

การสร้างแบบจำลองและการใช้งานของตัวจำกัดกระแสแบบตัวนำยิ่งยวด ในระบบไฟฟ้ากำลัง

Modeling and Application of Superconducting Fault Current Limiter to Power System

นายชนพงศ์ แก้วบางพุด

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน 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

โครงงานนี้เสนอการศึกษาเพื่อหาค่าตัวต้านทานที่ดีที่สุดของตัวจำกัดกระแสแบบตัวนำยิ่งยวด (Superconducting Fault Current Limiter: SFCL) สำหรับเสริมสร้างความมั่นคงของระบบไฟฟ้ากำลัง โดยจะเลือกศึกษานิยามของ SFCL แบบตัวต้านทาน (Resistive-type superconducting fault current limiter: RSFCL) ในขั้นตอนการศึกษาขั้นแรกจะทำการศึกษาพฤติกรรมของ RSFCL ในการจำกัดกระแสลัดวงจร จากนั้นจะทำการจำลอง RSFCL ในโปรแกรม Matlab/Simulink แบบจำลองที่ได้จะถูกนำมาทดสอบเพื่อดูประสิทธิภาพในการจำกัดกระแสลัดวงจรของ RSFCL ในระบบไฟฟ้ากำลังบนโปรแกรม Matlab/Simulink

คำสำคัญ : ตัวจำกัดกระแสแบบตัวนำยิ่งยวด, SFCL แบบตัวต้านทาน, การจำกัดกระแสลัดวงจร

Abstract

This project presents the study of resistive-type superconducting fault current limiter (RSFCL) for the application of short-circuit current reduction in power systems. There are many kinds of SFCLs. However, in this project, RSFCL is chosen for the study because of the feasibility of commercialization of this device in near future. In this study, first, the behavior of RSFCL to limit the short-circuit currents in power system is studied. Secondly, the computer model using Matlab/Simulink is constructed. The effectiveness of RSFCL to the short-circuit reduction in power system will be investigated from the results obtained from Matlab/Simulink program.

Keywords: resistive-type superconducting fault current limiter (RSFCL), SFCLs, limit the short-circuit currents

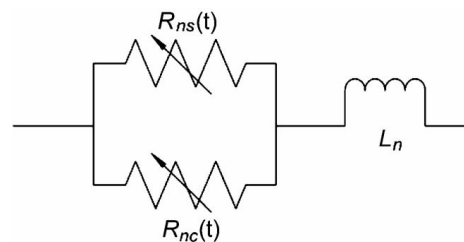
1. บทนำ

ในปัจจุบันระบบไฟฟ้ากำลังได้มีการเติบโตและขยายตัวโดยมีการเชื่อมต่อกันของระบบไฟฟ้ากำลังและโหลดประเภทต่าง ๆ มากมาย เมื่อโหลดทางไฟฟ้าโดยเฉพาะโหลดที่เป็นเครื่องจักรกลเพิ่มมากขึ้น ซึ่งอาจจะเนื่องจากการเชื่อมต่อนี้ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กจากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กขนาดไม่เกิน 1-10 MW สำหรับขายไฟฟ้าให้แก่การไฟฟ้าปริมาณของผู้ขายไฟฟ้านี้ในวันจะมีปริมาณมากขึ้น จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้แหล่งกำเนิดของกระแสลัดวงจรเพิ่มสูงขึ้นได้ ปัญหาเรื่องกระแสลัดวงจรสูงเป็นปัญหาที่สำคัญมาก เพราะหากกระแสลัดวงจรที่เกิดขึ้นมีขนาดสูงเกินกว่าที่กักการทนได้ของอุปกรณ์ในสถานีไฟฟ้า ก็อาจสร้างความเสียหายให้กับอุปกรณ์ในสถานีไฟฟ้า นอกจากนี้ขนาดของกระแสลัดวงจรสูงที่สุดที่อุปกรณ์ในสถานีไฟฟ้าทนได้ยังเป็นตัวกำหนดว่าผู้ผลิตไฟฟ้าจะสามารถเชื่อมต่อเข้ากับระบบของการไฟฟ้าได้หรือไม่ ซึ่งหากปัญหานี้ไม่ได้รับการแก้ไข ก็อาจเกิดปัญหาในอนาคตในเรื่องของปริมาณของผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กที่รัฐบาลสนับสนุนไม่สามารถเชื่อมต่อเข้ากับระบบของการไฟฟ้าได้

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การศึกษาความเสถียรภาพในระบบไฟฟ้ากำลังที่มี SFCL

โครงสร้างอย่างง่ายของตัวต้านทานหน่วย SFCL จะแสดงในรูปที่ 2.1 ประกอบด้วยหน่วยความต้านทานสั้นไหวของหน่วย nth, $R_{ns}(t)$ ความต้านทานตัวนำยิ่งยวดของหน่วย nth, $R_{nc}(t)$ ซึ่งสามารถเชื่อมต่อกับ $R_{ns}(t)$ ในแบบขนานและการเหนี่ยวนำขดลวดของหน่วย nth, L_n



รูปที่ 2.1 โครงสร้างอย่างง่ายของหน่วยตัวต้านทาน SFCL

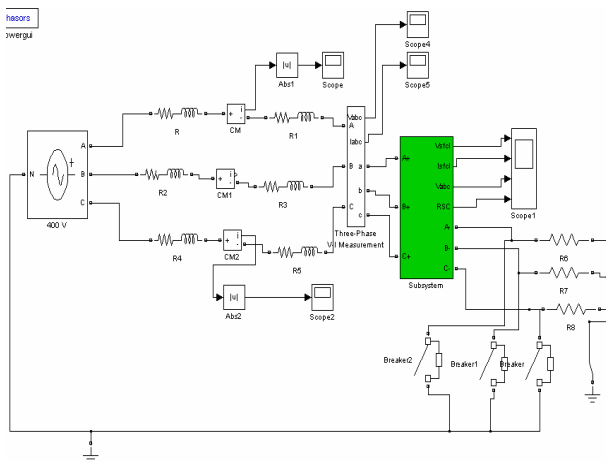
ค่าของ $R_{nc}(t)$ และ $R_{ns}(t)$ ของ SFCL มีค่าเป็นศูนย์ในสภาวะสภาวะคงที่ปกติ อย่างไรก็ตามเลขพหุนามที่เวลาแตกต่างกันจะไม่เป็นศูนย์เนื่องจากกระแสไฟฟ้าขนาดใหญ่กว่าที่กระแสคริตอลล เพื่อรักษาสภาพตัวนำยิ่งยวดในฟลด์ ลักษณะการทำงานนี้มีชื่อคือ quenching ค่าความต้านทานรวม (R_{SFCL}) ของ SFCL ระหว่างฟลด์ขึ้นอยู่กับจำนวนรวมของหน่วยในรูปที่ 2.1 ซึ่งมีการเชื่อมต่อแบบอนุกรม ค่าของ L_n จะพิจารณาจาก วัสดุคอล์ย นี้จะต้องมีขนาดเล็กที่สุดเท่าที่ทำได้ เพราะทำให้เกิดการสูญเสียความเหนี่ยวนำกระแสสลับภายใต้สภาวะปกติ ในทางปฏิบัติแล้ว วัสดุคอล์ย ที่มีตัวเหนี่ยวนำขนาดเล็กมาก ดังนั้นค่าของ L_n มีขนาดเล็กเพื่อให้ผลนั้นสามารถที่จะถูกละเว้น จากนั้นสมการที่เกี่ยวข้องสำหรับ RSFCL จะแสดงโดยสมการที่ (2.1) เพื่ออธิบายถึงการ quenching และ ลักษณะของ recovery

$$\begin{aligned}
 &0, & (t_0 < t) \\
 R_{SFCL}(t) &= R_m \left[1 - \exp\left(-\frac{t-t_0}{T_{sc}}\right) \right]^2, & (t_0 \leq t < t_1) \\
 &a_1(t-t_1) + b_1, & (t_1 \leq t < t_2) \\
 &a_2(t-t_2) + b_2, & (t_2 \leq t)
 \end{aligned} \tag{2.1}$$

R_m ซึ่งเป็นความต้านทานสูงสุดของ SFCL และ T_{sc} เป็นเวลาที่ของ SFCL ระหว่างการเปลี่ยนจากสถานะตัวนำยิ่งยวดสู่สภาวะปกติ นอกจากนี้ t_0 เป็นเวลาที่เริ่มต้น quenching t_1 และ t_2 เป็นครั้งแรกและครั้งที่สองที่ในตัวตามลำดับ

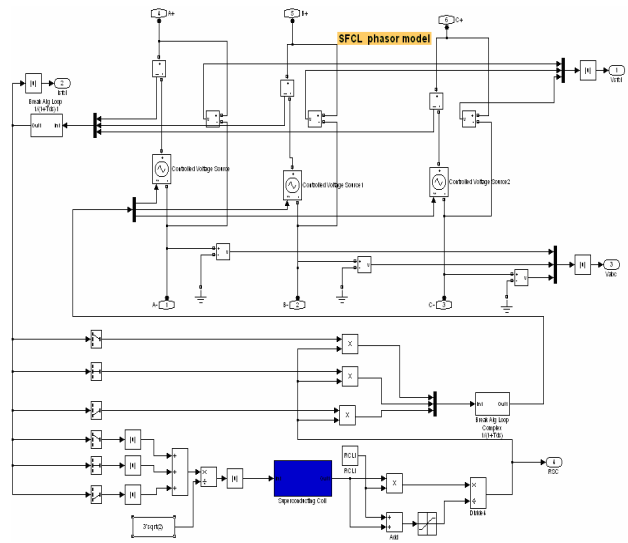
3. ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง

สร้างแบบจำลองทดสอบสำหรับระบบไฟฟ้ากำลังบนโปรแกรม MATLAB/Simulink



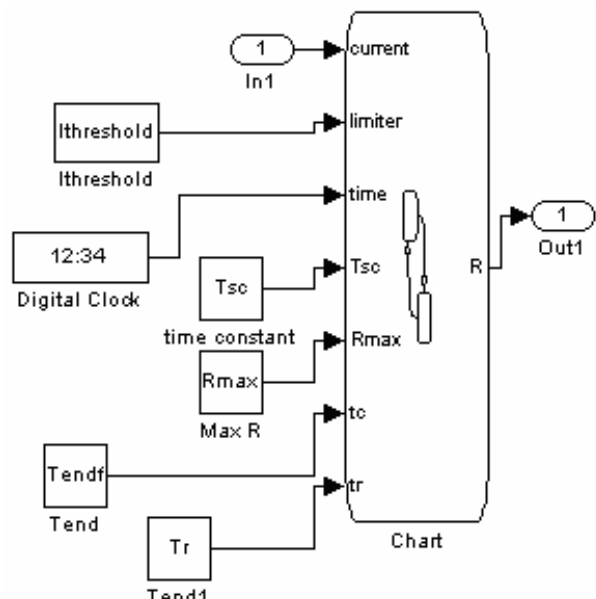
รูปที่ 3.1 แบบจำลอง SFCL บนระบบไฟฟ้ากำลัง

สร้างแบบจำลอง SFCL phasor model



รูปที่ 3.2 แบบจำลอง SFCL อย่างง่าย

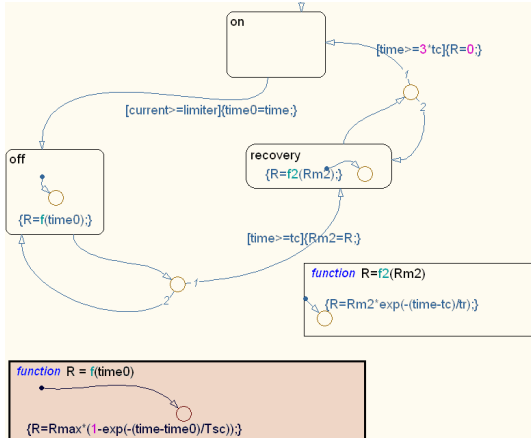
สร้างแบบจำลองทดสอบสำหรับ RSFCL



รูปที่ 3.3 แบบจำลอง RSFCL

สร้างแบบจำลองทดสอบสำหรับ RSFCL ทดสอบการทำงานของ RSFCL

นำแบบจำลอง RSFCL ที่ได้เชื่อมต่อเข้ากับระบบไฟฟ้าจำลองที่สร้างขึ้น แล้วทำการทดสอบเก็บข้อมูลวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้



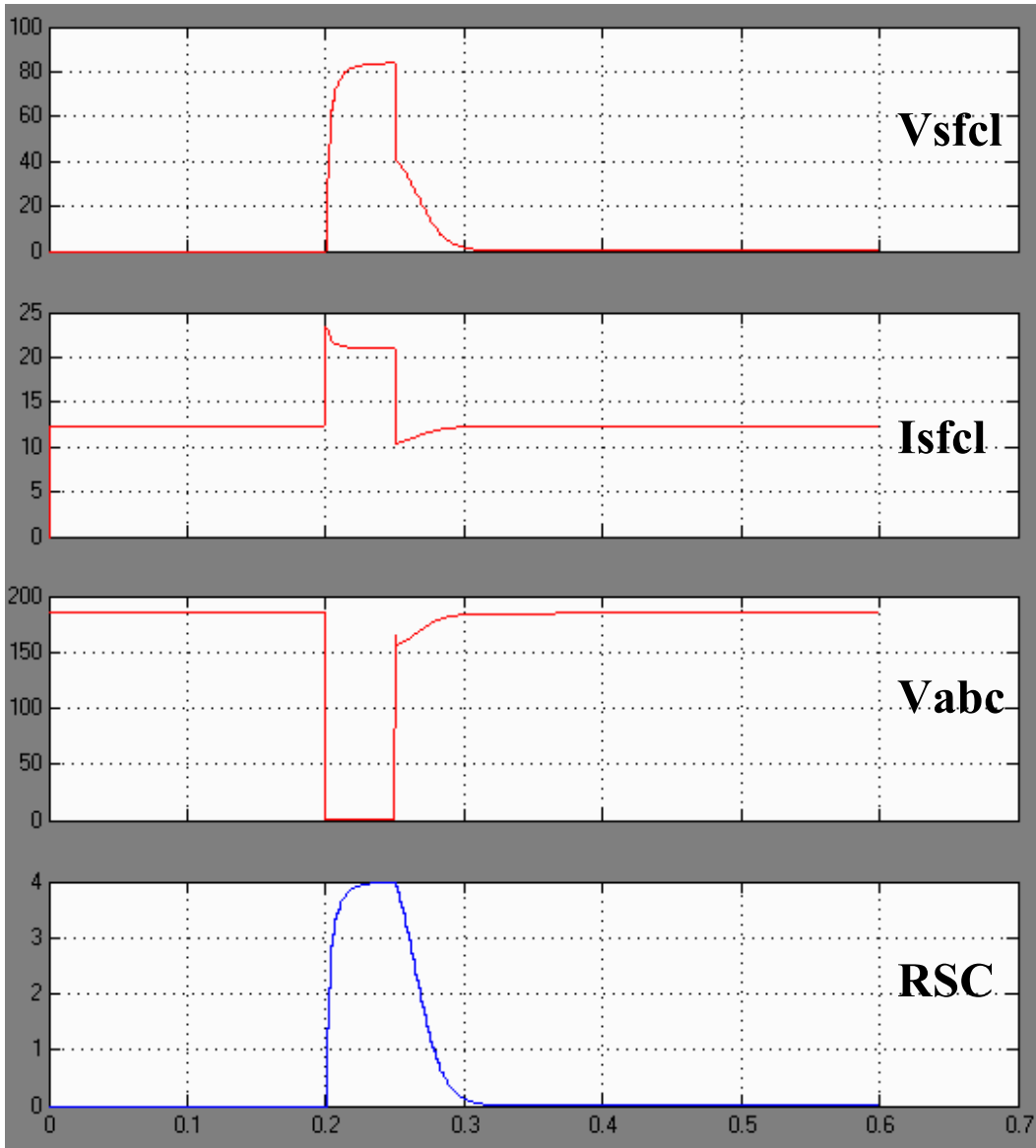
รูปที่ 3.4 Stateflow (Chart) RSFCL

4. ผลการทดลอง

จากกราฟการทดลองจะแสดงค่าปกติในสภาพสภาวะคงที่ปกติ และเมื่อเกิดกระแสลัดวงจร RSFCL ก็จะมีค่าสูงขึ้นทันทีเพื่อจะทำให้จำกัดกระแสลัดวงจรได้อย่างรวดเร็ว และเมื่อจำกัดกระแสลัดวงจรแล้วก็จะกลับสู่สภาวะปกติ

5. สรุป

เมื่อเกิดกระแสลัดวงจร วงจรที่มี SFCL จะสามารถจำกัดกระแสลัดวงจรได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ค่าของกระแสภายในวงจรที่มี SFCL ต่อเข้ากับระบบไฟฟ้ากำลังมีความเสถียรภาพมากขึ้นกว่าวงจรระบบไฟฟ้ากำลังที่ไม่มี SFCL อยู่ในระบบ



รูปที่ 4.1 กราฟสัญญาณ Vsfcl , Isfcl , Vabc , RSC จาก Scope1

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ อ.ดร.คมสันต์ หงษ์สมบัติ อาจารย์ที่ปรึกษา
ซึ่งกรุณาใช้เวลาให้ความรู้และคำแนะนำตลอดการทำโครงการ

ขอขอบพระคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้ให้โอกาสในการทำโครงการนี้

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการทำโครงการ

ท้ายที่สุด ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ผู้เป็นที่รัก ผู้ให้กำลังใจให้การสนับสนุน และได้ให้โอกาสการศึกษาอันมีค่านี้

เอกสารอ้างอิง

Byung Chul Sung, Student Member, IEEE, Dong Keun Park, Student Member, IEEE, Jung-Wook Park, Member, IEEE, and Tae Kuk Ko, Member, IEEE “Study on a Series Resistive SFCL to Improve PowerSystem TransientStability:Modeling, Simulation,and Experimental Verification” IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, VOL. 56, NO. 7, JULY 2009