

การสร้างแบบจำลอง TCSC สำหรับควบคุมและวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลัง

Modelling of TCSC for Control and Analysis of Power System Stability

นายกิจการ กิตติศักดิ์มนตรี และ นายรชฏ ทิพย์ชาติภักดี

อ.ดร.คมสันต์ หงษ์สมบัติ

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โทร. 0-2549-3429, 0-2549-3420 โทรสาร 0-2549-3422 E-mail: fengntk@ku.ac.th

บทคัดย่อ

พลังงานไฟฟ้าเป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีพของมนุษย์ การผลิตพลังงานไฟฟ้าให้เพียงพอต่อความต้องการ และการส่งจ่ายพลังงานเหล่านั้นไปยังผู้บริโภคจึงเป็นสิ่งจำเป็น ปัจจุบันการสร้างโรงไฟฟ้าใหม่หรือการสร้างสายส่งไฟฟ้าเพิ่มเติมเป็นไปได้ยาก เนื่องจากมีข้อจำกัดหลายประการ ดังนั้นการใช้งานระบบผลิตและส่งจ่ายไฟฟ้าที่มีอยู่อย่างเต็มประสิทธิภาพจึงน่าจะเป็นทางออกที่ดีทางหนึ่งสำหรับปัญหาความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง

โครงการฉบับนี้ศึกษาการใช้ตัวเก็บประจุแบบอนุกรมที่ควบคุมด้วยไทรสเตอร์(TCSC) ในการเพิ่มขีดความสามารถในการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าของระบบส่ง เพื่อเพิ่มสมรรถนะภาพของระบบไฟฟ้ากำลัง และได้ใช้ทรัพยากรที่มีให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยTCSCสามารถกำหนดการไหลของกำลังไฟฟ้าจริงผ่านสายที่เลือกได้โดยตรง และยังมีความสามารถในการควบคุมความยืดหยุ่นที่จะสามารถปรับปรุงความเสถียรชั่วคราวและประสิทธิภาพการทำงานแบบไดนามิกของระบบไฟฟ้ากำลัง

Abstract

Electrical energy is presently the one of essential energy. Therefore, both electricity generation and its transmission are an indispensable process for human existence. Today in the world of electrical power industry, due to many limitations, it is difficult to establish a new power station or also expand transmission lines, typically known as "power grids".Accordingly, the efficient using and controlling of the existing electrical generators and distributors are the best solution to solve the continuously increased consumption. This project studies the Thyristor Controlled Series Capacitor(TCSC) usage enlarged to maximize the electrical transmission's capacity for performance enhancement and worthwhile expenditure.This device,

TCSC, is capable to fix the electric power's flow directly via the selected grid and also to control its flexibility used for improving temporarily the stability and the dynamic power system's capacity.

1. บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ

ปัจจุบันการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นความต้องการของผู้บริโภคทุกคน และความต้องการเหล่านั้นก็เพิ่มขึ้นทุกขณะ การทำให้พลังงานเพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภคจึงเป็นสิ่งจำเป็น ซึ่งกระบวนการสร้างพลังงานให้เพียงพอ นั้น นอกจากจะต้องพิจารณาเรื่องของการผลิตพลังงานให้เพียงพอต่อความต้องการแล้ว เรื่องของการส่งจ่ายพลังงานเหล่านั้นให้ไปถึงผู้บริโภคก็เป็นอีกเรื่องหนึ่งที่ต้องให้ความสนใจด้วยเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตามการสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและสายส่งไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็นเรื่องที่ยากด้วยเหตุผลหลายประการ โดยเฉพาะเหตุผลด้านสิ่งแวดล้อมและสังคมเป็นหลัก ดังนั้นการใช้สิ่งที่มีอยู่ให้คุ้มค่าจึงเป็นสิ่งที่ต้องให้ความสำคัญด้วยเช่นกัน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

โครงการนี้ได้จัดทำขึ้นเพื่อสร้างแบบจำลองTCSC สำหรับใช้ในการศึกษาปัญหาการควบคุมและวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลัง และเป็นการเพิ่มสมรรถนะภาพของระบบไฟฟ้ากำลังให้สามารถใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. ศึกษาการเพิ่มเสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลังโดยใช้ TCSC
2. สร้างแบบจำลองTCSC เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเพิ่มเสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลัง

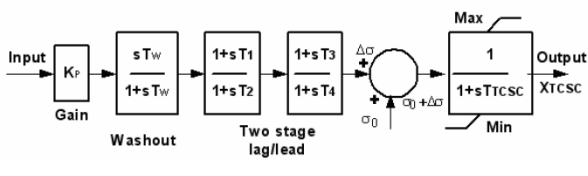
1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการ

1. ศึกษาระบบจำลองและอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุม ซึ่งประกอบไปด้วย
 - เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิง ิครนัส
 - แบบจำลอง TCSC
 - แบบจำลองโหลด
 - แบบจำลองโครงข่ายระบบไฟฟ้ากำลัง
2. ศึกษาทฤษฎีพื้นฐาน และหลักการของการรักษาเสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลัง
3. ศึกษาการทำงานของ Objectstab พร้อมทั้งใช้ภาษา Modelica ในการสร้างแบบจำลอง TCSC
4. ศึกษาการใช้งาน Matlab พร้อมทั้งนำ Matlab ไปใช้ในการคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูล
5. สร้างแบบจำลองทดสอบ สำหรับศึกษาการทำงานของเสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลัง
6. ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง TCSC ให้ถูกต้อง เพื่อนำไปใช้งานจริงให้มีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด

2. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

TCSC เป็นอุปกรณ์ที่ถูกใส่ลงไปในระบบไฟฟ้ากำลัง เพื่อเพิ่มสมรรถนะของระบบไฟฟ้ากำลังให้ดีขึ้น การใส่ TCSC ในสายส่งแต่ละเส้น หรือ ขดเซชด้วยตัวเก็บประจุที่มีขนาดแตกต่างกัน อาจส่งผลต่อการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าที่แตกต่างกันด้วย โดยจะลดค่ารีแอกแตนซ์สุทธิของสายส่งบางเส้น มีผลทำให้ปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ไหลในสายส่งเส้นดังกล่าวมีค่าเปลี่ยนแปลงไป

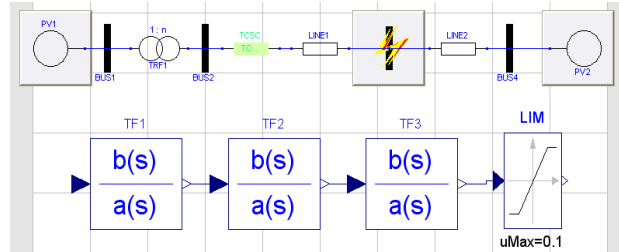
โครงสร้างของแบบจำลอง TCSC ดังแสดงใน รูปที่ 1 ซึ่งประกอบไปด้วย block ของอัตราขยาย K_p และค่าคงที่เวลา T_w, T_1, T_2, T_3, T_4 และ T_{TCSC} ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้เป็นดังนี้ $T_w=4s$ $T_1=0.08s$ $T_2=0.02s$ $T_3=0.08s$ $T_4=0.02s$



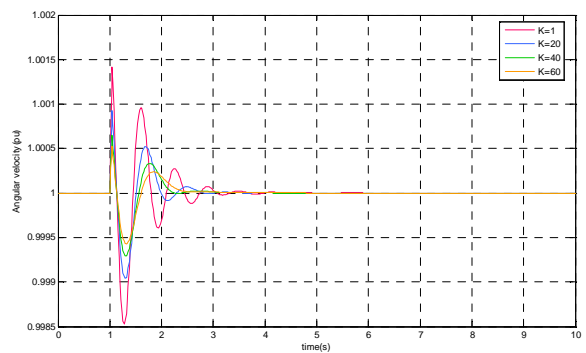
รูปที่ 1 โครงสร้างของแบบจำลอง TCSC

3. ผลการทดลอง

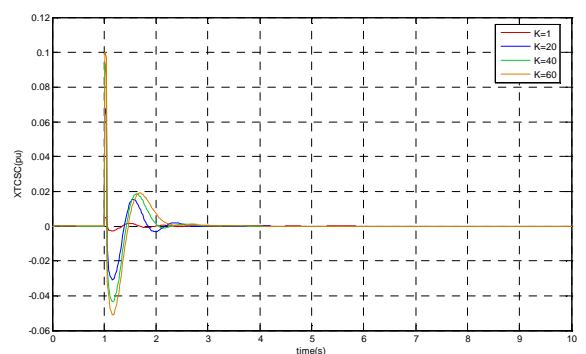
หลังจากที่ได้ทำการจำลองวงจรตัวอย่างในรูปที่ 2 ด้วยโปรแกรม Dymola แล้ว จะให้ผลของโปรแกรมดังแสดงในรูปที่ 3 และรูปที่ 4



รูปที่ 2 ระบบไฟฟ้ากำลังที่ใช้ X_{TCSC} ทดสอบการทำงานของ TCSC



รูปที่ 3 สัญญาณการเปลี่ยนแปลงอัตราเร็วเชิงมุมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิง ิครนัส



รูปที่ 4 กราฟแสดงค่ารีแอกแตนซ์ของแบบจำลอง TCSC

จากรูปที่3 เป็นกราฟแสดงค่าความเร็วเชิงมุม(ω)ของวงจรที่มีการใส่แบบจำลองTCSCลงในวงจรตัวอย่าง โดยพิจารณาในช่วงเวลา 0-10 วินาที โดยกราฟเส้นสีแดงมีค่า $K=1$ กราฟเส้นสีน้ำเงินมีค่า $K=20$ กราฟเส้นสีเขียวมีค่า $K=40$ กราฟเส้นสีส้มมีค่า $K=60$

จากรูปที่4 เป็นกราฟแสดงค่ารีแอกแตนซ์(X_{TCSC})ของวงจรที่มีการใส่แบบจำลองTCSCลงในวงจรตัวอย่าง โดยพิจารณาในช่วงเวลา 0-10 วินาที โดยกราฟเส้นสีแดงมีค่า $K=1$ กราฟเส้นสีน้ำเงินมีค่า $K=20$ กราฟเส้นสีเขียวมีค่า $K=40$ กราฟเส้นสีส้มมีค่า $K=60$

4. สรุปโครงการ

จากการทดลองพบว่า ค่า K ของทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันนั้น มีผลโดยตรงต่อการแกว่งของเส้นกราฟความเร็วเชิงมุม ยิ่ง K มีค่ามากเท่าไร เส้นกราฟความเร็วเชิงมุมก็ยิ่งมีการแกว่งที่น้อยลงเท่านั้น จึงสามารถเรียกได้ว่าTCSC เป็นอุปกรณ์ที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเพิ่มเสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลังให้มากขึ้น

5. บรรณานุกรม

- [1] P. Kundar, *Power System Stability and Control*. New York, McGraw Hill, 1994
- [2] Panda, S.; Patel, R.N.; Padhy, N.P. (2006). Power system stability improvement by TCSC controller employing a multi-objective genetic algorithm approach, *International Journal of Intelligent Technology*, Vol. 1, No.4, 266-273
- [3] Y. Ou, C. Singh, "Improvement of Total Transfer Capability Using TCSC and SVC, Power Engineering Society Summer Meeting", 2001. *IEEE*, 2, (July 2001).
- [4] J.F. Hauer, W.A. Mittelstadt, R.J. Piwko, B.L. Damsky, and J.D. Eden, "Modulation and SSR Tests Performed on the BPA 500 kV Thyristor Controlled Series Capacitor Unit at Slatt Substation", *IEEE Trans. Power Systems*, 11(2), (May 1996):801-806.
- [5] IEEE 1999 International Conference on Power Electronics and Drive Systems, PEDS'99, July 1999, Hong Kong
- [6] นายบัณฑิต โกศลพิศิษฐ์ การศึกษาผลของตัวเก็บประจุอนุกรมต่อสมรรถนะการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าและซับซิงโครไนส์เรโซแนนซ์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2546
- [7] นายฉันทวัฒน์ วงศ์สว่าง, นายธีร์ นิลรัตน์ ณ อยุธยา, นายธีรวัฒน์ พรวิวัฒน์สุข การปรับปรุงเสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลังด้วยตัวสะสมพลังงานแม่เหล็กด้วยตัวนำยิ่งยวด สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2552