บทที่ 5

การคำนวณราคาค่าใช้สายส่ง

โดยทั่วไปการคำนวณราคาค่าใช้สายส่ง (Wheeling charge) จะใช้กับการซื้อขายไฟฟ้าแบบคู่สัญญา (Bilateral contract) ซึ่งราคาและปริมาณของกำลังไฟฟ้าที่ซื้อขายจะมีค่าเท่าไรขึ้นอยู่กับการตกลงของคู่สัญญานั้น ในขณะที่ราคาค่าใช้สายส่งสำหรับการซื้อขายไฟฟ้าผ่านตลาดกลางจะอยู่ในรูปของค่าธรรมเนียมที่รวมเพิ่มเข้าไปกับราคาค่าไฟฟ้า [1,2,16] อย่างไรก็ตาม ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเสนอวิธีการที่สามารถคำนวณราคาค่าใช้สายส่งสำหรับสมาชิกแต่ละรายในตลาดได้ โดยราคาค่าใช้สายส่งมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับผลกระทบหรือการใช้งานบนสายส่งแต่ละเส้น

ในบทนี้จะเริ่มต้นด้วยการกล่าวถึงภาพรวมของการคำนวณราคาค่าใช้สายส่งว่าสามารถจำแนกออกได้เป็น 3 วิธี ดังแสดงในหัวข้อที่ 5.1 จากนั้นในหัวข้อที่ 5.2 จึงจะเป็นวิธีที่นำเสนอเพื่อคำนวณราคาค่าใช้สายส่งสำหรับการซื้อขายไฟฟ้าผ่านตลาดกลาง

5.1 ภาพรวมของการคำนวณราคาค่าใช้สายส่ง

วัตถุประสงค์ของการคำนวณราคาค่าใช้สายส่งซึ่งจะนำไปเรียกเก็บจากผู้ใช้สายส่ง คือ การกระจายต้นทุนของระบบสายส่งไปยังผู้ซื้อและผู้ขายไฟฟ้า ทั้งในส่วนที่เป็นต้นทุนในการลงทุนสร้างระบบสายส่งเดิม ต้นทุนขณะดำเนินการ และต้นทุนส่วนที่เป็นการสร้างระบบสายส่งขึ้นมาใหม่เพื่อรองรับปริมาณการซื้อขายไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้น [14,16,22-24] ราคาค่าใช้สายส่งในตลาดกลางซื้อขายไฟฟ้านี้ เป็นการกระจายต้นทุนของระบบสายส่งเหล่านี้ ไปยังผู้มีส่วนร่วมใช้นั่นเอง วิธีการหลักที่ใช้ในการคำนวณราคาค่าใช้สายส่งมีด้วยกัน 3 วิธี [22,24-26] ดังนี้

1) Embedded cost method
2) Incremental cost method
3) Composite embedded-incremental cost method

วิธีการที่ 3 คือ การใช้ราคาค่าใช้สายส่งร่วมกันทั้งแบบ Embedded cost และ Incremental cost ดังนั้น ในที่นี้จะกล่าวถึงหลักการพื้นฐานของวิธีการทั้งสองนี้เท่านั้น

5.1.1 Embedded cost method

ในวิธีการนี้ การคำนวณราคาค่าใช้สายส่งสามารถทำได้โดยการกระจาย ต้นทุนการลงทุนระบบส่งไฟฟ้า และ ต้นทุนที่ใช้ในการบำรุง ดูแลรักษาประจำปี ไปยังผู้ที่ใช้ระบบส่งไฟฟ้าในการซื้อขายพลังงาน โดยราคาค่าใช้สายส่งสำหรับผู้ซื้อและผู้ขายไฟฟ้าจะมีค่ามากน้อยขึ้นอยู่กับ ขนาดการใช้งาน (Extent of use) ในระบบสายส่ง [26-28] วิธี Embedded cost นี้มีด้วยกันหลายวิธีการ อย่างไรก็ตาม วิธีการที่เป็นที่นิยมนำมาใช้ ได้แก่ Postage stamp method, Contract path method, Distance based MW-mile method, และ Power flow based MW-mile method [24,29-30] ซึ่งสามารถสรุปหลักการที่สำคัญได้ดังนี้

1) Postage stamp method

หลักการสำคัญในการคำนวณราคาค่าใช้สายส่งสำหรับวิธีการนี้ คือ ราคาค่าใช้สายส่งจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณไฟฟ้าที่ซื้อขาย ผลของราคาค่าใช้สายส่งที่คำนวณได้ จะสะท้อนถึงต้นทุนการลงทุนทั้งหมดของระบบสายส่ง วิธีการนี้จะสมมติว่า สายส่งทั้งหมดในระบบถูกใช้ในการซื้อขายไฟฟ้าหนึ่งๆ ซึ่งไม่พิจารณาถึงการไหลของกำลังไฟฟ้าที่แท้จริง คือ ละเลยว่าสายส่งเส้นใด ได้รับผลจากการซื้อขายไฟฟ้านั้นมากน้อยเพียงไร นอกจากนี้ ราคาค่าใช้สายส่งที่คำนวณได้จากวิธีการนี้จะไม่ขึ้นกับระยะทางของสายส่ง ด้วยสาเหตุนี้ จึงทำให้วิธีการนี้มีชื่อเรียกว่า Postage stamp method

2) Contract path method

การคำนวณราคาค่าใช้สายส่งในวิธีการนี้ จะมีหลักการการคำนวณเช่นเดียวกับวิธี Postage stamp คือ ราคาค่าใช้สายส่งจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณไฟฟ้าที่ซื้อขาย อย่างไรก็ตาม ในวิธีการนี้จะมีข้อแตกต่าง คือ สำหรับการซื้อขายไฟฟ้าจากบัสหนึ่งไปสู่อีกบัสหนึ่ง จะมีการกำหนดเส้นทางการไหลของกำลังไฟฟ้าที่ซื้อขายนั้น เส้นทางนี้มีชื่อเรียกว่า Contract path ซึ่งถูกกำหนดโดยบริษัทระบบส่งไฟฟ้าและลูกค้าผู้ใช้สายส่งซึ่งก็คือผู้ซื้อและผู้ขายไฟฟ้า โดยการกำหนดเส้นทางนี้ ทำโดยปราศจากการศึกษาการไหลของกำลังไฟฟ้าเพื่อที่จะวิเคราะห์สภาพจริงของการไหลของกำลังบนสายส่งเส้นต่างๆ ราคาค่าการใช้สายส่งที่คำนวณได้จะถูกนำไปให้กับบริษัทสายส่งต่างๆที่เป็นเจ้าของสายส่งที่ได้รับการกำหนดไว้นั้น อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการกำหนดเส้นทางการไหลของกำลังไฟฟ้าโดยปราศจากการศึกษาการไหลของกำลังไฟฟ้าที่แท้จริง ในทางปฏิบัติ ปัญหากำลัง

ไฟฟ้าไหลขนาน (Parallel flow) อาจเกิดขึ้นได้ ซึ่งทำให้วิธีการคำนวณราคาค่าใช้สายส่งที่คำนวณได้นี้ไม่ถูกต้อง นอกจากนี้ ยังอาจส่งผลต่อการทำสัญญาการซื้อขายไฟฟ้าอีกด้วย

3) Distance based MW-mile method

ราคาค่าใช้สายส่งในวิธีการนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณการซื้อขายไฟฟ้า และระยะการกระจัด (ระยะทางในอากาศ) ระหว่างบัสผู้ซื้อ และบัสผู้ขายไฟฟ้า เช่นเดียวกับสองวิธีการข้างต้น วิธีการนี้ไม่พิจารณาสภาพการไหลของกำลังไฟฟ้าที่แท้จริง กล่าวคือ ระยะการกระจัดระหว่างบัสผู้ซื้อ และบัสผู้ขายไฟฟ้าไม่สามารถบ่งบอก หรือแทนเส้นทางการไหลของกำลังไฟฟ้าที่แท้จริงได้ ดังนั้นวิธีการนี้จึงเป็นอีกวิธีการหนึ่งซึ่งราคาค่าใช้สายส่งที่คำนวณได้จะไม่ถูกต้องตามการใช้งานสายส่งที่แท้จริง

4) Power flow based MW-mile method

วิธีการคำนวณราคาค่าใช้สายส่งนี้ มีหลักการการคำนวณอยู่บนพื้นฐานของการพิจารณาการใช้งานจริงของสายส่ง ซึ่งเป็นผลจากการซื้อขายไฟฟ้าหนึ่งๆ ซึ่งวิธีการประเมินค่าการใช้งานสายส่งแต่ละเส้น สามารถทำได้โดยการวัดการเปลี่ยนแปลงของการไหลของกำลังไฟฟ้าบนสายส่งเส้นนั้น ค่าการไหลของกำลังไฟฟ้านี้คำนวณได้จากการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 การใช้วิธีการคำนวณราคาค่าใช้สายส่งแบบ Power flow based MW-mile นี้ จะสามารถแก้ปัญหาการคำนวณราคาค่าใช้สายส่งโดยไม่ทราบการไหลของกำลังไฟฟ้าที่แท้จริงได้ อย่างไรก็ตาม จะพบว่าวิธีการนี้ไม่สะดวกต่อการคำนวณมากนักในกรณีที่มีการซื้อขายไฟฟ้าหลายคู่ (Multiple transactions) เนื่องจากวิธีการนี้ต้องแยกคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าสำหรับการซื้อขายแต่ละคู่ คือ ต้องทำการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าจำนวนครั้งเท่ากับจำนวนของการซื้อขายที่เกิดขึ้น

5.1.2 Incremental cost method

การคำนวณราคาค่าใช้สายส่งในวิธีการนี้ สามารถทำได้โดยการกระจาย ต้นทุนส่วนที่เพิ่มขึ้นจากการซื้อขายไฟฟ้า ไปยังผู้ที่ใช้ระบบส่งไฟฟ้าในการซื้อขายนั้น โดยราคาค่าใช้สายส่งสำหรับผู้ซื้อและผู้ขายไฟฟ้าในกรณีนี้จะมีค่ามากน้อยขึ้นอยู่กับ สาเหตุสาคัญคือความแตกต่างของราคาไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายของบัสที่ทำการซื้อและขายพลังงานไฟฟ้า ซึ่งก็คือ ความแตกต่างของราคาไฟฟ้าแบบโนดนั่นเอง [14,24] โดยวิธี Incremental cost ที่มีการนำใช้กันมาก ได้แก่ Short Run

Incremental Cost (SRIC), Long Run Incremental Cost (LRIC), Short Run Marginal Cost (SRMC), และ Long Run Marginal Cost (LRMC) [22,24,29] อย่างไรก็ตาม ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะได้กล่าวถึงสองวิธีการหลังเท่านั้น เนื่องจากมีการใช้งานมากกว่า และสอดคล้องกับเนื้อหาที่ได้นำเสนอในวิทยานิพนธ์ รายละเอียดของวิธีการทั้งสองสามารถสรุปได้ดังนี้

1) Short Run Marginal Cost

ราคาค่าใช้สายส่งในกรณีนี้เกิดจาก ต้นทุนขณะดำเนินการ (Operating cost) และ ต้นทุนค่าเสียโอกาส (Opportunity cost) โดยที่ต้นทุนการสร้างระบบสายส่งเพิ่มเติม (Reinforcement cost) จะไม่นำมารวมในราคานี้ ดังนั้นจะได้ว่า ราคาค่าใช้สายส่งในกรณีนี้คือ ผลต่างของราคาไฟฟ้าโนดนั่นเอง

หากพิจารณาผลของการคิดราคาค่าใช้สายส่งวิธีการนี้ในระยะสั้น จะพบว่าวิธีการนี้มีข้อดีคือ ราคาค่าใช้สายส่งที่คำนวณได้ จะเป็นสัญญาณราคาส่งเสริมไม่ให้เกิดการซื้อขายไฟฟ้าที่ทำให้เกิดกำลังสูญเสียและความแออัดในระบบมากขึ้น อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาผลในระยะยาว เนื่องจากวิธีการนี้ไม่ได้พิจารณาต้นทุนการสร้างระบบสายส่งเพิ่มเติม ดังนั้นวิธีการนี้จะไม่สามารถส่งเสริมการลงทุนระบบสายส่งในอนาคตได้

2) Long Run Marginal Cost

ในกรณีนี้ ราคาค่าใช้สายส่งจะมาจาก ต้นทุนขณะดำเนินการ (Operating cost) และ ต้นทุนค่าเสียโอกาส (Opportunity cost) รวมไปถึง ต้นทุนการสร้างระบบสายส่งเพิ่มเติม (Reinforcement cost) ด้วย ดังนั้นจะได้ว่า ราคาค่าใช้สายส่งในกรณีนี้จะประกอบไปด้วยคือ ผลต่างของราคาไฟฟ้าโนด และ ราคาค่าใช้สายส่งที่เกิดจากต้นทุนการสร้างระบบสายส่งเพิ่มเติม

เมื่อพิจารณาผลของการคิดราคาค่าใช้สายส่งสำหรับวิธีการนี้ จะพบว่า นอกจากจะให้สัญญาณราคาในระยะสั้นได้แล้ว ยังสามารถส่งเสริมการลงทุนสร้างระบบสายส่งเพิ่มเติมได้อีกด้วย อย่างไรก็ตาม เนื่องจากวิธีการนี้พิจารณาต้นทุนการสร้างระบบสายส่งเพิ่มเติมด้วย ดังนั้นค่าเฉลี่ยของราคาค่าใช้สายส่งจะเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดผลเสียเช่นกันคือ สัญญาณราคาในการซื้อขายไฟฟ้าที่จะช่วยลดกำลังสูญเสียและความแออัดไม่ชัดเจนเหมือนในวิธี Short Run Marginal Cost

5.2 วิธีการคำนวณราคาค่าใช้สายส่งที่นำเสนอ

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเลือกใช้การคำนวณราคาค่าใช้สายส่งแบบ Composite embedded-

incremental cost เนื่องจากสามารถพิจารณาถึง ต้นทุนทั้งในส่วนที่มีอยู่เดิมแล้วไม่ว่าจะเกิดการซื้อขายไฟฟ้าขึ้นหรือไม่ และในส่วนที่มีเพิ่มขึ้นเมื่อมีการซื้อขายไฟฟ้า โดยมีสมมติฐาน คือ

1) พิจารณาให้ Embedded cost เป็นต้นทุนเฉลี่ยต่อปีของ ต้นทุนการลงทุน และ ต้นทุนที่ใช้ในการบำรุง ดูแลรักษาประจำปี
2) พิจารณาให้ Incremental cost เป็นต้นทุนขณะดำเนินการเท่านั้น โดยละเลยต้นทุนส่วนอื่นๆ ซึ่งได้แก่ ต้นทุนค่าเสียโอกาส และ ต้นทุนการสร้างระบบสายส่งเพิ่มเติม

จากสมมติฐานข้างต้น จะได้ว่าในตลาดกลางซื้อขายไฟฟ้าซึ่งใช้ราคาไฟฟ้าโนด จะเป็นการคิดราคาค่าใช้สายส่งในส่วนของ Incremental cost นั่นเอง ดังนั้นราคาค่าใช้สายส่งที่เหลืออยู่ก็คือ Embedded cost เท่านั้น

อย่างไรก็ตาม ราคาค่าใช้สายส่งแบบ Embedded cost ที่ได้กล่าวในข้างต้นนั้น เป็นหลักการซึ่งใช้สำหรับการซื้อขายไฟฟ้าแบบคู่สัญญา ซึ่งประกอบไปด้วยผู้ซื้อ และผู้ขายไฟฟ้า ซึ่งทราบแน่ว่าประจำอยู่บัสใด ดังนั้นการคำนวณราคาค่าใช้สายส่งแบบ Embedded cost ที่มีอยู่ทั่วไป จะไม่สามารถนำมาใช้กับตลาดกลางซื้อขายไฟฟ้าได้ วิธีการที่จะสามารถนำการคำนวณราคาค่าใช้สายส่งแบบ Embedded cost มาใช้ในตลาดกลางซื้อขายไฟฟ้าได้ จะต้องสามารถระบุได้ว่าผู้ซื้อหรือผู้ขายไฟฟ้าแต่ละรายมีส่วนในการใช้งานสายส่งแต่ละเส้นในระบบอย่างไร ซึ่งทำให้สามารถแยกราคาค่าใช้สายส่งนี้ไปยังสมาชิกในตลาดแต่ละรายได้

เพื่อที่จะสามารถระบุได้ว่าผู้ใช้สายส่งแต่ละราย ส่งผลอย่างไรกับสายส่งแต่ละเส้นในระบบนั้น ค่าความไวของกำลังไฟฟ้าที่ไหลบนสายส่งได้ถูกนำมาใช้ เพื่อบอกถึงสัดส่วนการใช้งานของผู้ใช้สายส่งแต่ละราย ค่าความไวที่นำมาใช้งานกันนี้ โดยทั่วไปการคำนวณจะอยู่บนพื้นฐานของ ดี.ซี. หรือ ดีคัปเปิล เพาเวอร์โฟลว์ [3,27,29-31] อย่างไรก็ตาม เพื่อที่จะสามารถคำนวณค่าความไวได้ถูกต้องมากขึ้น ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะนำค่าความไวที่คำนวณได้จาก เอ.ซี. เพาเวอร์โฟลว์ มาใช้งาน โดยการคำนวณค่าความไวนี้สามารถอธิบายได้ดังที่แสดงไว้ในบทที่ 3

วิธีการคำนวณราคาค่าใช้สายส่งแบบ Embedded cost โดยอาศัยค่าความไว สามารถอธิบายเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 : เก็บข้อมูลของระบบไฟฟ้า เช่น ข้อมูลต้นทุนสายส่ง ค่าพารามิเตอร์ของบัส และสายส่ง ซึ่งรวมถึงข้อมูลการเสนอซื้อและการเสนอขายไฟฟ้าด้วย
ขั้นตอนที่ 2 : คำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า เพื่อให้ทราบจุดทำงานของระบบ
ขั้นตอนที่ 3 : คำนวณค่าความไวของกำลังไฟฟ้าที่ไหลบนสายส่ง
ขั้นตอนที่ 4 : รับข้อมูลการซื้อ หรือการขายกำลังไฟฟ้าของสมาชิกในตลาดแต่ละราย

ขั้นตอนที่ 5 : คำนวณการเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้าบนสายส่งแต่ละเส้นที่เป็นผลจากสมาชิกในตลาดในขั้นตอนที่ 4

ขั้นตอนที่ 6 : คำนวณราคาค่าใช้สายส่งสำหรับสมาชิกในตลาดรายนั้น

ขั้นตอนที่ 7 : พิจารณาว่ามีสมาชิกในตลาดรายอื่นอีกหรือไม่

โดยราคาค่าใช้สายส่งสำหรับสมาชิกในตลาดมีค่าเท่ากับผลรวมราคาค่าใช้สายส่งจากสายส่งทุกเส้นในระบบ ซึ่งราคาค่าใช้สายส่งแต่ละเส้นสามารถคำนวณได้จากสัดส่วนการใช้งานของสายส่งแต่ละเส้นนั้น [22,23,26,27,29] สมการแสดงราคาค่าใช้สายส่งสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

$$transaction\ cost = \sum_{t=1}^{N_t} tc_t \times \left(\frac{power\ flow\ change}{transmission\ line\ capacity} \right)_t \tag{5.1}$$

โดยที่ tc_t คือ ต้นทุนของสายส่งเส้นที่ t

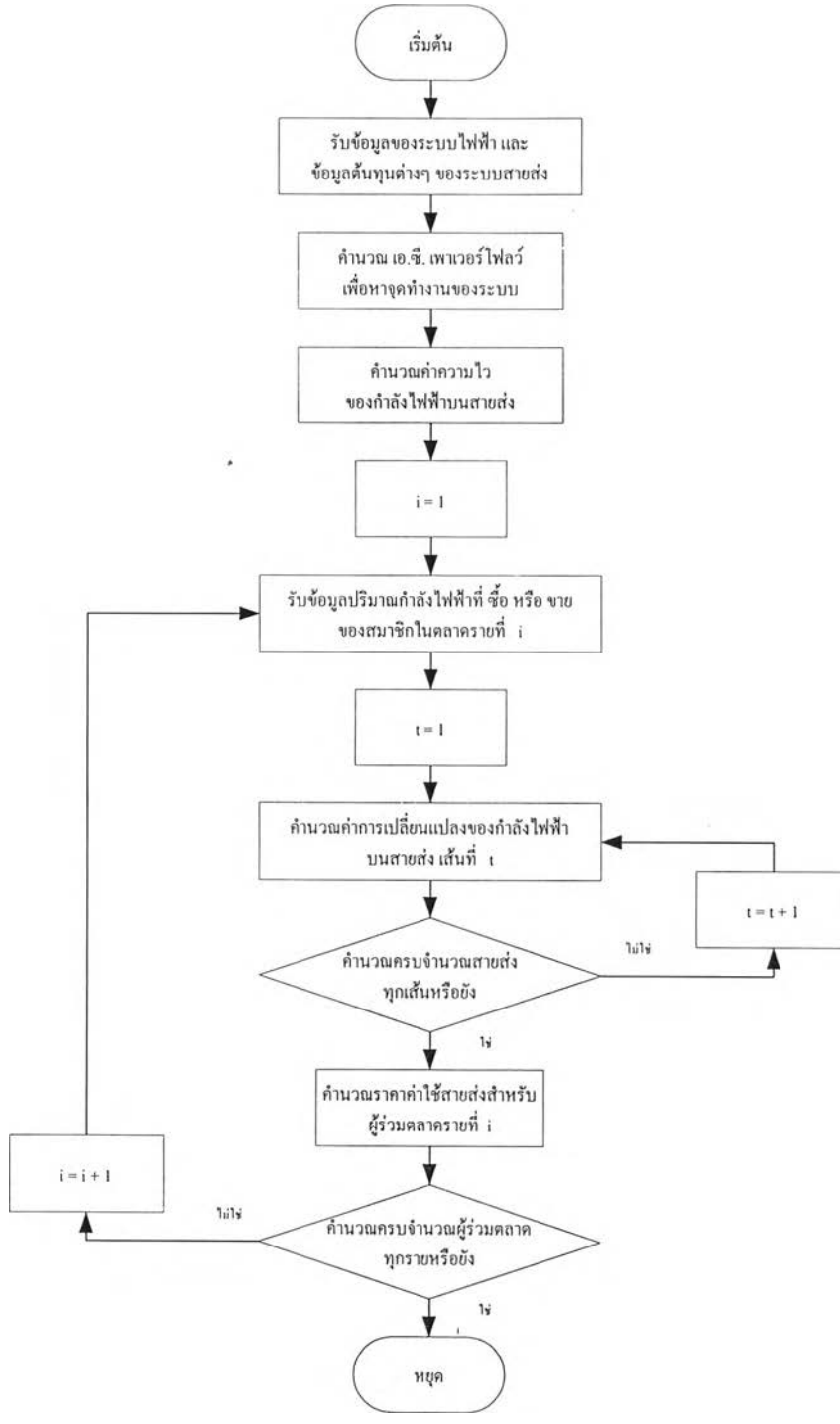
N_t คือ จำนวนสายส่งในระบบไฟฟ้า

และ ค่าการเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้าบนสายส่ง คือ

$$power\ flow\ change_t = \beta_{t,i} \times transacted\ power \tag{5.2}$$

เมื่อ $\beta_{t,i}$ คือ ค่าความไวของกำลังไฟฟ้าที่ไหลบนสายส่ง t เมื่อเทียบกับการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าสุทธิของบัส i

การคำนวณราคาค่าใช้สายส่งโดยอาศัยค่าความไว สามารถสรุปเป็นขั้นตอนการคำนวณได้ดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 Flowchart สรุปขั้นตอนการคำนวณราคาค่าใช้สายส่ง
โดยอาศัยค่าความไวของกำลังไฟฟ้าที่ไหลบนสายส่ง

โดยสรุป จะพบว่าการคำนวณราคาค่าใช้สายส่งด้วยวิธีการที่นำเสนอมีข้อดีดังต่อไปนี้

1) สามารถนำต้นทุนในส่วนของ Embedded cost มาเป็นราคาค่าใช้สายส่งในการซื้อขายไฟฟ้าแบบตลาดกลางได้ เนื่องจาก ในวิธีการนี้สามารถพิจารณาผลของสมาชิกแต่ละรายต่อการใช้งานสายส่งแต่ละเส้นได้

2) เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการ Power flow based MW-mile ซึ่งมีหลักการในการคำนวณคล้ายกัน จะพบว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถคำนวณราคาค่าใช้สายส่งได้รวดเร็วกว่า เนื่องจากอาศัยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าเพียงแค่หนึ่งครั้งเท่านั้น

3) สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการคิดราคาค่าใช้สายส่งสำหรับการซื้อขายกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟได้ เนื่องจากค่าความไวของกำลังไฟฟ้าที่ไหลบนสายส่งดังแสดงวิธีการคำนวณในบทที่ 3 สามารถคำนวณค่าความไวของกำลังบนสายส่งเทียบกับการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟสุทธิ ณ แต่ละบัสได้ด้วย