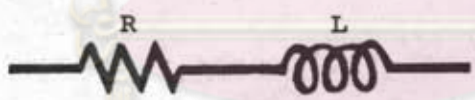
บทที่ 2

องค์ประกอบในระบบไฟฟ้ากำลัง

ในการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลังนั้นนิยมแทนองค์ประกอบ (Element) ต่างๆ ของระบบให้อยู่ในรูปวงจรสมมูลย์ เพื่อให้สะดวกในการคำนวณ ซึ่งวงจรสมมูลย์นี้ประกอบด้วยคุณสมบัติเกี่ยวกับ Resistance, Inductance และ Capacitance

2.1 วงจรสมมูลย์ของสายส่ง

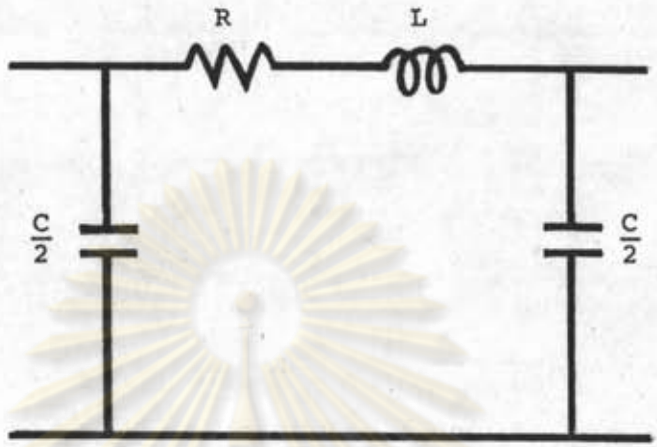
วงจรสมมูลย์ของสายส่งขนาดสั้นสามารถแทนด้วยวงจรสมมูลย์ในรูปที่ 2.1



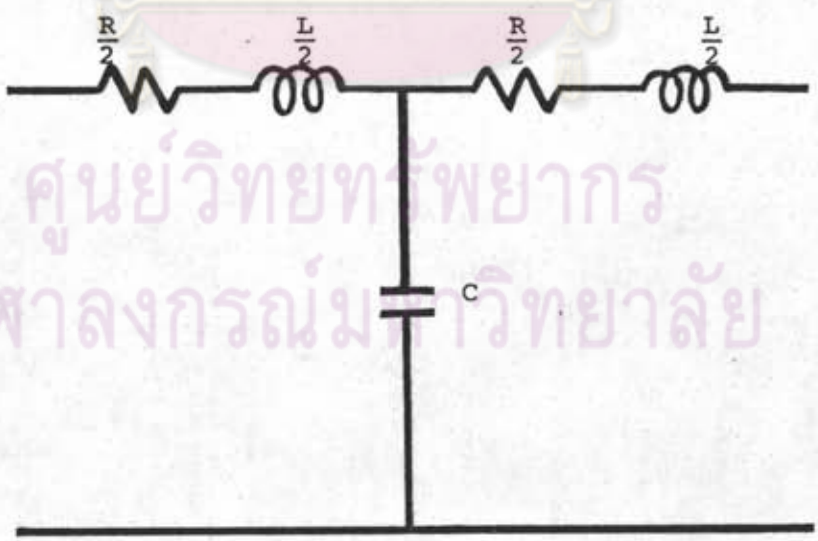
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.1 วงจรสมมูลย์ของสายส่งขนาดสั้น

วงจรสมมูลย์ของสายส่งขนาดยาวสมมารถแทนวงจรสมมูลย์ได้ 2 แบบ คือ (π) และแบบ (T) ซึ่งนิยมใช้แบบพาย์นมากกว่าแบบที รูปที่ 2.2 แสดงวงจรสมมูลย์แบบพาย์น และรูปที่ 2.3 แสดงวงจรสมมูลย์แบบที



รูปที่ 2.2 วงจรสมมูลย์สายส่งขนาดยาวแบบพาย์น

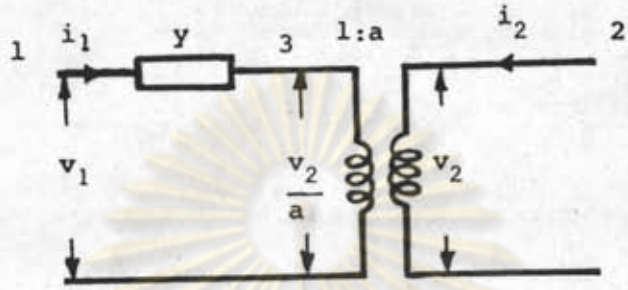


รูปที่ 2.3 วงจรสมมูลย์สายส่งขนาดยาวแบบที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 วงจรสมมูลย์ของหม้อแปลง (5,8)

วงจรสมมูลย์ของหม้อแปลงสามารถแทนด้วย แอดมิแทนซ์ (Admittance) และหม้อแปลงแบบอุดมคติ ตามรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 วงจรสมมูลย์ของหม้อแปลงไฟฟ้า

v_1, v_2 แทน แรงดันที่ขั้ว 1 และ 2 ตามลำดับ

a แทน อัตราส่วนของขดลวด (Turn Ratio)

y แทน แอดมิแทนซ์ของหม้อแปลง

i_1, i_2 แทน กระแสที่ไหลเข้าหม้อแปลงที่ขั้ว 1 และ 2 ตามลำดับ

จากคุณสมบัติของหม้อแปลงจะได้ว่า

$$i_1 = - a^* i_2 \qquad (2.1)$$

$$v_2 = a\, v_3 \qquad (2.2)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

* แทน การคอนจูเกจของตัวแปรเชิงซ้อน (Complex Conjugate)

พิจารณาจากรูปที่ 2.4 จะได้ว่า

$$i_1 = v_1 y - \frac{v_2 y}{a} \qquad (2.3)$$

แทนค่าสมการ (2.1) ลงใน (2.3) จะได้

$$i_2 = \frac{-v_1 y}{a^*} + \frac{v_2 y}{a\, a^*} \qquad (2.4)$$

จากสมการ (2.3) และ (2.4) สามารถเขียนได้เป็นรูปเมทริกซ์เป็น

$$\begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y & \frac{-y}{a} \\ \frac{-y}{a^*} & \frac{y}{|a|^2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} \qquad (2.5)$$

2.3 <u>สมการไหนดและบัสแอดมิแดนซ์เมทริกซ์</u> (Node equation and Bus Admittance Matrix)

สมการไหนด (Node equation) เป็นสมการที่เขียนขึ้นจากกฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ (Kirchhoff's Current Law) ซึ่งสามารถเขียนในรูปเมทริกซ์เป็น

$$[I] = [y] \quad [v] \qquad (2.6)$$

ดังนั้นกระแสที่แต่ละไหนดจะเขียนได้เป็น

$$i_p = y_{p_1} v_1 + \ldots + y_{pN} v_N \qquad (2.7)$$

i_p แทน กระแสที่ไหนด p

$y_{p_1}, \ldots, y_{pN}$ แทน สมาชิก [y] ที่ตำแหน่ง $p_1, \ldots, p_N$

$v_1, \ldots, v_N$ แทน แรงดันที่ไหนด 1, ..., N

เนื่องจากในระบบไฟฟ้ากำลังจะแทนไหนดด้วยบัส ดังนั้น [I] และ [V] ในสมการ (2.6) จะแทนกระแสและแรงดันที่บัสต่างๆ และ [y] มีชื่อเรียกเฉพาะว่า บัสแอดมิแดนซ์ เมทริกซ์ (Bus Admittance Matrix)

การสร้าง [y] สามารถทำโดย พิจารณาที่บัส i นำค่าแอดมิแดนซ์ต่างๆ ที่ต่อกับบัส i มารวมกันจะได้สมาชิกที่ตำแหน่ง ii ถ้าบัส i ต่อกับบัส j สมาชิกที่ตำแหน่ง ij จะมีค่าเป็นลบของแอดมิแดนซ์ ระหว่างบัส i และ j นั้น สามารถสรุปเป็นสมการได้ตามสมการ (2.8)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$\left.\begin{aligned} y_{ii} &= \sum_{j=1}^{N} y_{pj} \\ y_{ij} &= -y_{pj} \end{aligned}\right] \qquad (2.8)$$

y_{pj} แทน แอดมิแตนซ์ที่ต่อกับบัส i

จะสังเกตุได้ว่า [y] มีมิติเป็น N × N เสมอ

2.3.1 <u>การสร้าง [y] โดยวิธีอิลิเมนต์สแตมป์</u> (Element Stamp Method)

วิธีอิลิเมนต์สแตมป์เป็นวิธีใส่อิลิเมนต์ต่างๆ ทีละค่า และสร้าง [y] ตามอิลิเมนต์นั้น จนกระทั่งอิลิเมนต์ทุกตัวได้ถูกใส่เรียบร้อยแล้ว ดังนั้น [y] สุดท้ายจึงเป็นบัสแอดมิแตนซ์ที่สมบูรณ์

พิจารณาระบบไฟฟ้ากำลังโดยมี [y] เป็น

$$[y] = \begin{bmatrix} y_1 & \cdots\cdots & y_{1N} \\ & & \\ y_{N1} & \cdots\cdots & y_{NN} \end{bmatrix} \qquad (2.9)$$

เมื่อใส่สายส่งเข้าในระบบอีกเส้นหนึ่ง โดยสายส่งเชื่อมกับบัส i และ j โดยที่บัส i และ j จะเป็นบัสใหม่หรือบัสเดิมก็ได้ สมาชิกในตำแหน่ง ii, jj, ij และ ji จะเป็น

$$\left.\begin{aligned} y_{ii}^{new} &= y_{ii}^{old} + y_{SE} + \frac{y_{pA}}{2} \\ y_{jj}^{new} &= y_{jj}^{old} + y_{SE} + \frac{y_{pA}}{2} \\ y_{ij}^{new} &= y_{ij}^{old} - y_{SE} \\ y_{ji}^{new} &= y_{ji}^{old} - y_{SE} \end{aligned}\right] \qquad (2.10)$$

y_{SE} แทน แอดมิแตนซ์อนุกรม (Series Admittance) ของสายส่ง

y_{pA} แทน แอดมิแตนซ์ลงดินหรือไลน์ชาร์จ (Line Charge) ของสายส่ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในกรณีของหม้อแปลง ถ้าให้หม้อแปลงนั้นต่อเชื่อมระหว่างบัส K และ M โดยที่บัส K และ M จะเป็นบัสใหม่หรือบัสเดิมก็ได้ อัตราส่วนของขดลวดที่บัส K และ M มีค่า 1 : a จากสมการ (2.5) จะได้

$$\left.\begin{aligned} y_{KK}^{new} &= y_{KK}^{old} + y \\ y_{MM}^{new} &= y_{MM}^{old} + \frac{y}{a\ a^*} \\ y_{KM}^{new} &= y_{KM}^{old} - \frac{y}{a} \\ y_{MK}^{new} &= y_{MK}^{old} - \frac{y}{a^*} \end{aligned}\right] \qquad (2.11)$$

สังเกตุได้ว่า ถ้า a เป็นตัวเลขเชิงซ้อน [y] จะไม่เป็นเมทริกซ์สมมาตร (Symmetric Matrix)

กรณีของตัวเก็บประจุต่อลงดินที่บัส h ดังนั้น

$$y_{hh}^{new} = y_{hh}^{old} + y_e \qquad (2.12)$$

y_e แทน แอดมิแตนซ์ของตัวเก็บประจุ

เมื่อพิจารณาจากสมการ (2.10), (2.11) และ (2.12) พบว่า [y] นั้น จำนวนที่ไม่เท่ากับ 0 จะมีจำนวนสูงสุดเป็น

$$NZ = NB + 2\,NL + 2\,NT \qquad (2.13)$$

NZ แทน จำนวนไม่เท่ากับ 0 ใน [y]

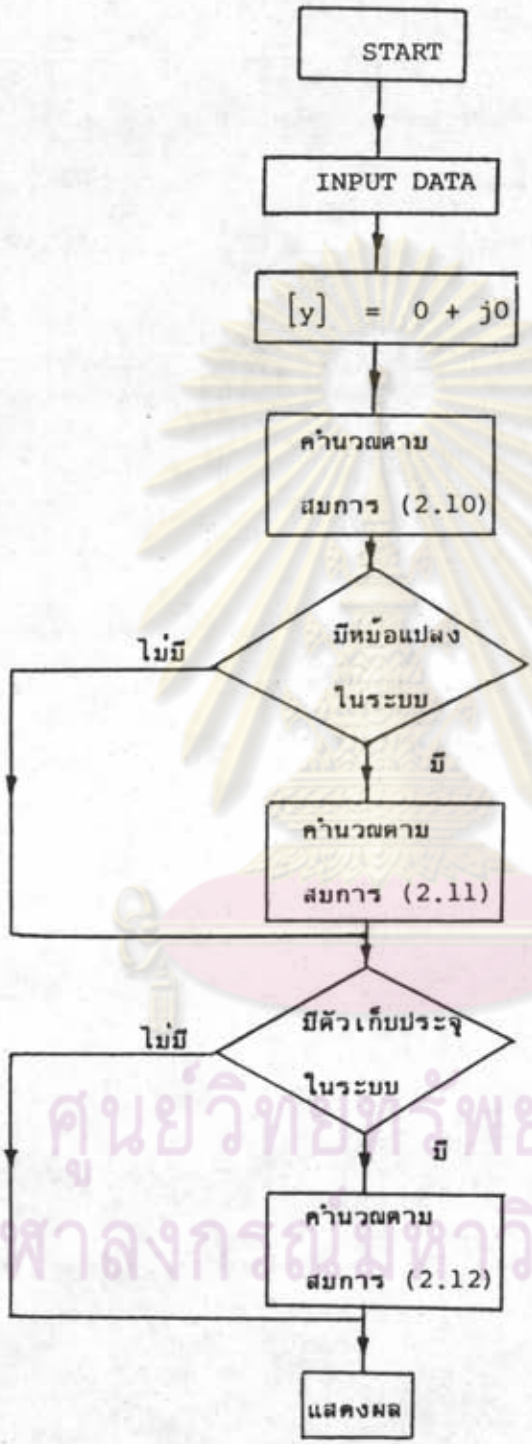
NB แทน จำนวนบัส

NL แทน จำนวนสายส่ง

NT แทน จำนวนหม้อแปลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ไฟลว์ชาร์ทการสร้าง [y] โดยวิธีอิลิเมนต์สแตบบ์



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย