หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
การซื้อขายแลกเปลี่ยนกำลังไฟฟ้า

ดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 1 การซื้อขายแลกเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าระหว่างระบบไฟฟ้าจะเกิดขึ้นได้ เมื่อระบบไฟฟ้าที่จะทำการซื้อขายแลกเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าระหว่างกันจะต้องมีระบบที่เชื่อมโยงถึงกัน ผลที่เกิดจากการซื้อขายแลกเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าก่อให้เกิดผลดีในเชิงเศรษฐกิจ กล่าวคือทำให้ระบบไฟฟ้าโดยรวมมีต้นทุนในการผลิตลดลง อันจะส่งผลให้การดำเนินงานมีกำไรเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ในด้านเสถียรภาพและความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าก็เพิ่มสูงขึ้นเช่นเดียวกัน

สำหรับในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดที่เกี่ยวกับ การซื้อขายแลกเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าโดยผ่านระบบไฟฟ้าคนกลาง (wheeling) ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากเนื่องจากช่วยให้ผู้ซื้อกำลังไฟฟ้าและผู้ขายกำลังไฟฟ้าที่ไม่ได้มีระบบไฟฟ้าที่ติดต่อถึงกัน หรือ อาจไม่มีระบบส่งเป็นของตนเองก็สามารถดำเนินธุรกิจระหว่างกันได้

การซื้อขายแลกเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าโดยผ่านระบบไฟฟ้าคนกลาง หมายถึง [4-10,12,14-18] การซื้อขายกำลังไฟฟ้าระหว่างผู้ซื้อกำลังไฟฟ้า (buyer) กับผู้ขายกำลังไฟฟ้า (seller) ผ่านระบบไฟฟ้าคนกลาง (wheeler) โดยที่ระบบไฟฟ้าคนกลางไม่มีส่วนในการใช้กำลังไฟฟ้าที่ทำการซื้อขายผ่านกันโดยตรง หากแต่มีส่วนในการอำนวยความสะดวกให้การซื้อขายกำลังไฟฟ้าระหว่างผู้ซื้อกำลังไฟฟ้าและผู้ขายกำลังไฟฟ้า เกิดขึ้นได้โดยการอนุญาตให้ผู้ขายกำลังไฟฟ้าส่งกำลังไฟฟ้าผ่านระบบส่งกำลังไฟฟ้า (transmission system) ของตนเองให้แก่ผู้ซื้อกำลังไฟฟ้า

การศึกษาเกี่ยวกับการกำหนดค่าใช้จ่ายและอัตราค่าใช้จ่ายในการขนส่งกำลังไฟฟ้า ปัจจุบันกำลังเป็นที่สนใจกันอย่างแพร่หลาย อีกทั้งได้มีการนำเสนอวิธีการต่างๆ หลายประการ ซึ่งได้อาศัยทฤษฎีและหลักการที่แตกต่างกัน ดังเช่น [11-13] ได้ใช้วิธีการกำหนดราคาแบบพร้อมจะส่งมอบให้ผู้ซื้อในทันที (spot pricing) ในการกำหนดอัตราค่าใช้จ่ายในการขนส่งกำลังไฟฟ้า [14] ใช้ทฤษฎีค่าใช้จ่ายต่อหน่วยผลิตสุดท้าย (marginal cost) ที่เปลี่ยนแปลงไปของระบบไฟฟ้าคนกลางในการคำนวณอัตราค่าใช้จ่ายในการให้บริการขนส่งกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสม [15] อธิบายถึงการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการหาค่าใช้จ่ายของการขนส่งกำลังไฟฟ้า โดยใช้การคำนวณแบบ DC load flow [16] ศึกษาเกี่ยวกับการขนส่งกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (wheeling of reactive power) โดยใช้ทฤษฎีค่าใช้จ่ายต่อหน่วยผลิตสุดท้าย

2.1 ชนิดของการซื้อขายแลกเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าโดยผ่านระบบไฟฟ้าคนกลาง

สามารถแบ่งได้เป็น 4 ชนิด [8,16] ดังนี้ คือ

2.1.1 การซื้อขายแลกเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าระหว่างการไฟฟ้า (utility to utility) การซื้อขายกันในลักษณะนี้ ส่วนใหญ่จะเป็นลักษณะของการขายส่ง (wholesale) หรือ กำลังไฟฟ้าที่ทำการซื้อขายกันมีเป็นจำนวนมาก การขนส่งกำลังไฟฟ้าโดยผ่านระบบไฟฟ้าคนกลาง อาจต่อเชื่อม (tie line) โดยส่งกำลังไฟฟ้าเข้ามายังระบบไฟฟ้าคนกลางได้หลายจุด (bus) และ ดึงกำลังไฟฟ้าออกจากระบบไฟฟ้าคนกลางได้หลายจุดเช่นเดียวกัน การซื้อขายแลกเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าโดยผ่านระบบไฟฟ้าคนกลางโดยวิธีนี้ เมื่อพิจารณาถึงลักษณะภูมิศาสตร์กายภาพแล้วจะพบว่าอาณาบริเวณที่เชื่อมต่อถึงกันระหว่างระบบไฟฟ้าคนกลางและระบบผู้ซื้อกำลังไฟฟ้าและผู้ขายกำลังไฟฟ้ามักกินอาณาบริเวณกว้างขวางพอสมควร

2.1.2 การซื้อขายแลกเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าโดยผ่านระบบไฟฟ้าคนกลางแบบการไฟฟ้ากับผู้ใช้ไฟฟ้ารายใหญ่ (utility to bus) ตัวอย่าง เช่นการขายไฟฟ้าจากการไฟฟ้าหนึ่งสู่ผู้ใช้ไฟฟ้ารายใหญ่ ซึ่งในที่นี้มักจะเป็นอุตสาหกรรม หรือ ระบบจำหน่ายส่วนท้องถิ่น (local distribution system) โดยผู้ซื้อไฟฟ้าดึงกำลังไฟฟ้าออกจากระบบไฟฟ้าคนกลาง ณ บัสใดบัสหนึ่งของระบบไฟฟ้าคนกลาง ในขณะที่ผู้ขายอาจส่งกำลังไฟฟ้าผ่านระบบไฟฟ้าคนกลางได้มากกว่าหนึ่งบัส

2.1.3 การซื้อขายแลกเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าโดยผ่านระบบไฟฟ้าคนกลางแบบผู้ผลิตไฟฟ้าอิสระกับการไฟฟ้า (bus to utility) ตัวอย่าง เช่น การขายกำลังไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าอิสระ (Independent Power Producers : IPPs) หรือ ผู้ผลิตไฟฟ้ารายย่อย (Small Power Producers : SPPs) ให้แก่การไฟฟ้าอีกการไฟฟ้าหนึ่งซึ่งมิได้มีระบบส่งกำลังไฟฟ้าเชื่อมต่อถึงกันโดยตรง การส่งกำลังไฟฟ้าโดยวิธีนี้ผู้ขายกำลังไฟฟ้าจะต่อเชื่อมเข้ากับบัสใดบัสหนึ่งของระบบไฟฟ้าคนกลาง ในขณะที่ผู้ซื้อกำลังไฟฟ้าอาจดึงกำลังไฟฟ้าออกจากระบบไฟฟ้าคนกลางได้มากกว่าหนึ่งบัส

2.1.4 การซื้อขายแลกเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าโดยผ่านระบบไฟฟ้าคนกลางแบบบัสสู่บัส (bus to bus) เป็นการซื้อขายกำลังไฟฟ้าในปริมาณที่ไม่ค่อยมากนัก ผู้ซื้อกำลังไฟฟ้าในที่นี้อาจได้แก่ อุตสาหกรรม หรือ ระบบจำหน่ายส่วนท้องถิ่น และผู้ขายกำลังไฟฟ้า อาจได้แก่ ผู้ผลิตไฟฟ้าอิสระ หรือผู้ผลิตไฟฟ้ารายย่อยก็ได้ โดยผู้ขายกำลังไฟฟ้าจะทำการส่งกำลังไฟฟ้าผ่านระบบไฟฟ้าคนกลางเข้ามายังบัสใดบัสหนึ่งของระบบไฟฟ้าคนกลาง และผู้ซื้อกำลังไฟฟ้าก็จะดึงกำลังไฟฟ้าออกจากระบบไฟฟ้าคนกลาง ณ บัสใดบัสหนึ่งเช่นเดียวกัน

2.2 แนวโน้มและผลกระทบเนื่องจากการขนส่งกำลังไฟฟ้าโดยผ่านระบบไฟฟ้าคนกลาง

การซื้อขายแลกเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าโดยผ่านระบบไฟฟ้าคนกลาง กำลังเป็นที่สนใจกันอย่างแพร่หลายทั่วโลก เนื่องจากเป็นการเปิดโอกาสให้เกิดการแข่งขันกันระหว่างการไฟฟ้าในการลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มผลกำไรโดยรวมให้แก่การไฟฟ้าแล้ว ยังให้โอกาสผู้ใช้กำลังไฟฟ้าซึ่งในที่นี้ก็คือ ผู้บริโภค ได้มีส่วนในการตัดสินใจเลือกซื้อหรือใช้กำลังไฟฟ้าจากแหล่งผลิตที่มีราคาถูกกว่าและคุณภาพเป็นที่ต้องการมากกว่า การซื้อขายแลกเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าโดยผ่านระบบไฟฟ้าคนกลาง มีส่วนผลักดันให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของระบบไฟฟ้าโดยรวมดังนี้

โครงสร้างระบบไฟฟ้าในอดีตมักจะประกอบด้วยระบบผลิต ระบบส่ง และ ระบบจำหน่าย ซึ่งมักเป็นเจ้าของหรือผู้ดำเนินการเพียงรายเดียว ซึ่งอาจจะเป็นหน่วยงานของรัฐบาล หน่วยงานท้องถิ่น หรือบริษัทเอกชนก็ตาม ทำให้เกิดการผูกขาด (monopoly) ในการให้บริการแก่ผู้ใช้ไฟฟ้าในเขตของตน แต่ปัจจุบันแนวโน้มโครงสร้างของระบบไฟฟ้าได้เปลี่ยนไป กล่าวคือ ลักษณะโครงสร้างของระบบไฟฟ้าจะเป็นแบบแบ่งตามหน้าที่ [6] ซึ่งประกอบด้วย หน่วยผลิต (GenCo) หน่วยส่ง (TransCo) หน่วยจำหน่าย (DisCo) และ หน่วยประสานงานร่วม (PoolCo) โดยที่แต่ละหน่วยดังกล่าว จะรับผิดชอบแต่เพียงเฉพาะหน้าที่ในส่วนที่ตนเองเกี่ยวข้องเท่านั้น และแต่ละหน่วยภายในโครงสร้างใหม่ อาจมีเจ้าของหรือผู้รับผิดชอบเป็นที่อิสระต่อกัน การเปลี่ยนรูปแบบโครงสร้างของระบบไฟฟ้าดังกล่าวนี้ ได้เริ่มมีการดำเนินการในหลายประเทศในลักษณะของการแปรรูปรัฐวิสาหกิจ (privatization) ดังเช่นกรณีศึกษาของประเทศตัวอย่างดังต่อไปนี้

ในสหรัฐอเมริกาและแคนาดา [4-7] มีระบบไฟฟ้าต่อเชื่อมโยง (interconnected system) ถึงกันด้วยระบบไฟฟ้าขนาดใหญ่ 3 ระบบ ในทวีปอเมริกาเหนือการซื้อขายและแลกเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าถือว่าเป็นตลาด (market place) ที่มีขนาดใหญ่โตมากและมีการแข่งขันค่อนข้างสูง เนื่องมาจากสภาพภูมิประเทศที่กว้างใหญ่ ประกอบกับระบบสายส่งขนาดใหญ่ (transmission network) ต่อเชื่อมโยงถึงกัน อีกทั้งมีผู้ดำเนินการ (operator) และผู้เป็นเจ้าของ (owner) หลายกลุ่ม ทำให้นำไปสู่ความพยายามที่จะมีการซื้อขายและแลกเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าระหว่างกันอย่างมาก ผลดังกล่าวสืบเนื่องมาจากวิกฤตการณ์ด้านพลังงานในช่วงทศวรรษ 1970 สหรัฐอเมริกาได้ริเริ่มให้อุตสาหกรรมที่มีระบบผลิตไฟฟ้าร่วม (co-generations) และผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก (small power producers) สามารถขายกำลังไฟฟ้าให้แก่การไฟฟ้า โดยการไฟฟ้าต้องรับซื้อกำลังไฟฟ้าเหล่านั้น (Public Utilities Regulatory Polities Act : PURPA) เพื่อเป็นการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานและเป็นการใช้ประโยชน์จากสิ่งที่มีอยู่ (facilities) ของการไฟฟ้าให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด นับว่ากฎหมายดังกล่าวมีส่วนช่วยกระตุ้นให้เกิดการแข่งขันในตลาดพลังงานไฟฟ้า (energy market) เป็นอย่างมาก เพราะยังผลให้เกิดการขยายตัวของ ผู้ผลิตไฟฟ้าอิสระ (Independent power producers : IPPs) และ ผู้ผลิตที่ไม่ใช่การไฟฟ้า (Non-utility generators : NUGs) มากขึ้นติดตามมา มีการประมาณ

กันว่ากำลังผลิตไฟฟ้าของ NUGs ในสหรัฐอเมริกามีประมาณ 38,000 MW [18] ซึ่งคิดเป็น 20% ของกำลังผลิตไฟฟ้าทั้งหมดทั่วประเทศ และจะเพิ่มขึ้นเป็น 40% ในปลายคริสตศักราช 2000 และเมื่อเร็วๆนี้ [6,7] (ปี ค.ศ. 1995) สหรัฐอเมริกาได้ออกกฎหมายฉบับใหม่เพื่อสนับสนุนให้เกิดการแข่งขันมากขึ้นยิ่งกว่าเดิม โดยกำหนดให้ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถเลือกซื้อกำลังไฟฟ้าจากแหล่งผลิตที่ต้องการได้โดยตรงในลักษณะแบบ point to point ดังนั้นจึงเป็นการเปิดโอกาสให้เกิดการซื้อขายและแลกเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าระหว่างผู้ซื้อและผู้ขายกำลังไฟฟ้าเป็นได้ทั้งแบบขายส่ง (wholesale) และขายปลีก (retail)

นอกจากนี้ประเทศอังกฤษและประเทศชิลี [6] ก็ได้มีการดำเนินการในลักษณะของการดำเนินการแบบแยกส่วนหน้าที่ ในทำนองเดียวกับที่กล่าวมาข้างต้น แต่ทั้งนี้ยังมีความแตกต่างกันในรายละเอียดของการดำเนินการในแต่ละประเทศ สำหรับประเทศอังกฤษเริ่มดำเนินการตั้งแต่ปี ค.ศ. 1990 และประเทศชิลีเริ่มดำเนินการมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1982

