บทที่ 1

บทนำ

การเพิ่มขนาดและความซับซ้อนของระบบไฟฟ้ากำลังอย่างต่อเนื่องก่อให้เกิดปัญหายุ่งยากเพิ่มขึ้นในการวางแผน ปฏิบัติการ และควบคุมระบบไฟฟ้ากำลัง ในมุมมองด้านเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังซึ่งมีความสำคัญต่อการปฏิบัติการระบบ การทำงานช่วยกันระหว่างอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมได้ต่างๆ อาทิเช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้า, ตัวชดเชยวาร์แบบสถิต (Static VAR Compensator หรือ SVC), ตัวเก็บประจุอนุกรมที่ควบคุมด้วยไธริสเตอร์ (Thyristor-Controlled Series Capacitor หรือ TCSC), ระบบไฟกระแสตรงแรงสูง (High Voltage Direct Current หรือ HVDC), ระบบส่งไฟฟ้ากระแสสลับแบบเปลี่ยนแปลงได้ (Flexible AC Transmission System หรือ FACTS) เป็นต้น บางครั้งอาจก่อให้เกิดปัญหาการแกว่งในระบบไฟฟ้ากำลังขึ้นได้ซึ่งส่งผลต่อปัญหาเสถียรภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการแกว่งในช่วงความถี่ต่ำซึ่งเกิดขึ้นบ่อยระหว่างพื้นที่ในเครือข่ายไฟฟ้ากำลังที่เชื่อมโยงระหว่างกัน การแกว่งนี้เกิดจากพลวัตของการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าระหว่างพื้นที่ และบ่อยครั้งแสดงถึงการหน่วงที่เพียงพอเมื่อการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้ามีค่าพอเหมาะ ยกตัวอย่างเช่น การแกว่งของกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้ากำลังระหว่างพื้นที่ภาคกลางและภาคใต้ของประเทศไทยสามารถหน่วงได้เพียงพอเมื่อลดการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าในสายส่งเชื่อมโยงให้พอเหมาะ เป็นต้น และการใช้ตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังถือเป็นวิธีหนึ่งที่คุ้มค่าใช้จ่ายมากที่สุดในการหน่วงการแกว่งความถี่ต่ำทั้งแบบโหมดเฉพาะที่และโหมดระหว่างพื้นที่ให้ดีขึ้น ซึ่งติดตั้งกับเครื่องจักรซิงโครนัส เพื่อส่งสัญญาณแรงดันผ่านทางระบบการกระตุ้น หรือระบบบังคับกังหันเพื่อเสริมสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลัง

1.1 วัตถุประสงค์ของการทำวิทยานิพนธ์

เนื่องจากการออกแบบตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังแบบธรรมดา เป็นการออกแบบที่อาศัยทฤษฎีควบคุมเชิงเส้นวิเคราะห์ [1] โดยใช้สมมติฐานที่ว่า ระบบไฟฟ้ากำลังสามารถทำให้เป็นระบบเชิงเส้น (Linearization) รอบจุดการทำงานหนึ่งๆ ในช่วงการทำงานแคบๆ ได้ และโครงสร้างของตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังแบบธรรมดามีลักษณะเป็นตัวชดเชยแบบนำหน้า-ล้าหลัง (Lead-lag compensator) ซึ่งมีการปรับค่าพารามิเตอร์ให้เหมาะสมกับสภาวะการทำงานในแบบจำลองเชิงเส้นดังกล่าวเท่านั้น กล่าวคือ ตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังแบบธรรมดามีค่าพารามิเตอร์คงตัวที่ทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพในช่วงการทำงานเพียงช่วงแคบๆ เท่านั้นขึ้นอยู่กับแบบจำลองเชิงเส้นดังกล่าว

ดังนั้นหากมีการเปลี่ยนรูปลักษณ์เครือข่าย (Network configuration) หรือสถานะการทำงานที่ทำให้แบบจำลองเชิงเส้นดังกล่าวมีความผิดพลาดไปแล้วจะทำให้การใช้งานตัวสร้าง

เสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังแบบธรรมดาไม่มีประสิทธิภาพ ทั้งนี้เนื่องจากปัญหาของค่าพารามิเตอร์ที่คงตัวตลอดการใช้งานและไม่สามารถตอบสนองทันต่อเหตุการณ์ที่ไม่สามารถคาดเดาได้ ซึ่งกลายเป็นปัญหาสำคัญที่มีผลต่อเสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลัง

จากเหตุนี้เอง ได้มีการเสนอแนวคิดในการปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังด้วยเครือข่ายประสาทเทียม [2,3] เพื่อชดเชยความผิดพลาดของแบบจำลองเชิงเส้นของระบบไฟฟ้ากำลัง เนื่องจากเครือข่ายประสาทเทียมมีความสามารถในการเรียนรู้และปรับตัวได้ สร้างความสัมพันธ์แบบไม่เป็นเชิงเส้นได้ดี และสามารถจัดการกับข้อมูลที่ไม่เคยได้รับการฝึกฝนมาก่อนได้ โดยมีการใช้เครือข่ายประสาทเทียมแบบหน่วยรับรู้หลายชั้น (Multi-Layer Perceptron หรือ MLP) เพื่อจำลองความสัมพันธ์ระหว่างสถานะการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าคือ กำลังไฟฟ้าจริงและค่าตัวประกอบกำลังเป็นสัญญาณเข้าและค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมแบบ PI เป็นสัญญาณออก ขณะที่โครงสร้างของตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังแบบธรรมดาเป็นตัวควบคุมแบบ Proportional/Integral หรือ PI ที่มีสัญญาณความเร็วเป็นสัญญาณเข้า [2]

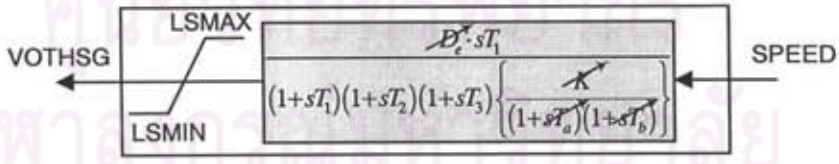
แต่เนื่องจากการเรียนรู้ของเครือข่ายประสาทเทียมแบบหน่วยรับรู้หลายชั้นใช้วิธีออพติไมซ์แบบไม่เป็นเชิงเส้นในการปรับค่าตัวถ่วงน้ำหนักซึ่งค่อนข้างยุ่งยาก ทำให้มีการเสนอเครือข่ายประสาทเทียมแบบฟังก์ชั่นมูลฐานแนวรัศมี (Radial basis function) ขึ้นมา เนื่องจากการเรียนรู้ของเครือข่ายประสาทเทียมแบบฟังก์ชั่นมูลฐานแนวรัศมีอาศัยวิธีออพติไมซ์แบบเชิงเส้น ซึ่งสะดวกง่ายและชัดเจนกว่า แต่ประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของเครือข่ายประสาทเทียมแบบฟังก์ชั่นมูลฐานแนวรัศมีนี้ขึ้นกับค่าพารามิเตอร์ภายในฟังก์ชั่นมูลฐานแนวรัศมีคือ จุดศูนย์กลาง (Centers) และค่าตัวประกอบการกระจาย (Spread factor) จึงได้มีการนำวิธีการกำลังสองน้อยสุดแบบตั้งฉาก (Orthogonal Least Squares หรือ OLS) [4] เข้ามาช่วยในการเลือกจุดศูนย์กลางของฟังก์ชั่นมูลฐานแนวรัศมีที่เหมาะสมภายในเครือข่ายประสาทเทียมดังกล่าว โดยคงค่าตัวประกอบการกระจายไว้ที่ค่าใดค่าหนึ่ง ซึ่งรายละเอียดของวิธีการกำลังสองน้อยสุดแบบตั้งฉากกล่าวไว้ในหัวข้อ 4.2.2

ต่อมาได้มีการเสนอตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังแบบธรรมดาที่มีการปรับค่าพารามิเตอร์ด้วยเครือข่ายประสาทเทียมแบบฟังก์ชั่นมูลฐานแนวรัศมี [3] โดยโครงสร้างของตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังแบบธรรมดาเป็นตัวชดเชยแบบนำหน้า-ล้าหลังที่มีสัญญาณความเร็วเป็นสัญญาณเข้า ซึ่งใช้เครือข่ายประสาทเทียมแบบฟังก์ชั่นมูลฐานแนวรัศมีจำลองความสัมพันธ์ระหว่างสถานะการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าคือ กำลังไฟฟ้าจริง กำลังไฟฟ้ารีแอกตีฟ และแรงดันขั้ว เป็นสัญญาณเข้า และค่าพารามิเตอร์ของตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังเป็นสัญญาณออก โดยอาศัยวิธีการกำลังสองน้อยสุดแบบตั้งฉากในการเลือกจุดศูนย์กลางของฟังก์ชั่นมูลฐานแนวรัศมีที่เหมาะสมภายในเครือข่ายประสาทเทียม โดยคงค่าตัวประกอบการกระจายไว้ที่ค่าใดค่าหนึ่ง

อย่างไรก็ตาม จุดศูนย์กลางของฟังก์ชั่นมูลฐานแนวรัศมีที่เลือกด้วยวิธีการกำลังสองน้อยสุดแบบตั้งฉากได้มาจากชุดข้อมูลการฝึกฝนทั้งสิ้น โดยคงค่าตัวประกอบการกระจายไว้ที่ค่าใดค่าหนึ่ง ทำให้ขนาดของเครือข่ายประสาทเทียมแบบฟังก์ชั่นมูลฐานแนวรัศมีที่เหมาะสมนั้นมีขนาดเล็กลง แต่ถ้าได้ปรับปรุงค่าพารามิเตอร์ภายในฟังก์ชั่นมูลฐานแนวรัศมีเพิ่มเติม [5] พบว่าสามารถลดขนาดของเครือข่ายประสาทเทียมแบบฟังก์ชั่นมูลฐานแนวรัศมีลงได้มากขึ้น

ยิ่งไปกว่านั้น พบว่าวิธีการกำลังสองน้อยสุดแบบตั้งฉากยังขึ้นอยู่กับค่าตัวประกอบการกระจายที่กำหนดไว้ในฟังก์ชั่นมูลฐานแนวรัศมีด้วย แต่วิธีการกำลังสองน้อยสุดแบบตั้งฉากที่มีการปรับค่าพารามิเตอร์ภายในฟังก์ชั่นมูลฐานแนวรัศมีนี้ได้รับผลจากค่าตัวประกอบการกระจายน้อย โดยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เรียกวิธีการดังกล่าวว่า วิธีการกำลังสองน้อยสุดแบบตั้งฉากที่มีการปรับค่าได้ (Adaptive Orthogonal Least Squares หรือ Adaptive OLS) [5] ซึ่งรายละเอียดของวิธีการกำลังสองน้อยสุดแบบตั้งฉากที่มีการปรับค่าได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.2.3

ดังนั้นวิทยานิพนธ์นี้ได้นำเครือข่ายประสาทเทียมแบบฟังก์ชั่นมูลฐานแนวรัศมีมาใช้ปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังแบบธรรมดาเพื่อชดเชยความผิดพลาดของแบบจำลองเชิงเส้นของระบบไฟฟ้ากำลัง โดยจำลองความสัมพันธ์ระหว่างสถานะการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าคือ กำลังไฟฟ้าจริง กำลังไฟฟ้ารีแอกตีฟ และแรงดันขั้วเป็นสัญญาณเข้ากับคุณลักษณะของระบบควบคุมการกระตุ้น (Excitation control system) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ($\frac{\Delta P_E}{\Delta V_{REF}}$) ซึ่งประมาณเป็นฟังก์ชั่นถ่ายโอนอันดับที่สอง โดยมีค่าพารามิเตอร์คือ $\{K, T_a, T_b\}$ เป็นสัญญาณออก เนื่องจากคุณลักษณะของระบบควบคุมการกระตุ้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีความสำคัญในการปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลัง ดังรายละเอียดได้กล่าวในหัวข้อ 4.1



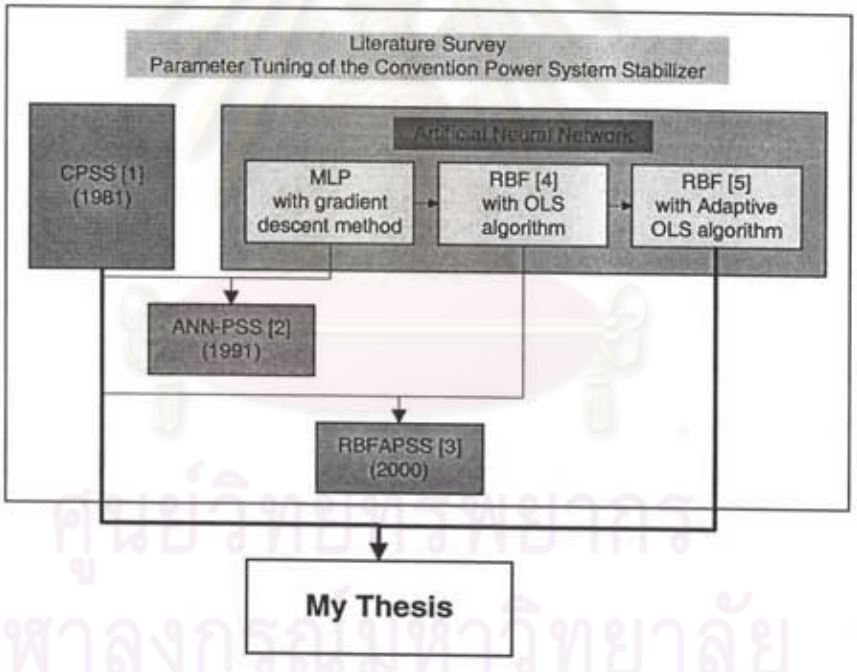
รูปที่ 1.1 ตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังแบบธรรมดาที่มีการปรับค่าพารามิเตอร์ด้วยเครือข่ายประสาทเทียมแบบฟังก์ชั่นมูลฐานแนวรัศมีที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

จากรูปที่ 1.1 ตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังแบบธรรมดาที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีสัญญาณความเร็วเบี่ยงเบนเป็นสัญญาณเข้าเพื่อสร้างแรงบิดหน่วงดังรายละเอียดกล่าวไว้ในหัวข้อ 4.1 ขณะที่เครือข่ายประสาทเทียมแบบฟังก์ชั่นมูลฐานแนวรัศมีทำการเลือกค่าพารามิเตอร์ของฟังก์ชั่นมูลฐานแนวรัศมีภายในเครือข่ายประสาทเทียมด้วยวิธีการกำลังสองน้อยสุดแบบตั้งฉากที่มี

การปรับค่าได้ เพื่อช่วยให้เครือข่ายประสาทเทียมแบบฟังก์ชั่นมูลฐานแนวรัศมีมีขนาดกะทัดรัด แต่ยังคงให้สมรรถนะที่น่าพอใจอยู่ โดยให้ค่าพารามิเตอร์ $\{K, T_a, T_b\}$ที่สอดคล้องกับสถานะการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งเป็นค่าพารามิเตอร์ของตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังแบบธรรมดา นอกจากนี้ยังมีการปรับค่าสัมประสิทธิ์การหน่วง (D_e) เพื่อช่วยเพิ่มการหน่วงการแกว่งให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ด้วยวิธีการออพติไมซ์แบบเกรเดียนลดลง (Gradient descent method)

สำหรับสมาชิกต่างๆ ในชุดข้อมูลการฝึกฝนของเครือข่ายประสาทเทียมแบบฟังก์ชั่นมูลฐานแนวรัศมี หาได้จากความสัมพันธ์ระหว่างสถานะการทำงานคือ กำลังไฟฟ้าจริง กำลังไฟฟ้ารีแอกตีฟ และแรงดันขั้วเป็นสัญญาณเข้ากับค่าพารามิเตอร์ของตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลัง ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากฟังก์ชั่นถ่ายโอนอันดับที่สองประมาณคุณลักษณะของระบบควบคุมการกระตุ้นเป็นสัญญาณออก ซึ่งได้กล่าวถึงต่อไปในหัวข้อ 4.1

รูปที่ 1.2 เป็นการสรุปแนวคิดที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นในการประยุกต์เครือข่ายประสาทเทียมเพื่อปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังแบบธรรมดา



รูปที่ 1.2 แนวคิดของการประยุกต์ใช้เครือข่ายประสาทเทียมเพื่อปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังแบบธรรมดา

1.2 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์ มีดังต่อไปนี้

1. ทำการจำลองเหตุการณ์ทางพลวัตในระบบเก้าบัส สามเครื่องจักรที่สถานะการทำงานต่างๆ ดังกล่าวไว้ในหัวข้อ 5.1 โดยการปรับค่าที่กำหนดในตัวควบคุม ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คือ การปรับค่าแรงดันอ้างอิงขาเข้าของตัวกระตุ้น ทั้งนี้ขนาดของการปรับเพิ่ม/ลด

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าแรงดันอ้างอิงขาเข้าของตัวกระตุ้นที่ใช้คือ 0.01 เปอร์ยูนิต เพื่อเปรียบเทียบผลตอบเชิงเวลาของมุมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส 2 เทียบกับมุมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส 1 และผลตอบเชิงเวลาของกำลังไฟฟ้าที่จ่ายจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส 2 ในแบบต่างๆ ดังต่อไปนี้

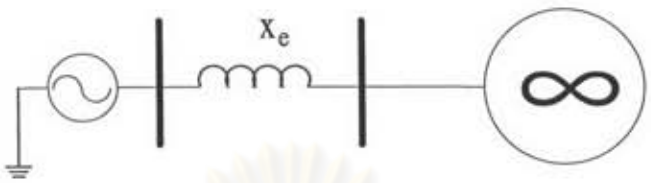
- แบบไม่มีตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลัง
- แบบมีตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังแบบธรรมดาที่มีค่าพารามิเตอร์คงตัว
- แบบมีตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังแบบธรรมดาที่มีการปรับค่าพารามิเตอร์ด้วยเครือข่ายฟังก์ชั่นมูลฐานแนวรัศมี

2. ทำการจำลองเหตุการณ์ทางพลวัตในระบบเก้าบัส สามเครื่องจักรที่สถานะการทำงานต่างๆ ดังกล่าวไว้ในหัวข้อ 5.1 โดยการปรับเพิ่ม/ลดโหลดในระบบไฟฟ้ากำลัง ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คือ การปรับเพิ่ม/ลดโหลดที่บัส 5 ทั้งนี้ขนาดของการปรับเพิ่ม/ลดโหลดที่ใช้คือ 10 เปอร์เซ็นต์ของขนาดโหลดสุ่ม ณ เวลาดังกล่าว เพื่อเปรียบเทียบผลตอบเชิงเวลาของมุมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส 2 เทียบกับมุมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส 1 และผลตอบเชิงเวลาของกำลังไฟฟ้าที่จ่ายจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส 2 ในแบบต่างๆ ดังต่อไปนี้
   - แบบไม่มีตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลัง
   - แบบมีตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังแบบธรรมดาที่มีค่าพารามิเตอร์คงตัว
   - แบบมีตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังแบบธรรมดาที่มีการปรับค่าพารามิเตอร์ด้วยเครือข่ายฟังก์ชั่นมูลฐานแนวรัศมี
3. ทำการจำลองเหตุการณ์ทางพลวัตในระบบเก้าบัส สามเครื่องจักรที่สถานะการทำงานต่างๆ ดังกล่าวไว้ในหัวข้อ 5.1 โดยการเกิดลัดวงจรที่สายส่ง ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คือ การเกิดลัดวงจรที่สายส่งจากบัส 7 ไปบัส 5 โดยเกิดใกล้บัส 7 จากนั้นมีการปลดสายส่งจากบัส 7 ไปบัส 5 ดังกล่าวออกจากระบบ เพื่อเปรียบเทียบผลตอบเชิงเวลาของมุมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส 2 เทียบกับมุมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส 1 และผลตอบเชิงเวลาของกำลังไฟฟ้าที่จ่ายจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส 2 ในแบบต่างๆ ดังต่อไปนี้
   - แบบไม่มีตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลัง
   - แบบมีตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังแบบธรรมดาที่มีค่าพารามิเตอร์คงตัว
   - แบบมีตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังแบบธรรมดาที่มีการปรับค่าพารามิเตอร์ด้วยเครือข่ายฟังก์ชั่นมูลฐานแนวรัศมี

โดยที่สมมติฐานที่ใช้ในการจำลองเหตุการณ์ทางพลวัตต่างๆ เป็นดังนี้

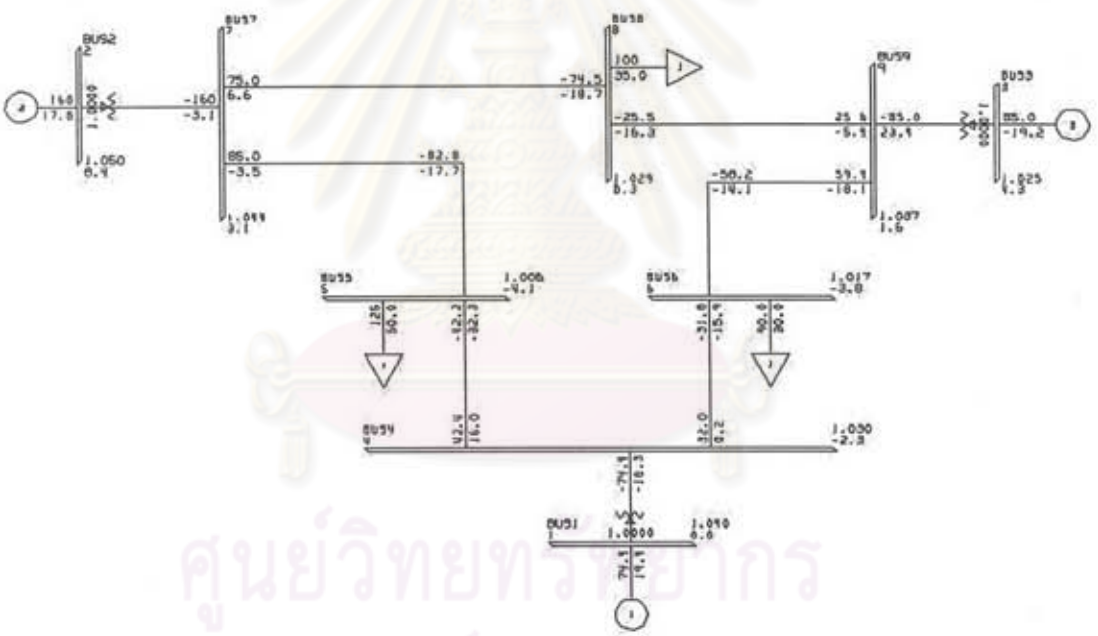
- ระบบที่ใช้ในการศึกษา มีอยู่ด้วยกัน 2 ระบบดังนี้

1. ระบบหนึ่งเครื่องจักรต่ออยู่กับบัสอนันต์ ดังรูปที่ 1.3 เป็นระบบที่ใช้ในการหาค่าพารามิเตอร์ของตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังในหัวข้อ 4.1 เพื่อเก็บเป็นข้อมูลการฝึกฝนเครือข่ายประสาทเทียม



รูปที่ 1.3 ระบบหนึ่งเครื่องจักรต่ออยู่กับบัสอนันต์

2. ระบบเก้าบัส สามเครื่องจักร ดังรูปที่ 1.4 เป็นระบบที่ใช้ในการทดสอบสมรรถนะของตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังแบบต่างๆ ในบทที่ 5 ซึ่งค่าพารามิเตอร์ของเครือข่ายไฟฟ้ากำลังเป็นไปตามภาคผนวก ก.



รูปที่ 1.4 ระบบเก้าบัส สามเครื่องจักร [6]

- ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของแบบจำลองทางพลวัตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, ตัวกระตุ้น เป็นไปตามภาคผนวก ข.
- ระบบควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มีเพียงระบบการกระตุ้น (Excitation system) เท่านั้น ทั้งนี้พิจารณากำลังกลมีค่าคงตัวตลอดช่วงการจำลองเหตุการณ์
- ละเลยผลการอิ่มตัวของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
- ละเลยผลของสัญญาณรบกวนที่อาจเกิดขึ้นจริงในทางปฏิบัติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

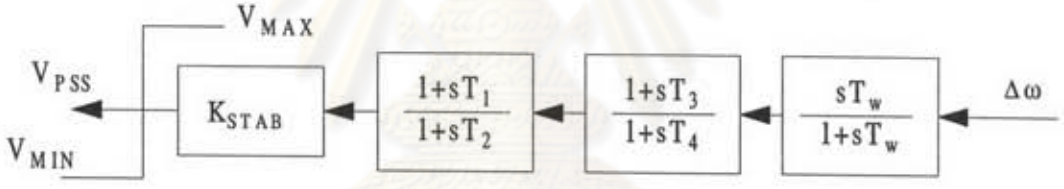
1.3 ขั้นตอนการดำเนินการ

1.3.1 ศึกษาการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาฟอร์แทรน, ภาษาเฟล็คซ์ (FLECS) เพื่อใช้ในการเขียนแบบจำลองที่ใช้ในการจำลองเหตุการณ์ทางพลวัตของระบบไฟฟ้ากำลังในโปรแกรม Power System Simulators for Engineering หรือ PSS/E

1.3.2 ศึกษาเครือข่ายประสาทเทียม

1.3.3 ออกแบบตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังแบบปรับค่าพารามิเตอร์ด้วยเครือข่ายประสาทเทียมแบบฟังก์ชั่นมูลฐานแนวรัศมี ตามขั้นตอนต่อไปนี้

1.3.3.1 เขียนแบบจำลองของตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังแบบธรรมดาที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบหลักๆ คือ ส่วนชดเชยมุมเฟสหรือตัวชดเชยแบบนำหน้า-ล้าหลัง ตัวกรองแบบ Washout และค่าเกน นอกจากนี้ยังมีตัวจำกัดขอบบนและขอบล่างของสัญญาณออก ซึ่งแสดงดังรูปที่ 1.5

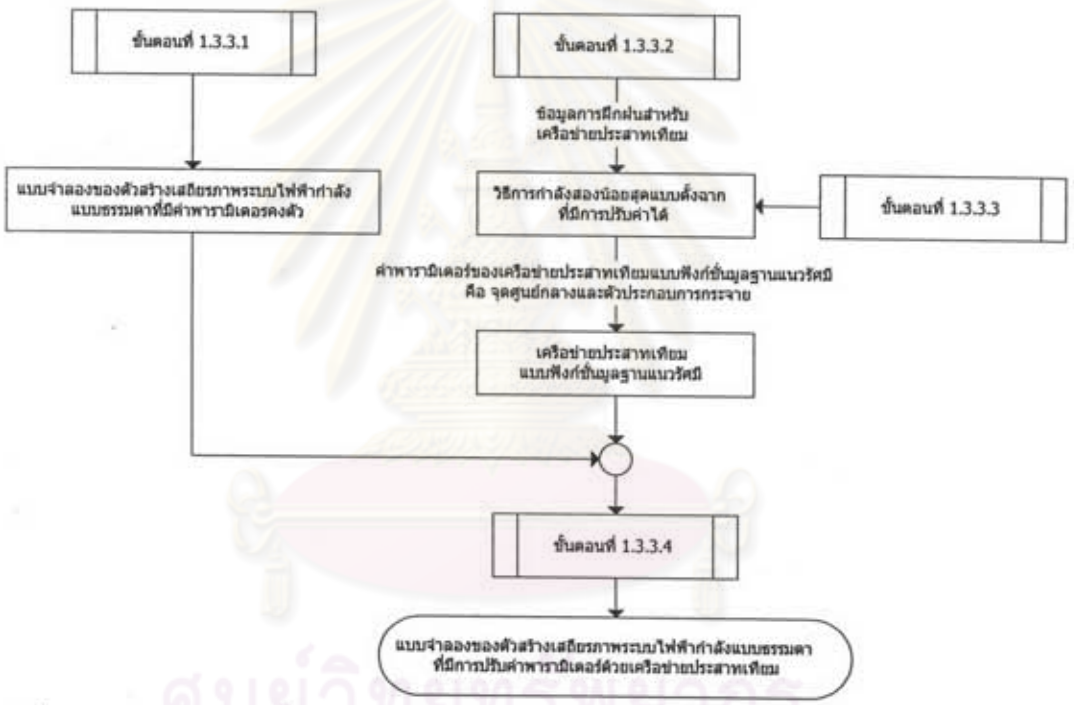


รูปที่ 1.5 แบบจำลองตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังอย่างง่าย

1.3.3.2 หาความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณเข้าที่สถานะทำงานต่างๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส 2 คือ กำลังไฟฟ้าจริง กำลังไฟฟ้ารีแอกตีฟ และแรงดันขั้วกับค่าพารามิเตอร์ของตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลัง ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คือ ค่าพารามิเตอร์ของฟังก์ชั่นถ่ายโอนอันดับสองที่จำลองคุณลักษณะของระบบควบคุมการกระตุ้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งรายละเอียดกล่าวไว้ในหัวข้อ 4.1 เพื่อจัดเก็บเป็นชุดข้อมูลในการฝึกฝนเครือข่ายประสาทเทียมแบบฟังก์ชั่นมูลฐานแนวรัศมีต่อไป

1.3.3.3 เขียนโปรแกรมการฝึกฝนเครือข่ายประสาทเทียมแบบฟังก์ชั่นมูลฐานแนวรัศมี โดยเลือกค่าพารามิเตอร์ของฟังก์ชั่นมูลฐานแนวรัศมีภายในเครือข่ายประสาทเทียมด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุดแบบตั้งฉากที่มีการปรับค่าได้ (Adaptive OLS) ดังรายละเอียดในหัวข้อ 4.2.3

1.3.3.4 นำสิ่งที่ได้จาก 1.3.3.1, 1.3.3.2 และ 1.3.3.3 รวมเข้าเป็นแบบจำลองของตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังที่มีการปรับค่าพารามิเตอร์ด้วยเครือข่ายประสาทเทียมแบบฟังก์ชั่นมูลฐานแนวรัศมีที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ซึ่งสรุปเป็นแผนภาพขั้นตอนการออกแบบตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังแบบธรรมดาด้วยเครือข่ายประสาทเทียมดังรูปที่ 1.6 นอกจากนี้ยังมีการปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์การหน่วงเพื่อช่วยตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังสามารถหน่วงการแกว่งได้มีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วยวิธีออพติไมซ์แบบเกรเดียนท์ลดลง (Gradient descent method) ดังรายละเอียดในหัวข้อ 4.3



รูปที่ 1.6 แผนภาพแสดงขั้นตอนการออกแบบตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังแบบปรับค่าพารามิเตอร์ด้วยเครือข่ายประสาทเทียม

1.3.4 ทำการจำลองเหตุการณ์ทางพลวัตในระบบเก้าบัส สามเครื่องจักรที่สถานะการทำงานต่างๆ ดังกล่าวไว้ในหัวข้อ 5.1 และสรุปผลตอบเชิงเวลาของมุมโรเตอร์และกำลังไฟฟ้าเปรียบเทียบ

1.3.5 จัดทำโครงร่างเสนอวิทยานิพนธ์ และวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถนำมาใช้ประกอบการศึกษาเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังของประเทศ

1.4.2 สามารถประยุกต์เครือข่ายฟังก์ชั่นมูลฐานแนวรัศมีกับอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมได้อื่นๆ เช่น ตัวชดเชยวาร์แบบสถิตย์ เป็นต้น เพื่อเสริมสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลัง

1.4.3 เพื่อใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการพัฒนาการใช้งานด้านอื่นๆ ด้วยเครือข่ายประสาทเทียมในอนาคต เช่น การพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้า เป็นต้น

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการแบ่งเนื้อหาออกเป็นบทย่อยต่างๆ ดังนี้

บทที่ 1 บทนำ คือบทที่ได้นำเสนอผ่านไป ได้กล่าวถึงภาพโดยรวมของแนวคิดในการพัฒนาตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังแบบธรรมดาที่มีการปรับค่าพารามิเตอร์ด้วยเครือข่ายประสาทเทียม วัตถุประสงค์ของการทำวิทยานิพนธ์ ขอบเขตของวิทยานิพนธ์ ขั้นตอนการดำเนินการ และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 กล่าวถึง ที่มาของตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังแบบธรรมดา ชนิดของตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังแบบธรรมดาที่มีใช้กันในปัจจุบัน และหลักการในการศึกษาสมรรถนะของตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลัง

บทที่ 3 กล่าวถึงหลักการและทฤษฎีของเครือข่ายประสาทเทียมเบื้องต้น ได้แก่ แบบจำลองพื้นฐานและกฎการเรียนรู้ของเครือข่ายประสาทเทียม ชนิดของเครือข่ายประสาทเทียมที่นิยมใช้กัน และข้อดีและข้อเสียของเครือข่ายประสาทเทียม

บทที่ 4 กล่าวถึงการปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังแบบธรรมดาที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ การเลือกพารามิเตอร์ของเครือข่ายฟังก์ชั่นมูลฐานแนวรัศมี

บทที่ 5 อธิบายวิธีการทดสอบ แสดงผลการทดสอบ และวิเคราะห์ผลการทดสอบที่ได้

บทที่ 6 สรุปผลและข้อเสนอแนะ เกี่ยวกับการประยุกต์เครือข่ายประสาทแบบฟังก์ชั่นมูลฐานแนวรัศมีในการปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวสร้างเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลัง