หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

โปรแกรมการวิเคราะห์การลัดวงจรโดยวิธีบัสอิมพิแดนซ์เมตริกซ์

ในบทนี้กล่าวถึงรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนของโปรแกรมการวิเคราะห์การลัดวงจรในระบบไฟฟ้ากำลังโดยวิธีบัสอิมพิแดนซ์เมตริกซ์ พร้อมทั้งแสดงโฟลว์ชาร์ตประกอบ

ขั้นตอนการวิเคราะห์ฯ สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของโฟลว์ชาร์ตตามที่ได้แสดงในรูปที่ 4.1 โดยมีรายละเอียดต่างๆดังนี้

4.1 การอ่านข้อมูลของระบบไฟฟ้ากำลัง

ข้อมูลทั้งหมดที่ใช้ในการวิเคราะห์ฯ อ่านจากจอภาพ (Monitor) ของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ โดยโปรแกรมย่อย MPUT.C และ MOVE.C แล้วเก็บข้อมูลเหล่านี้ลงบนดิสต์ (Disk) เพื่อไว้ใช้ในการคำนวณต่อไป ขั้นตอนการอ่านข้อมูลนี้อธิบายดังโฟลว์ชาร์ตรูปที่ 4.2 สำหรับรายละเอียดของข้อมูลที่อ่านเข้ามามีดังนี้

4.1.1 ข้อมูลเกี่ยวกับระบบ และข้อมูลที่ใช้ในการแสดงผลของโปรแกรมมีดังนี้

NLINE คือ จำนวนสายส่ง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า และหม้อแปลงไฟฟ้าทั้งหมดในระบบ

NBUS คือ จำนวนบัสทั้งหมดในระบบ

FTYPE คือ ชนิดของการลัดวงจร

PHASE คือ เฟสอ้างอิงที่ใช้ในการคำนวณการลัดวงจร

BUS คือ ตำแหน่งของบัสที่เกิดลัดวงจร

QUAN คือ ปริมาณที่ต้องการให้แสดง อาจเป็นค่าบนแกนเฟส หรือค่าบนแกนซีเควนซ์

SOL คือ ผลลัพธ์ที่ต้องการให้แสดง อาจเป็นผลลัพธ์ทั้งหมด หรือเฉพาะค่าในส่วนที่เกี่ยวกับบัสที่เกิดลัดวงจร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.2 ข้อมูลเกี่ยวกับสายส่ง มีดังนี้

line คือ หมายเลขประจำสายส่ง

S คือ ตัวแปรของซีเควนซ์ของระบบไฟฟ้ากำลังโดยที่
S = 0 หมายถึงซีเควนซ์ศูนย์, S = 1 หมายถึงซีเควนซ์บวก,
S = 2 หมายถึงซีเควนซ์ลบ

bp [S] [line] คือ หมายเลขประจำของสายส่ง

bq [S] [line] คือ หมายเลขประจำบัสอีกบัสหนึ่งของสายส่ง

eq [line] คือ อุปกรณ์ของสายส่ง เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้า

และสายไฟฟ้า

ty [line] คือ ชนิดของอุปกรณ์ เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีการต่อลงดินแบบ YG หม้อแปลงไฟฟ้าที่แบ่งค์กันแบบ YG - YG เป็นต้น

zp [S] [line] คือ ลายน์อิมพิแดนซ์ชีเควนซ์บวก หรือ ชีเควนซ์ศูนย์

zm [line] คือ มิวชวลคับปลิงอิมพิแดนซ์ชีเควนซ์ศูนย์ของสายส่ง

lm [line] คือ หมายเลขสายส่งที่มิวชวลกับสายส่งอีกสายหนึ่ง

4.2 การสร้างบัสอิมพิแดนซ์เมตริกซ์

การสร้างบัสอิมพิแดนซ์เมตริกซ์สำหรับระบบไฟฟ้ากำลัง ตามวิธีของ Stagg และ El- Abiad ทำได้โดยการเพิ่มลายน์เข้าไปในระบบไฟฟ้ากำลังทีละลายน์ โดยมีการจัดลำดับ (Ordering) ของลายน์นั้น ๆ ลายน์แรกจะต้องเป็นลายน์ที่ต่อระหว่างบัสใด ๆ กับกราวนด์บัสของระบบเสมอ การสร้างเมตริกซ์จะทำการคำนวณเป็นขั้นตอนไปพร้อม ๆ กับการจัดลำดับ การอธิบายออลริทึมทางคอมพิวเตอร์จะเริ่มจากการเพิ่มลายน์เข้าไปในระบบเป็นกรณีต่าง ๆ คือ

4.2.1 กรณีที่ลายน์ไม่มีมิวชวลคับปลิง (No Mutual Coupling)

การเพิ่มลายน์ที่เป็นบรานช์ ต่อกับกราวนด์บัส

$$Z[S][Q][i] = Z[S][i][Q] = 0 \quad (4.1)$$

$$Z[S][Q][Q] = Zpqpq \quad (4.2)$$

การเพิ่มลายน์ที่เป็นบรานช์ ไม่ต่อกับกราวนด์บัส

$$Z[S][Q][i] = Z[S][P][i] \quad (4.3)$$

$$Z[S][i][Q] = Z[S][Q][i] \quad (4.4)$$

$$Z[S][Q][Q] = Z[S][P][Q] + Zpqpq \quad (4.5)$$

การเพิ่มลายน์ที่เป็นลิงค์ ต่อกับกราวนด์บัส

$$Z[S][L][i] = -Z[S][Q][i] \quad (4.6)$$

$$Z[S][i][L] = Z[S][L][i] \quad (4.7)$$

$$Z[S][L][L] = -Z[S][Q][L] + Zpqpq \quad (4.8)$$

การเพิ่มลายน์ที่เป็นลิงค์ ไม่ต่อกับกราวนด์บัส

$$Z[S][L][i] = Z[S][P][i] - Z[S][Q][i] \quad (4.9)$$

$$Z[S][i][L] = Z[S][L][i] \quad (4.10)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$Z[S][L][L] = Z[S][P][L] - Z[S][Q][L] + Zpqpq \quad (4.11)$$

4.2.2 กรณีที่ลายน์มีมิวชวลคัปปลิง (Mutual Coupling)

การเพิ่มลายน์ที่เป็นบรานช์ ต่อกับกราวนด์บัส

$$Z[S][Q][i] = \frac{YP[G][E][j](Z[S][mP][i] - Z[S][mQ][i])}{YP[G][E][E]} \quad (4.12)$$

$$Z[S][i][Q] = Z[S][Q][i] \quad (4.13)$$

$$Z[S][Q][Q] = \frac{1 + YP[G][E][j](Z[S][mP][Q] - Z[S][mQ][Q])}{YP[G][E][E]} \quad (4.14)$$

การเพิ่มลายน์ที่เป็นบรานช์ ไม่ต่อกับกราวนด์บัส

$$Z[S][Q][i] = Z[S][P][i] + \frac{YP[G][E][j](Z[S][mP][i] - Z[S][mQ][i])}{YP[G][E][E]} \quad (4.15)$$

$$Z[S][i][Q] = Z[S][Q][i] \quad (4.16)$$

$$Z[S][Q][Q] = Z[S][P][Q] + 1 + \frac{YP[G][E][j](Z[S][mP][Q] - Z[S][mQ][Q]}{YP[G][E][E]} \quad (4.17)$$

การเพิ่มลายน์ที่เป็นลิงค์ ต่อกับกราวนด์บัส

$$Z[S][L][i] = -Z[S][Q][i] + \frac{YP[G][E][j](Z[S][mP][i] - Z[S][mQ][i])}{YP[G][E][E]} \quad (4.18)$$

$$Z[S][i][L] = Z[S][L][i] \quad (4.19)$$

$$Z[S][L][L] = -Z[S][Q][L] + 1 + \frac{YP[G][E][j](Z[S][mP][L] - Z[S][mQ][L]}{YP[G][E][E]} \quad (4.20)$$

การเพิ่มลายน์ที่เป็นลิงค์ ไม่ต่อกับกราวนด์บัส

$$Z[S][L][i] = Z[S][P][i] - Z[S][Q][i] + \frac{YP[G][E][j](Z[S][mP][i] - Z[S][mQ][i])}{YP[G][E][E]} \quad (4.21)$$

$$Z[S][i][L] = Z[S][L][i] \quad (4.22)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$Z[S][L][L] = Z[S][P][L] - Z[S][Q][L] + \frac{1 + YP[G][E][j](Z[S][mP][L] - Z[S][mQ][L])}{YP[G][E][E]} \quad (4.23)$$

ซึ่งรายละเอียดและขั้นตอนในการสร้างบัสอิมพีแดนซ์เมตริกซ์ในซีเควนซ์บวก และซีเควนซ์ลบ แสดงดังรูปที่ 4.3 ถึงรูปที่ 4.6

4.3 การวิเคราะห์การลัดวงจร

ในขั้นตอนนี้โปรแกรมจะทำการวิเคราะห์การลัดวงจรแต่ละชนิด โดยแบ่งออกได้ดังนี้

4.3.1 การลัดวงจรชนิดสามสายลงดิน

1.1 สมมุติค่าแรงดันบัสทุกบัสก่อนเกิดลัดวงจร (Pre-Fault Voltage) เท่ากับ 1 P.U. และค่าอิมพีแดนซ์ลัดวงจร (zF) เท่ากับ ศูนย์

1.2 กำหนดหมายเลขบัสที่ต้องการวิเคราะห์การลัดวงจร (บัส P)

1.3 คำนวณค่ากระแสและแรงดันต่าง ๆ

1.3.1 คำนวณกระแสบัส (Bus Current) ของบัสที่เกิดลัดวงจร

$$IB[0] = 0 \quad (4.24)$$

$$IB[1] = \frac{Ep}{ZBC[1][P] + zF} \quad (4.25)$$

$$IB[2] = 0 \quad (4.26)$$

1.3.2 คำนวณแรงดันบัส (Bus Voltage)

$$EB[0][k] = 0 \quad (4.27)$$

$$EB[1][k] = Ei - ZBC[1][I] * IB[1] \quad (4.28)$$

$$EB[2][k] = 0 \quad (4.29)$$

1.3.3 คำนวณกระแสในลายน์ (Line Current)

$$IL[0][i] = 0 \quad (4.30)$$

$$IL[1][i] = DV / zp[1][i] \quad (4.31)$$

$$IL[2][i] = 0 \quad (4.32)$$

1.3.4 ถ้าต้องการแปลงค่ากระแสและแรงดันเป็นค่าปริมาณเฟส (Phase Quantities) ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 1.6

1.4 ถ้าต้องการวิเคราะห์การลัดวงจรที่บัสอื่น ย้อนกลับไปขั้นตอนที่ 1.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.5 RETURN

1.6 กรณีต้องการแปลงค่ากระแสและแรงดันเป็นค่าปริมาณเฟส (Phase Quantities)

1.6.1 แปลงค่ากระแสปริมาณซีเควนซ์ (Sequence Quantities) เป็นค่ากระแสปริมาณเฟส (Phase Quantities)

$$I^{a.b.c} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} I^{0.1.2} \qquad (4.33)$$

1.6.2 แปลงค่าแรงดันปริมาณซีเควนซ์ เป็นค่าแรงดันปริมาณเฟส

$$E^{a.b.c} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} E^{0.1.2} \qquad (4.34)$$

1.6.3 ย้อนกลับไปขั้นตอนที่ 1.4

ซึ่งการทำงานของโปรแกรมแสดงในโฟลว์ชาร์ตรูปที่ 4.7

4.3.2 การลัดวงจรชนิดสองสาย

2.1 สมมุติค่าแรงดันบัสทุกบัสก่อนเกิดลัดวงจร เท่ากับ 1 P.U. และค่าอิมพิแดนซ์ลัดวงจร (zF) เท่ากับ ศูนย์

2.2 กำหนดหมายเลขบัสที่ต้องการวิเคราะห์การลัดวงจร (บัส P)

2.3 คำนวณค่ากระแสและแรงดันต่าง ๆ (ปกติจะกำหนดให้เกิดลัดวงจรระหว่างเฟส B-C)

2.3.1 คำนวณกระแสบัสของบัสที่เกิดลัดวงจร

$$IB[0] = 0 \qquad (4.35)$$

$$IB[1] = \frac{Ep}{2ZBC[1][P] + zF} \qquad (4.36)$$

$$IB[2] = -IB[1] \qquad (4.37)$$

2.3.2 คำนวณแรงดันบัส

$$EB[0][k] = 0 \qquad (4.38)$$

$$EB[1][k] = Ei - ZBC[1][I]*IB[1] \qquad (4.39)$$

$$EB[2][k] = -ZBC[1][I]*IB[2] \qquad (4.40)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3.3 คำนวณกระแสในลายน์

$$IL[0][i] = DV/\ zp[0][i]0 \quad (4.41)$$

$$IL[1][i] = DV/\ zp[1][i]0 \quad (4.42)$$

$$IL[2][i] = DV/\ zp[1][i]0 \quad (4.43)$$

2.3.4 ถ้าต้องการแปลงค่ากระแสและแรงดันเป็นค่าปริมาณเฟส ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 2.9

2.4 ถ้าต้องการวิเคราะห์การลัดวงจรระหว่างเฟส A-C หรือระหว่างเฟส A-B ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 2.7 - 2.9

2.5 ถ้าต้องการวิเคราะห์การลัดวงจรที่บัสอื่น ย้อนกลับไปขั้นตอนที่ 2.2

2.6 RETURN

2.7 กรณีต้องการวิเคราะห์การลัดวงจรระหว่างเฟส A-C

2.7.1 คำนวณกระแสบัสของบัสที่เกิดลัดวงจร

$$IB[0] = 0 \quad (4.44)$$

$$IB[1] = \frac{Ep}{2ZBC[1][P] + zF} \quad (4.45)$$

$$IB[2] = -aIB[1] \quad (4.46)$$

2.7.2 คำนวณแรงดันบัส

$$EB[0][k] = 0 \quad (4.47)$$

$$EB[1][k] = Ei - ZBC[1][I]*IB[1] \quad (4.48)$$

$$EB[2][k] = -ZBC[1][I]*IB[2] \quad (4.49)$$

2.7.3 คำนวณกระแสในลายน์

$$IL[0][i] = DV/\ zp[0][i]0 \quad (4.50)$$

$$IL[1][i] = DV/\ zp[1][i]0 \quad (4.51)$$

$$IL[2][i] = DV/\ zp[1][i]0 \quad (4.52)$$

2.7.4 ถ้าต้องการแปลงค่ากระแสและแรงดันเป็นค่าปริมาณเฟส ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 2.9

2.7.5 ย้อนกลับไปขั้นตอนที่ 2.5

2.8 กรณีต้องการวิเคราะห์การลัดวงจรระหว่างเฟส A-B

2.8.1 คำนวณกระแสบัสของบัสที่เกิดลัดวงจร

$$IB[0] = 0 \quad (4.53)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$IB[1] = \frac{Ep}{2ZBC[1][P] + zF} \quad (4.54)$$

$$IB[2] = -a^2 IB[1] \quad (4.55)$$

2.8.2 คำนวณแรงดันบัส

$$EB[0][k] = 0 \quad (4.56)$$

$$EB[1][k] = Ei - ZBC[1][I]*IB[1] \quad (4.57)$$

$$EB[2][k] = -ZBC[1][I]*IB[2] \quad (4.58)$$

2.8.3 คำนวณกระแสในลายน์

$$IL[0][i] = DV/ zp[0][i]0 \quad (4.59)$$

$$IL[1][i] = DV/ zp[1][i]0 \quad (4.60)$$

$$IL[2][i] = DV/ zp[1][i]0 \quad (4.61)$$

2.8.4 ถ้าต้องการแปลงค่ากระแสและแรงดันเป็นค่าปริมาณเฟส ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 2.9

2.8.5 ย้อนกลับไปขั้นตอนที่ 2.5

2.9 กรณีต้องการแปลงค่ากระแสและแรงดันเป็นค่าปริมาณเฟส

2.9.1 แปลงค่ากระแสปริมาณซีเควนซ์ เป็นค่ากระแสปริมาณเฟส ตามสมการ (4.33)

2.9.2 แปลงค่าแรงดันปริมาณซีเควนซ์ เป็นค่าแรงดันปริมาณเฟส ตามสมการ (4.34)

2.9.3 ย้อนกลับไปขั้นตอนที่ 2.4

ซึ่งการทำงานของโปรแกรมแสดงในโฟลว์ชาร์ตรูปที่ 4.7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.3 การลัดวงจรชนิดหนึ่งสายลงดิน

3.1 สมมุติค่าแรงดันบัสทุกบัสก่อนเกิดลัดวงจร เท่ากับ 1 P.U.และค่าอิมพีแดนซ์ลัดวงจร (zF) เท่ากับ ศูนย์

3.2 กำหนดหมายเลขบัสที่ต้องการวิเคราะห์การลัดวงจร (บัส P)

3.3 คำนวณค่ากระแสและแรงดันต่าง ๆ (ปกติจะให้เฟส A เป็นเฟสอ้างอิง)

3.3.1 คำนวณกระแสบัสของบัสที่เกิดลัดวงจร

$$IB[0] = \frac{Ep}{ZBC[0][P] + 2ZBC[1][P] + 3zF} \quad (4.62)$$

IB[1] = IB[2] = IB[0] (4.63)

3.3.2 คำนวณแรงดันบัส

EB[0][k] = -ZBC[0][I]*IB[0] (4.64)

EB[1][k] = Ei -ZBC[1][I]*IB[1] (4.65)

EB[2][k] = -ZBC[1][I]*IB[2] (4.66)

3.3.3 คำนวณกระแสในลายน์

IL[0][i] = DV/ zp[0][i]0 (4.67)

IL[1][i] = DV/ zp[1][i]0 (4.68)

IL[2][i] = DV/ zp[1][i]0 (4.69)

3.3.4 ถ้าต้องการแปลงค่ากระแสและแรงดันเป็นค่าปริมาณเฟส ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 3.9

3.4 ถ้าต้องการวิเคราะห์การลัดวงจรบนเฟสอ้างอิง B,C ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 3.7

3.5 ถ้าต้องการวิเคราะห์การลัดวงจรที่บัสอื่น ย้อนกลับไปขั้นตอนที่ 3.2

3.6 RETURN

3.7 กรณีต้องการวิเคราะห์การลัดวงจรบนเฟสอ้างอิง B

3.7.1 คำนวณกระแสบัสของบัสที่เกิดลัดวงจร

$$IB[0] = \frac{a^2 Ep}{ZBC[0][P] + 2ZBC[1][P] + 3zF} \quad (4.70)$$

IB[1] = a IB[0] (4.71)

IB[2] = a^2 IB[0] (4.72)

3.7.2 คำนวณแรงดันบัส

EB[0][k] = -ZBC[0][I]*IB[0] (4.73)

EB[1][k] = a^2 Ei -ZBC[1][I]*IB[1] (4.74)

EB[2][k] = -ZBC[1][I]*IB[2] (4.75)

3.7.3 คำนวณกระแสในลายน์

IL[0][i] = DV/ zp[0][i]0 (4.76)

IL[1][i] = DV/ zp[1][i]0 (4.77)

IL[2][i] = DV/ zp[1][i]0 (4.78)

3.7.4 ถ้าต้องการแปลงค่ากระแสและแรงดันเป็นค่าปริมาณเฟส ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 3.9

3.7.5 ย้อนกลับไปขั้นตอนที่ 3.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.8 กรณีต้องการวิเคราะห์การลัดวงจรบนเฟสอ้างอิง C

3.8.1 คำนวณกระแสบัสของบัสที่เกิดลัดวงจร

$$IB[O] = \frac{a\ Ep}{ZBC[O][P] + 2ZBC[1][P] + 3zF} \quad (4.79)$$

$$IB[1] = a^2 IB[O] \quad (4.80)$$

$$IB[2] = a\ IB[O] \quad (4.81)$$

3.8.2 คำนวณแรงดันบัส

$$EB[O][k] = -ZBC[O][I]*IB[O] \quad (4.82)$$

$$EB[1][k] = aEi - ZBC[1][I]*IB[1] \quad (4.83)$$

$$EB[2][k] = -ZBC[1][I]*IB[2] \quad (4.84)$$

3.8.3 คำนวณกระแสในลายน์

$$IL[O][i] = DV/\ zp[O][i]O \quad (4.85)$$

$$IL[1][i] = DV/\ zp[1][i]O \quad (4.86)$$

$$IL[2][i] = DV/\ zp[1][i]O \quad (4.87)$$

3.8.4 ถ้าต้องการแปลงค่ากระแสและแรงดันเป็นค่าปริมาณเฟส ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 3.9

3.8.5 ย้อนกลับไปขั้นตอนที่ 3.5

3.9 กรณีต้องการแปลงค่ากระแสและแรงดันเป็นค่าปริมาณเฟส

3.9.1 แปลงค่ากระแสปริมาณซีเควนซ์ เป็นค่ากระแสปริมาณเฟส ตามสมการ (4.33)

3.9.2 แปลงค่าแรงดันปริมาณซีเควนซ์ เป็นค่าแรงดันปริมาณเฟส ตามสมการ (4.34)

3.9.3 ย้อนกลับไปขั้นตอนที่ 3.4

ซึ่งการทำงานของโปรแกรมแสดงในโฟลว์ชาร์ตรูปที่ 4.7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.4. การลัดวงจรชนิดสองสายลงดิน

4.1 สมมุติค่าแรงดันบัสทุกบัสก่อนเกิดลัดวงจร เท่ากับ 1 P.U.และค่าอิมพิแดนซ์ลัดวงจร (zF) เท่ากับ ศูนย์

4.2 กำหนดหมายเลขบัสที่ต้องการวิเคราะห์การลัดวงจร (บัส P)

4.3 คำนวณค่ากระแสและแรงดันต่าง ๆ (ปกติจะกำหนดให้เกิดลัดวงจรระหว่างเฟส B-C)

4.3.1 คำนวณกระแสบัสของบัสที่เกิดลัดวงจร

$$IB[1] = \frac{Ep}{ZBC[1][P]+zF + \frac{(ZBC[1][P]+zF)(ZBC[0][P]+zF+3zg)}{(ZBC[0][P]+ZBC[1][P]+2zF+3zg)}} \quad (4.88)$$

$$IB[2] = \frac{(ZBC[0][P]+zF+3zg)}{(ZBC[0][P]+ZBC[1][P]+2zF+3zg)} IB[1] \quad (4.89)$$

$$IB[0] = \frac{(ZBC[1][P]+zF)}{(ZBC[0][P]+ZBC[1][P]+2zF+3zg)} IB[1] \quad (4.90)$$

4.3.2 คำนวณแรงดันบัสเฉพาะบัสที่ต่อกับบัส P

$$EB[0][k] = -ZBC[0][I]*IB[0] \quad (4.91)$$

$$EB[1][k] = aEi -ZBC[1][I]*IB[1] \quad (4.92)$$

$$EB[2][k] = -ZBC[1][I]*IB[2] \quad (4.93)$$

4.3.3 คำนวณกระแสในสายน์เฉพาะสายน์ที่ต่อกับบัส P

$$IL[0][i] = DV/ zp[0][i]0 \quad (4.94)$$

$$IL[1][i] = DV/ zp[1][i]0 \quad (4.95)$$

$$IL[2][i] = DV/ zp[1][i]0 \quad (4.96)$$

4.3.4 ถ้าต้องการแปลงค่ากระแสและแรงดันเป็นค่าปริมาณเฟส ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 4.11

4.4 ถ้าต้องการวิเคราะห์การลัดวงจรระหว่างเฟส A-C หรือระหว่างเฟส A-C ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 4.7

4.5 ถ้าต้องการวิเคราะห์การลัดวงจรที่บัสอื่น ย้อนกลับไปขั้นตอนที่ 4.2

4.6 RETURN

4.7 จากตาราง 2.3 $Z_{oo} = Z_{PP}^{(0)}+Z_{PP}^{(1)}+2Z_f+3Z_g$

$$Z_{11} = 2Z_{PP}^{(1)}+2Z_f$$

$$Z_{22} = Z_{PP}^{(1)}+Z_f$$

โดยที่ $\det Z' = \begin{bmatrix} z_{oo} & a^2Z_{22} \\ aZ_{22} & Z_{11} \end{bmatrix}$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.8 กรณีต้องการวิเคราะห์การลัดวงจรระหว่างเฟส A-B

4.8.1 คำนวณกระแสบัสของบัสที่เกิดลัดวงจร

$$I_{P(F)}^{(0)} = -\frac{a^2 Z_{22} E_{P(0)}}{\det Z'} \quad (4.97)$$

$$I_{P(F)}^{(1)} = \frac{Z_{00} E_{P(0)}}{\det Z'} \quad (4.98)$$

$$I_{P(F)}^{(2)} = -a^2 I_{P(F)}^{(0)} - a I_{P(F)}^{(1)} \quad (4.99)$$

4.8.2 คำนวณแรงดันบัสเฉพาะบัสที่ต่อกับบัส P

EB[0][k] = -ZBC[0][I]*IB[0] (4.100)

EB[1][k] = aEi -ZBC[1][I]*IB[1] (4.101)

EB[2][k] = -ZBC[1][I]*IB[2] (4.102)

4.8.3 คำนวณกระแสในลายน์เฉพาะลายน์ที่ต่อกับบัส P

IL[0][i] = DV/ zp[0][i]0 (4.103)

IL[1][i] = DV/ zp[1][i]0 (4.104)

IL[2][i] = DV/ zp[1][i]0 (4.105)

4.8.4 ถ้าต้องการแปลงค่ากระแสและแรงดันเป็นค่าปริมาณเฟส ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 4.11

4.9 กรณีต้องการวิเคราะห์การลัดวงจรระหว่างเฟส A-B

4.9.1 คำนวณกระแสบัสของบัสที่เกิดลัดวงจร

$$I_{P(F)}^{(0)} = \frac{aE_{P(0)}}{Z_{PP}^{(0)} + 2Z_{PP}^{(1)}} \quad (4.106)$$

$$I_{P(F)}^{(1)} = a^2 I_{P(F)}^{(0)} \quad (4.107)$$

$$I_{P(F)}^{(2)} = a I_{P(F)}^{(0)} \quad (4.108)$$

4.9.2 คำนวณแรงดันบัสเฉพาะบัสที่ต่อกับบัส P

EB[0][k] = -ZBC[0][I]*IB[0] (4.109)

EB[1][k] = aEi -ZBC[1][I]*IB[1] (4.110)

EB[2][k] = -ZBC[1][I]*IB[2] (4.111)

4.9.3 คำนวณกระแสในลายน์เฉพาะลายน์ที่ต่อกับบัส P

IL[0][i] = DV/ zp[0][i]0 (4.112)

IL[1][i] = DV/ zp[1][i]0 (4.113)

IL[2][i] = DV/ zp[1][i]0 (4.114)

4.9.4 ถ้าต้องการแปลงค่ากระแสและแรงดันเป็นค่าปริมาณเฟส ข้ามไปทำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนที่ 4.11

4.10 ย้อนกลับไปขั้นตอนที่ 4.5

4.11 กรณีต้องการแปลงค่ากระแสและแรงดันเป็นค่าปริมาณเฟส

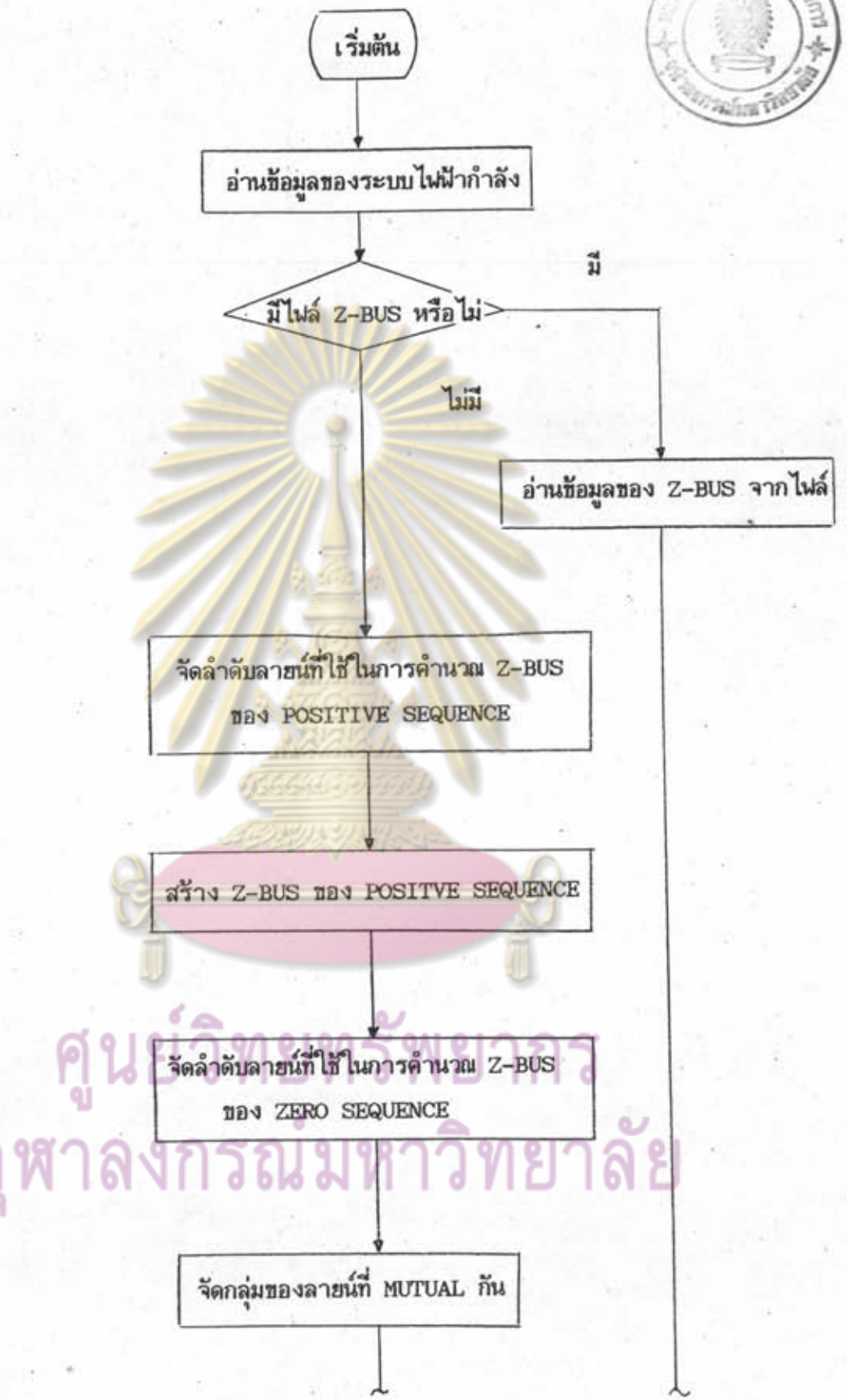
4.11.1 แปลงค่ากระแสปริมาณซีเควนซ์ เป็นค่ากระแสปริมาณเฟส ตามสมการ (4.33)

4.11.2 แปลงค่าแรงดันปริมาณซีเควนซ์ เป็นค่าแรงดันปริมาณเฟส ตามสมการ (4.34)

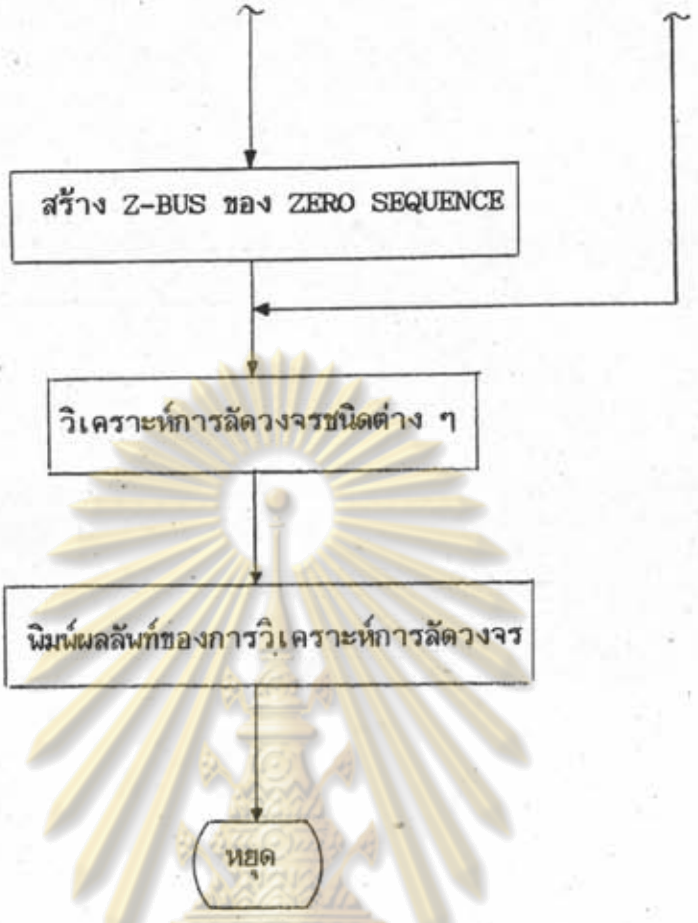
4.12 ย้อนกลับไปขั้นตอนที่ 4.4

ซึ่งการทำงานของโปรแกรมแสดงในฟลว์ชาร์ตรูปที่ 4.7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

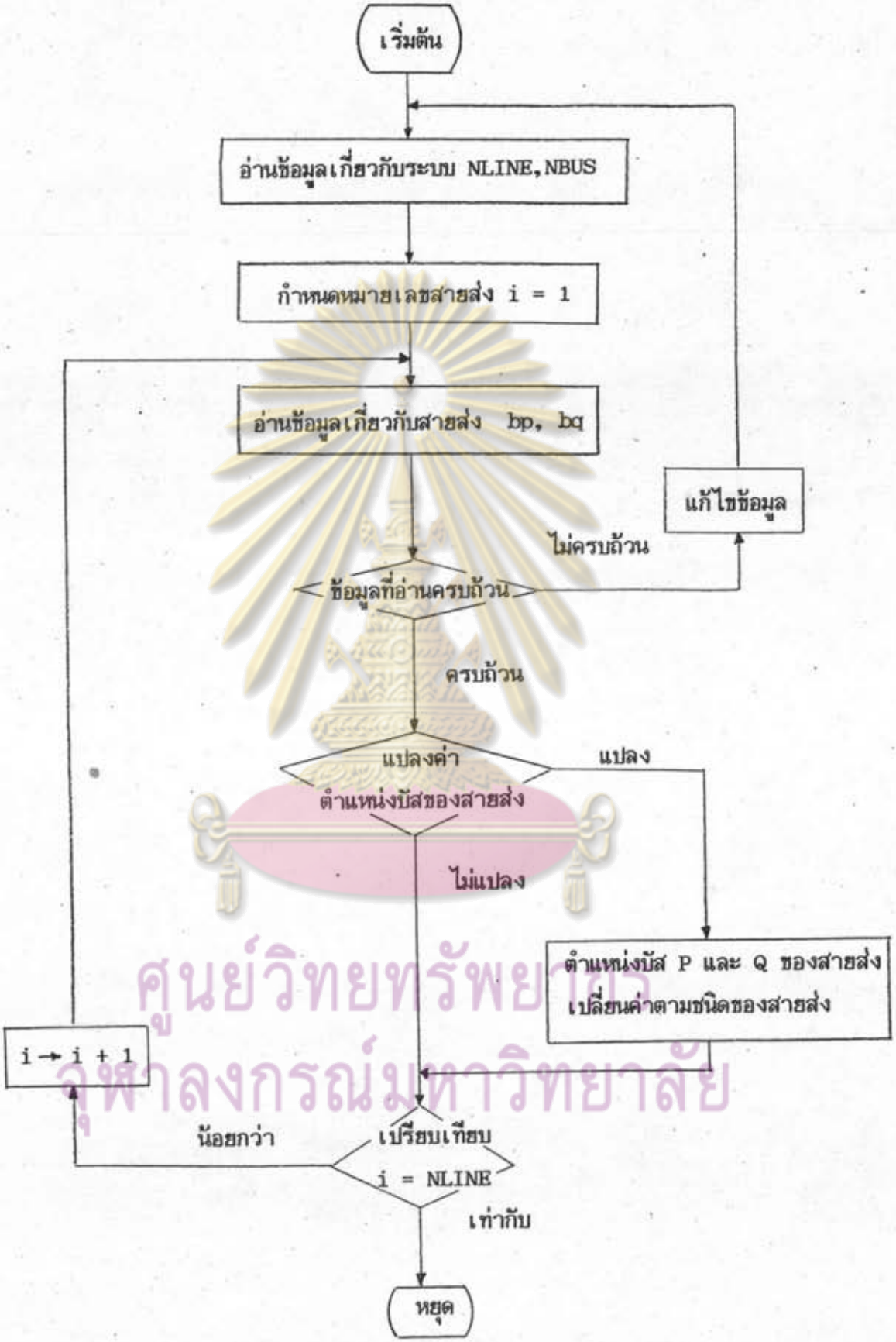


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



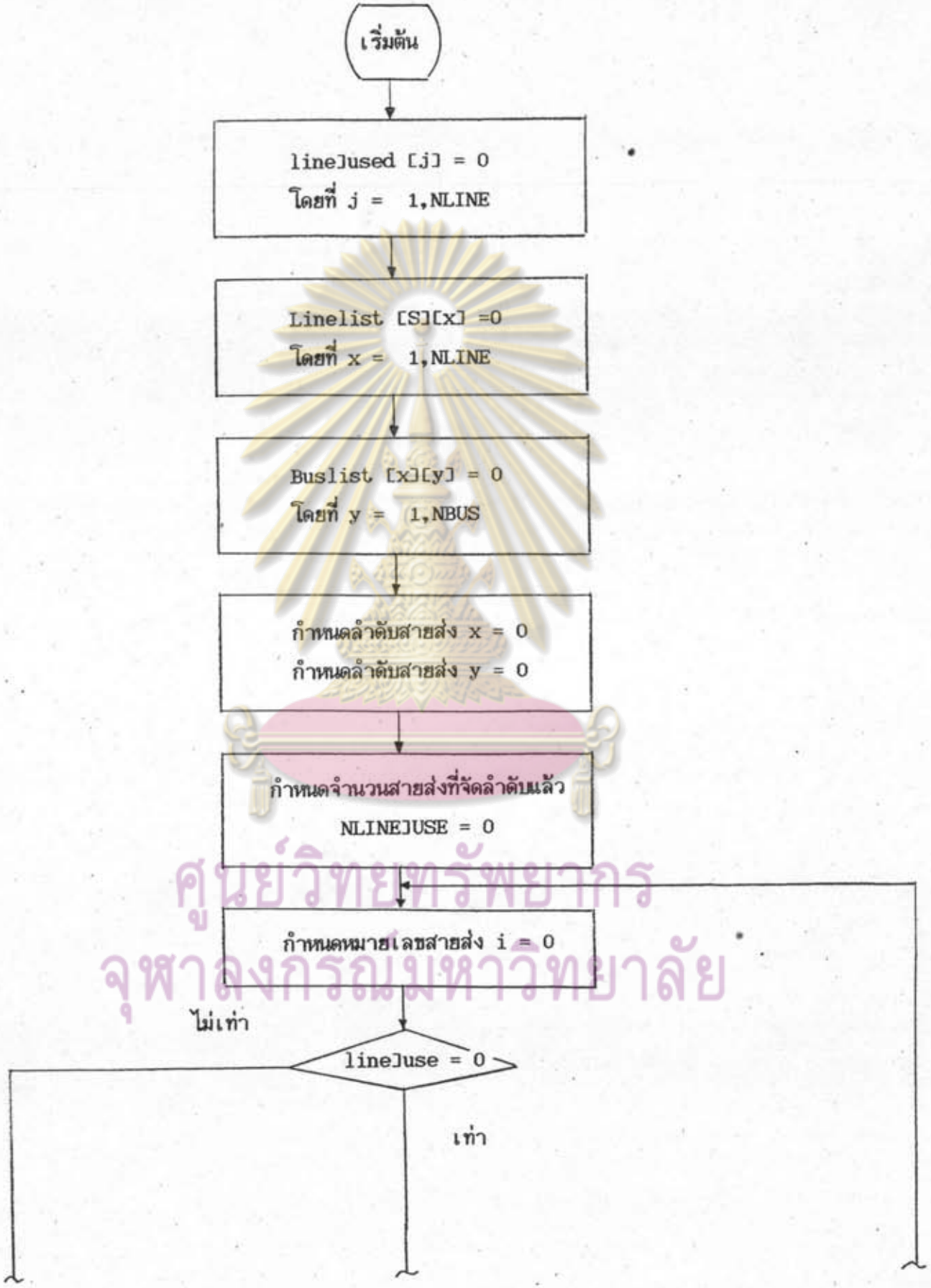
รูปที่ 4.1 โฟลว์ชาร์ตแสดงการวิเคราะห์การลัดวงจร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

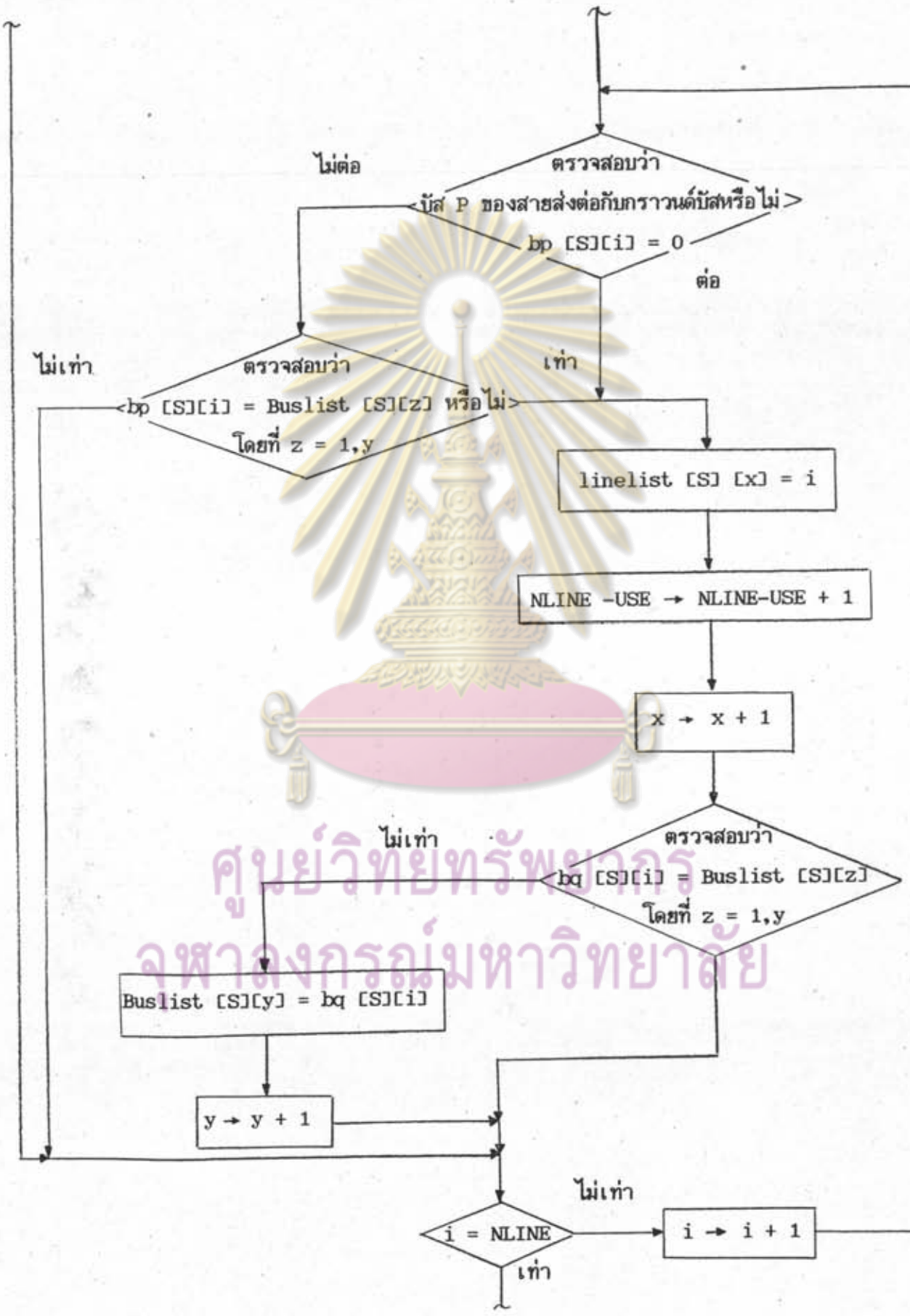


รูปที่ 4.2 โฟลว์ชาร์ตแสดงการอ่านข้อมูลของระบบไฟฟ้ากำลัง

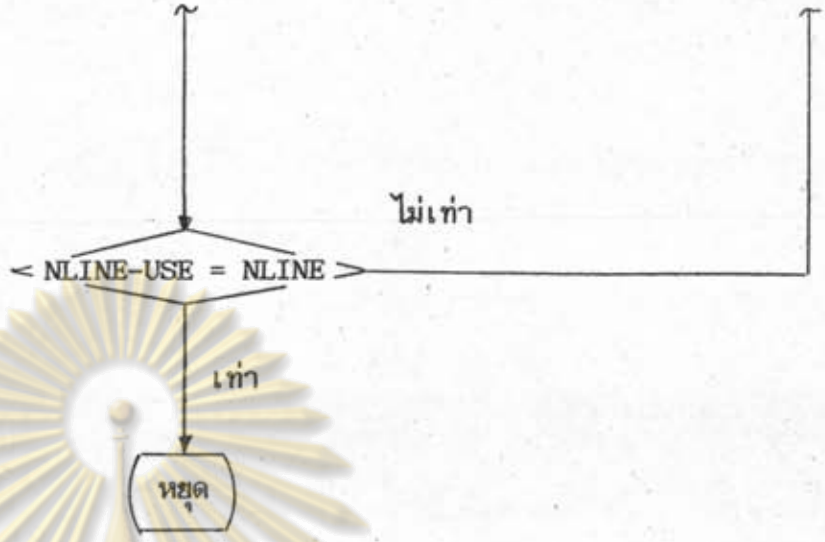
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

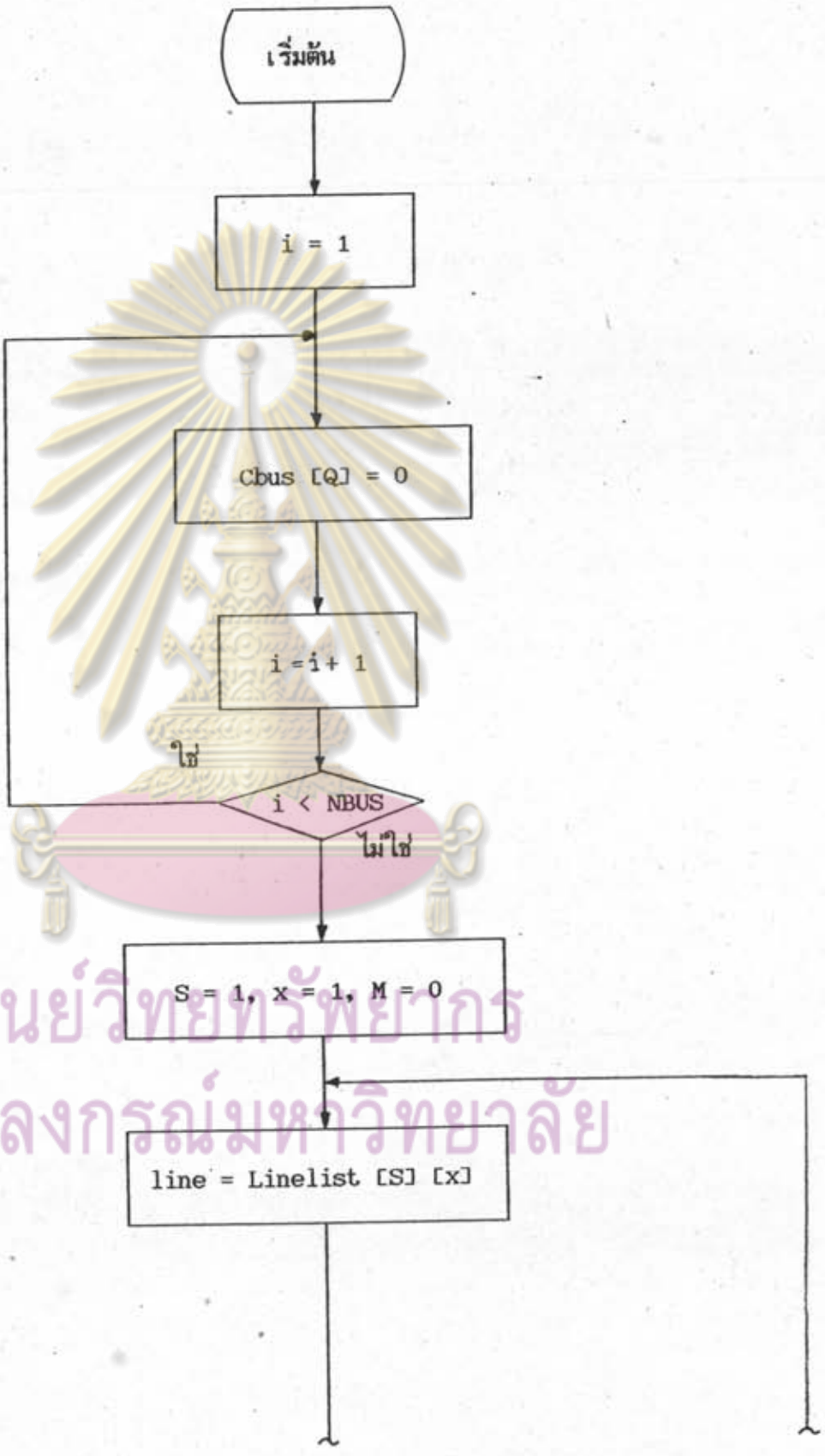


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

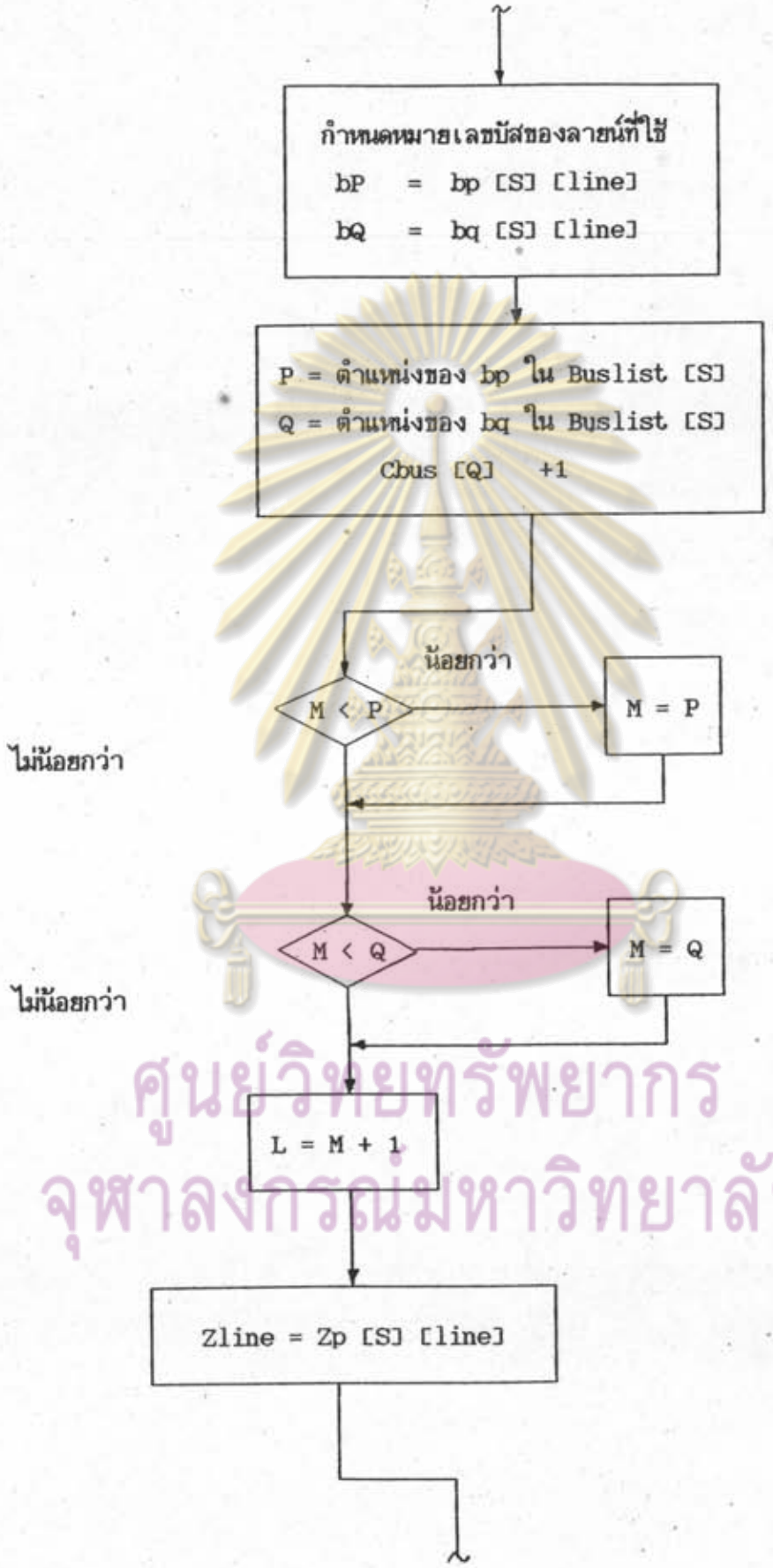


รูปที่ 4.3 โฟลว์ชาร์ตแสดงการจัดลำดับลายน์ที่ใช้ในการคำนวณ

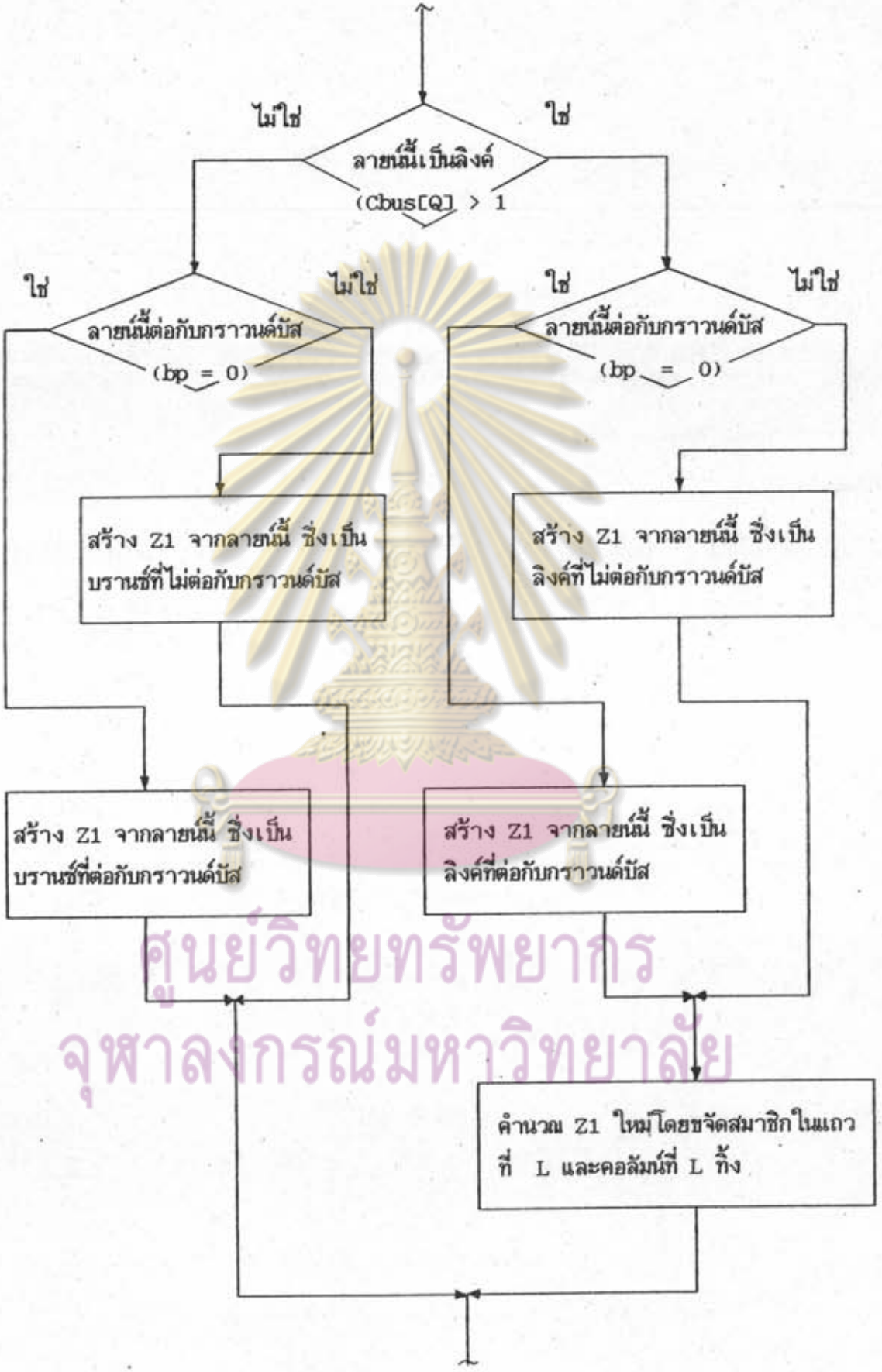
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



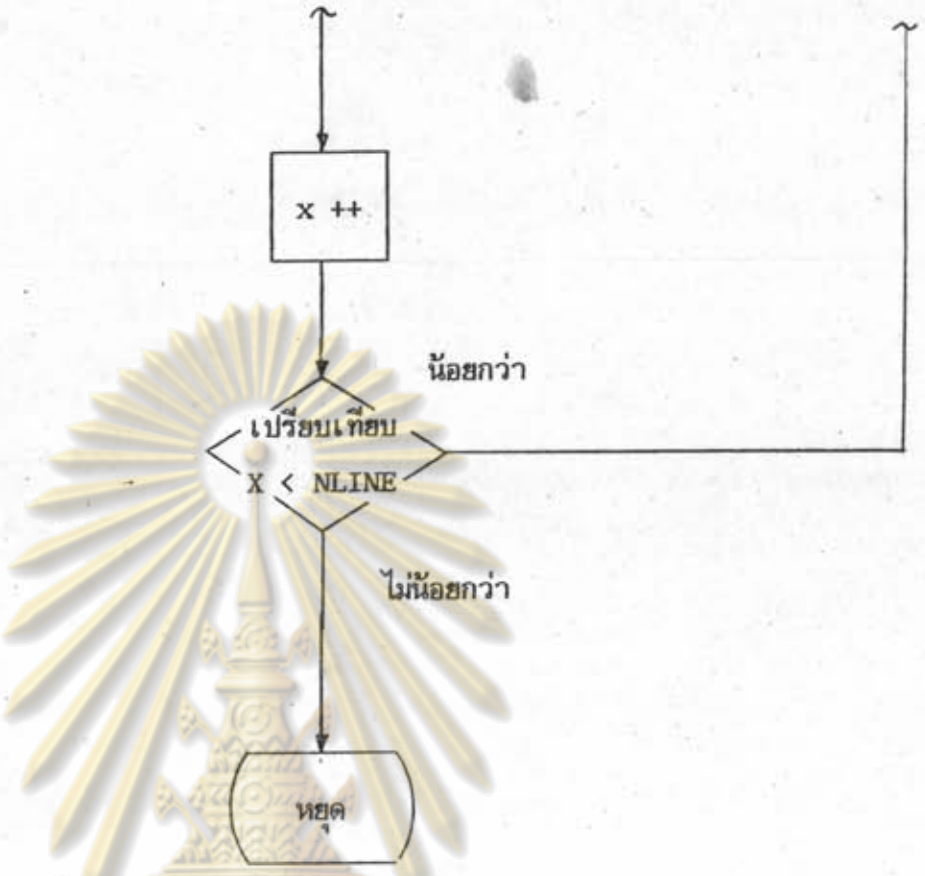
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

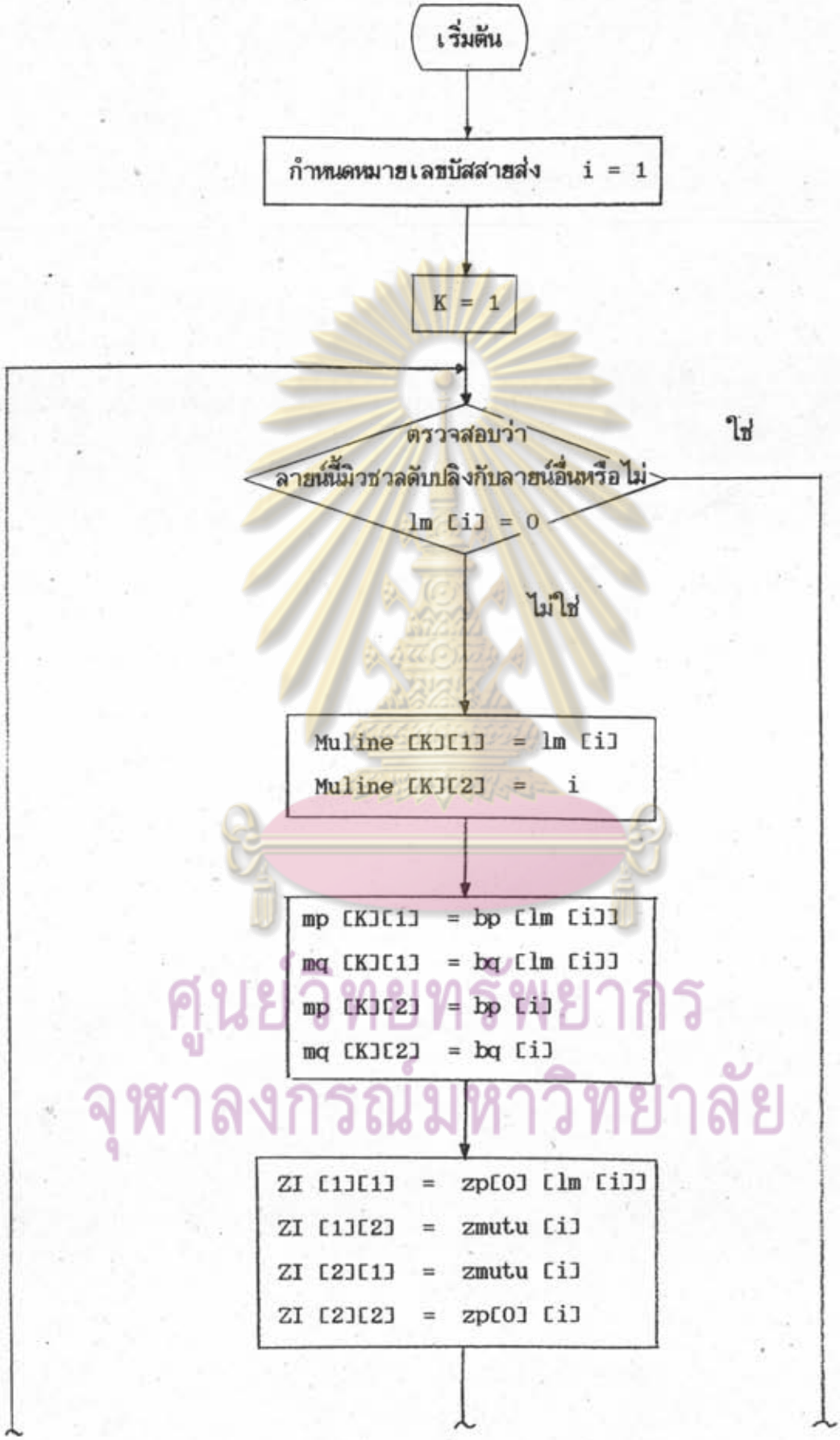


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

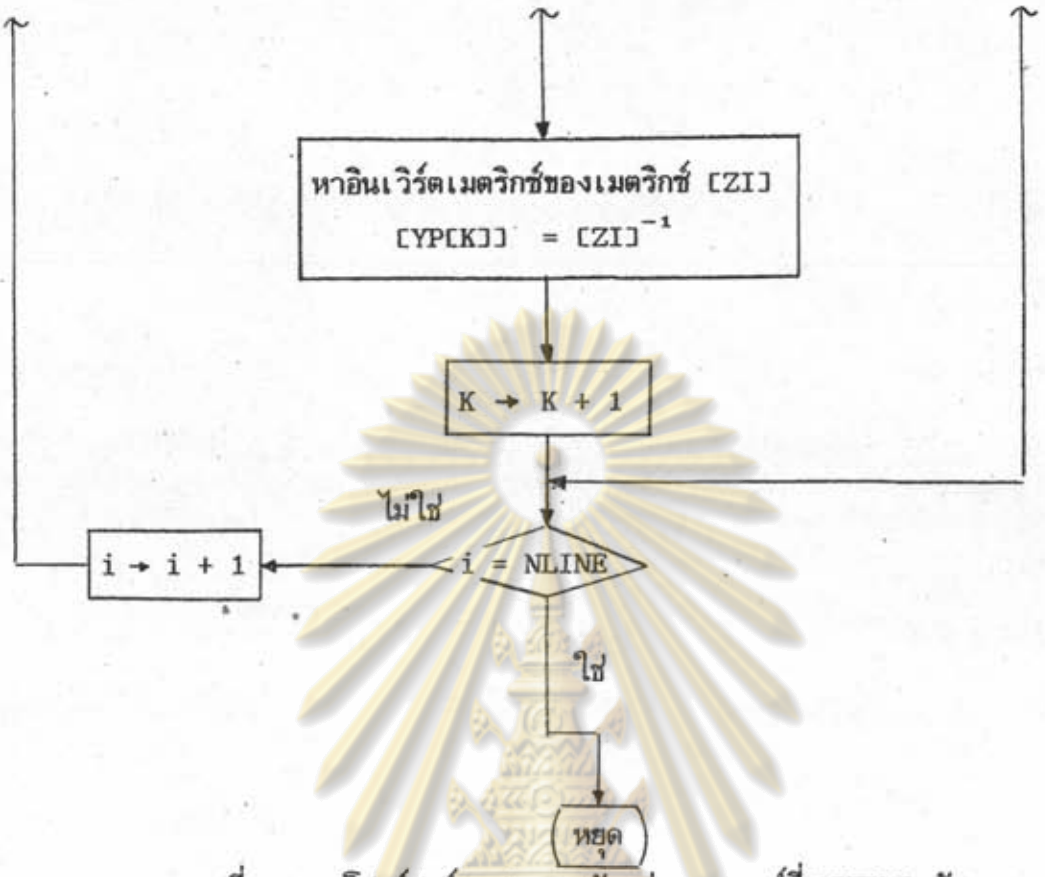


รูปที่ 4.4 โฟล์ชาร์ดแสดงการสร้างบัสอิมพิแดนซ์เมตริกซ์ของ Positive Sequence (Z 1)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

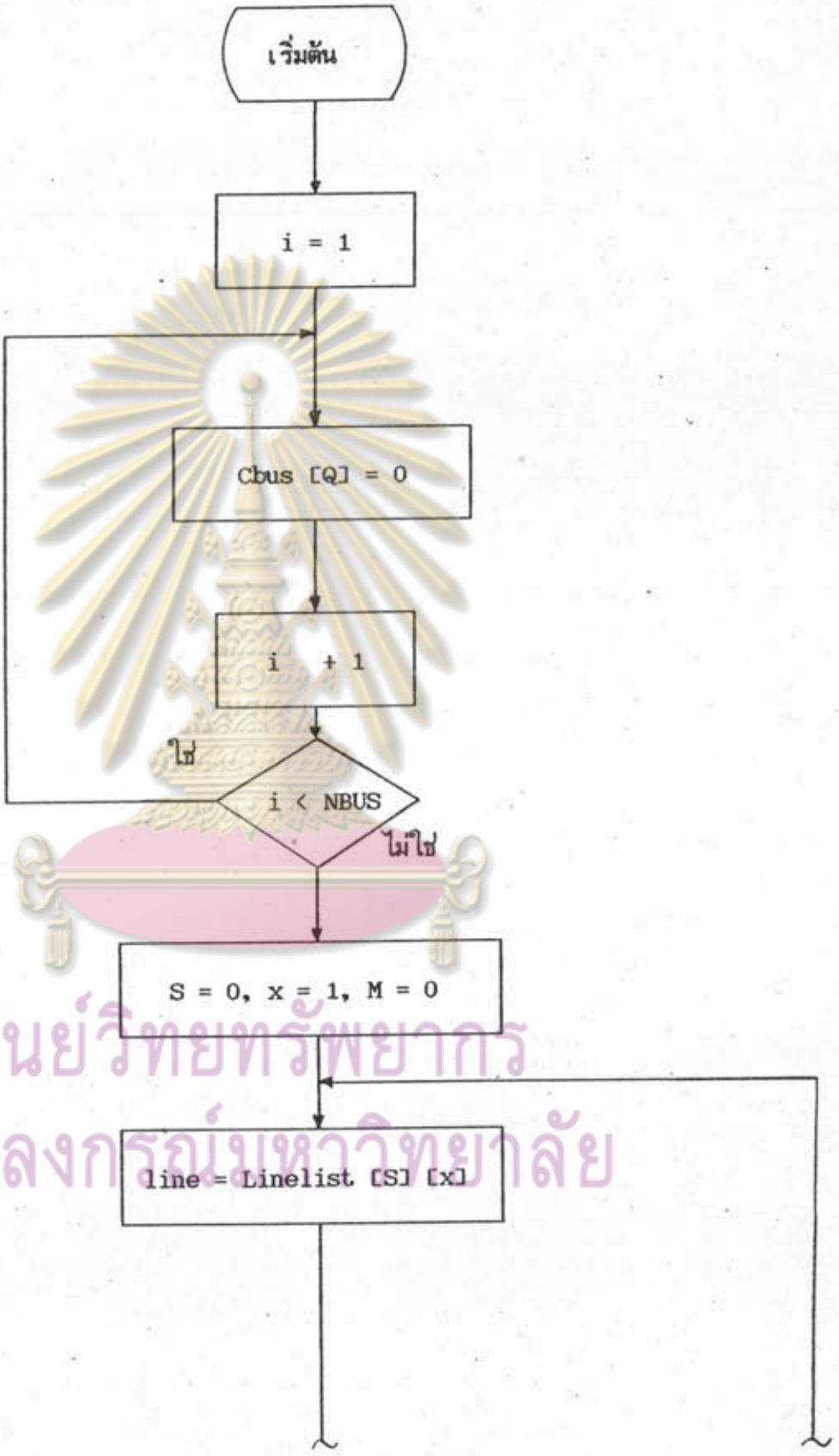


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

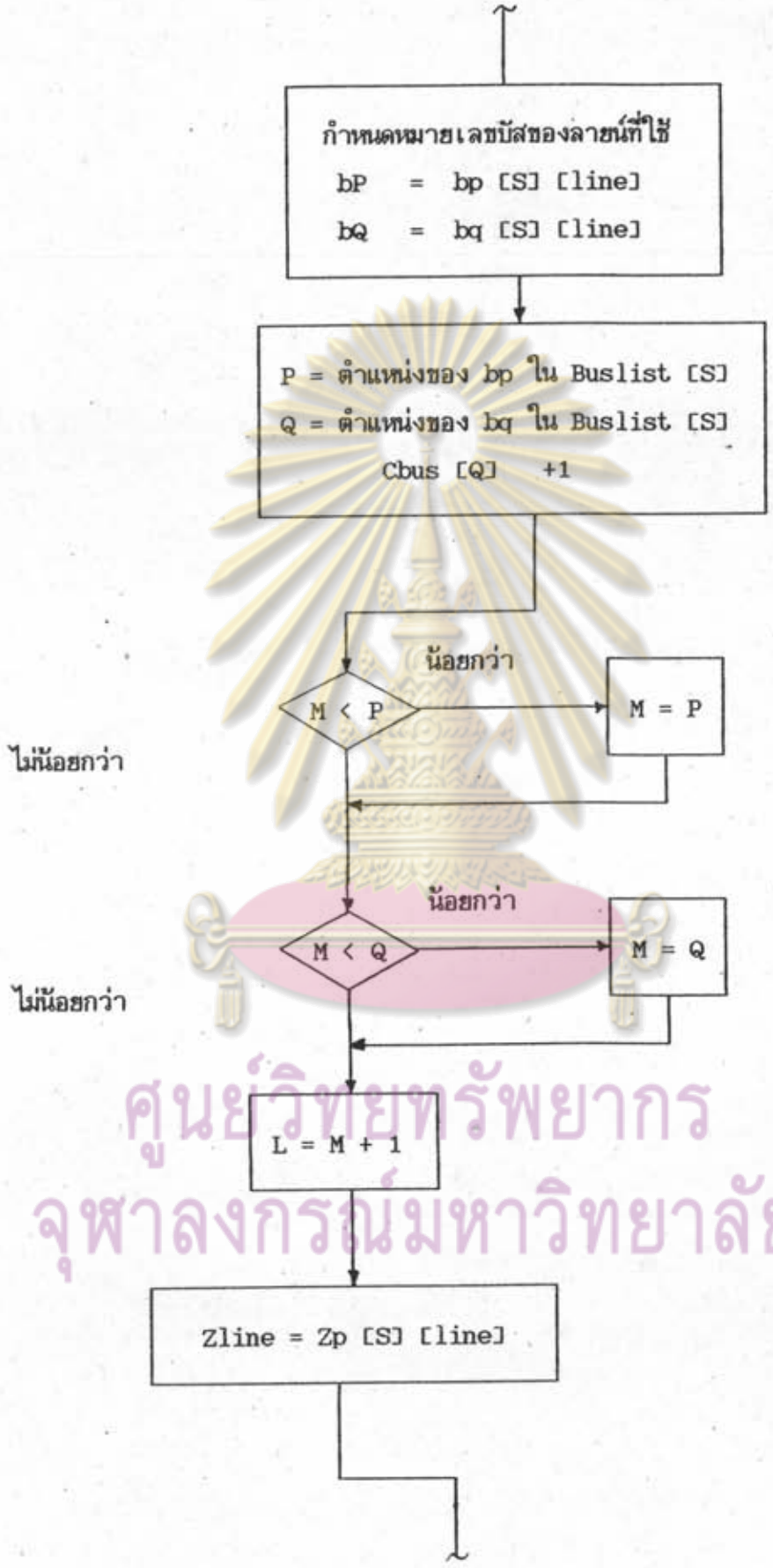


รูปที่ 4.5 โฟลว์ชาร์ตแสดงการจัดกลุ่มของลายน์ที่ MUTUAL กัน

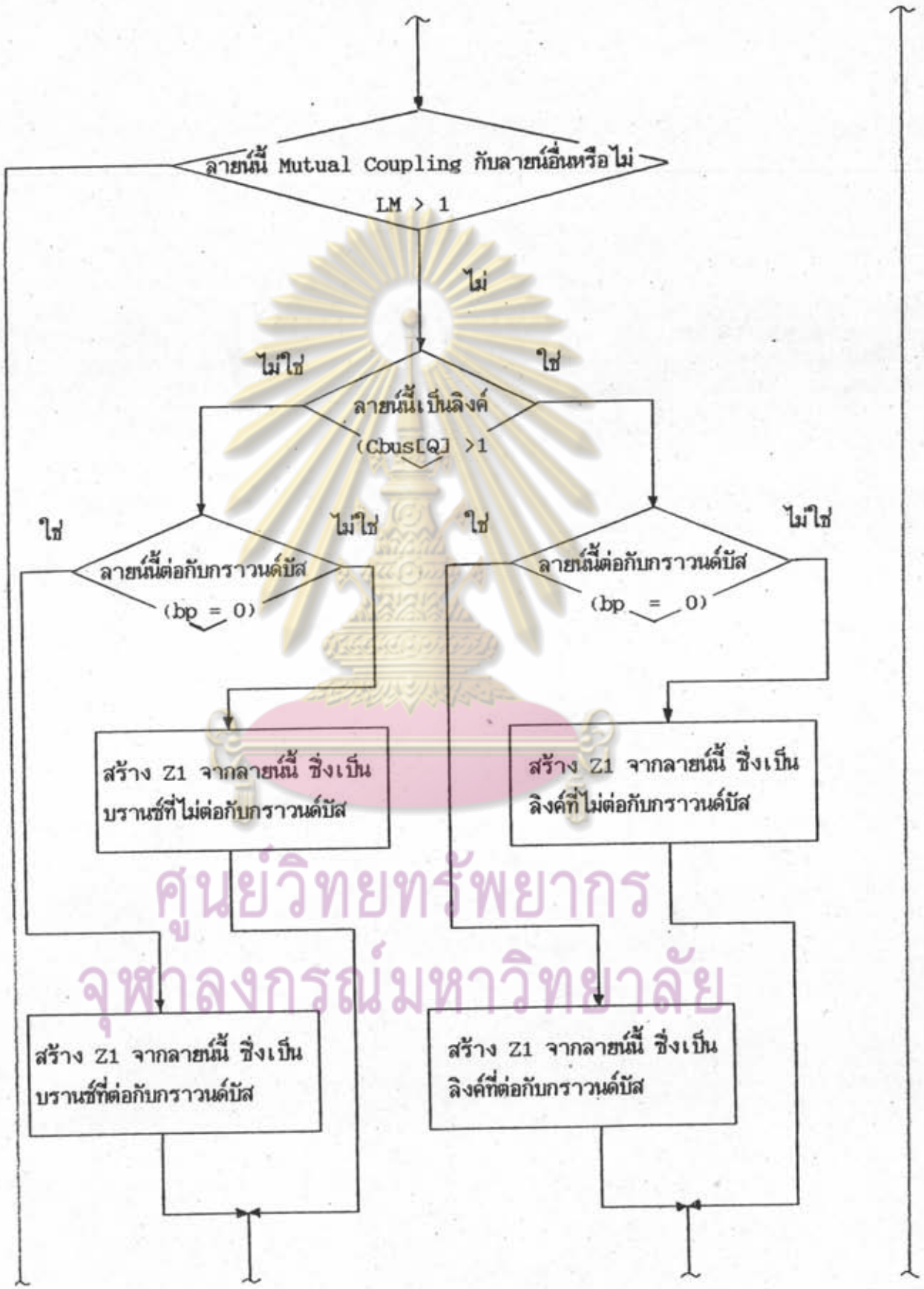
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



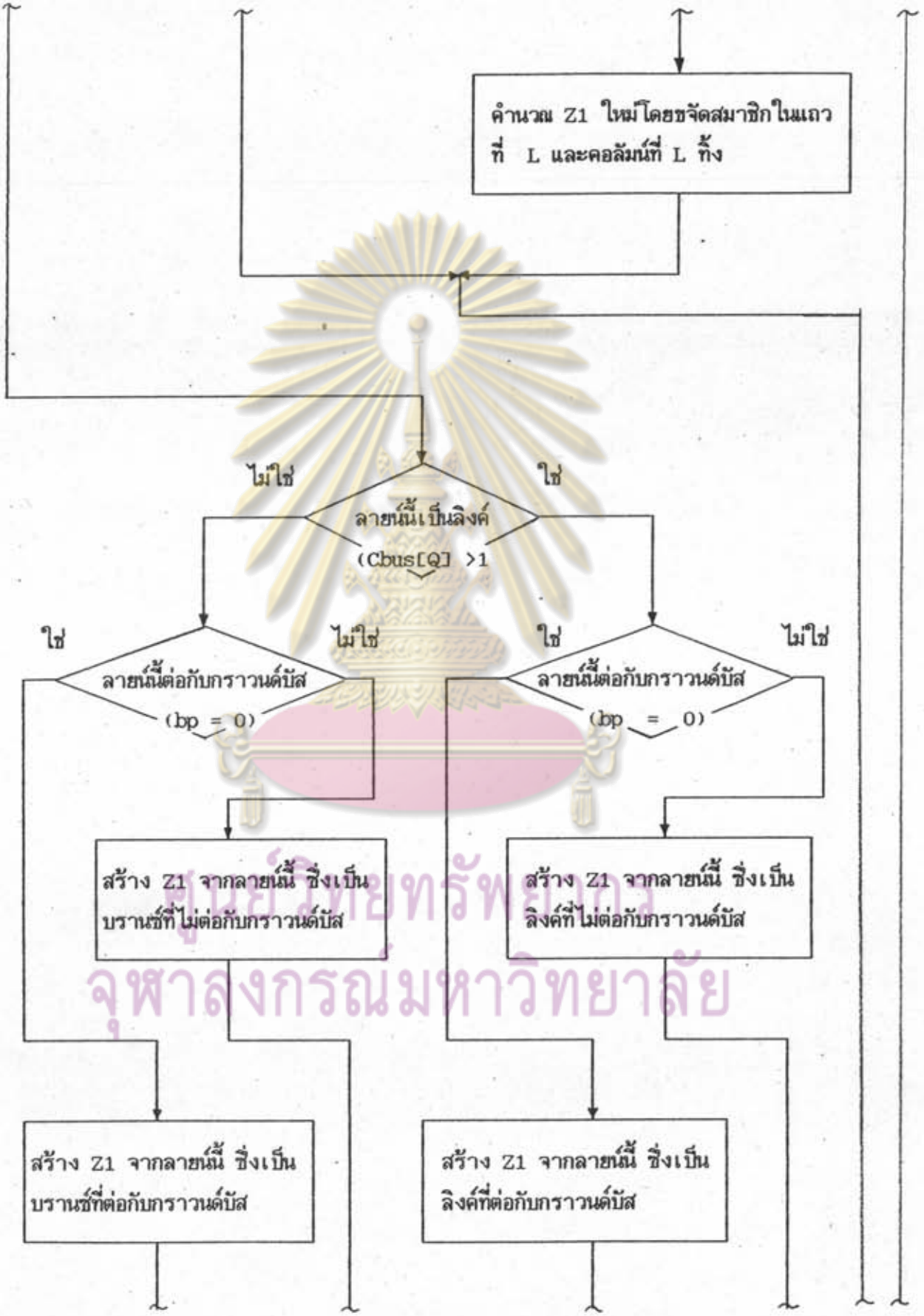
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



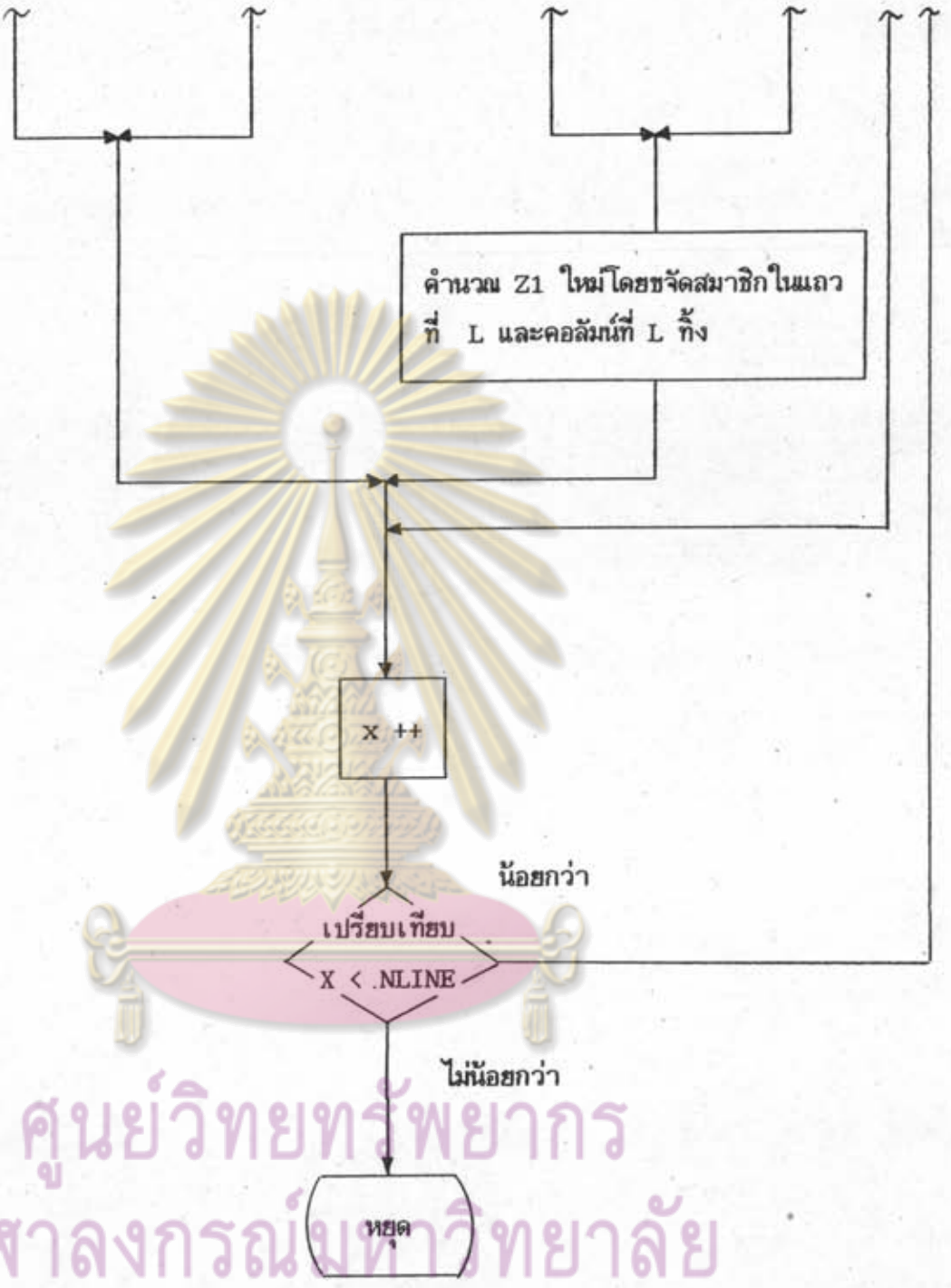
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

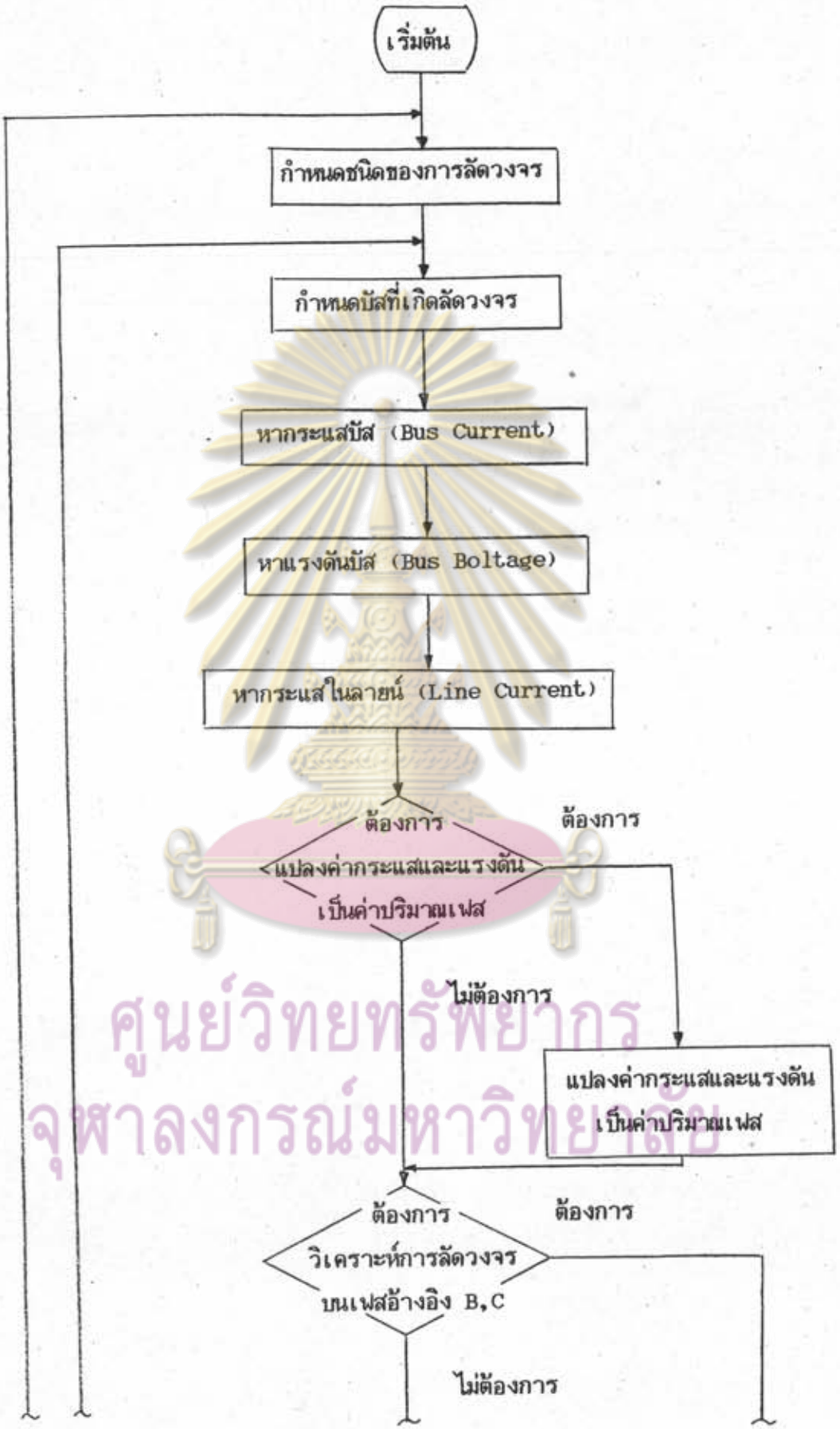


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

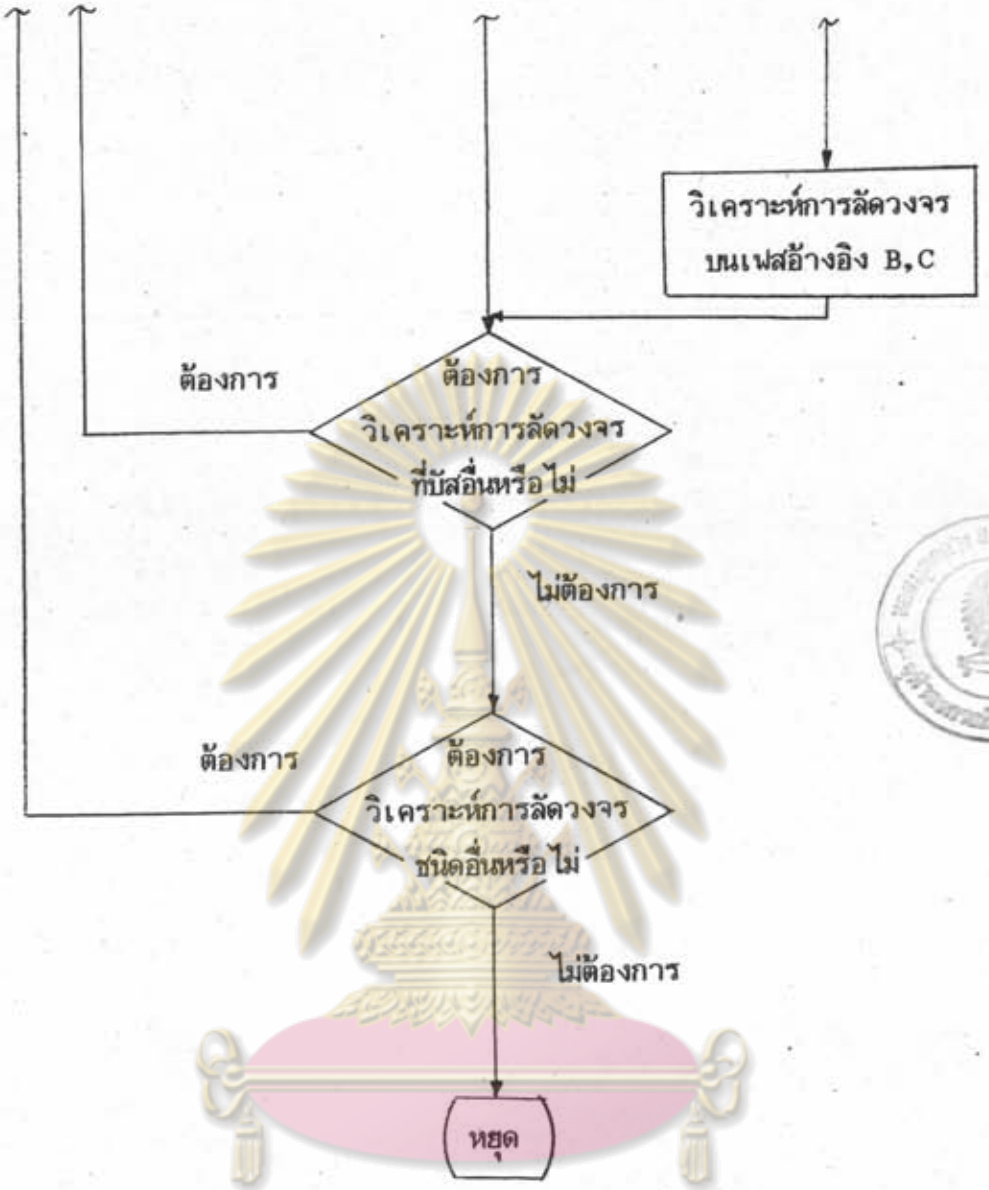


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.6 โฟล์ชาร์ตแสดงการสร้างบัสอิมพิแดนซ์เมตริกซ์ของ Zero Sequence (Z 0)

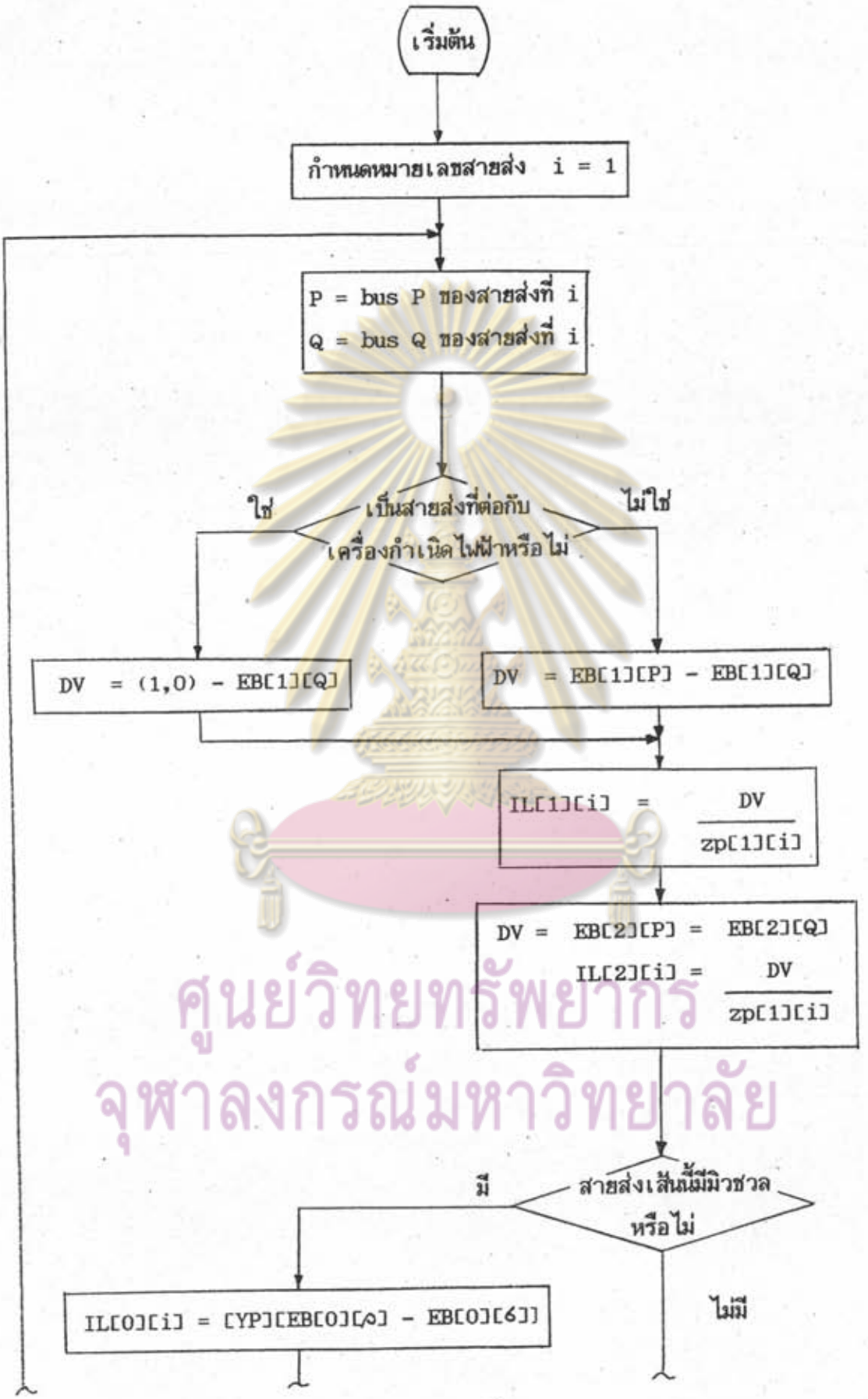


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

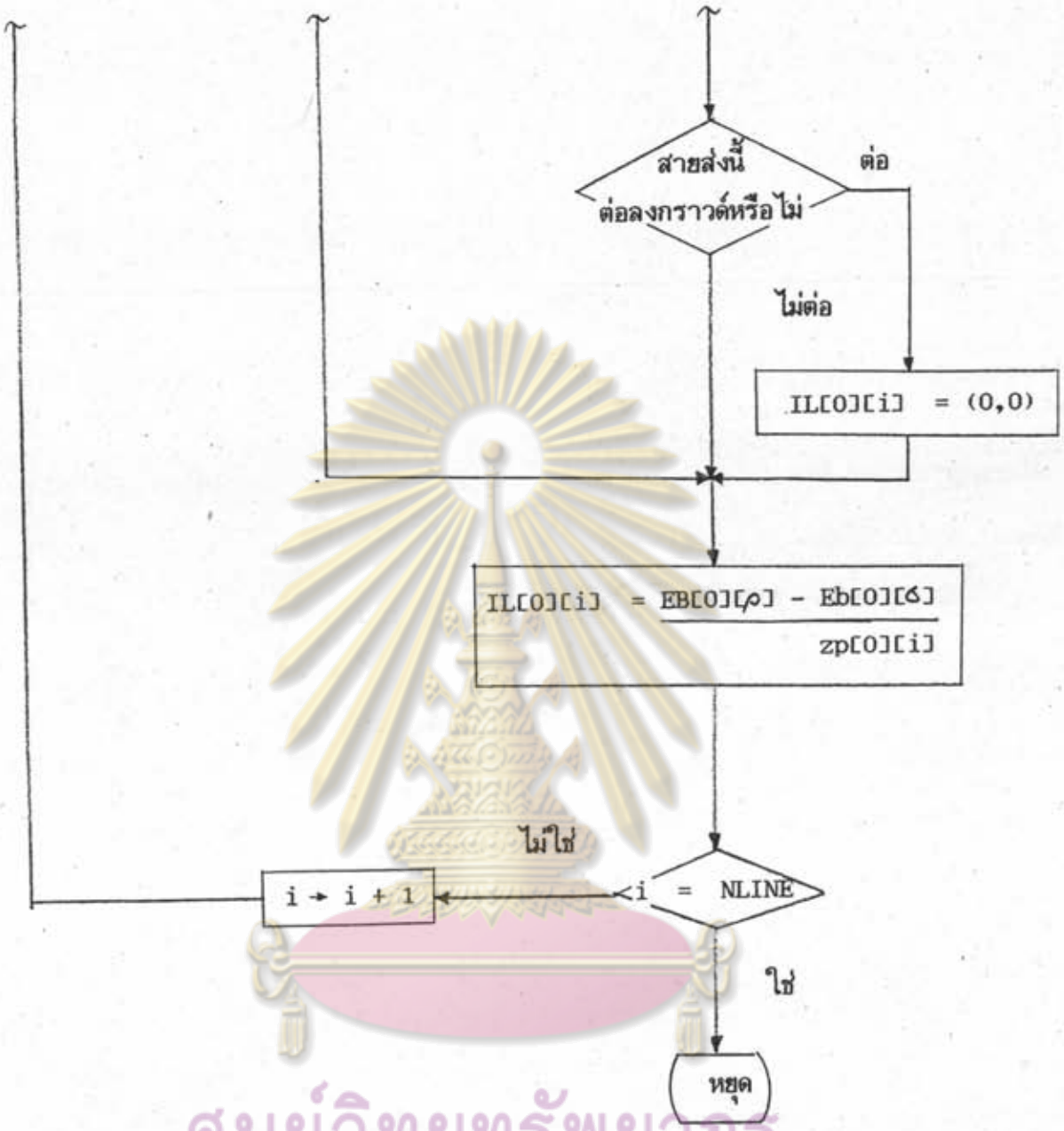


รูปที่ 4.7 โฟลว์ชาร์ตแสดงการวิเคราะห์การลัดวงจรชนิดต่าง ๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.8 โฟลว์ชาร์ตแสดงการหากระแสในสายน์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย