

แบบขอรับทุนสนับสนุนการวิจัย/วิทยานิพนธ์ สำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา
กองทุนการศึกษาเซลล์ 100 ปี

ข้อ 1. ชื่อโครงการ

- 1.1 ภาษาไทย การออกแบบตัวควบคุมการไหลกำลังไฟฟ้ารวมโดยใช้ฟัซซีลอจิก
1.2 ภาษาอังกฤษ Design of a Unified Power Flow Controller using Fuzzy Logic

ข้อ 2. สาขาวิชาการที่จะทำการวิจัย

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

ข้อ 3. สถาบันระดับอุดมศึกษาที่สังกัด

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ชั้นปีที่ 2 ปีการศึกษาที่เข้าศึกษา 2543

ข้อ 4. ประวัติของผู้วิจัย

ชื่อผู้วิจัย นายเชวศักดิ์ รักเป็นไทย อาชีพ นักศึกษาระดับปริญญาโท
หน่วยงานที่สังกัด คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ รหัสไปรษณีย์ 50200
ที่อยู่ถาวร เลขที่ 67/10 หมู่ที่ 10 ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่
รหัสไปรษณีย์ 50200 หมายเลขโทรศัพท์ 01-5351264
สถานที่สามารถติดต่อได้ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ รหัสไปรษณีย์ 50200
หมายเลขโทรศัพท์ 053-944140 ต่อ 125

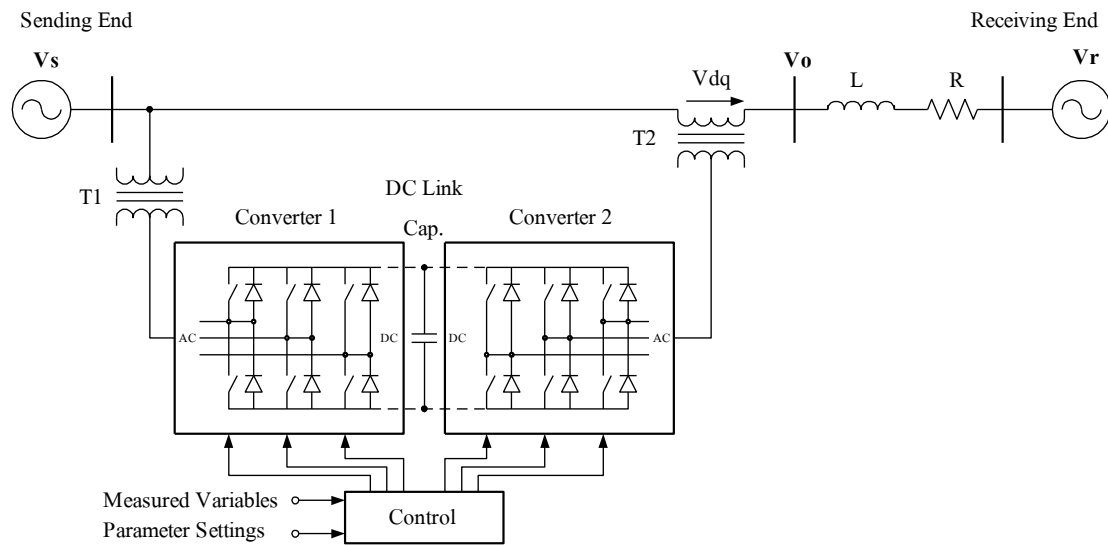
ข้อ 5. ประวัติการศึกษาตั้งแต่ระดับปริญญาตรี

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีที่สำเร็จ
การศึกษา 2541

ข้อ 6. รายละเอียดเกี่ยวกับโครงการวิจัยที่เสนอขอรับทุนอุดหนุนการวิจัย

6.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

ระบบส่งไฟฟ้ากระแสสลับที่ยืดหยุ่นได้ หรือ FACTS (Flexible Alternating Current
Transmission System) เป็นระบบที่ใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังความเร็วสูงควบคุมระบบไฟฟ้า
กำลัง เพื่อปรับเปลี่ยนพฤติกรรมโดยรวมของระบบไฟฟ้ากำลังให้มีความเหมาะสมกับเหตุการณ์ที่



รูปที่ 1 โครงสร้างของ UPFC

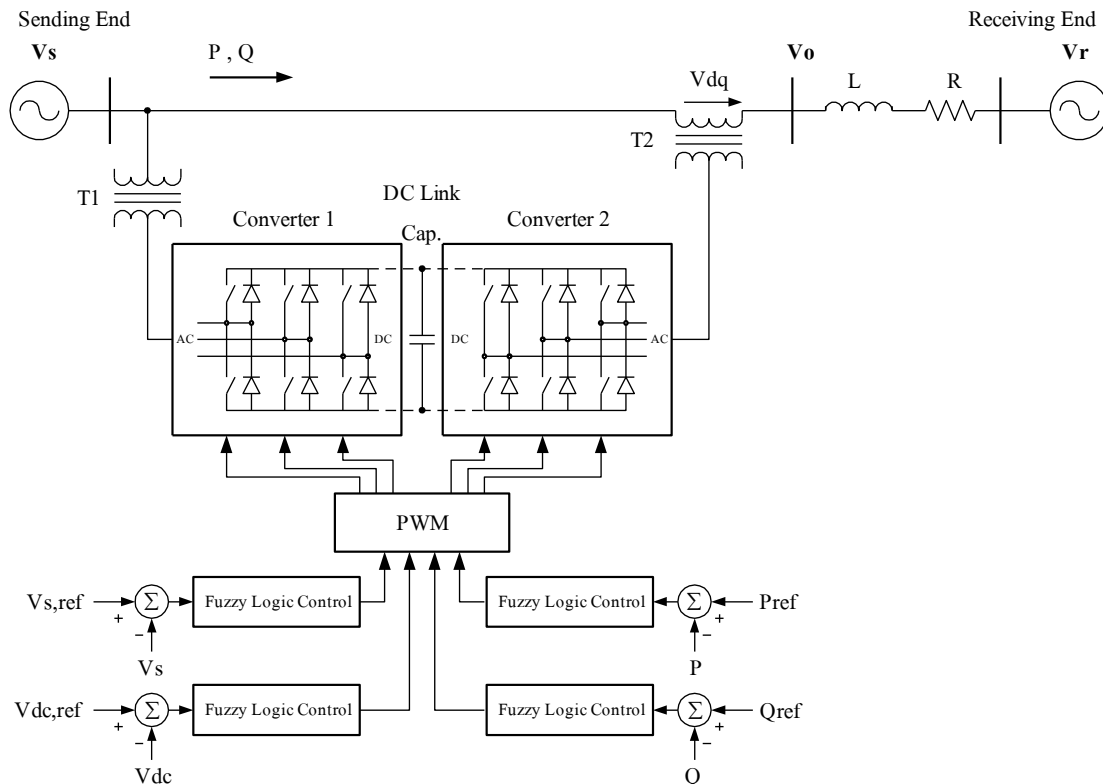
เกิดขึ้นอย่างทันทีทันใดได้รวดเร็ว [8] เทคโนโลยี FACTS มีประโยชน์หลายประการ เช่น ช่วยให้สามารถใช้งานสายส่งที่พิกัดความจุ (capacity) ช่วยลดการแกว่งของกำลังไฟฟ้า และช่วยรักษาเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลัง อุปกรณ์ FACTS ที่มีใช้งานในปัจจุบันมีหลายชนิด เช่น ตัวชดเชยซิงโครนัสแบบสถิต (Static Synchronous Compensator : STATCOM) ตัวบังคับมุมเฟสที่ถูกควบคุมโดยไทรสเตอร์ (Thyristor Controlled Phase-Angle Regulator : TCPAR) ตัวชดเชยอนุกรมซิงโครนัสแบบสถิต (Static Synchronous Series Compensator : SSSC) และตัวควบคุมการไหลกำลังไฟฟ้ารวม (Unified Power Flow Controller : UPFC) โดยแต่ละชนิดจะมีพฤติกรรมการทำงานและความเหมาะสมสำหรับใช้แก้ปัญหาที่แตกต่างกัน [5]

UPFC เป็นอุปกรณ์ FACTS ที่มีความซับซ้อนและสามารถที่จะทำงานได้ในหลายโหมด [6][7][12] รูปที่ 1 แสดงโครงสร้างของ UPFC ซึ่งประกอบด้วยคอนเวอร์เตอร์กำลังสองตัวเชื่อมกันโดยแหล่งจ่ายแรงดันกระแสตรง และระบบควบคุมการทำงานของคอนเวอร์เตอร์ คอนเวอร์เตอร์ตัวที่ 1 ต่อขนานกับสายส่งโดยผ่านหม้อแปลง T1 และคอนเวอร์เตอร์ตัวที่ 2 ต่ออนุกรมกับสายส่งโดยผ่านหม้อแปลง T2 การควบคุมกำลังไฟฟ้าที่ไหลสามารถทำได้อย่างรวดเร็ว โดยเปลี่ยนขนาดและมุมเฟสของแรงดันที่คอนเวอร์เตอร์ตัวที่ 2 คอนเวอร์เตอร์ตัวที่ 1 ทำหน้าที่จ่ายหรือรับกำลังจริงตามที่คอนเวอร์เตอร์ตัวที่ 2 ต้องการผ่านแหล่งจ่ายแรงดันกระแสตรง และคอนเวอร์เตอร์ตัวที่ 1 ยังสามารถจ่ายหรือรับกำลังรีแอกทีฟ เพื่อควบคุมแรงดันบัสด้านส่งได้ด้วย การควบคุมให้คอนเวอร์เตอร์ทั้งสองทำงานอย่างเหมาะสมจะส่งผลให้ UPFC สามารถควบคุมการไหลของกำลังไฟฟ้าได้ตามต้องการ [10] สำหรับการควบคุมการทำงานของคอนเวอร์เตอร์ทั้งสองทำได้โดยการสร้างสัญญาณควบคุมไปควบคุมการปิด-เปิดสวิตช์ และอุปกรณ์ที่ทำงานเป็นสวิตช์อาจจะ

เลือกใช้ GTO (gate turn-off thyristor) หรือ IGBT (insulated gate bipolar transistor) ก็ขึ้นกับการออกแบบ

เนื่องจากวิธีการควบคุม UPFC แบบเดิมใช้ตัวควบคุม PI (proportional integral controller) [1][10][15] มีข้อด้อย คือ ให้ผลตอบสนองช้า การหาค่าอัตราขยายของตัวควบคุมยาก ค่าอัตราขยายที่ถูกกำหนดไม่เหมาะสมกับทุกภาวะ ระบบควบคุมไม่มีความทนทาน (robustness) ต่อความไม่แน่นอนของตัวแปรสายส่ง และไม่สามารถลดการกระทบซึ่งกันและกัน (interaction) ระหว่างคอนเวอร์เตอร์ได้ ทำให้สมรรถนะด้านพลวัตของ UPFC ด้อยลง และในกรณีที่เกิดการกระทบซึ่งกันและกันอย่างรุนแรงก็อาจจะทำให้ระบบไม่เสถียรได้ การที่ UPFC มีสมรรถนะด้อยลงจะส่งผลให้ความสามารถในการควบคุมระบบไฟฟ้ากำลังลดลงด้วย จึงมีการวิจัยเพื่อหาวิธีการควบคุมที่จะช่วยปรับปรุงสมรรถนะของ UPFC ซึ่งวิธีการควบคุมที่มีการวิจัยแล้ว เช่น การใช้การควบคุมตัวควบคุมค่าพีชคณิตเชิงเส้น (Linear Quadratic Regulator) ที่ใช้พีชคณิตช่วยปรับปรุงความทนทานของกฎการควบคุมที่เหมาะสม [11] การใช้การควบคุมคลอสคัปปลิง (Cross-coupling control) [13] การใช้ตัวควบคุม PI ร่วมกับดีคัปปลิง (PI controller with decoupling) [15] การใช้ตัวควบคุม H_∞ ที่ทนทาน (Robust H_∞ controller) [14][16] อย่างไรก็ตามวิธีการควบคุมที่มีการวิจัยมาแล้วยังไม่ได้ให้บทสรุปในการแก้ปัญหของ UPFC เพราะแม้ว่าบางวิธีจะสามารถลดการกระทบซึ่งกันและกันได้ แต่ก็ให้ผลตอบสนองช้า และมีการคำนวณที่ซับซ้อน ดังรายละเอียดในหัวข้อที่ 6.4.1

จากเหตุผลที่ระบบ UPFC เป็นระบบไม่เป็นเชิงเส้น มีการทำงานที่ซับซ้อน การควบคุม UPFC จึงควรใช้ระบบควบคุมไม่เป็นเชิงเส้นที่ออกแบบได้ง่าย การหาคำตอบใช้เวลาน้อย สามารถนำไปใช้งานกับระบบจริงได้ และมีต้นทุนในการติดตั้งต่ำ และเนื่องจากระบบควบคุมพีชคณิตเชิงเส้นเป็นระบบควบคุมไม่เป็นเชิงเส้นที่มีข้อดีหลายประการ [3] คือ ค่าอัตราขยายอยู่ในช่วงกว้าง ให้ผลตอบสนองที่รวดเร็ว การคำนวณไม่ซับซ้อนใช้เวลาน้อย มีความทนทานต่อสัญญาณรบกวน และเหมาะกับระบบที่ค่าตัวแปรไม่แน่นอน ดังนั้นการใช้พีชคณิตควบคุม UPFC จึงน่าจะมีความเหมาะสม และอาจจะช่วยปรับปรุงสมรรถนะของ UPFC ได้ งานวิจัยนี้จึงนำระบบควบคุมพีชคณิตมาปรับปรุงสมรรถนะของ UPFC ในการวิจัยกำหนดให้ UPFC ทำงานในโหมดควบคุมการไหลของกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟในสายส่ง รูปที่ 2 แสดงบล็อกไดอะแกรมการควบคุม UPFC โดยใช้พีชคณิต ซึ่งเอาต์พุตของระบบควบคุมพีชคณิตจะควบคุม PWM (pulse width modulation) ให้ควบคุมคอนเวอร์เตอร์ทั้งสองให้มีการทำงานที่เหมาะสมตามการเปลี่ยนแปลงของระบบ โดยจะเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับวิธีการควบคุม PI



รูปที่ 2 บล็อกไดอะแกรมการควบคุม UPFC โดยใช้ฟัซซี่ลอจิก

6.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อศึกษาการนำฟัซซี่ลอจิกมาใช้ในการปรับปรุงสมรรถนะของ UPFC โดยจะเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับวิธีการควบคุม PI ในการศึกษาทั้งการจำลองระบบและสร้างวงจรกำลัง

6.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

- 6.3.1 ได้วิธีการวิเคราะห์ฟัซซี่ลอจิกมาใช้ควบคุม UPFC ได้
- 6.3.2 ได้ระบบควบคุม UPFC ที่ช่วยลดผลกระทบที่เกิดจากการส่งผ่านกำลังจริงระหว่างคอนเวอร์เตอร์
- 6.3.3 ได้ระบบควบคุม UPFC ที่มีความทนทานต่อความไม่แน่นอนของตัวแปรสายส่ง มีการทำงานรวดเร็ว และสามารถนำไปใช้งานได้จริง

6.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและเอกสารอ้างอิง

6.4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Akdag A., *et al.* [1] ได้เปรียบเทียบวิธีควบคุม UPFC ระหว่างวิธีใช้ P กับวิธีใช้ PI และจากผลการจำลองปรากฏว่าวิธีที่ใช้ PI ให้ผลตอบสนองดีกว่าเล็กน้อย ในการทดลองได้ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเชื่อมโยงกับระบบควบคุม แต่ได้ทำการทดลองกับวิธี P เท่านั้น เพราะมีความง่ายในการติดตั้งและทำงานรวดเร็ว สำหรับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ก็เพื่อแสดงให้เห็นว่าการควบคุมวิธีการควบคุม P มีความง่าย และให้ผลตอบสนองดีเพียงพอที่จะใช้ควบคุม UPFC

Kang Y.L., *et al.* [8] ได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบของขนาดตัวเก็บประจุและขนาดตัวเหนี่ยวนำสมมูลของสายส่งที่มีต่อเสถียรภาพทรานเซียนต์ของระบบไฟฟ้ากำลัง โดยระบบจำลองเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 1 เครื่องต่อกับ UPFC และบัสอนันต์ ผลการจำลองพบว่าตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำสมมูลของสายส่ง จะมีผลกระทบอย่างมากต่อสมรรถนะด้านพลวัตของระบบไฟฟ้ากำลัง นอกจากนี้ยังได้แสดงให้เห็นว่าการใช้ตัวควบคุมไม่เป็นเชิงเส้น จะช่วยลดผลกระทบดังกล่าวลงได้

Makombe T., *et al.* [10] ได้ทำการวิเคราะห์การทำงานของ UPFC โดยกำหนดให้คอนเวอร์เตอร์ที่ต่ออนุกรมมีการทำงาน 5 โหมดคือ โหมดหนึ่งอยู่เฉย ๆ (UPFC ทำงานเป็น STATCOM) โหมดสองควบคุมแรงดัน โหมดสามควบคุมแรงดันและชดเชยอิมพีแดนซ์ โหมดสี่ควบคุมแรงดันและปรับมุมเฟส และโหมดห้าควบคุมการไหลของกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ สำหรับคอนเวอร์เตอร์ที่ต่อขนานจะทำหน้าที่ควบคุมแรงดันบัสด้านส่งและสนับสนุนการทำงานของคอนเวอร์เตอร์ที่ต่ออนุกรม ในการจำลองและการทดลองใช้วิธีการควบคุม PI ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ยังมีการกระทบซึ่งกันและกันระหว่างคอนเวอร์เตอร์เกิดขึ้น และไม่สามารถจะนำไปใช้งานได้จริง เนื่องจากทั้งวงจรกำลังและการจำลองโดยคอมพิวเตอร์ให้ผลตอบสนองช้า และใช้เวลานาน

Menniti D., *et al.* [11] ได้เสนอการใช้ฟuzzyลอจิกช่วยปรับปรุงความทนทานของกฎการควบคุมที่เหมาะสม ซึ่งกฎดังกล่าวนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิธีการควบคุมโดย LQR (linear quadratic regulator controller) วัตถุประสงค์ก็เพื่อควบคุมให้คอนเวอร์เตอร์ทั้งสองมีการทำงานร่วมกันดีขึ้น โดยจำลองเปรียบเทียบผลที่ได้กับวิธี LQR ที่ไม่ใช้ฟuzzyลอจิก และวิธีควบคุมในเอกสารอ้างอิง [9] ของบทความนี้ ผลจากการเปรียบเทียบปรากฏว่า LQR ที่ใช้ฟuzzyลอจิกให้ผลตอบสนองที่ดีกว่า อย่างไรก็ตามเนื่องจากหลักการของวิธี LQR จะกำหนดให้ค่าผิดพลาดเฉลี่ยตลอดช่วงเวลาที่สนใจที่ จึงอาจจะมียางเวลาที่ค่าผิดพลาดมีค่าสูงมากเกิดขึ้น นอกจากนี้วิธี LQR ยังมีการคำนวณซับซ้อน จึงไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้งานกับระบบจริง

Round S.D., *et al.* [13] ได้เสนอการควบคุมครอสคัปปลิง (cross-coupling control) สำหรับควบคุมกระแสของคอนเวอร์เตอร์ ซึ่งเป็นการใช้แรงดันแกน q ควบคุมกระแสแกน d และใช้แรงดันแกน d ควบคุมกระแสแกน q โดยทำการจำลองและทดลองจริงในห้องทดลอง เพื่อยืนยันผลการจำลอง แล้วเปรียบเทียบกับวิธีที่ใช้ PI ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าการควบคุมครอสคัปปลิงมีความทนทานต่อความไม่แน่นอนของค่าตัวแปร และช่วยลดการกระทบซึ่งกันและกันที่เกิดขึ้น อย่างไรก็ตามผลตอบสนองที่ได้ยังช้ากว่าวิธีที่ใช้ PI

Yu Q., *et al.* [15] ได้เสนอการใช้ตัวควบคุม PI ร่วมกับดีคัปปลิง (PI controller with decoupling) ควบคุมการทำงานของ UPFC โดยเปรียบเทียบผลการจำลองและทดลองกับวิธีที่ใช้ PI และการควบคุมครอสคัปปลิง (cross-coupling control) ผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าวิธีนี้ให้ผลตอบสนองที่ดีมาก แต่มีข้อด้อยที่ค่าพารามิเตอร์ของสายส่งต้องมีความถูกต้องจริง

Yu Q., *et al.* [16] ได้เสนอตัวควบคุม H_∞ ที่ทนทาน (robust H_∞ controller) ควบคุมการทำงานของ UPFC โดยได้ทำการเปรียบเทียบกับการใช้ตัวควบคุม PI การควบคุมครอสคัปปลิง และตัวควบคุม PI ร่วมกับดีคัปปลิง ผลการจำลองวิธีนี้ไม่มีผลการกระทบซึ่งกันและกันระหว่างคอนเวอร์เตอร์ และแม้ว่าวิธีนี้จะให้ผลตอบสนองช้า แต่โดยรวมก็ดีกว่าวิธีอื่น อย่างไรก็ตามผลการทดลองปรากฏว่าตัวควบคุม H_∞ ที่ทนทานมีการเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟเกิดขึ้นในขณะที่ปรับเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าจริง นอกจากนี้ตัวควบคุม H_∞ ที่ทนทานยังมีการหาคำตอบที่ซับซ้อนและเข้าใจยาก

6.4.2 เอกสารอ้างอิง

- [1] Akdag A., Minakata H. and Tadakuma S., "Simulation study of a unified power flow controller via personal computer based hybrid simulator," *IEEE Industry Applications Conference Thirty-Fourth IAS Annual Meeting*, Volume:1, pp.456-462, 1999.
- [2] Belacheheb K. and Saadate S., "Compensation of the electrical mains by means of unified power flow controller (UPFC)-comparison of three control methods," *Proceedings of Ninth International Conference on Harmonics and Quality of Power*, Volume:1, pp.168-175, 2000.
- [3] Driankov D., Hellendoorn H. and Reinfrank M., *An Introduction to Fuzzy Control*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1993.
- [4] Fujita H., Watanabe Y. and Akagi H., "Transient analysis of a unified power flow controller, and its application to design of the DC-link capacitor," *IEEE Power Electronics Specialists Conference (PESC 99)*, 30th Annual IEEE, Volume:2, pp.626-631, 1999.
- [5] Gyugyi L., "Application characteristics of converter-based FACTS controllers," *IEE*

- Proceedings of International Conference on Power System Technology*, Volume:1, pp.391-396, 2000.
- [6] Gyugyi L., "Unified power-flow control concept for flexible AC transmission systems," *IEEE Proceedings-Generation, Transmission and Distribution*, Volume:139, Issue:4, pp.323-331, July 1992.
 - [7] Gyugyi L., Schauder C.D., Williams S.L., Rietman T.R., Torgerson D.R. and Edris A., "The unified power flow controller : a new approach to power transmission control," *IEEE Transactions on Power Delivery*, Volume:10, Issue:2 , pp.1085-1097, April 1995.
 - [8] Hingorani N.G., "FACTS-flexible AC transmission system," *Proceedings of IEEE 5th International Conference on AC and DC power Transmission*, pp.1-7, September 1991.
 - [9] Kang Y.L., Shrestha G.B. and Lie T.T., "Consideration of dc capacitor and line inductance in the design of UPFC to improve transient stability," *IEEE Power Engineering Society Winter Meeting*, Volume:3, pp.1276-1281, 2001.
 - [10] Makombe T. and Jenkins N., "Investigation of a unified power flow controller," *IEEE Proceedings-Generation, Transmission and Distribution*, Volume:146, Issue:4, pp.400-408, July 1999.
 - [11] Menniti D., Pinnarelli A. and Sorrentino N., "A novel fuzzy logic controller for UPFC," *Proceedings of The 2000 (Powercon 2000) International Conference on Power System Technology*, pp.691-696, 2000.
 - [12] Renz B.A., Keri A., Mehraban A.S., Schauder C., Stacey E., Kovalsky L., Gyugyi L. and Edris A., "AEP unified power flow controller performance," *IEEE Transactions on Power Delivery*, Volume:14, Issue:4, pp.1374-1381, October 1999.
 - [13] Round S.D., Yu Q., Norum L.E. and Undeland T.M., "Performance Of A Unified Power Flow Controller Using A D-Q Control System," *Sixth International Conference on AC and DC Power Transmission*, Conf. Publ. No.423, pp.357-362, April/May1996.
 - [14] Vilathgamuwa M., Zhu X. and Choi S.S., "A robust control method to improve the performance of a unified power flow controller," *Electric Power System Research*, Volume:55, Issue:2, pp.103-111, August 2000.
 - [15] Yu Q., Norum L.E., Undeland T.M. and Round S.D., "Investigation of dynamic controllers for a unified power flow controller," *IEEE Proceedings of the 1996 (IECON 22nd) International Conference on Industrial Electronics Control and Instrumentation*, Volume:3, pp.1764-1769, 1996.

- [16] Yu Q., Round S.D., Norum L.E. and Undeland T.M., “Dynamic control of a unified power flow controller,” *IEEE Power Electronics Specialists Conference (PESC '96 Record)*, 27th Annual IEEE, Volume:1, pp.508-514, 1996.

6.5 ระเบียบวิธีวิจัย

- 6.5.1 ศึกษาทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จากเอกสารอ้างอิง อินเทอร์เน็ต และอื่น ๆ เพื่อนำมาประมวลเป็นองค์ความรู้ในการทำวิจัย
- 6.5.2 ใช้หลักการควบคุมเวกเตอร์วิเคราะห์วงจรและการควบคุม UPFC แล้วออกแบบและสร้างแบบจำลอง UPFC ที่ใช้วิธีการควบคุม PI โดยใช้โปรแกรม SIMULINK ใน MATLAB สำหรับอินพุตของระบบควบคุมจะเป็นสัญญาณผิดพลาด และเอาต์พุตที่ได้เป็นสัญญาณที่ไปควบคุม PWM ให้ควบคุมการทำงานของคอนเวอร์เตอร์
- 6.5.3 ใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังสร้างวงจร UPFC ที่เป็นระบบสามเฟส มีขนาดพิกัดต่อเฟส 1 kVA ให้มีตัวแปรสอดคล้องกับแบบจำลองใน 6.5.2 ส่วนวงจรภายในของคอนเวอร์เตอร์จะใช้ IGBT และในการควบคุม UPFC ใช้วิธีการควบคุม PI ซึ่งถูกติดตั้งอยู่ในคอมพิวเตอร์ การทำงานจึงเป็นการเชื่อมโยงระหว่างวงจรกำลังกับเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยวงจร UPFC ที่ใช้การควบคุม PI ที่สร้างขึ้นจะถูกใช้ในการช่วยปรับปรุงคุณภาพพื้นฐานทางพีชชีในหัวข้อ 6.5.4
- 6.5.4 ศึกษาการจำลองระบบในหัวข้อ 6.5.2 และศึกษาพฤติกรรมของระบบ UPFC ที่ใช้การควบคุม PI ซึ่งได้สร้างขึ้นในข้อ 6.5.3 แล้วเก็บข้อมูลเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลวิเคราะห์ความสัมพันธ์จากฐานข้อมูล แล้วใช้ฐานข้อมูลจากการศึกษาการจำลองระบบสร้างคุณภาพพื้นฐานทางพีชชี และใช้ฐานข้อมูลจากการศึกษาระบบ UPFC ที่สร้างขึ้นมาช่วยปรับปรุงคุณภาพทางพีชชี เพื่อให้กฎที่ได้มีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ควบคุมระบบจริงได้
- 6.5.5 ทำการออกแบบ และสร้างโปรแกรมจำลองวิธีการควบคุมพีชชีลอจิก โดยใช้กฎพื้นฐานในข้อ 6.5.4 และใช้ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกแบบสามเหลี่ยม อินพุตของระบบควบคุมเป็นสัญญาณผิดพลาดและการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณผิดพลาด เอาต์พุตที่ได้ไปควบคุม PWM ให้ควบคุมการทำงานของคอนเวอร์เตอร์ ในการจำลองระบบควบคุมใช้โปรแกรม SIMULINK ใน MATLAB
- 6.5.6 ทดสอบโปรแกรมจำลอง UPFC ที่มีทำงานในโหมดควบคุมการไหลของกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ โดยแยกการทดสอบเป็น 2 กรณี คือ กรณีแรกจะใช้วิธีการควบคุม PI และกรณีที่สองใช้พีชชีลอจิก และในแต่ละ

กรณีจะมี 2 เงื่อนไขให้ทดสอบ คือ เงื่อนไขแรกทดสอบการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าจริงแบบขั้น (step response) และเงื่อนไขที่ 2 ทดสอบการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟแบบขั้น แล้วเก็บข้อมูลที่ได้

- 6.5.7 เปรียบเทียบผลการจำลองที่ได้ใน 6.5.6 โดยนำข้อมูลที่ได้มาพล็อตกราฟ แล้วสังเกตความแตกต่างเกี่ยวกับผลตอบสนอง และผลกระทบที่เกิดขึ้นขณะปรับเปลี่ยนกำลังไฟฟ้า ระหว่างวิธีที่ใช้การควบคุม PI และวิธีที่ใช้ฟuzzy logic
- 6.5.8 สร้างระบบควบคุมฟuzzy logicที่มีการติดตั้งอยู่ในคอมพิวเตอร์ โดยใช้กฎพื้นฐานและฟังก์ชันการเป็นสมาชิกตามที่ออกแบบไว้ในหัวข้อ 6.5.5 สำหรับควบคุมวงจร UPFC ที่สร้างขึ้นในหัวข้อ 6.5.3 ดังนั้นการควบคุมการทำงานของ UPFC โดยใช้ระบบควบคุมฟuzzy logic จึงเป็นการเชื่อมโยงระหว่างวงจรกำลังกับระบบควบคุมที่ถูกติดตั้งอยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์
- 6.5.9 ทดลองวงจรที่ได้ใน 6.5.3 และ 6.5.8 ในการทดลองจะกำหนดเงื่อนไขต่าง ๆ ให้เหมือนกับในหัวข้อ 6.5.6 แล้วเก็บข้อมูลที่ได้
- 6.5.10 เปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้ใน 6.5.9 กับผลการจำลองที่ได้ใน 6.5.6 โดยนำข้อมูลที่ได้มาพล็อตกราฟ แล้วสังเกตผลตอบสนองของรูปกราฟผลการทดลองและรูปกราฟผลการจำลองว่ามีความสอดคล้องกันหรือไม่อย่างไร รวมทั้งวิเคราะห์เวลาในการทำงานของระบบควบคุมที่ใช้ฟuzzy logicว่ามีความรวดเร็วเพียงพอที่จะนำไปใช้งานจริงหรือไม่
- 6.5.11 วิจัย สรุปผลการวิจัย และเสนอรายงานวิทยานิพนธ์

6.6 ขอบเขตของการวิจัย

ออกแบบและสร้างโปรแกรมจำลอง UPFC ที่มีการทำงานในโหมดควบคุมการไหลกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ โดยใช้วิธีการควบคุม 2 วิธี คือ วิธีแรกใช้ PI และวิธีที่สองใช้ฟuzzy logic แล้วทำการเปรียบเทียบผลการจำลองกับระบบ UPFC ที่สร้างขึ้นโดยใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังขนาดพิกัด 1 kVA

6.7 ระยะเวลาทำการวิจัย

ใช้ระยะเวลาการวิจัยประมาณ 8 เดือน โดยเริ่มตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ.2544 จนถึงเดือนมีนาคม พ.ศ.2545

6.8 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

แผนการดำเนินงานเป็นไปตามตารางต่อไปนี้

การดำเนินงาน	เดือนที่							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง								
2. ออกแบบ และสร้างโปรแกรมจำลอง UPFC ที่ใช้วิธีการควบคุม PI								
3. สร้างวงจร UPFC และระบบควบคุม PI								
4. สร้างกฎพื้นฐานทางฟิสิกส์ โดยใช้ฐานข้อมูลจากการศึกษาการจำลองระบบ และจากการศึกษาวงจร UPFC ที่สร้างขึ้น								
5. ออกแบบ และสร้างโปรแกรมจำลองวิธีการควบคุมฟิสิกส์ลอจิก สำหรับควบคุม UPFC								
6. ทดสอบโปรแกรมจำลอง UPFC ทั้งที่ใช้วิธีการควบคุม PI และที่ใช้วิธีการควบคุมฟิสิกส์ลอจิก								
7. เปรียบเทียบผลการจำลองระหว่าง UPFC ที่ใช้วิธีการควบคุม PI และที่ใช้วิธีการควบคุมฟิสิกส์ลอจิก								
8. สร้างระบบควบคุมฟิสิกส์ลอจิก สำหรับควบคุม UPFC								
9. ทดลองวงจร UPFC ที่ใช้วิธีควบคุมทั้งสอง								
10. เปรียบเทียบผลการทดลองกับผลการจำลอง								
11. วิเคราะห์ สรุปผลการวิจัย และเสนอรายงานวิทยานิพนธ์								

6.9 สถานที่ทำการวิจัย ทดลอง หรือเก็บข้อมูล

ห้องวิจัยอิเล็กทรอนิกส์กำลัง ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

6.10 อุปกรณ์การวิจัย

6.10.1 อุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้

- (1) อุปกรณ์ประกอบสร้างตัวแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล (A/D converter)
- (2) หม้อแปลงไฟฟ้า เฟสเดียว ขนาด 1 kVA จำนวน 12 ตัว
- (3) IGBT (insulated gate bipolar transistor) จำนวน 12 ตัว
- (4) ตัวเก็บประจุ (capacitor) ที่มีพิกัดแรงดัน 600 โวลต์ จำนวน 2 ตัว
- (5) วงจรควบคุมการสวิตช์ IGBT
- (6) วงจรตรวจจับสัญญาณของกระแส และแรงดัน
- (7) วงจรกรอง (filter)
- (8) อุปกรณ์ป้องกันวงจร เช่น ฟิวส์ หรือ เซอร์กิตเบรกเกอร์
- (9) ขดลวดทองแดงสำหรับสร้างตัวเหนี่ยวนำที่มีพิกัดกำลังไฟฟ้าสูง

6.10.2 อุปกรณ์การวิจัยที่มีอยู่แล้ว

- (1) เครื่องคอมพิวเตอร์
- (2) โปรแกรม MATLAB
- (3) โปรแกรมภาษา C
- (4) เครื่องพิมพ์ (printer)
- (5) เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า เช่น ออสซิลโลสโคป โอห์มมิเตอร์ เป็นต้น
- (6) ตัวต้านทานที่มีพิกัดกำลังไฟฟ้าสูง

6.11 งบประมาณค่าใช้จ่ายตลอดโครงการ

จำนวนเงิน

6.11.1 หมวดค่าใช้สอย

- | | |
|------------------------------------|-----------|
| (1) ค่าจ้างเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ | 5,000 บาท |
|------------------------------------|-----------|

6.11.2 หมวดค่าวัสดุ

- | | |
|---|------------|
| (1) อุปกรณ์ประกอบสร้างตัวแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล | 15,000 บาท |
| (2) หม้อแปลงไฟฟ้า | |
| เฟสเดียว ขนาด 1 kVA จำนวน 12 ตัว | 30,000 บาท |
| (3) IGBT จำนวน 12 ตัว | 12,000 บาท |
| (4) ตัวเก็บประจุที่มีพิกัดแรงดันสูง 2 ตัว | 10,000 บาท |
| (5) ขดลวดทองแดงสำหรับสร้างตัวเหนี่ยวนำที่มีพิกัดกำลังไฟฟ้าสูง | |
| (6) อุปกรณ์สำหรับสร้างวงจรควบคุมการสวิตช์ IGBT | 3,000 บาท |
| (7) อุปกรณ์สำหรับสร้างวงจรตรวจจับสัญญาณ | 2,000 บาท |

(8) อุปกรณ์สำหรับสร้างวงจรกรอง	500 บาท
(9) อุปกรณ์ป้องกันวงจร	2,000 บาท
(10) ค่าหมักพิมพ์	1,000 บาท
(11) ค่าวัสดุสำนักงาน	500 บาท

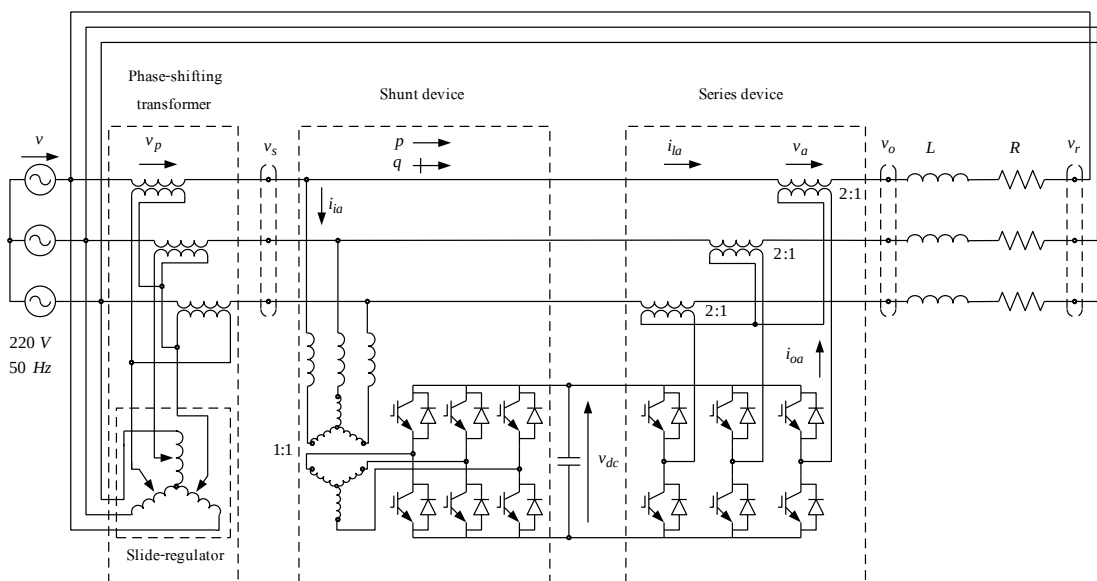
รวมทั้งสิ้น 97,000 บาท

6.11.3 หมวดค่าใช้จ่ายอื่น ๆ

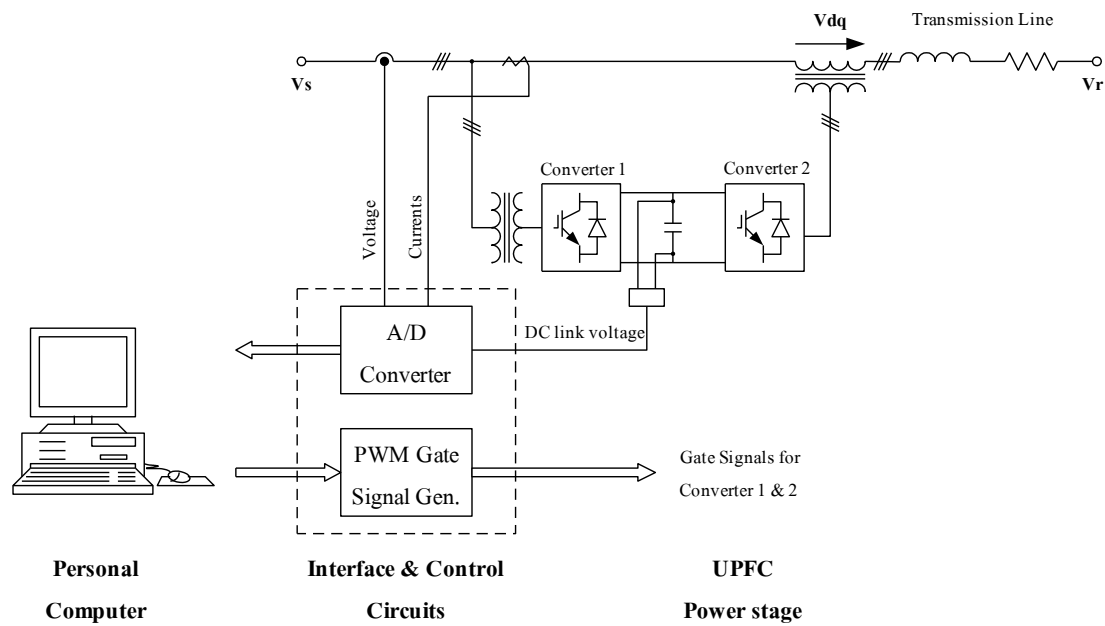
ไม่มี

ข้อ 7. คำชี้แจงเพิ่มเติม

โครงการวิจัยนี้จะต้องสร้างวงจรจำลองระบบไฟฟ้ากำลังแบบสามเฟสขึ้นในห้องปฏิบัติการ จึงจำเป็นต้องใช้หม้อแปลงไฟฟ้าจำนวนมาก รูปที่ 3 แสดงรายละเอียดของวงจร UPFC ที่ใช้ทดลอง นอกจากนี้ในส่วนของการควบคุมมีการส่งข้อมูลติดต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับวงจรภายนอก โดยอินพุตที่ป้อนให้เครื่องคอมพิวเตอร์เป็นค่ากระแสทั้งสามเฟส แรงดันทั้งสามเฟส และแรงดันคร่อมตัวเก็บประจุ ส่วนเอาต์พุตจากเครื่องคอมพิวเตอร์จะเป็นสัญญาณดิจิทัลซึ่งจะถูกส่งไปยังวงจรควบคุมการสวิตช์ IGBT ดังนั้นจึงต้องใช้อุปกรณ์แปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล และเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีสมรรถนะสูง สำหรับรายละเอียดการควบคุม UPFC แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 3 รายละเอียดของวงจร UPFC ที่ใช้ทดลอง



รูปที่ 4 รายละเอียดการควบคุม UPFC

ข้อ 8. คำรับรองและความเห็นของอาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย

ข้าพเจ้านายวรวิทย์ ทายะติ ตำแหน่งรองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โทรศัพท์ 66-53-944140 ต่อ135 เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาของ นายเชวศักดิ์ รักเป็นไทย ผู้ซึ่งเสนอขอรับทุนสนับสนุนการวิจัยเพื่อทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การออกแบบตัวควบคุมการไหลกำลังไฟฟ้ารวมโดยใช้ฟuzzyลอจิก ขอรับรองว่าจะควบคุมการดำเนินการวิจัย ให้มีการปฏิบัติเป็นไปตามระเบียบกองทุนการศึกษาเซลล์ 100 ปี

จึงเห็นสมควรพิจารณาทุนสนับสนุนการวิจัยตามสมควร

ลงนาม

(รศ.ดร.วรวิทย์ ทายะติ)

...../...../.....

ข้อ 9. คำรับรองของผู้เสนอโครงการวิจัย

ข้าพเจ้านายเชวศักดิ์ รักเป็นไทย ขอรับรองว่าจะปฏิบัติตามระเบียบกองทุนการศึกษาเซลล์ 100 ปี ว่าด้วยทุนอุดหนุนการวิจัย ประเภทนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ในการขอรับทุนอุดหนุนการวิจัยฯ ระดับบัณฑิตศึกษา ทุกประการ

ลงชื่อ

(นายเชวศักดิ์ รักเป็นไทย)

ผู้เสนอโครงการวิจัยเพื่อขอรับทุน

...../...../.....

ข้อ 10. คำรับรองของคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ อนุญาตให้ใช้สถานที่ อุปกรณ์ ในการทำวิจัย และจะควบคุมติดตามงานวิจัยจนเสร็จสิ้นโครงการ ตลอดจนเรื่องอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ลงชื่อ

(รศ.ดร.เอกชัย แสงอินทร์)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

...../...../.....