การลดการแกว่งของระบบควบคุมไม่ต่อเนื่องเชิงเวลาแบบปรับเปลี่ยนโครงสร้างของตัวควบคุมได้

นาย มณเฑียร เศาภายน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2537

ISBN 974-584-999-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I16998820

A REDUCTION IN CHATTERING OF DISCRETE-TIME VARIABLE STRUCTURE CONTROL SYSTEMS

Mr. Montien Saubhayana

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial fulfilment of the Requirements for
the Degree of Master of Engineering
Department of Electrical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
1994

ISBN 974-584-999-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดการแกว่งของระบบควบคุมไม่ต่อเนื่องเชิงเวลาแบบปรับเปลี่ยนโครงสร้างของตัวควบคุมได้
โดย	นาย มณเฑียร เศาภายน
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. บุญมี อย่างธารา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ถุงสุวรรณ)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. เทียนชัย ประดิสถายน)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ดร. บุญมี อย่างธารา)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. วัชรพงษ์ โขวิฑูรกิจ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

มณเฑียร เศาภายน : การลดการแกว่งของระบบควบคุมไม่ต่อเนื่องเชิงเวลาแบบปรับเปลี่ยนโครงสร้างของตัวควบคุมได้ (A REDUCTION IN CHATTERING OF DISCRETE-TIME VARIABLE STRUCTURE CONTROL SYSTEMS) อ. ที่ปรึกษา : อ. ดร. บุญมี อย่างธารา, 140 หน้า. ISBN 974-584-999-5

ปรากฏการณ์การแกว่งของสเตทรอบๆพื้นผิวสวิตชิงเป็นปรากฏการณ์ที่เป็นข้อเสียเปรียบที่สำคัญของระบบควบคุมแบบปรับเปลี่ยนโครงสร้างของตัวควบคุมได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบควบคุมไม่ต่อเนื่องเชิงเวลาแบบปรับเปลี่ยนโครงสร้างของตัวควบคุมได้ ทั้งนี้เนื่องมาจากโครงสร้างของสัญญาณควบคุมไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ในทันทีที่ต้องการ ต้องรอจนถึงเวลาที่ลงมือสุ่มตัวอย่าง การแกว่งดังกล่าวนอกจากจะทำให้ระบบควบคุมเข้าสู่สภาวะอยู่ตัวช้าแล้ว ยังอาจทำให้ระบบควบคุมทำงานไม่ได้ผลตามที่ต้องการ งานวิจัยนี้เสนอวิธีใหม่สำหรับลดการแกว่งของระบบเชิงเส้นไม่ต่อเนื่องเชิงเวลา ซึ่งไม่แปรเปลี่ยนตามเวลา มีสัญญาณป้อนเข้าสัญญาณเดียวและสัญญาณออกเพียงสัญญาณเดียว ด้วยการเปลี่ยนค่าของคาบเวลาชักตัวอย่าง นอกจากนี้ยังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขีดจำกัดของการแกว่งและคาบเวลาชักตัวอย่างอีกด้วย ผลการจำลองการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์แสดงให้เห็นว่าวิธีที่เสนอทำงานได้ดีตามที่คาดหมายไว้ทุกประการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา ระบบควบคุม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

: MAJOR
KEY WORD:

C415465 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEY WORD : CHATTERING / DISCRETE-TIME / VARIABLE STRUCTURE / CONTROL

MONTIEN SAUBHAYANA : A REDUCTION IN CHATTERING OF DISCRETE-TIME VARIABLE STRUCTURE CONTROL SYSTEMS. THESIS ADVISOR : BOONMEE YANGTHARA, Ph.D. 140 pp. ISBN 974-584-999-5

Chattering phenomenon is a major disadvantage in variable structure control systems, especially in a discrete-time variable structure control system in which the control structure cannot change instantly at a required instant that is not a sampling instant. The chattering not only can cause the system a delay in reaching the steady-state conditions, but also can result in unsatisfactory system performances. This research proposes a novel approach to reduce the chattering in a single-input, single-output, linear time-invariant, discrete-time control system by reducing the sampling period. In addition, the relationship between the sampling period and the bound on the chattering is derived. Digital simulation reveals that both the proposed approach and the desired relationship work well to expectations.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา ระบบควบคุม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม -

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความอนุเคราะห์ของบุคคลต่างๆดังต่อไปนี้ คือ ดร. บุญมี อย่างธารา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆเกี่ยวกับงานวิจัยมาด้วยดีตลอด รศ. ดร. เทียนชัย ประดิสถายน ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และดร. วัชรพงษ์ โขวิฑูรกิจ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ ดร. สมบูรณ์ แสงวงค์วาณิชย์ ที่ได้ให้เอกสารที่เป็นประโยชน์ในงานวิจัย คุณชวลิต ศรีสถาพรพัฒน์ เจ้าหน้าที่จัดการระบบของศูนย์คอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ที่ศูนย์คอมพิวเตอร์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ คณาจารย์ทุกท่าน รุ่นพี่ เพื่อน และรุ่นน้อง ที่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดา ซึ่งเป็นผู้สนับสนุนและเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญรูปภาพ..... ฌ

บทที่.....

1. บทนำ..... 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

วัตถุประสงค์และขอบเขตของวิทยานิพนธ์..... 2

โครงสร้างของวิทยานิพนธ์..... 3

2. ระบบควบคุมต่อเนื่องเชิงเวลาแบบปรับเปลี่ยนโครงสร้างของตัวควบคุมได้ 5

ความรู้ทั่วไป..... 5

ลักษณะของปัญหาและวิธีการออกแบบตัวควบคุมแบบที่ใช้ใน
วิทยานิพนธ์..... 12

3. ระบบควบคุมไม่ต่อเนื่องเชิงเวลาแบบปรับเปลี่ยนโครงสร้าง
ของตัวควบคุมได้..... 19

งานวิจัยที่แล้วมาและงานวิจัยที่จะทำ..... 19

การแกว่งของระบบควบคุมไม่ต่อเนื่องเชิงเวลาแบบปรับเปลี่ยน
โครงสร้างของตัวควบคุมได้..... 22

4. วิธีทดสอบและผลการทดสอบทฤษฎี..... 25

วิธีการจำลองแบบระบบด้วยคอมพิวเตอร์และโครงสร้างของ
โปรแกรมที่ใช้ในการจำลองแบบ..... 26

หน้า

ปัญหาตัวอย่างในการออกแบบระบบควบคุมต่อเนื่องเชิงเวลาแบบปรับเปลี่ยนโครงสร้างของตัวควบคุมได้ 26
เมตริกซ์ที่จำเป็นต่อการหาค่าขอบเขตการแกว่ง 30
ผลการจำลองแบบระบบด้วยคอมพิวเตอร์ 33
5. แนวทางการประยุกต์และผลการประยุกต์ทฤษฎีที่เกี่ยวกับการแกว่ง 60
6. บทสรุปและข้อเสนอแนะ 73
บทสรุป 73
ข้อเสนอแนะ 73
รายการอ้างอิง 75
ภาคผนวก ก ทฤษฎีพื้นฐานของระบบควบคุมไม่ต่อเนื่องเชิงเวลา 77
ภาคผนวก ข สมการพลวัตของสวิตชิงฟังก์ชัน 79
ภาคผนวก ค โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้จำลองแบบระบบ 82
ภาคผนวก ง ตัวอย่างของเมตริกซ์เริ่มต้นที่ใช้ในโปรแกรมจำลองแบบระบบ 124
ภาคผนวก จ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้แสดงผลออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ 127
ประวัติผู้เขียน 140

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 4-1 กราฟระหว่างสเตท x_1 กับเวลา (ตัวอย่างที่ 1)..... 34

รูปที่ 4-2 กราฟระหว่างสเตท x_2 และ x_3 กับเวลา (ตัวอย่างที่ 1)..... 35

รูปที่ 4-3 กราฟระหว่างค่าสวิตชิงฟังก์ชัน (s) กับเวลา (ตัวอย่างที่ 1)..... 36

รูปที่ 4-4 กราฟระหว่างสเตท x_1 กับเวลา (ตัวอย่างที่ 1)
กรณีที่เวลาชักตัวอย่างเท่ากับ 0.01..... 37

รูปที่ 4-5 กราฟระหว่างสเตท x_1 กับเวลา (ตัวอย่างที่ 1)
กรณีที่เวลาชักตัวอย่างเท่ากับ 0.005..... 38

รูปที่ 4-6 กราฟระหว่างสเตท x_1 กับเวลา (ตัวอย่างที่ 1)
กรณีที่เวลาชักตัวอย่างเท่ากับ 0.001..... 39

รูปที่ 4-7 กราฟระหว่างสเตท x_2 และ x_3 กับเวลา (ตัวอย่างที่ 1)
กรณีที่เวลาชักตัวอย่างเท่ากับ 0.01..... 40

รูปที่ 4-8 กราฟระหว่างสเตท x_2 และ x_3 กับเวลา (ตัวอย่างที่ 1)
กรณีที่เวลาชักตัวอย่างเท่ากับ 0.005..... 41

รูปที่ 4-9 กราฟระหว่างสเตท x_2 และ x_3 กับเวลา (ตัวอย่างที่ 1)
กรณีที่เวลาชักตัวอย่างเท่ากับ 0.001..... 42

รูปที่ 4-10 กราฟระหว่างค่าสวิตชิงฟังก์ชัน (s) กับเวลา (ตัวอย่างที่ 1)
และค่าขอบเขตการแกว่ง กรณีที่เวลาชักตัวอย่างเท่ากับ 0.01..... 43

รูปที่ 4-11 กราฟระหว่างค่าสวิตชิงฟังก์ชัน (s) กับเวลา (ตัวอย่างที่ 1)
และค่าขอบเขตการแกว่ง กรณีที่เวลาชักตัวอย่างเท่ากับ 0.005..... 44

รูปที่ 4-12 กราฟระหว่างค่าสวิตชิงฟังก์ชัน (s) กับเวลา (ตัวอย่างที่ 1)
และค่าขอบเขตการแกว่ง กรณีที่เวลาชักตัวอย่างเท่ากับ 0.001..... 45

หน้า

รูปที่ 4-13 กราฟระหว่างค่าขอบเขตการแกว่งกับเวลา (ตัวอย่างที่ 1)
กรณีที่เวลาชักตัวอย่างเท่ากับ 0.01 0.005 และ 0.001..... 46
รูปที่ 4-14 กราฟระหว่างสเตท x_1 กับเวลา (ตัวอย่างที่ 2)..... 47
รูปที่ 4-15 กราฟระหว่างสเตท x_2 x_3 และ x_4 กับเวลา (ตัวอย่างที่ 2)..... 48
รูปที่ 4-16 กราฟระหว่างค่าสวิตชิงฟังก์ชัน (s) กับเวลา (ตัวอย่างที่ 2)..... 49
รูปที่ 4-17 กราฟระหว่างสเตท x_1 กับเวลา (ตัวอย่างที่ 2)
กรณีที่เวลาชักตัวอย่างเท่ากับ 0.05..... 50
รูปที่ 4-18 กราฟระหว่างสเตท x_1 กับเวลา (ตัวอย่างที่ 2)
กรณีที่เวลาชักตัวอย่างเท่ากับ 0.01..... 51
รูปที่ 4-19 กราฟระหว่างสเตท x_1 กับเวลา (ตัวอย่างที่ 2)
กรณีที่เวลาชักตัวอย่างเท่ากับ 0.005..... 52
รูปที่ 4-20 กราฟระหว่างสเตท x_2 x_3 และ x_4 กับเวลา (ตัวอย่างที่ 2)
กรณีที่เวลาชักตัวอย่างเท่ากับ 0.05..... 53
รูปที่ 4-21 กราฟระหว่างสเตท x_2 x_3 และ x_4 กับเวลา (ตัวอย่างที่ 2)
กรณีที่เวลาชักตัวอย่างเท่ากับ 0.01..... 54
รูปที่ 4-22 กราฟระหว่างสเตท x_2 x_3 และ x_4 กับเวลา (ตัวอย่างที่ 2)
กรณีที่เวลาชักตัวอย่างเท่ากับ 0.005..... 55
รูปที่ 4-23 กราฟระหว่างค่าสวิตชิงฟังก์ชัน (s) กับเวลา (ตัวอย่างที่ 2)
และค่าขอบเขตการแกว่ง กรณีที่เวลาชักตัวอย่างเท่ากับ 0.05..... 56
รูปที่ 4-24 กราฟระหว่างค่าสวิตชิงฟังก์ชัน (s) กับเวลา (ตัวอย่างที่ 2)
และค่าขอบเขตการแกว่ง กรณีที่เวลาชักตัวอย่างเท่ากับ 0.01..... 57
รูปที่ 4-25 กราฟระหว่างค่าสวิตชิงฟังก์ชัน (s) กับเวลา (ตัวอย่างที่ 2)
และค่าขอบเขตการแกว่ง กรณีที่เวลาชักตัวอย่างเท่ากับ 0.005..... 58
รูปที่ 4-26 กราฟระหว่างค่าขอบเขตการแกว่งกับเวลา (ตัวอย่างที่ 2)
กรณีที่เวลาชักตัวอย่างเท่ากับ 0.05 0.01 และ 0.005..... 59
รูปที่ 5-1 กราฟระหว่างสเตท x_1 กับเวลา (ตัวอย่างที่ 1)
กรณีที่เปลี่ยนเวลาชักตัวอย่างเป็น 0.005..... 61

หน้า

รูปที่ 5-2 กราฟระหว่างสเตท x_1 กับเวลา (ตัวอย่างที่ 1)
กรณีที่เปลี่ยนเวลาชักตัวอย่างเป็น 0.001..... 62
รูปที่ 5-3 กราฟระหว่างสเตท x_2 และ x_3 กับเวลา (ตัวอย่างที่ 1)
กรณีที่เปลี่ยนเวลาชักตัวอย่างเป็น 0.005..... 63
รูปที่ 5-4 กราฟระหว่างสเตท x_2 และ x_3 กับเวลา (ตัวอย่างที่ 1)
กรณีที่เปลี่ยนเวลาชักตัวอย่างเป็น 0.001..... 64
รูปที่ 5-5 กราฟระหว่างค่าสวิตชิงฟังก์ชัน (s) กับเวลา (ตัวอย่างที่ 1)
กรณีที่เปลี่ยนเวลาชักตัวอย่างเป็น 0.005..... 65
รูปที่ 5-6 กราฟระหว่างค่าสวิตชิงฟังก์ชัน (s) กับเวลา (ตัวอย่างที่ 1)
กรณีที่เปลี่ยนเวลาชักตัวอย่างเป็น 0.001..... 66
รูปที่ 5-7 กราฟระหว่างสเตท x_1 กับเวลา (ตัวอย่างที่ 2)
กรณีที่เปลี่ยนเวลาชักตัวอย่างเป็น 0.01..... 67
รูปที่ 5-8 กราฟระหว่างสเตท x_1 กับเวลา (ตัวอย่างที่ 2)
กรณีที่เปลี่ยนเวลาชักตัวอย่างเป็น 0.005..... 68
รูปที่ 5-9 กราฟระหว่างสเตท x_2 x_3 และ x_4 กับเวลา (ตัวอย่างที่ 2)
กรณีที่เปลี่ยนเวลาชักตัวอย่างเป็น 0.01..... 69
รูปที่ 5-10 กราฟระหว่างสเตท x_2 x_3 และ x_4 กับเวลา (ตัวอย่างที่ 2)
กรณีที่เปลี่ยนเวลาชักตัวอย่างเป็น 0.005..... 70
รูปที่ 5-11 กราฟระหว่างค่าสวิตชิงฟังก์ชัน (s) กับเวลา (ตัวอย่างที่ 2)
กรณีที่เปลี่ยนเวลาชักตัวอย่างเป็น 0.01..... 71
รูปที่ 5-12 กราฟระหว่างค่าสวิตชิงฟังก์ชัน (s) กับเวลา (ตัวอย่างที่ 2)
กรณีที่เปลี่ยนเวลาชักตัวอย่างเป็น 0.005..... 72
รูปที่ ข-1 แสดงปริภูมิว่างและเวกเตอร์เจาะจงของระบบที่มีมิติเท่ากับสาม..... 79