บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาของปัญหา

ประเทศไทยมีความต้องการในการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มากขึ้นเนื่องจากการพัฒนาของประเทศทั้งทางด้านเศรษฐกิจสังคมรวมทั้งการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมการผลิตต่างๆ จากสาเหตุของความต้องการพลังงานไฟฟ้าทำให้ต้องมีการศึกษาและพัฒนาระบบการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าที่มีคุณภาพรวมทั้งความน่าเชื่อถือได้ของระบบ ปัจจัยของปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่าย เช่น ปัญหาของแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ ปัญหาโหลดไม่สมดุล ปัญหาฮาร์มอนิกส์ รวมถึงปัญหาที่ทำให้เป็นผลเสียของโหลดในระบบที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพกำลังไฟฟ้า เช่น อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ อุปกรณ์ประมวลผลสัญญาณต่างๆ อุปกรณ์อิเลคทรอนิกส์ รวมถึงอุปกรณ์จำพวกสารกึ่งตัวนำที่มีความต้องการการใช้คุณภาพกำลังไฟฟ้าที่มีคุณภาพสูงที่เสถียรภาพ หลีกเลี่ยงปัญหาของช่วงการหยุดทำงานของโหลด หรือเกิดปัญหาไฟฟ้าดับที่ก่อให้เกิดความเสียหายในระบบการผลิตของภาคอุตสาหกรรม ปกติแล้วปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้าที่เกิดอาจจะมีการนำอุปกรณ์ในตระกลูคัสตอมเพาเวอร์ (Custom Power Devices: CPD)เข้ามาช่วยในการปรับปรุงคุณภาพกำลังไฟฟ้าได้ ซึ่งงานวิจัยนี้จะนำเสนอวิธีการแก้ไขปัญหาและปรับปรุงคุณภาพกำลังไฟฟ้าด้วยดี-สแตตคอม (Distribution Static Compensator: D-STATCOM) ในขณะเดียวกันประเทศไทยได้มีการสนับสนุนกระบวนการผลิตไฟฟ้าด้วยวิธีพลังงานหมุนเวียน เช่น ระบบกังหันลม ระบบโซล่าเซลล์ หรือจากพลังงานเชื้อเพลิงที่เป็นของเสียในโรงงานอุตสาหกรรม เราเรียกระบบเหล่านี้ว่าแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าย่อย (Distributed Generation: DG) ที่สามารถเชื่อมต่อเข้ากับระบบกริดของการไฟฟ้าโดยมีการติดตั้งไว้ตามจุดที่เหมาะสมเพื่อชดเชยกำลังไฟฟ้าและแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นกับโหลดในระบบ กระบวนการผลิตไฟฟ้าดังกล่าวยังช่วยลดงบประมาณและค่าใช้จ่ายในการสร้างโรงไฟฟ้ารวมถึงการนำเข้าเชื้อเพลิงที่มาผลิตกระแสไฟฟ้าที่มีราคาแพง ข้อดีอีกอย่างของระบบคือเป็นเทคโนโลยีที่สะอาดไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและมากไปกว่านั้นการนำแหล่งพลังงานแบบนี้มาใช้ร่วมกับอุปกรณ์คัสตอมเพาเวอร์จะทำให้เพิ่มศักยภาพในการปรับปรุงคุณภาพกำลังไฟฟ้า

สำหรับงานวิจัยนี้จะนำเสนอวิธีการออกแบบระบบควบคุมดีสแตตคอมแบบหลายตัวเพื่อแก้ไขและปรุงปรุงคุณภาพกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายทั้งในกรณีที่มีแหล่งจ่ายพลังงานและกรณีที่ไม่มีแหล่งจ่ายพลังงาน โดยจำแนกตามปัญหาและเงื่อนไขต่างๆดังนี้คือ ตัวประกอบกำลังของโหลดต่ำ

ฮาร์มอนิกส์ โหลดไม่สมดุลด้วยตัวควบคุมกระแส ขณะเชื่อมต่อกับระบบกำลังไฟฟ้าหลักตัวควบคุมสามารถชดเชยกำลังไฟฟ้าแอคทีฟและกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟของโหลดได้ดี ในระหว่างที่ระบบไม่มีการเชื่อมต่อเข้ากับระบบกำลังไฟฟ้าหลักดี-สแตตคอมแบบชุดเดียวจะถูกใช้กับตัวควบคุมแรงดันเพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับโหลด การควบคุมดี-สแตตคอมแบบหลายชุดในกรณีที่ระบบไมโครกริดตัวควบคุมแบบช่วยจ่ายกำลังถูกนำมาใช้ชดเชยกำลังไฟฟ้าให้กับโหลด ซึ่งผลการจำลองระบบผ่านคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม PSCAD/EMTDC สามารถที่จะยืนยันถึงความสามารถของระบบที่ได้นำเสนอ

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.ศึกษาการชดเชยกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายด้วยดี-สแตตคอมและผลกระทบในระบบจำหน่ายไฟฟ้าเมื่อนำดี-สแตตคอมหลายตัวมาใช้งานร่วมกัน

2.ศึกษาวิธีควบคุมการทำงานของการต่อดี-สแตตคอมหลายตัวเมื่อมีการแลกเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าแบบแอคทีฟและกำลังไฟฟ้าแบบรีแอคทีฟกับระบบกริดของการไฟฟ้า

1.3 งานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้อง

1. Alper Akdag, Susumu Tadakuma, Hideaki Minakata (2001) ได้อธิบายแบบจำลองในการใช้ดี-สแตตคอมแก้ปัญหาแรงดันตกด้วยวิธีการชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟในระบบที่โหลดมีความสมดุลบนพื้นฐานของอินเวอร์เตอร์แบบแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า (Voltage Source Inverter: VSI) โดยการชดเชยค่าของกระแสในแกน d-q ซึ่งให้ผลของการตอบสนองของระบบควบคุมที่รวดเร็วมาก อีกทั้งยังได้อธิบายการจำลองระบบการไม่สมดุลของโหลดด้วยการแยกส่วนประกอบของกระแสในลำดับเฟสบวก และลำดับเฟสลบที่ต้องการชดเชยในกรอบหยุดนิ่งสองเฟสแอลฟาเบต้าซึ่งได้สรุปว่าการแยกส่วนประกอบของลำดับเฟสที่เกิดขึ้นจากโหลดที่ไม่สมดุลการพิจารณาบนกรอบหยุดนิ่งสองเฟสแอลฟาเบต้าจะให้ผลตอบสนองของระบบที่รวดเร็วกว่ากรณีที่ไปแยกส่วนประกอบลำดับเฟสในกรอบหมุนดีคิว

2. Chang and Yeh (2001) ได้ทำการออกแบบดี-สแตตคอมสำหรับการชดเชยโหลดที่มีการตอบสนองไวของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าไม่สมดุล โดยได้อธิบายว่าการปรับปรุงคุณภาพกำลังไฟฟ้ากลายมาเป็น

ปัญหาสำคัญในไม่กี่ปีมานี้ ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ชดเชยเดิมคือ เอสวีซี (Static Var Compensator: SVC) ดี-สแตตคอมต้องการพื้นที่น้อยกว่าและเวลาในการตอบสนองเร็วกว่ารวมทั้งสัญญาณรบกวนน้อยกว่า โดยแบบจำลองและการควบคุมดี-สแตตคอมจะคล้ายเอสวีซีมากซึ่งดี-สแตตคอมนั้นจะเข้ามาแทนที่เอสวีซีในอนาคตอันใกล้นี้ เพราะว่าดี-สแตตคอมมีข้อดีหลายอย่างเช่น ผลการตอบสนองทางเวลาและความสามารถในการชดเชยระบบที่เร็วมาก

3. Haque(2001) ได้ศึกษาเกี่ยวกับเทคนิคการชดเชยแรงดันตกของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าโดยดีวีอาร์ (Dynamic Voltage Restorer: DVR) และดี-สแตตคอมซึ่งดีวีอาร์จะทำการชดเชยโดยการฉีดแรงดันเข้าไปในระบบ ส่วนดี-สแตตคอมนั้นจะทำการฉีดกระแสเข้าไปในระบบเพื่อแก้ไขแรงดันตก โดยในสภาวะคงตัวดีวีอาร์และดี-สแตตคอมจะทำการกำหนดและเปรียบเทียบผลต่างของแรงดันตก ระดับการลัดวงจรในระบบและระดับของโหลดซึ่งค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏน้อยที่สุดที่ฉีดเข้าไปในระบบจะต้องสามารถแก้ไขแรงดันตกได้ โดยสามารถสรุปข้อดีของดี-สแตตคอมในสภาวะคงตัวได้ดังนี้ ดี-สแตตคอมสามารถแก้ไขแรงดันตกสูงๆโดยปราศจากการฉีดกำลังไฟฟ้าแอคทีฟเข้าไปในระบบได้ดีเมื่อเทียบกับดีวีอาร์ค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏน้อยที่สุดที่ฉีดเข้าไปในระบบของดี-สแตตคอมนั้นจะมีผลตอบสนองช้ามากในเรื่องของการเปลี่ยนแปลงระดับของโหลดแต่จะมีผลตอบสนองที่ไวมากในเรื่องการเปลี่ยนแปลงระดับการลัดวงจรในระบบในทางกลับกันดีวีอาร์จะมีผลตอบสนองที่ไวมากในเรื่องของการเปลี่ยนแปลงระดับของโหลด แต่จะมีผลตอบสนองช้ามากในเรื่องการเปลี่ยนแปลงระดับการลัดวงจรในระบบ

4. Woo, Kang, Lee and Hyum (2001) ได้อธิบายถึงการนำดี-สแตตคอมมาใช้ในการลดผลกระทบจากแรงดันตกและแรงดันเกิน โดยผลจากการติดตั้งดี-สแตตคอมในระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าด้วยการออกแบบตัวควบคุมที่เหมาะสมและการตอบสนองพลวัตที่รวดเร็วของดี-สแตตคอม ช่วยให้สามารถชดเชยแรงดันตกและแรงดันเกินได้แม้แต่การลัดวงจรในระยะยาวและผลการตอบสนองในสภาวะชั่วครู่จะมีความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพดี

5. Luis A.Moran, Juan W.Dixon, Jose R.Espinoza Rogel R.Wallace (2003) ได้นำเสนองานวิจัยที่มีการแก้ปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้าโดยการเปรียบเทียบคุณสมบัติของอุปกรณ์กรองแบบแอคทีฟ ทั้งแบบขนานและแบบอนุกรม ด้วยการนำเอาข้อดีของอุปกรณ์ทั้งสองมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่าย

6. F.Katiraei, M.R. Iravani (2006) ได้นำเสนอระบบการจัดการพลังงานสำหรับระบบไมโครกริดที่มีการติดตั้งระบบควบคุมการผลิตกำลังไฟฟ้าแบบหลายตัว การควบคุมระบบและการจัดการพลังงานที่ได้นำเสนอบนพื้นฐานของการวัดในบริเวณที่ติดตั้งเพื่อชดเชยกำลังไฟฟ้าทั้งแอคทีฟและรีแอคทีฟโดยให้แนวทางการจัดการดังนี้คือ การควบคุมแรงดันที่มีผลต่อกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ การควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่จุดโหลด การชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟให้กับโหลด ตลอดจนการชดเชยกำลังไฟฟ้าแอคทีฟด้วยการช่วยจ่ายโหลดจากความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าแอคทีฟกับความถี่โดยการควบคุมระบบทั้งหมดจะใช้กรณีที่ระบบมีการเชื่อมต่อกับระบบการจ่ายกำลังไฟฟ้าหลักและกรณีที่ระบบมีการทำงานแบบแยกตัวอิสระ

7. A A Salam, A Mohamed, M A Hannan(2009) ได้มีการนำเสนอการปรับปรุงระบบควบคุมอินเวอร์เตอร์ที่ต่อขนานเพื่อใช้ช่วยจ่ายโหลด โดยมีแหล่งพลังงานต่อเข้ากับอินเวอร์เตอร์เป็นแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าย่อย ในสภาวะการทำงานแบบไมโครกริดโดยงานวิจัยนี้ได้อธิบายถึงการควบคุมกำลังไฟฟ้ารวมทั้งการควบคุมแรงดันบนพื้นฐานของอินเวอร์เตอร์แบบแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่มีการเชื่อมต่อกับแหล่งพลังงานที่ได้จากเชื้อเพลิงธรรมชาติและพลังงานจากแสงอาทิตย์ผ่านการจำลองทางโปรแกรม PSCAD/EMTDC และสามารถบอกได้ว่าระบบควบคุมที่ได้นำเสนอมีความสามารถในการควบคุมโดยการจัดการพลังงานที่เหมาะสมทั้งในกรณีที่มีการเชื่อมต่อเข้ากับระบบกำลังไฟฟ้าหลักและกรณีที่ระบบมีการผลิตแบบแยกตัวอิสระ

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1.ศึกษาออกแบบระบบควบคุมของดี-สแตตคอมรวมถึงฟังก์ชั่นการทำงานตามเงื่อนไขของปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้าที่นำเสนอเพื่อปรับปรุงคุณภาพกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า

2.นำเสนอระบบควบคุมดี-สแตตคอมแบบหลายตัวเมื่อระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าหลักไม่สามารถที่จะจ่ายกำลังไปยังโหลดของระบบ

3.ทดสอบประสิทธิภาพและคุณสมบัติของระบบควบคุมดี-สแตตคอมที่นำเสนอโดยการจำลองทางคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม PSCAD/EMTDC

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.สามารถสร้างระบบที่ใช้ควบคุมดี-สแตตคอมแบบหลายชุดเพื่อปรับปรุงคุณภาพกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่าย

2.งานวิจัยสามารถเป็นแนวทางในการพัฒนาปรับปรุงคุณภาพกำลังไฟฟ้าได้จริงในเชิงอุตสาหกรรมในระบบจำหน่าย