หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

บทวิเคราะห์ผลการทดลอง

ภายหลังจากการทดลองแล้ว ลองมาพิจารณาย้อนกลับไปที่โปรแกรมการคำนวณหาค่าขนาดของสัญญาณควบคุมที่จะส่งออกไปควบคุม ซึ่งเป็นไปตามสมการดังนี้

$$\text{ทอร์คที่ภาระ} = K_p*(\text{position error}) - K_d*(\text{velocity}) \quad \text{.....(6.1)}$$

$$\text{ทอร์คที่มอเตอร์} = (\text{ทอร์คที่ภาระ} + \text{offset})/\text{gain} \quad \text{.....(6.2)}$$

$$\text{แรงดันไฟฟ้าที่มอเตอร์} = \text{ทอร์คที่มอเตอร์}*19.95845556 \quad \text{.....(6.3)}$$

$$\text{แรงดันไฟฟ้าที่คอมพิวเตอร์} = (\text{แรงดันไฟฟ้าที่มอเตอร์} + \text{offset})/\text{gain} + \text{back e.m.f.} \quad \text{.....(6.4)}$$

นอกจากขนาดของสัญญาณควบคุมแล้ว ในการสั่งให้ระบบเคลื่อนที่ไปตามทางเดินต่างๆจำเป็นจะต้องมีการหาตำแหน่งอ้างอิงนั้นๆก่อน ซึ่งตำแหน่งเหล่านั้นจะเปลี่ยนไปทุกๆคาบเวลาในการสุ่มค่า(sampling period) ขนาดความยาวของระยะทางแต่ละช่วงจะมีค่าเท่ากัน โดยขนาดความยาวของระยะทางจะมีค่าดังนี้

$$\Delta d = \text{ความเร็วของทางเดิน} * \text{คาบเวลาในการสุ่มค่า} \quad \text{.....(6.5)}$$

และต่อไปนี้จะเป็นการพิจารณาถึงผลกระทบต่างๆที่เกิดขึ้นกับระบบงานกล

- ผลกระทบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงภาระ
- ผลกระทบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความเร็ว
- ผลกระทบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทิศทางการเคลื่อนที่
- ผลกระทบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงคาบเวลาในการสุ่มค่า
- ผลกระทบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงค่า weighting factor ในสมการ (3.4)

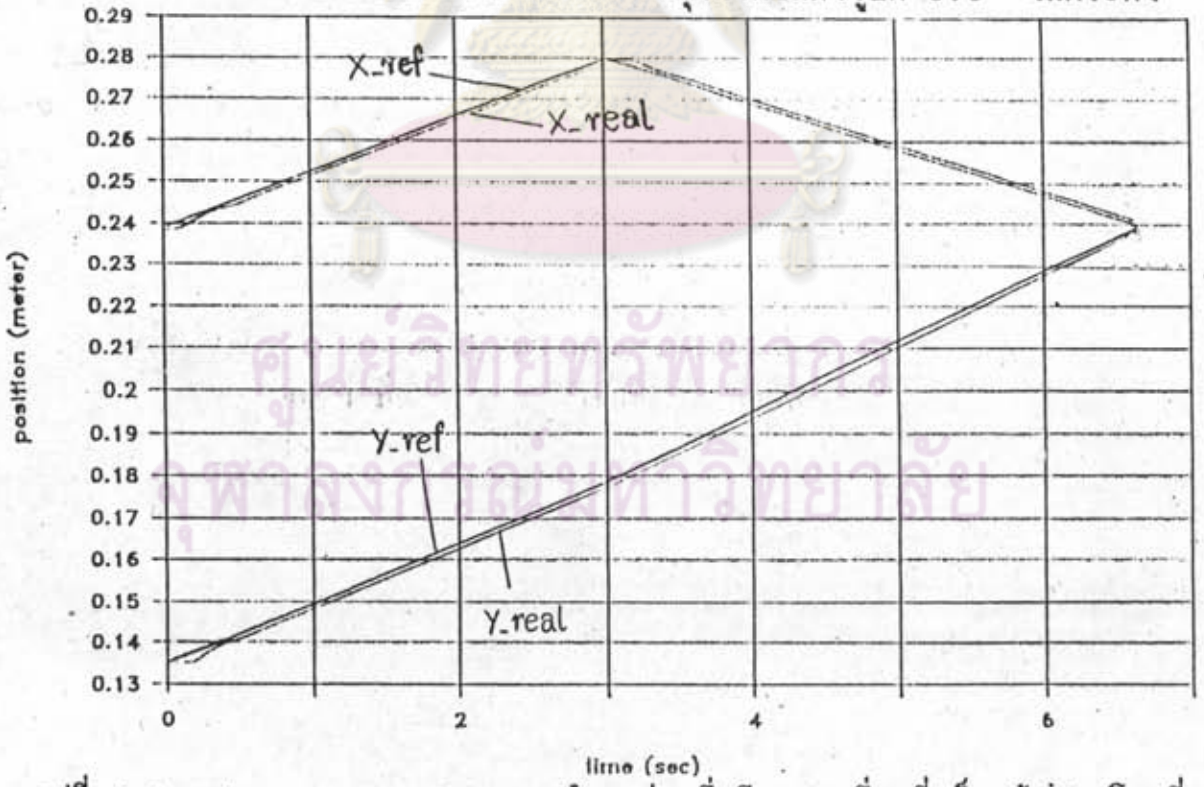
ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลกระทบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงภาระ

ในการขับเคลื่อนของโต๊ะตัดแผ่นเหล็กด้วยเปลวไฟ ตัวโครง(frame) ซึ่งเป็นตัวขับเคลื่อนนั้นจะเป็นตัวรับน้ำหนักภาระ และน้ำหนักของตัวโครงเอง ดังนั้น ในการขับเคลื่อนนี้จึงจำเป็นที่จะต้องเอาชนะแรงเสียดทานสถิตย์ ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากน้ำหนักของตัวโครง และน้ำหนักของภาระซึ่งเป็นไปตามสมการที่ 6.6

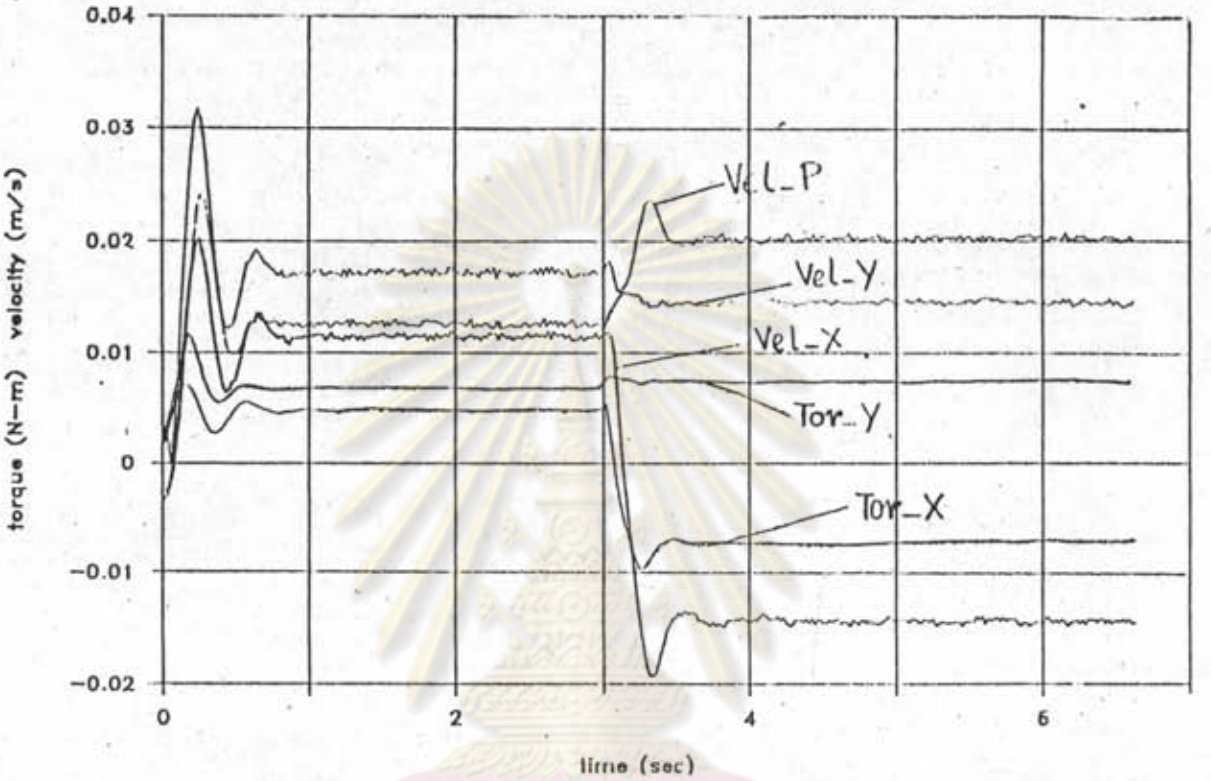
$$F_s = \mu mg \qquad \text{.....(6.6)}$$

พิจารณารูปที่ 6.1 และรูปที่ 6.2 ซึ่งแสดงผลการตอบสนองของตำแหน่ง ความเร็ว และทอร์ค เทียบกับ เวลา เมื่อไม่ มีภาระตามลำดับ โดยที่ค่า weighting factor มีค่า 25000000 , 4400 และ 1 ตามลำดับ มีค่า poles อยู่ที่ -24.8 ± 108.6 i ที่ความเร็ว 0.02 m/s ฉะนั้น เมื่อตอนเริ่มการขับเคลื่อนต้องใช้พลังงานในการขับเคลื่อนค่อนข้างสูง ทั้งนี้เป็นผลมาจากค่าความเสียดทานสถิตย์ ทำให้ช่วงแรกของการเคลื่อนที่นั้นหยุดนิ่งก่อนดังรูปที่ 6.1 จนกระทั่ง



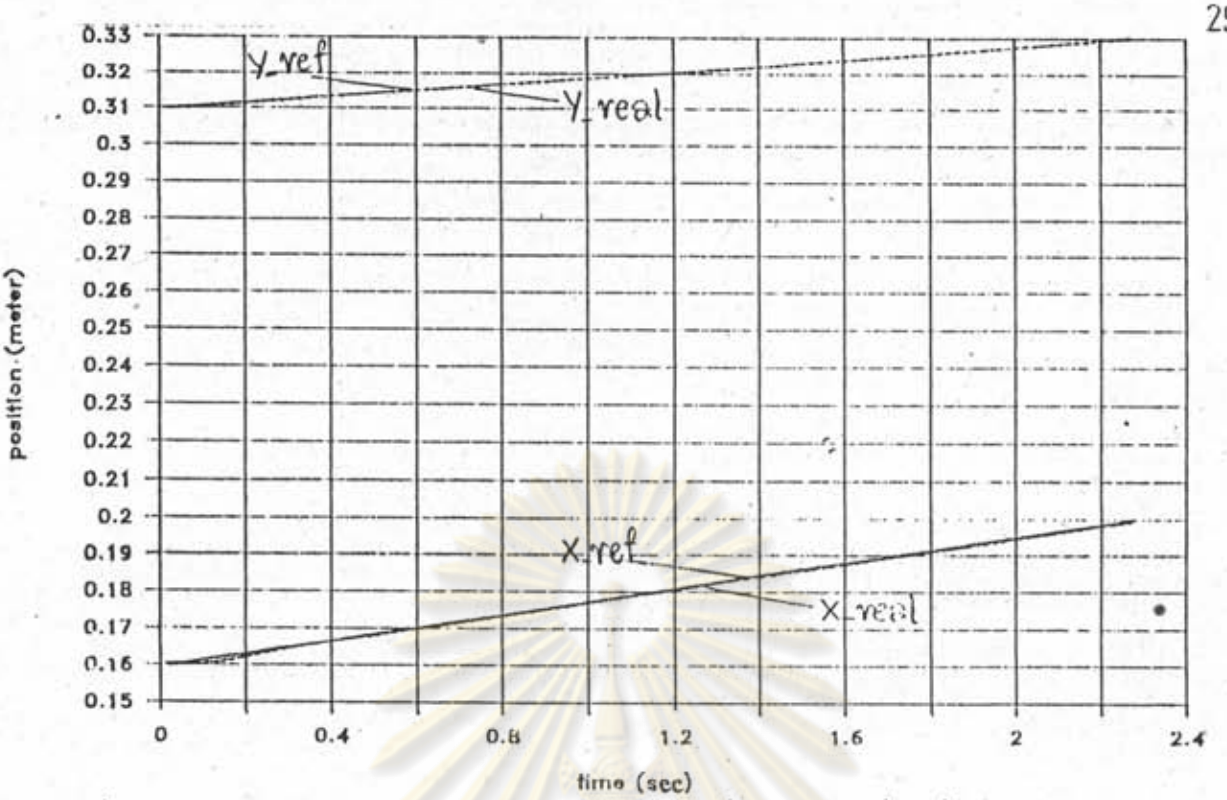
รูปที่ 6.1 แสดงผลการตอบสนองของตำแหน่งเมื่อมีการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงโดยที่ q_1 = 25000000 q_4 = 4400 R_w = 1 ที่ความเร็ว 0.02 m/s มี poles อยู่ที่ -24.8 ± 108.6 i

ค่าของทอร์คที่ใช้ขับมอเตอร์มีค่ามากเพียงพอที่จะเอาชนะแรงเสียดทานสถิตย์ได้ ระบบงานกลนี้จึงจะเคลื่อนที่ และจะเกิดการกระชากของความ เร็วและทอร์ค ดังรูปที่ 6.2

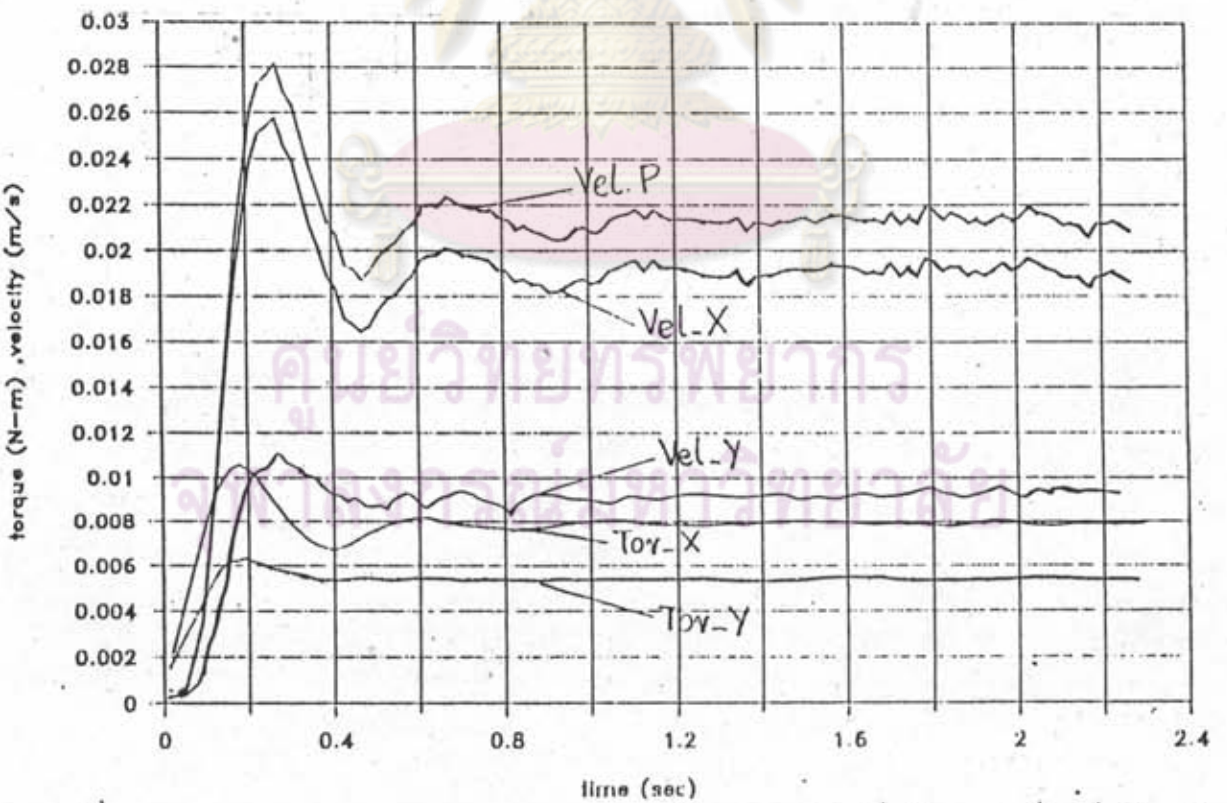


รูปที่ 6.2 แสดงผลการตอบสนองของความเร็วและทอร์คเมื่อเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงและไม่มีภาระ เมื่อ q_1 = 25000000 q_4 = 4400 และ R_w = 1 ที่ความเร็ว 0.02 m/s มี poles อยู่ที่ -24.8 ± 108.6 i

และเมื่อมีการพิจารณารูปที่ 6.3 และรูปที่ 6.4 ซึ่งแสดงผลการตอบสนองของตำแหน่ง ความเร็ว และทอร์ค เทียบกับเวลา ในขณะที่มีภาระ 2 kg โดยที่มีค่า weighting factor เป็น 25000000 , 4400 และ 1 ตามลำดับ มีค่า poles อยู่ที่ -24.8 ± 108.6 i ที่ความเร็ว 0.02 m/s จะเห็นได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบรูปที่ 6.1 กับรูปที่ 6.3 และรูปที่ 6.2 กับรูปที่ 6.4 จะพบว่า เมื่อมีภาระเพิ่มขึ้น ค่าแรงเสียดทานสถิตย์ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งเป็นไปตามสมการที่ 6.6 ทำให้ต้องใช้ทอร์คในการขับเคลื่อนเพิ่มมากขึ้น และทำให้เกิดมี เวลาหน่วง (time delay) ที่ยาวขึ้น และการกระชากของความเร็วและทอร์คในรูปที่ 6.4 ก็จะเพิ่มสูงขึ้นด้วย เป็นผลให้ความผิดพลาดของตำแหน่งเพิ่มขึ้น



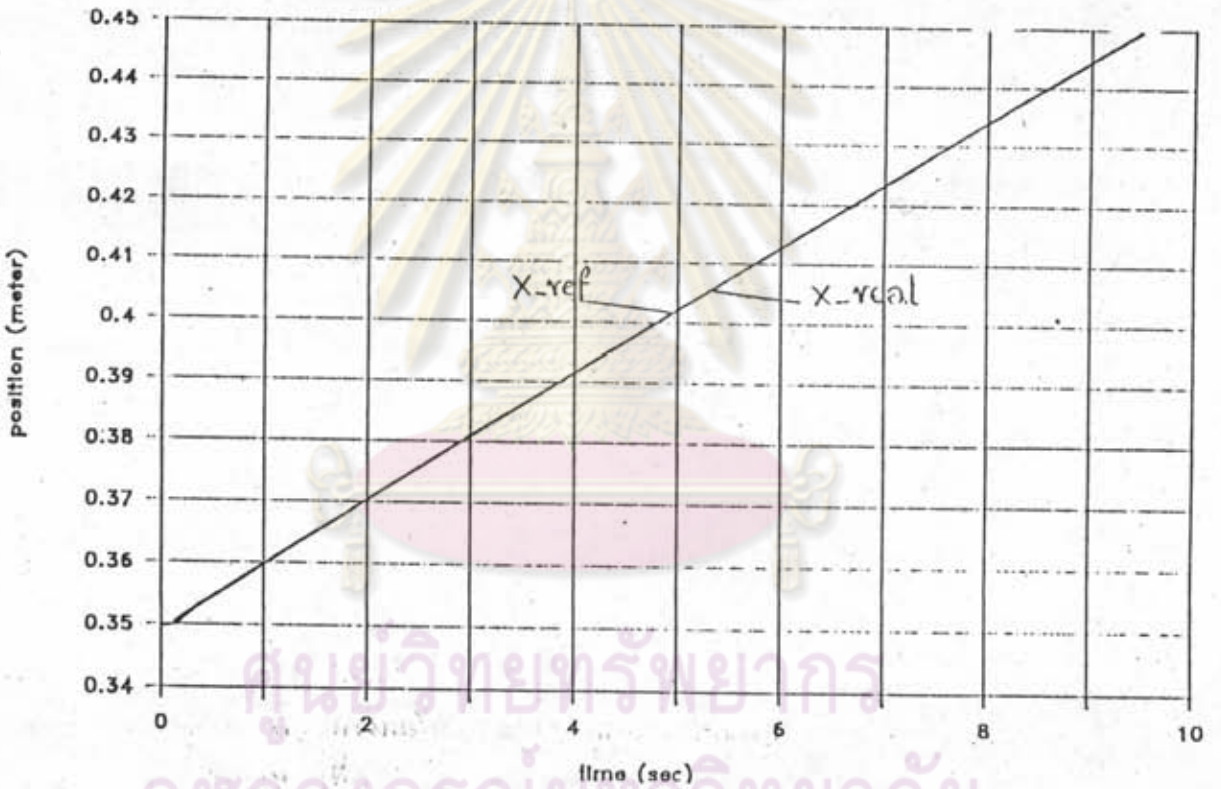
รูปที่ 6.3 แสดงผลการตอบสนองของตำแหน่งเมื่อมีการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง และมีภาระ 2 kg โดยที่ q_1 = 25000000 q_4 = 4400 และ R_w = 1 ที่ความเร็ว 0.015 m/s มี poles อยู่ที่ -24.8 ± 108.6 i



รูปที่ 6.4 แสดงผลการตอบสนองของความเร็วและทอร์คเมื่อมีการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง และมีภาระ 2 kg โดยที่ q_1 = 25000000 q_4 = 4400 และ R_w = 1 ที่ความเร็ว 0.015 m/s มี poles อยู่ที่ -24.8 ± 108.6 i

ผลกระทบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความเร็ว

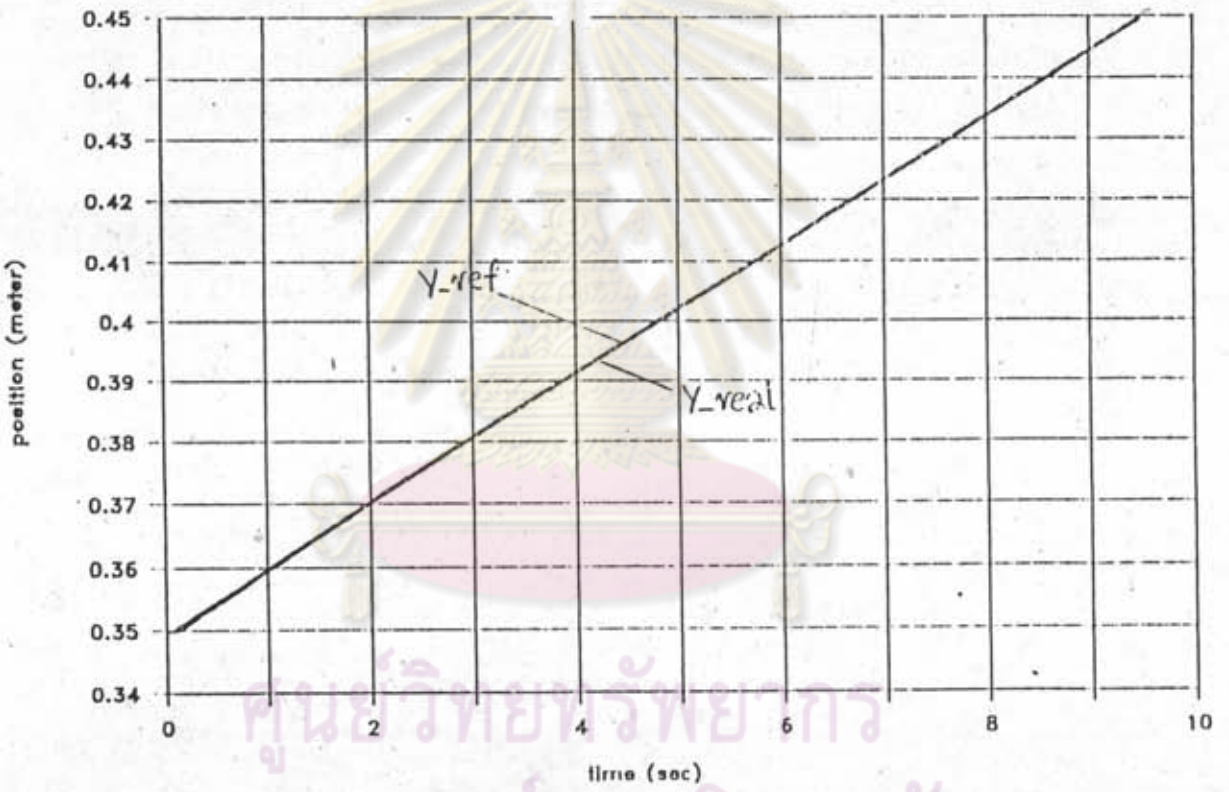
ในการเคลื่อนที่ของระบบงานกลเพื่อให้ได้รูปร่างต่างๆนั้น ค่าความละเอียดแม่นยำของตำแหน่งจะขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ต่างๆหลายค่า หนึ่งในพารามิเตอร์เหล่านี้คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ ทั้งนี้เนื่องมาจากว่า การเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงนั้น ค่าโมเมนตัมของการเคลื่อนที่ก็จะมีค่าสูงด้วย เป็นผลให้เกิดแรงเฉื่อยวิ่งเลยตำแหน่งที่ควรจะ เป็น และเนื่องจาก อัลกอริทึมที่ใช้นี้ไม่ใช่เป็นการ track ตามทางเดิน จึงทำให้เกิดความผิดพลาดมากขึ้น ถ้าเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง ดังแสดงในรูปที่ 6.5 ถึงรูปที่ 6.10



รูปที่ 6.5 แสดงผลการตอบสนองของตำแหน่งเมื่อมีการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง โดยมีค่า q_1 = 25000000 q_2 = 4400 และ R_w = 1 ที่ความเร็ว 0.015 m/s มี poles อยู่ที่ -24.8 ± 108.6 i

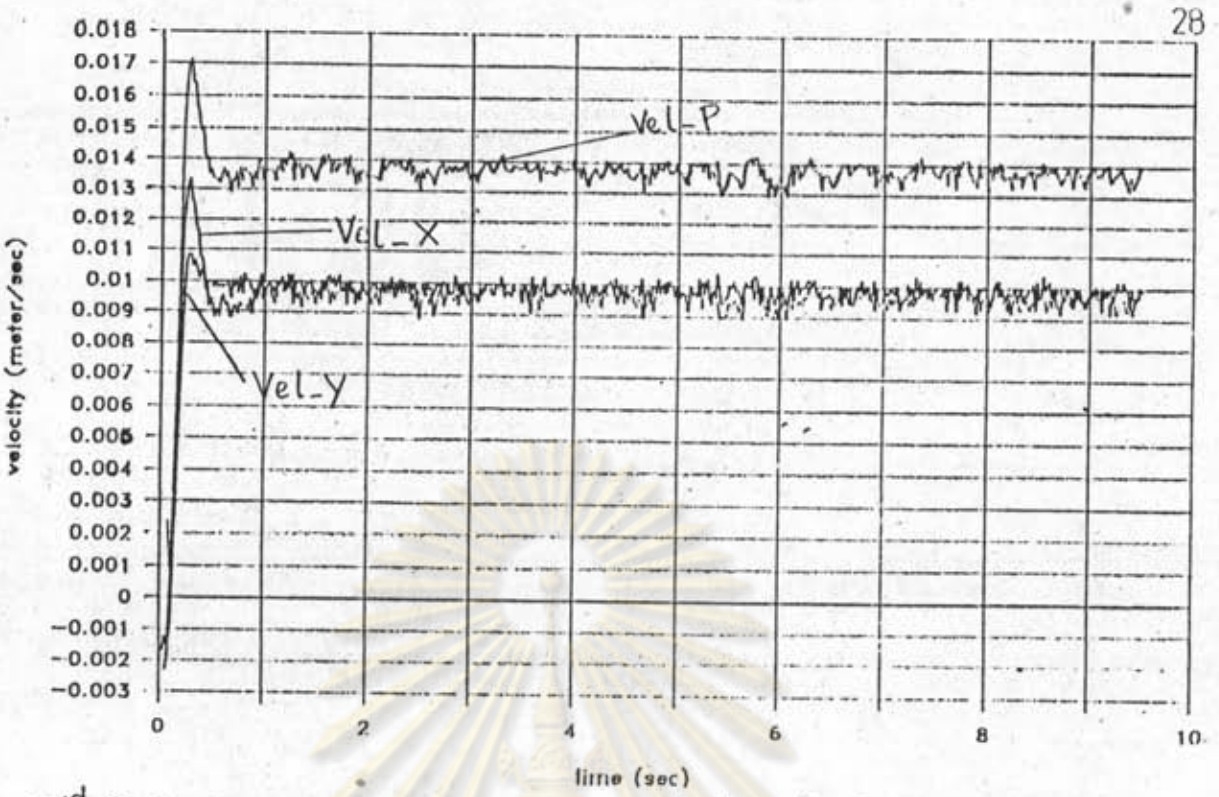
จากรูปที่ 6.5 และรูปที่ 6.6 ซึ่งแสดงผลการตอบสนองของตำแหน่ง เมื่อค่า weighting factor เป็น 25000000 , 4400 และ 1 ตามลำดับ ความเร็วในการเคลื่อนที่ 0.015 m/s มี poles อยู่ที่ -24.8 ± 108.6 i เมื่อเทียบกับ

รูปที่ 6.8 , 6.9 และรูปที่ 6.10 ซึ่งเป็นการแสดงผลการตอบสนองของตำแหน่งเมื่อ weihting factor มีค่า 25000000 , 4400 และ 1 ตามลำดับใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ 0.05 m/s มี poles อยู่ที่ $-24.8 \pm 108.6\,i$ จะเห็นได้ว่า ค่าความผิดพลาดของตำแหน่งจะยิ่งมีมากขึ้น ทั้งนี้นอกจากผลของแรงเฉื่อยที่สูงขึ้นแล้ว ค่า Δd ในสมการที่ 6.5 ก็จะมีความยาวมากขึ้น เมื่อค่าความผิดพลาดของตำแหน่งรวมกับความยาว Δd ที่จะเคลื่อนที่ต่อไป จะทำให้การเคลื่อนที่ในช่วง (step) ต่อไปต้องใช้ความเร็วสูงขึ้นเพื่อให้เข้าไปใกล้ตำแหน่งอ้างอิงมากที่สุด แต่เมื่อยิ่งวิ่งเร็วก็ยิ่งมีแรงเฉื่อยสูง ค่าความผิดพลาดก็จะ มากขึ้น และจากการที่

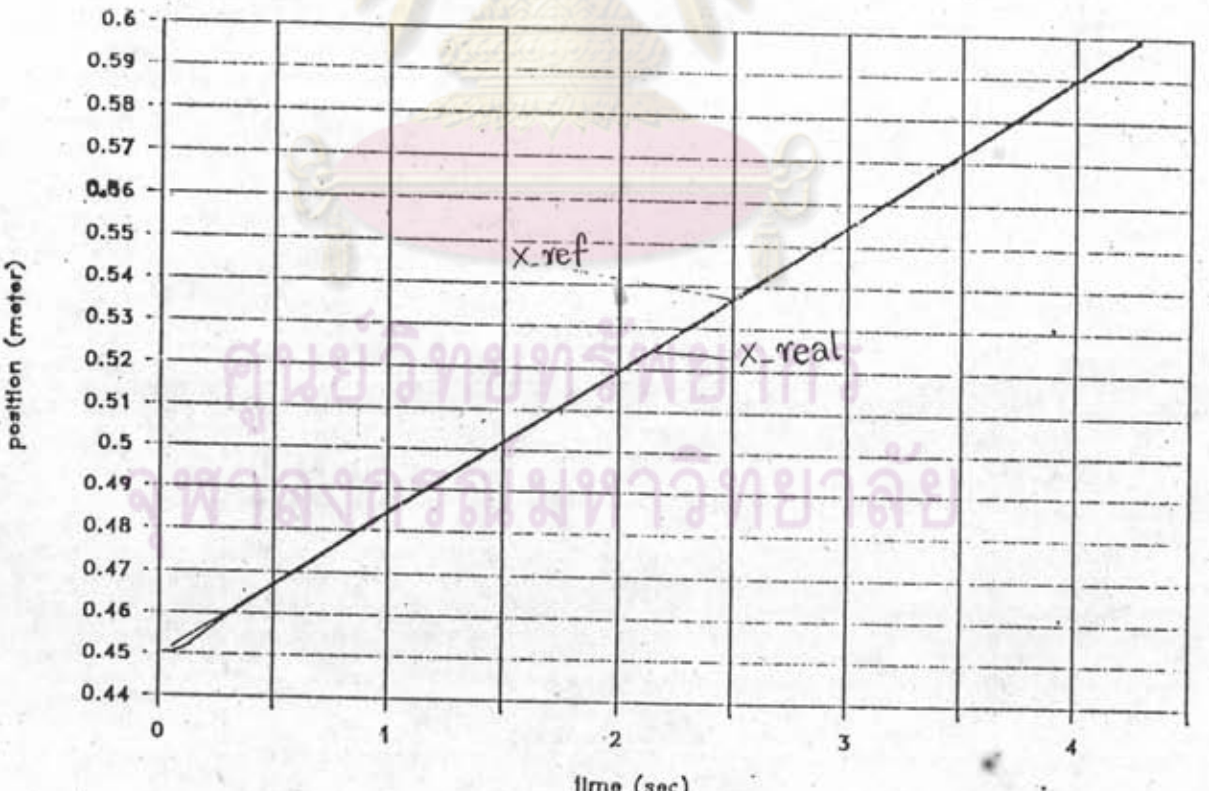


รูปที่ 6.6 แสดงผลการตอบสนองของตำแหน่งเมื่อมีการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง โดยมีค่า q_1 = 25000000 q_4 = 4400 และ R_w = 1 ที่ความเร็ว 0.015 m/s มี poles อยู่ที่ $-24.8 \pm 108.6\,i$

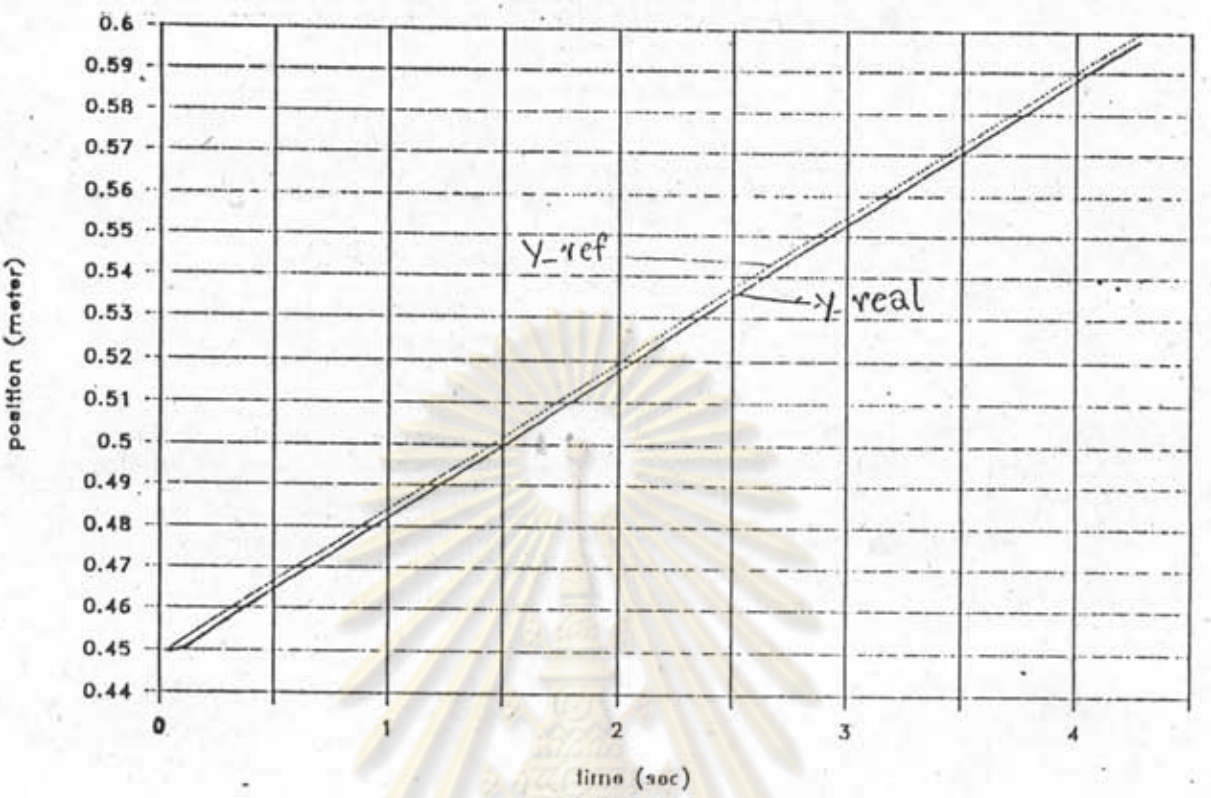
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.7 แสดงผลการตอบสนองของความเร็วเมื่อเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง โดยที่ q_1 = 25000000 q_4 = 4400 และ R_w = 1 ที่ความเร็ว 0.015 m/s มี poles อยู่ที่ -24.8 ± 108.6 i

