

การวิเคราะห์และสร้างเครื่องตรวจสอบความสมดุลย์



นายประพนธ์ ศิริพลัปลา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาค วิชาวิศวกรรมเครื่องกล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2522

001509

I 16333184

ANALYSIS AND CONSTRUCTION OF A BALANCING MACHINE

Mr. Prapan Siriplabplar

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

Department of Mechanical Engineering

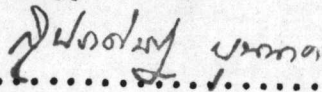
Graduate School

Chulalongkorn University

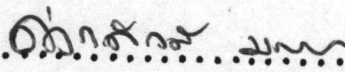
1979

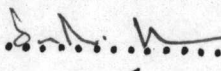
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การวิเคราะห์และสร้างเครื่องตรวจสอบความสมดุลย์
โดย นายประพันธ์ ศิริพลพัฒน์
ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิทยา ยงเจริญ


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ออนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยมีมติเป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต


 คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุประคิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

 ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คำรงค์ศักดิ์ มลิตา)

 กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. อิทธิพล ปานงาม)

 กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิทยา ยงเจริญ)

 กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประเสริฐ เสริมศิริสุวรรณ)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์
ชื่อ
อาจารย์ที่ปรึกษา
ภาควิชา
ปีการศึกษา

การวิเคราะห์และสร้างเครื่องตรวจสอบความสมดุลย์
นายประพันธ์ ศิริพลพัฒนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คร. วิทยา บงเจริญ
วิศวกรรมเครื่องกล
2522



บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้ประกอบด้วยการวิเคราะห์การสั่น การออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบความสมดุลย์ และการทำการตรวจสอบสมดุลย์ เพื่อชักความไม่สมดุลย์ที่เกิดขึ้นกับโบลเวอร์หรือชิ้นงานหมุนอื่น ๆ การตรวจสอบแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกเป็นการตรวจสอบสมดุลย์แบบระนาบเดียว โดยใช้แผ่นจานหมุนเป็นชิ้นงานสำหรับการตรวจสอบ ส่วนหลังเป็นการตรวจสอบสมดุลย์แบบระนาบคู่โดยใช้โบลเวอร์เป็นชิ้นงานในการตรวจสอบ เครื่องมือที่สร้างเพื่อใช้ในการตรวจสอบเป็นแบบ Dynamic Balancing Machine เครื่องตรวจสอบความสมดุลย์นี้จะต้องใช้ควบคู่กับเครื่องวัดขนาดและตำแหน่งของความไม่สมดุลย์ รวมทั้งต้องมีสโคปโคปและเวโลซิตี ปิคอัพ เพื่อวัดขนาดและตำแหน่งของความไม่สมดุลย์ที่เกิดขึ้นกับชิ้นงานหมุน เนื่องจากการสร้างเครื่องตรวจสอบสมดุลย์เป็นการสร้างขึ้นครั้งแรก ความสมบูรณ์ของเครื่องอาจจะไม่ดีนัก แต่อย่างไรก็ตามก็เป็นการเพียงพอสำหรับชิ้นงานซึ่งมีความเร็วรอบในการใช้งานไม่สูงจนเกินไป ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์นี้คงจะเป็นแนวทางสำหรับการปรับแต่งเครื่องให้ดีขึ้นในอนาคต

Thesis Title Analysis and Construction of a Balancing Machine
Name Mr. Prapan Siriplabplar
Thesis Advisor Asst. Prof. Vidhaya Yongcharean, Ph.D.
Department Mechanical Engineering
Academic Year 1979

ABSTRACT

This thesis consists of analysis, design and construction of dynamic balancing machine for testing unbalance that occurred in the blower or some other rotating parts. The test was divided into two parts, single plane balance of disk and two plane balance of blower. This machine must be used associate with vibration analyzer, velocity pickup and stroboscopic light to measure amplitude and phase angle of unbalance in the rotor. This balancing machine may not be actually perfect in design and construction but it is available for rotors that do not run at very high speed of rotation. Hopefully this thesis would be beneficial for future design and construction of the machine to get precision values and ease while in operation than this.



กิติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ ผศ. ดร. วิทยา ขงเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้กรุณา
สละเวลา ให้ความรู้และคำแนะนำ ตลอดจนให้กำลังใจเป็นอย่างดีแก่ผู้เขียนจนทำให้
วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ได้ช่วยแนะนำสิ่งที่เป็น
ประโยชน์แก่ผู้เขียนและขอขอบพระคุณบรรพคณาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนผู้เขียนมาแต่ต้น

ขอขอบพระคุณ รศ. ดร. อิทธิพล ปานงาม ผศ. คำรงค์ดี มลิดา ผศ. ดร. ทวี
เลิศปัญญาวิทย์ รศ. ทวี เวชพฤติ ผศ. ดร. มานิจ ทองประเสริฐ อาจารย์ชินเทพ
เพ็ญชาติ ที่ได้ให้คำแนะนำบางประการอันเป็นประโยชน์แก่ผู้เขียน

ขอขอบพระคุณ คุณธวัช วิมลสาระวงศ์ คุณกมล พรหมกลิกร คุณสุภชัย ศรีพีเชษฐ์
คุณกำชัย คำนนท์ และเจ้าหน้าที่แผนกตรวจสอบกองวิศวกรรมบำรุงศึกษา การไฟฟ้าฝ่ายผลิต
แห่งประเทศไทยทุกท่าน ที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่าของท่านช่วยให้การสร้างเครื่องตรวจสอบ
ความสมบูรณ์สำเร็จตามเป้าหมาย

ขอขอบพระคุณต่อกุณแม่, พี่ ๆ และคุณสมจิตร เลิศปัญญาโรจน์ ที่ช่วยผลักดันและ
เป็นกำลังใจแก่ผู้เขียนมาตลอด

ท้ายนี้ ผู้เขียนใคร่ขอขอบพระคุณต่ออาจารย์แผนกวิชาวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่าน
บัณฑิตวิทยาลัย และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ช่วยให้ผลงานนี้สำเร็จลงได้

สารบัญ

หน้า

| | |
|------------------------------|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย | .. ๗ |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | .. ๖ |
| กิตติกรรมประกาศ | .. ๖ |
| รายการตารางประกอบ | .. ๗ |
| รายการรูปประกอบ | .. ๗ |
| รายการสัญลักษณ์ | .. ๗ |
| ประมวลศัพท์ | .. ๗ |



บทที่

| | |
|---|-------|
| 1. บทนำ | .. 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา | .. 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย | .. 2 |
| 1.3 การสำรวจงานวิจัยที่ทำมาแล้ว | .. 3 |
| 2. ทฤษฎี | .. 4 |
| 3. วิธีดำเนินการวิจัย | .. 10 |
| 3.1 เครื่องมือประกอบการทดลองและเครื่องวัด | .. 10 |
| 3.2 วิธีการทดสอบสมมุติฐาน | .. 28 |
| 4. ผลการวิจัย | .. 33 |
| 5. การอภิปรายผลการวิจัย | .. 39 |
| 6. ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ | .. 41 |
| เอกสารอ้างอิง | .. 45 |
| ภาคผนวก | .. 46 |
| ประวัติผู้เขียน | .. 63 |

รายการตารางประกอบ

| ตารางที่ | หน้า |
|---|------|
| 3-1 ตารางแสดงรายการละเอียดประกอบ Drawing | 12 |
| 3-2 ตารางแสดงสีโคเมนชั้น | 22 |
| 4-1 ตารางแสดงผลการทดสอบสมมูลย์และการคำนวณสำหรับโบลเวอร์ตัวที่ 1 | 36 |
| 4-2 ตารางแสดงผลการทดสอบสมมูลย์และการคำนวณสำหรับโบลเวอร์ตัวที่ 2 | 38 |
| ก-1 ตารางข้อมูลการทดสอบสมมูลย์แบบระนาบเดี่ยว | 47 |
| ก-2 ตารางการทดสอบหลังจากการสมมูลย์แบบระนาบเดี่ยว | 48 |
| ก-3 ตารางข้อมูลการทดสอบสมมูลย์แบบระนาบคู่สำหรับโบลเวอร์ตัวที่ 1 | 49 |
| ก-4 ตารางข้อมูลการทดสอบสมมูลย์แบบระนาบคู่สำหรับโบลเวอร์ตัวที่ 2 | 50 |
| ค-1 ตารางแสดงค่าความไม่สมมูลย์ที่หลงเหลืออยู่ซึ่งจะยอมรับได้ | 58 |

รายการรูปประกอบ

| รูปที่ | หน้า |
|---|------|
| 2-1 การไม่สมดุลแบบสแตติก | 5 |
| 2-2 การไม่สมดุลแบบเพียวไดนามิก | 5 |
| 2-3 การไม่สมดุลแบบสแตติกและไดนามิกรวมกัน | 6 |
| 2-4 ผลของแรงหนีศูนย์กลางที่ความเร็วรอบต่างๆของ 1 in-ounce unbalance | 6 |
| 2-5 มุมล้าหลังที่ความเร็วรอบต่างๆ | 7 |
| 3-1 การสมดุลแบบระนาบเดียว | 10 |
| 3-2 การสมดุลแบบระนาบคู่ | 11 |
| 3-3 เครื่องวัดขนาดและตำแหน่งของความไม่สมดุล | 11 |
| 3-4 มอเตอร์และสายพาน | 13 |
| 3-5 แท่นและขาตั้ง | 14 |
| 3-6 แบริ่งและฟิเคสคอด | 15 |
| 3-7 ซาฟท์ | 20 |
| 3-8 โบลเวอร์ | 21 |
| 3-9 โคอแอกกรมของเครื่องตรวจสอบสมดุลนิ่งใช้ Stroboscopic Light | 23 |
| 3-10 โคอแอกกรมวงจรไฟฟ้าของเครื่องตรวจสอบสมดุล | 24 |
| 4-1 กราฟแสดงการทดสอบสมดุลแบบระนาบเดียว | 34 |
| 4-2 กราฟแสดงการทดสอบสมดุลแบบระนาบคู่สำหรับโบลเวอร์ตัวที่ 1 | 35 |
| 4-3 กราฟแสดงการทดสอบสมดุลแบบระนาบคู่สำหรับโบลเวอร์ตัวที่ 2 | 37 |

| | | |
|-----|---|----|
| ค-1 | Vibration Tolerance | 59 |
| ค-2 | Balance Tolerance Nomogram | 60 |
| ง-1 | แสดงการคูณเวกเตอร์ด้วยเวกเตอร์ โอเปอเรเตอร์ | 61 |
| ง-2 | แสดงการลบเวกเตอร์ | 62 |

รายการสัญลักษณ์

| | |
|----------|---|
| M | มวลของชิ้นงาน |
| J_0 | โมเมนต์ของความเฉื่อยของชิ้นงาน |
| w, n | ความเร็วรอบ |
| r | ระยะทางตามแนวรัศมี |
| b | ระยะทางตามแนวแกน |
| k | สปริง คอนสแตนต์ |
| L | ระยะทาง |
| θ | มุม |
| HP | แรงมา |
| T | แรงบิด |
| D | เส้นผ่าศูนย์กลาง |
| S | ความเค้น |
| S_n | ความต้านแรงทนทาน |
| S_y | ความต้านแรงดึงคราก |
| S_e | ความเค้นสมมูล |
| S_{es} | ความเค้นสมมูลสำหรับการเหนือน |
| S_{ns} | ความต้านแรงทนทานสำหรับการเหนือน |
| S_m | ความเค้นเฉลี่ย |
| S_{ms} | ความเค้นเฉลี่ยสำหรับการเหนือน |
| S_a | ความเค้นส่วนเปลี่ยนแปลง |
| S_{as} | ความเค้นส่วนเปลี่ยนแปลงสำหรับการเหนือน |
| K_f | ตัวประกอบความเค้นหนาแน่น |
| K_{fs} | ตัวประกอบความเค้นหนาแน่นสำหรับการเหนือน |



| | |
|----|---|
| Z | เซคชั่น โมดูลัส |
| N | ค่าความปลอดภัย |
| Z' | เซคชั่น โมดูลัสเนื่องจากโมเมนต์ความเฉื่อยเชิงขั้ว |
| J | โมเมนต์ ความเฉื่อยเชิงขั้ว |
| C | ระยะทางจากนิวตรอล แกนซีเอส |

ประมวลศัพท์



| | |
|-----------------------------------|-------------------------|
| การสมดุลแบบระนาบเดียว | Single Plane Balance |
| การสมดุลแบบระนาบคู่ | Two Plane Balance |
| การสมดุลแบบสถิต | Static Balance |
| การสมดุลแบบไดนามิก | Dynamic Balance |
| ความไม่สมดุล | Unbalance |
| ชิ้นงานหมุน | Rotating Part or Rotor |
| สภาวะแห่งการยอมรับได้ของความสมดุล | Vibration Tolerances |
| แรงหนีศูนย์กลาง | Centrifugal Force |
| แรงเฉื่อย | Inertia Force |
| คาบ | Period |
| ศูนย์กลาง | C.G. |
| ขนาด | Amplitude |
| ตำแหน่ง | Position or Phase Angle |
| ความเร็ววิกฤต | Critical Speed |
| ไม่เหมือนกัน | Non-homogeneous |
| กาก | Slag |
| เพลลา | Shaft |
| การไม่อยู่ในแนวแกน | Misalignment |
| การบิดเอียง | Distortion |
| พัดลมกรงกระรอก | Centrifugal Blower |
| จุดสูง | High Spot |
| จุดหนัก | Heavy Spot |
| มุมแห่งการล่าหลัง | Angle of Lag |
| ระนาบแก้ | Correction Plane |
| แนวแกนการหมุน | Rotational Axis |

แรงดันเหนี่ยวนำ
น้ำหนักแห้งการทดสอบ
เส้นอ้างอิง

Induced Voltage

Trial Weight

Reference Line