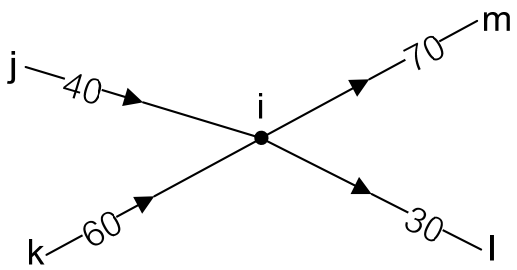
บทที่ 2

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาในบทนี้กล่าวถึงรายละเอียดของการศึกษาค้นคว้าแนวความคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย การสืบหาการไหลของกำลังไฟฟ้า และวิธีคิดต้นทุนระบบส่ง

2.1 การสืบหาการไหลของกำลังไฟฟ้า

การสืบหาการไหลของกำลังไฟฟ้า [9-10] เป็นวิธีการสืบหาสัดส่วนกำลังไฟฟ้าในสายส่งของผู้ผลิตไฟฟ้าและผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งกำลังไฟฟ้าแอคทีฟ และรีแอคทีฟเพาเวอร์ที่ต่ออยู่กับระบบส่ง โดยใช้หลักการแบ่งสัดส่วน (Proportional sharing principle) ในการพิจารณาหาสัดส่วนของกำลังไฟฟ้า โดยมีสมมุติฐานว่าไฟฟ้าจากเส้นทางต่างๆ เมื่อไหลมารวมกันที่จุดหนึ่งๆ จะเกิดการผสมรวมกันอย่างสมบูรณ์ (Perfect mixer) ก่อนที่จะวิ่งออกไปจากจุดนั้นไปยังทางอื่นต่อไป เนื่องจากอิเลคตรอนนั้นมีลักษณะเหมือนกันซึ่งไม่สามารถแบ่งแยกได้ว่าอิเลคตรอนตัวใดเดินทางมาจากแหล่งกำเนิดใด ถึงแม้ว่าจะไม่สามารถอธิบายได้ในทางฟิสิกส์ อย่างไรก็ตามเมื่อนำมาพิจารณาเพื่อคำนวณค่าบริการระบบส่งนั้นเป็นหลักการที่ยอมรับได้ ซึ่งอธิบายได้ดังนี้



รูปที่ 2.1 หลักการแบ่งสัดส่วน

จากรูปที่ 2.1 สายส่งทั้ง 4 เส้นต่อเข้ากับโหนด i โดยที่กำลังไฟฟ้าขนาด 40 เมกะวัตต์ ไหลจากโหนด j ไปยังโหนด i และกำลังไฟฟ้าขนาด 60 เมกะวัตต์ ไหลจาก โหนด k ไปยังโหนด i กำลังไฟฟ้าทั้งหมดไหลไปยังบัส 3 โดยโหนด m และ l รับกำลังไฟฟ้าจากบัส i ไปเป็นจำนวน 70 เมกะวัตต์ และ 30 เมกะวัตต์ ตามลำดับ สมมุติว่า ระบบนี้ไม่มีกำลังสูญเสียเนื่องจากความต้านทานของสายส่ง (Ohmic loss) สายส่ง j-i และ สายส่ง k-i จ่ายกำลังไฟฟ้าเข้าโหนด i รวม

เท่ากับ 100 เมกะวัตต์ (40เมกะวัตต์+60เมกะวัตต์) เมื่อคิดเป็นสัดส่วนกำลังไฟฟ้าที่ไหลเข้าโหนด i จะได้ว่า สายส่งไฟฟ้าเส้น j-i ส่งกำลังไฟฟ้าไปยังโหนด i เท่ากับ 0.4 P.U. (40/100) ส่วนสายส่งไฟฟ้า k-i ส่งกำลังไฟฟ้าไปยังโหนด i เท่ากับ 0.6 P.U. (60/100) จากสมมุติฐานของหลักการแบ่งสัดส่วนนี้จะได้ว่า กำลังไฟฟ้าที่ไหลเข้ามาจากสายส่ง j-i และ k-i ผสมกลมกลืนกันอย่างสมบูรณ์ที่โหนด i ดังนั้น เมื่อกำลังไฟฟ้าในสายส่ง j-i ไหลเข้าโหนด i แล้ว จะไหลออกไปยังสายส่ง i-m เท่ากับ 70 เมกะวัตต์×0.4 หรือ 28 เมกะวัตต์ และ กำลังไฟฟ้าในสายส่ง k-i ไหลเข้าโหนด i แล้วจะไหลออกไปยังสายส่ง i-m เท่ากับ 70 เมกะวัตต์×0.6 หรือ 42 เมกะวัตต์ ทำนองเดียวกัน กำลังกำลังไฟฟ้าที่ไหลออกไปในสายส่ง i-l เป็นกำลังไฟฟ้าจากสายส่งไฟฟ้า j-i เท่ากับ 30 เมกะวัตต์×0.4 หรือ 12 เมกะวัตต์ และเป็นกำลังไฟฟ้าจากสายส่ง k-i เท่ากับ 30เมกะวัตต์×0.6 หรือ 18 เมกะวัตต์ ดังนั้นสามารถสรุปสัดส่วนกำลังไฟฟ้าที่ไหลในสายส่งแต่ละเส้นได้ดังตารางที่ 2.1