สำหรับประเทศไทย (ปีพ.ศ.2539) [19] ก็มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับต่างประเทศกล่าวคือ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ได้ทำโครงการรับซื้อกำลังไฟฟ้าจากเอกชนทั้งเอกชนรายเล็กและเอกชนรายใหญ่ โดยการผลิตกำลังไฟฟ้าจากเอกชนรายเล็ก (SPPs) ได้แก่กลุ่มโรงงานที่มีเศษวัสดุเหลือใช้จากเกษตรหรือการผลิต เช่น กากพืชผลทางการเกษตรจากโรงงานน้ำตาล หรือ ไอน้ำเหลือใช้จากอุตสาหกรรม ก็สามารถนำมาใช้เพื่อผลิตกำลังไฟฟ้าขายให้แก่ กฟผ.ได้ ปัจจุบันได้ทำสัญญารับซื้อไว้แล้วทั้งหมดเท่ากับ 300 MW ในส่วนของผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายใหญ่ (IPPs) ตั้งจำนวนการรับซื้อกำลังไฟฟ้ารวมเท่ากับ 4,180 MW โดยแบ่งเป็น 2 ระยะ คือ ระยะแรกปี พ.ศ. 2539-2543 จำนวน 1,000 MW และระยะที่สอง พ.ศ. 2544-2545 จำนวน 2,800 MW และที่เหลือสุดท้ายอีก 380 MW เพื่อทดแทนโรงไฟฟ้าแม่ขามที่มีการยกเลิกโครงการไป นอกจากนี้ส่วนโครงสร้างและรูปแบบการดำเนินการของ กฟผ. ในเบื้องต้นจะทำการแปรรูปธุรกิจเป็นหน่วยธุรกิจต่างๆ 6 หน่วยดังนี้คือ หน่วยธุรกิจโรงไฟฟ้า หน่วยธุรกิจเหมือง หน่วยธุรกิจวิศวกรรม หน่วยธุรกิจก่อสร้าง หน่วยธุรกิจบำรุงรักษา และ หน่วยธุรกิจระบบส่ง โดยหน่วยธุรกิจเหมืองและ หน่วยธุรกิจโรงไฟฟ้า จะได้นำเข้าจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์ตามแผนให้ทันปี พ.ศ. 2541 เนื่องจากหน่วยธุรกิจทั้งสองมีความพร้อมมากที่สุด และเพื่อระดมทุนในตลาดหลักทรัพย์มาใช้ในการดำเนินการขยายกิจการต่อไป ส่วนหน่วยธุรกิจที่เหลือไม่มีความจำเป็นต้องระดมทุน ดังนั้นทาง กฟผ. จะเป็นผู้ถือหุ้นทั้ง 100 % และอยู่ในความดูแลของ กฟผ. ต่อไปเพื่อความมั่นคงของรัฐบาล

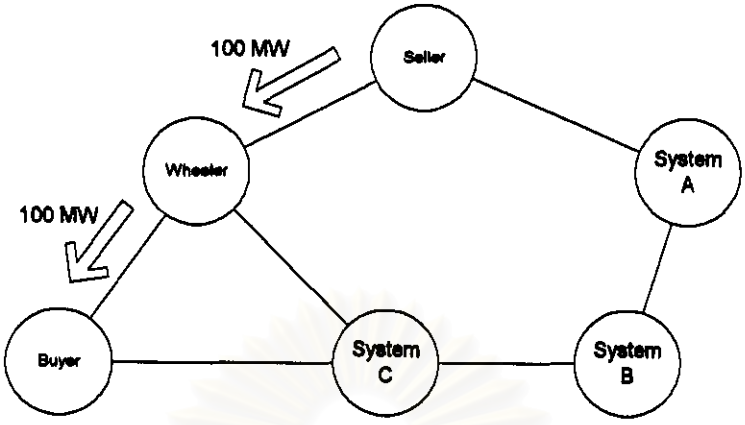
จะเห็นได้ว่าแนวโน้มของการซื้อขายและแลกเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าในปัจจุบัน ได้เริ่มพัฒนาขึ้นเป็นลำดับตามสภาวะการแข่งขันทางธุรกิจในตลาดโลก ความซับซ้อนและหลากหลายในการดำเนินการเป็นสิ่งที่จะต้องศึกษากันต่อไปในหลายๆ ทาง ทั้งทางด้านเศรษฐศาสตร์ และ ทางด้านเทคโนโลยีที่จะต้องปรับเปลี่ยนพัฒนาให้ดีขึ้น เพื่อให้ทันและเหมาะสมต่อการเปลี่ยนแปลงของการดำเนินธุรกิจในลักษณะดังกล่าว

จากแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงรูปแบบโครงสร้างของระบบไฟฟ้าดังที่ได้กล่าวมา ได้มีการคาดการณ์ถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้น โดยทำการเปรียบเทียบกับผลและลักษณะการดำเนินการโดยใช้โครงสร้างของระบบไฟฟ้าในปัจจุบันเป็นสิ่งเปรียบเทียบ ซึ่งคาดว่าจะให้ผลดังนี้คือ [6]

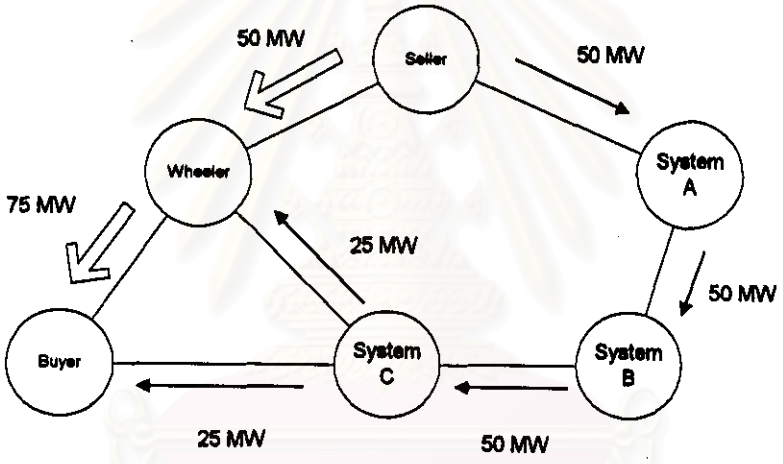
	ปัจจุบัน	อนาคต
ลักษณะการแข่งขัน	กึ่งผูกขาดถึงผูกขาด (monopoly business)	ตลาดแข่งขัน (competitive market)
การให้บริการไฟฟ้า	bundle products	unbundle products (MWh,Regulation,Vars,Reliability and etc.)
การกำหนดราคา	อิงต้นทุนค่าใช้จ่ายในการผลิต (cost-based rate) และ ราคาที่กำหนดต้องครอบคลุมค่าใช้จ่ายทั้งหมด (set prices to recover all costs)	อิงราคาซื้อขายตามตลาด (price-based rate) และราคาที่กำหนดถูกควบคุมโดยกลไกตลาด (price dictated by market)
ลักษณะองค์กรธุรกิจ	รวมกลุ่มในแนวดิ่ง (vertically integrated utility)	แยกตามหน้าที่ เช่น บริษัทผลิต (GenCo) บริษัทส่ง (TransCo) บริษัทจำหน่าย (DisCo) บริษัทประสานงานร่วม (PoolCo)
เป้าหมายการผลิต	ผลิตโดยให้ต้นทุนการผลิตต่ำสุด (minimize cost)	ผลิตเพื่อให้ได้ผลกำไรสูงสุด (maximize profit)
คณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา	มีเพียงหนึ่งเดียว (unique mathematical solution)	มีวิธีมากมายไม่จำกัด (infinite number of operation stategies)
การจัดเก็บรายได้	เหมาเฉลี่ย (average tariffs)	ขึ้นกับเวลาที่ใช้จ่ายจริง หรือสัญญาที่ตกลงกัน
การช่วยเหลือ	ยอมให้มีการช่วยเหลือ (allow subsidies)	ไม่ค่อยยอมสนับสนุนช่วยเหลือ (discourage subsidies)
การจ่ายโหลด	พยายามจ่ายโหลดให้ทั่วถึง (serve all load)	ตัดโหลดบางส่วนเพื่อเหตุผลทางเศรษฐกิจ (shed load when economics justify)

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบลักษณะและผลการดำเนินการระหว่างโครงสร้างของระบบไฟฟ้าในปัจจุบันเทียบกับระบบไฟฟ้าในอนาคต

2.3 วิธีการขนส่งกำลังไฟฟ้าโดยผ่านระบบไฟฟ้าคนกลาง



รูปที่ 2.1 เส้นทางการขนส่งกำลังไฟฟ้าโดยผ่านระบบไฟฟ้าคนกลาง



รูปที่ 2.2 การไหลของกำลังไฟฟ้าเนื่องจาก
การขนส่งกำลังไฟฟ้าโดยผ่านระบบไฟฟ้าคนกลาง

วิธีการขนส่งกำลังไฟฟ้าจากผู้ขายกำลังไฟฟ้าไปยังผู้ซื้อกำลังไฟฟ้าในทางปฏิบัติ ทำได้โดยให้ผู้ซื้อกำลังไฟฟ้าทำการลดระดับกำลังผลิตของตนเองลงเท่ากับจำนวนกำลังไฟฟ้าที่ทำการตกลงกันไว้ ในขณะเวลาเดียวกันผู้ขายกำลังไฟฟ้าก็ทำการเพิ่มกำลังผลิตของตนให้เท่ากับจำนวนกำลังไฟฟ้าที่ได้ทำการตกลงไว้เช่นกัน ดังนั้นกำลังไฟฟ้าก็จะถ่ายเทจากระบบผู้ขายกำลังไฟฟ้าผ่านระบบไฟฟ้าคนกลางไปยังระบบไฟฟ้าของผู้ซื้อกำลังไฟฟ้าในที่สุด

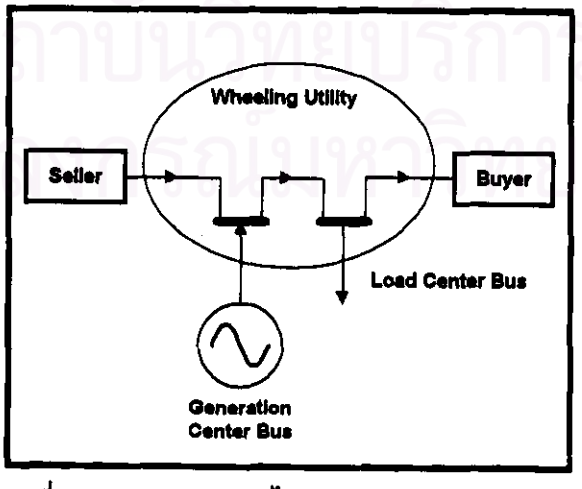
ในกรณีที่ระบบไฟฟ้าเชื่อมโยง มีระบบไฟฟ้าหลายระบบต่อเชื่อมถึงกัน พบว่าการส่งกำลังไฟฟ้าโดยผ่านระบบไฟฟ้าคนกลาง [9,12] จะไม่สามารถกำหนดให้กำลังไฟฟ้าไหลไปในทิศทางเฉพาะที่ต้องการได้ดังรูปที่ 2.1 แต่การไหลของกำลังไฟฟ้าจะเป็นไปตามกฎของเคอร์ชอฟ (Kirchoff 's law) ดังนั้นกำลังไฟฟ้าบาง

ส่วนจะแยกไหลไปตามทิศทางที่เชื่อมโยงกันภายในระบบ ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 2.2 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างเครือข่ายของระบบส่ง (configuration) ผลของการแยกไหลของกำลังไฟฟ้าในลักษณะดังกล่าว มีชื่อเรียกว่า การไหลเป็นวง (loop flow) หรือ การไหลในทางขนาน (parallel path) ผลที่ติดตามมาก็คือ จะทำให้เกิดผลกระทบกับระบบไฟฟ้าอื่นที่ต่อเชื่อมโยง แม้ว่าระบบไฟฟ้าอื่น เช่น ระบบไฟฟ้า A,B,C จะไม่ได้เป็นระบบไฟฟ้าคนกลางโดยตรงก็ตาม ด้วยเหตุดังกล่าวจึงต้องมีความร่วมมือกันระหว่างระบบไฟฟ้าที่ต่อเชื่อมโยงกัน ในการควบคุมการไหลของกำลังไฟฟ้าทั้งในระบบของตนเองและระบบโดยรวมทั้งหมด เพื่อให้การไหลของกำลังไฟฟ้าจากผู้ส่งไปยังผู้รับสามารถเกิดขึ้นได้

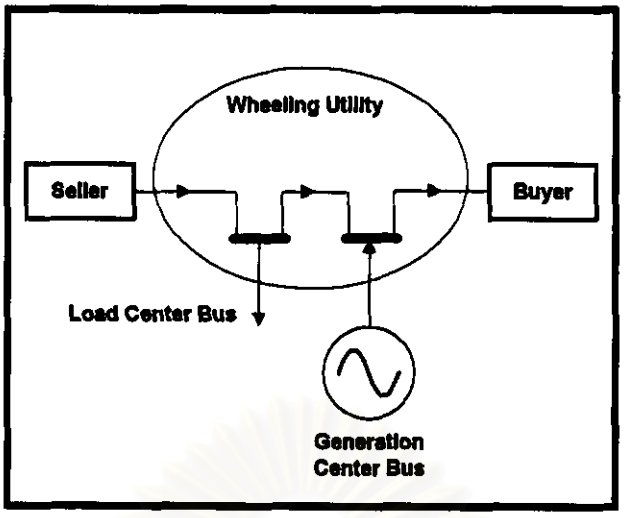
2.4 ทิศทางของการขนส่งกำลังไฟฟ้า

เนื่องจากการส่งและการรับกำลังไฟฟ้าระหว่างผู้ซื้อกำลังไฟฟ้าและผู้ขายกำลังไฟฟ้าโดยผ่านระบบไฟฟ้าคนกลางนั้น จุดที่ต่อเชื่อมเข้ามาระหว่างผู้ซื้อกำลังไฟฟ้าและผู้ขายกำลังไฟฟ้ากับระบบไฟฟ้าคนกลางมีผลต่อการดำเนินการผลิตและการทำงานภายในระบบไฟฟ้าคนกลาง ดังนั้นจึงได้นิยามทิศทางของการขนส่งกำลังไฟฟ้าจากผู้ขายกำลังไฟฟ้าไปยังผู้ซื้อกำลังไฟฟ้าโดยเทียบกับบัสที่เป็นบัสผลิตและบัสโหลดของระบบไฟฟ้าคนกลางดังต่อไปนี้ [12,17]

การขนส่งกำลังไฟฟ้าแบบทิศทางไปข้างหน้า (forward flow wheeling) คือ การต่อเชื่อมระหว่างระบบไฟฟ้าทั้งสามโดยที่ ระบบไฟฟ้าของผู้ขายกำลังไฟฟ้าส่งกำลังไฟฟ้าผ่านระบบไฟฟ้าคนกลางที่บัสผลิตและระบบไฟฟ้าของผู้ซื้อกำลังไฟฟ้ารับกำลังไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าคนกลางที่บัสโหลด ดังรูปที่ 2.3 ส่วนการขนส่งกำลังไฟฟ้าแบบทิศทางย้อนกลับ (backward flow wheeling) คือ การต่อเชื่อมระหว่างระบบไฟฟ้าทั้งสามโดยที่ ระบบไฟฟ้าของผู้ขายกำลังไฟฟ้าส่งกำลังไฟฟ้าผ่านระบบไฟฟ้าคนกลางที่บัสโหลด และระบบไฟฟ้าของผู้ซื้อกำลังไฟฟ้ารับกำลังไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าคนกลางที่บัสผลิต ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.3 การขนส่งกำลังไฟฟ้าแบบ forward flow



รูปที่ 2.4 การขนส่งกำลังไฟฟ้าแบบ backward flow

2.5 การคำนวณค่าใช้จ่ายและอัตราค่าใช้จ่ายในการขนส่งกำลังไฟฟ้าโดยผ่านระบบไฟฟ้าคนกลางในปัจจุบัน

ปัจจุบันมีวิธีการคำนวณค่าใช้จ่ายและอัตราค่าใช้จ่ายในการขนส่งกำลังไฟฟ้าโดยผ่านระบบไฟฟ้าคนกลาง ที่นิยมใช้กันอยู่ 3 วิธี [19] ดังนี้

1) วิธี rolled-in-embedded method หรือ วิธี postage stamp method
2) วิธี contract path method
3) วิธี line-by-line method

ซึ่งทั้ง 3 วิธีนี้ได้นำค่าใช้จ่ายที่ลงทุนไปแล้ว (embeded cost) ในการก่อสร้างระบบสายส่ง และ ค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติการและบำรุงรักษารายปีเฉลี่ย (average annual operation and maintenance cost) ที่เกิดขึ้นภายในระบบมาคิดร่วมด้วย โดยที่ 2 วิธีแรกไม่ต้องการการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า ในขณะที่วิธีที่ 3 ต้องการการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า ทั้งก่อนการขนส่งกำลังไฟฟ้าและหลังการขนส่งกำลังไฟฟ้า เพื่อทำการเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปในสายส่งแต่ละเส้น สำหรับวิธีทั้ง 3 มีรายละเอียดการคำนวณดังนี้

2.5.1 วิธี rolled-in-embedded method หรือ วิธี postage stamp method

มีสมมติฐานว่า ระบบส่งทั้งหมดถูกใช้ในการขนส่งกำลังไฟฟ้า โดยไม่พิจารณาว่าสายส่งเส้นใดจะเป็นสายนำส่งกำลังไฟฟ้าที่ซื้อขายระหว่างผู้ซื้อกำลังไฟฟ้าและผู้ขายกำลังไฟฟ้าหรือไม่ และค่าใช้จ่ายที่คำนวณได้

ไม่ขึ้นกับระยะทางแต่อย่างใด ดังนั้นลักษณะการคิดค่าใช้จ่ายในการขนส่งกำลังไฟฟ้าเช่นนี้จึงเปรียบเสมือนกับการคิดค่าใช้จ่ายในการส่งไปรษณีย์ และต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ลงทุนไปแล้วจะคิดจากค่าใช้จ่ายที่ลงทุนไปแล้วของระบบส่งทั้งหมด วิธีการคำนวณค่าใช้จ่ายในการขนส่งกำลังไฟฟ้า มีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

ขั้นที่ 1 : คำนวณค่าธรรมเนียมรายปี (annual fixed charge rate : AFCR) ซึ่งค่าธรรมเนียมรายปีจะต้องครอบคลุมค่าใช้จ่ายต่างๆ ของระบบไฟฟ้าคนกลางที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งกำลังไฟฟ้า เช่น หนี้สินระยะยาว (long term debt) หุ้นบุริมสิทธิ์ (preferred stock) หุ้นทุนทั่วไป (common equity) ค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติการและบำรุงรักษา (operation and maintennance cost) ระบบส่งรวมทั้งอุปกรณ์และ substation ที่เกี่ยวข้อง ภาษี (taxes) ค่าใช้จ่ายทั่วไป (general expense) ค่าแรงงานและค่าเบี้ยประกันเป็นต้น

ขั้นที่ 2 : คำนวณค่าใช้จ่ายสุทธิของระบบไฟฟ้าคนกลาง (net plant cost : NP) ซึ่งจะต้องครอบคลุมค่าใช้จ่ายเนื่องจากการเช่าจองสายส่ง (line book cost : BC) และ ค่าเสื่อมราคาของสายส่ง (line depreciation reserve : DR)

ขั้นที่ 3 : คำนวณค่าใช้จ่ายเนื่องจากการขนส่งกำลังไฟฟ้า (wheeling cost : WC) มีหน่วยเป็น บาท/MW ได้ดังนี้

$$WC = AFCR * \sum_{i} \frac{NP_i}{(PD + WI)} \qquad (2.1)$$

เมื่อ PD คือ ค่าโหลดสูงสุดของระบบไฟฟ้า (system peak demand)

WI คือ กำลังไฟฟ้าที่ทำการขนส่ง (wheeling incremental power)

i คือ สายส่งเส้นที่ i

ขั้นที่ 4 : คำนวณค่าใช้จ่ายในการขนส่งกำลังไฟฟ้ารายปี (annual wheeling cost : AWC) มีหน่วยเป็น บาท/ปี จาก

$$AWC = WC * WI \qquad (2.2)$$

2.5.2 วิธี contract path method

วิธีนี้มีข้อสมมติฐานว่ากำลังไฟฟ้าถูกส่งผ่านและไหลไปตามสายส่งของระบบไฟฟ้าคนกลางตามเส้นทางที่ระบุไว้ (specified path) ตลอดเวลา สำหรับสายส่งเส้นอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องก็จะไม่นำมาพิจารณา และ

ต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ลงทุนไปแล้วจะคิดจากค่าใช้จ่ายที่ลงทุนไปแล้วของระบบส่งตามเส้นทางที่ระบุไว้เท่านั้น วิธีการคำนวณค่าใช้จ่ายในการขนส่งกำลังไฟฟ้า มีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

ขั้นที่ 1 : คำนวณค่าพิกัดต่ำสุดที่ทนได้ของสายส่งตามเส้นทางที่ระบุไว้

ขั้นที่ 2 : คำนวณค่า AFCR และ ค่า NR เช่นเดียวกับวิธี rolled-in -embedded method

ขั้นที่ 3: คำนวณค่าใช้จ่ายเนื่องจากการขนส่งกำลังไฟฟ้า (wheeling cost : WC) มีหน่วยเป็น บาท /MW ได้ดังนี้

$$WC = AFCR * \sum_{k} \frac{NP_k}{(MP)} \qquad (2.3)$$

เมื่อ MP คือ ค่ากำลังไฟฟ้าที่ไหลในสายส่งตามเส้นทางที่ระบไว้ หน่วยเป็น MW

k คือ สายส่งเส้นที่ k ตามเส้นทางที่ระบุไว้

ขั้นที่ 4 : คำนวณค่าใช้จ่ายในการขนส่งกำลังไฟฟ้ารายปี (annual wheeling cost : AWC) มีหน่วยเป็น บาท/ปี จาก

$$AWC = WC * WI \qquad (2.4)$$

2.5.3 วิธี line-by-line method

วิธีการนี้จะพิจารณาจากผลของการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าที่ไหลในสายส่งแต่ละเส้นเปรียบเทียบระหว่างก่อนทำการขนส่งกำลังไฟฟ้ากับภายหลังการขนส่งกำลังไฟฟ้า คูณกับความยาวของสายส่งเส้นนั้นๆ วิธีการคำนวณค่าใช้จ่ายในการขนส่งกำลังไฟฟ้า มีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

ขั้นที่ 1 : คำนวณค่า AFCR และ NR เช่นเดียวกับสองวิธีการข้างต้น

ขั้นที่ 2 : คำนวณค่าใช้จ่ายเนื่องจากการขนส่งกำลังไฟฟ้า (wheeling cost : WC) มีหน่วยเป็น บาท/MWMILEได้ดังนี้

$$WC = AFCR * \sum_{i} \frac{NP_i}{(MWMILE_i)} \qquad (2.5)$$

เมื่อ $MWMILE$ คือ ค่าผลคูณของกำลังไฟฟ้าที่ไหลในสายส่งก่อนทำการขนส่งกำลังไฟฟ้ากับความยาวของสายส่งเส้นนั้น

i คือ สายส่งเส้นที่ i

ขั้นที่ 3 : คำนวณค่าใช้จ่ายในการขนส่งกำลังไฟฟ้ารายปี (annual wheeling cost : AWC) มีหน่วยเป็น บาท/ปี จาก

$$AWC = WC * \sum \Delta MWMILE \qquad (2.6)$$

เมื่อ $\Delta MWMILE$ คือ ค่าผลคูณของการเปลี่ยนแปลงการไหลของกำลังไฟฟ้าที่ไหลในสายส่งเปรียบเทียบระหว่างก่อนทำการขนส่งกับหลังการขนส่งกำลังไฟฟ้ากับความยาวของสายส่งเส้นนั้น

กล่าวโดยสรุปแล้วทั้ง 3 วิธีการดังกล่าวข้างต้น ได้พิจารณาค่าใช้จ่ายเนื่องจากการขนส่งกำลังไฟฟ้าโดยผ่านระบบไฟฟ้าคนกลาง เป็นการกำหนดค่าใช้จ่ายและอัตราค่าใช้จ่ายโดยอาศัยเกณฑ์หรือวิธีการทางเศรษฐศาสตร์ แต่มิได้นำผลกระทบหรือการแปรเปลี่ยนการผลิตกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้าคนกลางมาพิจารณาร่วมด้วย ทำให้การคำนวณค่าใช้จ่ายและอัตราค่าใช้จ่ายในการขนส่งกำลังไฟฟ้า โดยวิธีการทั้งสามยังมีข้อถกเถียงอย่างมาก ถึงความเหมาะสมในการนำมาใช้อย่างแท้จริง สำหรับรัฐเท็กซัส ประเทศสหรัฐอเมริกา [10] ได้ใช้วิธีการทั้ง 3 ร่วมกันในการกำหนดค่าใช้จ่ายและอัตราค่าใช้จ่ายในการขนส่งกำลังไฟฟ้า แต่สำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะมิได้ใช้วิธีการทั้งสามหากแต่จะอาศัยวิธีการศึกษาการแปรเปลี่ยนค่าใช้จ่ายในการผลิตช่วงสั้น (short run marginal transmission cost : SRMTC) ที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้าคนกลางเป็นตัวกำหนดค่าใช้จ่ายและอัตราค่าใช้จ่ายในการขนส่งกำลังไฟฟ้า ดังจะได้กล่าวรายละเอียดต่อไปในบทที่ 4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย