

การออกแบบและพัฒนาเครื่องตั้งกระดูกสันหลัง



นาย จตุพร เอมอดม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2549
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A LUMBAR TRACTION UNIT

MR. Jatuporn Em-udom

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Mechanical Engineering**

Department of Mechanical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2006

Copyright of Chulalongkorn University

491384

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การออกแบบและพัฒนาเครื่องดึงกระดูกสันหลัง

โดย

นาย จตุพร เอมอุดม

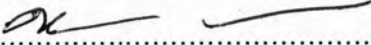
สาขาวิชา

วิศวกรรมเครื่องกล

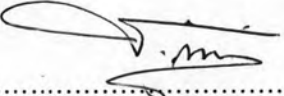
อาจารย์ที่ปรึกษา

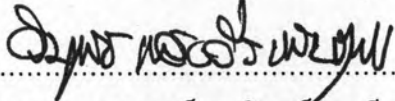
รองศาสตราจารย์ ดร. วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ


คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท

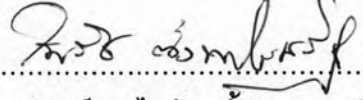

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยโรจน์ คุณพนิชกิจ)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัชทิน จันท์เจริญ)


..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ไพรัช ตั้งพรประเสริฐ)

นายจตุพร เอมอุดม : การออกแบบและพัฒนาเครื่องดึงกระดูกสันหลัง.(DESIGN AND DEVELOPMENT OF A LUMBAR TRACTION UNIT) อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร.วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ, 62 หน้า.

งานวิจัยนี้เป็นส่วนของการออกแบบและพัฒนาเครื่องดึงกระดูกสันหลังทั้งในด้านของกลไกและตัวควบคุม โดยกลไกของเครื่องดึงกระดูกสันหลังประกอบไปด้วยกลไกของระบบส่งกำลังโดยใช้ระบบเฟืองในการส่งกำลังเป็นหลัก กลไกม้วนเชือกคั้นได้ใช้สปริงติดตั้งไว้กับแกนเพลลา อุปกรณ์วัดแรงดึงเชือกได้ใช้สปริงกดและเอ็นโคดเดอร์ในการวัดระยะยุบของสปริง และกลไกส่งผ่านเชือกสำหรับการควบคุมแรงดึงเชือกได้ใช้การควบคุมแบบป้อนกลับซึ่งทำให้การควบคุมแรงดึงเชือกเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพคือมีเสถียรภาพและมีความแม่นยำสูง โดยจากผลการทดสอบจะเห็นว่าค่าความผิดพลาดไม่เกิน 0.9 กิโลกรัม ซึ่งผลการทดสอบที่ได้ค่อนข้างเป็นที่น่าพอใจ

นอกจากนี้ยังได้ทำการออกแบบกลไกปลดนิรภัยด้วยมือทำให้มีความปลอดภัยและความน่าไว้วางใจมากยิ่งขึ้น

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกลลายมือชื่อนิสิต...จตุพร เอมอุดม.....
 สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกลลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
 ปีการศึกษา.....2549.....

4670244021 : MAJOR MECHANICAL ENGINEERING

KEY WORD: LUMBAR TRACTION / REHABILITATION / HERNIATED DISC

JATUPORN EM-UDOM : DESIGN AND DEVELOPMENT OF A LUMBAR TRACTION UNIT. THESIS ADVISOR : ASSC.PROF.VIBOON SANGVERAPHUNSIRI,Ph.D., 62 pp.

This research is to design and development of a lumbar traction unit. Both mechanical system and computer traction control are covered. The mechanical system consists of a gear train power transmission connecting the actuator to a traction unit and a safety mechanism for disengaging the gear train from the traction unit for emergency stop. A spring-type of tension sensor is also developed. A PID feedback control is to control the traction force through the measurement of the spring displacement. The maximum error of the traction force from the experiments is less than 0.9 kilogram which is good enough for real application.

DepartmentMechanical Engineering..... Student's signature... *Jatuporn Em-udom*
Field of study.....Mechanical Engineering..... Advisor's signature... *Viboon Sangveraphunsiri*
Academic year.....2006.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รศ.ดร.วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้คอยให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่มีประโยชน์ในการทำวิจัยครั้งนี้ พร้อมทั้งคอยสนับสนุนทางด้านอุปกรณ์และสถานที่ในการทำวิจัยมาด้วยดีโดยตลอด จนงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้และขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยโครงการวิจัยร่วมภาครัฐ และเอกชนที่ได้สนับสนุนทางการเงินแก่งานวิจัยนี้และขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ นิสิตปริญญาโทและปริญญาเอก ด้วยกันทุกท่านที่ได้ให้ข้อคิดเห็นและกำลังใจตลอดมา

ท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ป้า น้า อา ทุกๆคน และขอขอบใจน้องสาว น้องชาย ที่คอยให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยด้วยดีเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฅ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
2 เอกสารและความรู้พื้นฐานเกี่ยวข้องกับงานวิจัย.....	4
2.1 กายวิภาคของโครงสร้างกระดูกสันหลัง.....	4
2.2 สาเหตุของการเกิดอาการปวดหลังปวดเอว.....	5
2.3 สาเหตุของการเกิดอาการปวดหลังอันเนื่องมาจาก หมอนรองกระดูกสันหลังกดทับเส้นประสาท.....	5
2.4 แนวทางการรักษา.....	7
2.5 การรักษาด้วยวิธีการ Mechanical traction.....	7
2.6 เครื่องดึงกระดูกสันหลังในปัจจุบัน.....	8
2.7 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการประสิทธิภาพในการดึง.....	9
3 การออกแบบกลไกเครื่องดึงกระดูกสันหลัง.....	12
3.1 กลไกระบบส่งกำลัง.....	12
3.2 กลไกม้วนเชือกคิน.....	13
3.3 อุปกรณ์วัดแรงดึงเชือก.....	14
3.4 กลไกส่งผ่านเชือก.....	17
3.5 โครงสร้างของกลไกเครื่องดึงกระดูกสันหลังที่สมบูรณ์.....	18
4 พลศาสตร์ของเครื่องดึงกระดูกสันหลัง.....	20
4.1 พลศาสตร์ของมอเตอร์กระแสตรง.....	20
4.2 พลศาสตร์ของระบบเฟืองทด.....	24
4.3 ระบบพลศาสตร์ของกลไกเครื่องดึงกระดูกสันหลัง.....	26

บทที่

5 การควบคุมแรงดึงเชือก.....	30
5.1 ตัวควบคุมแบบ P.....	30
5.2 ตัวควบคุมแบบ I.....	31
5.3 ตัวควบคุมแบบ D.....	31
5.4 ตัวควบคุมแบบ PID.....	32
5.5 การสร้างเส้นทางเดินของแรงดึงเชือก.....	33
5.6 การเชื่อมต่อระบบควบคุมระหว่าง คอมพิวเตอร์กับกลไกเครื่องดึงกระดูกสันหลัง.....	36
5.7 การวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบควบคุม ด้วยเส้นทางเดินราก.....	38
6 การทดสอบเครื่องดึงกระดูกสันหลัง.....	41
6.1 ดึงแบบต่อเนื่อง.....	41
6.2 ดึงแบบต่อเนื่องแบบมีการรบกวน.....	49
6.3 ดึงแบบเป็นขั้น.....	50
7 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	51
7.1 สรุปผลการวิจัย.....	51
7.2 ข้อเสนอแนะ.....	51
รายการอ้างอิง.....	53
ภาคผนวก.....	54
ภาคผนวก ก.....	55
ภาคผนวก ข.....	58
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	62

	หน้า
รูปที่ 2.1 โครงสร้างของกระดูกสันหลัง.....	4
รูปที่ 2.2 โครงสร้างของหมอนรองกระดูกสันหลัง.....	5
รูปที่ 2.3 ภาพเปรียบเทียบของ Disc ไม่รับ load กับที่รับ load.....	6
รูปที่ 2.4 ลักษณะของหมอนรองกระดูกสันหลังที่กดทับเส้นประสาท.....	6
รูปที่ 2.5 เปรียบเทียบระหว่างกระดูกสันหลังปกติกับอาการ โค้งทางด้านข้างของกระดูกสันหลัง.....	7
รูปที่ 2.6 เครื่องหนีบกระดูกของ W.Gayle Crutchfield.....	8
รูปที่ 2.7 เครื่องดึงกระดูกสันหลังแบบใช้มอเตอร์และเตียงแบบเคลื่อนที่ได้.....	9
รูปที่ 2.8 เครื่องดึงกระดูกสันหลังแบบนิวเมติกส์.....	9
รูปที่ 2.9 การดึงในแบบต่าง ๆ ดึงแบบต่อเนื่อง (ซ้าย) ดึงแบบเป็นช่วง (ขวา).....	10
รูปที่ 2.10 ลักษณะท่าทางและการวางเข้าของผู้ป่วย.....	10
รูปที่ 2.11 องค์ประกอบต่างๆของ Lumbar traction unit.....	11
รูปที่ 3.1 ระบบเฟืองทด.....	12
รูปที่ 3.2 ระบบส่งกำลัง.....	13
รูปที่ 3.3 ระบบส่งกำลังเมื่อปลดลิ้อค.....	13
รูปที่ 3.4 กลไกม้วนเชือกคีน.....	13
รูปที่ 3.5 สปริงบิด.....	13
รูปที่ 3.6 แรงบิดที่เกิดขึ้นในสปริงบิด.....	14
รูปที่ 3.7 ทิศทางการม้วนเชือกคีน.....	14
รูปที่ 3.8 อุปกรณ์วัดแรง.....	14
รูปที่ 3.9 สปริงกด.....	14
รูปที่ 3.10 เอนโคดเดอร์กับสลิง.....	15
รูปที่ 3.11 เพลาสลิ่ง.....	15
รูปที่ 3.12 ความสัมพันธ์ของแรงที่เกิดขึ้นในเชือกและสปริง.....	15
รูปที่ 3.13 เอนโคดเดอร์.....	16
รูปที่ 3.14 สปริงที่ผ่านการปรับแก้แล้ว.....	16
รูปที่ 3.15 การปรับแก้อุปกรณ์วัดแรง.....	16
รูปที่ 3.16 อ่านค่าแรงดึง.....	16
รูปที่ 3.17 ตารางผลการทดสอบ.....	17
รูปที่ 3.18 การวิเคราะห์ด้วยความถดถอยเชิงเส้น.....	17

	ญ
ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 3.19 กลไกส่งผ่านเชือกมุ่มมองด้านบน.....	17
รูปที่ 3.20 กลไกส่งผ่านเชือกมุ่มมองด้านข้าง.....	17
รูปที่ 3.21 ภาพมุ่มมองด้านบนของเครื่องดึงกระดูกสันหลัง.....	18
รูปที่ 3.22 ภาพมุ่มมองต่างๆ ของเครื่องดึงกระดูกสันหลัง.....	19
รูปที่ 4.1 การแปลงกระแสไฟฟ้าไปเป็นแรงบิดโดยมอเตอร์กระแสตรง.....	20
รูปที่ 4.2 การเชื่อมต่อระหว่างเครื่องดึงกระดูกสันหลังกับผู้ป่วย.....	20
รูปที่ 4.3 ส่วนประกอบภายในมอเตอร์กระแสตรงแบบเซอร์โว.....	21
รูปที่ 4.4 อาร์เมเจอร์ (Armature) ควบคุมมอเตอร์กระแสตรง.....	21
รูปที่ 4.5 ผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับผลต่างแรงดัน.....	22
รูปที่ 4.6 ผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของมอเตอร์กับแรงบิด.....	22
รูปที่ 4.7 ผังแสดงความสัมพันธ์โดยรวมทั้งระบบเซอร์โว.....	23
รูปที่ 4.8 ผังแสดงการควบคุมมอเตอร์โดยใช้ชุดขับมอเตอร์ แบบขยายแรงดันไฟฟ้า.....	23
รูปที่ 4.9 ผังแสดงการควบคุมมอเตอร์โดยใช้ชุดขับมอเตอร์ แบบขยายกระแสไฟฟ้า.....	24
รูปที่ 4.10 ระบบเฟืองทด.....	24
รูปที่ 4.11 การชบกันระหว่างเฟือง 2 ตัว.....	25
รูปที่ 4.12 ระบบสมมูลของระบบเฟือง.....	26
รูปที่ 4.13 องค์ประกอบต่างๆของเครื่องดึงกระดูกสันหลัง.....	26
รูปที่ 4.14 ระบบส่งกำลังของกลไกเครื่องดึงกระดูกสันหลัง.....	25
รูปที่ 4.15 ระบบส่งกำลังในส่วนแรก.....	27
รูปที่ 4.16 ระบบส่งกำลังในส่วนที่สอง.....	27
รูปที่ 4.17 ผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดจากมอเตอร์ กับความเร็วรอบเพลลา J_3	29
รูปที่ 4.18 พฤติกรรมเสมือนของกระดูกสันหลังเมื่อถูกดึง.....	29
รูปที่ 4.19 ผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดจากมอเตอร์ กับแรงดึงเชือก.....	29
รูปที่ 4.20 ผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าอ้างอิงกับแรงดึงเชือก.....	29
รูปที่ 5.1 ผังแสดงการควบคุมแรงดึงเชือก.....	30
รูปที่ 5.2 ผังแสดงตัวควบคุมแบบสัดส่วน.....	31
รูปที่ 5.3 ผังแสดงตัวควบคุมแบบเชิงอนุพันธ์.....	32
รูปที่ 5.4 ผังแสดงตัวควบคุมแบบเชิงอนุพันธ์บวกกับ แบบสัดส่วน.....	32

ภาพประกอบ

รูปที่ 5.5 ผังแสดงตัวควบคุมแบบเชิงปริพันธ์บวกกับ
แบบสัดส่วน.....32

รูปที่ 5.6 ผังแสดงตัวควบคุมแบบเชิงอนุพันธ์บวกกับ
แบบเชิงปริพันธ์บวกกับแบบสัดส่วน.....33

รูปที่ 5.7 ดึงแบบต่อเนื่อง.....34

รูปที่ 5.8 ดึงแบบเป็นช่วง.....34

รูปที่ 5.9 องค์ประกอบของการดึงแบบเป็นช่วง.....35

รูปที่ 5.10 การแปลงจากสัญญาณควบคุม (Control signal)
ไปเป็นแรงดันไฟฟ้าขับมอเตอร์.....36

รูปที่ 5.11 การแปลงสัญญาณค่าการขจัดเชิงมุมของเอ็นโคดเดอร์.....37

รูปที่ 5.12 ผังแสดงกระบวนการควบคุมแรงดึงเชือก..... 37

รูปที่ 5.13 การแปลงสัญญาณควบคุม.....37

รูปที่ 5.14 การเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ควบคุมกับ
กลไกเครื่องดึงกระดูกสันหลังผ่านทางบอร์ด S626.....38

รูปที่ 5.15 โพลและซีโรของตัวควบคุมแบบ PID.....39

รูปที่ 5.16 โพลของกลไกเครื่องดึงกระดูกสันหลัง..... 39

รูปที่ 5.17 เส้นทางเดินของรากของระบบพลศาสตร์เครื่องดึงกระดูกสันหลัง.....40

รูปที่ 6.1 แบบจำลองทดสอบแรงดึงเชือก.....41

รูปที่ 6.2 สปริงที่ใช้ในการทดสอบ.....41

รูปที่ 6.3 ผลการทดสอบที่แรงดึงเชือก 10 กิโลกรัม
และค่าความผิดพลาด (15 วินาที).....42

รูปที่ 6.4 ผลการทดสอบที่แรงดึงเชือก 15 กิโลกรัม
และค่าความผิดพลาด (15 วินาที).....43

รูปที่ 6.5 ผลการทดสอบที่แรงดึงเชือก 20 กิโลกรัม
และค่าความผิดพลาด (10 วินาที).....44

รูปที่ 6.6 ผลการทดสอบที่แรงดึงเชือก 10 กิโลกรัม
และค่าความผิดพลาด (30 วินาที).....45

รูปที่ 6.7 ผลการทดสอบที่แรงดึงเชือก 15 กิโลกรัม
และค่าความผิดพลาด (30 วินาที).....46

รูปที่ 6.8 ผลการทดสอบที่แรงดึงเชือก 20 กิโลกรัม
และค่าความผิดพลาด (30 วินาที)..... 47

รูปที่ 6.9 ผลการทดสอบที่แรงดึงเชือก 25 กิโลกรัม
และค่าความผิดพลาด (30 วินาที).....48

ภาพประกอบ

รูปที่ 6.10 ผลการทดสอบที่แรงดึงเชือก 10 กิโลกรัม
และค่าความผิดพลาด (มีการรบกวน).....49

รูปที่ 6.11 ผลการทดสอบที่แรงดึงเชือก 15 กิโลกรัม
และค่าความผิดพลาด (มีการรบกวน).....49

รูปที่ 6.12 ผลการทดสอบแรงดึงเชือกและ
ค่าความผิดพลาด (แบบหลายชั้น).....50

รูปที่ ก.1 แผ่นวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล
และสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อก.....55

รูปที่ ก.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบมีแปรงถ่าน..... 56

รูปที่ ก.3 ชุดขยายกระแสไฟฟ้าขั้วมอเตอร์กระแสตรง
แบบมีแปรงถ่าน.....57

รูปที่ ก.4 อุปกรณ์วัดมุม.....57

รูปที่ ข.1 ตัวอย่างของออปติคัลเอนโคดเดอร์ที่ใช้งานทั่วไป.....58

รูปที่ ข.2 อินกรีเมนทัลเอนโคดเดอร์แบบจานหมุน.....59

รูปที่ ข.3 จานหมุนของอินกรีเมนทัลเอนโคดเดอร์.....59

รูปที่ ข.4 แอปโซลูตเอนโคดเดอร์60

รูปที่ ข.5 จานหมุนของแอปโซลูตเอนโคดเดอร์
กรณีจำนวนช่องแทรกเท่ากับ 4 (n=4).....61