บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันประเทศไทยและประเทศมาเลเซียได้นำระบบส่งไฟแรงสูงกระแสตรง (HVDC System) มาเชื่อมระบบไฟฟ้าระหว่าง 2 ประเทศ เพื่อเป็นการเสริมความมั่นคงให้กับระบบไฟฟ้า โดยเป็นการส่งพลังงานในรูปแบบพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง ที่ใช้หลักการแปลงพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับจากระบบไฟกระแสสลับหนึ่ง ให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงไหลผ่านทางตัวนำไฟฟ้า จากนั้นจะแปลงกลับให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับอีกครั้ง เพื่อส่งให้ระบบไฟกระแสสลับอีกระบบหนึ่งนำไปใช้งาน โดยระบบที่ศึกษามีการเชื่อมโยงระหว่างสถานีไฟฟ้าแรงสูงคลองแงะประเทศไทย และสถานีกูรุน ประเทศมาเลเซีย เป็นระบบส่งแรงดันกระแสตรงขนาด 300 kV กำลังส่งสูงสุด 300 MW มีความยาวสายส่ง 110 km [1][2][3] ประโยชน์ของการใช้ระบบ HVDC ในการเชื่อมโยงคือช่วยแก้ปัญหาการไม่ซิงโครไนซ์กันของความถี่ทั้งสองระบบที่แตกต่างกัน สามารถควบคุมการส่งจ่ายกำลังได้ง่ายและรวดเร็ว ช่วยเสริมกำลังผลิตช่วงโหลดสูง (Peak Load) ได้ และจะช่วยเสริมกำลังผลิตกรณีเกิดสิ่งรบกวนเข้ามาในระบบ เช่น สายส่งเกิดการทริปเนื่องจากเกิดฟอลต์ เป็นต้น

ระบบส่งไฟฟ้าทางภาคใต้ของประเทศไทยในปัจจุบัน ถือว่ามีเสถียรภาพน้อยกว่าภาคอื่นๆ ของประเทศ เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านภูมิประเทศที่มีลักษณะแคบและยาวลงมาจากทางภาคกลางของประเทศ จึงทำให้สายส่งเป็นแบบรัศมี (Radial) ที่มีระยะทางยาว[1] ทำให้มีค่ารีแอกแตนซ์สูง ส่งผลให้ระบบไม่มีความแข็งแรง (Weak AC System) เมื่อมีการต่อระบบ HVDC เข้ามาในระบบ พบว่ามีปัญหาในเรื่องการแกว่งของค่ากำลัง (Power Swing) เกิดขึ้นที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า จึงตั้งสมมติฐานว่าปัญหาที่เกิดขึ้น เกิดจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานในระบบ HVDC ผนวกกับความไม่แข็งแรงของระบบเดิม อาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดปัญหาด้านเสถียรภาพขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาโปรแกรมสำหรับวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบไฟฟ้าภาคใต้ของประเทศไทยที่มีการเชื่อมโยงด้วยระบบ HVDC

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.3 ขอบเขตการวิจัย

พัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์ปัญหาเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า โดยการวิเคราะห์ ค่ากำลัง ไฟฟ้า, มุมโรเตอร์, ความเร็ว, และแรงดันที่เปลี่ยนแปลง ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละตัวในระบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าในสายส่ง HVDC ขนาดพิกัดแรงดัน 300 kV พิกัดกำลัง 300 MW พิกัดกระแส 1000 A

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1.4.1 สามารถใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและ HVDC มาวิเคราะห์เสถียรภาพได้

1.4.2 สามารถใช้แบบจำลองจาก 1.4.1 ไปพัฒนาเป็นโปรแกรม เพื่อศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นในระบบได้

1.4.3 สามารถวิเคราะห์ถึงปัญหาในด้านต่างๆ ที่ส่งผลต่อเสถียรภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบ

1.4.4 สามารถนำวิธีการต่างๆ เช่น ตัวควบคุมเสถียรภาพระบบ (PSS) หรือตัวชดเชยค่ากำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟแบบสถิต (SVC) มาใช้แก้ปัญหา โดยทดสอบจากโปรแกรมที่ทำขึ้นมา

1.5 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

Kundur [4] ได้แสดงลักษณะ ค่าพารามิเตอร์ การหาค่าพารามิเตอร์ และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้ตัวคุมค่าแรงดันอัตโนมัติ (AVR) และ PSS การศึกษาเสถียรภาพชั่วครู่ (Transient Stability) และเสถียรภาพแรงดัน (Voltage Stability) อธิบายระบบ HVDC ประกอบด้วย อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ การควบคุม ความแข็งแรงของระบบ ผลกระทบจากฟอลต์ในระบบ และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบ HVDC รวมการวิเคราะห์ปัญหาเสถียรภาพและวิเคราะห์การไหลของพลังงาน

Padiyar [5] มีการหาส่วนประกอบที่ใช้เขียนแบบจำลอง และแสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของตัวคอนเวอร์เตอร์, ระบบ AC และระบบ HVDC ในรูปสมการสถานะ (State Equation) วิเคราะห์ เสถียรภาพชั่วครู่ของระบบ HVDC และแสดงการควบคุมระบบ HVDC โดยการปรับเปลี่ยนกำลังไฟฟ้า (Power Modulation) มีการวิเคราะห์ เสถียรภาพแรงดันของระบบ AC/DC โดยอธิบายถึงปัญหา แบบจำลองที่ใช้วิเคราะห์ และวิธีแก้ปัญหา

Anderson [7] ได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในรูปสมการสถานะ มีการจำลองการทำงาน (Simulation) จากแบบจำลองที่สร้างขึ้นมา อธิบายหลักการควบคุม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยใช้ระบบ Excitation และแสดงผลของระบบ Excitation ต่อปัญหาด้านเสถียรภาพของระบบ รวมทั้งมีการวิเคราะห์ระบบที่มีการต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหลายตัว

Surapongpan, et al. [3] เสนอลักษณะ ขนาด และการเชื่อมต่อระบบ ระหว่างระบบ AC และ HVDC ทางภาคใต้ของประเทศไทย และทำการศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นในระบบ HVDC เนื่องจาก แรงดันตกในระบบ AC , กรณีเกิดฟอลต์ในระบบจำหน่าย , ผลของตัวชดเชยค่ากำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟแบบสถิตที่ติดตั้งเข้ามา และวิเคราะห์ฮาร์โมนิกที่เกิดขึ้นเมื่อเกิดฟอลต์

Lee, et al. [9] เสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และระบบ HVDC เพื่อศึกษาผลกระทบจากค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองต่อขอบเขตเสถียรภาพของระบบ (Power Stability Limit) เพื่อใช้หาค่ากำลังสูงสุด (Maximum Available Power)

Hammad [10] ศึกษาเสถียรภาพของระบบ AC/DC โดยมี ระบบ HVDC ขนานเข้ามาในระบบ แสดงผลกระทบที่มีต่อมุมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, แรงดันที่บัสเทอร์มินัล, พลังงานของระบบ AC และระบบ HVDC เมื่อเกิดฟอลต์ในระบบ AC ทั้งในกรณีมีโหลดน้อยและโหลดมาก รวมถึงผลการติดตั้งอุปกรณ์ชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ

Hammad [11] แสดงวิธีการและเทคนิคในการศึกษาปัญหาเสถียรภาพชั่วครู่โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว ระบบที่ใช้วิเคราะห์เป็นระบบขนาดใหญ่ ระบบ HVDC ที่ต่อเข้ามามีหลายประเภท และมีอุปกรณ์ชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟหลายชนิดติดตั้งอยู่ มีการเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและระบบ HVDC เพื่อใช้ในการวิเคราะห์

Kaprielian, et al. [12] เสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและระบบ HVDC รวมถึงสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระบบ AC กับ HVDC มีการใช้สมการแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear Descriptor Equation) มาใช้ในการควบคุมแบบป้อนกลับเพื่อแก้ปัญหาด้านเสถียรภาพของระบบ AC/DC ขนาดเล็ก

Chung [13] เสนอแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่สามารถวิเคราะห์เครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้หลายตัว และแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันและกระแสภายในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับค่าแรงดันและกระแสที่ขั้ว AC คอนเวอร์เตอร์ สมการที่ใช้เป็นสมการสถานะ สามารถเอาแบบจำลองมาใช้เพิ่มประสิทธิภาพการวิเคราะห์เสถียรภาพชั่วครู่โดยใช้วิธีฟังก์ชันพลังงาน (Energy Function Method)

Ni [14] ได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและระบบ HVDC แบบไม่เป็นเชิงเส้น เพื่อใช้วิเคราะห์ผลการปรับเปลี่ยนพลังงานของระบบ DC ต่อเสถียรภาพของเครื่อง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กำเนิดไฟฟ้า โดยศึกษาระบบขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 4 ตัว 2 กรณี คือ กรณีมีโหลดน้อย กับ กรณีมีโหลดมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved