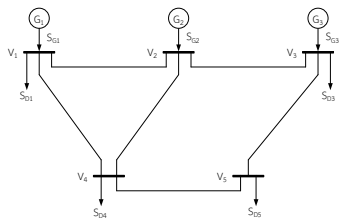


## หน่วยที่ 8 การไหลของกำลังไฟฟ้า

### Unit 8 Load flow

การวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้า หรือที่เรียกว่า โหลดฟลว์ (Load flow) เป็นการหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ไหลในระบบกำลังไฟฟ้า (กำลังไฟฟ้าที่ไหลระหว่างสายส่งคัลลิ่งบัส)



รูปที่ 8.1 โดอะแกรมเส้นเดียวของระบบกำลังไฟฟ้า

1

### 8.1 การไหลของกำลังไฟฟ้า

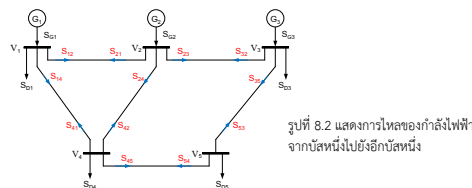
กำลังไฟฟ้าที่ปรากฏที่บัสใด ๆ หาได้จากสมการดังนี้

$$S_i = S_{Gi} - S_{Di}$$

เมื่อ  $S_i$  = กำลังไฟฟ้าปรากฏที่บัสใด ๆ

$S_{Gi}$  = กำลังไฟฟ้าปรากฏของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่จ่ายเข้าสู่บัสใด ๆ

$S_{Di}$  = กำลังไฟฟ้าปรากฏที่โหลดของบัสใด ๆ



รูปที่ 8.2 แสดงการไหลของกำลังไฟฟ้าจากบัสหนึ่งไปยังอีกบัสหนึ่ง

2

$$S_i = P_i - jQ$$

$P_i$  = กำลังไฟฟ้าจริงที่บัสใด ๆ

$Q_i$  = กำลังไฟฟ้าด้านกลับที่บัสใด ๆ

$$S_i = V_i I_i^*$$

และกำลังไฟฟ้าที่ไหลแกระหว่างสายส่งคัลลิ่งบัสใด ๆ ( $S_{ik}$ ) มีค่าดังนี้

$$S_{ki} = -S_{ik}^*$$

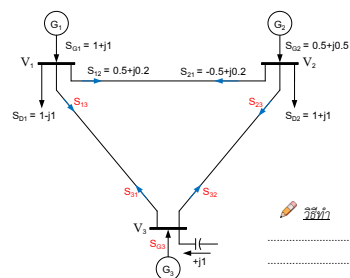
$$P_i - jQ = V_i I_i^*$$

และกระแสไฟฟ้าที่บัสใด ๆ มีค่าดังนี้

$$I_i = \frac{P_i + jQ}{V_i^*}$$

3

**ตัวอย่างที่ 8.1** จากโดอะแกรมเส้นเดียวของระบบกำลังไฟฟ้าที่กำหนดให้ จงหา  $S_{13}$ ,  $S_{23}$ ,  $S_{32}$  และ  $S_{31}$



วิธีทำ

4

### 8.2 แอดมิตแตนซ์บัส ( $Y_{bus}$ )

กำหนดให้ ที่ Bus แทน Y และ Z (เป็นตัวพิมพ์ใหญ่)  
ที่ Element แทน y และ z (เป็นตัวพิมพ์เล็ก)

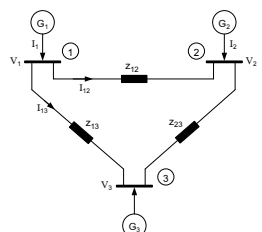
$$I = Y_{bus} V$$

เมื่อ  $Y_{bus}$  = แอดมิตแตนซ์ที่บัส

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \vdots \\ I_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \dots & Y_{1n} \\ Y_{21} & Y_{22} & \dots & Y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Y_{n1} & Y_{n2} & \dots & Y_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \vdots \\ V_n \end{bmatrix}$$

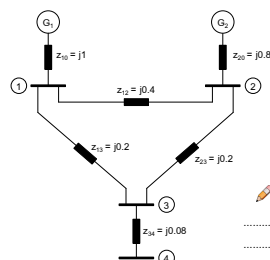
$$Y_{ij} = \sum_{k=0}^n y_{ik} : i \neq j$$

$$Y_{ij} = Y_{ji} = -y_{ij}$$



5

**ตัวอย่างที่ 8.2** จากโดอะแกรมเส้นเดียวของระบบกำลังไฟฟ้าที่กำหนดให้ จงหาแอดมิตแตนซ์เมตริกซ์



วิธีทำ

6

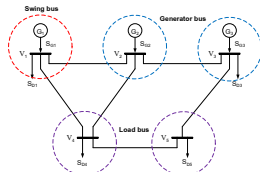
### 8.3 ประเภทของบัส

โดยปกติแล้วบัสแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

**8.3.1 สวิงบัส (Swing bus) หรือ สแลคบัส (Slack bus) หรือ บัสอ้างอิง (Reference bus)** เป็นบัสที่ถูกกำหนดให้เป็นบัสอันดับแรกที่จะมีการตอบสนอง เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงภาวะของโหลดเกิดขึ้น ส่วนมากมักใช้บัสหมายเลข 1 เป็น สวิงบัส

**8.3.2 เจเนอเรเตอร์บัส (Generator bus) หรือ บัสควบคุมแรงดัน (Voltage control bus)** เป็นบัสที่ได้รับการป้อนแรงดันจากเครื่องกำเนิด หรือมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าติดตั้งอยู่ที่บัสนั้น เช่น บัสหมายเลข 1, 2 และ 3 ในรูปที่ 8.7

**8.3.3 โหลดบัส (Load bus)** เป็นบัสที่ไม่มีโหลดต่ออยู่และไม่มีตัวเจเนอเรเตอร์ติดตั้งอยู่ เช่น บัสหมายเลข 4 และ 5 ในรูป



7

ในการวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้า เราไม่ทราบว่าค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดที่จ่ายให้กับระบบกำลังไฟฟ้า จึงต้องกำหนดขนาดแรงดันไฟฟ้า  $|V|$  และมุมของแรงดันไฟฟ้า  $|\delta|$  ของสวิงบัส เพื่อเป็นค่าอ้างอิง และเนื่องจากมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าติดตั้งอยู่ที่บัสควบคุมแรงดันไฟฟ้า จึงทำให้ทราบขนาดแรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าจริง (P) ที่บัสนั้น ส่วนกำลังไฟฟ้าด้านกลับ (Q) หาค่าได้จากสมการ 8.8 สำหรับโหลดบัส ตามปกติ เราจะทราบค่า P และ Q แล้ว

ตารางที่ 8.1 แสดงชนิดของบัสต่างๆ การวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้า

| Bus type      | Known                       | Unknown                | Approximate number |
|---------------|-----------------------------|------------------------|--------------------|
| Swing bus     | $V_i = 0$<br>$\delta_i = 0$ | $P_{gi}$<br>$Q_{gi}$   | 1                  |
| Generator bus | $P_{gi}$<br>$V_i$           | $\delta_i$<br>$Q_{gi}$ | $\approx 15\%$     |
| Load bus      | $P_{gi}$<br>$Q_{gi}$        | $V_i$<br>$\delta_i$    | $\approx 85\%$     |

8

### 8.4 วิธีการแก้ปัญหาโหลดโวลท์

การแก้ปัญหาโหลดโวลท์ก็คือ การหาค่าพารามิเตอร์แต่ละบัสของระบบ ซึ่งสามารถสรุปได้คือ

- การหาค่าพารามิเตอร์ที่เหลือของบัส ซึ่งไม่ใช่เรื่องง่าย
- ดังนั้น ทุกวิธีมุ่งไปหาแรงดันไฟฟ้าของแต่ละบัสแทน ซึ่งตามปกติจะใช้วิธีไอเทอเรทีฟ (iterative method) ซึ่งวิธีที่นิยมทั่วไปมี 3 วิธี คือ
  - วิธีไอเทอเรทีฟ เกาส์ (Gauss iterative method)
  - วิธีไอเทอเรทีฟ เกาส์-ไซด์ล (Gauss-Seidel iterative method)
  - วิธีไอเทอเรทีฟ นิวตัน-ราฟสัน (Newton-Raphson iterative method)

การเลือกใช้วิธีใดขึ้นอยู่กับปัจจัย 3 ประการ คือ

- ความเร็วในการคำนวณ (Speed)
- ความแม่นยำหรือความถูกต้องในการคำนวณ (Accuracy)
- ความจุของข้อมูลที่ใช้ (Storage)
- เมื่อทราบค่าแรงดันไฟฟ้า (V) ของทุกบัส ก็สามารถหาค่าอื่นๆ ในระบบได้

9