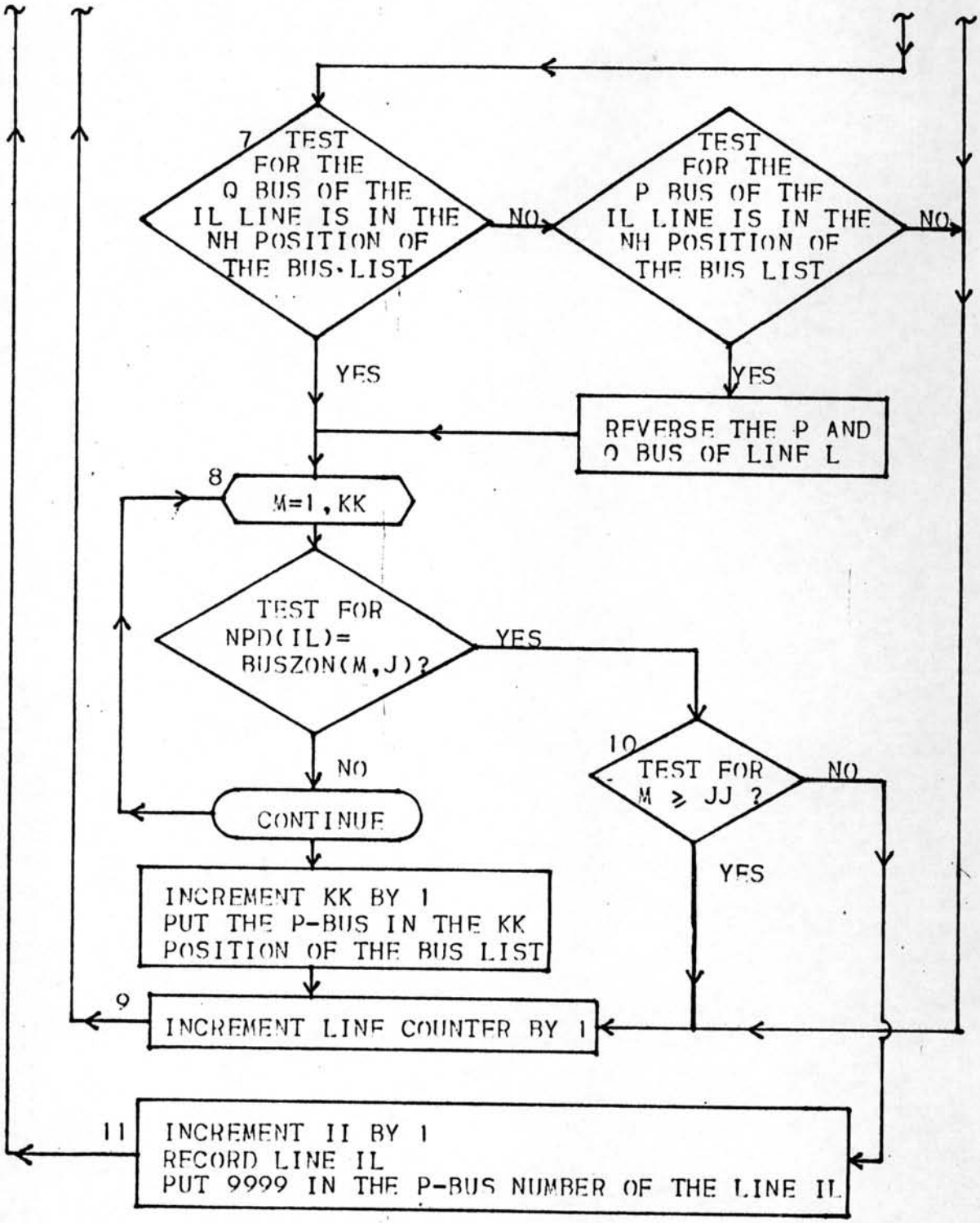
ง. ทำเครื่องหมายสาย IL โดยให้ NPD (IL) = 9999

จ. กลับไปทำขั้นตอนที่ 3

12. สร้างสายปลอมเหมือนขั้นตอนที่ 1 แต่มีค่า ZRX = -1.0+j 1.0 เพื่อให้หักล้างกันกับขั้นตอนที่ 1 เพื่อว่าเมื่อสร้างอิมพีแดนซ์เมตริกแล้ว ผลลัพธ์จะถูกต้อง เสร็จแล้วกลับไปทำขั้นตอนที่ 1 สำหรับโซน J อื่น ๆ จนครบทุกโซน

โฟลชาร์จแสดงตามรูปที่ 4.3


CONTINUE
J=1,NOZONE
1
AT THE FIRST BUS OF ZONE J CREATE A FICTITIOUS LINE RECORD FOR THIS BUS
2
SET FOUR COUNTERS NH,II,JJ,KK = 1
3
SET LINE COUNTER IL = 1
4
TEST FOR NPD(IL)=9999?
YES
NO
5
TEST FOR THE END OF THE LINE DATA
NO
YES
6
INCREMENT COUNTER II BY 1
CREATE EQUIVALENT IMPEDANCE FOR THE NH th BUS
INCREMENT COUNTER NH BY 1
SET COUNTER JJ EQUAL TO NH
TEST FOR THE NH th SLOT OF THE BUS LIST IS EMPTY
NO
YES
12
INCREMENT COUNTER II BY 1
CREATE A FICTITIOUS LINE RECORD
RECORD THE AMOUNT OF LINES IN THIS ZONE
CONTINUE
RETURN



รูปที่ 4.3 โฟลชาร์จแสดงการสร้างสายสมมูลย์และจัดลำดับสาย

4.2 การสร้างเมตริก Z_1 และ Z_2

โปรแกรมส่วนนี้จะแบ่งเป็น2 สับรูทีน (Subroutine) คือ สับรูทีน STEP 2A จะคำนวณหาค่าเมตริก Z_1 และย้ายค่าข้อมูลของบัส ซึ่งอ่านเก็บไว้แต่แรกมาเก็บไว้แยกเป็นข้อมูลของแต่ละโซน ส่วนสับรูทีน STEP 2B จะคำนวณหาค่าเมตริก Z_2 และเก็บค่าไว้ในหน่วยความจำตำแหน่งเดียวกับที่เคยเก็บข้อมูลเกี่ยวกับบัส เป็นการประหยัดเนื้อที่ในหน่วยความจำ ซึ่งมีขนาดจำกัด

4.2.1 โปรแกรมสร้างเมตริก Z_1

การสร้างเมตริก Z_1 ของแต่ละโซน ดำเนินการตามอัลกอริทึมของ Stagg และ El-Abiad[1] สายที่จะนำมาใช้ในการสร้างเมตริก Z_1 ได้จัดลำดับและแบ่งโซนไว้เรียบร้อยแล้ว ตามหัวข้อที่ 4.1.6

ขั้นตอนของการสร้างเมตริก Z_1 เป็นดังนี้

1. เริ่มต้นจากโซน J = 1,2,.....NOZONE

   ก. กำหนดค่าตัวนับโหนด K = 1

   ข. กำหนดค่าตัวนับสาย N = 1

   ค. เริ่มจากสาย N (N = 1) เป็นการเพิ่มบรานส์ โดยมีบัส p=NPZ(N,J)=0

   บัส q = NQZ (N,J) ค่า Z_1 เริ่มแรกคือ

   Z1 (K,K,J) = ZRX (N,J)

   ง. บันทึกค่าโหนด K เท่ากับบัส q

   NODE (K,J) = NQZ (N,J)

2. เพิ่มตัวนับสายด้วย 1, N = N + 1

3. ตรวจว่าบัส p ของสาย N เท่ากับ 0 หรือไม่ คือตรวจว่า NPZ (N,J) = 0 หรือไม่

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก. ถ้า NPZ (N,J) = 0 แสดงว่าบัส p เป็นบัสอ้างอิง (บัสกราวนด์) ให้ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 11

ข. ถ้า NPZ (N,J) ≠ 0 ให้ทำขั้นตอนที่ 4

4. ตรวจหาบัส p และบัส q ของสาย N ว่าอยู่ในโหนดใด

ก. ถ้าพบว่า NPZ (N,J) = NODE (I,J) หรือ NQZ (N,J) = NODE (I,J) ให้บันทึกค่า IFP = I หรือ IFQ = I

ข. ถ้าไม่พบให้บันทึกค่า IFP = 0 หรือ IFQ = 0

5. ตรวจว่า IFP = 0 หรือไม่

ก. ถ้า IFP = 0 แสดงว่า บัส p ไม่เคยถูกสร้างเป็นโหนดมาก่อน นั่นคือสาย เป็นบรานช์ ให้ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 9

ข. ถ้า IFP ≠ 0 ให้ทำขั้นตอนที่ 6

6. ตรวจว่า IFQ = 0 หรือไม่

ก. ถ้า IFQ = 0 แสดงว่าบัส q ไม่เคยถูกสร้างเป็นโหนดมาก่อน นั่นคือสาย N เป็นบรานช์ ให้ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 10

ข. ถ้า IFQ ≠ 0 แสดงว่าทั้งบัส p และบัส q เคยถูกสร้างมาก่อน นั่นคือสาย N เป็นลิ้งค์ ให้ทำขั้นตอนที่ 7

7. การเพิ่มลิ้งค์ในกรณีที่บัส p ไม่ใช่ บัสอ้างอิง ทำได้ดังนี้

ก. สร้างโหนดขั้วคราว L โดยที่ L = K + 1

ข. บันทึกค่าสมาชิกในแถวตั้ง L ของ Z_1 ดังนี้

Z1 (I,L,J) = Z1 (I,IFP,J)-Z1 (I,IFQ,J)

โดยที่ I = 1,2,.....K

และ Z1 (L,L,J) = Z1 (IFP,L,J)-Z1 (IFQ,L,J)+ZRX (N,J)

8. กำจัดค่าสมาชิกในแถวตั้ง L ของ Z_1 โดยใช้สมการดังนี้

$$Z1(I,M,J) = Z1(I,M,J) - \frac{Z1(I,L,J) \times Z1(L,M,J)}{Z1(L,L,J)}$$

โดยที่

I = 1,2.....K

M = 1,2.....K

เสร็จแล้วแล้วไปทำขั้นตอนที่ 2 สำหรับสายต่อไป

9. การเพิ่มบรานช์ในกรณีที่บัส p ถูกสร้างเป็นโหนดใหม่

ก. เพิ่มจำนวนโหนดด้วย 1, K = K + 1

ข. บันทึกค่าโหนด K เท่ากับบัส p

NODE (K,J) = NPZ (N,J)

ค. บันทึกค่าสมาชิกในแถวตั้ง K ของ Z_1 ดังนี้

Z1 (I,K,J) = Z1 (I,IFQ,J)

โดยที่

I = 1,2.....(K-1)

และ Z1 (K,K,J) = Z1 (IFQ,IFQ,J)+ ZRX (N,J)

เสร็จแล้วกลับไปทำขั้นตอนที่ 2 สำหรับสายอื่นต่อไป

10. การเพิ่มบรานช์ในกรณีที่บัส q ถูกสร้างเป็นโหนดใหม่

ก. เพิ่มจำนวนโหนดด้วย 1, K = K + 1

ข. บันทึกค่าโหนด K เท่ากับบัส q

NODE (K,J) = NQZ (N,J)

ค. บันทึกค่าสมาชิกในแถวตั้ง K ของ Z_1 ดังนี้

Z1 (I,K,J) = Z1 (I,IFP,J)

โดยที่ I = 1,2.....(K-1)

และ Z1 (K,K,J) = Z1 (IFP, IFP,J)+ ZRX (N,J)

เสร็จแล้วกลับไปทำขั้นตอนที่ 2 สำหรับสายอื่นต่อไป

11. ตรวจว่า บัส q ของสาย N เท่ากับ 0 หรือไม่ คือตรวจว่า NQZ (N,J)=0 หรือไม่

ก. ถ้า NQZ (N,J) = 0 แสดงว่า สายสำหรับโซน J นี้หมดแล้ว ให้กลับไปทำขั้นตอนที่ 1 ใหม่ จนครบหมดทุกโซน

ข. ถ้า NQZ (N,J) ≠ 0 ให้ทำขั้นตอนที่ 12

12. ตรวจหาบัส qของสาย N ว่าอยู่ในโหนดใด โดยตรวจสอบว่า เมื่อ NQZ (N,J) = NODE (I,J) เมื่อใดแล้ว (โดยที่ I = 1,2...K) ให้บันทึกค่า IFQ = I เสร็จแล้วทำขั้นตอนที่ 13

13. การเพิ่มลิ้งค์ในกรณีที่บัส p เป็นบัสอ้างอิง ทำได้ดังนี้

ก. สร้างโหนดชั่วคราว L โดยที่ L = K+1

ข. บันทึกค่าสมาชิก ในแถวตั้ง L ของ Z_1 ดังนี้

Z1 (I,L,J) = -Z1 (IFQ,I,J)

โดยที่ I = 1,2....K

และ Z1 (L,L,J) = -Z1 (IFQ,L,J) + ZRX (N,J)

กลับไปทำขั้นตอนที่ 8

โฟลชาร์จแสดงตามรูปที่ 4.4

สัญญลักษณ์ที่ใช้ในโปรแกรมส่วนนี้ มีดังนี้

NODE คือระหัสตัวเลขประจำบัส ซึ่งจะเป็นดัชนีบอกว่า ที่แถวนอนหรือแถวตั้งของ Z1 เป็นของบัสใด ที่ในโซนเดียวกัน กลุ่มของบัสใน NODE และกลุ่มของบัสใน BUSZON จะเป็นกลุ่มเดียวกัน แต่การจัดลำดับไม่เหมือนกัน เนื่องจาก NODE จัดลำดับบัสจากการสร้างเมตริก Z_1 ค่า BUSZON ต่อไปจะไม่ได้ใช้ จะใช้ค่า NODE เป็นดัชนีแทน ดังนั้น จึงบันทึกค่า NODE ไว้ในหน่วยความจำตำแหน่งเดียวกับ BUSZON เพื่อประหยัดที่เก็บข้อมูล

Z1 คือบัสอิมพิแดนซ์เมตริก บันทึกค่าไว้ในรูปของขบวน ซึ่งมี 3 มิติ คือ

Z1 (I,I,J)

I คือ ดัชนีบอกแถวนอนและแถวตั้ง

J คือ ดัชนีบอกโซน

4.2.2 <u>การหาตำแหน่งของคัทลายน์</u>

หลังจากสร้างเมตริก Z_1 แล้ว การเรียงลำดับของบัสในแต่ละโซน จะเปลี่ยนไป ดังนั้น จะต้องหาดัชนีที่ชี้ว่า บัส p และบัส q ของคัทลายน์อยู่ในตำแหน่งใด และโซนใดของ NODE ขั้นตอนของโปรแกรมเป็นดังนี้

1. เริ่มต้นจากคัทลายน์ IC = 1,2.....NOCUT
2. ตรวจหาจากโซน J = 1,2.....NOZONE
3. ตรวจหาจากทุกโหนด I ในโซน J

ก. ถ้าพบว่า บัสp ของคัทลายน์เท่ากับโหนดลำดับที่ I คือพบว่า

CUTP (IC) = NODE (I,J) ให้บันทึกค่า

CUTPB (IC) = I

CUTPZ (IC) = J

ข. ถ้าพบว่า บัส q ของศัทลายน์เท่ากับโหนดลำดับที่ I คือพบว่า

CUTQ (IC) = NODE (I,J) ให้บันทึกค่า

CUTQB (IC)= I

CUTQZ (IC)= J

เสร็จแล้วกลับไปทำขั้นตอนที่ 1 ใหม่ จนครบจำนวนศัทลายน์

สัญญลักษณ์ที่ใช้ในโปรแกรม มีดังนี้

CUTPB คือดัชนีที่ชี้ว่า บัส p ของศัทลายน์ต่ออยู่กับโหนดลำดับใด

CUTPZ คือดัชนีที่ชี้ว่า บัส p ของศัทลายน์ต่ออยู่กับโซนใด

CUTQB คือดัชนีที่ชี้ว่า บัส q ของศัทลายน์ต่ออยู่กับโหนดลำดับใด

CUTQZ คือดัชนีที่ชี้ว่า บัส q ของศัทลายน์ต่ออยู่กับโซนใด

โฟลชาร์จแสดงตามรูปที่ 4.5

4.2.3 <u>การจัดข้อมูลของบัสให้อยู่ในกลุ่มโซนเดียวกัน</u>

โปรแกรมส่วนนี้ จะจัดกลุ่มข้อมูลของบัสให้แบ่งเป็นโซน และเรียงลำดับใหม่ให้ข้อมูลของบัสอยู่ตรงตามโหนดที่ได้จัดเรียงใหม่ไปแล้ว

ขั้นตอนของโปรแกรมเป็นดังนี้

1. เริ่มจากบัส N = 1,2....NOBUS (บัสเดิมซึ่งยังไม่ได้จัด)
2. ตรวจหาจากโซน J = 1,2...NOZONE
3. ตรวจหาจากทุกโหนด I ในโซน Jว่า บัส N= โหนด I หรือไม่ โดยตรวจว่า BUS (N) = NODE(I,J) หรือไม่

ก. ถ้า BUS(N) ≠ NOED (I,J) ให้กลับไปทำขั้นตอนที่ 2 สำหรับโซน J ถัดไป

ข. ถ้า BUS (N)= NODE (I,J) ให้บันทึกค่า

TYPEZ (I,J) = TYPE(N)

VOLTZ (I,J) = VOLT (N)

VAMXZ (I,J) = VARMAX (N)

VAMNZ (I,J) = VARMIN (N)

STATZ (I,J) = STATC (N)

GENZ (I,J) = GEN (N)

LOADZ (I,J) = LOAD (N)

เสร็จแล้วกลับไปทำขั้นตอนที่ 1 สำหรับบัสอื่น ๆ จนครบจำนวนบัส

สัญญลักษณ์ที่ใช้สำหรับข้อมูลของบัสที่แบ่งโซนแล้ว จะเหมือนสัญญลักษณ์เดิม และตามด้วยอักษร Z ข้อมูลจะเก็บไว้ในรูป 2 มิติ คือ I จะเป็นดัชนีชี้ลำดับของข้อมูลของบัสให้ตรงกับโหนดและ J จะเป็นดัชนีชี้โซน

ข้อมูลเดิมของบัสจะถูกลบเพื่อจะใช้ที่เก็บค่าในหน่วยความจำไว้สำหรับเก็บค่าเมตริก Z_2 ต่อไป ทั้งนี้ เพื่อประหยัดจำนวนหน่วยความจำ

โฟลชาร์จ แสดงตามรูปที่ 4.6

4.2.4 <u>การหาสวิงบัสและสวิงโซน</u>

โปรแกรมส่วนนี้ จะทำการหาว่า สวิงบัสอยู่ตรงตำแหน่งใดของโหนดและอยู่ในโซนใด เมื่อทราบแล้วก็จะบันทึกค่าไว้ เพื่อจะนำค่าไปใช้ในภายหลัง

ขั้นตอนของโปรแกรมเป็นดังนี้

1. เริ่มต้นจากโซน J
2. ตรวจสอบหาทุก ๆ โหนด I ในโซน J ถ้าพบว่า TYPEZ (I,J) = 3 แล้ว ให้บันทึกค่า

ISWB = I

ISWZ = J

ถ้าไม่พบให้หาในโซน J อื่นจนพบ

สัญญลักษณ์ที่ใช้

ISWB คือ ดัชนีที่บอกว่าสวิงบัสอยู่ในตำแหน่งใดของ NODE

ISWZ คือ ดัชนีที่บอกว่าสวิงบัสอยู่ในโซนใด

โฟลชาร์จแสดงตามรูปที่ 4.7

4.2.5 <u>โปรแกรมสร้างเมตริก Z_2</u>

โปรแกรมส่วนนี้อยู่ในสับรูทีน STEP 2 A การสร้างเมตริก Z_2 ใช้วิธีการตามหัวข้อ 3.4 คือไม่ต้องใช้ทรานส์ฟอร์มเมชั่นเมตริก C_{Tc} โดยโปรแกรมจะเป็นสิ่งกำหนดทิศทางการไหลของกระแสในคัทลายน์ โดยให้กระแสคัทลายน์ไหลเข้าไปในโซนที่พบคัทลายน์นั้นก่อน และไหลออกจากโซนที่พบคัทลายน์ทีหลัง (ในโปรแกรมนี้ โซนที่มีลำดับต่ำกว่าจะพบคัทลายน์ก่อน)

ขั้นตอนการทำงานเป็นดังนี้

1. เริ่มจากโซน J = 1,2....NOZONE
2. เลือกคัทลายน์ IC = 1,2...NOCUT
3. หาว่า บัส p หรือบัส q ของคัทลายน์อยู่ในโซน J หรือไม่
   ก. ถ้าไม่พบให้กลับไปขั้นตอนที่ 2
   ข. ถ้าพบให้ทำขั้นตอนที่ 4
4. ตรวจว่าคัทลายน์ IC เคยผ่านขั้นตอนที่ 5 มาแล้ว หรือยัง โดยตรวจว่า CUTF (IC) = 9999 หรือไม่

ก. ถ้า CUTF (IC) = 9999 ให้ทำขั้นตอนที่ 6

ข. ถ้า CUTF (IC) ≠ 9999 ให้ทำขั้นตอนที่ 5

5. แทนค่าสมาชิกในแถวตั้ง ICของ Z_2ด้วย สมาชิกในแถวตั้ง I ของ Z_1 (I คือดัชนีบอกตำแหน่งของโหนดที่ศัทลายน์ต่ออยู่) และกำหนดค่า CUTF (IC) = 9999 แล้วกลับไปทำขั้นตอนที่ 2

6. แทนค่าสมาชิกในแถวตั้ง IC ของ Z_2ด้วยสมาชิกในแถวตั้ง I ของ Z_1 (I คือดัชนีบอกตำแหน่งของโหนดที่ศัทลายน์ต่ออยู่) และ เปลี่ยนเครื่องหมายเป็นตรงข้าม แล้วกลับไปทำขั้นตอนที่ 2

7. กลับไปทำขั้นตอนที่ 1จนครบทุกโซน

สัญญลักษณ์ที่ใช้ในโปรแกรมมีดังนี้

Z2 ได้บันทึกค่าไว้ในรูปขบวนมี 3 มิติ คือ Z2 (L,IC,J)

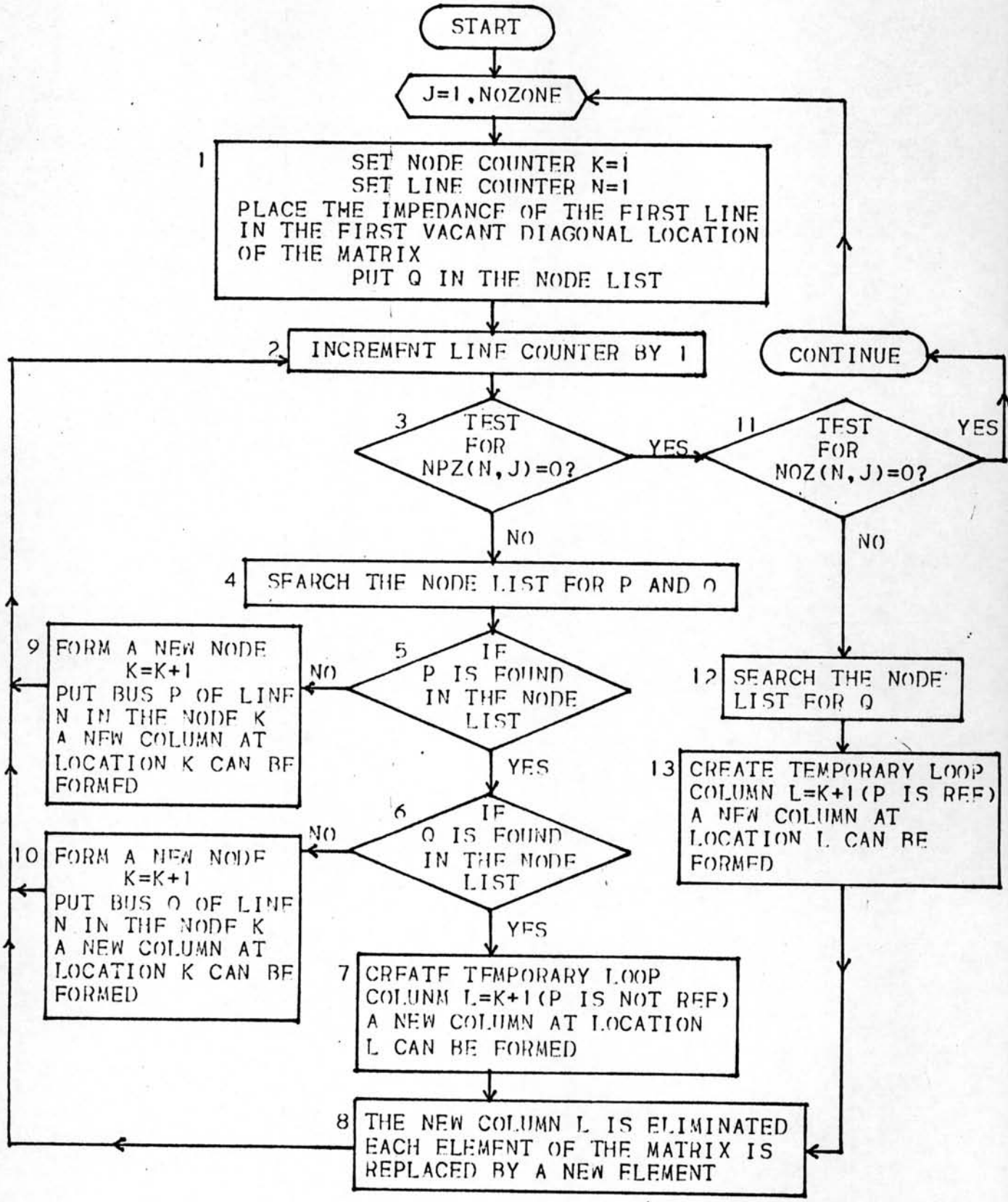
โดยที่ L คือดัชนีบอกแถวนอนมีค่าสูงสุดเท่ากับจำนวนโหนดในโซน

IC คือดัชนีบอกแถวตั้ง มีค่าสูงสุดเท่ากับจำนวนศัทลายน์

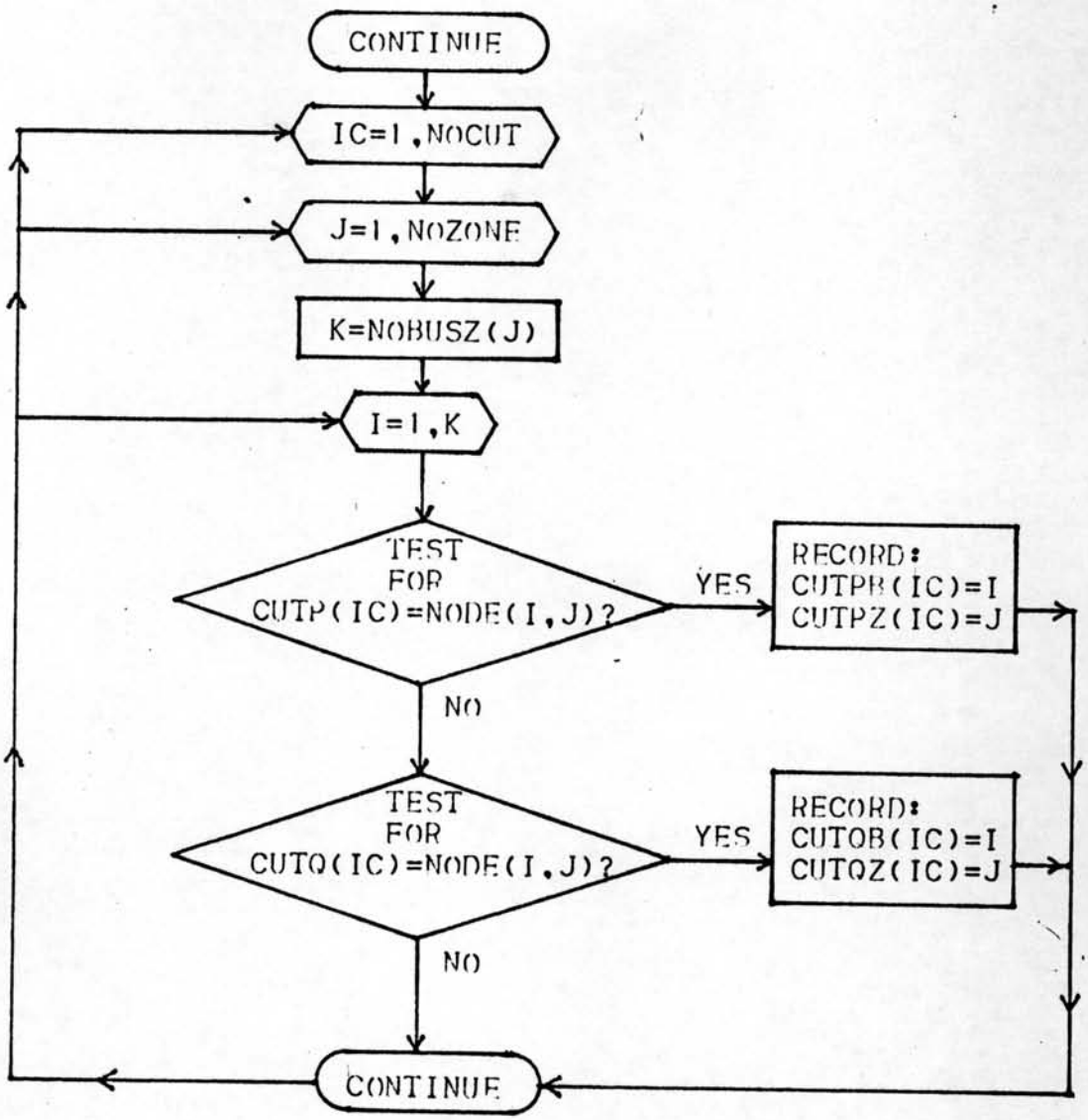
J คือดัชนีบอกโซน

CUTF คือเครื่องหมายของศัทลายน์กำหนดไว้เพื่อตรวจสอบว่าศัทลายน์ถูกตรวจพบแล้วหรือยัง

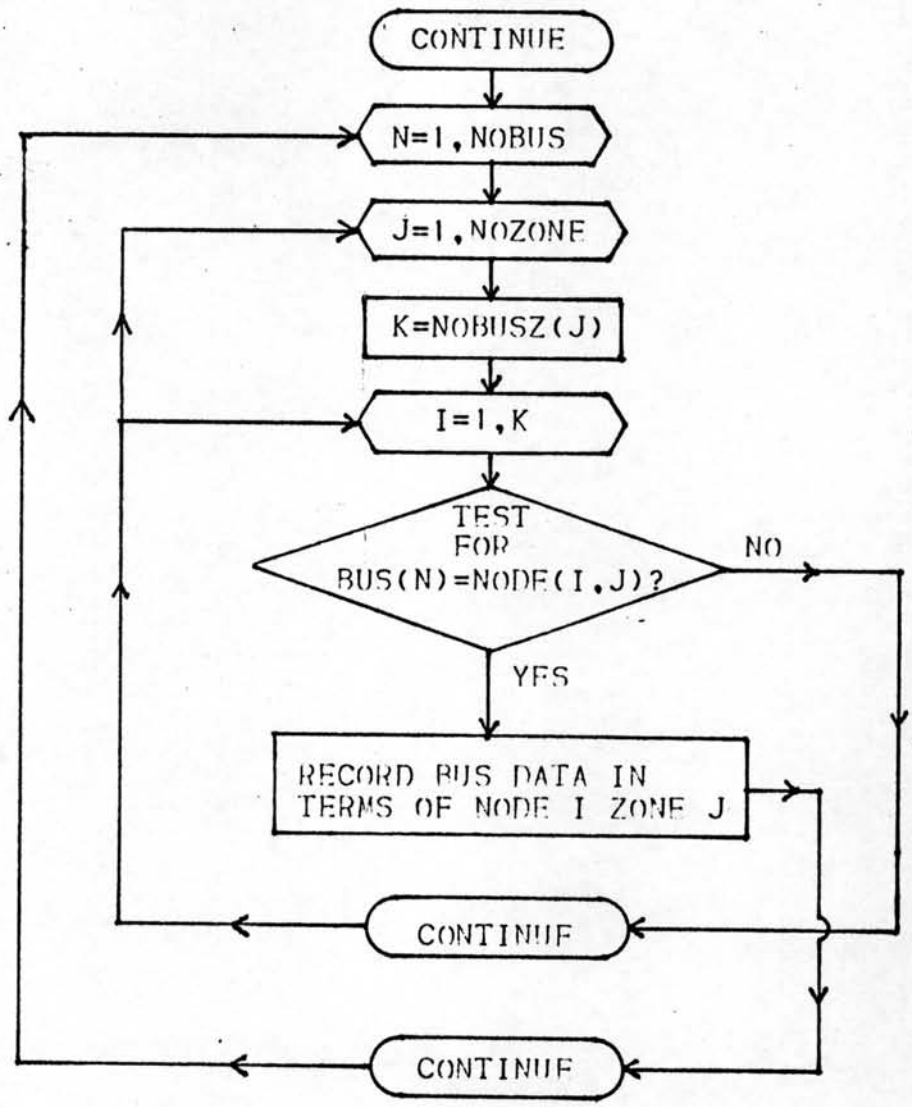
โฟลชาร์จแสดงตามรูปที่ 4.8



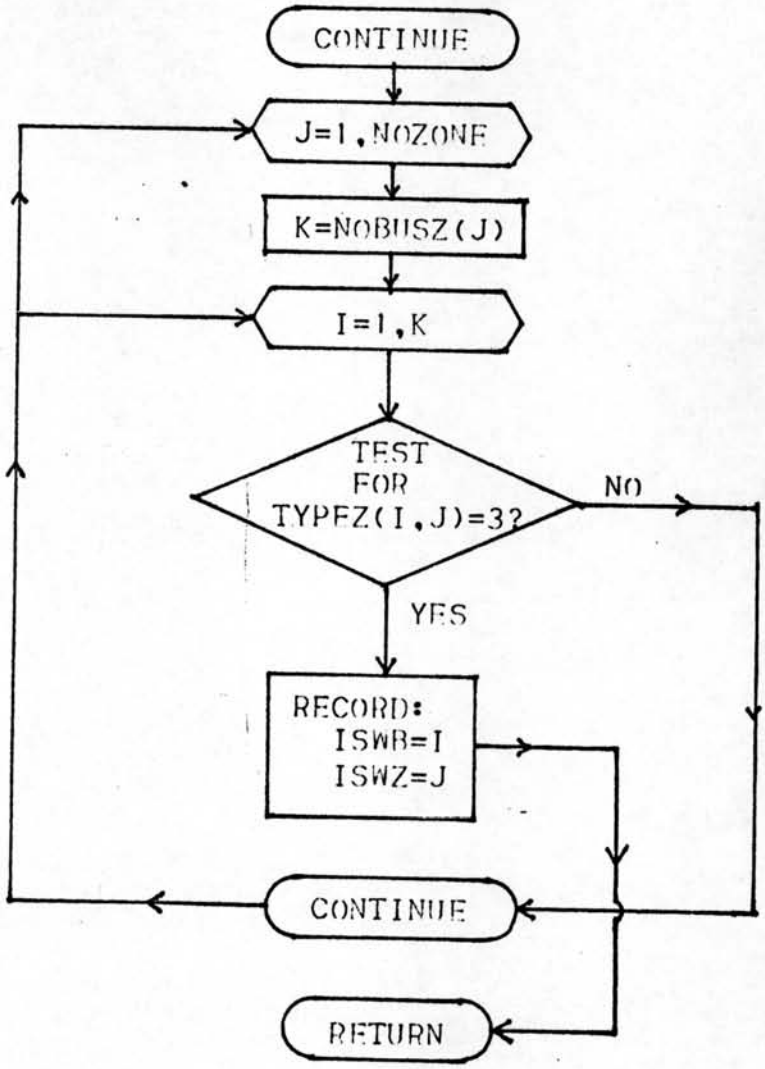
รูปที่ 4.4 โฟลชาร์จแสดงการสร้างเมตริก Z_1



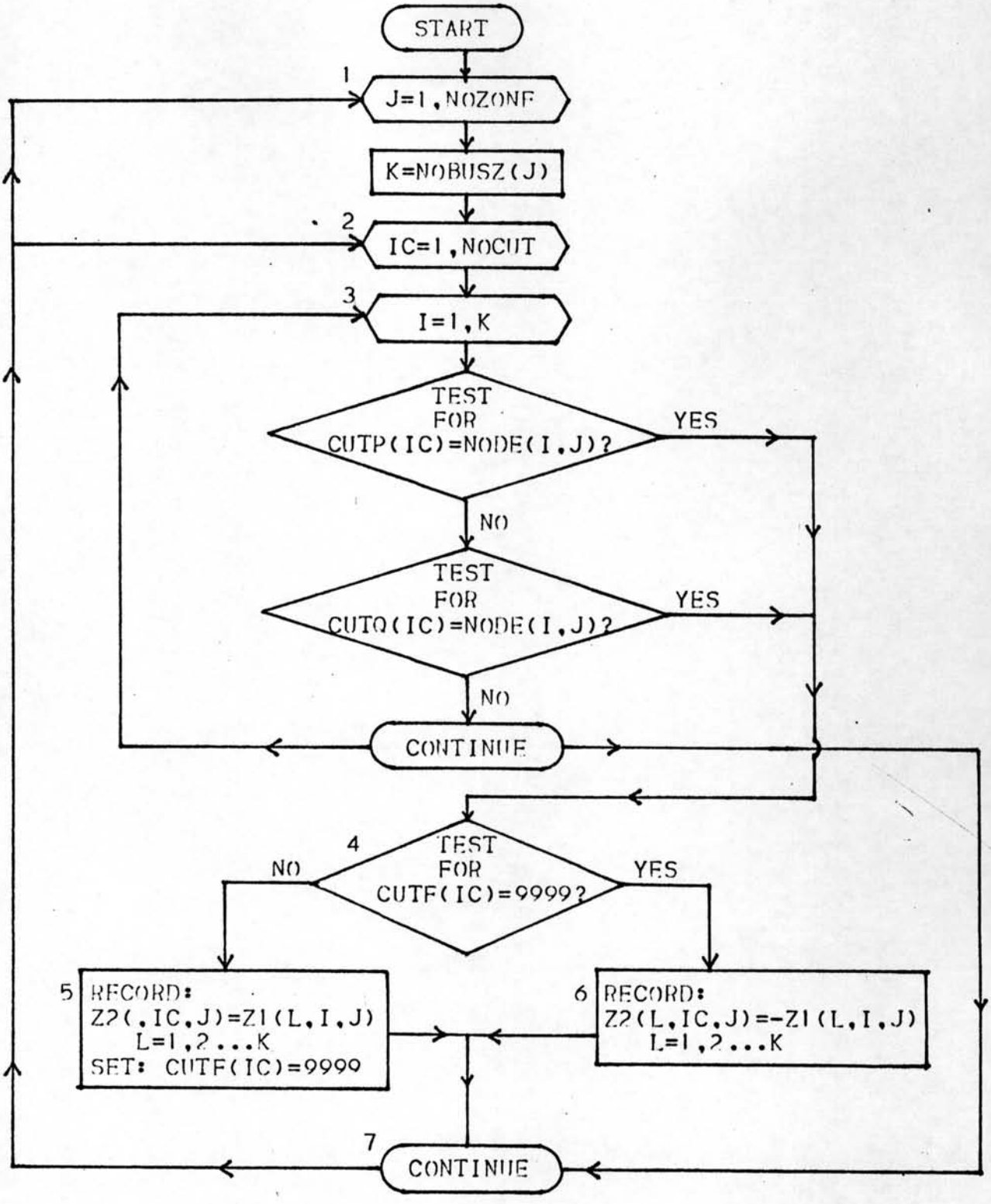
รูปที่ 4.5 โฟลชาร์จแสดงการหาตำแหน่งของคัทลายน์



รูปที่ 4.6 โฟลชาร์จแสดงการจัดข้อมูลของบัสให้อยู่ในกลุ่มโซนเดียวกัน



รูปที่ 4.7 โฟลชาร์จแสดงการหาสวิงบัสและสวิงโซน



รูปที่ 4.8 โฟลชาร์จแสดงการสร้างเมตริก z_2

4.3 การสร้างเมตริก Z_4 และ Y_4

โปรแกรมส่วนนี้อยู่ในสับรูทีน STEP 3 ประกอบด้วยขั้นตอนการคำนวณหา Z_4, Y_4, Z_s และ Z_{DD} ซึ่งรายละเอียดแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

4.3.1 โปรแกรมสร้างเมตริก Z_4

เมตริก Z_4 หาได้โดยตรงจากเมตริก Z_2 ตามวิธีที่แสดงในหัวข้อ 3.4

ขั้นตอนการทำงานเป็นดังนี้

1. เริ่มจากโซน J = 1,2.....NOZONE
2. เลือกคัทลายน์ IC = 1,2....NOCUT
3. หาว่าบัส p หรือบัส q ของคัทลายน์อยู่ในโซน J หรือไม่
   - ก. ถ้าไม่พบ กลับไปทำขั้นตอนที่ 2
   - ข. ถ้าพบให้ทำขั้นตอนที่ 4
4. ตรวจว่า คัทลายน์ IC เคยผ่านขั้นตอนที่ 5 มาแล้วหรือยัง โดยตรวจว่า CUTF (IC) = 8888 หรือไม่
   - ก. ถ้า CUTF (IC) = 8888 ให้ทำขั้นตอนที่ 6
   - ข. ถ้า CUTF (IC) ≠ 8888 ให้ทำขั้นตอนที่ 5
5. บวกค่าสมาชิกในแถวนอน IC ของ Z_4 ด้วยสมาชิกในแถวนอน I ของ Z_2 (I คือดัชนีบอกตำแหน่งของโหนดที่คัทลายน์ต่ออยู่) และกำหนดค่า CUTF (IC) = 8888 แล้วกลับไปทำขั้นตอนที่ 2
6. ลบค่าสมาชิกในแถวนอน IC ของ Z_4 ด้วยสมาชิกในแถวนอน Iของ Z_2 (I คือดัชนีบอกตำแหน่งของโหนดที่คัทลายน์ต่ออยู่)

7. กลับไปทำขั้นตอนที่ 1 จนครบทุกโซน

8. เมื่อทำครบทุกคัทลายน์แล้ว ให้บวกสมาชิกบนแนวทะแยงของ Z_4 ด้วยค่าอิมพิแดนซ์ของคัทลายน์

สัญญลักษณ์ที่ใช้ในโปรแกรม

Z_4 บันทึกค่าไว้ในรูปของขวน มี 2 มิติ เป็นเมตริกจัตุรัส (Square Matrix) มีจำนวนแถวนอนและแถวตั้งเท่ากับคัทลายน์ และเป็นซิมเมตริก (Symmetrix) แต่ละแถวตั้งสัมพันธ์กับคัทลายน์ ค่าสมาชิกบนแนวทะแยงคือผลรวมของไดรวิ่งพอยนท์อิมพิแดนซ์ ของบัสทั้งสอง ที่คัทลายน์เชื่อมอยู่บวกกับค่าอิมพิแดนซ์ของคัทลายน์ ส่วนค่าสมาชิกนอกแนวทะแยง เป็นผลของมิวช่วลระหว่างบัสกับคัทลายน์

โฟลชาร์จแสดงตามรูปที่ 4.9

4.3.2 <u>โปรแกรมหาเมตริก Y_4</u>

เมตริก Y_4 หาได้จากส่วนกลับของเมตริก Z_4 การหาส่วนกลับของเมตริกใช้หลักการตามหัวข้อที่ 3.5

ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมเป็นดังนี้

1. เริ่มจากแถวนอนและแถวตั้งแรก ค่า Y_4 จะเท่ากับส่วนกลับของ Z_4

$$Y4\ (1,1) = \frac{1.0}{Z_4(1,1)}$$

2. เพิ่มแถวนอนและแถวตั้ง ครั้งละ 1 แถว โดยมีดัชนีคือ N

3. หาผลคูณระหว่าง Y_4 กับแถวตั้ง ที่ N ของ Z_4 และเก็บค่าไว้ใน D

$$D\ (I) = \sum_{J=1}^{(N-1)} Y4\ (I,J) \times Z4\ (J,N)$$

โดยที่ I = 1,2...(N-1)

4. หาผลคูณระหว่างแถวนอนที่ N ของ Z_4 กับ D และเก็บค่าไว้ใน DD

$$DD = \sum_{I=1}^{(N-1)} Z4\ (N,I) \times DD\ (I)$$

5. หาค่าสมาชิก (N,N) ของ Y_4 ได้ดังนี้

$$Y4\ (N,N) = \frac{1}{Z4\ (N,N)-DD}$$

6. หาค่าสมาชิกในแถวตั้งที่ N ของ Y_4 ได้ดังนี้

$$Y4\ (I,N) = -D\ (I) \times Y4\ (N,N)$$

โดยที่ I = 1,2....(N-1)

7. สมาชิกในแถวนอนที่ N ของ Y_4 เท่ากับทรานโพส (Tranpost) ของสมาชิกในแถวตั้งที่ N ของ Y_4

8. สมาชิกอื่น ๆ ใน Y_4 หาได้ดังนี้

$$Y4\ (I,J) = Y4\ (I,J) - D\ (I) \times Y4\ (N,J)$$

โดยที่

J = 1,2....(N-1)

I = 1,2....(N-1)

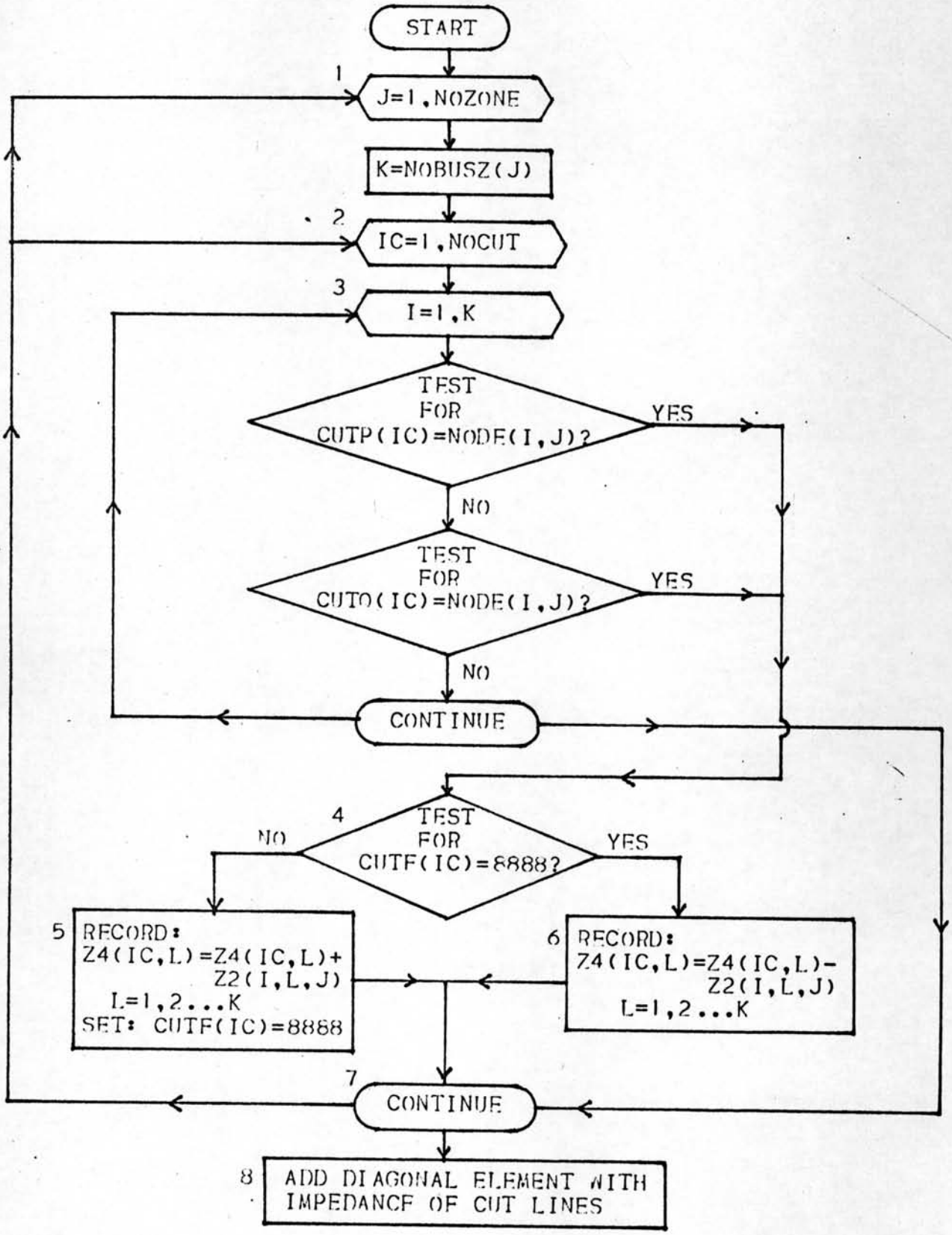
9. กลับไปทำขั้นตอนที่ 2 ใหม่จนครบ N = NOCUT

สัญญลักษณ์ที่ใช้ในโปรแกรม

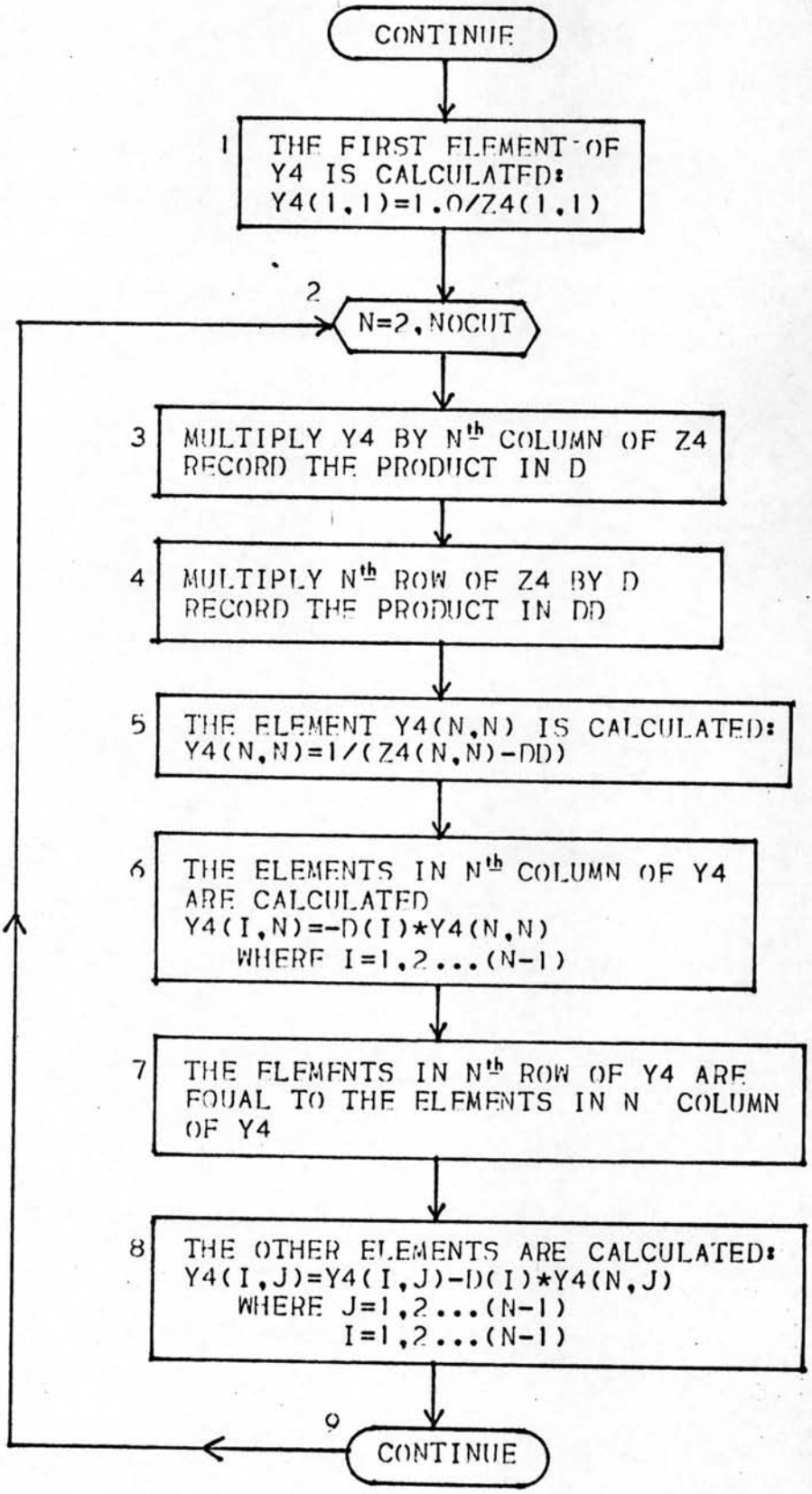
Y4 ได้บันทึกค่าไว้เป็นขบวน มี 2 มิติ ขนาดเดียวกับ Z4

D คือที่เก็บค่าชั่วคราวในระหว่างการคำนวณ บันทึกค่าไว้เป็นขบวน มี 1 มิติ

DD คือตัวแปรที่เก็บค่าชั่วคราวในระหว่างการคำนวณ



รูปที่ 4.9 โฟลชาร์จแสดงการสร้างเมตริก Z_4



รูปที่ 4.10 โฟลชาร์จแสดงการหาค่าเมตริก Y_4

โฟลชาร์จ แสดงตามรูปที่ 4.10

4.3.3 โปรแกรมหาเมตริก Z_s

ในการวิเคราะห์โหลดโฟล โดยใช้บัสอิมพิแดนซ์เมตริกนั้น แรงดันไฟฟ้าที่สวิงบัสจะต้องรักษาให้คงที่ เมื่อกระแสที่บัสอื่นเปลี่ยนไป กระแสที่สวิงบัส จะต้องเปลี่ยนแปลงไปด้วยตามสมการที่ (2.18)

$$\Delta I_s = -\frac{Z_{sn}}{Z_{ss}} \cdot \Delta I_n$$

ตามวิธีของไดคอปติก เราแบ่งระบบออกเป็นส่วนย่อย ค่าบัสอิมพิแดนซ์เมตริกของระบบรวมไม่ได้หาไว้ แต่ความสัมพันธ์ของกระแสที่บัสอื่นกับกระแสที่สวิงบัสหาได้จากความสัมพันธ์ของสมาชิกบนแกนสวิงบัสของบัสอิมพิแดนซ์เมตริกของระบบรวม ดังนั้นจะต้องคำนวณหาและเก็บค่าไว้ใน Z_s ซึ่งบัสอิมพิแดนซ์เมตริกของระบบรวม หาได้จากสมการดังนี้

$$Z_{BUS} = Z_1 - Z_2 \, Y_4 \, Z_2^t$$

ในการหาค่า Z_s จะไม่หา Z_{BUS} ทั้งหมด แต่จะหาเฉพาะบางส่วนที่ใช้งาน ซึ่งขั้นตอนการหาเป็นดังนี้

1. หาผลคูณของ Y_4 ทั้งหมด กับ Z_2^t เฉพาะแถวตั้งในแนวแกนสวิงบัส และเก็บค่าไว้ใน VECTOR (เนื่องจากค่าสมาชิกในแถวตั้งของ Z_2^t เท่ากับค่าสมาชิกในแถวนอนของ Z_2 ดังนั้น จึงคูณ Y_4 ทั้งหมดกับแถวนอนในแนวแกนสวิงบัสของ Z_2)

$$\text{VECTOR (IC)} = \sum_{L=1}^{NOCUT} \text{Y4 (IC,L)} \times \text{Z2 (ISWB,L,ISWZ)}$$

โดยที่

IC = 1,2....NOCUT

2. หาผลคูณของ Z_2 กับ VECTOR และเก็บค่าไว้ใน Z_s

$$ZS(I,J) = \sum_{L=1}^{NOCUT} Z2(I,L,J) \times VECTOR(L)$$

โดยที่

I = 1,2.....NOBUSZ (J)

J = 1,2.....NOZONE

3. ค่า Z_s ที่ได้ก็คือ ผลคูณของ $Z_2 Y_4 Z_2^t$ ซึ่งเก็บค่าเฉพาะในแนวแกนของสวิงบัส ค่า Z_s จะต้องนำไปคำนวณต่อไปนี้

ก.สมาชิกของ Z_s ที่อยู่ในสวิงโซนทำดังนี้

ZS (I,ISWZ) = Z1 (ISWB,I,ISWZ) - ZS (I,ISWZ)

โดยที่

I = 1,2....NOBUS (ISWZ)

ข. สมาชิกของ Z_s ที่อยู่นอกสวิงโซน ทำดังนี้

ZS (I,J) = -ZS (I,J)

โดยที่

I = 1,2.....NOBUS (J)

J = 1,2.....NOZONE, J ≠ ISWZ

โฟลชาร์จแสดงตามรูปที่ 4.11

การเก็บค่า Z_s แสดงตามรูปที่ 4.12

สัญญลักษณ์ที่ใช้ในโปรแกรม

ZS ได้บันทึกค่าไว้เป็นขบวน มี 2 มิติ คือ ZS(I,J), I เป็นดัชนีซึ่งบอกโหนด, J เป็นดัชนีซึ่งบอกโซน

VECTOR เป็นขบวนซึ่งมี 1 มิติ เป็นที่เก็บค่าชั่วคราวระหว่างการคำนวณ

4.3.4 โปรแกรมหาเมตริก Z_{DD}

Z_{DD} เป็นสมาชิกแนวทะแยงของ บัสอิมพิแดนซ์เมตริก ของระบบรวมทั้งหมด ซึ่งจะต้องหาค่าไว้ใช้ในการคำนวณหากระแสที่บัส ในกรณีที่บัสนั้นเป็นบัสควบคุมแรงดัน ซึ่งจากสมการที่ (2.22) จะเห็นว่า จะต้องใช้ค่า $\left[Z_{nn} - \frac{Z^2_{ns}}{Z_{ss}} \right]$ ซึ่งค่า Z_{nn} ก็คือ สมาชิกตัวหนึ่งใน Z_{DD} นั่นเอง เพื่อสะดวกในการเรียกค่าไปใช้ในระหว่างทำอีเทอเรทีฟ ค่าใน Z_{DD} จะคำนวณเก็บไว้ใหม่ ดังนี้

$$Z_{DD} = Z_{nn} - \frac{Z^2_{ns}}{Z_{ss}}$$

ขั้นตอนการคำนวณหาเป็นดังนี้

1. หาผลคูณของ $Z_2 Y_4 Z_2^t$ เก็บค่าเฉพาะสมาชิกในแนวทะแยงไว้ใน Z_{DD}
2. หาค่า Z_{DD} ใหม่ โดยลบ Z_{DD} ออกจากสมาชิกในแนวทะแยงของ Z_1 เก็บค่าไว้ใน Z_{DD}
3. คำนวณ Z_{DD} ใหม่ ดังนี้

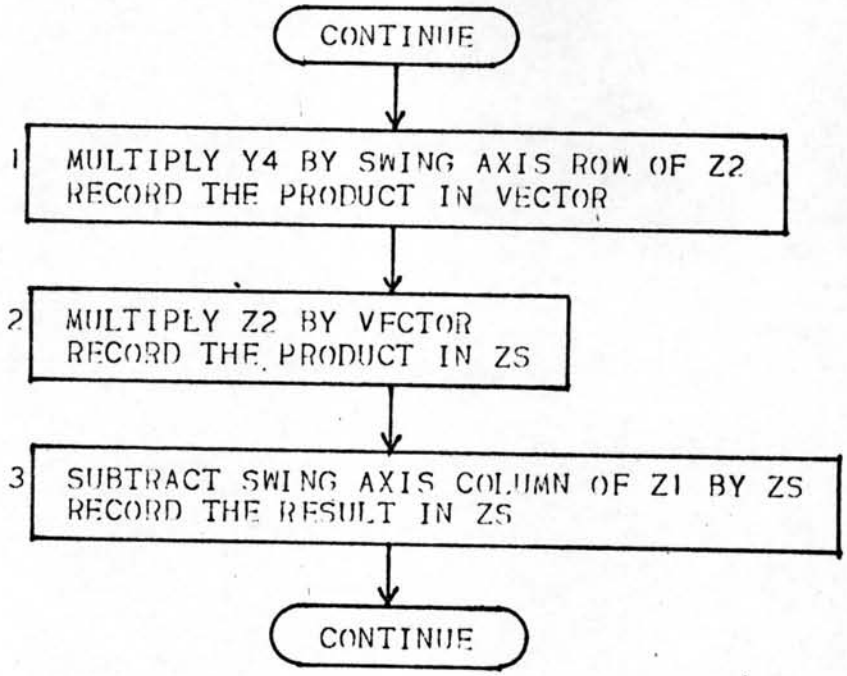
$$ZDD(I,J) = ZDD(I,J) - \frac{ZS(I,J) \times ZS(I,J)}{ZS(ISWB,ISWZ)}$$

โดยที่

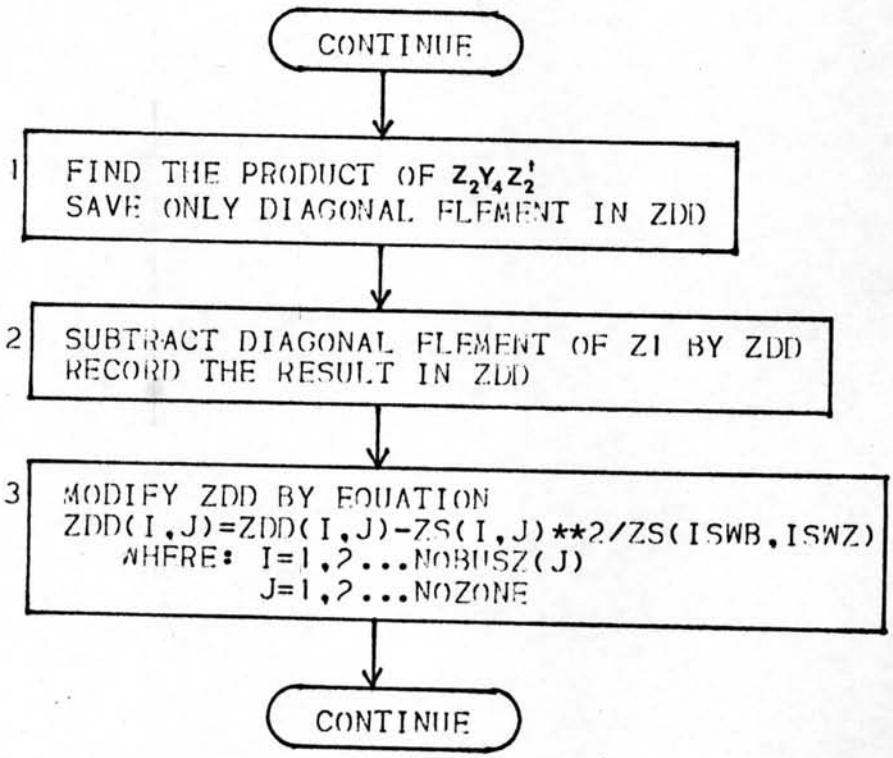
I = 1,2.....NOBUSZ (J)

J = 1,2.....NOZONE

โฟลชาร์จ แสดงตามรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.11 โฟลชาร์จแสดงการหาเมตริก Z_s



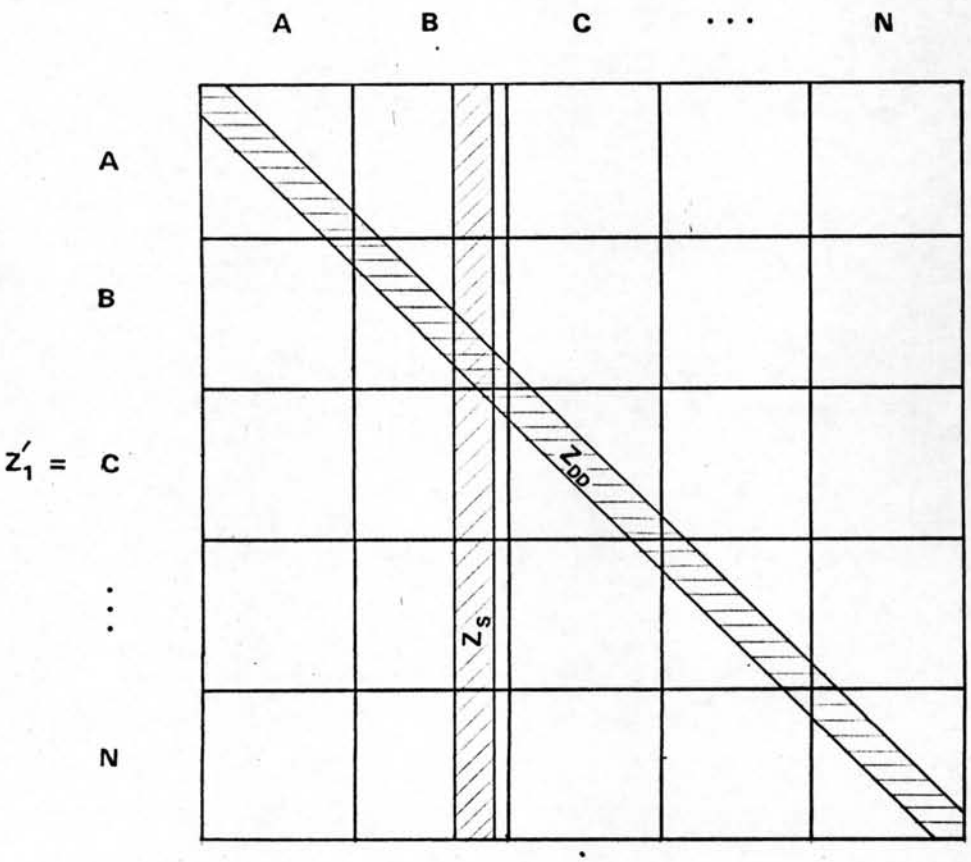
รูปที่ 4.13 โฟลชาร์จแสดงการหาเมตริก Z_{DD}

การเก็บค่า Z_{DD} แสดงตามรูปที่ 4.12

สัญญลักษณ์ที่ใช้ในโปรแกรม

ZDD ได้บันทึกค่าไว้ในรูปของอาเรย์ มี 2 มิติ คือ ZDD (I,J)

I เป็นดัชนี ซึ่งบอกโหนด, J เป็นดัชนีซึ่งบอกโซน



รูปที่ 4.12 แสดงการเก็บค่าเมตริก Z_s และ Z_{DD}

4.4 การกำหนดค่าเริ่มต้น

ตัวแปรที่ใช้ในการหาผลลัพธ์ ประกอบด้วย $E_T, E_T^{(0)}$, I_T และ I_T' ซึ่ง E_T เป็นค่าที่ต้องการหา ส่วนค่า I_T กำหนดในรูปของพลังไฟฟ้า ซึ่งยังไม่ทราบค่าแน่นอน เนื่องจากยังไม่ทราบค่า E_T ดังนั้น การหาผลลัพธ์ จะต้องใช้วิธีอิเทอเรทีฟ ร่วมกับสมการ 6 ขั้นตอน ตามที่อธิบายในหัวข้อ 3.4 สำหรับโปรแกรมส่วนนี้ จะทำการหาค่าเริ่มต้น ก่อนที่จะทำอิเทอเรทีฟต่อไป ซึ่งขั้นตอนการหาเป็นดังนี้

1. สมมุติค่าแรงดัน E_T ให้เท่ากับ VOLTZ ที่หาไว้แล้ว

$$ET\ (I,J) = VOLTZ\ (I,J) + j\ 0.0$$

โดยที่

$$I = 1,2....NOBUSZ\ (J)$$

$$J = 1,2....NOZONE$$

2. เปลี่ยนค่าโหลดให้เป็นกราวนด์-ทาย อิพิแดนซ์ โดยใช้ค่าแรงดัน E_T ที่สมมุติ

$$ZLN\ (I,J) = \frac{ET\ (I,J)^2 \times BASMVA}{LOADZ\ (I,J)^*}$$

โดยที่

$$I = 1,2....NOBUSZ\ (J)$$

$$J = 1,2....NOZONE$$

3. หาค่ากระแส I_T ซึ่งเกิดจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

$$A\ (I,J) = \left[\frac{GENZ\ (I,J)}{ET\ (I,J) \times BASMVA}\right]^*$$

โดยที่

I = 1,2.....NOBUSZ (J), I ≠ ISWB

J = 1,2.....NOZONE

4. หากระแสที่สวิงบัส จากสมการที่ (2.9) ได้ว่า

$$I_s = \frac{E_s}{Z_{ss}} - \frac{Z_{s1}}{Z_{ss}} \cdot I_1 - \frac{Z_{s2}}{Z_{ss}} \cdot I_2 - \cdots - \frac{Z_{sn}}{Z_{ss}} \cdot I_n$$

เขียนในโปรแกรมได้ดังนี้

$$SUM = \sum_{\substack{I=1,\ I \neq ISWB \\ J=1}}^{\substack{NOZONE \\ NOBUSZ\ (J)}} ZS\ (I,J) \times A\ (I,J)$$

$$A\ (ISWB,\ ISWZ) = \frac{ET\ (ISWB,ISWZ) - SUM}{ZS\ (ISWB,ISWZ)}$$

5. คำนวณค่า $E_T^{(0)}$ จากสมการดังนี้

$$E_T^{(0)} = Z_1 I_T$$

เขียนในโปรแกรมได้ดังนี้

$$ECUT\ (I,J) = \sum_{L=1}^{NOBUSZ\ (J)} Z1\ (I,L,J) \times A(L,J)$$

โดยที่

I = 1,2....NOBUSZ (J)

J = 1,2....NOZONE

6. คำนวณหาแรงดันคร่อมคัทลายน์ e'_c จากผลต่างของ $E_T^{(0)}$ ของบัสที่คัทลายน์เชื่อมอยู่

ก. หาบัสและโซนที่คัทลายน์ IC เชื่อมอยู่

IP = CUTPB (IC)

IQ = CUTQB (IC)

JP = CUTPZ (IC)

JQ = CUTQZ (IC)

ข. กำหนดให้โซนที่มีลำดับสูงกว่าเป็นปลายส่ง (Sending End) และโซนที่มีลำดับต่ำกว่าเป็นปลายรับ (Receiving End) ของคัทลายน์

ถ้า JP > JQ :

EC (IC) = ECUT (IP, JP) - ECUT (IQ,JQ)

ถ้า JP < JQ :

EC (IC) = ECUT (IQ,JQ) - ECUT (IP,JP)

IC = 1,2....NOCUT

7. คำนวณหากระแสวงรอบปิด i_c จากสมการ

$$i_c = Y_4 e'_c$$

เขียนในโปรแกรมดังนี้

$$AC(IC) = \sum_{I=1}^{NOCUT} Y4(IC,I) \times EC(I)$$

โดยที่

IC = 1,2.....NOCUT

8. คำนวณหากระแส I'_T จากการกำหนดเครื่องหมาย i_c

ก. หาบัสและโซนที่คัทลายน์ IC เชื่อมอยู่

IP = CUTPB (IC)

IQ = CUTQB (IC)

JP = CUTPZ (IC)

JQ = CUTQZ (IC)

ข. กำหนดให้โซนที่มีลำดับสูงกว่าเป็นปลายส่งและโซนที่มีลำดับต่ำกว่า เป็นปลายรับของคัทลายน์

ถ้า JP > JQ :

ACUT (IP,JP) = ACUT (IP,JP)-AC (IC)

ACUT (IQ,JQ) = ACUT (IQ,JQ)+AC (IC)

ถ้า JP < JQ :

ACUT (IP,JP) = ACUT (IP,JP)+ AC (IC)

ACUT (IQ,JQ) = ACUT (IQ,JQ)-AC (IC)

โฟลชาร์จ แสดงตามรูปที่ 4.14

สัญญลักษณ์ที่ใช้ในโปรแกรม

ET คือ แรงดันคร่อมบัน (E_T) เก็บค่าไว้ในรูปขบวน มี 2 มิติ

ECUT คือ แรงดันคร่อมบัส เมื่อไม่รวมผลจากกระแสคัทลายน์ ($E_T^{(0)}$) เก็บค่าไว้ในรูปขบวน มี 2 มิติ

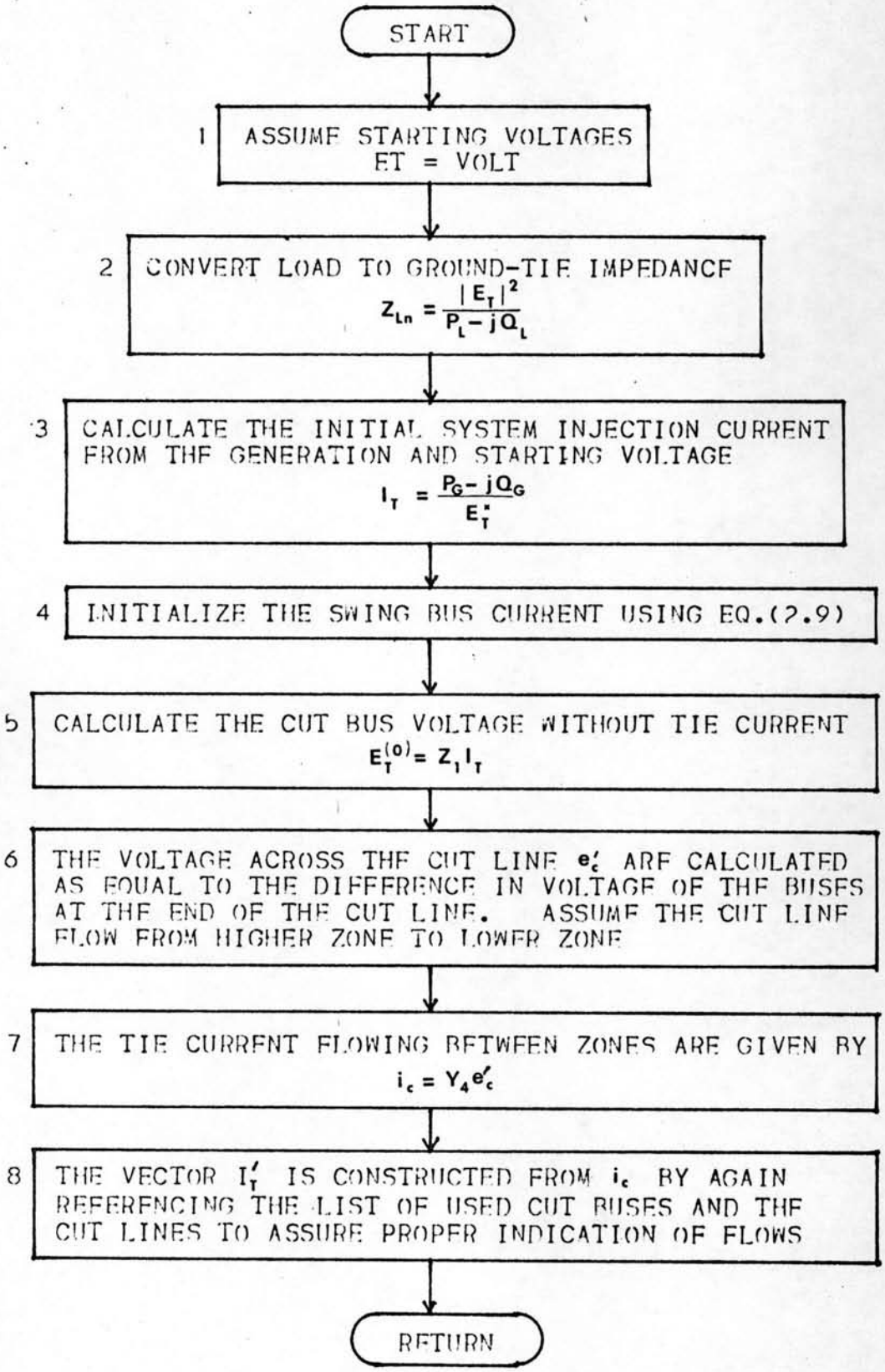
EC คือ แรงดันคร่อมคัทลายน์ (e'_C) เก็บค่าไว้ในรูปขบวน มี 1 มิติ

A คือกระแสบัสเนื่องจากแหล่งกำเนิดกระแส (I_T) เก็บค่าไว้ในรูปขบวน มี 2 มิติ

ACUT คือกระแสบัส เนื่องจากคัทลายน์ (I'_T) เก็บค่าไว้ในรูปขบวน มี 2 มิติ

AC คือกระแสในคัทลายน์ (i_c) เก็บค่าไว้ในรูปขบวน มี 1 มิติ

ZLN คือกราวนด์-ทายอิมพิแดนซ์ เป็นอิมพิแดนซ์ที่สมมูลย์กับโหลด เก็บไว้ในรูปขบวน มี 2 มิติ



รูปที่ 4.14 โฟลชาร์จแสดงกรรกำหนดค่าเริ่มต้นของแรงดันและกระแส

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5 การหาผลลัพธ์ของแรงดันโดยวิธีอิเทอเรทีฟ

โปรแกรมส่วนนี้ เป็นส่วนสำคัญในการหาผลลัพธ์ ซึ่งจะต้องใช้วิธีอิเทอเรทีฟ ขั้นตอนการหาเป็นดังนี้

1. กำหนดจำนวนรอบของการทำอิเทอเรทีฟเป็นศูนย์

   ITERN = 0

2. กำหนดค่าผลรวมของกระแสที่เปลี่ยนแปลงในสวิงบัส ($\sum|\Delta I_s|$) เป็นศูนย์

   DASSUM = 0

3. เริ่มจากบัส N ในโซน J ถ้าบัส N เป็นสวิงบัส ให้ข้ามไปทำบัสอื่นต่อไป

4. คำนวณหาค่า E_T และ $E_T^{(0)}$ ของบัส N ดังนี้

   ก. $ETO = \sum_{I=1}^{K} Z1\ (N,I,J) \times A\ (I,J)$

   ข. $ET1 = \sum_{I=1}^{K} Z1\ (N,I,J)) \times ACUT\ (I,J)$

   ค. ET (N,J) = ETO + ET1

   ง. ECUT (N,J) = ETO

ในที่นี้

ET (N,J) คือค่า E_T ของบัส N

ECUT (N,J) คือค่า $E_T^{(0)}$ ของบัส N

ETO และ ET1 เป็นที่เก็บค่าชั่วคราว

K คือจำนวนบัสในโซน J

5. ตรวจสอบว่า บัส N เป็น บัสควบคุมแรงดันหรือไม่

ก. ถ้าใช่คือ TYPEZ (N,J) = 2 ให้ทำขั้นตอนที่ 6

ข. ถ้าไม่ใช่คือ TYPEZ (N,J)≠ 2 ให้ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 7

6.คำนวณหาค่าพลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่พอดี ทำให้ E_T ของบัส N มีขนาดเท่ากับแรงดันที่กำหนด ดังนี้

ก. เปลี่ยนค่าขนาดแรงดันที่กำหนดให้เป็นเลขเชิงซ้อน

$$ETO = VOLTZ\ (N,J) \times \frac{ET\ (N,J)}{|ET\ (N,J)|}$$

ข. คำนวณหาค่า I_T ของบัส N ตามสมการ (2.22)

$$DAN = \frac{ETO - ET\ (N,J)}{ZDD\ (N,J)}$$

ค. คำนวณค่าพลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่ต้องการที่บัส N ตามสมการ (2.23)

$$QGN = \mathfrak{Im}\left[ETO\ (A\ (N,J) + DAN)^* - \frac{|ETO|^2}{ZLN\ (N,J)^*} \right] \times BASMVA + \mathfrak{Im}\left[LOADZ\ (N,J) \right]$$

ง. ตรวจสอบว่า ถ้าพลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ ที่หาได้เกิดขีดจำกัด ที่กำหนดให้ ใช้ค่าที่กำหนดนั้น

ถ้า QGN > VAMXZ (N,J) ปรับค่า QGN = VAMXZ (N,J)

ถ้า QGN < VAMNZ (N,J) ปรับค่า QGN = VAMNZ (N,J)

จ. ถ้าพลังไฟฟ้ารีแอคทีฟอยู่ในขีดจำกัดที่กำหนดให้ปรับค่า E_T ของบัส N ใหม่ดังนี้

ET (N,J) = ETO

ฉ. เปลี่ยนค่าพลังไฟฟ้าที่ไหลเข้าบัส N ใหม่ ดังนี้

GENZ (N,J) = Re[GENZ (N,J)] + jQGN

7. คำนวณหาค่า I_Tของบัส N ใหม่ โดยใช้ E_T ที่คำนวณได้จากขั้นตอนที่ 4 ดังนี้

ก. คำนวณหา ΔI_Tของบัส N โดยใช้สมการ (2.14) ลบด้วย I_T เดิม

$$DAN = \left[\frac{GENZ\ (N,J)-LOADZ\ (N,J)}{ET(N,J) \times BASMVA} + \frac{ET(N,J)^*}{ZLN(N,J)^*}\right]^* - A(N,J)$$

ข. คูณค่า ΔI_Tของบัส N ด้วยตัวเร่ง ACC

$$DAN = ACC \times DAN$$

ค. ปรับค่า I_T ของบัส N ใหม่ โดยบวกด้วย ΔI_T ของบัส N

$$A\ (N,J) = A\ (N,J) + DAN$$

8. คำนวณค่ากระแสที่เข้าสวิงบัสใหม่ เนื่องจากผลของการเปลี่ยนค่า I_T ของบัส N

ก. ค่า ΔI_Tของสวิงบัสสัมพันธ์กับ ΔI_T ของบัส N ตามสมการที่ (2.9)

$$DAS = -\frac{ZS\ (N,J)}{ZS\ (ISWB,ISWZ)} \times DAN$$

ข. ปรับค่า I_Tของสวิงบัสใหม่

$$A\ (ISWB,\ ISWZ) = A\ (ISWB,\ ISWZ) + DAS$$

9. คำนวณหาค่า $E_T^{(0)}$ ใหม่ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงกระแส I_T

ก. ผลเนื่องจาก ΔI_Tของบัส N

$$ECUT\ (I,J) = ECUT\ (I,J) + Z1\ (N,I,J) \times DAN$$

โดยที่ I = 1,2....NOBUSZ (J)

ข. ผลเนื่องจาก ΔI_Tของสวิงบัส

$$ECUT\ (I,ISWZ) = ECUT\ (I,ISWZ) + Z1\ (ISWB,I,ISWZ) \times DAS$$

โดยที่ I = 1,2....NOBUSZ (ISWZ)

10. คำนวณหาแรงดันคร่อมคัทลายน์ e_c' จากผลต่างของ $E_T^{(0)}$

ก. หาบัสและโซนที่คัทลายน์ IC เชื่อมอยู่

IP = CUTPB (IC)

IQ = CUTZB (IC)

JP = CUTPZ (IC)

JQ = CUTQZ (IC)

ข. กำหนดให้โซนที่มีลำดับสูงกว่าเป็นปลายส่งและโซนที่มีลำดับต่ำกว่าเป็นปลายรับของคัทลายน์

ถ้า JP > JQ :

EC (IC) = ECUT (IP,JP) - ECUT (IQ,JQ)

ถ้า JP < JQ :

EC (IC) = ECUT (IQ,JQ) - ECUT (IP,JP)

โดยที่ IC = 1,2...NOCUT

11. คำนวณหากระแสวงรอบปิด i_c ใหม่

$$AC(IC) = \sum_{I=1}^{NOCUT} Y4(IC,I) \times EC(I)$$

โดยที่

IC = 1,2...NOCUT

12. คำนวณหากระแส I_T' ใหม่ ดังนี้

ก. หาบัสและโซนที่คัทลายน์ IC เชื่อมอยู่

IP = CUTPB (IC)

IQ = CUTQB (IC)

JP = CUTPZ (IC)

JQ = CUTQZ (IC)

ข. กำหนดให้โซนที่มีลำดับสูงกว่าเป็นปลายส่ง และโซนที่มีลำดับต่ำกว่าเป็นปลายรับของคัทลายน์

ถ้า JP > JQ :

$$ACUT\ (IP,JP)_{new} = ACUT\ (IP,JP)_{new} - AC\ (IC)$$

$$ACUT\ (IQ,JQ)_{new} = ACUT\ (IQ,JQ)_{new} + AC\ (IC)$$

ถ้า JP < JQ :

$$ACUT\ (IP,JP)_{new} = ACUT\ (IP,JP)_{new} + AC\ (IC)$$

$$ACUT\ (IQ,JQ)_{new} = ACUT\ (IQ,JQ)_{new} - AC\ (IC)$$

โดยที่ IC = 1,2...NOCUT

ค. หาค่า $\Delta I'_T$

$$DACUT\ (I,JJ) = ACUT\ (I,JJ)_{new} - ACUT\ (I,JJ)$$

ง. ปรับค่ากระแส I'_T ใหม่

$$ACUT\ (I,JJ) = ACUT\ (I,JJ) + DACUT\ (I,JJ)$$

โดยที่ I = 1,2... NOBUSZ (JJ)

JJ = 1,2... NOZONE

13. ปรับค่าแรงดัน E_T ของบัส N ใหม่ ดังนี้

ก. ผลเนื่องจาก $\Delta I'_T$

$$ET(N,J)=ET(N,J)+\sum_{I=1}^{K} Z1\ (N,I,J) \times DACUT\ (I,J)$$

K คือจำนวนบัสในโซน J

ข. ผลเนื่องจาก ΔI_T ของบัส N

ET (N,J) = ET(N,J)+ Z1 (N,N,J) x DAN

ค. ถ้าบัส N อยู่ในสวิงโซน จะมีผลจาก ΔI_T ของสวิงบัส

ET (N,J) = ET (N,J)+Z1(N,ISWB,J) x DAS

14. หาผลรวมของกระแสที่เปลี่ยนแปลงในสวิงบัส

DASSUM = DASSUM + | DAS |

15. กลับไปทำขั้นตอนที่ 3 จนครบทุกบัสและทุกโซน

16. นับจำนวนรอบที่ทำอิเทอเรทีฟ

ITERN = ITERN + 1

17. ตรวจสอบคอนเวอเจนซ์ (Convergence)

ก. ถ้า DASSUM ≥ TOR ให้ทำขั้นตอนที่ 18

ข. ถ้า DASSUM < TOR แสดงว่าผลใช้ได้ให้ทำขั้นตอนที่ 19

18. ตรวจสอบว่า จำนวนรอบที่ทำอิเทอเรทีฟเกินกำหนดหรือยัง

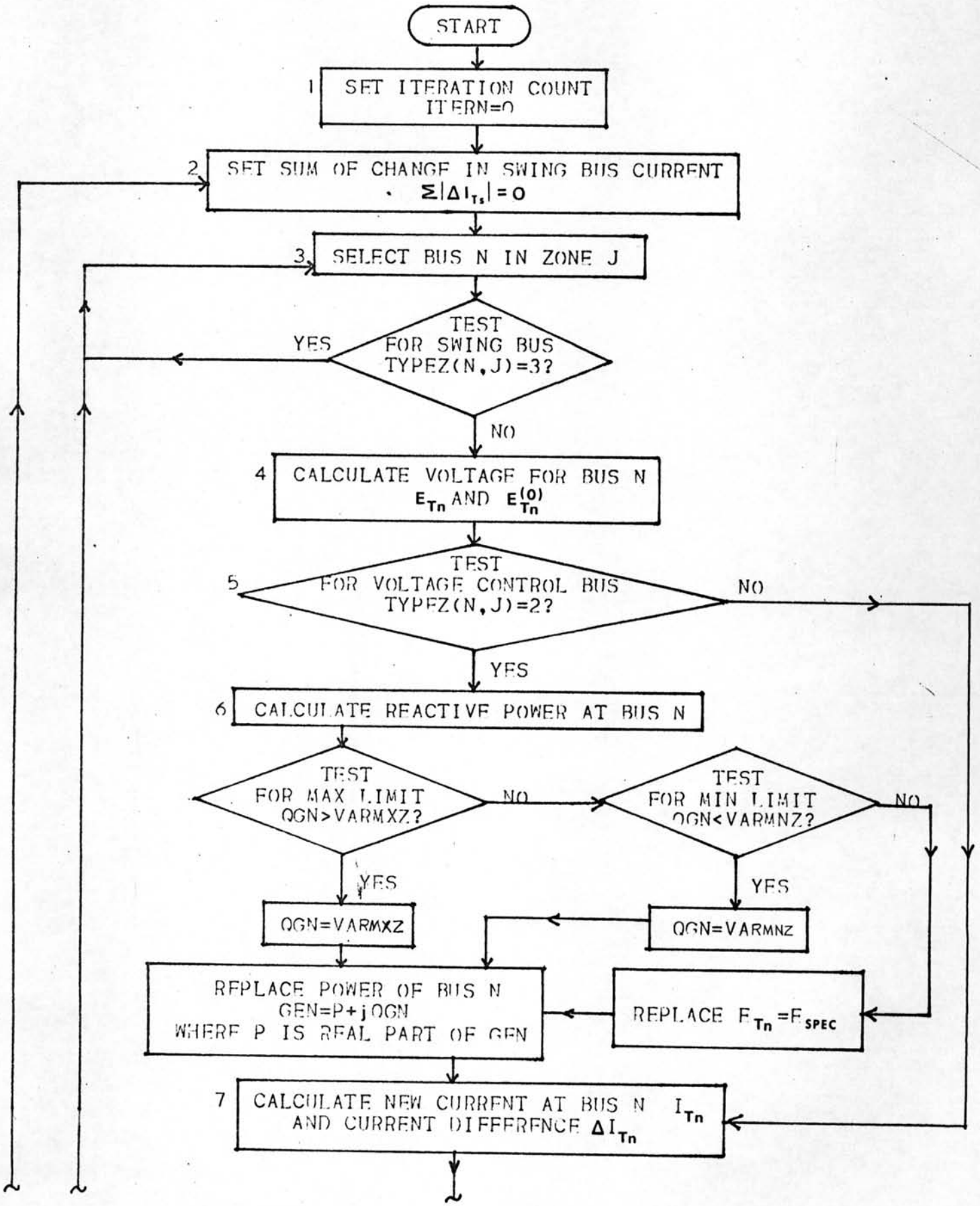
ก. ถ้า ITERN < MAXITE กลับไปทำขั้นตอนที่ 2

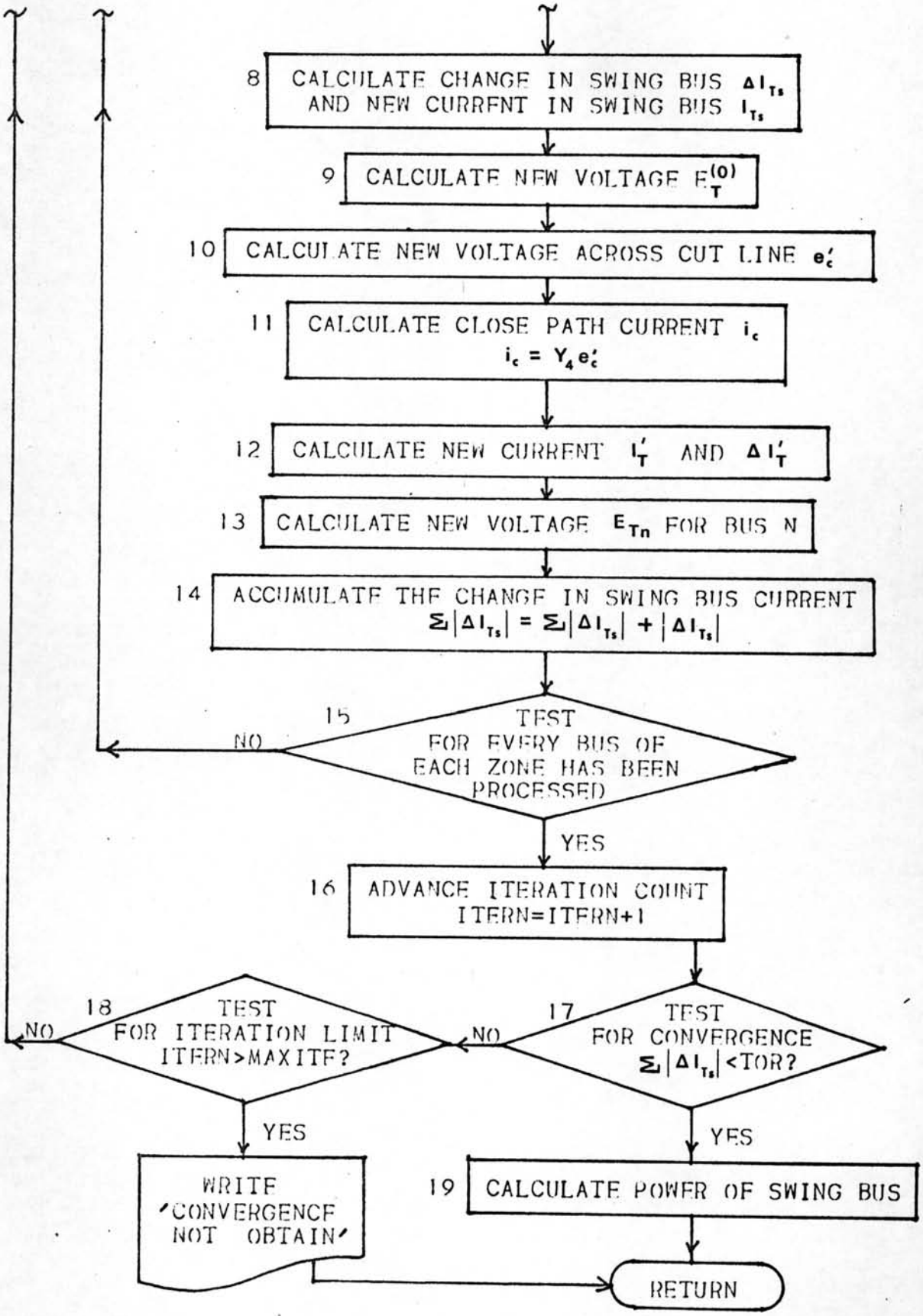
ข. ถ้า ITERN ≥ MAXITE ให้เลิกคำนวณ

19. คำนวณหาพลังไฟฟ้าที่สวิงบัส

GENZ(ISWB,ISWZ) = ET(ISWB,ISWZ) x A(ISWB,ISWZ)* x BASMVA

โฟลชาร์จแสดงตามรูปที่ 4.15


START
1
SET ITERATION COUNT
ITERN=0
2
SET SUM OF CHANGE IN SWING BUS CURRENT
$\Sigma|\Delta I_{Ts}| = 0$
3
SELECT BUS N IN ZONE J
TEST
FOR SWING BUS
TYPEZ(N,J)=3?
YES
NO
4
CALCULATE VOLTAGE FOR BUS N
E_{Tn} AND $E_{Tn}^{(0)}$
5
TEST
FOR VOLTAGE CONTROL BUS
TYPEZ(N,J)=2?
NO
YES
6
CALCULATE REACTIVE POWER AT BUS N
TEST
FOR MAX LIMIT
QGN>VARMXZ?
NO
TEST
FOR MIN LIMIT
QGN<VARMNZ?
NO
YES
YES
QGN=VARMXZ
QGN=VARMNZ
REPLACE POWER OF BUS N
GEN=P+jQGN
WHERE P IS REAL PART OF GEN
REPLACE $E_{Tn}=E_{SPEC}$
7
CALCULATE NEW CURRENT AT BUS N I_{Tn}
AND CURRENT DIFFERENCE ΔI_{Tn}



รูปที่ 4.15 โฟลชาร์จแสดงการหาผลลัพธ์ของแรงดันโดยวิธีอิเทอเรทีฟ

4.6 ส่วนแสดงผลลัพธ์

โปรแกรมส่วนนี้ เป็นส่วนสุดท้าย เป็นส่วนที่คิดคำนวณและแสดงผลลัพธ์ของระบบทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วยส่วนย่อย ๆ ดังนี้

4.6.1 ผลลัพธ์เกี่ยวกับบัส

ส่วนผลลัพธ์เกี่ยวกับบัส ประกอบด้วยค่าขนาดของแรงดันเป็นค่าต่อหน่วย ขนาดของแรงดันเป็นกิโลโวลท์, มุมของแรงดันเทียบกับแรงดันที่สวิงบัส และค่าพลังไฟฟ้าที่บัส ค่าเหล่านี้หาได้จากสมการ ดังต่อไปนี้

$$\text{VOLT PU} = |\text{ET (I,J)}|$$

$$\text{VOLT KV} = \text{VOLT PU} \times \text{BASEKV (N)}$$

$$\text{PHASE} = \tan^{-1}\left(\frac{R}{X}\right) \times 57.29578$$

เมื่อ R เป็นแรงดันส่วนจริงของ E_T

X เป็นแรงดันส่วนจินตนาการของ E_T

ในส่วนนี้ จะหาค่ารวมของกำลังผลิต, โหลด, และคาปาซิเตอร์ ของระบบทั้งหมด และบันทึกค่าเก็บไว้ ดังนี้

$$\text{SUMGEN} = \sum \text{GENZ (I,J)}$$

$$\text{SUMLOD} = \sum \text{LOADZ (I,J)}$$

$$\text{SUMSTC} = \sum \text{STATZ (I,J)}$$

โดยที่

$$I = 1,2...\text{NOBUSZ (J)}$$

$$J = 1,2...\text{NOZONE}$$

N เป็นดัชนีของบัส ก่อนแบ่งโซน ค่า N สัมพันธ์กับ I,J ดังนี้

BUS (N) = NODE (I,J)

ขั้นตอนของโปรแกรมส่วนนี้ ดูจากโฟลวชาร์จ รูปที่ 4.16

สัญญลักษณ์ที่ใช้ในโปรแกรม

VOLTPU คือค่าขนาดของแรงดัน E_T มีหน่วยเป็น p.u.

VOLTKV คือค่าขนาดของแรงดัน E_T มีหน่วยเป็นกิโลโวลท์

PHASE คือค่ามุมของแรงดัน E_T มีหน่วยเป็นองศา

SUMGEN คือผลรวมของกำลังผลิตทั้งหมดในระบบ

SUMLOD คือผลรวมของโหลดทั้งหมดในระบบ

SUMSTC คือผลรวมของคาปาซิเตอร์ทั้งหมดในระบบ

4.6.2 <u>พลังไฟฟ้าที่ไหลในสายส่งและในหม้อแปลงไฟฟ้า</u>

สายส่งไฟฟ้าหรือหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งเชื่อมระหว่างบัส p และบัส q สามารถหาพลังไฟฟ้าที่ไหลออกจากบัส p ไปยังบัส q ได้จากสมการที่ (2.25) ในกรณีที่เป็นสายส่งไฟฟ้า และจากสมการที่ (2.28) ในกรณีที่เป็นหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีอัตราส่วนจำนวนรอบผิดจากปกติ ในโปรแกรมนี้ จะเขียนในรูปทั่วไป คือรวมสมการทั้งสองเข้าเป็นสมการเดียวกัน ในกรณีที่คำนวณสายส่งไฟฟ้า ค่าอัตราส่วนจำนวนรอบ จะเป็น 1.0 และในกรณีที่คำนวณหม้อแปลงไฟฟ้า ค่าขั้นคาปาซิเทนซ์ เนื่องจากลายน์ชาร์จจิ้ง จะมีค่าเป็นศูนย์

สมการที่ใช้ในการคำนวณ คือ

$$FLOWP = ET(IP,JP) \cdot \left[\frac{ET(IP,JP)-ET(IQ,JQ)T(L)}{ZPRI(L)T(L)^2} + \frac{ET(IP,JP)BC(L)}{2} \right]^* \cdot BASMVA$$

ทำนองเดียวกัน พลังไฟฟ้าที่ไหลออกจากบัส q ไปยังบัส p หาได้จากการรวมสมการที่ (2.26) และ (2.29) เข้าด้วยกันได้ดังนี้

$$FOLWQ = ET(IQ,JQ) \cdot \left[\frac{ET(IQ,JQ)T(L) - ET(IP,JP)}{ZPRI(L)T(L)} + \frac{ET(IQ,JQ)BC(L)}{2} \right]^{*} \cdot BASMVA$$

โดยที่

IP,IQ คือโหนดที่บัส p และบัส q ของสาย L ต่ออยู่

JP,JQ คือโซนที่บัส p และบัส q ของสาย L ต่ออยู่

L คือดัชนีของสาย

ค่าลายน์ชาร์จจิ้งสำหรับสายส่งไฟฟ้า คำนวณได้ดังนี้

$$CHARG = \left[|ET(IP,JP)|^2 + |ET(IQ,JQ)|^2 \right] \cdot \frac{BC(L)}{2} \cdot BASMVA$$

ค่าพลังไฟฟ้าสูญเสียในสายคำนวณได้ดังนี้

FLOSS = FLOWP + FLOWQ + CHARG

ในส่วนนี้ จะคำนวณผลรวมของค่าลายน์ชาร์จจิ้ง และพลังไฟฟ้าสูญเสียในสาย บันทึกค่าเก็บไว้ดังนี้

SUMCHG = Σ CHARG

SUMLOS = Σ FLOSS

ขั้นตอนของโปรแกรมส่วนนี้ ดูได้จากโฟลชาร์จรูปที่ 4.17

สัญญลักษณ์ที่ใช้ในโปรแกรม

FLOWP คือค่าพลังไฟฟ้าที่ไหลออกจากบัส p ไปในสายที่เชื่อมระหว่างบัส p และบัส q มีหน่วยเป็นเม็กกะวัตต์และเม็กกะวาร์

FLOWQ คือค่าพลังไฟฟ้าที่ไหลออกจากบัส q ไปในสายที่เชื่อมระหว่างบัส p และบัส q มีหน่วยเป็นเม็กกะวัตต์และเม็กกะวาร์

CHARG คือค่าลายน์ชาร์จจิ้งสำหรับสายส่งไฟฟ้า มีหน่วยเป็นเม็กกะวาร์

FLOSS คือค่าพลังไฟฟ้าสูญเสียในสาย มีหน่วยเป็นเม็กกะวัตต์และเม็กกะวาร์

SUMCHG คือผลรวมของลายน์ชาร์จจิ้ง ทั้งระบบมีหน่วยเป็นเม็กกะวาร์

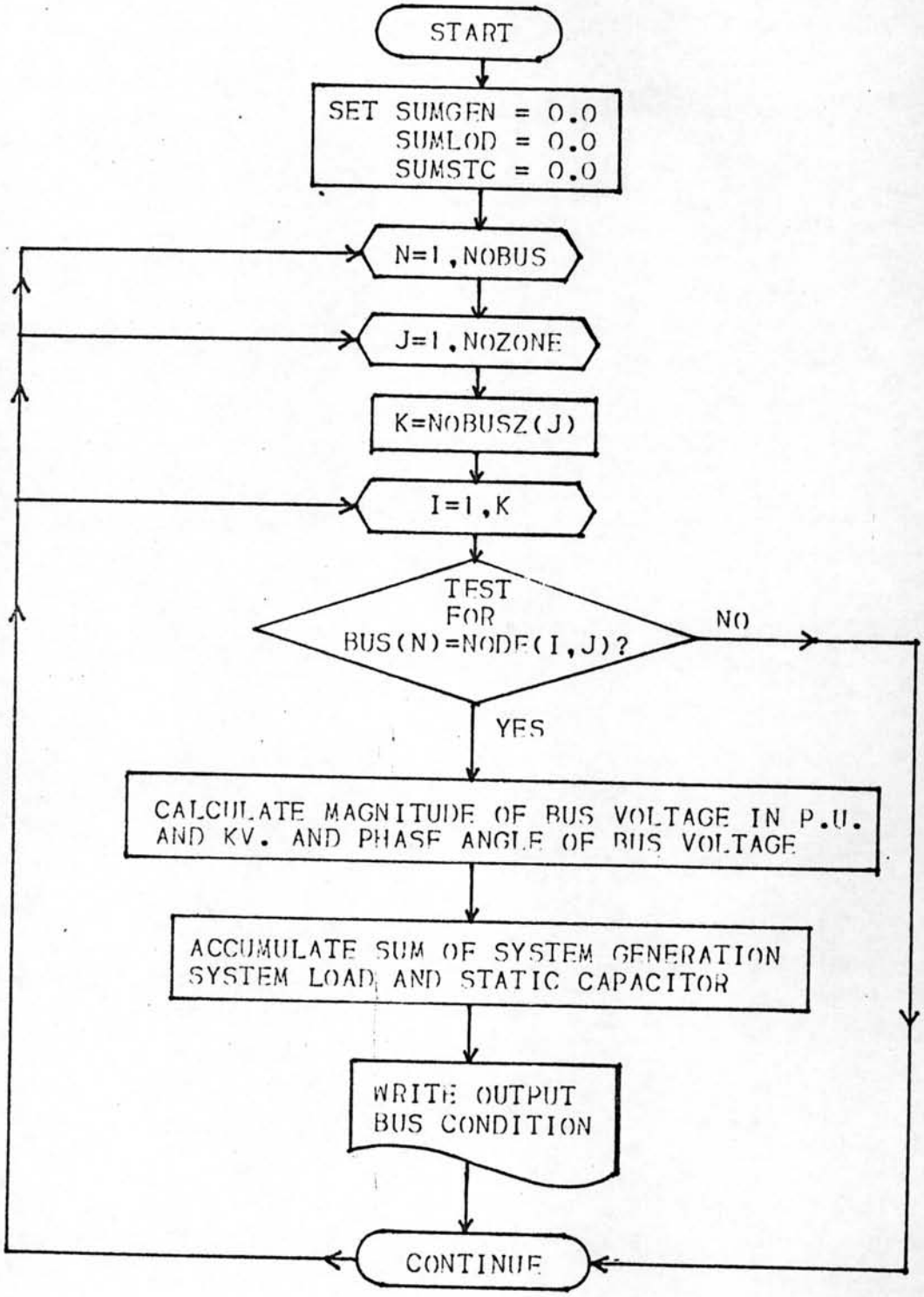
SUMLOS คือผลรวมของพลังไฟฟ้าสูญเสียทั้งระบบ มีหน่วยเป็นเม็กกะวัตต์ และเม็กกะวาร์

4.6.3 ผลสรุปของระบบไฟฟ้า

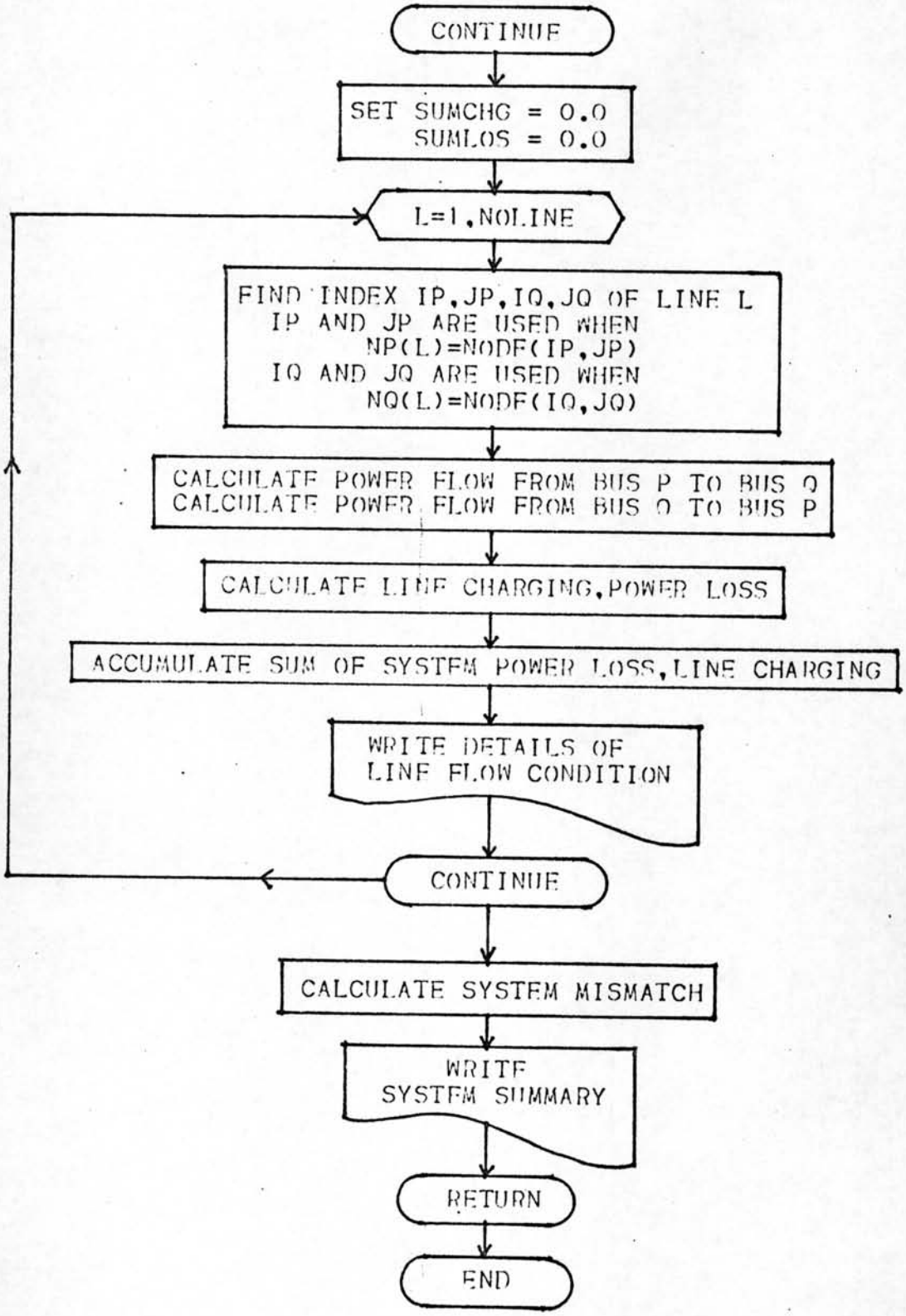
โปรแกรมส่วนนี้ จะสรุปผลเกี่ยวกับข้อมูลของระบบไฟฟ้า เช่นค่าผลรวมของกำลังผลิต, โหลด, คาปาซิเตอร์, ลายน์ชาร์จจิ้ง และพลังไฟฟ้าสูญเสีย ทั้งหมดในระบบ และนอกจากนี้ ยังคำนวณค่าความคลาดเคลื่อน (Mismatch) ของระบบรวมดังนี้

MISMAT = SUMGEN+SUMSTC+SUMCHG -SUMLOD-SUMLOS

ค่าความคลาดเคลื่อนนี้ จะเป็นค่าชี้ให้เห็นถึงความแม่นยำของผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ



รูปที่ 4.16 โฟลชาร์จแสดงการคำนวณและพิมพ์ผลลัพธ์เกี่ยวกับบัส



รูปที่ 4.17 โฟลชาร์จแสดงการคำนวณพลังไฟฟ้าไหลในสายส่ง และในหม้อแปลงไฟฟ้า และพิมพ์ผลลัพธ์