บทที่ 4

ระบบควบคุมแบบตรรกศาสตร์ฟัซซี

จากบทที่ผ่านมากล่าวถึงระบบแขนกลข้อต่อเดียวแบบอ่อนตัวซึ่งมีการจำลองระบบแขนกลข้อต่อเดียวแบบอ่อนตัวในคอมพิวเตอร์ โดยมีการศึกษาถึงพฤติกรรมต่างๆของระบบคือ เมื่อมีการเปลี่ยนค่ากำหนดเป็นค่าแตกต่างกัน และการเปลี่ยนรูปแบบของสัญญาณเข้าของระบบโดยพิจารณาผลตอบสนองที่ตำแหน่งปลายของแขนกลแบบอ่อนตัว และในบทนี้เป็นเนื้อหาเกี่ยวกับการออกแบบตัวควบคุมแบบตรรกศาสตร์ฟัซซีเพื่อนำไปใช้ในการควบคุมระบบแขนกลแบบอ่อนตัว ซึ่งได้จำลองการควบคุมระบบในคอมพิวเตอร์ และได้นำหลักในการออกแบบตัวควบคุมแบบฟัซซีมาใช้ในการออกแบบตัวควบคุมเพื่อใช้ในการควบคุมกับระบบที่เป็นชุดทดลองจริง

จุดมุ่งหมายของการควบคุม

จากการจำลองระบบแขนกลข้อต่อเดียวแบบอ่อนตัวแสดงให้เห็นว่าผลตอบสนองที่ตำแหน่งปลายของแขนกลมีการแกว่งเกิดขึ้นรอบๆตำแหน่งที่ต้องการและขนาดของการแกว่งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของสัญญาณเข้าที่ป้อนให้กับระบบ ดังนั้นการออกแบบตัวควบคุมในบทนี้มีจุดประสงค์เพื่อลดปัญหาการแกว่งที่เกิดขึ้นที่ปลายแขนกลแบบอ่อนตัวเมื่อมีการหมุนไปยังตำแหน่งที่ต้องการ

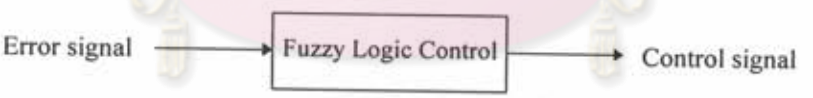
การออกแบบตัวควบคุมแบบตรรกศาสตร์ฟัซซี

ในการออกแบบตัวควบคุมโดยใช้ตรรกศาสตร์ฟัซซีนั้นประกอบด้วยขั้นตอนในการออกแบบหลายขั้นตอนด้วยกันซึ่งได้กล่าวถึงหลักการในการออกแบบมาแล้วในบทที่ 2 สำหรับในการออกแบบตัวควบคุมแบบตรรกศาสตร์ฟัซซีในบทนี้มีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้ การกำหนดสัญญาณเข้าและสัญญาณออกของตัวควบคุมแบบฟัซซี การกำหนดตัวแปรเชิงภาษา (Linguistic variable) และค่าการเป็นสมาชิก (Membersiip function) การกำหนดกฎ (Rule base) ในการควบคุมระบบ รวมถึงการปรับแต่งกฎในการควบคุม

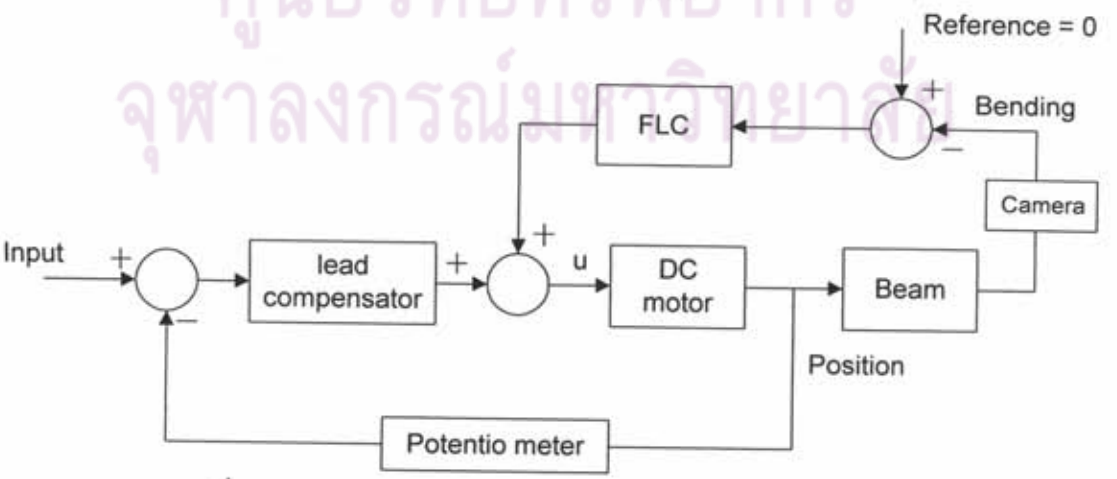
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การกำหนดสัญญาณเข้าและสัญญาณออก

จากระบบแขนกลข้อต่อเดียวนั้นเป็นระบบที่ทำงานโดยมีการป้อนสัญญาณเข้าเป็นสัญญาณแบบขั้น (Step) โดยพิจารณาเป็นค่ามุมที่ต้องการแล้วมอเตอร์กระแสตรงจึงหมุนไปยังตำแหน่งที่ต้องการโดยในการจำลองระบบนั้นได้เลือกใช้ตัวควบคุมตำแหน่งเป็นตัวควบคุมแบบตัวชดเชยแบบล้ำหน้า และสิ่งที่ได้จากการจำลองระบบคือ เกิดการแกว่งที่ตำแหน่งปลายของแขนกลแบบอ่อนตัว ดังนั้นในการออกแบบตัวควบคุมเพื่อลดการแกว่งที่เกิดขึ้นที่ปลายของแขนกลแบบอ่อนตัวนั้นจึงกำหนดให้สัญญาณเข้าของตัวควบคุมเป็นผลต่างระหว่างสัญญาณเข้าของระบบคือค่ามุมหรือตำแหน่งที่ต้องการ (Input signal) กับสัญญาณการแกว่งที่ปลายแขนกลแบบอ่อนตัว (Bending signal) โดยเรียกสัญญาณนี้ว่า สัญญาณคลาดเคลื่อน (Error signal) ดังนั้นในการควบคุมนี้ต้องการให้สัญญาณคลาดเคลื่อนมีค่าเป็นศูนย์นั่นคือต้องการให้สัญญาณที่ตำแหน่งปลายของแขนกลแบบอ่อนตัวสามารถหมุนไปหยุดยังตำแหน่งที่ต้องการโดยที่มีการแกว่งที่ตำแหน่งปลายของแขนกลแบบอ่อนตัวน้อยที่สุดและสำหรับสัญญาณออกของตัวควบคุมคือสัญญาณที่ส่งออกไปควบคุมการทำงานของระบบแขนกลแบบอ่อนตัวโดยเรียกสัญญาณดังกล่าวนี้ว่าสัญญาณควบคุม (Control signal) ดังนั้นในการออกแบบตัวควบคุมนี้จึงมีสัญญาณที่เข้าตัวควบคุม 1 สัญญาณคือสัญญาณคลาดเคลื่อน และมีสัญญาณที่ออกจากตัวควบคุม 1 สัญญาณเช่นกันคือสัญญาณควบคุม ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.1 และมีแผนภาพกรอบในการควบคุมดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 แผนภาพของสัญญาณเข้าและสัญญาณออกของตัวควบคุม



รูปที่ 4.2 แผนภาพกรอบของตัวควบคุมระบบแขนกลแบบอ่อนตัว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การกำหนดตัวแปรเชิงภาษา

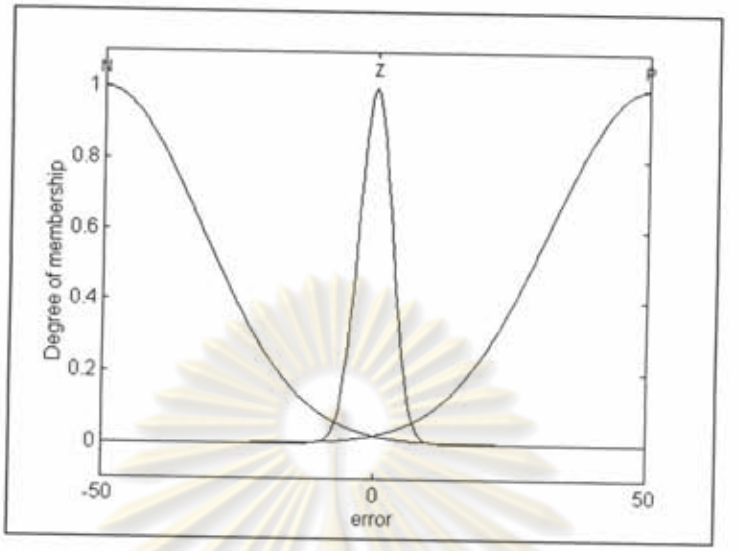
จากการจำลองระบบแขนกลข้อต่อเดียวแบบอ่อนตัวที่ผ่านมาในบทที่ 3 นั้นได้กำหนดรัศมีในการหมุนของระบบแขนกลแบบอ่อนตัวไว้ที่ค่า -45 ถึง 45 องศา เมื่อมีการป้อนสัญญาณเข้าที่เป็นแบบขั้นพบว่าอยู่ภายในขอบเขต 0 - 45 องศาและเมื่อป้อนสัญญาณเข้าเป็นแบบพัลส์พบว่าอยู่ภายในขอบเขต -45 ถึง 45 องศา จากข้างต้นกำหนดสัญญาณเข้าของตัวควบคุมระบบคือสัญญาณคลาดเคลื่อน และขนาดของสัญญาณคลาดเคลื่อนไม่เกินขอบเขตของสัญญาณเข้า ดังนั้นจึงกำหนดขอบเขตของสัญญาณคลาดเคลื่อนเผื่อไว้ที่ -50 ถึง 50 องศา เมื่อวัดสัญญาณการสั่นที่ปลายของแขนกลได้แล้วจึงป้อนกลับไปเปรียบเทียบกับสัญญาณเข้าได้เป็นสัญญาณคลาดเคลื่อน และภายในช่วงดังกล่าวนี้มีการกำหนดตัวแปรเชิงภาษา (Linguistic variable) และค่าความเป็นสมาชิก (Membership function) ให้กับสัญญาณเข้าของตัวควบคุม สำหรับในงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้มีจำนวนตัวแปรเชิงภาษาที่มีจำนวนแตกต่างกัน 3 รูปแบบ ทั้งนี้เพื่อเป็นการพิจารณาว่าจำนวนตัวแปรเชิงภาษาที่กำหนดนั้นมีความสำคัญมากหรือน้อยเพียงใดโดยได้กำหนดจำนวนของตัวแปรไว้ 3, 5 และ 7 ตัวแปรตามลำดับ

ในส่วนสัญญาณควบคุมที่ส่งออกไปควบคุมระบบนั้นได้กำหนดขอบเขตของสัญญาณอยู่ภายในช่วง-10 ถึง 10 โวลท์ โดยกำหนดตัวแปรเชิงภาษาและค่าความเป็นสมาชิก ซึ่งได้กำหนดตัวแปรเชิงภาษาไว้ 3 รูปแบบคือ 3 , 5 และ 7 ตัวแปร โดยได้แบ่งบริเวณของตัวแปรเชิงภาษาของแต่ละตัวแปรไว้ และมีการกำหนดชื่อเรียกของแต่ละตัวแปรให้สอดคล้องกับความหมายต่อไป

จากข้างต้นได้กำหนดให้สัญญาณคลาดเคลื่อนเป็นสัญญาณเข้าของตัวควบคุมโดยกำหนดจำนวนตัวแปรเชิงภาษาภายในช่วงของสัญญาณคลาดเคลื่อนเป็น 3 ตัวแปรดังแสดงในรูปที่ 4.3 และได้กำหนดชื่อของตัวแปรให้สอดคล้องกับรูปร่างของแต่ละตัวแปรดังนี้

1. ค่าคลาดเคลื่อนที่มีค่าเป็นลบ	เขียนแทนด้วย	N
2. ค่าคลาดเคลื่อนที่มีค่าใกล้ศูนย์	เขียนแทนด้วย	Z
3. ค่าคลาดเคลื่อนที่มีค่าเป็นบวก	เขียนแทนด้วย	P

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



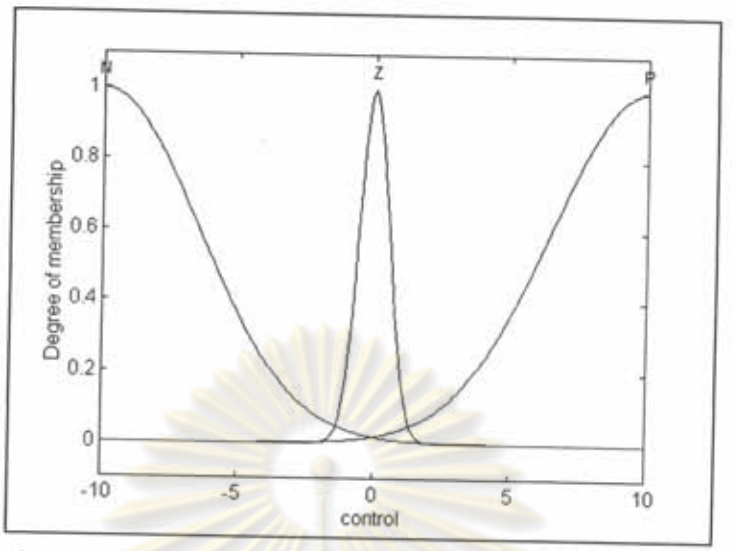
รูปที่ 4.3 ค่าความเป็นสมาชิกของสัญญาณคลาดเคลื่อนเมื่อจำนวนตัวแปรเชิงภาษามี 3 ตัวแปร

จากรูปที่ 4.3 กำหนดให้แต่ละตัวแปรเชิงภาษานั้นมีรูปแบบเกาส์ (Gaussian) โดยค่าของตัวแปรในช่วงที่เป็นบวกและค่าลบนั้นที่ขอบทั้งสองด้านนั้นมีค่าความเป็นสมาชิกเป็น 1 แล้วค่าความเป็นสมาชิกลดลงโดยลู่เข้าสู่ค่าศูนย์ที่บริเวณกึ่งกลาง และในส่วนบริเวณกึ่งกลางนั้นมีตัวแปรที่มีค่าครอบคลุมบริเวณใกล้ศูนย์โดยมีค่าความเป็นสมาชิกสูงสุดเป็น 1 ที่ค่าศูนย์ ซึ่งแต่ละตัวแปรเชิงภาษานั้นมีการซ้อนกันทั้งนี้เนื่องจากเมื่อสัญญาณเข้ามีการเปลี่ยนแปลงไป มีผลให้สัญญาณเข้าของตัวควบคุมมีแบบตรรกศาสตร์ฟัซซีมีการเปลี่ยนค่าอย่างราบเรียบและมีความต่อเนื่อง

จากข้างต้นได้กำหนดให้สัญญาณออกเป็นสัญญาณควบคุมและกำหนดจำนวนตัวแปรเชิงภาษาภายในช่วงของสัญญาณควบคุมเป็น 3 ตัวแปรดังแสดงในรูปที่ 4.4 และได้กำหนดชื่อของตัวแปรให้สอดคล้องกับรูปร่างของแต่ละตัวแปรดังนี้

1. สัญญาณควบคุมเป็นลบ	เขียนแทนด้วย	N
2. สัญญาณควบคุมมีค่าใกล้ศูนย์	เขียนแทนด้วย	Z
3. สัญญาณควบคุมมีเป็นบวก	เขียนแทนด้วย	P

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

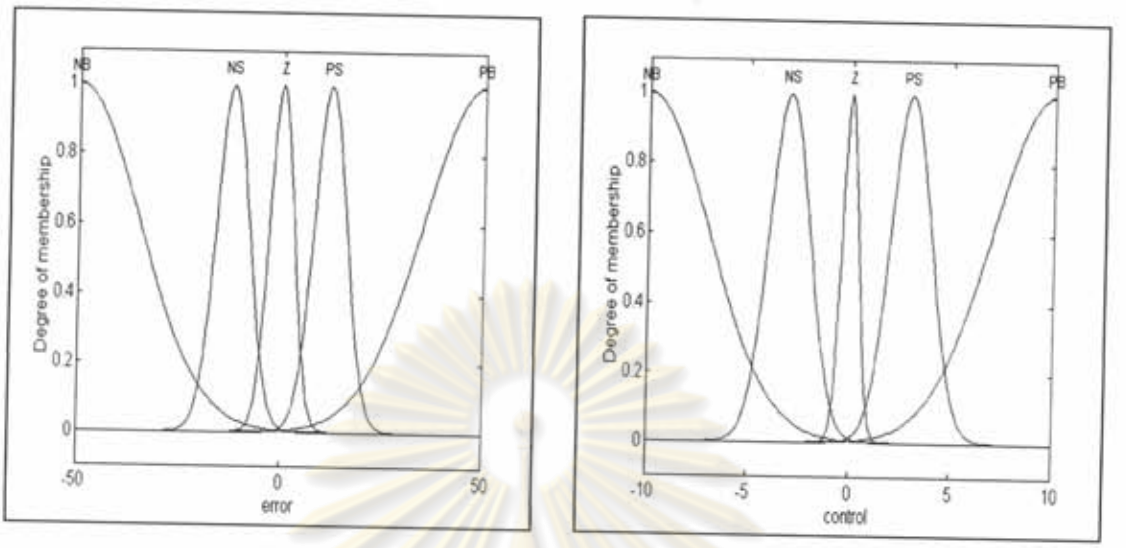


รูปที่ 4.4 ค่าความเป็นสมาชิกของสัญญาณควบคุมเมื่อจำนวนตัวแปรเชิงภาษามี 3 ตัวแปร

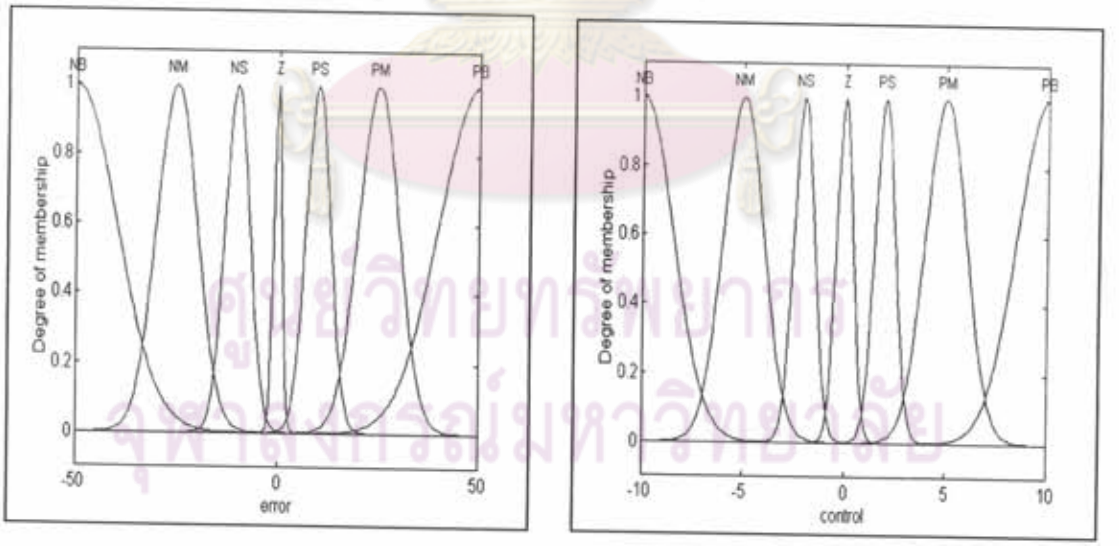
จากรูปที่ 4.4 ได้กำหนดรูปแบบของตัวแปรเชิงภาษาของสัญญาณควบคุมในลักษณะที่คล้ายคลึงกับรูปแบบของสัญญาณคลาดเคลื่อนโดยที่ช่วงของค่าที่เป็นบวกและค่าลบนั้นอยู่ที่ขอบทั้งสองด้านและมีค่าความเป็นสมาชิกคือ 1 แล้วค่าความเป็นสมาชิกลดลงโดยมีการลู่เข้าสู่ค่าศูนย์ที่บริเวณกึ่งกลางและในส่วนบริเวณกึ่งกลางนั้นมีตัวแปรที่มีค่าครอบคลุมบริเวณใกล้ศูนย์ซึ่งมีค่าความเป็นสมาชิกสูงสุดเป็น 1 ที่ค่าศูนย์ สำหรับแต่ละตัวแปรเชิงภาษาข้างต้นนี้มีการซ้อนกันทั้งนี้เพื่อให้สัญญาณที่ส่งออกไปควบคุมระบบนั้นมีความต่อเนื่องนั้นเอง

เมื่อเพิ่มจำนวนตัวแปรเชิงภาษาให้กับสัญญาณคลาดเคลื่อนและสัญญาณควบคุมเป็น 5 ตัวแปรและ 7 ตัวแปรดังรูปที่ 4.5 และ 4.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.5 ค่าความเป็นสมาชิกของสัญญาณคลาดเคลื่อนและสัญญาณควบคุม
เมื่อจำนวนตัวแปรเชิงภาษามี 5 ตัวแปร



รูปที่ 4.6 ค่าความเป็นสมาชิกของสัญญาณคลาดเคลื่อนและสัญญาณควบคุม
เมื่อจำนวนตัวแปรเชิงภาษามี 7 ตัวแปร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การกำหนดกฎในการควบคุม

ในการออกแบบกฎในตัวควบคุมแบบฟัซซีนั้นส่วนที่จัดได้ว่าเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดส่วนหนึ่งคือการกำหนดกฎในการควบคุมซึ่งในการกำหนดกฎในการควบคุมของตัวควบคุมหนึ่งๆนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องใช้ข้อมูลในส่วนของฐานข้อมูลของระบบนั้นมาช่วยในการพิจารณา จากในบทที่ 3 ซึ่งเป็นการจำลองระบบโดยพบว่าเมื่อสัญญาณเข้ามีขนาดเพิ่มขึ้นมีผลให้ช่วงของการแกว่งที่ตำแหน่งปลายของแขนกลมีขนาดใหญ่ขึ้นตามไปด้วยดังนั้นพอสรุปได้ว่าเมื่อสัญญาณเข้ามีค่ามากขึ้นมีผลให้มีผลให้สัญญาณคลาดเคลื่อนซึ่งเป็นสัญญาณเข้าของตัวควบคุมมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งจากฐานความรู้ที่ได้นี้นำมาใช้ในการสร้างฐานกฎที่ใช้ในการควบคุมโดยอยู่ในรูปของกฎการควบคุม

เมื่อกำหนดกฎในการควบคุมเป็น 3 กฎ 5 กฎ และ 7 กฎ

จากข้างต้นได้กำหนดให้สัญญาณเข้าและสัญญาณออกของตัวควบคุมแบบฟัซซีคือสัญญาณคลาดเคลื่อน และสัญญาณควบคุม ตามลำดับซึ่งจัดได้ว่าเป็นระบบควบคุมที่มีสัญญาณเข้าหนึ่งสัญญาณและสัญญาณออกหนึ่งสัญญาณ ซึ่งมีการกำหนดตัวแปรเชิงภาษาให้กับสัญญาณทั้งสองสัญญาณเป็น 3 ตัวแปร ดังนั้นในการกำหนดกฎนี้จึงสามารถกำหนดกฎในการควบคุมได้มากที่สุดคือ 3 กฎ นั่นคือจำนวนกฎเท่ากับจำนวนตัวแปรเชิงภาษาของสัญญาณเข้าของตัวควบคุม และในที่นี้ได้กำหนดในการควบคุมโดยได้เลียนแบบการควบคุมแบบสัดส่วนซึ่งได้กฎในการควบคุมเป็น 3 กฎดังนี้

เมื่อสัญญาณคลาดเคลื่อนมีค่าเป็นลบจึงต้องการให้ผลตอบสนองเข้าสู่ค่ากำหนดได้รวดเร็วขึ้นดังนั้นจึงกำหนดให้ส่งสัญญาณควบคุมที่มีค่าเป็นลบออกไปควบคุมระบบเพื่อให้ผลตอบสนองเข้าสู่ค่ากำหนดตามที่ต้องการได้อย่างรวดเร็ว โดยกำหนดกฎในการควบคุมดังนี้

IF Error signal is N **THEN** Control signal is N

เมื่อสัญญาณคลาดเคลื่อนมีขนาดเล็กลงจนเข้าใกล้ศูนย์และเพื่อให้ผลตอบสนองเข้าสู่ค่ากำหนดจึงกำหนดให้ส่งสัญญาณควบคุมที่มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ออกไปยังระบบเพื่อให้ผลตอบสนองเข้าสู่ค่ากำหนดตามที่ต้องการ ได้กฎการควบคุมดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

IF Error signal is Z **THEN** Control signal is Z

เมื่อสัญญาณคลาดเคลื่อนมีค่าเป็นบวกจึงและต้องการให้ผลตอบสนองเข้าสู่ค่ากำหนดได้รวดเร็วขึ้นดังนั้นจึงกำหนดให้ส่งสัญญาณควบคุมที่มีค่าเป็นบวกออกไปควบคุมระบบเพื่อให้ผลตอบสนองเข้าสู่ค่ากำหนดตามที่ต้องการได้อย่างรวดเร็ว โดยกำหนดกฎในการควบคุมดังนี้

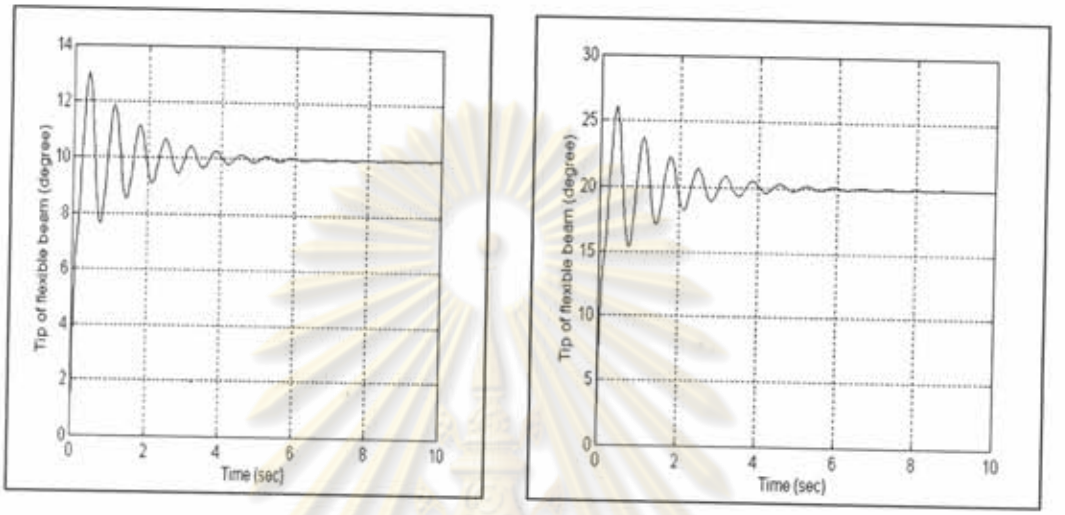
IF Error signal is P **THEN** Control signal is P

จากการกำหดกฎในการควบคุมข้างต้นพบว่าเมื่อสัญญาณคลาดเคลื่อนมีค่าเป็นลบแล้วควบคุมจึงส่งสัญญาณควบคุมที่มีค่าเป็นลบให้กับระบบ เมื่อสัญญาณคลาดเคลื่อนมีค่าเป็นบวกตัวควบคุมจึงส่งสัญญาณควบตุมที่มีค่าเป็นบวกและเมื่อสัญญาณคลาดเคลื่อนมีค่าที่เข้าใกล้ศูนย์ตัวควบคุมจึงส่งสัญญาณควบคุมที่มีค่าใกล้ศูนย์ออกไปให้กับระบบ ดังนั้นการกำหนดกฎในการควบคุมนี้ได้ความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณเข้าและสัญญาณออกของตัวควบคุมคือสัญญาณควบคุมของระบบแปรผันโดยตรงกับสัญญาณคลาดเคลื่อน และได้สัญญาณออกของตัวควบคุมที่ส่งออกไปควบคุมระบบแล้วสำหรับวิธีในการแปลงค่าจากตัวแปรเชิงภาษาของสัญญาณควบคุมไปเป็นสัญญาณควบคุมจริงนั้นในงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธี การหาจุดศูนย์ถ่วง (Centroid) เพราะว่าวิธีดังกล่าวให้ค่าสัญญาณที่เป็นค่าเฉลี่ยของสัญญาณที่มีการซ้อนกันและทำให้สัญญาณที่ได้มีค่าที่ต่อเนื่องอีกด้วย

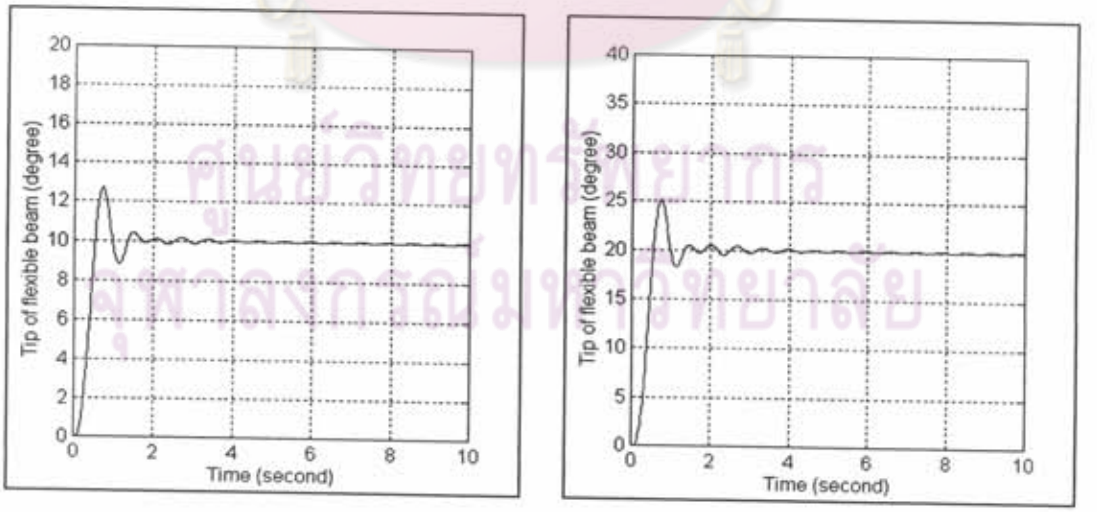
จากการออกแบบกฎในการควบคุมดังข้างต้นได้จำลองระบบการควบคุมแบบตรรกศาสตร์ฟัซซีในคอมพิวเตอร์โดยมีการป้อนสัญญาณเข้าเป็นสัญญาณแบบขั้นที่ 10 , 20 , 30 และ 40 องศา โดยมีการกำหนดให้ความยาวของแขนกลแบบอ่อนตัวไว้ที่ 40 เซนติเมตร รวมทั้งไม่มีการติดมวลที่ปลายของแขนกลแบบอ่อนตัวโดย ได้แสดงผลการจำลองการควบคุมระบบแขนกลข้อต่อเดียวแบบอ่อนตัวเปรียบเทียบผลการระบบที่ยังไม่มีการควบคุมดังแสดงในรูปที่ 4.7 - 4.10

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

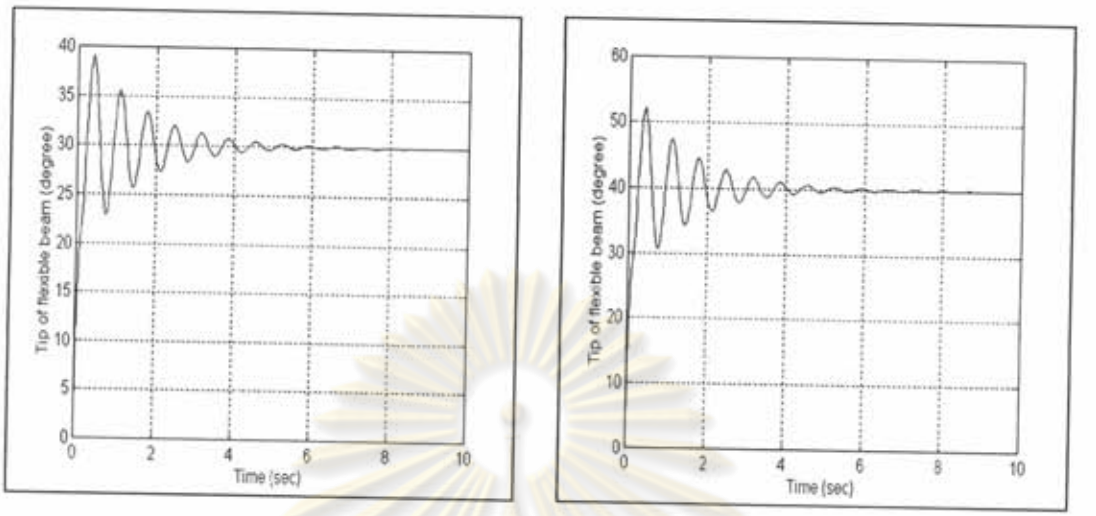
ตำแหน่งปลายของแขนกลข้อต่อเดียวแบบอ่อนตัวเมื่อใช้กฎในการควบคุม 3 กฎ



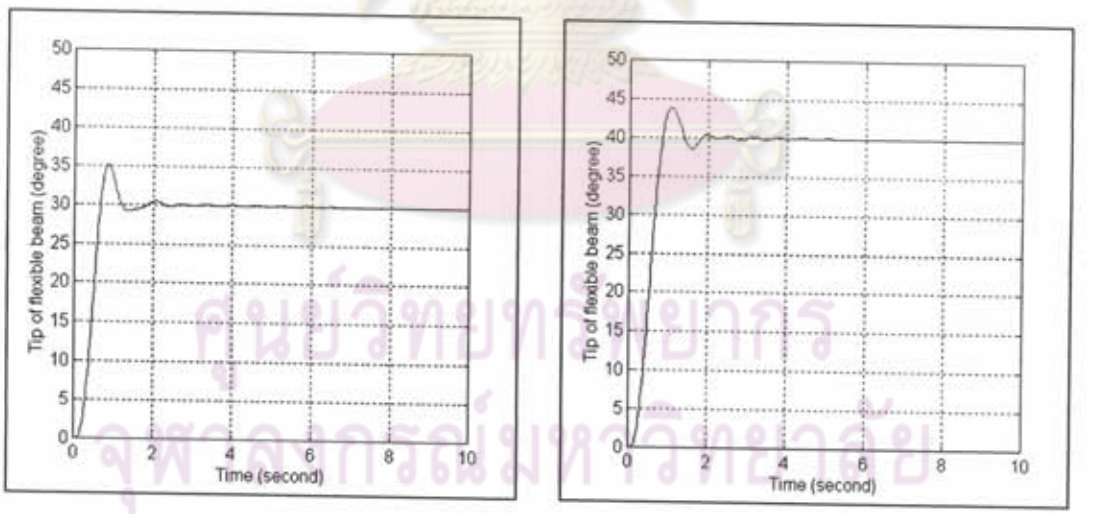
รูปที่ 4.7 ตำแหน่งปลายแขนกลข้อต่อเดียวแบบอ่อนตัวเมื่อสัญญาณเข้าเป็นแบบขั้นที่ 10 และ 20 องศา



รูปที่ 4.8 ตำแหน่งปลายแขนกลข้อต่อเดียวแบบอ่อนตัวเมื่อสัญญาณเข้าเป็นแบบขั้นที่ 10 และ 20 องศาโดยใช้ตัวควบคุมแบบฟัซซี



รูปที่ 4.9 ตำแหน่งปลายแขนกลข้อต่อเดียวแบบอ่อนตัวเมื่อสัญญาณเข้าเป็นแบบขั้นที่ 30 และ 40 องศา



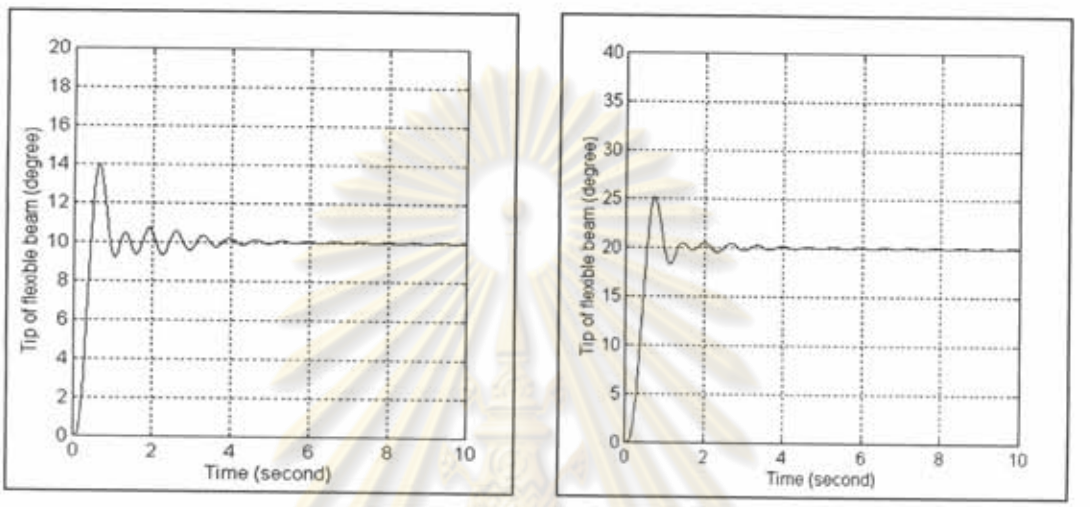
รูปที่ 4.10 ตำแหน่งปลายแขนกลข้อต่อเดียวแบบอ่อนตัวเมื่อสัญญาณเข้าเป็นแบบขั้นที่ 30 และ 40 องศาโดยใช้ตัวควบคุมแบบฟัซซี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

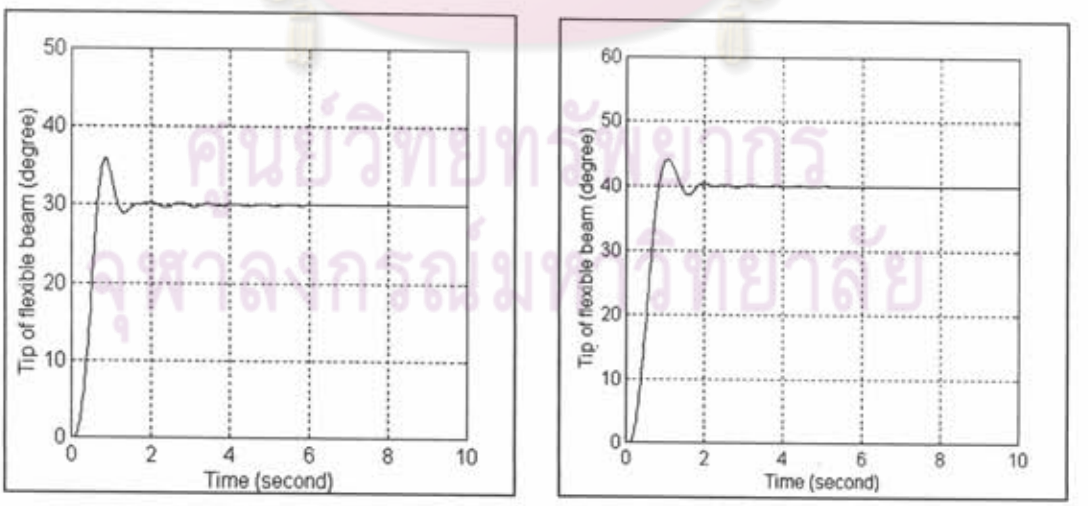
จากรูปที่ 4.7 - 4.10 แสดงผลการจำลองระบบแขนกลข้อต่อเดียวแบบอ่อนตัวเมื่อมีการควบคุมโดยใช้ตัวควบคุมแบบตรรกศาสตร์ฟัซซี เมื่อใช้กฎในการควบคุมด้วยกัน 3 กฎ จากรูปที่ 4.7 แสดงตำแหน่งปลายของแขนกลแบบอ่อนตัวเมื่อยังไม่มีการควบคุมที่ตำแหน่งปลายของแขนกล ส่วนในรูปที่ 4.8 แสดงตำแหน่งปลายของแขนกลแบบอ่อนตัวเมื่อป้อนสัญญาณเข้าแบบขั้นที่ 10 และ 20 องศาเมื่อมีการควบคุมที่ตำแหน่งปลายด้วยตัวควบคุมแบบตรรกศาสตร์ฟัซซี พบว่าขนาดของการแกว่งที่ตำแหน่งปลายของแขนกลแบบอ่อนมีขนาดลดลงอย่างเห็นได้ชัดรวมทั้งสามารถเข้าสู่ค่าที่กำหนดได้ตามที่ต้องการ จากรูปที่ 4.9 แสดงตำแหน่งปลายของแขนกลเมื่อมีการเพิ่มขนาดของสัญญาณเข้าเป็น 30 และ 40 องศาพบว่ามีการแกว่งที่ปลายแขนกลแบบอ่อนตัว และรูปที่ 4.10 แสดงการควบคุมตำแหน่งปลายเมื่อสัญญาณเข้าเป็น 30 และ 40 องศา พบว่าสามารถลดการแกว่งที่ตำแหน่งปลายของแขนกลแบบอ่อนตัวได้

นอกจากการกำหนดกฎในการควบคุมที่เหมาะสมแล้ว รูปแบบของตัวแปรเชิงภาษาก็นับว่ามีความสำคัญต่อสัญญาณควบคุมอย่างมาก เช่น เมื่อกำหนดรูปแบบของตัวแปรเชิงภาษาของสัญญาณควบคุมเป็นรูปแบบสามเหลี่ยมหรือเป็นสี่เหลี่ยมคางหมูแล้ว สัญญาณควบคุมที่ได้นั้นมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วนั่นคือสัญญาณควบคุมที่ได้ไม่ต่อเนื่องส่งผลให้ผลตอบสนองของระบบที่ได้ไม่ดีเท่าที่ควร นอกเหนือจากรูปแบบของตัวแปรเชิงภาษาแล้ว การเลือกวิธีในการแปลงค่าจากตัวแปรเชิงภาษามาเป็นสัญญาณควบคุมนับว่ามีความสำคัญเช่นเดียวกันเช่นถ้าเลือกวิธีของชิงเกิลตัน (Singleton) ซึ่งวิธีนี้ได้นำเฉพาะค่าที่สูงที่สุดมาใช้ในการพิจารณา มีผลให้สัญญาณควบคุมที่ได้มีค่าที่ไม่ต่อเนื่องเช่นกัน และอีกปัจจัยหนึ่งคือการกำหนดจำนวนตัวแปรเชิงภาษาของสัญญาณเข้าของระบบ เป็นที่ทราบแล้วว่าสำหรับตัวควบคุมแบบตรรกศาสตร์ฟัซซีที่มีสัญญาณเข้าหนึ่งสัญญาณและสัญญาณออกหนึ่งสัญญาณนั้น สามารถสร้างกฎในการควบคุมได้มากที่สุดเท่ากับจำนวนตัวแปรเชิงภาษาของสัญญาณเข้านั่นเอง จากข้างต้นมีการกำหนดให้จำนวนตัวแปรเชิงภาษาไว้ที่ 3 ตัวแปร และกำหนดกฎในการควบคุม 3 กฎ แต่โดยทั่วไปแล้วในการกำหนดจำนวนตัวแปรเชิงภาษานั้นไม่มีกฎเกณฑ์กำหนด และเมื่อจำนวนตัวแปรเพิ่มขึ้น กฎในการควบคุมจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย และเมื่อเพิ่มกฎในการควบคุมเป็น 5 กฎและ 7 กฎดังแสดงในรูปที่ 4.11 - 4.14

ตำแหน่งปลายของแขนกลข้อต่อเดียวแบบอ่อนตัวเมื่อกำหนดกฎในการควบคุมเป็น 5 กฎ



รูปที่ 4.11 ผลตอบสนองที่ตำแหน่งปลายของแขนกลเมื่อป้อนสัญญาณเข้าเป็น 10 และ 20องศา

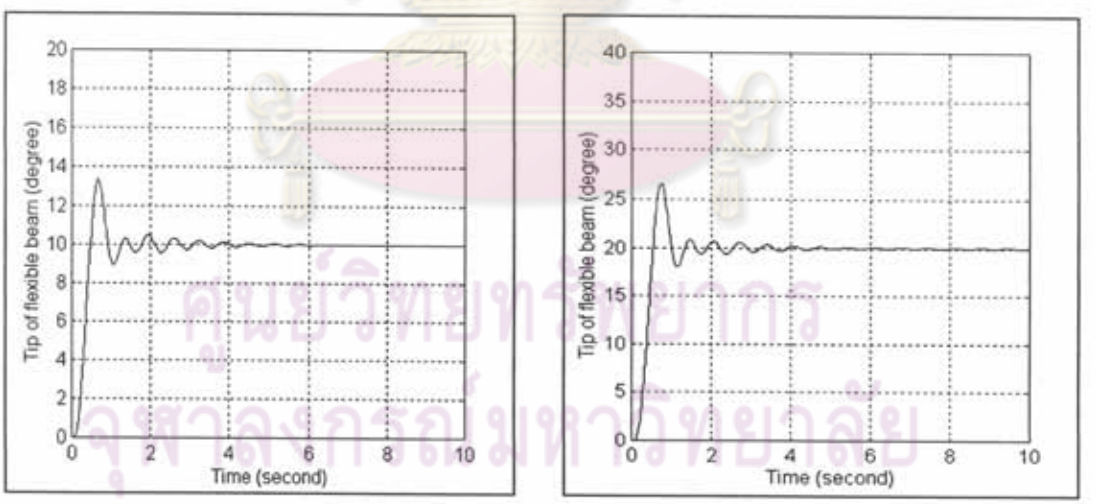


รูปที่ 4.12 ผลตอบสนองที่ตำแหน่งปลายของแขนกลเมื่อป้อนสัญญาณเข้าเป็น 30 และ 40 องศา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

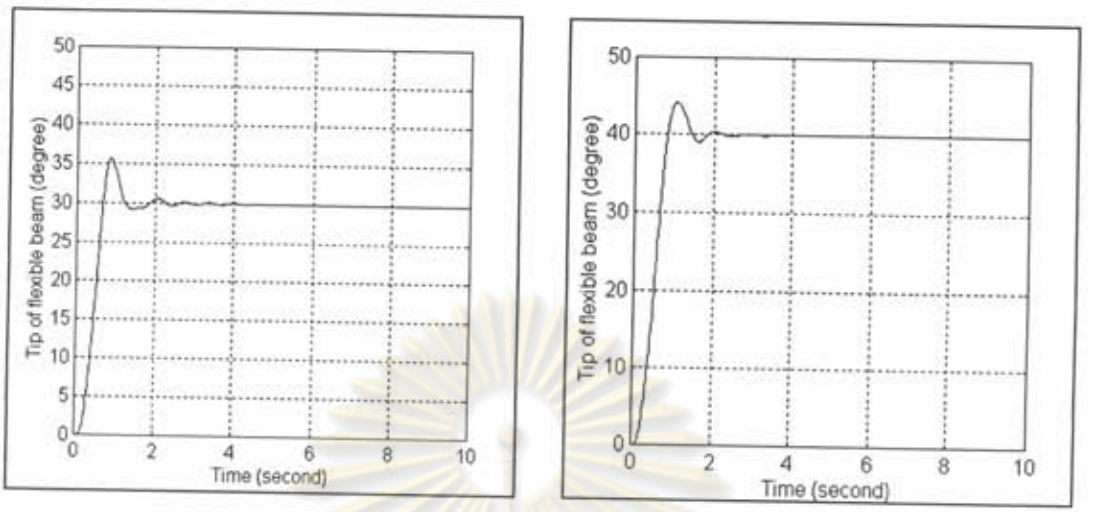
จากรูปที่ 4.11 ถึง 4.12 แสดงผลการจำลองระบบแขนกลข้อต่อเดียวแบบอ่อนตัวเมื่อมีการควบคุมโดยใช้ตัวควบคุมแบบตรรกศาสตร์ฟัซซี เมื่อใช้กฎในการควบคุมด้วยกัน 5 กฎ จากรูปที่ 4.11 แสดงตำแหน่งปลายของแขนกลแบบอ่อนตัวเมื่อป้อนสัญญาณเข้าแบบขั้นที่ 10 และ 20 องศา พบว่าในช่วงแรกนั้นมีการพุ่งเกินค่าที่กำหนดขึ้นไปแล้วขนาดของการแกว่งลดลงจนเข้าสู่ค่ากำหนดเมื่อเพิ่มขนาดของสัญญาณเข้าเป็น 20 องศา พบว่าในช่วงแรกนั้นมีการพุ่งเกินค่าที่กำหนดขึ้นไปและขนาดของการแกว่งจึงลดลงและลู่เข้าสู่ค่ากำหนด ซึ่งจากผลการจำลองระบบในบทที่ 3 พบว่าเมื่อเพิ่มขนาดของสัญญาณเข้ามีผลให้ขนาดของการแกว่งที่ตำแหน่งปลายของแขนกลมีขนาดเพิ่มขึ้นตามไปด้วย และจากในรูปที่ 4.12 คือสัญญาณที่วัดได้จากตำแหน่งปลายของแขนกลแบบอ่อนเมื่อสัญญาณเข้ามีขนาดเพิ่มขึ้นเป็น 30 และ 40 องศาตามลำดับ นั่นคือตัวควบคุมแบบตรรกศาสตร์ฟัซซีสามารถลดการแกว่งที่ตำแหน่งปลายของแขนกลให้เข้าสู่ค่ากำหนดได้แม้ว่าขนาดของสัญญาณเข้ามีการเปลี่ยนแปลงก็ตาม

ตำแหน่งปลายของแขนกลข้อต่อเดียวแบบอ่อนตัวเมื่อกำหนดกฎในการควบคุมเป็น 7 กฎ



รูปที่ 4.13 ผลตอบสนองที่ตำแหน่งปลายของแขนกลเมื่อป้อนสัญญาณเข้าเป็น 10 และ 20 องศา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.14 ผลตอบสนองที่ตำแหน่งปลายของแขนกลเมื่อป้อนสัญญาณเข้าเป็น 30 และ 40 องศา

จากรูปที่ 4.13 และ 4.14 แสดงผลการจำลองระบบแขนกลข้อต่อเดียวแบบอ่อนตัวเมื่อมีการควบคุมโดยใช้ตัวควบคุมแบบตรรกศาสตร์ฟัซซี เมื่อใช้กฎในการควบคุมด้วยกัน 7 กฎ จากรูปที่ 4.13 แสดงตำแหน่งปลายของแขนกลแบบอ่อนตัวเมื่อป้อนสัญญาณเข้าแบบขั้นที่ 10 และ 20 องศาพบว่าสามารถลดการแกว่งที่ตำแหน่งปลายของแขนกลแบบอ่อนตัวได้ และเมื่อเพิ่มขนาดของสัญญาณเข้าเป็น 30 และ 40 องศา ดังรูปที่ 4.14 พบว่าสามารถควบคุมการแกว่งได้ นั่นคือตัวควบคุมแบบตรรกศาสตร์ฟัซซีสามารถลดการแกว่งที่ตำแหน่งปลายของแขนกลให้เข้าสู่ค่ากำหนดได้แม้ว่าขนาดของสัญญาณเข้ามีการเปลี่ยนแปลงก็ตาม

จากผลการจำลองระบบเมื่อใช้กฎในการควบคุมเป็น 3 กฎ 5 กฎ และ 7 กฎ พบสามารถควบคุมการแกว่งที่ตำแหน่งปลายของแขนกลแบบอ่อนตัวได้ แต่สิ่งที่เห็นได้จากผลการจำลองระบบคือ ผลตอบที่ได้มีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน แต่ช่วงเวลาเข้าที่มีความแตกต่างกันคือเมื่อมีการเพิ่มจำนวนกฎมีผลให้ช่วงเวลาเข้าที่มีค่าลดลง และพบว่าเมื่อกำหนดกฎในการควบคุมมากจะใช้เวลาในการคำนวณมากกว่าเมื่อกำหนดกฎในการควบคุมน้อยกว่า ซึ่งระบบแขนกลแบบอ่อนตัวนี้เป็นระบบที่มีพลวัตที่เร็วมาก ดังนั้นในการควบคุมระบบจริงจำเป็นต้องใช้เวลาในการคำนวณเพื่อหาสัญญาณควบคุมให้เร็วที่สุด จึงเลือกใช้กฎในการควบคุมเป็น 3 กฎเพื่อลดปัญหาที่ได้กล่าวมาข้างต้น