บทที่ 1

บทนำทั่วไป

นับตั้งแต่มีการเริ่มใช้พลังงานไฟฟ้าในอดีตเป็นต้นมานับวันจะมีอุปกรณ์ไฟฟ้าในรูปแบบต่างๆมากขึ้นทุกวัน ยิ่งเทคโนโลยีเจริญขึ้นมากมายเพียงใดความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าก็ยิ่งเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย เราจะพบว่าไม่ว่าจะเป็นในที่พักอาศัย หรือในโรงงานอุตสาหกรรม ในโรงเรียน ในสถานที่ทำงาน หรือในที่แทบทุกแห่งจะต้องมีอุปกรณ์ไฟฟ้าปรากฏอยู่ไม่มากก็น้อย ในอดีตนั้นพลังงานไฟฟ้ามักจะถูกใช้เพื่อกำเนิดแสงสว่างหรือกิจกรรมบางประเภทเท่านั้น แต่ในปัจจุบันนี้พลังงานไฟฟ้าถูกใช้เพื่อเป็นพลังงานแก่อุปกรณ์ต่างๆมากมายทั้งที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต และเพื่อความสะดวกสบายของชีวิต ดังเช่นทุกวันนี้เราจะพบว่าถ้าเราไม่มีพลังงานไฟฟ้าแล้วเราแทบจะทำกิจกรรมต่างๆในชีวิตประจำวันไม่สะดวกเอาเสียเลย ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าคนเราในปัจจุบันนี้แทบจะขาดพลังงานไฟฟ้าในการดำรงชีวิตประจำวันไม่ได้

ในแต่ละประเทศทั่วโลกเช่นในประเทศไทย พลังงานในรูปแบบต่างๆจำนวนมากมายเช่น พลังงานจากน้ำมัน จากถ่านหิน หรือพลังงานจากพลังน้ำได้ถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อส่งจ่ายให้แก่ผู้ต้องการใช้พลังงานในรูปของพลังงานไฟฟ้า เช่นในบ้านพักอาศัย โรงพยาบาล โรงงานอุตสาหกรรม สถานที่ทำงาน ฯลฯ ซึ่งในปีหนึ่งๆนั้นมีการใช้ทรัพยากรต่างๆมากมายเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อส่งจ่ายให้แก่ผู้ต้องการใช้ ดังนั้นถ้าเราไม่สามารถทำการผลิตส่งจ่าย และใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพที่ดีแล้ว เราก็จะสูญเสียทรัพยากรที่ใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าไปอย่างสูญเปล่าอย่างน่าเสียดาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเราก็ทราบว่าทรัพยากรในโลกมีจำกัดและนับวันจะน้อยลงทุกวัน ดังนั้นหน้าที่ในการใช้พลังงานไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพคุ้มค่าที่สุดนั้นอยู่กับผู้ใช้ว่าจะใช้อย่างไร เลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าอย่างไร จึงจะใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างคุ้มค่าที่สุด ขณะที่หน้าที่ในการผลิตและส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพดีที่สุด สูญเสียพลังงานที่ไม่จำเป็นให้น้อยที่สุดนั้นเป็นหน้าที่ของผู้ผลิตพลังงานไฟฟ้า ซึ่งได้แก่หน่วยงานของรัฐ หรือเอกชนที่มีหน้าที่ดังกล่าวโดยจะต้องคำนึงถึงวิธีการและขั้นตอนต่างๆที่จะผลิตพลังงานไฟฟ้าให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพดีที่สุดโดยสูญเสียทรัพยากรน้อยที่สุดและให้มีการสูญเสียพลังงานสูญเปล่าน้อยที่สุด รวมทั้งขณะที่ทำการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้แก่ผู้ใช้จะต้องคำนึงถึงพลังงานที่สูญเสียเปล่าไปใน

การส่งจ่ายด้วย โดยจะต้องพยายามให้การสูญเปล่าของพลังงานนี้มีน้อยที่สุด ซึ่งดังที่เราทราบกันว่าขณะที่มีการส่งจ่ายกระแสไฟฟ้าไปตามสายส่งนั้น จะมีพลังงานส่วนหนึ่งสูญเสียไปในสายส่งอย่างเปล่าประโยชน์เนื่องมาจากความต้านทานไฟฟ้าของสายส่ง เรื่องพลังงานไฟฟ้าสูญเสียในสายส่งนี้เองเป็นเรื่องหนึ่งที่มีการศึกษาและวิจัยกันอย่างกว้างขวางมานานแล้วเพื่อจะหาทางลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในสายส่งให้มีค่าน้อยที่สุด เพื่อเราจะสามารถส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าออกไปให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น จะมีผลทำให้เราสามารถลดการสูญเสียทรัพยากร พลังงาน รวมทั้งเงินที่ไม่น่าสูญเสียลงไปได้

ในปีหนึ่งๆนั้นในระบบไฟฟ้ากำลังใหญ่ๆจะมีการผลิตและส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าออกไปเป็นจำนวนมหาศาล จะส่งผลให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายส่งของระบบไฟฟ้ากำลังในขนาดมิใช่น้อย ก่อให้เกิดการสูญเสียทรัพยากร เงินทุน ฯลฯ ในแต่ละปีเป็นจำนวนมากมายอย่างเปล่าประโยชน์ ดังนั้นถ้าเราสามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียตัวนี้ได้แม้เป็นเปอร์เซนต์น้อยๆแต่เมื่อคิดเทียบกับกำลังไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นมาที่มีขนาดมากๆในระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่ๆนั้น ขนาดของกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ลดลงนั้นจะมีขนาดใหญ่พอควรทีเดียว โดยเฉพาะเมื่อคิดเป็นจำนวนเงินก็จะเป็นจำนวนเงินไม่น้อยทีเดียว เพราะเหตุนี้จึงมีการศึกษาและวิจัยในเรื่องการลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบไฟฟ้ากำลังกันมาเรื่อยๆตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันเพื่อหาวิธีทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบไฟฟ้ากำลังมีค่าต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้

การศึกษาและวิจัยเพื่อหาแนวทางในการพัฒนาวิธีในการลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบไฟฟ้ากำลังได้มีมาตั้งแต่ช่วงปลายทศวรรษที่ 1960 และมีการศึกษากันมาเรื่อยๆ ซึ่งในเวลาต่อมาก็มีการพัฒนานำเอาเทคนิคการคำนวนแบบต่างๆเช่น การโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) มาใช้ในการหาคำตอบที่เหมาะสมของตัวแปรต่างๆ เพื่อให้ได้ตัวแปรที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบไฟฟ้ากำลังมีค่าต่ำที่สุด [1,2,3] โดยได้มีการเสนอสมการทางคณิตศาสตร์ในการออปติไมซ์กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบโดยการพิจารณาใช้การปรับแทปของหม้อแปลงการปรับขนาดแรงดันของบัสที่ต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และการจ่ายกำลังรีแอคทีฟเข้าที่บัสที่ต่อกับอุปกรณ์ผลิตกำลังรีแอคทีฟ (Switchable Var Source)มาเป็นตัวแปรควบคุมของสมการและใช้เทคนิคการแก้ปัญหาแบบการโปรแกรมเชิงเส้นตรงมาหาคำตอบที่เหมาะสมคือค่าของตัวแปรควบคุมดังกล่าวมาเบื้องต้นที่จะทำให้กำลังสูญเสียต่ำที่สุด ซึ่งเป็นหลักการในการควบคุมกำลังรีแอคทีฟ(Reactive Power)ให้เหมาะสมเพื่อจุดประสงค์ในการลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบให้ต่ำที่สุด ในปัจจุบันอุปกรณ์ผลิตกำลังรีแอคทีฟที่มีการใช้งานกันอยู่มากคือ Capacitor Bank โดยใช้ติดตั้งกับบัสที่ต้องการให้มีการควบคุมกำลังรีแอคทีฟเพื่อจุดประสงค์ในหน้าที่ต่างๆกัน Capacitor Bank

เป็นอุปกรณ์ที่จะจ่ายกำลังรีแอคทีฟเข้าไปในระบบได้โดยตรง ทั้งยังสามารถควบคุมให้มีการจ่ายกำลังรีแอคทีฟในขนาดต่างๆกันได้อย่างสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน จุดประสงค์หลักของการใช้งาน Capacitor Bank คือ ใช้กำลังรีแอคทีฟที่ผลิตจากตัวมันมาควบคุมขนาดของแรงดันให้มีค่าอยู่ในขอบเขตที่ต้องการ ทั้งยังสามารถช่วยเพิ่มเสถียรภาพของระบบในบางกรณี รวมทั้งยังเป็นตัวแปรที่มีผลต่อกำลังสูญเสียของระบบดังกล่าวมาเบื้องต้นด้วย

ในขณะเดียวกันก็มีแนวความคิดในการควบคุมการไหลของกำลังจริงขึ้นด้วยแนวความคิดทฤษฎี และจุดประสงค์ต่างๆกันเช่น การจัดสรรการไหลของกำลังจริงในสายส่งเพื่อป้องกันการ over load ในสายส่งด้วยการจัดการผลิตใหม่ (Generation Rescheduling) หรือการจัดสรรการไหลของกำลังจริงในสายส่งด้วยการตัดโหลด (Load Curtailment) หรือการควบคุมการไหลของกำลังจริงในสายส่งด้วยอุปกรณ์ต่างๆเพื่อให้ได้ผลตามจุดประสงค์ที่ต้องการ เช่น เพื่อควบคุมการ over load ของสายส่งหรือเพื่อกำหนดปริมาณการไหลของกำลังจริงในสายส่งซึ่งอุปกรณ์ตัวหนึ่งที่น่าสนใจที่มีการศึกษาและนำมาใช้ตั้งแต่ในอดีตก็คือ "ตัวเลื่อนเฟส" (Phase Shifter) [4,5] โดยมีการศึกษาและวิจัยกันมาตั้งแต่ต้นทศวรรษที่ 1930 เป็นต้นมาเพื่อหาแนวทางในการใช้งานเพื่อประโยชน์ต่างๆกัน เมื่อตัวเลื่อนเฟสนี้สามารถควบคุมการไหลของกำลังจริงในระบบไฟฟ้าได้ จึงมีแนวความคิดในการพัฒนานำตัวเลื่อนเฟสมาควบคุมการไหลของกำลังจริงเพื่อจุดประสงค์ในการลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบไฟฟ้ากำลังให้มีค่าต่ำลง โดยอาศัยการควบคุมให้มีขนาดของการไหลของกำลังจริงที่เหมาะสมเพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียให้ต่ำที่สุด โดยอาศัยเทคนิคการคำนวนแบบโปรแกรมไม่เชิงเส้น (Nonlinear Programming) มาช่วยในการคำนวนหาค่าของตัวแปรที่เหมาะสมเพื่อควบคุมปริมาณการไหลของกำลังจริงให้เหมาะสม โดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบต่างๆของตัวเลื่อนเฟสที่มีการเสนอและนำมาใช้เพื่อแสดงผลของตัวเลื่อนเฟสที่มีต่อระบบไฟฟ้ากำลัง ด้วยเหตุผลดังกล่าวเบื้องต้นเมื่อเรามีแนวทางในการคำนวนที่เหมาะสมและมีรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของตัวเลื่อนเฟสแล้ว เราก็จะสามารถหาทางในการศึกษาหาวิธีในการลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบไฟฟ้ากำลังให้น้อยที่สุดโดยการควบคุมการไหลของกำลังจริงด้วยตัวเลื่อนเฟสได้ [6,7]

สำหรับในทางปฏิบัติการลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบไฟฟ้ากำลังนั้นมักทำโดยการพยายามหาทางให้ระบบมีกำลังไฟฟ้าสูญเสียต่ำที่สุดในขณะที่ operate ระบบอยู่ซึ่งมีหลายแนวทางที่จะหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดกำลังสูญเสียมากเกินไป ดังเช่นในปัจจุบันมีการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าในระบบที่มีระดับแรงดันสูงๆเช่นในระบบ 500 KV ซึ่งนอกจากจะสามารถส่งพลังงานไฟฟ้าได้เป็นปริมาณมากแล้วยังทำให้

กำลังสูญเสียในสายส่งมีค่าไม่สูงด้วย การใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงก็ยังสามารถช่วยลดกำลังสูญเสียลงไปได้ด้วย นอกจากนี้การหลีกเลี่ยงการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าเพิ่มเข้าไปในสายส่งที่มีการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าสูงๆอยู่แล้วโดยใช้การเพิ่มสายส่งใหม่หรือใช้สายส่งอื่นก็ช่วยให้ไม่เกิดกำลังสูญเสียมากขึ้นด้วย

สำหรับในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาในเชิงทฤษฎีเพื่อแสดงให้เห็นถึงหลักการเบื้องต้นในทางทฤษฎีที่จะใช้ตัวเลื่อนเฟสในการควบคุมการไหลของกำลังจริงในสายส่งต่างๆเพื่อจุดประสงค์ให้ระบบมีกำลังไฟฟ้าสูญเสียต่ำที่สุด

วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาเพื่อแสดงให้เห็นถึงแนวทางในเชิงทฤษฎีในการลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบไฟฟ้ากำลังให้น้อยที่สุด โดยการควบคุมการไหลของกำลังจริงด้วยตัวเลื่อนเฟส โดยอาศัยเทคนิคการคำนวนแบบโปรแกรมไม่เชิงเส้น เพื่อหาค่าตัวแปรที่เหมาะสมของตัวเลื่อนเฟสเพื่อวัตถุประสงค์ให้ตัวเลื่อนเฟสทำหน้าที่ควบคุมการไหลของกำลังจริงในสายส่งให้เหมาะสมเพื่อให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าต่ำที่สุด โดยแสดงผลผ่านทางแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของตัวเลื่อนเฟสที่เรานำเข้าไปใส่ในการคำนวนโหลดโฟลว์ ซึ่งผลของการศึกษาสามารถวิเคราะห์ได้จากผลของโหลดโฟลว์ รวมทั้งนำเสนอแนวความคิดเกี่ยวกับตำแหน่งและจำนวนที่น่าจะเหมาะสมของตัวเลื่อนเฟสที่จะทำการติดตั้งเข้าไปในระบบเพื่อจุดประสงค์ในการลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียให้น้อยที่สุด

ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1. ในการศึกษาการลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียให้น้อยที่สุดนี้ กำหนดให้ตัวเลื่อนเฟสทุกตัวมีค่าสัมประสิทธิ์การแปลงขนาดแรงดัน (The Transformation Coefficient of The Voltage Magnitude) เท่ากับ 1

2. ในการศึกษาการลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียให้น้อยที่สุดนี้ กำหนดให้ตัวเลื่อนเฟสทุกตัวไม่มีขีดจำกัดของขนาดของมุมทั้งมากที่สุดและน้อยที่สุด (Maximum and Minimum Angle Setting)

3. ในการศึกษาการลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียให้น้อยที่สุดนี้ กำหนดให้สายส่งทุกเส้นในระบบที่ทำการศึกษาไม่มีภาวะ Over Load

4. ในการศึกษาการลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียให้น้อยที่สุดนี้ กำหนดให้กำลังไฟฟ้าจริงที่ผลิตจากบัสที่ต่ออยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทุกตัวมีค่าคงที่ ยกเว้นที่บัสอ้างอิง

เนื้อหาของวิทยานิพนธ์

เนื้อหาของวิทยานิพนธ์ในแต่ละบทมีดังนี้

บทที่ 2. กล่าวถึง การศึกษาโหลดโฟลว์ด้วยวิธี Newton-Raphson เพื่อแสดงให้เห็นถึงทฤษฎีและสมการที่นำมาใช้, รายละเอียดของวิธีการตามแนวความคิดที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมรวมทั้งวิธีการคำนวนการไหลของกำลังจริง กำลังรีแอคทีฟ และกำลังสูญเสียในสายส่งและอุปกรณ์อื่นๆ

บทที่ 3. กล่าวถึง ตัวเลื่อนเฟส โดยแสดงถึงหลักการทำงาน, ลักษณะของวงจรไฟฟ้า, แบบจำลองทางคณิตศาสตร์, ผลของตัวเลื่อนเฟสที่มีต่อการควบคุมการไหลของกำลังจริง รวมทั้งข้อดีและข้อเสียของตัวเลื่อนเฟสที่มีต่อระบบไฟฟ้า

บทที่ 4. กล่าวถึง รายละเอียดของทฤษฎีและวิธีการในการลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียให้น้อยที่สุดโดยการควบคุมการไหลของกำลังจริงด้วยตัวเลื่อนเฟส โดยกล่าวถึงทฤษฎีที่นำมาใช้, การพัฒนาทฤษฎีดังกล่าวมาใช้กับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และแสดงโฟลว์ชาร์ทของโปรแกรม รวมทั้งตัวอย่างและผลของการศึกษา

บทที่ 5. จะเป็นตัวอย่างและผลของการศึกษาการลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียให้น้อยที่สุด และจะศึกษาถึงผลของตำแหน่งและจำนวนของตัวเลื่อนเฟสที่มีต่อกำลังสูญเสียด้วย

บทที่ 6. จะเป็นการสรุปและข้อเสนอแนะจากผลการศึกษา

ในการศึกษาเรื่องดังกล่าวนี้ ได้มีการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษา โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ดังกล่าวนี้สร้างขึ้นมาบนไมโครคอมพิวเตอร์ขนาด16 บิทตระกูล IBM PC/AT โดยเขียนด้วยภาษาฟอร์แทรน 77 ซึ่งสะดวกและง่ายต่อการนำไปศึกษาและพัฒนาเพื่อใช้งาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากวิทยานิพนธ์

ผลที่ได้จากการศึกษานี้จะชี้ให้เห็นถึงแนวทางในการลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบไฟฟ้ากำลัง เพื่อจะได้พัฒนานำไปใช้กับระบบไฟฟ้ากำลังจริงที่มีขนาดใหญ่ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ ลดการสูญเสียพลังงานที่สูญเปล่าโดยไม่จำเป็น ช่วยประหยัดการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ ช่วยให้การใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดนั้นเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งใช้ผลที่ได้จากการศึกษาเรื่องนี้เป็นแนวทางในการวางแผนการเงินในการลงทุนของระบบด้วย