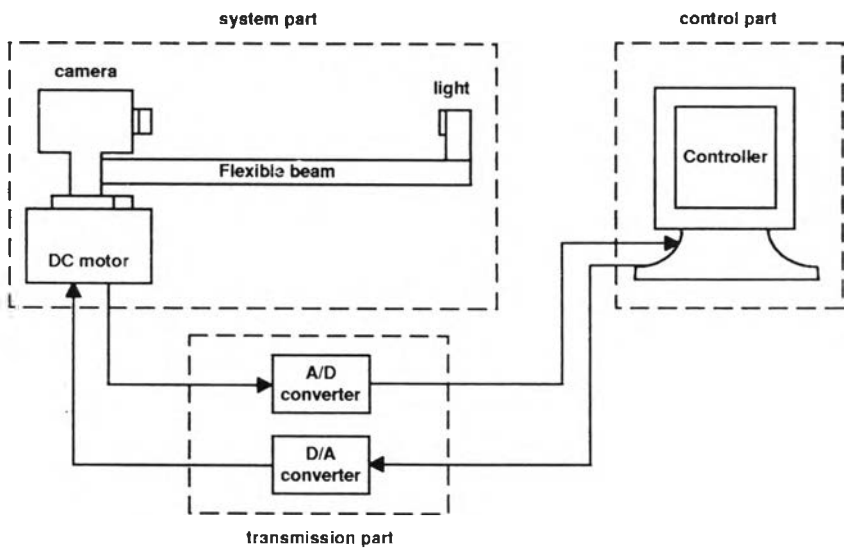
บทที่ 6

ผลการทดลองกับระบบจริง

หัวข้อแรกจะอธิบายรายละเอียดของชุดทดลองที่นำมาใช้ทดลองในวิทยานิพนธ์นี้ ในหัวข้อถัดไปจะแสดงผลการทดลองกับระบบจริง โดยตัวควบคุมที่นำมาใช้ทดลองประกอบด้วย ตัวควบคุมเอชอินฟินิตี้ ตัวควบคุมมิวที่สอดคล้องเงื่อนไขสมรรถนะคงทน และตัวควบคุมมิวที่สอดคล้องเงื่อนไขสมรรถนะคงทนสองเงื่อนไข ซึ่งคือ เงื่อนไขสมรรถนะคงทน (2.7) และเงื่อนไขสมรรถนะสัญญาณควบคุม (4.19)

6.1 ชุดทดลองแขนกลแบบอ่อนตัว

ชุดทดลองแขนกลแบบอ่อนตัวข้อต่อเดียว ที่นำมาใช้ในการทดลองนี้เป็นชุดทดลอง Flexcam ของ Quanser Consulting ดังรูปที่ 5.1 เราจะแบ่งชุดทดลองนี้ออกเป็นสามส่วนด้วยกัน คือ ส่วนตัวแขนกล ส่วนการรับส่งสัญญาณควบคุม และส่วนควบคุม ดังรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1: ชุดทดลองแขนกลแบบอ่อนตัวข้อต่อเดียว

ส่วนตัวแขนเป็นส่วนที่เราต้องการควบคุม ซึ่งได้แก่ ตำแหน่งปลายของแขน เมื่อแขนกลหมุน ตัวตรวจรู้จะบอกตำแหน่งเบี่ยงเบนและมุมของแขน ส่งกลับไปยังส่วนรับส่งสัญญาณ ส่วนรับส่งสัญญาณทำหน้าที่รับส่งสัญญาณระหว่างส่วนตัวแขนและส่วนควบคุม เมื่อข้อมูลที่ได้จากส่วนตัวแขนส่งไปยังส่วนควบคุม ตัวควบคุมจะคำนวณสัญญาณควบคุมและส่งกลับมาให้กับส่วนตัวแขน เพื่อควบคุมตำแหน่งปลายของแขนต่อไป รายละเอียดของส่วนต่างๆของชุดทดลองเป็นดังนี้

ส่วนตัวแขน ประกอบด้วย

- มอเตอร์กระแสไฟตรง ทำหน้าที่ขับเคลื่อนแขนกลให้หมุนไปตามสัญญาณที่ถูกส่งมาจากส่วนควบคุม
- ตัวตรวจรู้ทั้งสองตำแหน่ง ตำแหน่งแรกทำหน้าบอกตำแหน่งมุมของแกนวัตถุแข็งเกร็ง ตำแหน่งที่สองทำหน้าที่บอกการเบี่ยงเบนของแขนจากแกนวัตถุแข็งเกร็ง
- ตัวแขนเป็นสแตนเลสกว้างประมาณ 2 เซนติเมตร ยาวประมาณ 48 เซนติเมตร และหนาประมาณ 1 มิลลิเมตร

ส่วนรับส่งสัญญาณ ประกอบด้วย

- ตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล (A/D converter) สามารถแปลงได้ละเอียดที่ 12 บิท
- ตัวแปลสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก (D/A converter) สามารถแปลงได้ละเอียดที่ 12 บิท

ส่วนควบคุม

ตัวควบคุมเป็นคอมพิวเตอร์รุ่น Pentium 133 MHz สำหรับโปรแกรมที่ใช้ในการทดลองนี้คือ Borland-C3.1 และกำหนดให้ความถี่ชักตัวอย่างเท่ากับ 200 Hz

สำหรับตัวควบคุมแบบไม่ต่อเนื่อง (discrete controller) สามารถหาได้จากหลายๆวิธีเช่น Tustin's approximation, Zero order hold และ First order hold เป็นต้น แต่เนื่องจากคาบการชักตัวอย่างที่เลือกสั้นมาก ตัวควบคุมที่ได้จากวิธีต่างๆ จึงให้ผลที่ใกล้เคียงกัน ในที่นี้จึงเลือกใช้วิธี Zero order hold

6.2 ผลการทดลอง

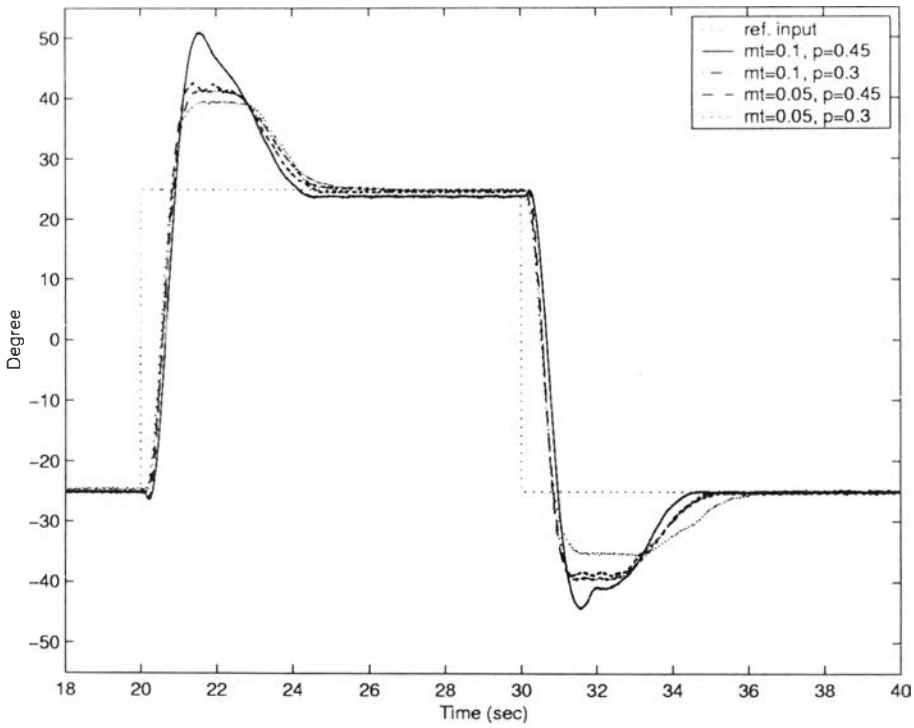
ผลการทดลองประกอบด้วย ผลจากการควบคุมวิธีเอชอินฟินิตี้เป็นดังรูปที่ 6.2 แสดงตำแหน่งมุมที่ปลายแขนของระบบทั้ง 4 กรณี และรูปที่ 6.3 แสดงค่าผิดพลาดของระบบทั้ง 4 กรณี ผลจากการควบคุมด้วยวิธีการสังเคราะห์มิวที่สอดคล้องกับเงื่อนไขสมรรถนะคงทนเป็นดังรูปที่ 6.4 แสดงตำแหน่งที่ปลายแขนของระบบทั้ง 4 กรณี และรูปที่ 6.5 แสดงตำแหน่งค่าผิดพลาดของระบบทั้ง 4 กรณี และผลจากการสังเคราะห์มิวที่สอดคล้องกับเงื่อนไขสมรรถนะคงทนสองเงื่อนไขเป็นดังรูปที่ 6.6 แสดงตำแหน่งมุมที่ปลายแขนของระบบทั้ง 4 กรณี และรูปที่ 6.7 แสดงค่าผิดพลาดของระบบทั้ง 4 กรณี ผลการทดลองจริงที่ได้จากการควบคุมทั้ง 3 วิธี มีลักษณะคล้ายคลึงกับผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์ นั่นหมายความว่าการออกแบบตัวควบคุมสามารถนำไปใช้ได้จริง จากผลการทดลองที่ได้จากการควบคุมวิธีเอชอินฟินิตี้ จะเห็นว่าระบบมีค่าผิดพลาดที่สถานะอยู่ตัวน้อยมาก ทั้งนี้เนื่องจากตัวควบคุมเอชอินฟินิตี้มีขั้วใกล้ศูนย์อยู่หนึ่งตัว ซึ่งเกิดจากการที่ตัวควบคุมมีความอนุรักษ์ การกำหนดฟังก์ชันน้ำหนักสมรรถนะให้มีขั้วใกล้ศูนย์ จะทำให้ตัวควบคุมเอชอินฟินิตี้มีขั้วใกล้ศูนย์ด้วย ต่างจากการควบคุมที่ได้จากวิธีการสังเคราะห์มิวที่ไม่มีขั้วที่ศูนย์ เนื่องจากในขั้นตอนการออกแบบ การสังเคราะห์มิวทราบว่าระบบมีขั้วที่ศูนย์แล้วจึงไม่พยายามให้ตัวควบคุมมีขั้วที่ศูนย์อีก เพื่อการปรับปรุงสมรรถนะในส่วนอื่น แต่ในความเป็นจริงระบบยังมีความไม่แน่นอนที่ไม่ได้คาดไว้อีก อาทิเช่น ความไม่เป็นเชิงเส้นของระบบ, เขตไร้ผลตอบสนอง (dead zone) ของ

มอเตอร์ หรือความผิดพลาดจากการวัดสัญญาณ สาเหตุต่างๆนี้อาจทำให้ผลที่ได้จากการสังเคราะห์มิว มีค่าผิดพลาดที่สถานะอยู่ตัว หรือผลจำลองทางคอมพิวเตอร์และผลการทดลองจริงไม่ตรงกัน ข้อสังเกตพิจารณากรณีที่ 1 และกรณีที่ 3 จากผลการทดลองดังรูปที่ 6.2, 6.4 และ 6.6 มีลักษณะพุ่งใต้ (undershoot) แสดงให้เห็นว่า หากตำแหน่งมวลโหลดมีค่ามาก จะทำให้ระบบแสดงลักษณะเฟสไม่ต่ำสุด (non-minimum phase) ซึ่งแสดงลักษณะความไม่แน่นอนที่ไม่ได้คาดการณ์ไว้

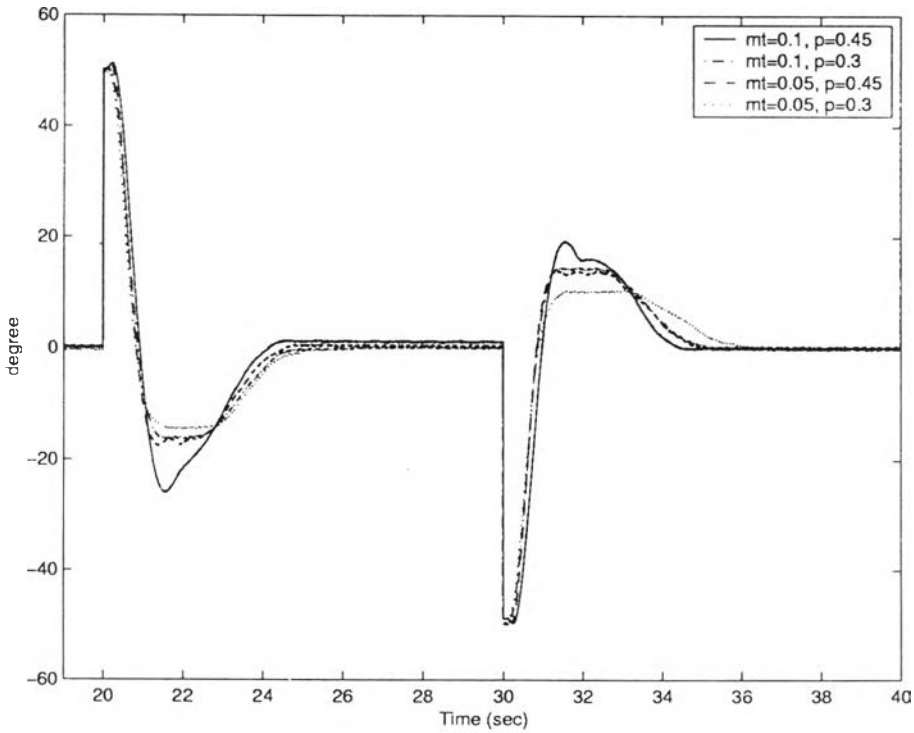
จากรูปที่ 6.8 แสดงขนาดสัญญาณตัวขับเร้า จะเห็นว่าขนาดสัญญาณที่เกิดจากวิธีการสังเคราะห์มิวที่สอดคล้องกับเงื่อนไขสมรรถนะคงทนเงื่อนไขเดียว มีค่าเป็น 5 โวลต์ ซึ่งเราคาดว่าสัญญาณควบคุมควรมีขนาดเกิน 5 โวลต์เล็กน้อย ดังจะเห็นได้จากผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในการทดลองจริงมีความไม่แน่นอนที่ไม่ได้คาดไว้ดังที่กล่าวไว้แล้วข้างต้น ทำให้ขนาดสัญญาณควบคุมมีขนาดเล็กลง แต่อย่างไรก็ตามหากเราไม่พิจารณาขอบเขตสัญญาณควบคุม อาจทำให้ระบบไม่มีเสถียรภาพหรือมีสมรรถนะไม่ตรงตามที่ต้องการได้ สำหรับผลตอบที่ได้จากการสังเคราะห์มิวที่สอดคล้องเงื่อนไขสมรรถนะคงทนทั้งสอง มีขนาดสัญญาณควบคุมไม่เกิน 5 โวลต์ดังรูปที่ 6.9 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องระหว่างการทดลองจริงกับการจำลองผลทางคอมพิวเตอร์

6.3 สรุป

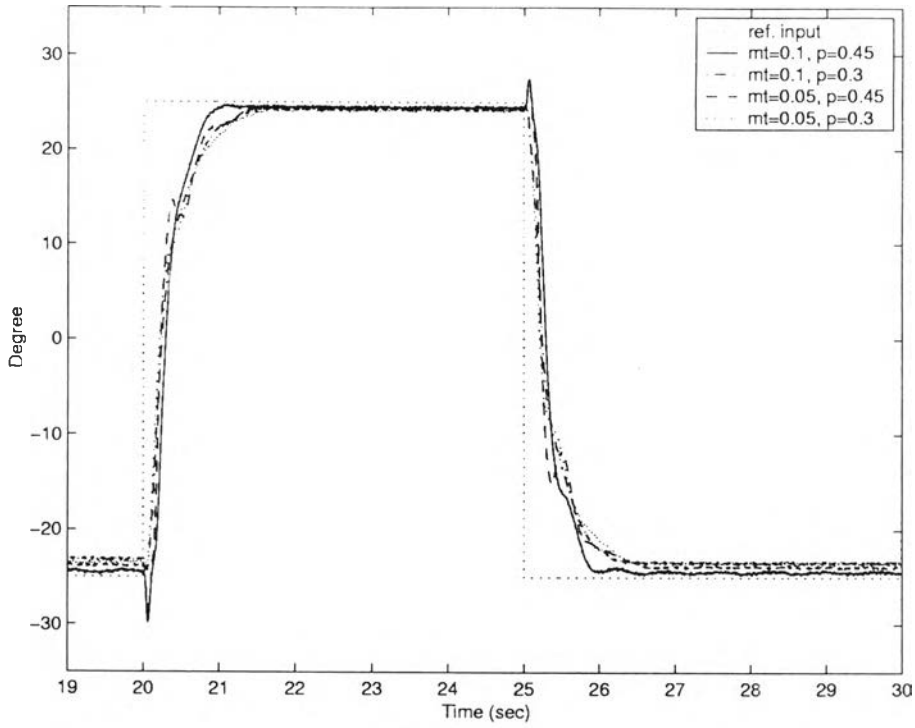
เราได้นำตัวควบคุมคงทนมาประยุกต์ใช้กับชุดทดลองได้จริง ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองจริงสอดคล้องและมีลักษณะใกล้เคียงกับผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์ นั่นหมายความว่าเราสามารถประยุกต์ตัวควบคุมคงทนมาใช้กับระบบจริงได้ อย่างไรก็ตามความไม่เป็นเชิงเส้นหรือความไม่แน่นอนที่ไม่ได้คาดไว้ มีผลทำให้ผลตอบระหว่างการจำลองผลทางคอมพิวเตอร์และผลจากการทดลองจริงแตกต่างกัน



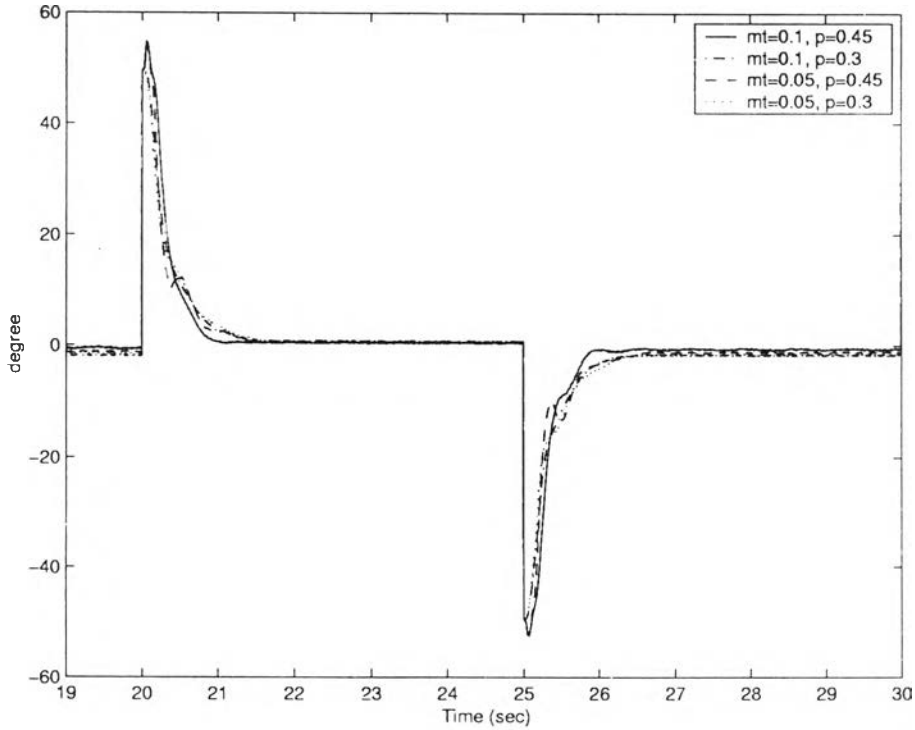
รูปที่ 6.2: มุมที่ปลายแขนจากการควบคุมเอชอินฟินิตี้ทั้ง 4 กรณี



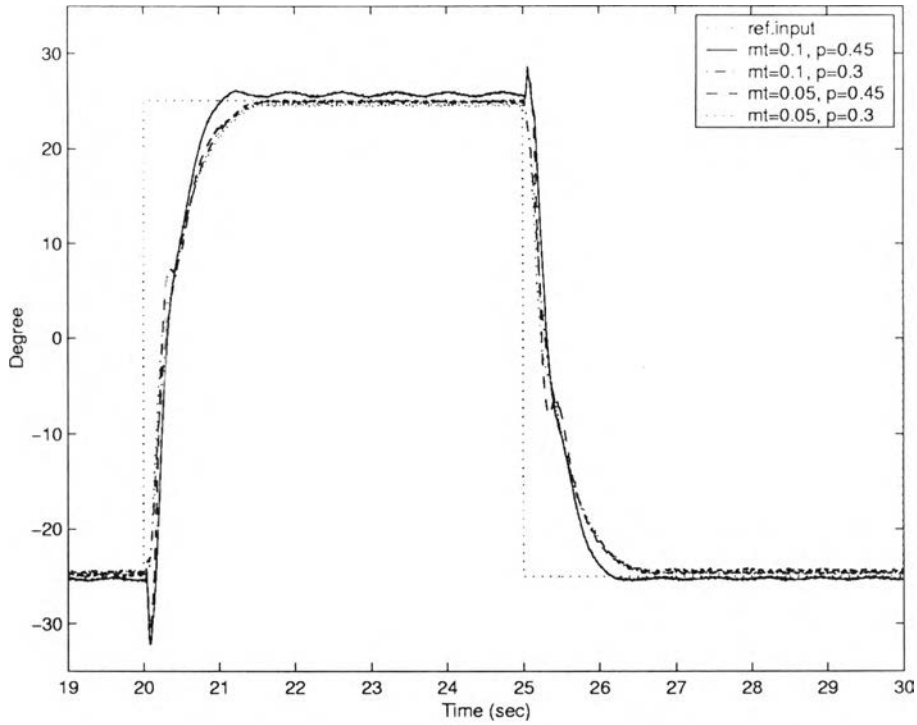
รูปที่ 6.3: ค่าผิดพลาดจากการควบคุมเอชอินฟินิตี้ทั้ง 4 กรณี



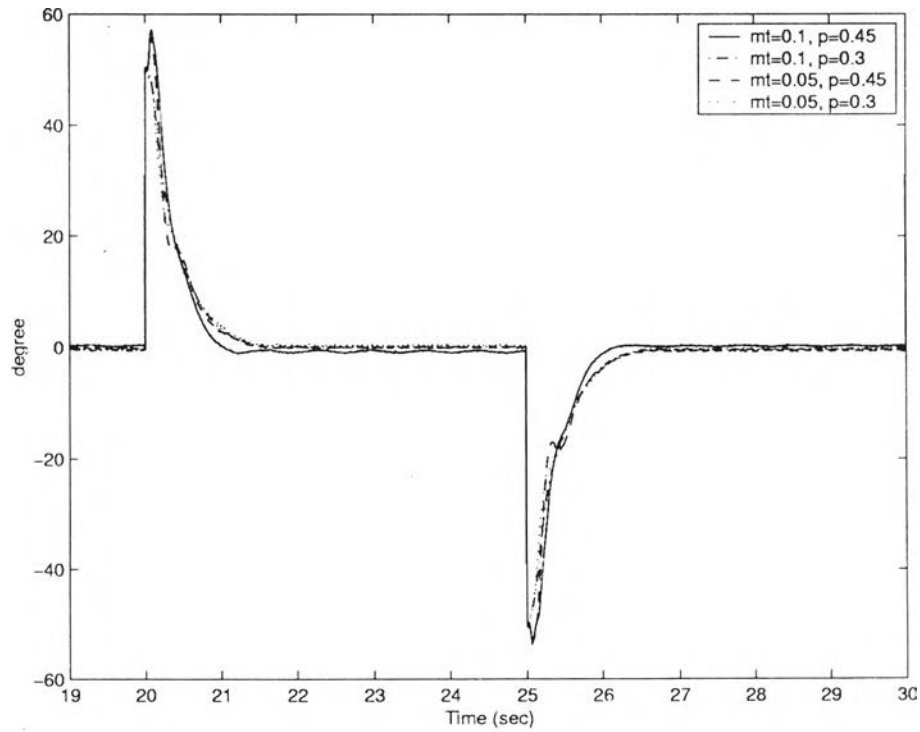
รูปที่ 6.4: มุมที่ปลายแขนจากการสังเคราะห์มิวที่สอดคล้องหนึ่งเงื่อนไขทั้ง 4 กรณี



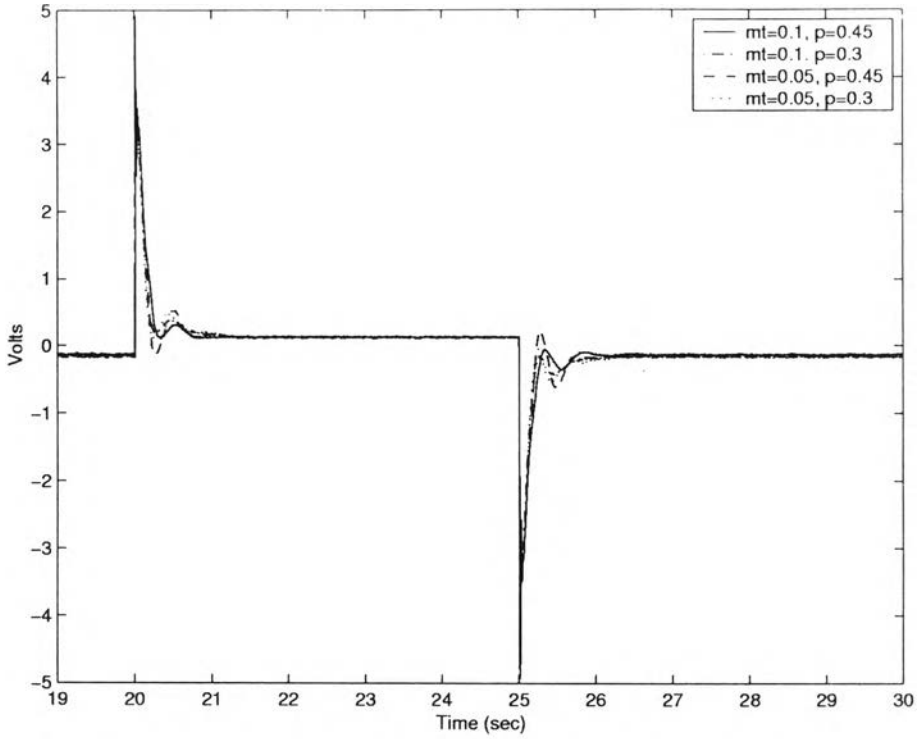
รูปที่ 6.5: ค่าผิดพลาดจากการสังเคราะห์มิวที่สอดคล้องหนึ่งเงื่อนไขทั้ง 4 กรณี



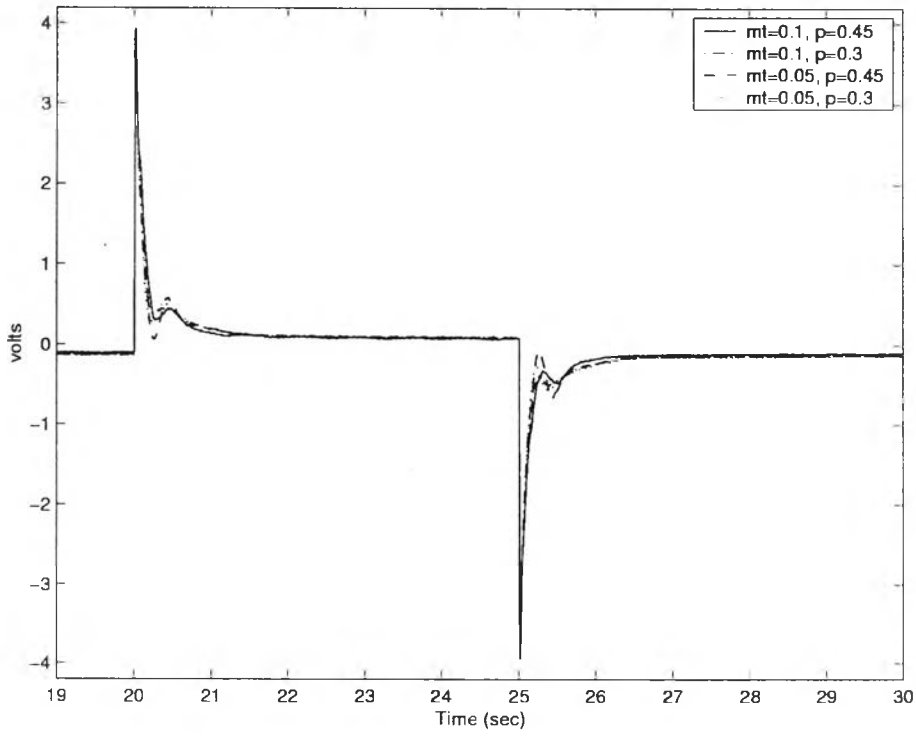
รูปที่ 6.6: มุมที่ปลายแขนจากการสังเคราะห์มิวที่สอดคล้องสองเงื่อนไขทั้ง 4 กรณี



รูปที่ 6.7: ค่าผิดพลาดจากการสังเคราะห์มิวที่สอดคล้องสองเงื่อนไขทั้ง 4 กรณี



รูปที่ 6.8: สัญญาณควบคุมจากการสังเคราะห์มิวที่สอดคล้องหนึ่งเงื่อนไขทั้ง 4 กรณี



รูปที่ 6.9: สัญญาณควบคุมจากการสังเคราะห์มิวที่สอดคล้องสองเงื่อนไขทั้ง 4 กรณี