# บทที่ 4

# การทดลองและผลลัพธ์

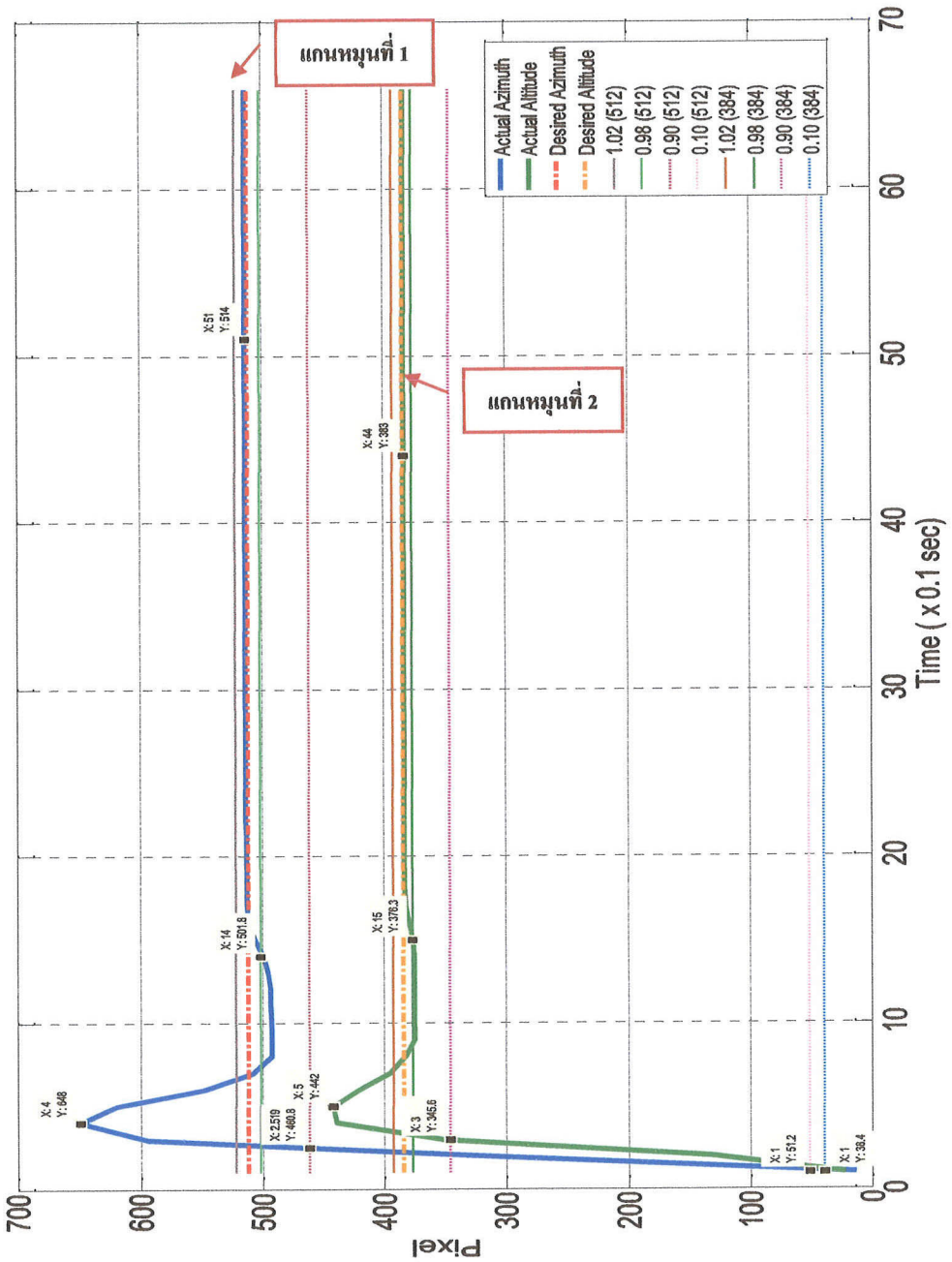
ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลอง การทำงานของระบบติดตามดวงอาทิตย์และระบบสะท้อนแสง อาทิตย์ โดยแบ่งการทดลองออกเป็นสองส่วนคือ ในส่วนแรกจะทำการทดลองการทำงานของระบบติดตามดวงอาทิตย์ เพื่อศึกษาผลตอบสนองของระบบและทดสอบว่าระบบติดตามดวงอาทิตย์ที่ได้สร้างขึ้นมาสามารถติดตามดวงอาทิตย์ได้จริงหรือไม่ ส่วนการทดลองที่สองจะทำการทดลองระบบติดตามดวงอาทิตย์และระบบสะท้อนแสงอาทิตย์เพื่อทดสอบการทำงานระบบติดตามดวงอาทิตย์และระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ที่ได้สร้างขึ้นมา

## 4.1 การทดลองการทำงานของระบบติดตามดวงอาทิตย์

### 4.1.1 การทดลองศึกษาผลตอบสนองของระบบ

การทดลองนี้ จะใช้หลอดไฟแทนดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นการทดลองเพื่อที่จะดูการตอบสนองของระบบและความแม่นยำในการติดตาม โดยในการทดลองจะใช้การควบคุมระบบติดตามดวงอาทิตย์เช่นเดียวกับหัวข้อที่ 3.3 และในการทดลองจะใช้หลอดไส้เกลียว Hitachi 220 โวลท์ 25 วัตต์ ค่าความสว่าง 220 lm เป็นตัวส่อง ในการทดลองจะเริ่มต้นให้ตำแหน่งกึ่งกลางภาพของดวงไฟที่ได้จากกล้องดิจิตอลอุตสาหกรรมอยู่ที่ตำแหน่ง x = 13, y = 22 โดยมีเป้าหมายต้องการให้ตำแหน่งกึ่งกลางภาพดวงไฟอยู่ที่ตำแหน่ง x = 512, y = 384 ในการทดลองนี้ใช้การควบคุมแบบพีไอดี โดย

จะกำหนดค่า พารามิเตอร์ดังนี้ แกนหมุนที่ 1 กำหนดให้ Kc = 0.008, Ti = 2000, Td = 0.001 และแกนหมุนที่ 2 กำหนดให้ Kc = 0.010, Ti = 1500, Td = 0.001 ผลการทดลองการทำงานของระบบติดตามดวงอาทิตย์เพื่อศึกษาผลตอบสนองของระบบแสดงดังรูปที่ 4.1

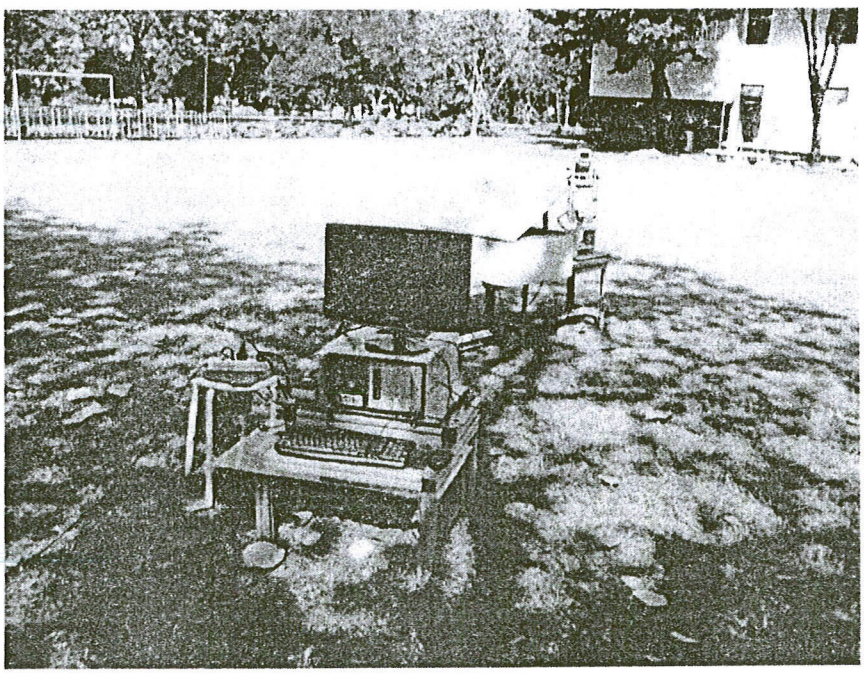



รูปที่ 4.1 ลักษณะการตอบสนองของระบบโดยใช้หลอดไฟ

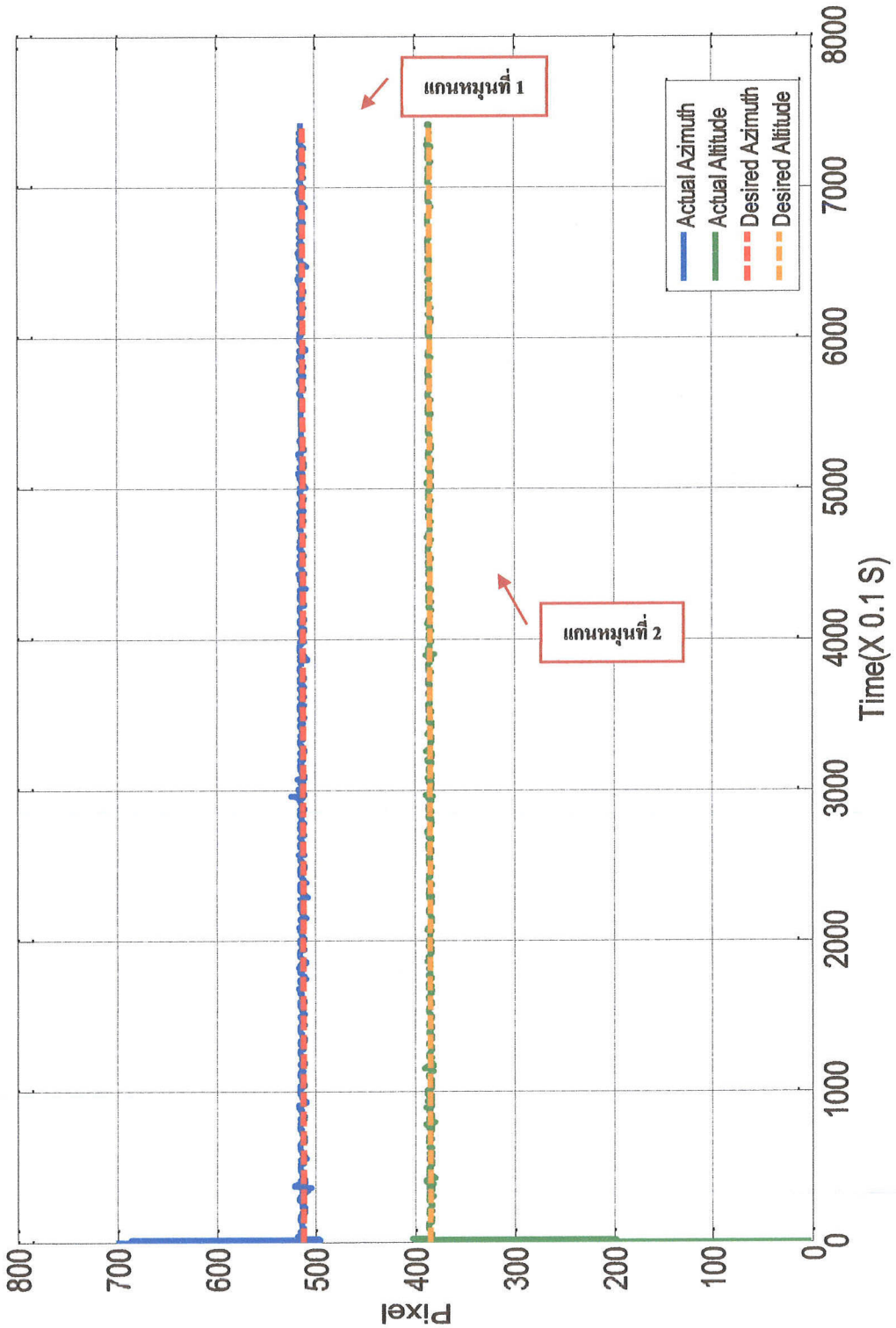
กราฟลักษณะการตอบสนองของระบบโดยใช้หลอดไฟเป็นตัวส่อง ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งกึ่งกลางของภาพดวงไฟกับเวลา จากกราฟพบว่า ทั้งสองแกนจะมีระยะเวลาการเข้าสู่สภาวะคงตัวที่ใกล้เคียงกัน โดยในแกนหมุนที่ 1 จะเกิดการเคลื่อนที่ออกจากจุดศูนย์กลางมากกว่าแกนหมุนที่ 2 แต่ตัวควบคุมยังสามารถเลื่อนให้ตำแหน่งกึ่งกลางของดวงไฟอยู่ ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของข้อมูลภาพได้ คือ แกนหมุนที่ 1 อยู่ ณ ตำแหน่ง 512 และแกนหมุนที่ 2 อยู่ ณ ตำแหน่ง 384 เมื่อพิจารณากราฟ จะได้ผลการทดลอง แกนหมุนที่ 1 Peak time ($T_p$) = 0.4 sec, Settling time ($T_s$) = 1.4 sec (คิดที่ $\pm$ 2%), Rise time ($T_r$) = 0.15 sec, Percent overshoot (%OS) = 26.56 % และ แกนหมุนที่ 2 จะได้ Peak time ($T_p$) = 0.5 sec, Settling time ($T_s$) = 1.5 sec (คิดที่ $\pm$ 2%), Rise time ($T_r$) = 0.2 sec, Percent overshoot (%OS) = 15.10%

4.1.2 การทดลองติดตามดวงอาทิตย์

การทดลองติดตามดวงอาทิตย์เป็นการทดลองเพื่อทดสอบว่าระบบติดตามดวงอาทิตย์ที่ได้สร้างขึ้นมา สามารถติดตามดวงอาทิตย์ได้จริงหรือไม่และมีความคลาดเคลื่อนเท่าไร ซึ่งในการทดลองจะติดฟิล์มกรองแสงยี่ห้อ Hi Kool รุ่น R65 จำนวน 6 ชั้นที่หน้าเลนส์กล้องดิจิตอลอุตสาหกรรมเพื่อลดความเข้มของแสง ในการทดลองนี้ใช้การควบคุมแบบพีไอดี โดยจะกำหนดค่าพารามิเตอร์ดังนี้ แกนหมุนที่ 1 กำหนดให้ Kc = 0.008, Ti = 2000, Td = 0.001 และแกนหมุนที่ 2 กำหนดให้ Kc = 0.010, Ti = 1500, Td = 0.001 ผลการทดลองการทำงานของระบบติดตามดวงอาทิตย์ แสดงดังรูปที่ 4.2 และ 4.3



รูปที่ 4.2 การทดลองติดตามดวงอาทิตย์



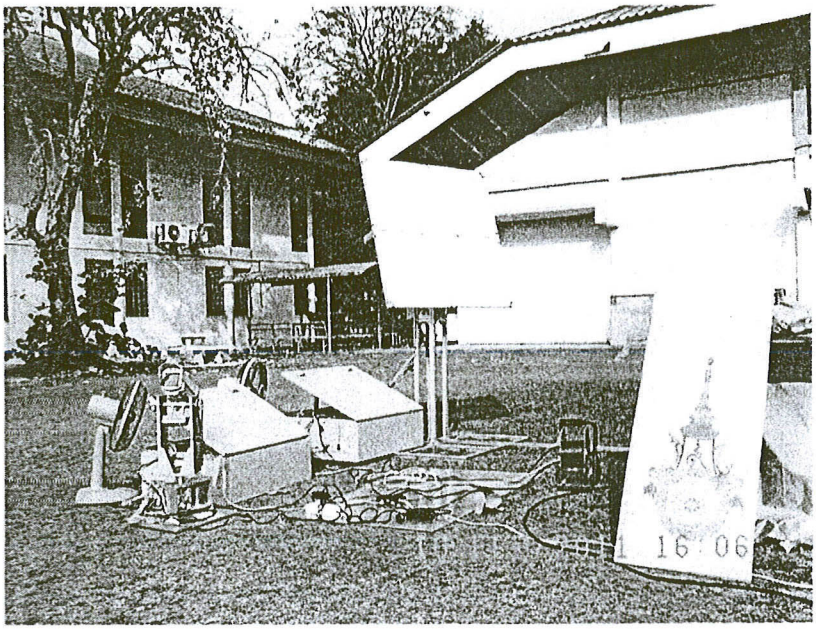

รูปที่ 4.3 ลักษณะการตอบสนองของระบบติดตามดวงอาทิตย์

การทดลองติดตามดวงอาทิตย์เพื่อทดสอบการทำงานจริงเริ่มทดลองเวลา 09.00 - 12.00 น. วันที่ 13 ธันวาคม 2553 ณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ภายใต้สภาพท้องฟ้ามีเมฆน้อยและมีดวงอาทิตย์ปรากฏตลอดวัน (Clear sky)

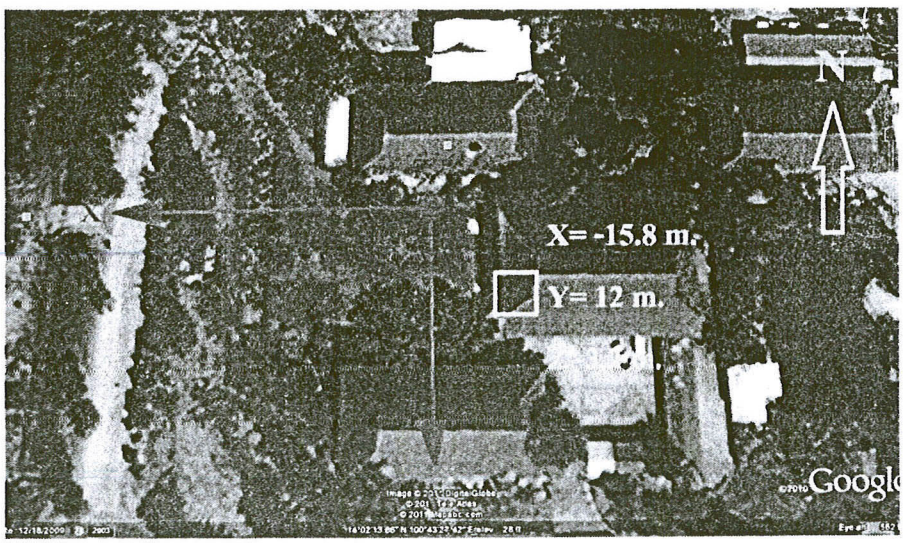
กราฟลักษณะการตอบสนองของระบบติดตามดวงอาทิตย์ ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งกึ่งกลางของภาพดวงอาทิตย์กับเวลา จากกราฟพบว่า ตัวควบคุมสามารถเลี้ยงให้ตำแหน่งกึ่งกลางภาพดวงอาทิตย์อยู่ ณ ตำแหน่งกึ่งกลางข้อมูลภาพได้ตลอดเวลาที่ทดสอบ คือ แกนหมุนที่ 1 อยู่ ณ ตำแหน่ง 512 และแกนหมุนที่ 2 อยู่ ณ ตำแหน่ง 384 โดยระบบมีความคลาดเคลื่อน ± 5 พิกเซล

4.2 การทดลองการทำงานของระบบติดตามดวงอาทิตย์และระบบสะท้อนแสงอาทิตย์

การทดลองระบบติดตามดวงอาทิตย์และระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ เป็นการนำเอาระบบติดตามดวงอาทิตย์มาทำงานร่วมกับระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ เพื่อที่จะดูว่า ระบบติดตามดวงอาทิตย์และระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ที่ได้สร้างขึ้นมาสามารถทำงานได้จริงหรือไม่ โดยในการทดลองจะใช้การควบคุมระบบติดตามดวงอาทิตย์และระบบสะท้อนแสงอาทิตย์เช่นเดียวกับหัวข้อที่ 3.9 ในระบบติดตามดวงอาทิตย์จะติดฟิล์มกรองแสงยี่ห้อ Hi Kool รุ่น R65 จำนวน 6 ชั้นที่หน้าเลนส์กล้องดิจิตอลเพื่อลดความเข้มของแสงและใช้การควบคุมแบบพีไอดี โดยจะกำหนดค่าพารามิเตอร์ดังนี้ แกนหมุนที่ 1 กำหนดให้ Kc = 0.008, Ti = 2000, Td = 0.001 และแกนหมุนที่ 2 กำหนดให้ Kc = 0.010, Ti = 1500, Td = 0.001 ส่วนระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ ใช้การควบคุมแบบพีไอดี ที่อยู่ภายในตัวขับมอเตอร์ ดังนั้นในการควบคุมการหมุนของมอเตอร์ของระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ จะใช้สัญญาณพัลส์ (Pulse) ที่มี Frequency = 100 Hz และ Duty cycle = 50% โดยที่สัญญาณ 1 พัลส์ จะเท่ากับมอเตอร์หมุนได้ 1 สเต็ปของตัวเอ็นโคเดอร์ โดยมีเป้าหมายของการสะท้อนแสงอาทิตย์อยู่ที่ $V_T = -15.8\,i + 12j + 3.2k$ เมตร เมื่อเทียบกับระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ ผลการทดลองการทำงานของระบบติดตามดวงอาทิตย์และระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ แสดงดังรูปที่ 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8 และ 4.9



รูปที่ 4.4 การทดลองระบบติดตามดวงอาทิตย์และระบบสะท้อนแสงอาทิตย์




รูปที่ 4.5 ระนาบของระบบสะท้อนแสงอาทิตย์และตำแหน่งเป้าหมายของการทดลอง

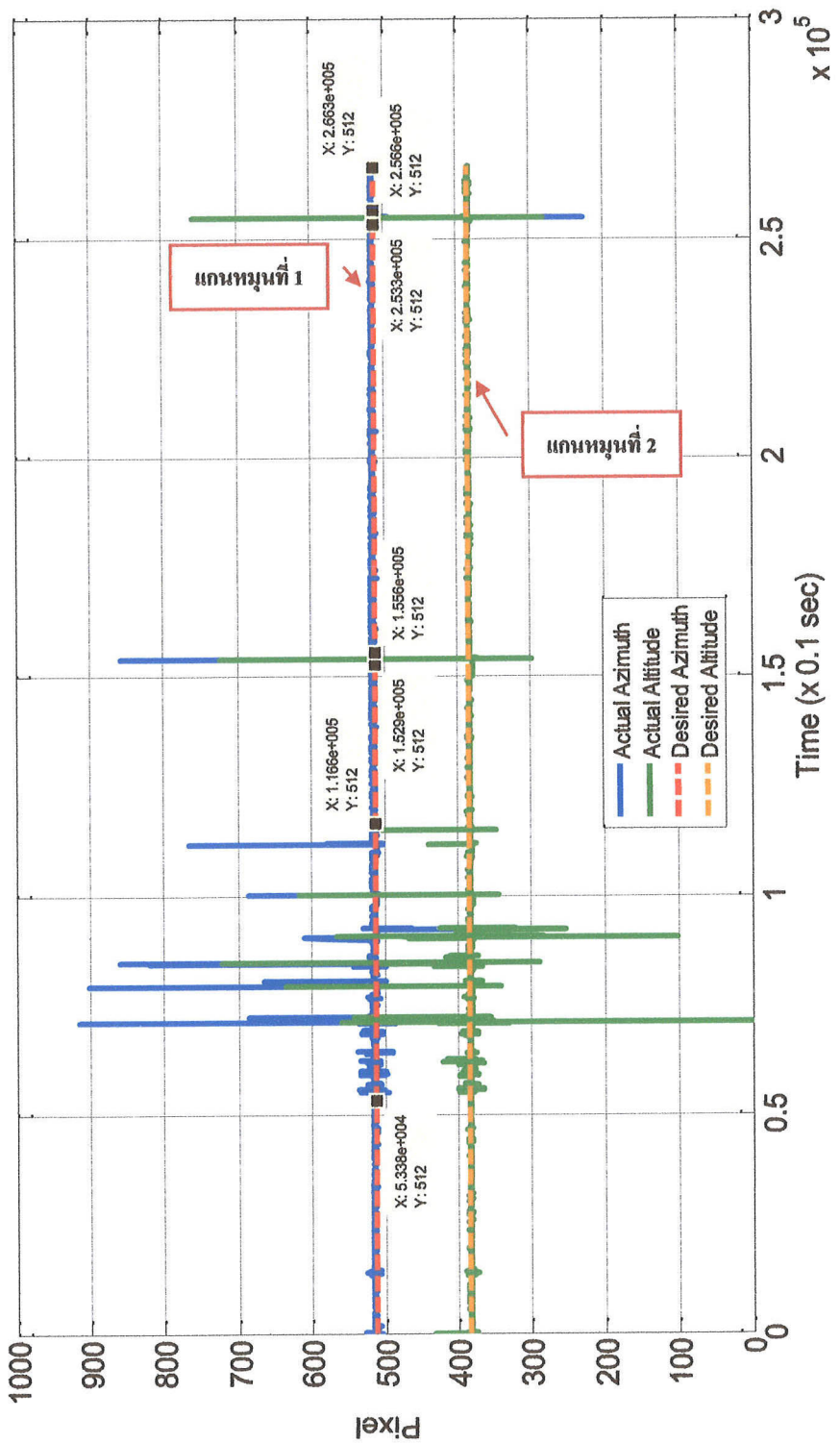
เป้าหมาย
การทดลอง

รูปที่ 4.6 เป้าหมายการทดลอง

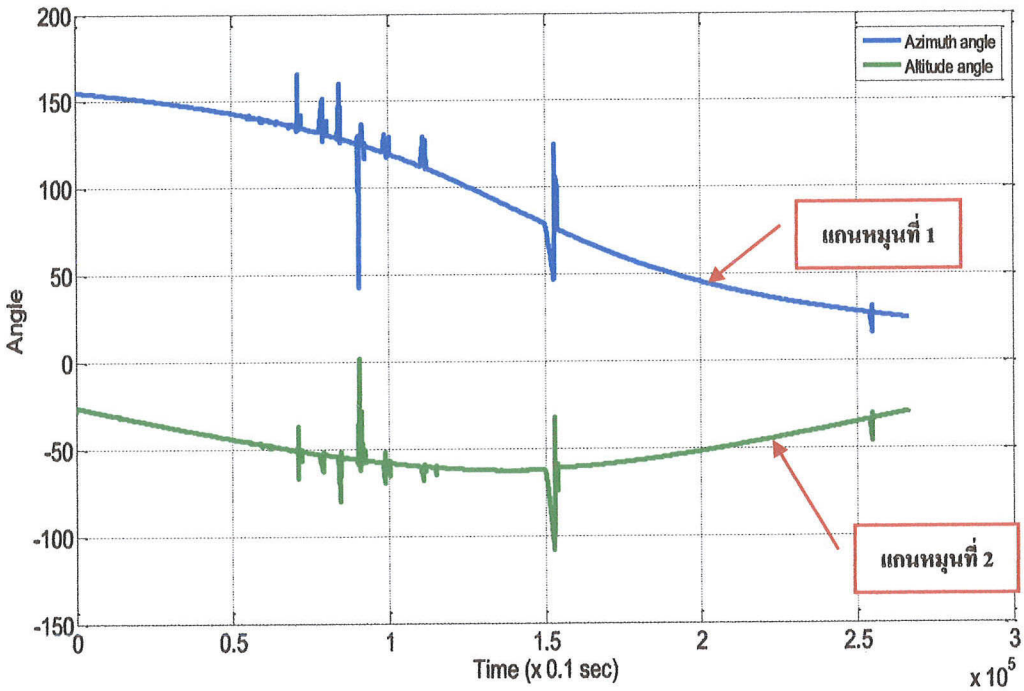
รูปที่ 4.8 กราฟผลการทดลองระบบติดตามดวงอาทิตย์ ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งกึ่งกลางของภาพดวงอาทิตย์กับเวลา จากกราฟพบว่า ณ ช่วงเวลาเริ่มต้นทดสอบ – วินาทีที่ 5,338 , วินาทีที่ 11,660 – วินาทีที่ 15,290 , วินาทีที่ 15,560 – วินาทีที่ 25,330 และ วินาทีที่ 25,660 – วินาทีที่ 26,630 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีดวงอาทิตย์ปรากฏ ณ ช่วงเวลาดังกล่าวตัวควบคุมสามารถเลี้ยงให้ตำแหน่งกึ่งกลางของภาพดวงอาทิตย์อยู่ ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของข้อมูลภาพได้ คือ แกนหมุนที่ 1อยู่ ณ ตำแหน่ง 512 และแกนหมุนที่ 2 อยู่ ณ ตำแหน่ง 384 แต่ในช่วงเวลา วินาทีที่ 5,338 - วินาทีที่ 11,660 , วินาทีที่ 15,290 - วินาทีที่ 15,560 และวินาทีที่ 25,330 - วินาทีที่ 25,660 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีเมฆเคลื่อนที่มาบังดวงอาทิตย์ ทำให้ตัวควบคุมไม่สามารถเลี้ยงให้ตำแหน่งกึ่งกลางของภาพดวงอาทิตย์อยู่ ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของข้อมูลภาพได้ ทำให้ระบบเคลื่อนที่ออกจากตำแหน่งกึ่งกลางข้อมูลภาพมาก

รูปที่ 4.9 กราฟผลการทดลองระบบติดตามดวงอาทิตย์ ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมุมการหมุนมอเตอร์กับเวลา จากกราฟพบว่า ในช่วงเวลาที่มีดวงอาทิตย์ปรากฏ ตัวควบคุมสามารถควบคุมมุมการหมุนของมอเตอร์ให้ติดตามดวงอาทิตย์ได้ แต่ในช่วงเวลาที่มีเมฆเคลื่อนที่มาบังดวงอาทิตย์ ตัวควบคุมไม่สามารถควบคุมมุมการหมุนของมอเตอร์ให้ติดตามดวงอาทิตย์ได้