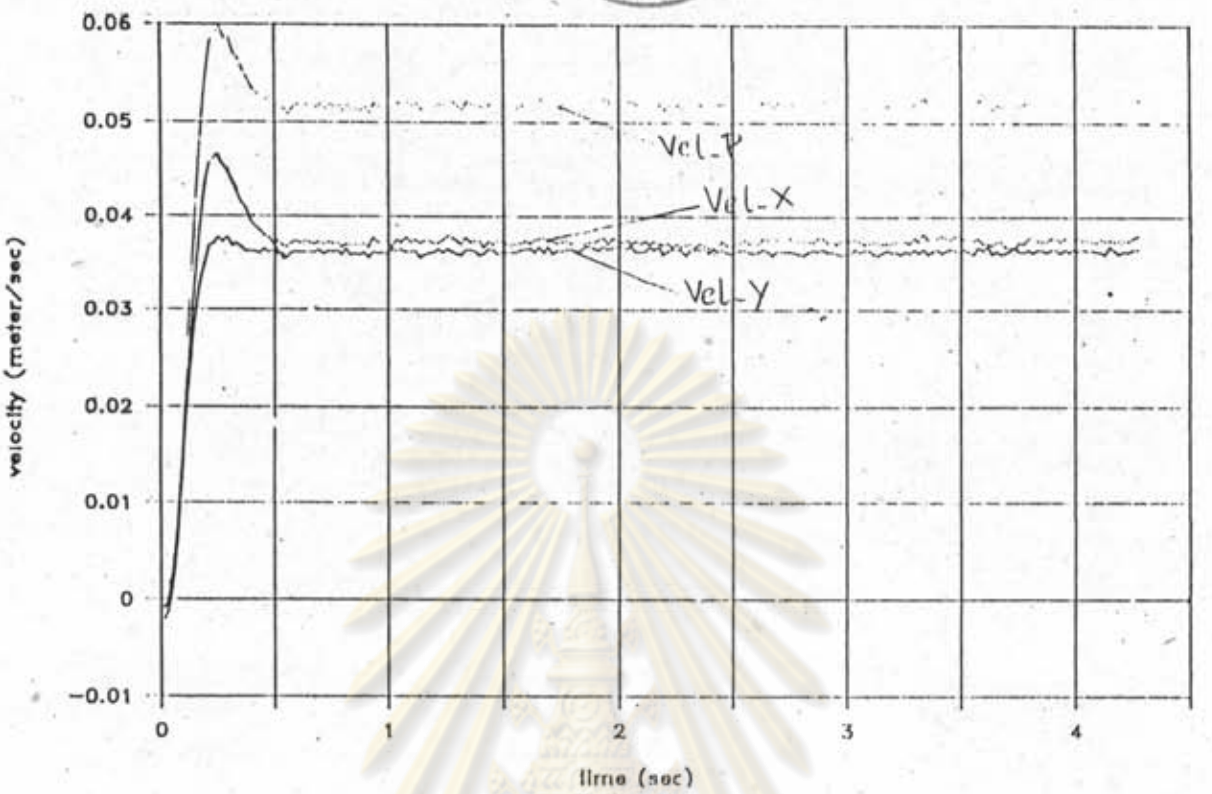


รูปที่ 6.8 แสดงผลการตอบสนองของตำแหน่งเมื่อเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง โดยที่ q_1 = 25000000 q_4 = 4400 และ R_w = 1 ที่ความเร็ว 0.05 m/s มี poles อยู่ที่ -24.8 ± 108.6 i



รูปที่ 6.9 แสดงผลการตอบสนองของตำแหน่งเมื่อมีการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง โดยที่ค่า weighting factor q_1 = 25000000 q_4 = 4400 และ R_w = 1 ค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ 0.05 m/s มี poles อยู่ที่ -24.8 ± 108.6 i

ต้องเพิ่มความเร็วเพื่อให้เข้าใกล้ตำแหน่งอ้างอิง ทำให้ค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ไม่เป็นไปตามที่ต้องการดังรูปที่ 6.7 และรูปที่ 6.10 ซึ่งเป็นการแสดงผลการตอบสนองของความเร็วในการเคลื่อนที่ ณ ความเร็ว 0.05 m/s ตามลำดับ และจะเห็นได้ว่า ยิ่งค่าความเร็วที่ใช้ในการขับเคลื่อนมาก ค่าความผิดพลาดของความเร็วที่ต้องการในการขับเคลื่อนก็จะยิ่งมีค่ามากขึ้น ดังรูปที่ 6.10 เมื่อเทียบกับรูปที่ 6.7



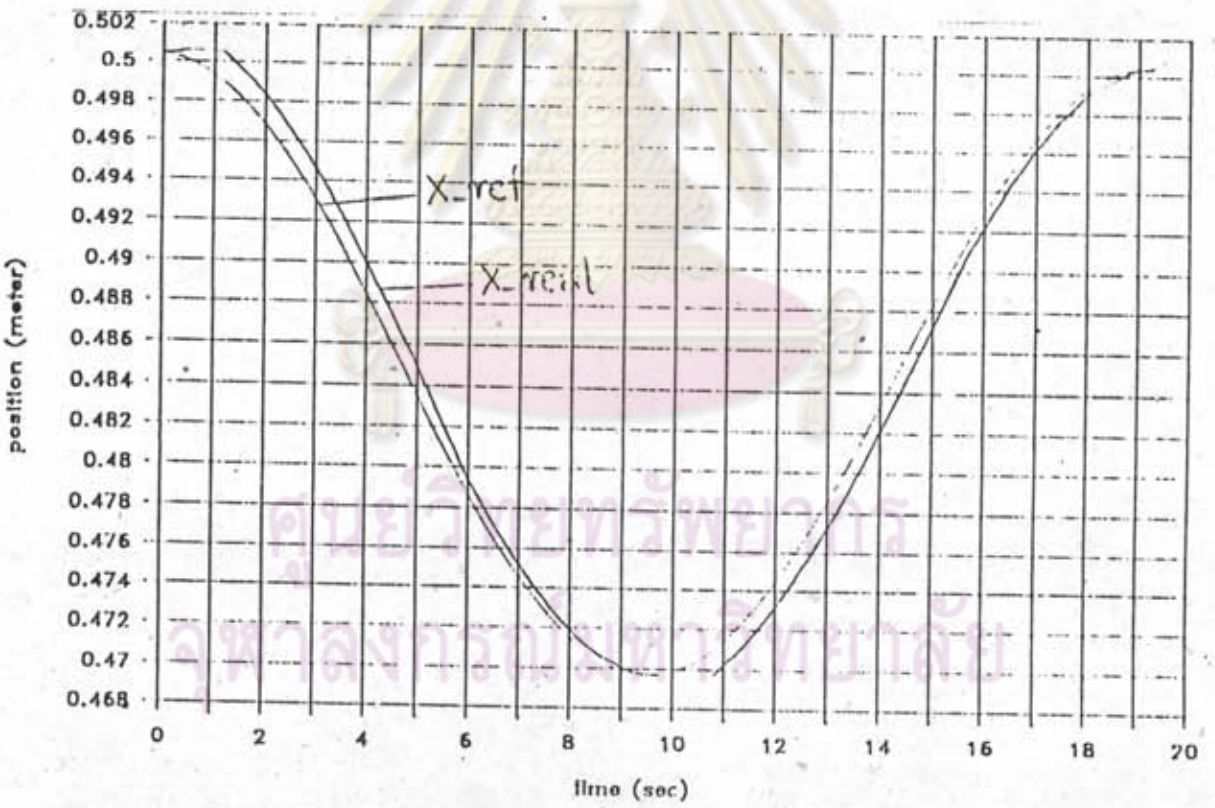
รูปที่ 6.10 แสดงผลการตอบสนองของความเร็วเมื่อ เคลื่อนที่เป็นเส้นตรง โดยที่ค่า weighting factor q_1 = 25000000 q_4 = 4400 และ R_w = 1 มี poles อยู่ที่ $-24.8 \pm 108.6\ i$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

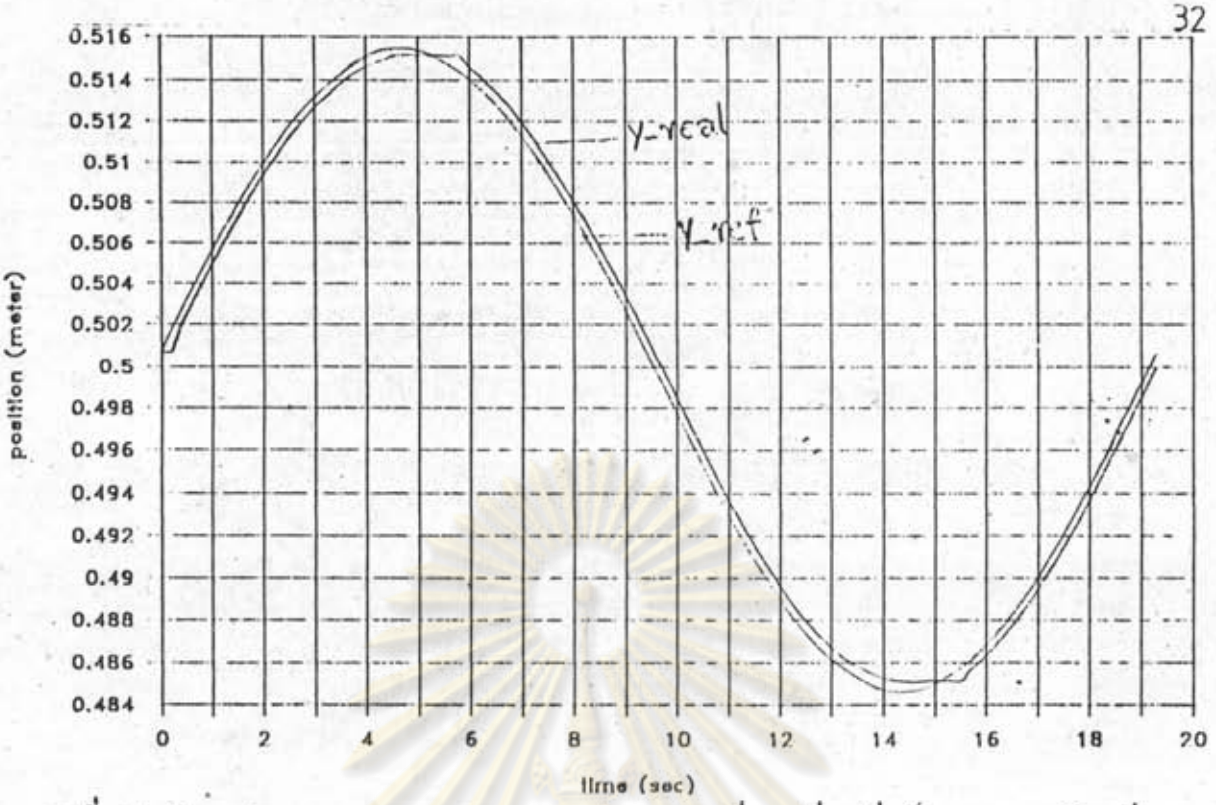
ผลกระทบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทิศทางการเคลื่อนที่

ในการเคลื่อนที่ของโต๊ะตัดแผ่นเหล็กด้วยเปลวไฟนี้ ตัวโครงของแต่ละแกนจะมีการเคลื่อนที่ที่สัมพันธ์กันเพื่อให้ได้รูปร่างต่างๆ ดังนั้น ถ้ามีรูปร่างที่มีการเปลี่ยนแปลงทิศทางโดยทันทีหรือมีการกลับทิศทาง เช่น การเคลื่อนที่แบบหักมุมและการเคลื่อนที่เป็นวงกลม จะทำให้ตัวโครงของแต่ละแกน มีการเคลื่อนที่กลับทิศทาง และเนื่องจาก ชุดเฟืองทดมีค่าแบคแลช (backlash) เกิดขึ้น ทำให้การเคลื่อนที่แบบหักมุมมหรือวงกลมเกิดการหยุดนิ่งของตำแหน่งบริเวณที่หักมุม หรือ ในบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงทิศทางโดยทันที ทำให้เกิดความผิดพลาดของตำแหน่งที่บริเวณนี้มากขึ้น

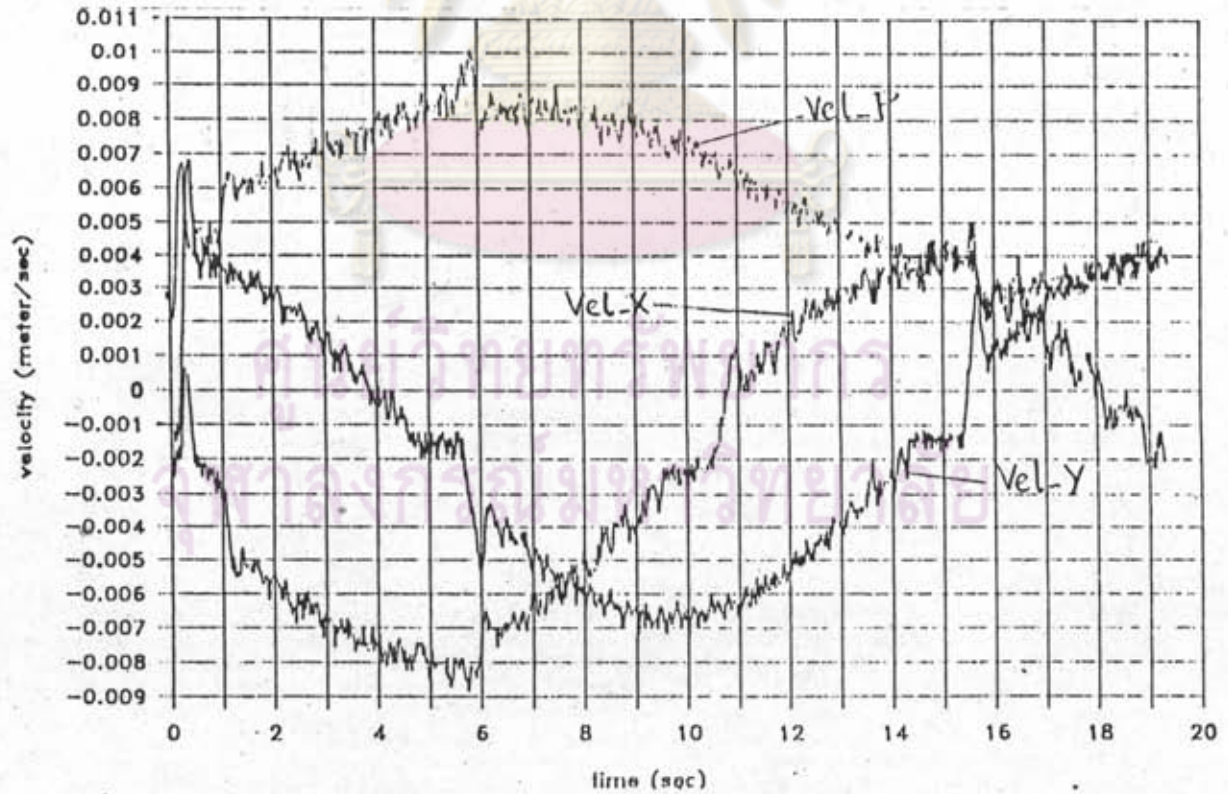
พิจารณาในรูปที่ 6.11 และรูปที่ 6.12 ซึ่งแสดงผลการตอบสนองของตำแหน่งเทียบกับเวลาที่มีการเคลื่อนที่เป็นแบบวงกลมโดยที่ค่า weighting factor เป็น 25000000 , 4400 และ 1 ตามลำดับที่ความเร็ว 0.05 m/s โดยมีค่า



รูปที่ 6.11 แสดงผลการตอบสนองของตำแหน่งที่มีการเคลื่อนที่เป็นวงกลม โดยที่มีค่า q_1 = 25000000 q_4 = 4400 และ R_w = 1 ที่ความเร็ว 0.005 m/s มี poles อยู่ที่ -24.8 ± 108.6 i



รูปที่ 6.12 แสดงผลการตอบสนองของตำแหน่งเมื่อเคลื่อนที่เป็นวงกลม โดยที่ q_1 = 25000000 q_4 = 4400 และ R_w = 1 ที่ความเร็ว 0.005 m/s มี poles อยู่ที่ -24.8 ± 108.6 i



รูปที่ 6.13 แสดงผลการตอบสนองของความเร็วเมื่อเคลื่อนที่เป็นวงกลม โดยที่ q_1 = 25000000 q_4 = 4400 และ R_w = 1 ที่ความเร็ว 0.005 m/s มี poles อยู่ที่ -24.8 ± 108.6 i

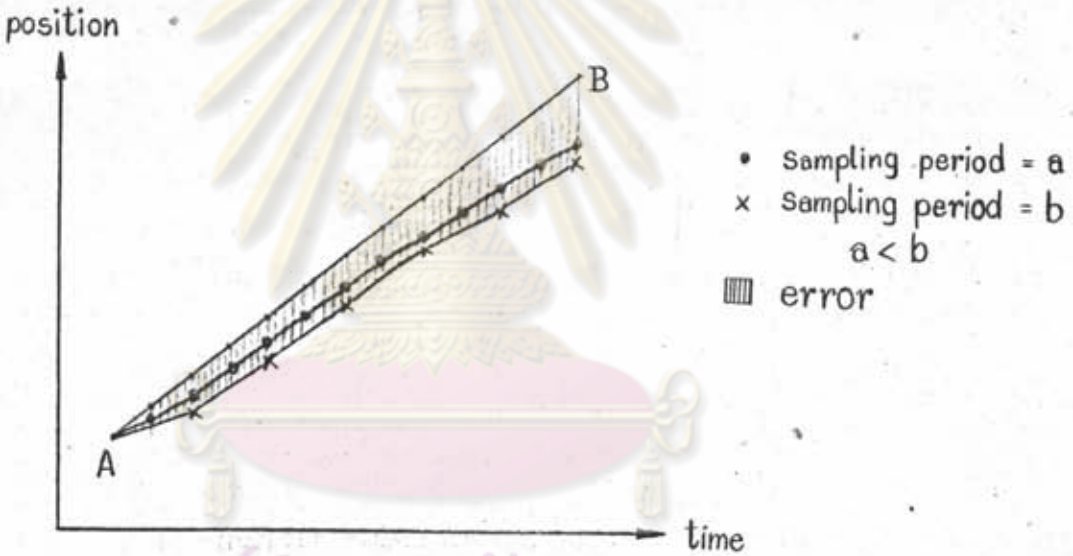
poles อยู่ที่ $-24.8 \pm 108.6\ i$ จะเห็นว่าที่บริเวณซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงทิศทางจะเกิดความผิดพลาดของตำแหน่งเพิ่มขึ้น อีกทั้งจะเกิดการกระชากของความเร็วอันเนื่องจากการกลับทิศทาง ความเร็วก็จะมีการกลับทิศทางด้วย แต่ความเร็วลัพธ์จะยังคงมีค่าประมาณตามที่ต้องการ ดังรูปที่ 6.13 ซึ่งแสดงผลการตอบสนองของความเร็วเทียบกับเวลาที่มีการเคลื่อนที่เป็นวงกลม โดยมีค่า weighting factor เป็น 25000000 , 4400 และ 1 ตามลำดับ ที่ความเร็ว 0.005 m/s มี poles อยู่ที่ $-24.8 \pm 108.6\ i$ ในบริเวณที่มีการกลับทิศทาง จะเห็นได้ว่าความเร็วของทางเดินนั้นจะเกิดการกระชาก อีกทั้งค่าความเร็วตามทางเดินจะได้ค่าไม่ตรงตามที่ต้องการ ทั้งนี้เพราะว่าเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงทิศทาง ค่าความผิดพลาดของตำแหน่งจะมีค่ามาก ค่าความเร็วก็จะยิ่งมีค่าเบี่ยงเบนออกไปจากค่าของความเร็วที่ต้องการมากขึ้นด้วย ดังรูปที่ 6.14 ซึ่งแสดงค่าความเร็วอ้างอิงกับความเร็วที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจริง จะเห็นได้ว่าในการเคลื่อนที่แต่ละช่วงหรือแต่ละ 1 คาบเวลาสุ่มค่านั้น ถ้าไม่มีความผิดพลาดของตำแหน่งเลย ก็จะได้ค่า

รูปที่ 6.14 แสดงค่าความเร็วอ้างอิงกับความเร็วที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจริง

ความเร็วตามที่ต้องการ คือ $\frac{\Delta d}{\Delta t}$ แต่ถ้ามีค่าความผิดพลาดของตำแหน่งเกิดขึ้นจะทำให้ระยะทางในการเคลื่อนที่ไปยังช่วงต่อไปเพิ่มขึ้นเป็น Δd_1 , Δd_2 ค่าความเร็วที่เกิดขึ้นนี้ก็จะผิดพลาดไปเป็น $\frac{\Delta d_1}{\Delta t}$, $\frac{\Delta d_2}{\Delta t}$ ตามลำดับ

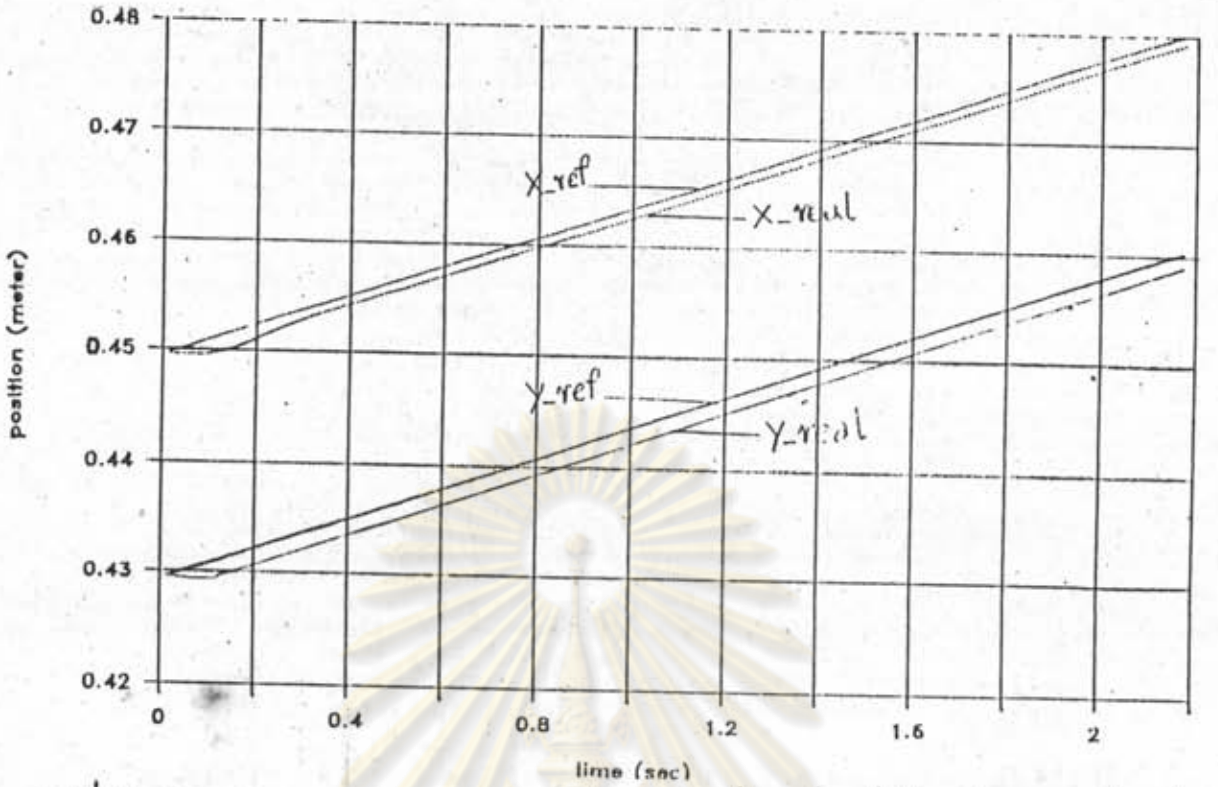
ผลกระทบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงค่าคาบเวลาในการสุ่มค่า

ในการสุ่มค่าเพื่อที่จะส่งสัญญาณควบคุมออกไปควบคุมโต๊ะตัดแผ่นเหล็กด้วยเปลวไฟนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีความถี่ในการสุ่มค่าสูงมากๆ ทั้งนี้เพื่อให้ค่าที่ได้จากการสุ่มค่านั้นมีค่าแตกต่างกันไม่มาก ทำให้ระยะทางในการเคลื่อนที่ แต่ละช่วงนั้นมีค่าสั้นลง ทำให้ค่าความผิดพลาดของตำแหน่งและความเร็วมีค่าน้อยลง แต่ทั้งนี้คาบเวลาในการสุ่มค่านี้จะต้องไม่น้อยไปกว่าค่าเวลาในการคำนวณและส่งสัญญาณควบคุมออกไปของไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งในที่นี้ แต่ละช่วงของการเคลื่อนที่ ตัวไมโครคอมพิวเตอร์จะใช้เวลาในการคำนวณและส่งสัญญาณควบคุมออกไป = 9.98 millisecond (ค่าได้มาจากการวัดด้วย Specctrum Analyzer) หรือค่าประมาณ 10 millisecond (ms) ดังนั้นคาบเวลาในการสุ่มค่าที่ดีที่สุดก็คือ 10 ms

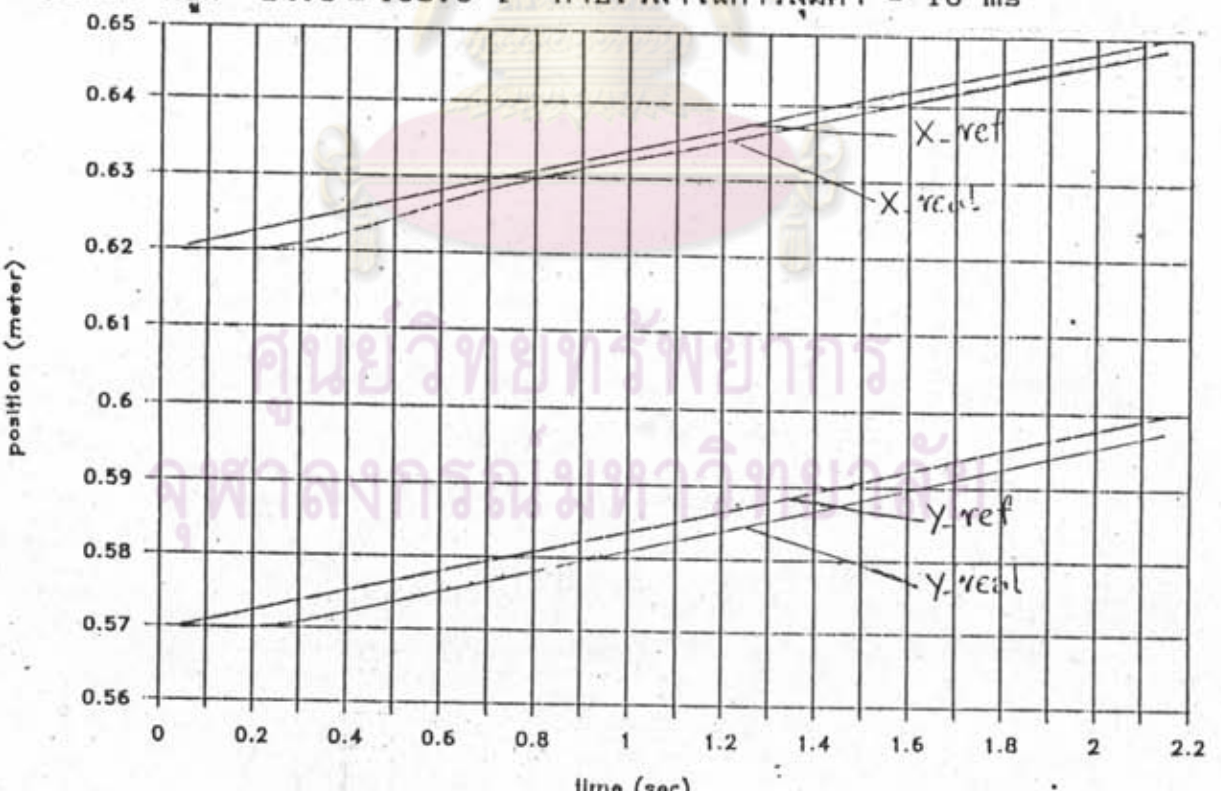


รูปที่ 6.15 แสดงจำนวนจุดอ้างอิงที่คาบเวลาในการสุ่มค่าต่างกัน และค่าความผิดพลาดของตำแหน่งที่เกิดขึ้น

พิจารณาการเคลื่อนที่จากจุด A ไปยังจุด B ดังรูปที่ 6.15 ซึ่งแสดงถึงจำนวนจุดอ้างอิง และค่าความผิดพลาดของตำแหน่งที่คาบเวลาในการสุ่มค่าต่างกัน ถ้าให้ความเร็วมีค่าคงที่ คาบเวลาในการสุ่มค่ายิ่งน้อย จะเห็นว่าตำแหน่งของจุดอ้างอิงระหว่างทางเดิน จะยิ่งมีค่ามากทำให้การ track ตามทางเดินดี เกิดความผิดพลาดของตำแหน่งน้อย แต่ถ้าคาบเวลาในการสุ่มค่ามาก จำนวนจุดอ้างอิงจะน้อย ฉะนั้นการ track ตามทางเดินจะไม่ดีเท่าที่ควร ดังการเปรียบเทียบในรูปที่ 6.16 กับรูปที่ 6.17 ซึ่งแสดงผลการตอบสนองของตำแหน่งเทียบกับเวลา



รูปที่ 6.16 แสดงผลการตอบสนองของตำแหน่งเมื่อเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง โดยที่ q_1 = 25000000 q_4 = 4400 และ R_w = 1 ที่ความเร็ว 0.02 m/s มี poles อยู่ที่ -24.8 ± 108.6 i คาบเวลาในการสุ่มค่า = 10 ms



รูปที่ 6.17 แสดงผลการตอบสนองของตำแหน่งเมื่อเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง โดยที่ q_1 = 25000000 q_4 = 4400 และ R_w = 1 ที่ความเร็ว 0.02 m/s มี poles อยู่ที่ -24.8 ± 108.6 i คาบเวลาในการสุ่มค่า = 20 ms

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

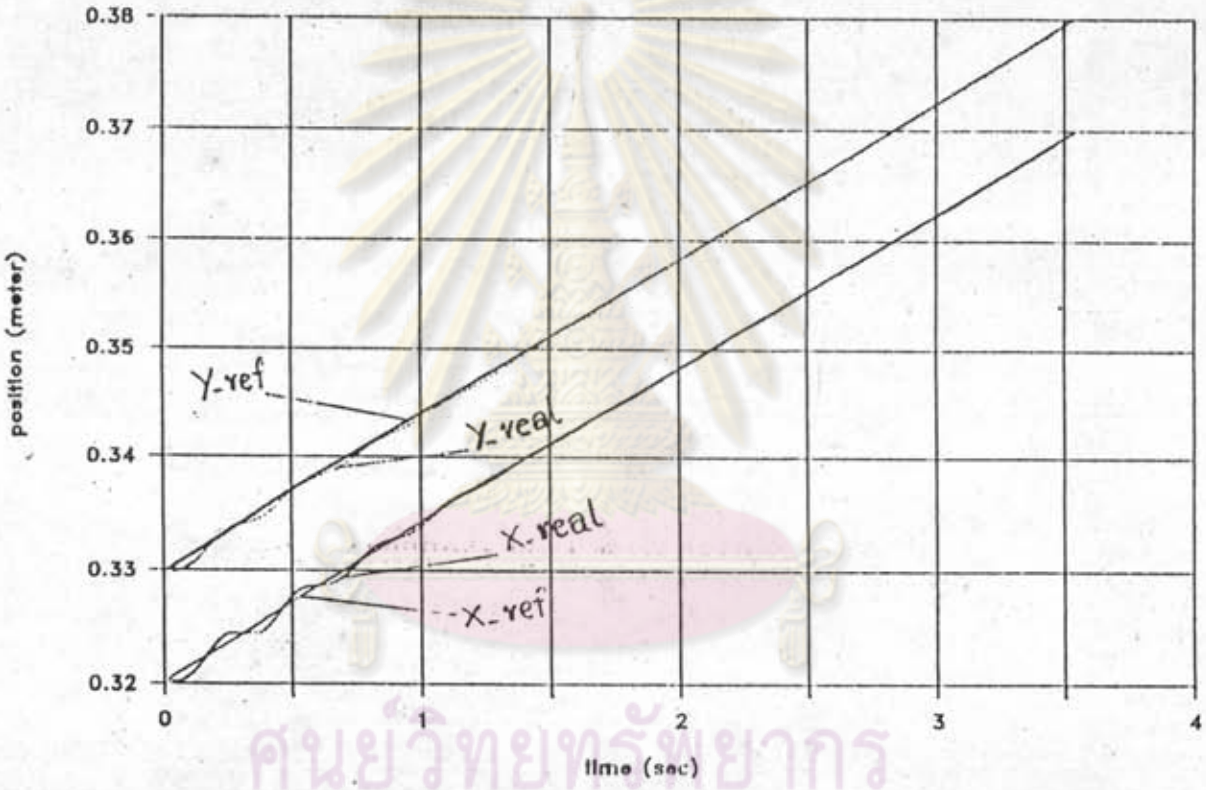
I1029918X

มีการเคลื่อนที่เป็นแบบเส้นตรง โดยที่มีค่า weighting factor เป็น 25000000, 4400 และ 1 ตามลำดับ ที่ความเร็ว 0.02 m/s มีค่า poles ของระบบอยู่ที่ -24.8 ± 108.6 i จะเห็นได้ว่ายิ่งคาบเวลาในการสุ่มค่ายิ่งมากค่าความผิดพลาดของตำแหน่งจะยิ่งมาก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลกระทบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงค่า weighting factor

เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงค่าของ weighting factor นี้จะเป็นผลทำให้ค่า gain ของระบบเปลี่ยนแปลงไป แต่เนื่องจากในระบบใดๆ ที่สภาวะหนึ่งๆ จะมีค่า gain ที่เหมาะสมเพียงค่าเดียวเท่านั้น แต่ ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงค่า weighting factor แล้วจะทำให้ gain เปลี่ยนไปเป็นผลให้การตอบสนองของระบบไม่ดีเท่าที่ควร

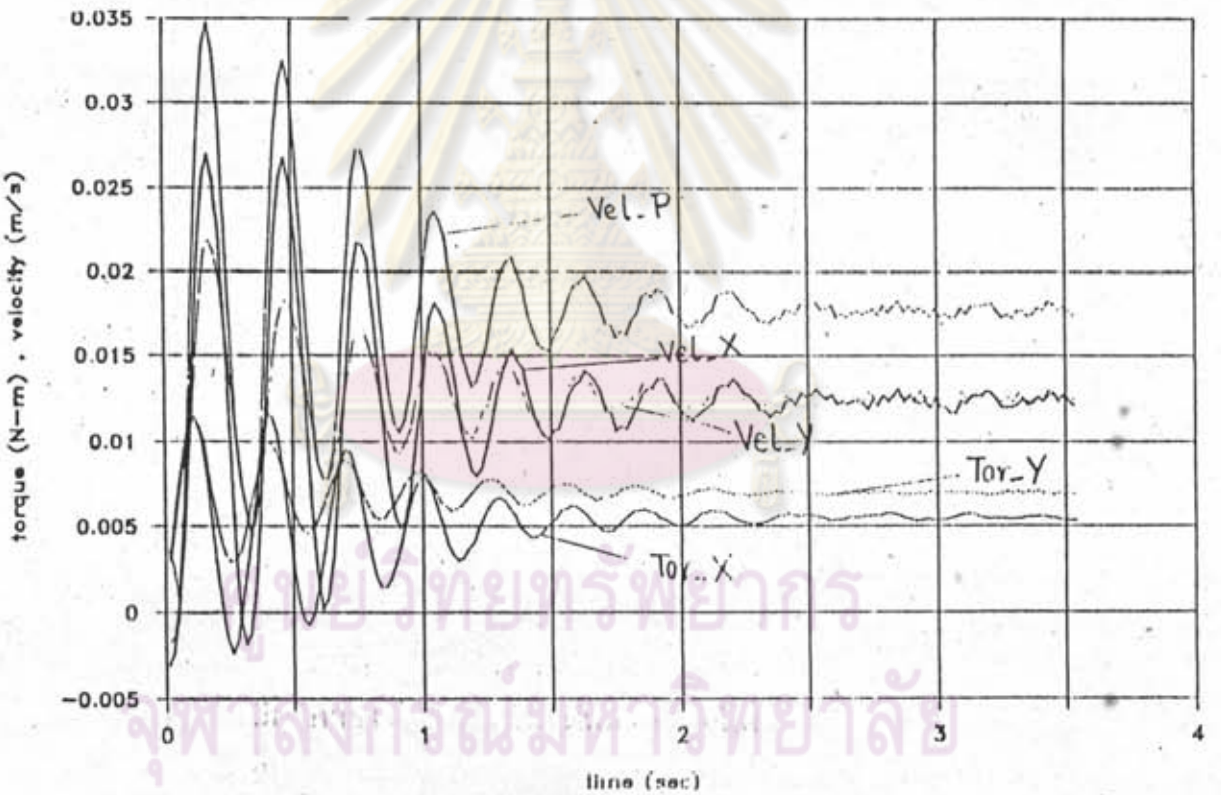


รูปที่ 6.18 แสดงผลการตอบสนองของตำแหน่งเมื่อมีการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง โดย q_1 = 100000000 q_2 = 9600 R_w = 1 ที่ความเร็ว 0.02 m/s มี poles อยู่ที่ $-49.7 \pm 149.5\,i$

พิจารณารูปที่ 6.18 ซึ่งแสดงผลการตอบสนองของตำแหน่งเมื่อมีการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงโดยค่า weighting factor เป็น 100000000 , 9600 และ 1 ตามลำดับที่ความเร็ว 0.02 m/s โดยมี poles อยู่ที่ $-49.7 \pm 149.5\,i$ ถ้า q_1 มีค่ามาก จะทำให้การ track ตามทางเดินดี แต่จะมีปัญหามากในการเคลื่อนที่หักมุมหรือการเคลื่อนที่ ที่มีการเปลี่ยนแปลงทิศทางตลอดเวลา ทั้งนี้เพราะ

