บทที่ 4
การเพิ่มประสิทธิภาพของมวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟโดยพิจารณาผลของพารามิเตอร์ต่าง ๆ

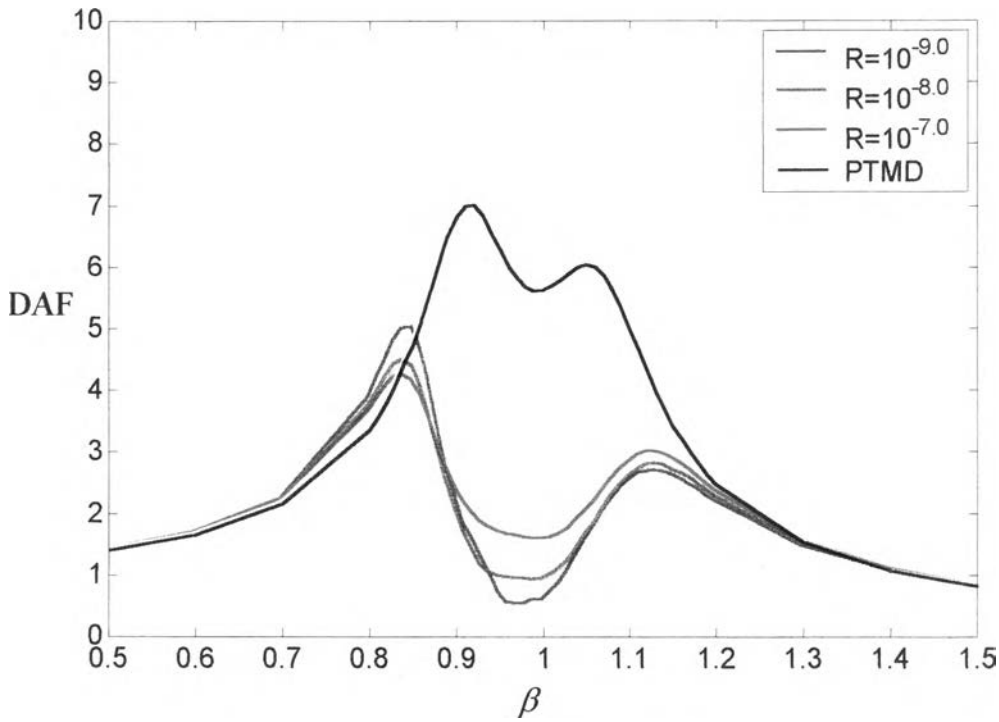
ผลที่ได้จากการศึกษาในบทที่ 3 พบว่าระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟมีประสิทธิภาพดีกว่าระบบมวลหน่วงแบบอื่นๆมาก ในบทนี้ได้เสนอผลการศึกษาอิทธิพลของค่าพารามิเตอร์ต่างๆเพื่อพัฒนาระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟให้มีประสิทธิภาพในการลดการสั่นไหวของโครงสร้างสูงขึ้น โดยค่าพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษานี้ประกอบไปด้วยค่า **R** ซึ่งเป็นค่าเมตริกน้ำหนักสำหรับแรงควบคุมในอัลกอริทึมควบคุมและผลของช่วงความสามารถในการปรับค่าอัตราส่วนความหน่วงของตัวหน่วง ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวในลักษณะเชิงตัวเลข โดยได้แสดงผลการศึกษาดังต่อไปนี้

4.1 อิทธิพลของค่า R ต่อประสิทธิภาพของระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟ

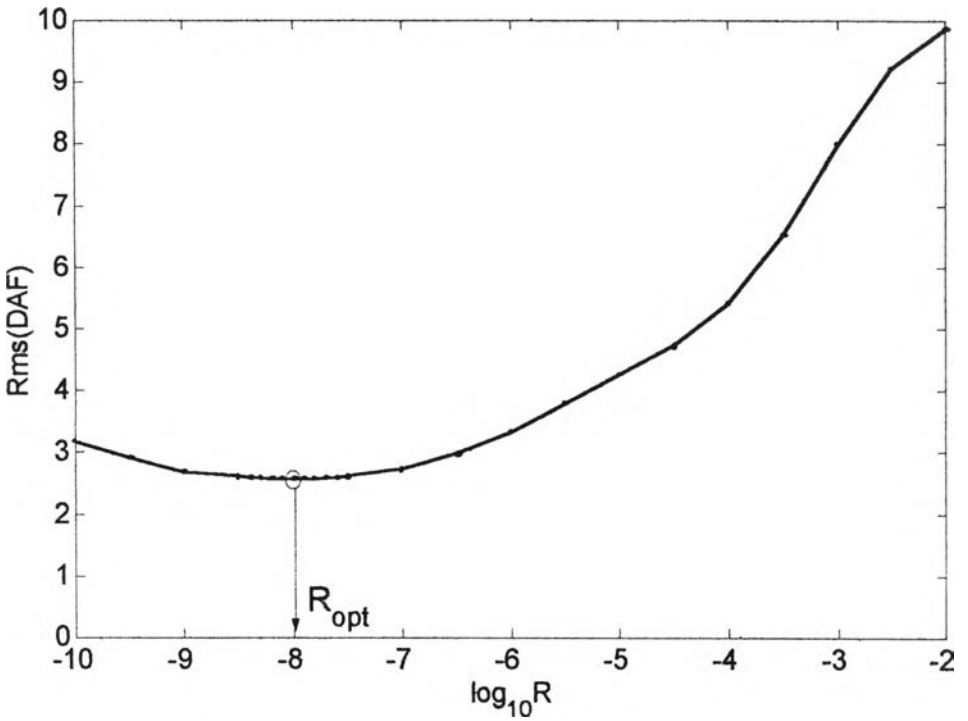
เมตริก **R** ซึ่งเป็นเมตริกน้ำหนักที่คูณในเทอมพลังงานภายนอกที่ใช้ในการควบคุมการสั่นไหวของโครงสร้างในสมการดัชนีคุณภาพที่แสดงในสมการที่ 2.13 ซึ่งเมื่อพิจารณาจะพบว่าในระบบที่ไม่มีข้อจำกัดในการให้แรงหรือพลังงานการลดค่าพารามิเตอร์ **R** นี้จะทำให้เทอมพลังงานควบคุมมีผลน้อยลงและเป็นการให้ความสำคัญต่อเทอมพลังงานของโครงสร้างในดัชนีคุณภาพมากขึ้น ดังนั้นถ้ามีพลังงานที่ไม่จำกัดหรือไม่คำนึงถึงปริมาณพลังงานที่ใช้ในการควบคุมแล้วควรเลือกค่า **R** ที่มีค่าน้อยซึ่งจะทำให้อัลกอริทึมควบคุมคำนึงถึงการลดพลังงานของโครงสร้างมากๆ ทำให้การสั่นไหวของโครงสร้างมีค่าน้อย แต่ในระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟนี้มีข้อจำกัดในการให้แรงที่กระทำต่อระบบเนื่องจากความหน่วงของตัวหน่วงสามารถ ปรับค่าได้ในช่วงที่กำหนดไว้เท่านั้น ดังนั้นการลดค่า **R** จึงไม่ได้ทำให้โครงสร้างมีขนาดการ สั่นไหวลดลงเสมอไป ในส่วนนี้ได้แสดงผลการศึกษาในเชิงตัวเลขเกี่ยวกับอิทธิพลของค่า **R** ต่อประสิทธิภาพในการลดการสั่นไหวของโครงสร้าง โดยกำหนดให้ช่วงการปรับค่าอัตราส่วนความหน่วงของตัวหน่วงสามารถปรับค่าได้ตั้งแต่ 0 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ของค่าอัตราส่วนความหน่วงวิกฤติ ประสิทธิภาพของระบบมวลหน่วงปรับค่าที่ใช้ค่า **R** ค่าต่างๆภายใต้การสั่นที่ฐานเป็นสัญญาณแบบฮาร์โมนิกโดยความถี่ของการสั่นมีค่า 0.5 ถึง 1.5 เท่าของความถี่ของ โครงสร้างแสดงได้ดังในรูปที่ 4.1

จากรูปที่ 4.1 พบว่าการเลือกค่า **R** ที่ต่างกันจะทำให้ได้อัลกอริทึมควบคุมที่ต่างกันซึ่งทำให้ระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟมีประสิทธิภาพต่างกัน การเลือกค่า **R** ที่เหมาะสมจะสามารถได้อัลกอริทึมควบคุมที่ทำให้ระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟมีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดการสั่นไหวของโครงสร้างภายในความสามารถของการปรับค่า

ความหน่วงของตัวหน่วงค่าเดียวกัน ดัชนีหนึ่งที่ใช้ในการหาค่า **R** ที่เหมาะสมสามารถพิจารณาได้จากค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองของค่าแอมปลิจูดของการสั่นของโครงสร้างที่สภาวะคงตัวภายใต้การสั่นไหวที่ฐานที่มีความถี่ในช่วง 0.8 ถึง 1.2 เท่าของความถี่ธรรมชาติของโครงสร้าง การใช้ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองเป็นดัชนีในการบ่งชี้ประสิทธิภาพของมวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟสามารถครอบคลุมข้อด้อยของระบบมวลหน่วงที่จะเกิดการกำทอนที่ค่าความถี่แรงใกล้เคียงกับความถี่ของโครงสร้างอีกด้วย รูปที่ 4.2 แสดงการหาค่า **R** ที่เหมาะสมที่ทำให้ประสิทธิภาพของระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟดีที่สุด โดยจะได้ว่าค่า **R** ที่เหมาะสมมีค่าประมาณ 10^{-8} เมตรต่อนิวตัน



รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การขยายพลศาสตร์และอัตราส่วนความถี่ของแรงต่อโครงสร้างในกรณีที่ควบคุมด้วยมวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟที่เลือกค่า **R** ค่าต่างๆ



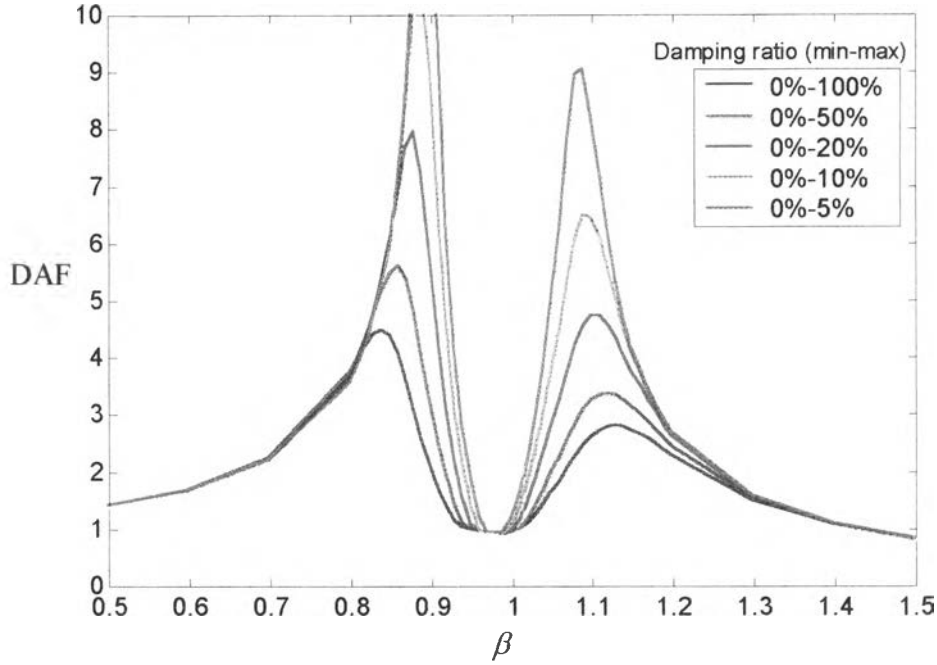
รูปที่ 4.2 แสดงการหาค่า **R** ที่เหมาะสมโดยการพิจารณาค่า **R** ที่ทำให้ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองของสัมประสิทธิ์การขยายทางพลศาสตร์มีค่าต่ำที่สุด

4.2 อิทธิพลของช่วงการปรับค่าความหน่วงต่อประสิทธิภาพของระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟ

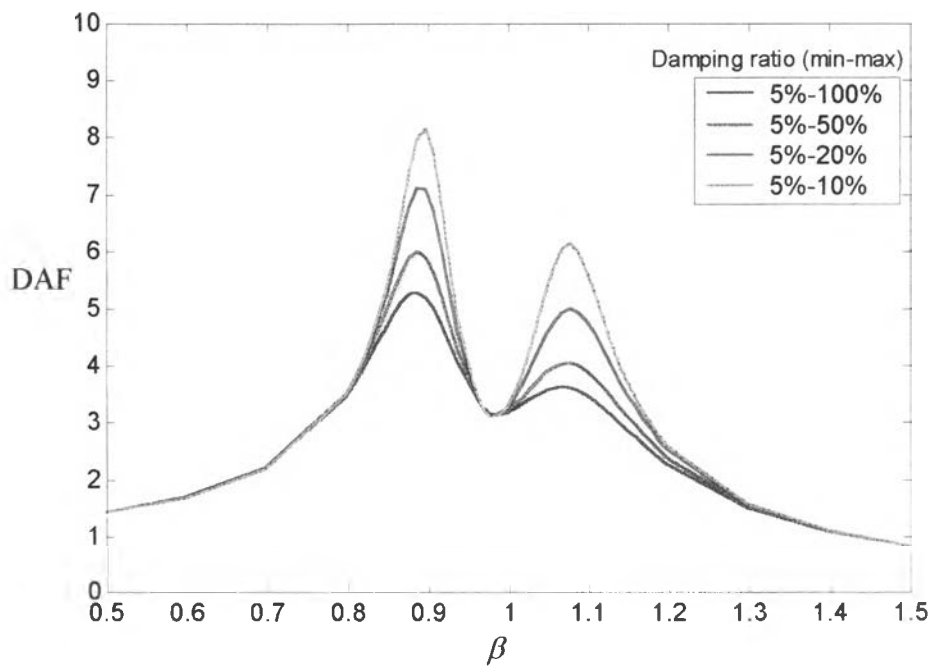
ช่วงการปรับค่าความหน่วงของตัวหน่วงเป็นการนำความสามารถของตัวหน่วงมาพิจารณาถึงประสิทธิภาพและข้อจำกัดในการทำงาน ในรูปที่ 4.3 และ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การขยายพลศาสตร์และค่าอัตราส่วนความถี่ของสัญญาณแผ่นดินไหวต่อความถี่ของโครงสร้างภายใต้อัลกอริทึมควบคุมเท่ากัน โดยกำหนดให้ค่าอัตราส่วนความหน่วงต่ำสุดของตัวหน่วงมีค่าเดียวกัน จากรูปจะเห็นได้ว่ากรณีที่ให้ตัวหน่วงมีความสามารถในการปรับค่าอัตราส่วนความหน่วงให้มีค่าได้สูงกว่าจะมีประสิทธิภาพดีกว่า

การใช้อัลกอริทึมควบคุมเดียวกันกับตัวหน่วงที่มีความสามารถต่างกันในบางครั้งจะพบว่าการใช้ตัวหน่วงที่มีช่วงความสามารถในการปรับค่าอัตราส่วนความหน่วงที่กว้างกว่าอาจจะทำให้ประสิทธิภาพของระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟด้อยกว่า เนื่องมาจากการใช้อัลกอริทึมควบคุมที่ไม่เหมาะสมกับความสามารถของตัวหน่วง จากความรู้ที่ว่าการเลือกใช้ค่า **R** ที่ต่ำยิ่งขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพในการลดการสั่นของระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟดีขึ้นเสมอ แต่ในระบบกึ่งแอกทีฟการเลือกใช้ค่า **R** ที่น้อยมากจำเป็นต้องอาศัยความสามารถในการ

ปรับแรงที่มากซึ่งจะเกินขีดจำกัดของตัวหน่วงไปมาก ดังนั้นระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟจะทำงานได้ไม่ดีเท่าการเลือกใช้ค่า **R** ที่เหมาะสมกับความสามารถของตัวหน่วง



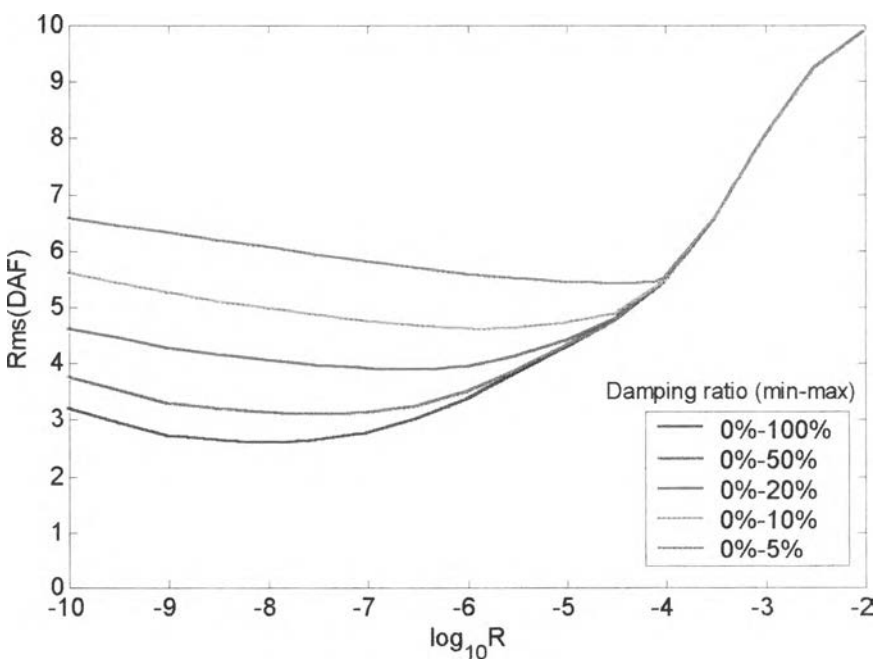
รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การขยายพลศาสตร์และอัตราส่วนความถี่ของแรงต่อโครงสร้างในกรณีที่ควบคุมด้วยมวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟที่มีค่าต่ำสุดของความหน่วงที่ปรับได้เท่ากัน (0 %ของอัตราส่วนความหน่วงวิกฤติ) แต่ค่ามากที่สุดมีค่าแตกต่างกัน



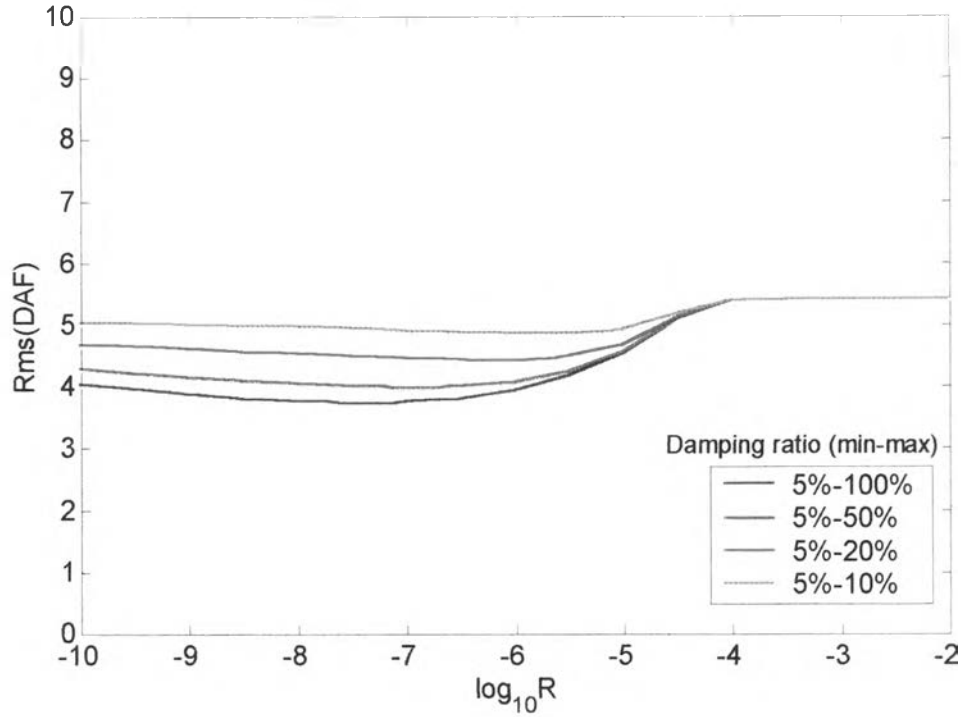
รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การขยายพลศาสตร์และอัตราส่วนความถี่ของแรงต่อโครงสร้างในกรณีที่ควบคุมด้วยมวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟที่มีค่าต่ำสุดของความหน่วงที่ปรับได้เท่ากัน (5 %ของอัตราส่วนความหน่วงวิกฤติ) แต่ค่ามากที่สุดมีค่าแตกต่างกัน

จากรูปที่ 4.5, 4.6 และ 4.7 จะเห็นได้ว่าในกรณีที่ตัวหน่วงสามารถปรับค่าให้มีอัตราส่วนความหน่วงต่ำสุดเท่ากันจะพบว่าตัวหน่วงที่มีความสามารถในการปรับค่าอัตราส่วนความหน่วงสูงสุดได้มากกว่าจะมีประสิทธิภาพดีกว่า แต่ในช่วงที่ค่า **R** มีค่ามากๆจะทำให้ได้อัลกอริทึมควบคุมที่ต้องการแรงควบคุมที่น้อยดังนั้นช่วงความสามารถในการปรับค่าอัตราส่วนความหน่วงจึงมีผลน้อย ในช่วงที่ต้องการแรงควบคุมน้อยนี้การปรับค่าอัตราส่วนความหน่วงของตัวหน่วงจะถูกควบคุมด้วยค่าต่ำสุดของอัตราส่วนความหน่วงที่ปรับค่า ซึ่งจะพบว่าตัวหน่วงที่มีค่าอัตราส่วนความหน่วงต่ำสุดที่ใกล้เคียงกับค่าอัตราส่วนที่เหมาะสมกับระบบควบคุมแบบแพสสีฟจะมีประสิทธิภาพสูงสุด แต่อย่างไรก็ตามจากรูปที่ 4.5, 4.6 และ 4.7 นี้แสดงให้เห็นว่าในความสามารถของตัวหน่วงแต่ละตัวจะสามารถหาอัลกอริทึมควบคุมที่เหมาะสมที่สุดสำหรับตัวหน่วงซึ่งเป็นการใช้ความสามารถของตัวหน่วงอย่างเต็มที่ ทำให้มีประสิทธิภาพในการลดการสั่นของโครงสร้างดีที่สุดจากข้อจำกัดต่างๆที่มีอยู่

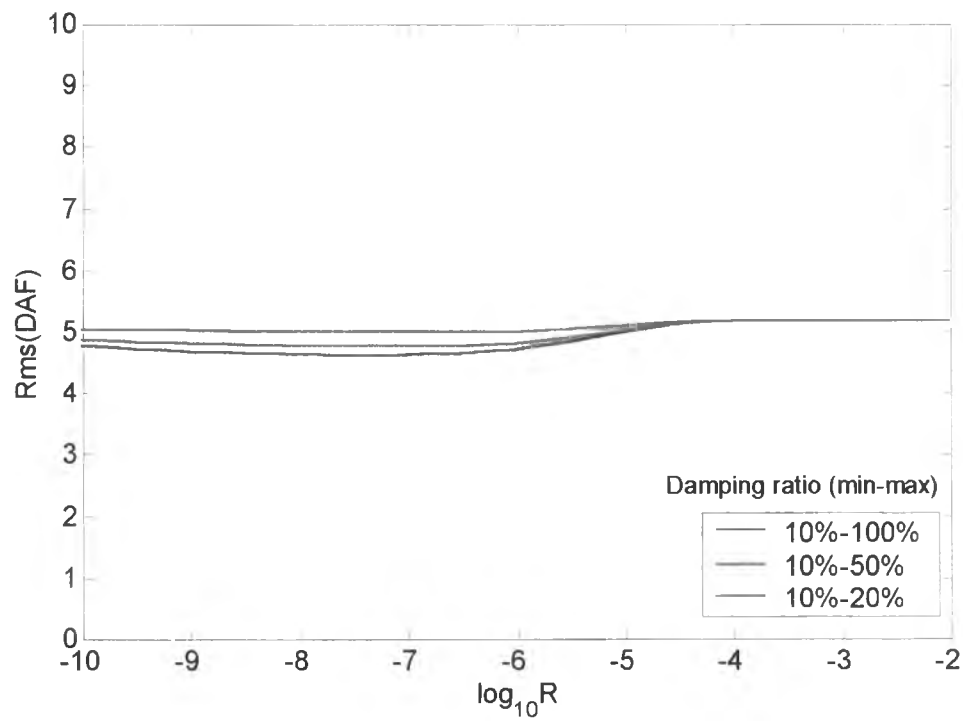
รูปที่ 4.8 แสดงให้เห็นถึงการใช้ตัวหน่วงที่มีความสามารถในการปรับค่าที่แตกต่างกัน ซึ่งจากผลที่ได้จะสังเกตเห็นได้ว่าการเลือกใช้ตัวหน่วงที่มีความสามารถสูงกว่าหากมีการออกแบบอัลกอริทึมควบคุมโดยใช้ค่า **R** ที่ไม่เหมาะสมอาจจะทำให้ได้ระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟที่มีประสิทธิภาพด้อยกว่าการใช้ตัวหน่วงที่ความสามารถต่ำกว่า



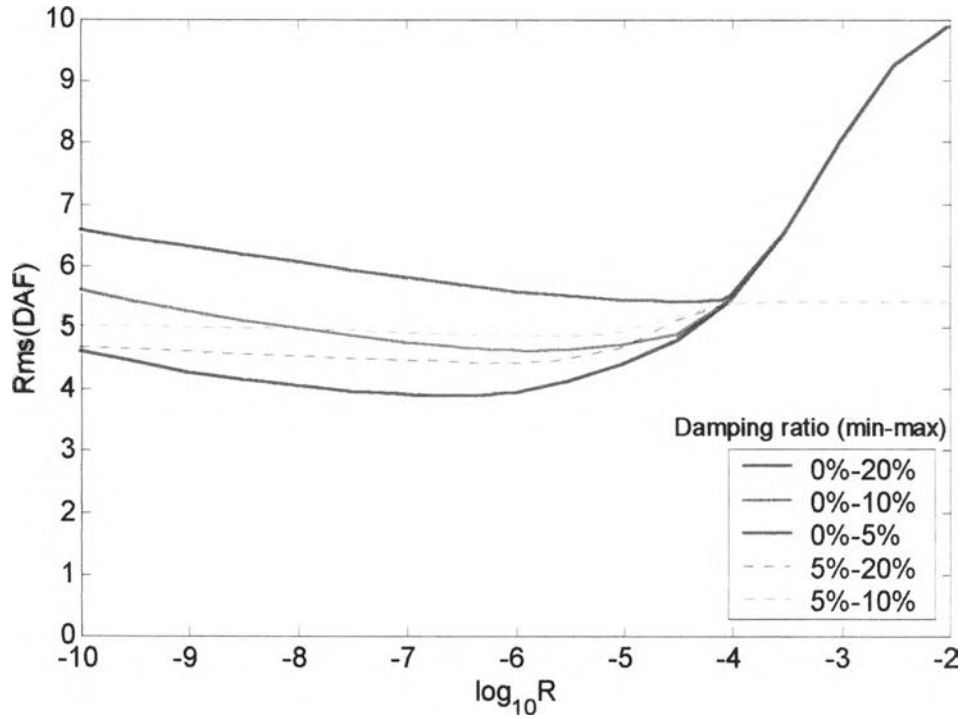
รูปที่ 4.5 แสดงประสิทธิภาพของระบบมวลหน่วงปรับค่าที่เลือกค่า **R** ค่าต่างๆ โดยที่ตัวหน่วงมีค่าต่ำสุดของความหน่วงที่สามารถปรับค่าได้เท่ากัน (0 %ของอัตราส่วนความหน่วงวิกฤติ)



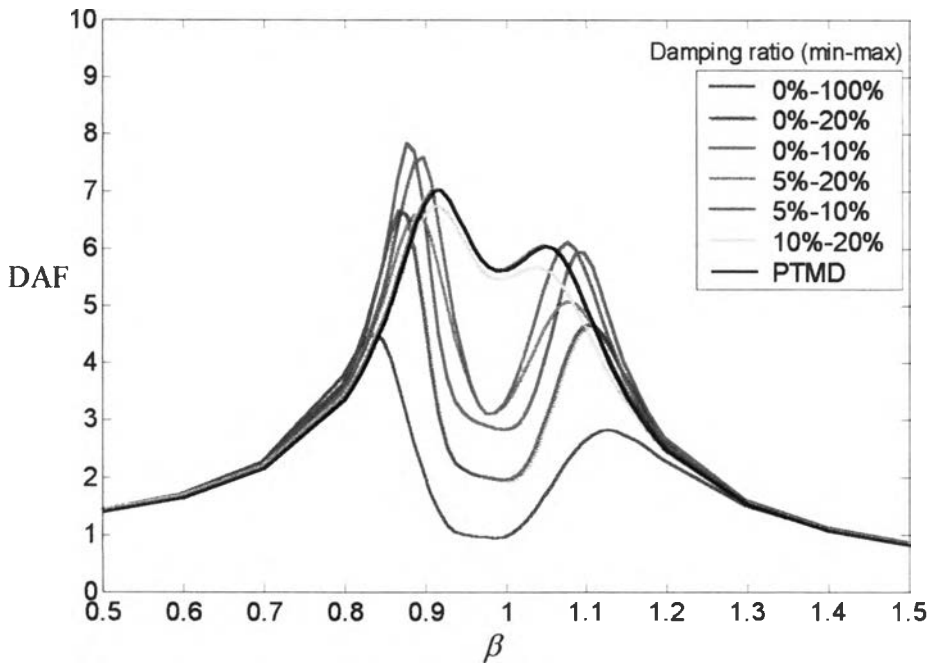
รูปที่ 4.6 แสดงประสิทธิภาพของระบบมวลหน่วงปรับค่าที่เลือกค่า **R** ค่าต่างๆ โดยที่ตัวหน่วงมีค่าต่ำสุดของความหน่วงที่สามารถปรับค่าได้เท่ากัน (5 %ของอัตราส่วนความหน่วงวิกฤติ)



รูปที่ 4.7 แสดงประสิทธิภาพของระบบมวลหน่วงปรับค่าที่เลือกค่า **R** ค่าต่างๆ โดยที่ตัวหน่วงมีค่าต่ำสุดของความหน่วงที่สามารถปรับค่าได้เท่ากัน (10 %ของอัตราส่วนความหน่วงวิกฤติ)



รูปที่ 4.8 แสดงประสิทธิภาพของระบบมวลหน่วงปรับค่าที่เลือกค่า **R** ค่าต่างๆ โดยที่ช่วงความสามารถในการปรับค่าความหน่วงของตัวหน่วงมีค่าแตกต่างกัน



รูปที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟเมื่อเลือกใช้ตัวหน่วงที่มีช่วงความสามารถในการปรับค่าต่างกัน โดยใช้ค่า **R** ที่เหมาะสมสำหรับแต่ละกรณี