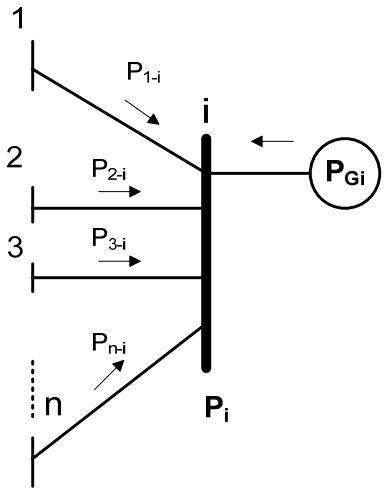
ตารางที่ 2.1 สัดส่วนปริมาณกำลังไฟฟ้าจากโหนด j และ k จากรูปที่ 2.1

	กำลังไฟฟ้าจากโหนด j	กำลังไฟฟ้าจากโหนด k
สายส่ง i-m (70 เมกะวัตต์)	28 เมกะวัตต์	42 เมกะวัตต์
สายส่ง i-l (30 เมกะวัตต์)	12 เมกะวัตต์	18 เมกะวัตต์

จากหลักการแบ่งสัดส่วนดังที่กล่าวข้างต้นนี้ เป็นพื้นฐานสำคัญของการสืบหาการไหลของกำลังไฟฟ้าของ Bialek ซึ่งวิธีนี้สามารถสืบหาสัดส่วนของกำลังไฟฟ้าที่บัสผู้ใช้ใดๆ ได้รับทั้งหมดว่าได้รับกำลังไฟฟ้ามาจากผู้ผลิตรายใดบ้างและรับมาเป็นสัดส่วนเท่าไรของกำลังทั้งหมดที่บัสผู้ใช้นั้นได้รับ เป็นการสืบหาจากบัสผู้ใช้ขึ้นไปหาบัสผู้ผลิต เรียกวิธีการนี้ว่า วิธีการพิจารณาจากต้นน้ำ (Upstream looking algorithm) ในทางตรงกันข้ามวิธีนี้ยังสามารถสืบหาสัดส่วนของกำลังไฟฟ้าที่บัสผู้ผลิตใดๆ ว่าได้ส่งกำลังไฟฟ้าไปยังบัสผู้ใช้รายใดบ้างและส่งไปเป็นสัดส่วนเท่าไรของกำลังทั้งหมดที่บัสผู้ผลิตรายนั้นผลิตส่งออกไป เป็นการสืบหาจากบัสผู้ผลิตลงไปหาบัสผู้ใช้ เรียกวิธีการนี้ว่า วิธีการพิจารณาจากปลายน้ำ (Downstream looking algorithm) โดยวิธีการสืบหากำลังไฟฟ้าของ Bialek นี้สามารถใช้พิจารณากำลังไฟฟ้าได้ทั้งแอคทีฟเพาเวอร์และรีแอคทีฟเพาเวอร์

2.1.1. วิธีการพิจารณาจากต้นน้ำ

การพิจารณาด้วยวิธีวิธีการพิจารณาจากต้นน้ำเริ่มจากการพิจารณาที่บัส i ดังรูปที่ 2 กำหนดให้ P_i คือ กำลังไฟฟ้าทั้งหมดที่ไหลเข้าสู่บัส i ซึ่งได้จากการพิจารณาการไหลของกำลังไฟฟ้าตามกฎของเคอร์ชอฟท์ P_{i-j} คือ กำลังไฟฟ้าที่ไหลในสายส่งที่เชื่อมจากบัส i ไปยังบัส j



รูปที่ 2.2 ระบบไฟฟ้าสำหรับใช้ในการพิจารณาวิธีการพิจารณาจากต้นน้ำ

จากรูปที่ 2.2 จะสามารถเขียนเป็นสมการการไหลของกำลังไฟฟ้า ณ บัส i ได้ดังนี้

$$P_i = \sum_{j \in \alpha_i^u} \left| P_{i-j} \right| + P_{G_i} \quad ; \text{for } i = 1, 2, 3, \ldots, n \qquad (2.1)$$

โดยที่ α_i^u คือ เซตของบัสที่จ่ายกำลังไฟฟ้าโดยตรงเข้าสู่บัส i P_{i-j} คือ ปริมาณกำลังไฟฟ้าในทิศทางที่ไหลจากบัส i ไปยังบัส j P_{G_i} คือ กำลังไฟฟ้าที่ผู้ผลิต G_i จ่ายกำลังเข้าสู่บัส i และ n คือจำนวนบัสทั้งหมด สมมุติว่าไม่มีความสูญเสียเกิดขึ้นในระบบจะได้ว่า $\left|P_{i-j}\right| = \left|P_{j-i}\right|$

เมื่อกำลังที่ไหลจากบัส i ไปยังบัส j สามารถเขียนได้เป็น $\left|P_{i-j}\right| = \left|P_{j-i}\right|$ ซึ่งสามารถเขียนเป็นความสัมพันธ์ของค่าของปริมาณกำลังที่บัสได้ คือ $\left|P_{i-j}\right| = c_{j_i} P_j$ โดยที่ $c_{j_i} = {}^{P_{j-i}}\!/_{P_j}$ ซึ่งเมื่อนำไปแทนในสมการ (2.1) จะได้

$$P_i = \sum_{j \in \alpha_i^u} c_{j_i} P_j + P_{G_i} \tag{2.2}$$

จากสมการ (2.2) สามารถเขียนใหม่ได้ว่า

$$P_i - \sum_{j \in \alpha_i^u} c_{j_i} P_j = P_{G_i} \tag{2.3}$$

หรือ

$$A_u P = P_G \tag{2.4}$$

โดยที่ A_u คือ เมทริกซ์การกระจายของวิธีอัพสตรีม (Upstream distribution matrix) P คือ เวกเตอร์ของบัส (Vector of nodal through-flows) และ P_G คือ เวกเตอร์ของบัสที่มีเจนนอเรเตอร์เชื่อมต่ออยู่ (Vector of nodal generations)

สมาชิกภายในของเมทริกซ์การกระจายแบบอัพสตรีม (A_u) ที่มีมิติเท่ากับจำนวนบัสของระบบ (n×n) จะมีค่าดังนี้

$$\left[A_u\right]_{ij} = \begin{cases} 1 & ; \text{for } i=j \\ -\dfrac{\left|P_{j\text{-}i}\right|}{P_j} & ; \text{for } j \in \alpha_i^u \\ 0 & ; \text{otherwise} \end{cases} \tag{2.5}$$

ดังนั้นจากสมการที่ (2.4) จะได้เป็น

$$P = A_u^{-1} P_G \tag{2.6}$$

หรือ

$$P_i = \sum_{k=1}^{n} \left(\left[A_u^{-1} \right]_{i_k} \right) P_{G_k} \tag{2.7}$$

หากต้องการหาว่าปริมาณกำลังไฟฟ้าของผู้ผลิตรายใดๆ ได้ไหลไปในสายส่งเส้นทางจากบัส i ไปบัส l ใดๆ ในปริมาณเท่าใดสามารถหาได้โดยคูณ $\frac{\left|P_{i-l}\right|}{\left|P_{i-l}\right|}$ ที่พจน์ด้านใดด้านหนึ่งของสมการ (2.7)

$$P_i \frac{\left|P_{i-l}\right|}{\left|P_{i-l}\right|} = \sum_{k=1}^{n} \left(\left[A_u^{-1} \right]_{i_k} \right) P_{G_k} \tag{2.8}$$

จัดรูปสมการ (2.8) ใหม่จะได้เป็น

$$\left|P_{i-l}\right| = \frac{\left|P_{i-l}\right|}{P_i} \sum_{k=1}^{n} \left(\left[A_u^{-1} \right]_{i_k} \right) P_{G_k} \tag{2.9}$$

และสำหรับกรณีของกำลังรีแอคทีฟก็สามารถเขียนได้เช่นเดียวกับสมการ (2.9)

$$\left|Q_{i-l}\right| = \frac{\left|Q_{i-l}\right|}{Q_i} \sum_{k=1}^{n} \left(\left[A_u^{-1} \right]_{i_k} \right) Q_{G_k} \tag{2.10}$$

ขณะที่ในกรณีที่ต้องการพิจารณากำลังไฟฟ้าที่โหลดบัสว่าได้รับกำลังไฟฟ้ามาจากเจนนอเรเตอร์รายใดบ้าง สามารถหาได้โดยคูณ $\frac{P_{L_i}}{P_{L_i}}$ ที่พจน์ด้านใดด้านหนึ่งของสมการ (2.7)

$$P_i \frac{P_{L_i}}{P_{L_i}} = \sum_{k=1}^{n} \left(\left[A_u^{-1} \right]_{i_k} \right) P_{G_k} \tag{2.11}$$

จัดรูปสมการ (2.11) ใหม่จะได้เป็น

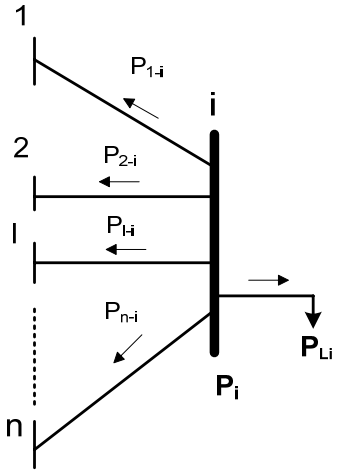
$$P_{L_i} = \frac{P_{L_i}}{P_i} \sum_{k=1}^{n} \left(\left[A_u^{-1} \right]_{i_k} \right) P_{G_k} \tag{2.12}$$

และเช่นเดียวกันสำหรับกรณีของกำลังรีแอคทีฟก็สามารถเขียนได้เช่นเดียวกับสมการ (2.12)

$$Q_{L_i} = \frac{Q_{L_i}}{Q_i} \sum_{k=1}^{n} \left(\left[A_u^{-1} \right]_{i_k} \right) Q_{G_k} \qquad (2.13)$$

2.1.2. วิธีการพิจารณาจากปลายน้ำ

การพิจารณาด้วยวิธีวิธีการพิจารณาจากปลายน้ำเริ่มจากการพิจารณาที่บัส i ดังรูปที่ 2.3 กำหนดให้ P_i คือ กำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านบัส i ซึ่งได้จากการพิจารณาการไหลของกำลังไฟฟ้าตามกฎของเคอร์ชอฟท์ และ$P_{i\text{-}l}$ คือ กำลังไฟฟ้าที่ไหลออกจากบัส i ไปยังบัส l



รูปที่ 2.3 ระบบไฟฟ้าสำหรับใช้ในการพิจารณาวิธีการพิจารณาจากปลายน้ำ

จากรูปที่ 2.3 จะสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$P_i = \sum_{l \in \alpha_i^d}^{n} \left| P_{i-l} \right| + P_{L_i} \qquad ; \text{for } i = 1,2,\ldots,n \qquad (2.14)$$

โดยที่ α_i^d คือ เซตของบัสที่ได้รับกำลังไฟฟ้าโดยตรงจากบัส i P_{i-l} คือ ปริมาณกำลังไฟฟ้าในทิศทางที่ไหลจากบัส i ไปยังบัส l P_{L_i} คือ โหลดกำลังไฟฟ้าที่ผู้ใช้ L_i ได้รับจากบัส i และ n คือจำนวนบัสทั้งหมด สมมุติว่าไม่มีความสูญเสียเกิดขึ้นในระบบจะได้ว่า $|P_{i-l}| = |P_{l-i}|$ โดยที่ $c_{li} = {|P_{l-i}|}/{P_j}$

ดังนั้น

$$P_i = \sum_{j \in \alpha_i^d} |P_{i-l}| + P_{L_i} \tag{2.15}$$

$$P_i = \sum_{l \in \alpha_i^d} c_{l_i} P_j + P_{L_i} \tag{2.16}$$

เมื่อจัดรูปสมการ (2.16) ใหม่จะได้ว่า

$$P_i - \sum_{l \in \alpha_i^d} c_{l_i} P_j = P_{L_i} \tag{2.17}$$

หรือ

$$A_d P = P_L \tag{2.18}$$

โดยที่ A_d คือ เมทริกซ์การกระจายของวิธีดาวน์สตรีม (Downstream distribution matrix) P คือ เวกเตอร์ของบัส (Vector of nodal through-flows) และ P_L คือ เวกเตอร์ของบัสที่มีโหลดเชื่อมต่ออยู่ (Vector of nodal demand)