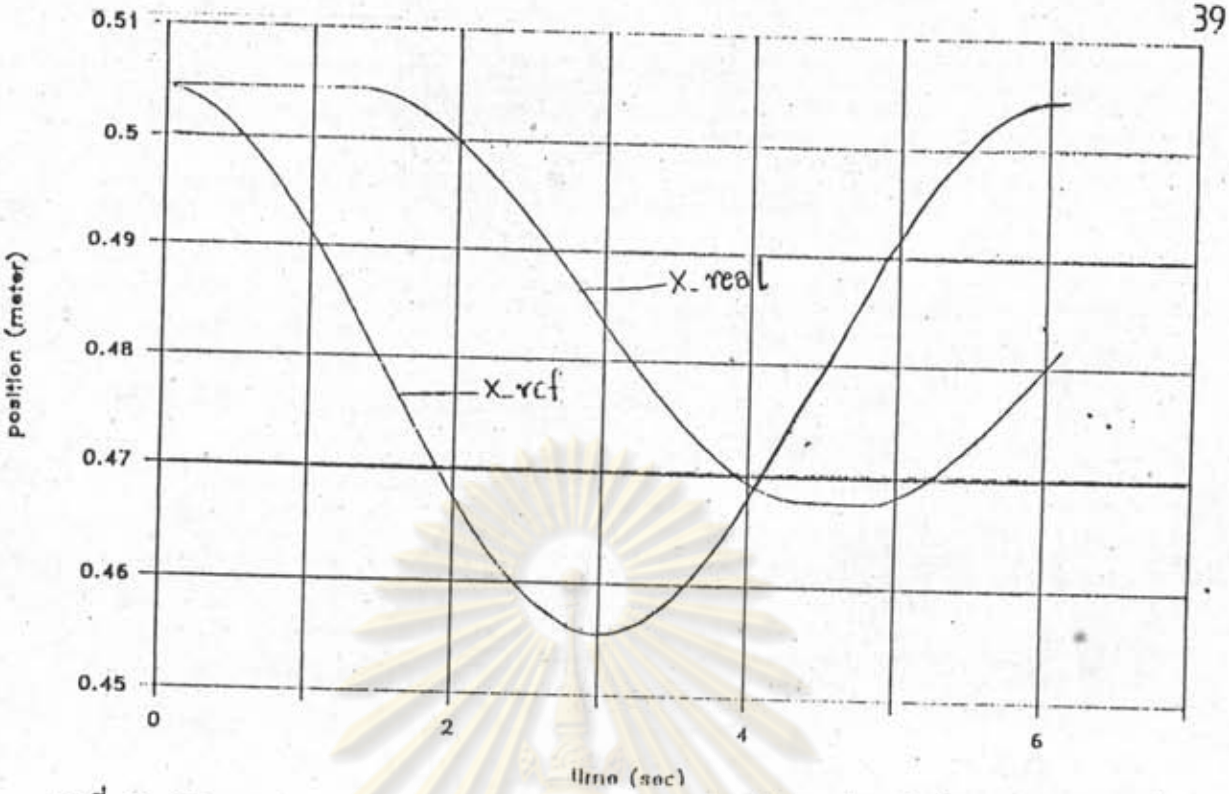
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

q_1 ยิ่งมาก จะทำให้ poles ของ ระบบยิ่งอยู่ไกลออกไป ส่งผลให้ต้องใช้พลังงานในการขับเคลื่อนโต๊ะตัดแผ่นเหล็กด้วยเปลวไฟสูง ในเวลาที่มีการเคลื่อนที่เปลี่ยนแปลงทิศทางมากๆ จะทำให้เกิดการกระชากของความเร็ว แต่ในการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงนั้น ถ้า q_1 ยิ่งมาก ความเร็วและทอร์คที่ใช้ในการขับเคลื่อนจะยิ่งแกว่ง (Oscillate) มาก ทั้งนี้เพราะเมื่อใช้พลังงานในการขับเคลื่อนมาก ช่วงแรกอาจจะทำให้เกิดการสั่นได้ ดังรูปที่ 6.19 ซึ่งแสดงผลการตอบสนองของความเร็ว และทอร์คเมื่อมีการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงโดยมีค่า weighting factor เป็น 100000000 , 9600 และ 1 ตามลำดับ ที่ความเร็ว 0.02 m/s โดยที่ poles ของระบบอยู่ที่ $-49.7 \pm 149.5\ i$

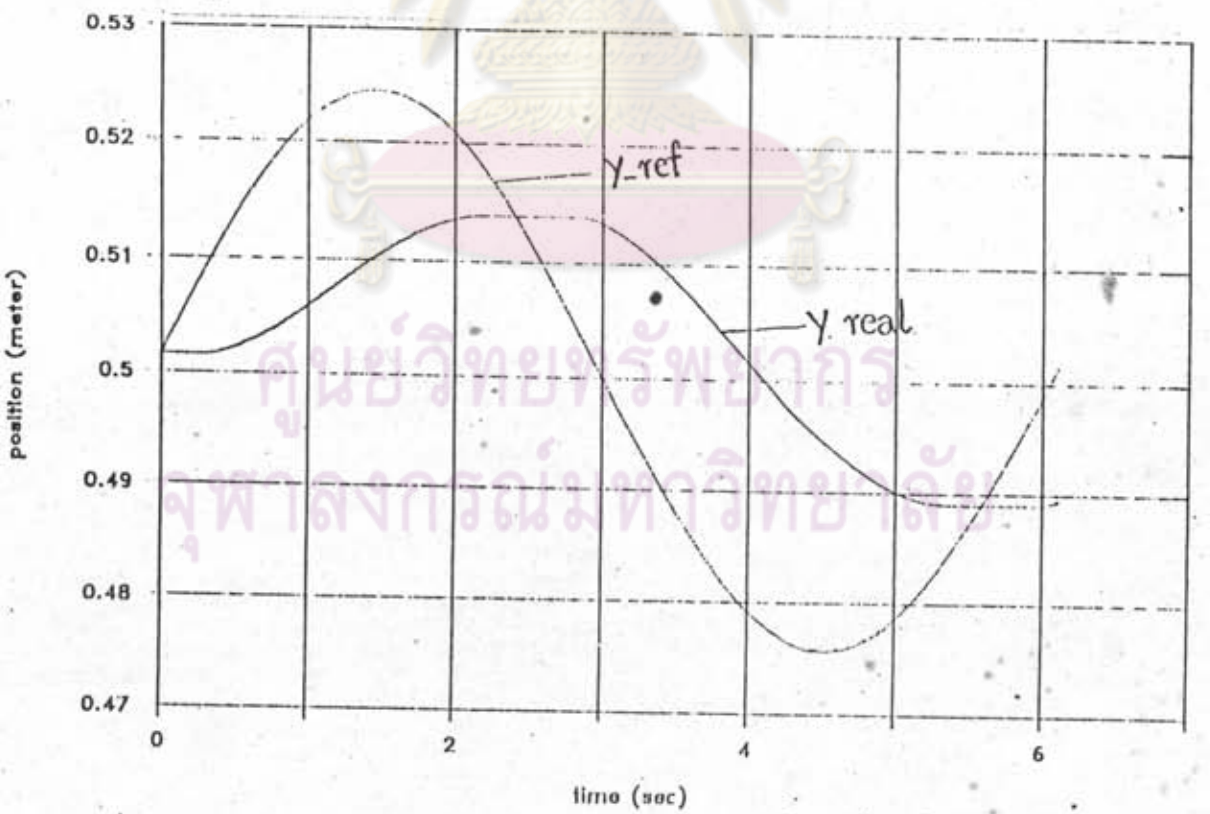


รูปที่ 6.19 แสดงผลการตอบสนองของความเร็วและทอร์คเมื่อมีการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงโดยที่ q_1 = 100000000 q_4 = 9600 และ R_w = 1 ที่ความเร็ว 0.02 m/s มี poles มี poles อยู่ที่ $-49.7 \pm 149.5\ i$

พิจารณารูปที่ 6.20 และ 6.21 ซึ่งแสดงผลการตอบสนองของตำแหน่งเมื่อมีการเคลื่อนที่เป็นวงกลมโดยมีค่า weighting factor เป็น 160000 ,

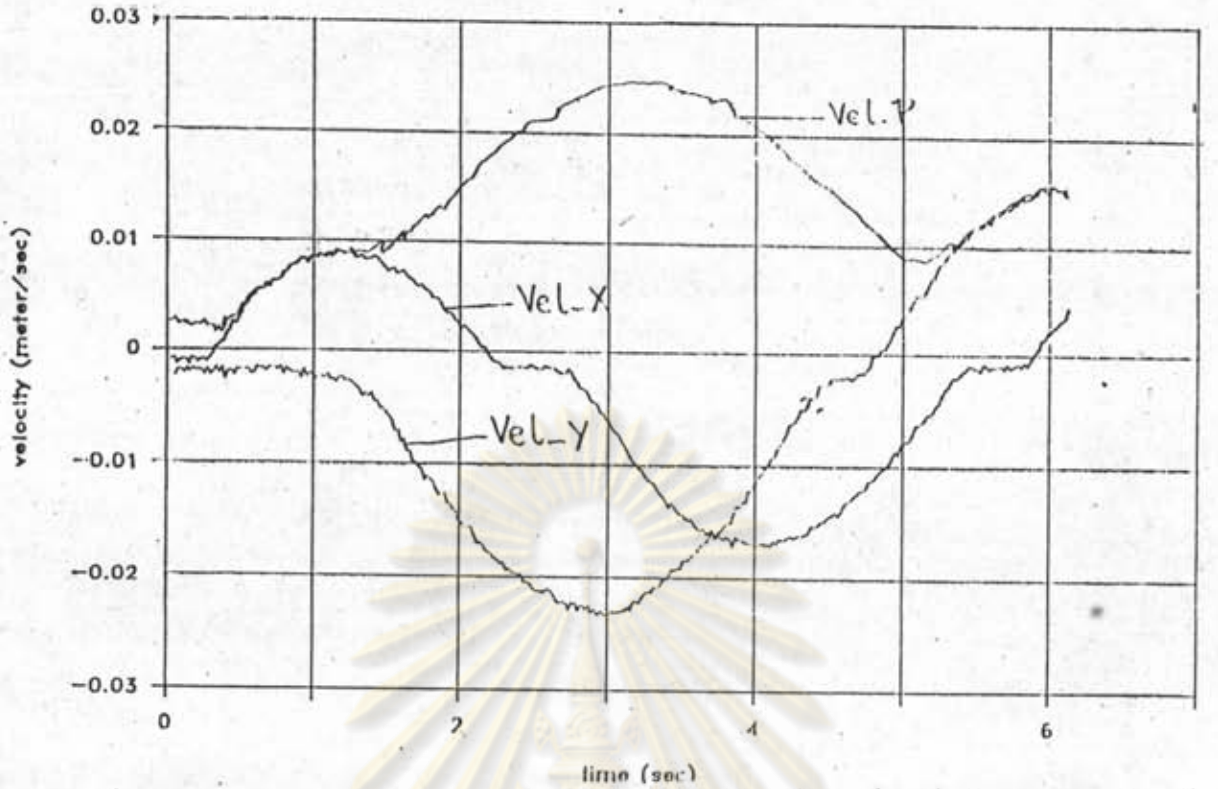


รูปที่ 6.20 แสดงผลการตอบสนองของตำแหน่งเมื่อเคลื่อนที่เป็นวงกลม โดยที่ q_1 = 160000 q_4 = 720 และ R_w = 1 ที่ความเร็ว 0.02 m/s มี poles อยู่ที่ $-24.8 \pm 19.4\,i$

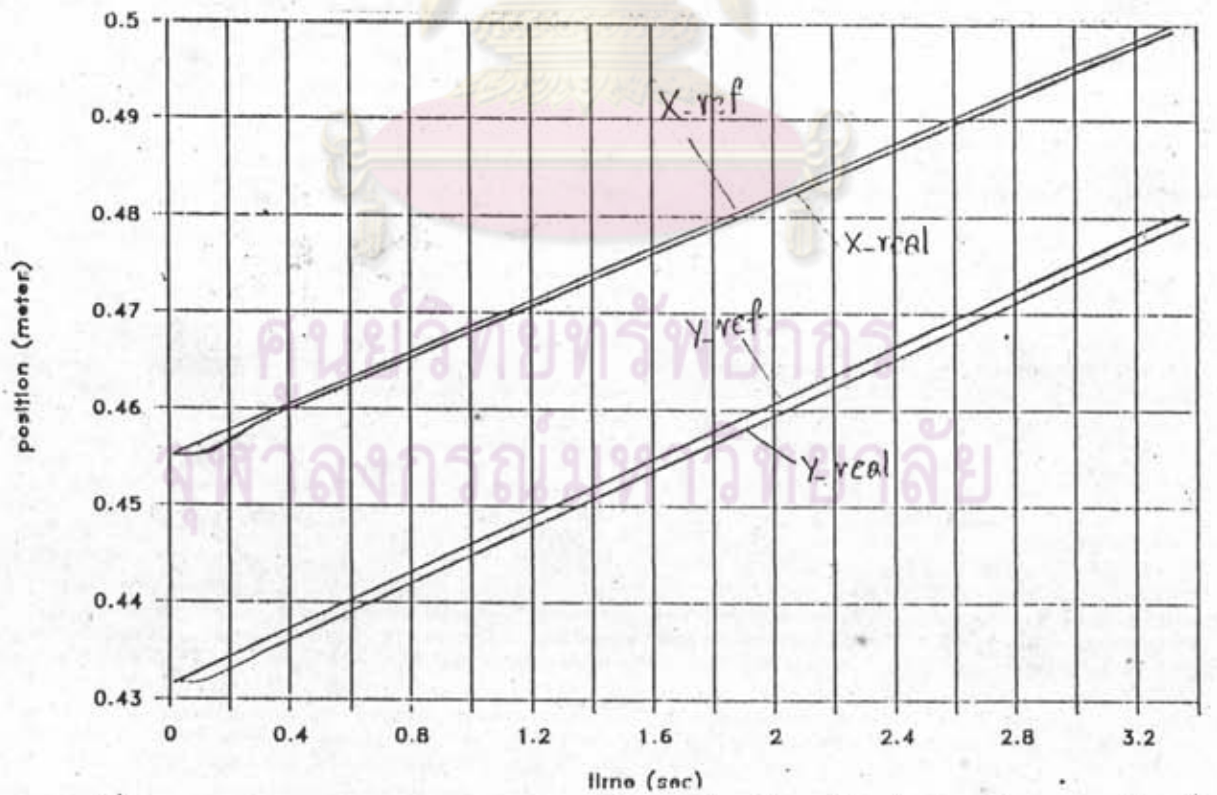


รูปที่ 6.21 แสดงผลการตอบสนองของตำแหน่งเมื่อเคลื่อนที่เป็นวงกลม โดยที่ q_1 = 160000 q_4 = 720 และ R_w = 1 ที่ความเร็ว 0.02 m/s มี poles อยู่ที่ $-24.8 \pm 19.4\,i$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

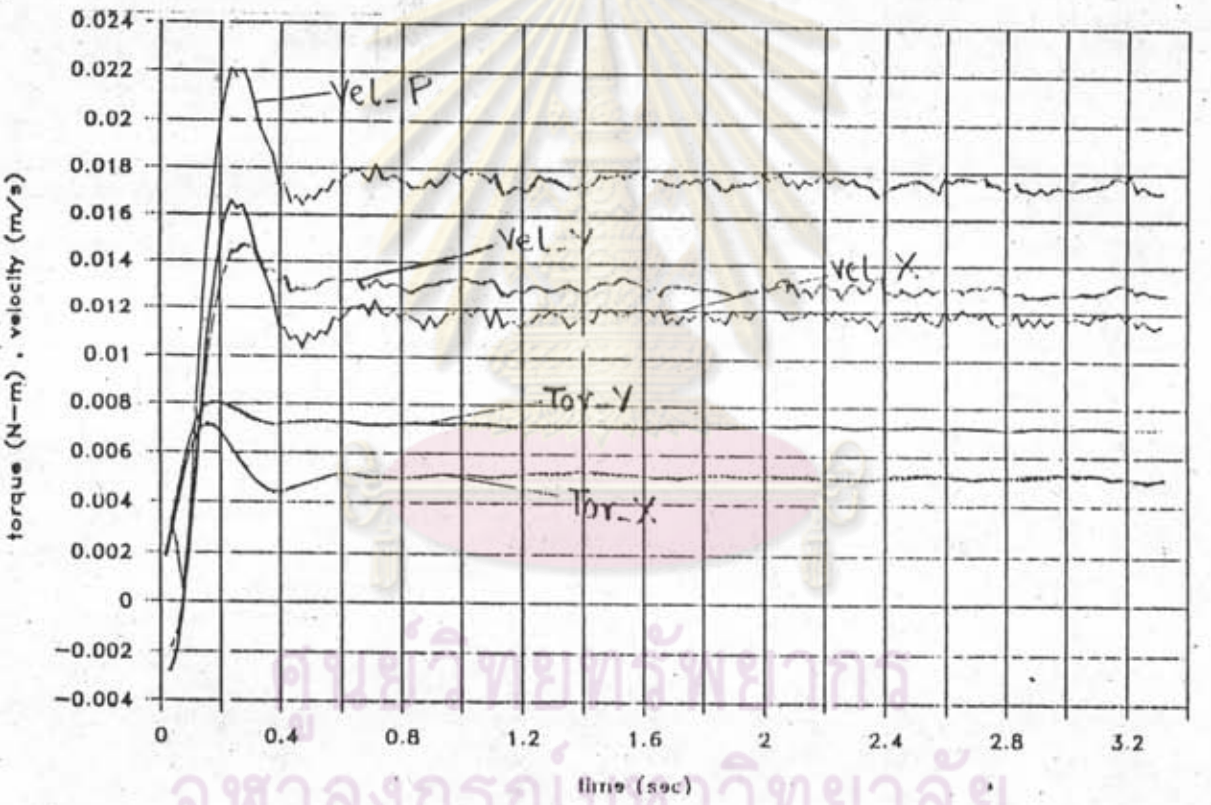


รูปที่ 6.22 แสดงผลการตอบสนองของความเร็วเมื่อเคลื่อนที่เป็นวงกลม โดยที่ q_1 = 160000 q_4 = 720 และ R_w = 1 ที่ความเร็ว 0.02 m/s มี poles อยู่ที่ $-24.8 \pm 19.4\,i$



รูปที่ 6.23 แสดงผลการตอบสนองของตำแหน่งเมื่อเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง โดยที่ q_1 = 25000000 q_4 = 5600 และ R_w = 1 ที่ความเร็ว 0.02 m/s มี poles อยู่ที่ $-49.7 \pm 99.7\,i$

720 และ 1 ตามลำดับ ที่ความเร็ว 0.02 m/s โดยที่ poles ของระบบอยู่ที่ $-24.8 \pm 19.4\,i$ นี่เป็นการให้ค่า q_1 มีค่าน้อย เป็นผลให้การ track ตามทางเดินไม่ดี เกิดความผิดพลาดของตำแหน่งมาก แต่ระบบจะเกิดการกระชากลดลง ดังรูปที่ 6.22 ซึ่งแสดงผลการตอบสนองของความเร็ว เมื่อมีการเคลื่อนที่เป็นวงกลม โดยมีค่า weighting factor เป็น 160000 , 720 และ 1 ตามลำดับ ที่ความเร็ว 0.02 m/s โดยที่ poles ของระบบอยู่ที่ $-24 \pm 19.4\,i$ และเนื่องจากค่าความผิดพลาดของตำแหน่งมีค่ามาก เป็นผลให้ ความเร็วตามแนวทางเดินมีค่าเบี่ยงเบนไปจากค่าที่ต้องการ

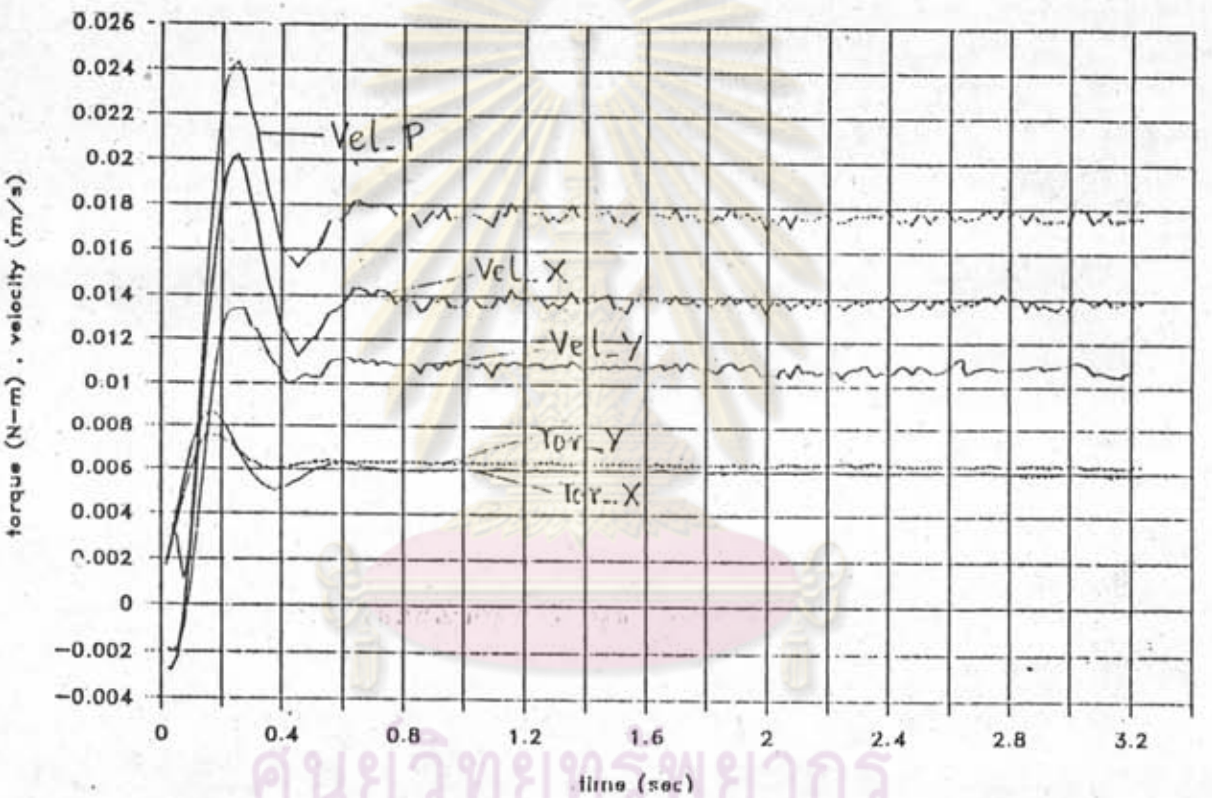


รูปที่ 6.24 แสดงผลการตอบสนองของความเร็วและทอร์คเมื่อมีการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง โดยที่ $q_1 = 25000000$ $q_4 = 5600$ และ $R_w = 1$ ที่ความเร็ว 0.02 m/s มี poles อยู่ที่ $-49.7 \pm 99.7\,i$

พิจารณารูปที่ 6.23 และ 6.24 ซึ่งแสดงผลการตอบสนองของตำแหน่ง ความเร็ว และ ทอร์คเมื่อมีการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง โดยมีค่า weighting factor เป็น 25000000 , 5600 และ 1 ตามลำดับ ที่คาามเร็ว 0.02 m/s

มี poles ของระบบอยู่ที่ $-49.7 \pm 99.7\ i$ โดยที่ค่า q_4 มีค่ามาก จะเห็นว่าระบบมีแนวโน้มเป็น overdamped มากขึ้น แต่ค่าความผิดพลาดของตำแหน่งก็จะมากขึ้นด้วย

พิจารณารูปที่ 6.25 ซึ่งแสดงผลการตอบสนองของความเร็ว และ ทอร์ค เมื่อมีการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง โดยที่ค่า weighting factor เป็น 25000000 , 4000 และ 1 ตามลำดับ ที่ความเร็ว 0.02 m/s มีค่า poles ของระบบอยู่ที่ $-6.2 \pm 111.2\ i$ และ q_4 มีค่าน้อย จะเห็นว่าระบบจะมีแนวโน้มเป็น



รูปที่ 6.25 แสดงผลการตอบสนองของความเร็วและทอร์คเมื่อมีการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง โดยที่ $q_1 = 25000000$ $q_4 = 4000$ และ $R_w = 1$ ที่ความเร็ว 0.02 m/s มี poles อยู่ที่ $-6.2 \pm 111.2\ i$

overshoot เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับ ที่ q_4 มีค่ามากในรูปที่ 6.24 และ ถ้าให้ค่า weighting factor R_w มีค่ามาก โดยที่ q_1 และ q_4 มีค่าคงที่ จะทำให้การ track ตามทางเดินไม่ดีเท่าที่ควร แต่ระบบจะมีแนวโน้มเป็น overdamped เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นไปตามสมการที่ 6.7 , 6.8 และ บทวิเคราะห์ข้างต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$K_p = \sqrt{a_1 / R_w} \qquad \text{.....(6.7)}$$

$$K_d = \frac{B_v R_w \pm \sqrt{(B_v R_w)^2 - R_w(2k_s - a_1)}}{R_w} \qquad \text{.....(6.8)}$$

$$k_s = \sqrt{a_1 R_w}\,(J_1 + r_p^2 m) \qquad \text{.....(6.9)}$$

หรืออาจจะกล่าวได้ว่า ตัวที่ส่งผลกระทบกับการ track ตามทางเดินของระบบก็คือ อัตราส่วนของ a_1 / R_w ซึ่งถ้ามีค่ามากจะ track ตามทางเดินได้ดี แต่ต้องไม่มากเกินไป เพราะว่าถ้ายิ่งมากค่า poles ของระบบจะยิ่งไกลออกไปทางด้านซ้ายของ s - plane ทำให้ต้องใช้พลังงานในการขับเคลื่อนมาก และจะเกิด overshoot มากจนระบบอาจจะไม่เสถียร อีกทั้งถ้า poles ยิ่งอยู่ไกลมาก ช่วงความถี่ที่ใช้งานก็จะยิ่งกว้างมากขึ้น ซึ่งถ้าช่วงความถี่ดังกล่าวกว้างมากจนครอบคลุมไปถึงค่าความถี่ธรรมชาติของโครงสร้างโต๊ะตัดแผ่นเหล็กด้วยเปลวไฟ , มอเตอร์ , ชุดเฟืองทด ซึ่งไม่ได้คำนึงถึงในการจำลองทางคณิตศาสตร์ จึงเป็นผลทำให้การควบคุมตำแหน่งเป็นไปได้ยาก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย