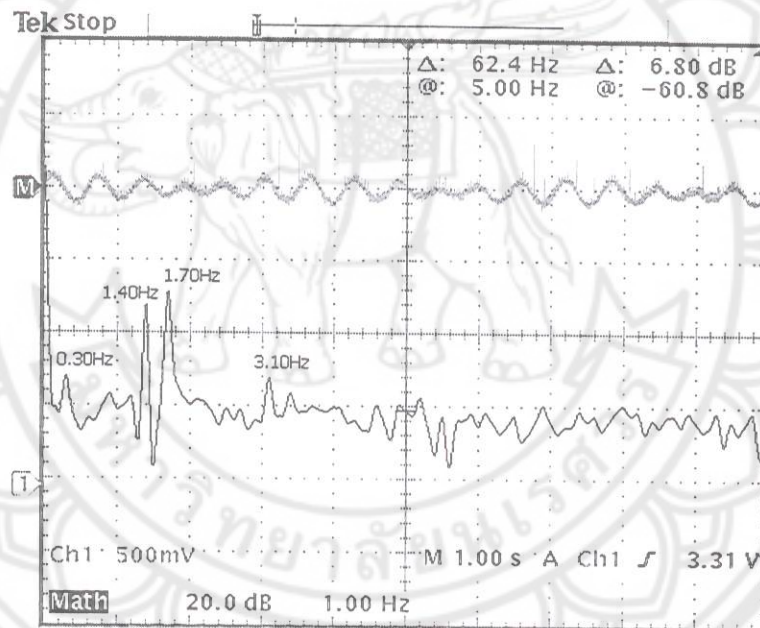


บทที่ 4

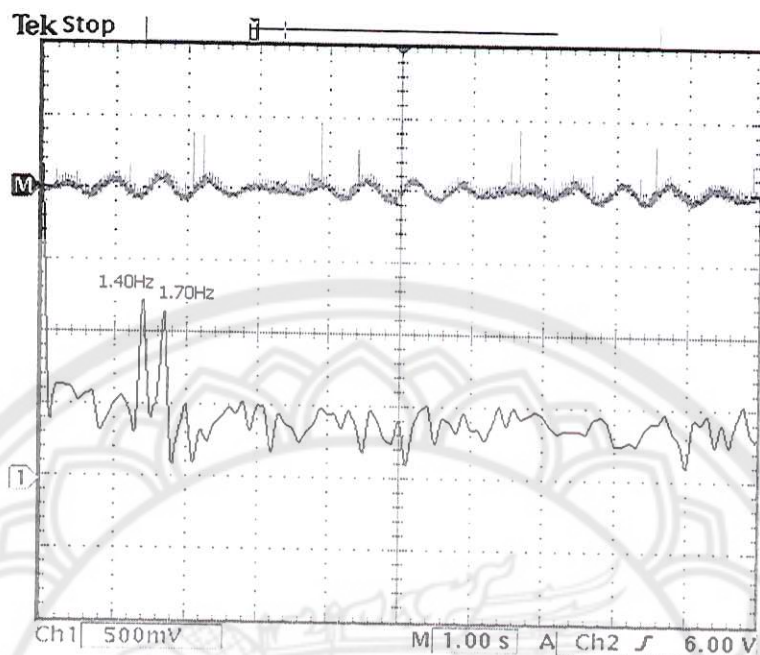
ผลการวิจัย

ผลการทดลองของระบบมวลติดสปริงที่ถูกบังคับโดยแรงภายนอก

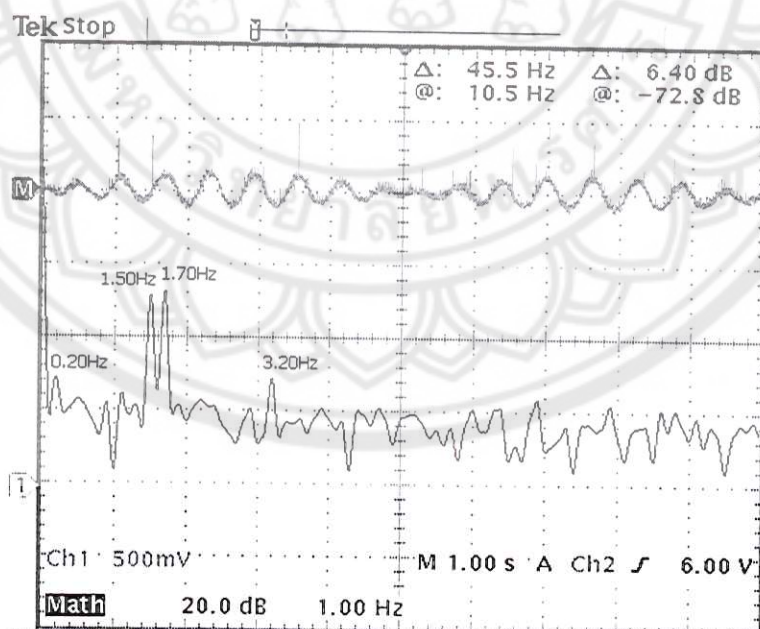
ผลการทดลองในกรณีที่มวลที่กำลังสั่นถูกบังคับด้วยแรงขับที่มีความถี่ 1.40 Hz ได้แสดงไว้ดังภาพ 26 และผลการทดลองของมวลที่กำลังสั่นถูกบังคับด้วยแรงขับที่มีความถี่ 1.50, 1.90 และ 2.00 Hz ได้แสดงไว้ดังภาพ 28, 29 และ 30 ตามลำดับ ส่วนภาพ 27 เป็นภาพที่ต่อเนื่องจากภาพ 26 เมื่อเวลาผ่านไปสักครู่



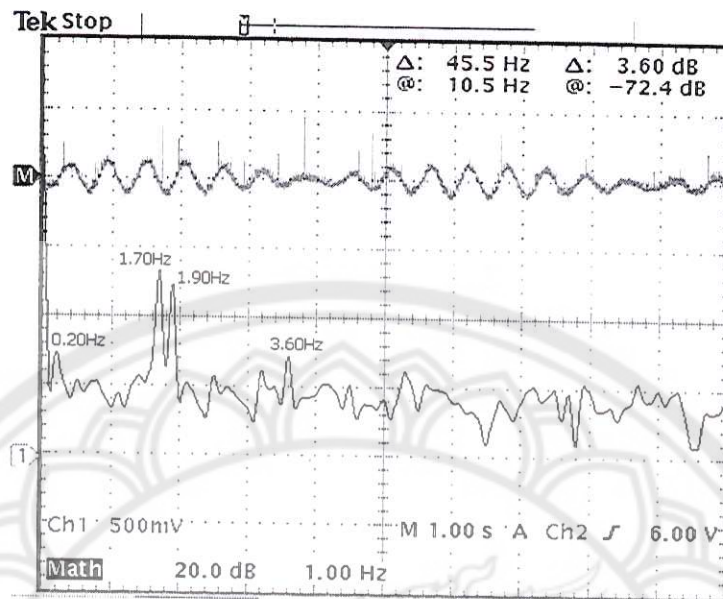
ภาพ 26 ผลการทดลองของระบบมวลติดสปริงที่ถูกบังคับ โดยที่ความถี่ของแรงบังคับภายนอกมีค่าเท่ากับ 1.40 Hz สัญญาณเส้นบนเป็นผลตอบสนองสมบูรณ์ของมวลที่กำลังสั่นในโดเมนเวลา สัญญาณเส้นล่างแสดงสเปกตรัมของสัญญาณเส้นบน



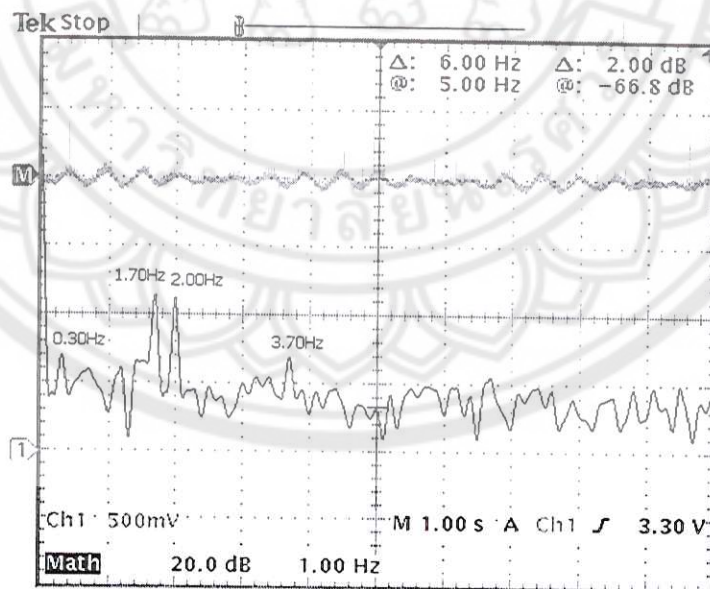
ภาพ 27 (ต่อเนื่องจากภาพ 26) หลังจากช่วงสั้นๆ ช่วงหนึ่ง ขนาดขององค์ประกอบความถี่ 1.70 Hz ลดลงเล็กน้อย และขนาดขององค์ประกอบความถี่ 0.30 และ 3.10 Hz ไม่สามารถสังเกตเห็นได้



ภาพ 28 ผลการทดลองของระบบมวลติดสปริงที่ถูกบังคับซึ่งมีความถี่ของแรงบังคับภายนอก 1.50 Hz สัญญาณเส้นบนเป็นผลตอบสนองสมบูรณ์ของการเคลื่อนที่ของมวลในโดเมนเวลา สัญญาณเส้นล่างเป็นสเปกตรัมของสัญญาณเส้นบน



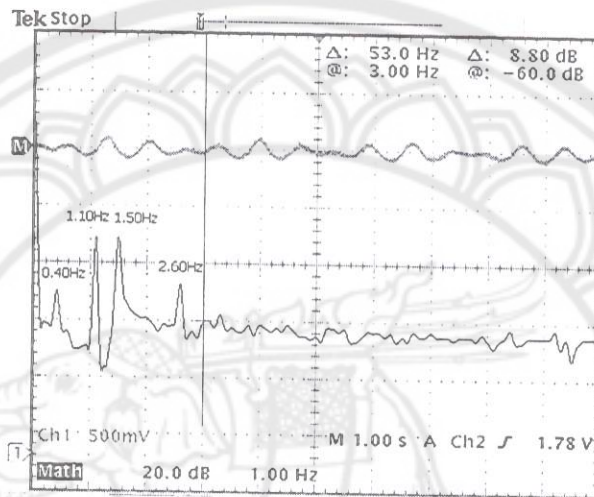
ภาพ 29 ผลการทดลองของระบบมวลติดสปริงที่ถูกบังคับซึ่งมีความถี่ของแรงบังคับเท่ากับ 1.90 Hz สัญญาณเส้นบนเป็นเอาต์พุตผลตอบสนองของสมบูรณ์ของการเคลื่อนที่ของมวลบนสปริงในโดเมนเวลา สัญญาณเส้นล่างแสดงสเปกตรัมของสัญญาณเส้นบน



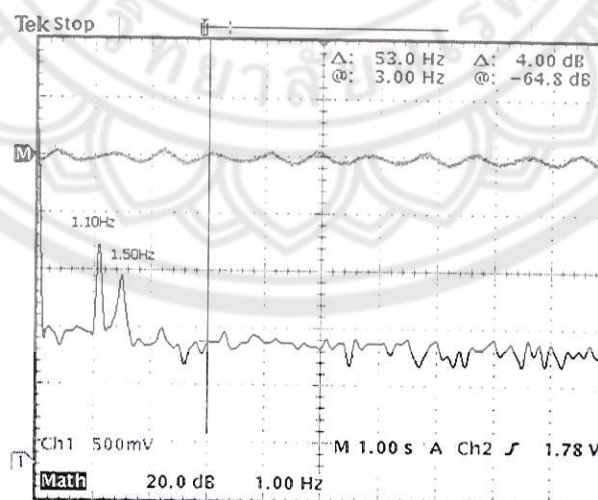
ภาพ 30 ผลการทดลองของระบบมวลติดสปริงที่ถูกบังคับซึ่งมีความถี่ของแรงบังคับภายนอกเท่ากับ 2.00 Hz สัญญาณเส้นบนเป็นเอาต์พุตผลตอบสนองของสมบูรณ์ของการเคลื่อนที่ของมวลบนสปริงในโดเมนเวลา สัญญาณเส้นล่างแสดงสเปกตรัมของสัญญาณเส้นบน

ผลการทดลองของระบบเพนดูลัมที่ถูกบังคับโดยแรงภายนอก

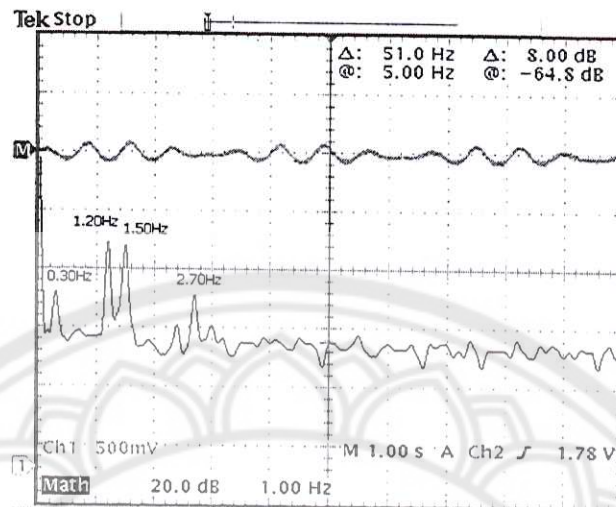
ผลการทดลองในกรณีที่เพนดูลัมถูกบังคับโดยแรงขับ 1.10 Hz ได้แสดงไว้ดังภาพ 31 และเช่นเดียวกัน ผลการทดลองของเพนดูลัมที่ถูกบังคับโดยแรงขับ 1.20 และ 1.90 Hz ได้แสดงไว้ดังภาพ 33 และ 34 ตามลำดับ ส่วนภาพ 32 เป็นภาพที่ต่อเนื่องจากภาพ 31 เมื่อเวลาผ่านไปสักครู่



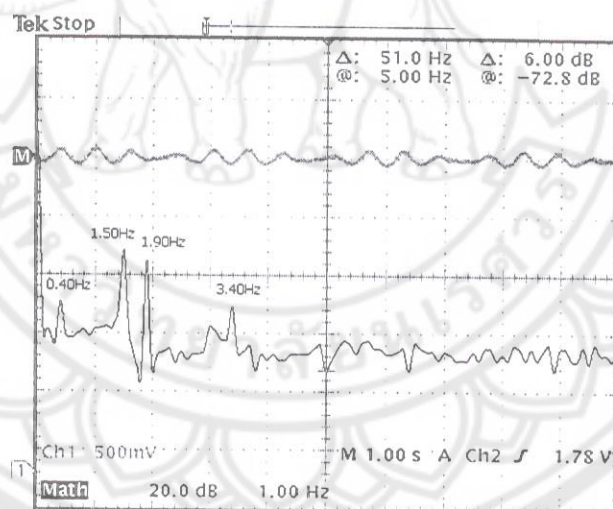
ภาพ 31 ผลการทดลองของเพนดูลัมที่ถูกบังคับโดยที่ความถี่ของแรงภายนอกมีค่าเท่ากับ 1.10 Hz สัญญาณเส้นบนเป็นผลตอบสนองสมบูรณ์ของเพนดูลัมในโดเมนเวลา สัญญาณเส้นล่างแสดงสเปกตรัมของสัญญาณเส้นบน



ภาพ 32 (ต่อจากภาพ 31) หลังจากช่วงเวลาหนึ่ง ขนาดขององค์ประกอบความถี่ 1.50 Hz จะลดลงเล็กน้อย และองค์ประกอบความถี่ 0.40 และ 2.60 Hz ไม่สามารถสังเกตเห็นได้



ภาพ 33 ผลการทดลองของเพนดูลัมที่ถูกบังคับด้วยแรงภายนอกที่มีความถี่ 1.20 Hz สัญญาณเส้นบนเป็นผลตอบสนองสมบูรณ์ของการเคลื่อนที่ของเพนดูลัมในโดเมนเวลา สัญญาณเส้นล่างแสดงให้เห็นสเปกตรัมของสัญญาณเส้นบน



ภาพ 34 ผลการทดลองของเพนดูลัมที่ถูกบังคับด้วยแรงภายนอกที่มีความถี่ 1.90 Hz สัญญาณเส้นบนเป็นเอาต์พุตที่เป็นผลตอบสนองสมบูรณ์ของการเคลื่อนที่ของเพนดูลัมในโดเมนของเวลา สัญญาณเส้นล่างแสดงสเปกตรัมของสัญญาณเส้นบน

อภิปรายผลการทดลองของระบบมวลติดสปริงที่ถูกบังคับจากแรงภายนอก

เมื่อมวลที่กำลังสั่นถูกกระทำโดยแรงภายนอกที่มีความถี่ 1.40 Hz สเปกตรัมที่ได้รับดังในภาพ 26 สอดคล้องกันกับทุกเทอมในสมการ (95) โดยที่องค์ประกอบความถี่ 1.70, 3.10, 0.30 และ 1.40 Hz ของสเปกตรัมจะตรงกับเทอมที่หนึ่ง สอง สาม และสี่ของสมการ (95) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาภาพ 26 โดยละเอียด ไม่นานหลังจากที่มวลถูกยกขึ้นไปจากตำแหน่งสมดุลแล้วปล่อยขนาดขององค์ประกอบความถี่ 3.10 และ 0.30 Hz จะมีค่าประมาณครึ่งหนึ่งของขนาดขององค์ประกอบความถี่ 1.40 Hz ซึ่งสอดคล้องกับแอมพลิจูดของเทอมที่สองและเทอมที่สามซึ่งเป็นเทอมใหม่ในสมการ (95) ที่มีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของแอมพลิจูดของเทอมที่สี่ที่เวลา $t = 0$ และหลังจากนี้ในช่วงเวลาสั้นๆ ขนาดขององค์ประกอบความถี่ 1.70 Hz จะลดลงเล็กน้อย และองค์ประกอบความถี่ 3.10 และ 0.30 Hz ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ดังผลในภาพ 27 ซึ่งเป็นผลการทดลองที่ต่อจากภาพ 26 ซึ่งสอดคล้องกับผลกระทบของ $e^{-\beta t}$ ในสมการ (95) ในทางตรงกันข้ามขนาดขององค์ประกอบความถี่ 1.40 มีแอมพลิจูดที่คงที่

ภาพ 28 จะคล้ายกับภาพ 26 ซึ่งแสดงผลการทดลองเนื่องจากความถี่ของแรงบังคับภายนอกมีค่าเท่ากับ 1.50 Hz ในภาพนี้ องค์ประกอบความถี่ 1.70, 3.20, 0.20 และ 1.50 Hz ของสเปกตรัมจะตรงกันกับเทอมที่หนึ่ง สอง สาม และสี่ในสมการ (95) ตามลำดับ และหลังจากช่วงเวลาสั้นๆ ขนาดขององค์ประกอบ 1.70 Hz จะลดลงเล็กน้อย ส่วนองค์ประกอบความถี่ 3.20 และ 0.20 จะไม่สามารถสังเกตเห็นได้

ภาพ 29 จะคล้ายกันกับภาพ 26 และภาพ 28 ซึ่งแสดงผลการทดลองเนื่องจากความถี่ของแรงบังคับภายนอกมีค่าเท่ากับ 1.90 Hz ในภาพนี้ องค์ประกอบความถี่ 1.70, 3.60, 0.20 และ 1.90 Hz ของสเปกตรัมจะตรงกันกับเทอมที่หนึ่ง สอง สาม และสี่ในสมการ (95) ตามลำดับ และหลังจากช่วงเวลาสั้นๆ ขนาดขององค์ประกอบ 1.70 Hz จะลดลงเล็กน้อย ส่วนองค์ประกอบความถี่ 3.60 และ 0.20 จะไม่สามารถสังเกตเห็นได้

และภาพ 30 จะเหมือนกันกับภาพ 26, 28 และภาพ 29 โดยจะแสดงผลการทดลองเนื่องจากความถี่ของแรงบังคับภายนอกมีค่าเท่ากับ 1.90 Hz ในภาพนี้ องค์ประกอบความถี่ 1.70, 3.70, 0.30 และ 2.00 Hz ของสเปกตรัมจะตรงกันกับเทอมที่หนึ่ง สอง สาม และสี่ในสมการ (95) ตามลำดับ และหลังจากช่วงเวลาสั้นๆ ขนาดขององค์ประกอบ 1.70 Hz จะลดลงเล็กน้อย ส่วนองค์ประกอบความถี่ 3.70 และ 0.30 จะไม่สามารถสังเกตเห็นได้

อภิปรายผลการทดลองของระบบเพนดูลัมที่ถูกบังคับด้วยแรงภายนอก

เมื่อเพนดูลัมที่กำลังสั่นถูกบังคับด้วยแรงภายนอกที่มีความถี่ 1.10 Hz สเปกตรัมที่ได้ดังในภาพ 31 จะสอดคล้องกับทุกเทอมของสมการ (99) โดยที่องค์ประกอบความถี่ 1.50, 2.60, 0.40 และ 1.10 Hz ของสเปกตรัมตรงกับเทอมที่หนึ่ง สอง สาม และสี่ของสมการ (99) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาภาพ 31 อย่างละเอียด จะพบว่า ไม่นานหลังจากที่มวลถูกผลักออกไปจากตำแหน่งสมดุลเล็กน้อยแล้วปล่อย ขนาดขององค์ประกอบความถี่ 2.60 และ 0.40 Hz มีค่าประมาณครึ่งหนึ่งของขนาดขององค์ประกอบความถี่ 1.10 Hz ซึ่งสอดคล้องกับแอมพลิจูดของเทอมที่สองและสามในสมการ (99) ซึ่งเป็นเทอมใหม่ ที่มีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของแอมพลิจูดของเทอมที่สี่ที่เวลา $t = 0$ และเมื่อเวลาผ่านไปสักพัก ขนาดขององค์ประกอบความถี่ 1.50 Hz จะลดลงเล็กน้อย ส่วนองค์ประกอบความถี่ 2.60 และ 0.40 Hz นั้นจะไม่สามารถสังเกตเห็นได้ ดังในภาพ 32 ซึ่งสอดคล้องกับอิทธิพลของ $e^{\frac{-\alpha}{2m}}$ ในสมการ (99) ในทางตรงกันข้าม ขนาดขององค์ประกอบความถี่ 1.10 Hz จะมีแอมพลิจูดคงที่

ภาพ 33 จะคล้ายกับภาพ 31 ซึ่งแสดงผลการทดลองเนื่องจากแรงภายนอกที่มีความถี่ 1.20 Hz ในภาพนี้ องค์ประกอบความถี่ 1.50, 2.70, 0.30 และ 1.20 Hz ของสเปกตรัมตรงกันกับเทอมที่หนึ่ง สอง สาม และสี่ของสมการ (99) ตามลำดับ และเมื่อเวลาผ่านไปสักพัก ขนาดขององค์ประกอบความถี่ 1.50 Hz จะลดลงเล็กน้อย ส่วนองค์ประกอบความถี่ 2.70 และ 0.30 Hz นั้นจะไม่สามารถสังเกตเห็นได้

และเช่นกัน ภาพ 34 จะคล้ายกับภาพ 31 และภาพ 33 ซึ่งแสดงผลการทดลองเนื่องจากความถี่ของแรงภายนอกมีค่าเท่ากับ 1.90 Hz ในภาพนี้ องค์ประกอบความถี่ 1.50, 3.40, 0.40 และ 1.90 Hz ของสเปกตรัมจะตรงกันกับเทอมที่หนึ่ง สอง สาม และสี่ของสมการ (99) ตามลำดับ และเมื่อเวลาผ่านไปสักพัก ขนาดขององค์ประกอบความถี่ 1.50 Hz จะลดลงเล็กน้อย ส่วนองค์ประกอบความถี่ 3.40 และ 0.40 Hz นั้นจะไม่สามารถสังเกตเห็นได้