สมาชิกภายในของเมทริกซ์การกระจายแบบอัพสตรีม (A_d) ที่มีมิติเท่ากับจำนวนบัสของระบบ (n×n) จะมีค่าดังนี้

$$\left[A_d\right]_{ij} = \begin{cases} 1 & ; \text{for } i=j \\ -\dfrac{|P_{j-i}|}{P_j} & ; \text{for } j \in \beta \\ 0 & ; \text{otherwise} \end{cases} \tag{2.19}$$

ดังนั้นจากสมการที่ (2.18) จะได้เป็น

$$P = A_d^{-1} P_L \tag{2.20}$$

หรือ

$$P_i = \sum_{k=1}^{n} \left(\left[A_d^{-1} \right]_{i_k} \right) P_{L_k} \tag{2.21}$$

กรณีที่ต้องการหาว่าปริมาณกำลังไฟฟ้าที่โหลดผู้ใช้รายใดๆ ได้ใช้กำลังไฟฟ้าที่ไหลมาจากกำลังในสายส่งเส้นทางจากบัส i ไปบัส I ใดๆ ไปในปริมาณเท่าใดสามารถหาได้โดยคูณ $\frac{\left|P_{i-j}\right|}{\left|P_{i-j}\right|}$ ที่พจน์ด้านใดด้านหนึ่งของสมการ (2.21) จะได้ว่า

$$P_i \frac{\left|P_{i-j}\right|}{\left|P_{i-j}\right|} = \sum_{k=1}^{n} \left(\left[A_d^{-1} \right]_{i_k} \right) P_{L_k} \tag{2.22}$$

จัดรูปสมการ (2.22) ใหม่จะได้เป็น

$$\left|P_{i-j}\right| = \frac{\left|P_{i-j}\right|}{P_i} \sum_{k=1}^{n} \left(\left[A_d^{-1} \right]_{i_k} \right) P_{L_k} \tag{2.23}$$

และสำหรับกรณีของกำลังรีแอคทีฟก็สามารถเขียนได้เช่นเดียวกับสมการ (2.23)

$$\left|Q_{i-j}\right| = \frac{\left|Q_{i-j}\right|}{Q_i} \sum_{k=1}^{n} \left(\left[A_d^{-1} \right]_{i_k} \right) Q_{L_k} \tag{2.24}$$

และในกรณีที่ต้องการพิจารณาว่ากำลังไฟฟ้าที่เจนนอเรเตอร์ตัวหนึ่งๆ ได้ผลิตกำลังไฟฟ้าบัสไปยังผู้ใช้โหลดรายใดบ้าง สามารถหาได้โดยคูณ $\frac{P_{G_i}}{P_{G_i}}$ ที่พจน์ด้านใดด้านหนึ่งของสมการ (2.21)

$$P_i \frac{P_{G_i}}{P_{G_i}} = \sum_{k=1}^{n} \left(\left[A_d^{-1} \right]_{i_k} \right) P_{L_k} \qquad (2.25)$$

จัดรูปสมการ (2.25) ใหม่จะได้เป็น

$$P_{G_i} = \frac{P_{G_i}}{P_i} \sum_{k=1}^{n} \left(\left[A_d^{-1} \right]_{i_k} \right) P_{L_k} \qquad (2.26)$$

และเช่นเดียวกันสำหรับกรณีของกำลังรีแอคทีฟก็สามารถเขียนได้เช่นเดียวกับสมการ (2.26)

$$Q_{G_i} = \frac{Q_{G_i}}{Q_i} \sum_{k=1}^{n} \left(\left[A_d^{-1} \right]_{i_k} \right) Q_{L_k} \qquad (2.27)$$

2.2 วิธีการคิดต้นทุนระบบส่ง

เพื่อให้วิธีการที่เสนอในวิทยานิพนธ์นี้สามารถพัฒนาใช้งานในระบบจริงได้ ผู้วิจัยจึงได้ทดสอบวิธีการที่เสนอโดยใช้ข้อมูลทางการเงินของกลุ่มธุรกิจระบบส่งของ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยนำฐานข้อมูลด้านการเงินมาจากรายงานผลการศึกษาโครงการวิจัยเรื่อง “การจัดทำระบบการคิดต้นทุนค่าบริการระบบส่ง” การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2547 [17] ตามรายงานผลการศึกษาดังกล่าว ได้สรุปวิธีคิดต้นทุนระบบส่งไว้ดังนี้

2.2.1 ต้นทุนที่เกิดขึ้นในสายส่งไฟฟ้า

ต้นทุนที่เกิดขึ้นในสายส่งไฟฟ้า คิดจากค่าเสื่อมราคาที่เกิดขึ้นในสายส่งไฟฟ้าแต่ละเส้น โดยที่ข้อมูลค่าเสื่อมราคาของสายส่งไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เป็นข้อมูลรายโครงการ (Project) ไม่ได้แบ่งแยกเป็นรายสายส่งที่ระบุสถานีไฟฟ้าต้นทางและปลายทาง หรือเป็นรายวงจร (Circuit) ดังนั้นในการคำนวณต้นทุนที่เกิดขึ้นในสายส่งไฟฟ้าแต่ละเส้น จะใช้สัดส่วนของระยะทางและขนาดของสายส่งไฟฟ้า มาเป็นเกณฑ์ในการจัดสรรค่าเสื่อมราคารวมของแต่ละโครงการ

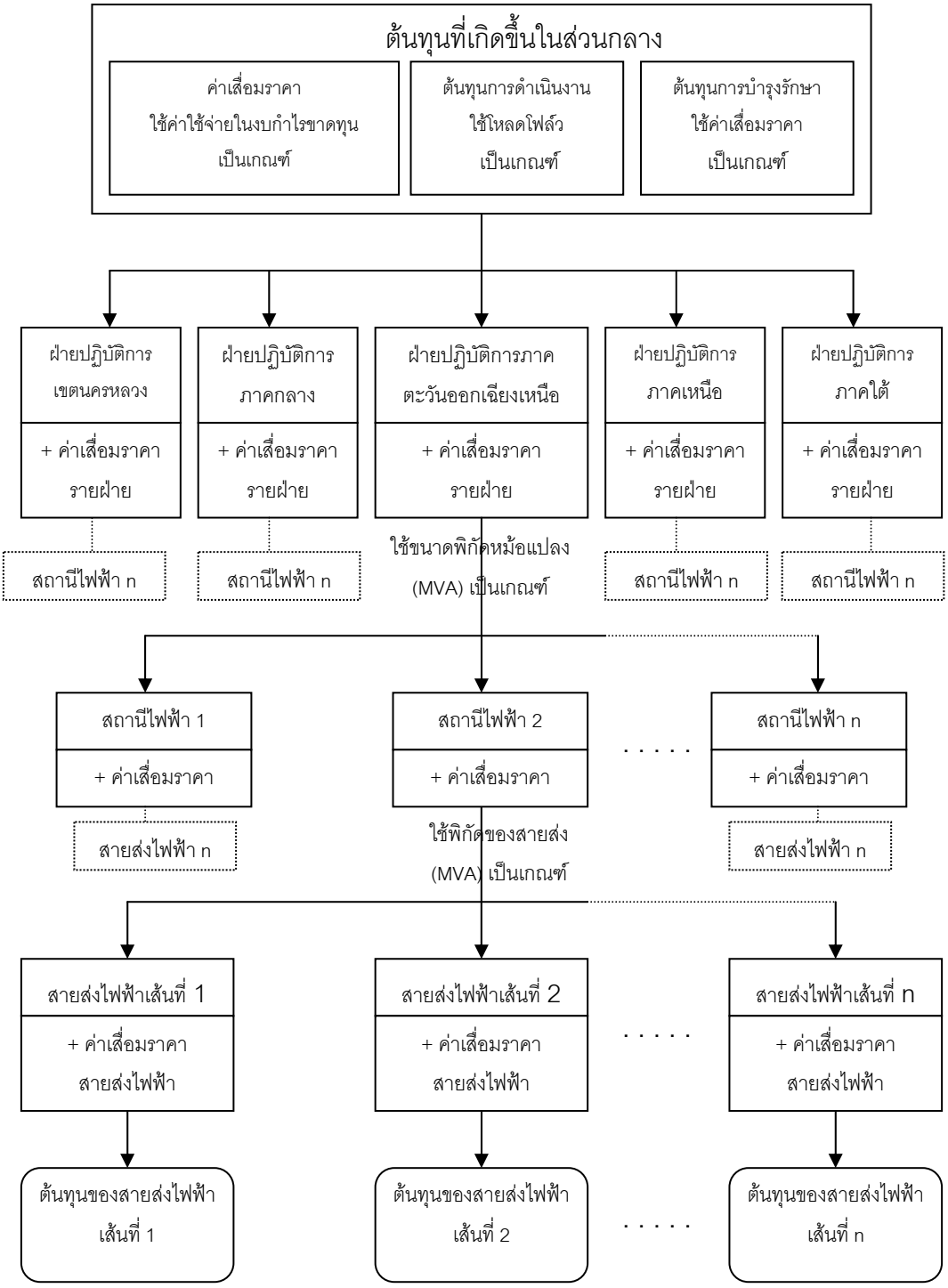
2.2.2 ต้นทุนที่เกิดขึ้นในสถานีไฟฟ้า

ต้นทุนที่เกิดขึ้นในสถานีไฟฟ้าคิดจากค่าเสื่อมราคาที่เกิดขึ้นในสถานีไฟฟ้า เพื่อจัดสรรไปยังสายส่งแต่ละเส้นที่เชื่อมต่ออยู่กับสถานีไฟฟ้านั้นๆ โดยใช้พิกัด (MVA) ของสายส่งแต่ละเส้นเป็นเกณฑ์ในการจัดสรรต้นทุน โดยพิจารณาว่าสายส่งเส้นที่มีพิกัดสูง ย่อมมีความสำคัญมาก จึงควรจัดสรรต้นทุนไปยังสายส่งเส้นดังกล่าวมากกว่าสายส่งเส้นอื่นๆ

2.2.3 ต้นทุนที่เกิดขึ้นในส่วนกลาง

ต้นทุนที่เกิดขึ้นในส่วนกลางจะมีทั้งต้นทุนการดำเนินงานและบำรุงรักษา(Operation and maintenance cost) และต้นทุนจากการใช้สินทรัพย์ในการดำเนินงาน (Utility cost) สำหรับต้นทุนจากการใช้สินทรัพย์นั้นจะใช้ค่าเสื่อมราคา (Depreciation)การจัดสรรในขั้นตอนแรก จะจัดสรรค่าเสื่อมราคาเหล่านี้ทั้งหมดไปยังฝ่ายปฏิบัติการทั้ง 5 ฝ่าย ได้แก่ ฝ่ายปฏิบัติการภาคกลาง ฝ่ายปฏิบัติการภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ฝ่ายปฏิบัติการภาคใต้ ฝ่ายปฏิบัติการภาคเหนือ และฝ่ายปฏิบัติการเขตนครหลวง โดยใช้สัดส่วนค่าใช้จ่ายในงบกำไรขาดทุนตามงบรายฝ่าย (ซึ่งปรับการให้บริการภายในธุรกิจระบบส่งแล้ว) ของฝ่ายปฏิบัติการทั้ง 5 ฝ่ายเป็นเกณฑ์ในการจัดสรร โดยมองว่าฝ่ายใดที่มีค่าใช้จ่ายในงบกำไรขาดทุนดังกล่าวข้างต้นมาก แสดงว่าเป็นฝ่ายที่มีความสำคัญมาก จำเป็นต้องใช้ทรัพยากรบุคคลและทรัพยากรอื่นๆ ในการดูแลมาก จึงควรจัดสรรค่าเสื่อมราคาจากการใช้สินทรัพย์ของส่วนกลางไปยังฝ่ายนั้นๆ มากกว่าฝ่ายอื่น จากนั้นจึงจัดสรรค่าเสื่อมราคาจากฝ่ายปฏิบัติการทั้ง 5 ฝ่ายไปยังสถานีไฟฟ้าที่อยู่ในเขตปฏิบัติการของแต่ละฝ่าย โดยใช้ขนาดพิกัด (MVA) รวมของหม้อแปลงทุกตัวในแต่ละสถานีไฟฟ้าเป็นเกณฑ์ในการจัดสรรต้นทุน โดยมองว่าสถานีไฟฟ้าใดที่มีขนาดพิกัดรวมของหม้อแปลงทุกตัวมาก จะเป็นสถานีไฟฟ้าที่ต้องให้ความสำคัญมาก จึงควรจัดสรรค่าใช้จ่ายส่วนกลางไปยังสถานีไฟฟ้าย่อยนั้นมากด้วย และในขั้นตอนสุดท้าย จะจัดสรรต้นทุนจากสถานีไฟฟ้าแรงสูงแต่ละแห่งไปยังสายส่งแต่ละเส้นที่เชื่อมต่ออยู่กับสถานีไฟฟ้าย่อยนั้นๆ โดยใช้พิกัด (MVA) ของสายส่งแต่ละเส้นเป็นเกณฑ์

เมื่อแบ่งสรรต้นทุนทั้งหมดครบทั้ง 3 ส่วนแล้ว ต้นทุนทั้งหมดจะอยู่ที่สายส่งแต่ละเส้น (บาทต่อปี) ดังแผนผังแสดงการจัดสรรต้นทุนระบบส่งไปสู่สายส่งในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แผนผังการจัดสรรต้นทุนระบบส่งไฟฟ้าไปยังสายส่ง

2.3. ค่าเฉลี่ยเหตุการณ์ผิดพร่อง

ค่าเฉลี่ยเหตุการณ์ผิดพร่องของสายส่ง (FOR) [14] คือ ค่าเฉลี่ยของจำนวนเวลาที่อุปกรณ์ไม่สามารถทำงานได้นอกเหนือจากแผนที่เตรียมไว้ (Unplanned outage) ต่อจำนวนเวลาที่อุปกรณ์นั้นสามารถทำงานได้ตลอดช่วงเวลาที่พิจารณา โดยสาเหตุที่ทำให้อุปกรณ์ไม่สามารถทำงานได้ต้องเป็นเหตุการณ์ที่ไม่ได้วางแผนไว้ อันได้แก่การปฏิบัติงานไม่เหมาะสม (Improper operation) หรือเกิดจากความผิดพลาดโดยมนุษย์ (Human error) D. Hur [14] ได้นำหลักการค่าเฉลี่ยเหตุการณ์ผิดพร่องของสายส่งมาประยุกต์ใช้ โดยนำมาคิดต่อเป็นจำนวนชั่วโมงเฉลี่ยที่สายส่งไม่สามารถให้บริการได้ต่อช่วงเวลาที่ให้บริการทั้งหมดโดยคิดเป็นจำนวนชั่วโมงต่อปี (Average time of occurrence of failure event, hour/year) โดยการคูณค่าเฉลี่ยเหตุการณ์ผิดพร่องของสายส่งด้วยจำนวนชั่วโมงที่สายส่งให้บริการทั้งปี เพื่อใช้หาปริมาณความเชื่อถือได้ของระบบส่ง (Quantitative reliability assessment of transmission facilities)

$$FOR^k = \frac{FOH^k}{\left(FOH^k + SH^k\right)} \tag{2.28}$$

$$F^k = FOR^k \times 8760 \quad ;hours/year \tag{2.29}$$

โดย FOR_k คือ ค่าเฉลี่ยเหตุการณ์ผิดพร่องของสายส่งเส้นทาง k

FOH_k คือ จำนวนชั่วโมงที่สายส่งเส้นทาง k ไม่สามารถให้บริการได้โดยไม่ได้วางแผน

SH_k คือ จำนวนชั่วโมงที่สายส่งเส้นทาง k สามารถให้บริการได้

F_k คือ จำนวนชั่วโมงเฉลี่ยที่สายส่งเส้นทาง k ไม่สามารถให้บริการได้ต่อปี

กล่าวโดยสรุปวิธีการสืบหาการไหลของกำลังไฟฟ้าเป็นวิธีการสืบหาสัดส่วนของกำลังไฟฟ้าที่ไหลไปยังบัสใดๆ โดยวิธีสืบหาจากบัสผู้ใช้ขึ้นไปหาบัสผู้ผลิต เรียกวิธีการนี้ว่า วิธีการพิจารณาต้นน้ำ ส่วนในทางตรงกันข้ามการสืบหาจากบัสผู้ผลิตลงไปหาบัสผู้ใช้ เรียกวิธีการนี้ว่า วิธีการพิจารณาจากปลายน้ำ โดยหลังจากทราบที่มาและสัดส่วนของกำลังไฟฟ้าที่ไหลอยู่ในสายส่งแต่ละเส้นทางว่าเป็นของบัสผู้ใช้บริการระบบส่งรายใดแล้ว จากนั้นนำมาพิจารณาจัดสรรสัดส่วนของต้นทุนของสายส่งกับบัสผู้ใช้บริการตามสัดส่วนของการใช้ความจุของสายส่งในแต่ละเส้นทาง และพิจารณาถึงความเชื่อถือได้ของสายส่งแต่ละเส้นทางประกอบกัน เนื่องจากการหลุดของสายส่งเส้นทางหนึ่งในขณะใช้งานจะส่งผลกระทบต่อสายส่งเส้นทางอื่นๆ ในระบบ ดังนั้นการ

พิจารณาถึงความเชื่อถือได้ของสายจึงเป็นเรื่องที่ต้องนำมาประกอบการพิจารณาการจัดสรรต้นทุนระบบส่ง เพื่อหาโอกาสที่ผู้ใช้สายส่งในแต่ละเส้นทางจะต้องรับผิดชอบภาระต้นทุนที่เพิ่มขึ้นจากการหลุดของสายส่งในระบบ