รูปที่ 4.7 ผลการทดลองระบบติดตามดวงอาทิตย์และระบบสะท้อนแสงอาทิตย์

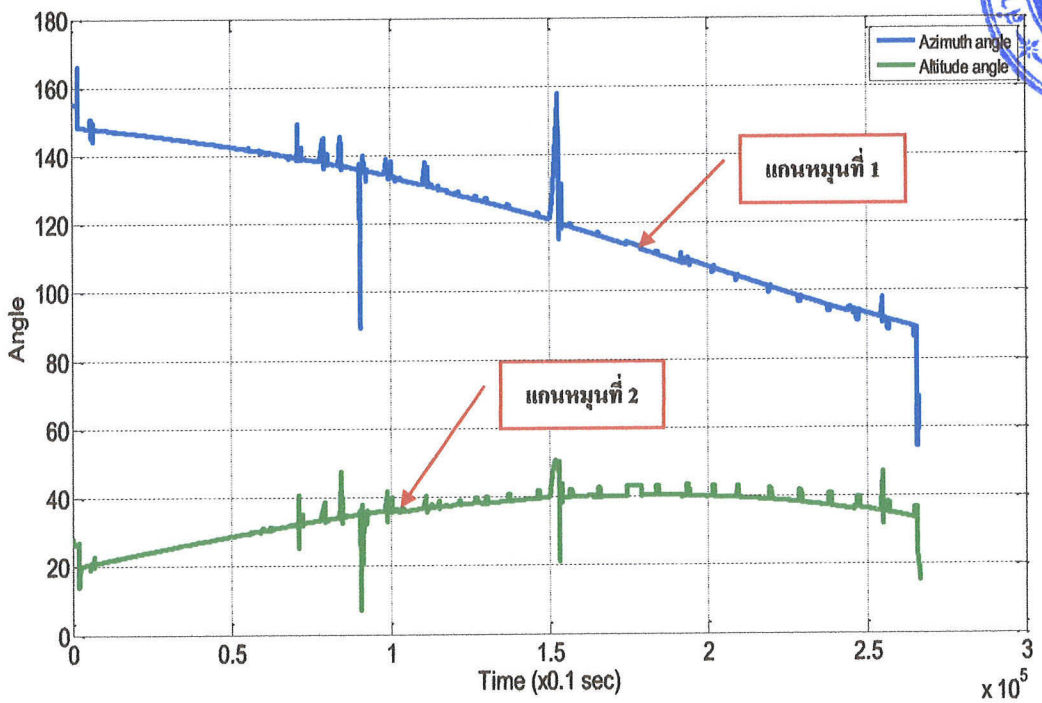



รูปที่ 4.8 ผลการทดลองระบบติดตามดวงอาทิตย์




รูปที่ 4.9 ผลการทดลองระบบติดตามดวงอาทิตย์ระหว่างมุมการหมุนของมอเตอร์กับเวลา

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย




รูปที่ 4.10 ผลการทดลองระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ระหว่างมุมการหมุนของมอเตอร์กับเวลา

การทดลองการทำงานของระบบติดตามดวงอาทิตย์และระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ เพื่อทดสอบการทำงานจริงเริ่มทดลองเวลา 09.00 - 16.00 น. วันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2554 ณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ภายใต้สภาพท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน (Partly cloudy sky)

รูปที่ 4.10 กราฟผลการทดลองระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมุมการหมุนของมอเตอร์กับเวลา พบว่า ในช่วงเวลาที่มีดวงอาทิตย์ปรากฏ ตัวควบคุมสามารถควบคุมมุมการหมุนมอเตอร์เพื่อขับเคลื่อนโครงสร้างให้สามารถสะท้อนแสงอาทิตย์ไปยังตำแหน่งเป้าหมายได้ แต่ในบางช่วงเวลาที่มีเมฆเคลื่อนที่มาบังดวงอาทิตย์ ตัวควบคุมไม่สามารถควบคุมมุมการหมุนของมอเตอร์ เพื่อขับเคลื่อนโครงสร้างให้สามารถสะท้อนแสงอาทิตย์ไปยังตำแหน่งเป้าหมายได้ โดยระบบสะท้อนแสง อาทิตย์มีความคลาดเคลื่อนมากที่สุด ± 0.5 เมตร