



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การศึกษาลักษณะการสั่นสะเทือนเฉพาะของฆ้องทองเหลืองแผนไทย
Study of Vibration Characteristics of Thai Traditional Brass Gong



ดร. จตุพร ทองศรี
นางสาว รุตินันท์ จันทรมณฑล

RCH
๙136๑
255๘

b. 12๗568๕4
i.

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 141498
รับ เดือน,ปี 16 ส.ค. 2559

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2558
วิทยาลัยนวัตกรรมการจัดการข้อมูล
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การศึกษาลักษณะการสันสเทือนเฉพาะของห้องทองเหลืองแผ่นไทย
แหล่งเงิน...รายได้...

ประจำปีงบประมาณ...2558...จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน...40,000...บาท

ระยะเวลาการทำวิจัย...1...ปี ตั้งแต่...1...ตุลาคม...2557...ถึง...30...กันยายน...2558...

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ พร้อมระบุหน่วยงานต้นสังกัด

ดร.จตุพร ทองศรี วิทยาลัยนวัตกรรมการจัดการข้อมูล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ ลักษณะการสันสเทือนของห้องทองเหลืองแผ่นไทยได้ถูกศึกษา และจำลองเชิงตัวเลข โดยอาศัยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในสามมิติ ผลการจำลองเบื้องต้นแสดงเช็ดของความถี่ธรรมชาติที่ สอดคล้องกับรูปร่างโหมดของการสั่นซึ่งเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลการทดลองแล้ว มันถูกพบว่าสอดคล้องกัน เป็นอย่างดี ประโยชน์ของการค้นคว้าที่ได้จากงานวิจัยนี้คือแบบจำลองอย่างง่ายสำหรับช่วยให้เข้าใจหลักการ ทางฟิสิกส์ของกลศาสตร์การสั่นในห้องปฏิบัติการ

คำสำคัญ: ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์, ความถี่ธรรมชาติ, รูปร่างโหมด, การสั่น

Research Title: Study of Vibration Characteristics of a Thai Traditional Brass Gong

Researcher: Dr.Jatuporn Thongsri

Address: College of Data Storage Innovation, King Mongkut's Institute of Technology
Ladkrabang

Abstract

In this research, the vibration characteristics of Thai traditional brass gong were numerically studied and simulated based on finite element method in three dimensions. Preliminary simulations show set of natural frequencies and the corresponding mode shapes that were compared with the experimental results. It was found that both results are in good agreement. The most useful finding of this study is a simplify model and a proper methodology for helping to understand concept of physics and mechanical vibration in laboratory.

Keywords: Finite Element Method, Natural Frequency, Mode Shape, Vibration



กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเงินวิจัยจากวิทยาลัยนวัตกรรมการจัดการข้อมูล สำหรับสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ การใช้เครื่องมือ เครื่องคอมพิวเตอร์ และการประสานงาน ได้รับเอื้อเฟื้อเป็นอย่างดีจากเจ้าหน้าที่ประจำวิทยาลัยนวัตกรรมการจัดการข้อมูล ทั้งหมดนี้ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้วิจัย
ตุลาคม 2558



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

ง

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญรูปภาพ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ฉ
บทที่ 1: บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของเนื้อหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	2
1.5 คำสำคัญ.....	2
บทที่ 2: แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
บทที่ 3: วิธีดำเนินการวิจัย.....	5
3.1 การวิเคราะห์การสั่นสะเทือนด้วย FEA.....	5
3.2 การวิเคราะห์การสั่นสะเทือนด้วย EMA.....	5
3.3 การศึกษาผลของรูปร่างของหม้อต่อความถี่ธรรมชาติ และรูปร่างโหมดการสั่นสะเทือน.....	5
บทที่ 4: ผลการวิจัยและการอภิปราย.....	7
บทที่ 5: สรุปผลการวิจัย.....	11
บทที่ 6: ผลผลิตที่ได้จากการวิจัย.....	12
เอกสารอ้างอิง.....	13
ภาคผนวก.....	14
เอกสารหมายเลข1.....	15
เอกสารหมายเลข2.....	17
ประวัติผู้วิจัย.....	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1: (a) ช่องทองเหลืองแผ่นไทย (b) แบบจำลองช่องในคอมพิวเตอร์ และ (c) แบบจำลองเมช.....	6
รูปที่ 2: (a) การทดลองวิเคราะห์การสั่นสะเทือน (b) ตำแหน่งที่ทำการทดลองทั้ง 7 ตำแหน่ง.....	6
รูปที่ 3: ความกว้างของพื้นที่ดีซิ่ง.....	6
รูปที่ 4: ความถี่ธรรมชาติ และรูปร่างโหมดการสั่นสะเทือนของโหมดที่ 1 ที่ได้จาก FEA และ EMA	7
รูปที่ 5: ความถี่ธรรมชาติ และรูปร่างโหมดการสั่นสะเทือนของโหมดที่ 2 ที่ได้จาก FEA และ EMA	8
รูปที่ 6: ความถี่ธรรมชาติ และรูปร่างโหมดการสั่นสะเทือนของโหมดที่ 3 ที่ได้จาก FEA และ EMA	8
รูปที่ 7: ความถี่ธรรมชาติ และรูปร่างโหมดการสั่นสะเทือนของโหมดที่ 4 ที่ได้จาก FEA และ EMA	9
รูปที่ 8: ความถี่ธรรมชาติ และรูปร่างโหมดการสั่นสะเทือนของโหมดที่ 5 ที่ได้จาก FEA และ EMA	9



สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ผลการคำนวณความถี่ธรรมชาติ (Hz) ที่ความหนาของข้อ (t) เป็น 10	10
1.0, 1.5 และ 2.0 mm	
ตารางที่ 2 ผลการคำนวณความถี่ธรรมชาติ (Hz) สำหรับความกว้างของพื้นที่ตี (d).....10	10
เป็น 50, 60 และ 70 mm	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของเนื้อหา

ฆ้องเป็นเครื่องดนตรีประเภทตีชนิดหนึ่งส่วนมากทำจากสำริด หรือทองเหลือง พบมากในหลายประเทศ เช่น จีน อินโดนีเซีย มาเลเซีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศไทย มีฆ้องมากมายหลายชนิดเช่น ฆ้องวงใหญ่ ฆ้องวงเล็ก ฆ้องมอญ ฆ้องราว ฯลฯ ซึ่งในงานโครงการนี้ เราสนใจฆ้องโหม่ง

ฆ้องโหม่ง โดยมากจะมีขนาดใหญ่ กลม แบน มีเชือกร้อยไว้ด้านบนสำหรับแขวนกับคาน ถ้ามีขนาดใหญ่มากมักจะแขวนพร้อมขาตั้ง ด้านที่ใช้ตีตรงกลางจะมีลักษณะโค้งนูนเพื่อให้มีเสียงก้องดังกังวาล ตรงหัวไม้ที่ใช้ตีจะพันด้วยผ้ากับเชือกให้เป็นปุ่มโตแต่อ่อนนุ่ม เมื่อตีแล้วจะมีเสียงดังโหม่งๆ ใช้กำกับจังหวะดนตรีในวงปี่พาทย์ วงเครื่องสาย หรือวงมโหรี สมัยโบราณใช้ตีในเวลากลางวันบอกเวลา “โหม่ง” กลางคืนจะบอกเวลา “ทุ้ม” นอกจากนี้ยังใช้ตีในวัดไทยเกี่ยวข้องกับความเชื่อทางศาสนาอีกด้วย ฆ้องที่ดีเมื่อตีแล้วจะต้องมีเสียงดังกังวาลซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับการสั่นของวัตถุ (vibration) ความถี่ธรรมชาติ (natural frequency) และรูปร่างการสั่นสะเทือน (mode shape)

จากการค้นคว้าพบว่า การสั่นของฆ้อง หรือวัตถุใดๆ จะขึ้นอยู่กับสมบัติของวัตถุ เช่นความหนาแน่น อัตราส่วนปัวซอง ค่ายังส์มอดูลัส ตลอดจนรูปร่างลักษณะของวัตถุเอง เสียงดังก้องกังวาลเกิดจากความถี่จากภายนอกที่ให้กับฆ้อง มีค่าใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของฆ้องเอง ดังนั้นหากเราเข้าใจลักษณะการสั่นของฆ้อง และทราบค่าถี่ธรรมชาติ ความรู้ที่ได้จะสามารถนำไปเป็นพื้นฐานเพื่อออกแบบ และปรับปรุงรูปร่างของฆ้องให้มีลักษณะของเสียงตรงตามต้องการได้ และยังเป็นการบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ให้เข้ากับ ศิลปะ ขนบ ธรรมเนียม ประเพณี ที่เกี่ยวข้องกับฆ้องทองเหลืองแผนไทยอีกด้วย

นอกจากนี้การทดลองเรื่องการสั่นของวัตถุในห้องปฏิบัติการนั้นมีความยุ่งยาก เนื่องจากวัตถุส่วนมากมีรูปร่างซับซ้อน เป็นสามมิติ เครื่องมือที่ใช้ทำการทดลองมีราคาสูง ทำให้ในการเรียนเรื่องนี้ ผู้สอนส่วนใหญ่จึงเน้นสอนทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง พร้อมยกตัวอย่างประกอบ นักศึกษาจึงอาจขาดทักษะในการทดลองจริง ดังนั้นผลโดยอ้อม กระบวนการวิจัยที่ได้ยังสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นปฏิบัติการพื้นฐานเรื่องการสั่นและความถี่ธรรมชาติของวัตถุเบื้องต้นสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีได้อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อจำลองการสั่นสะเทือน และเกิดเสียงดังของฆ้องทองเหลืองแผนไทยในห้องปฏิบัติการ
2. เพื่อหาความถี่ธรรมชาติของฆ้อง
3. เพื่อศึกษาลักษณะการสั่นสะเทือนเฉพาะของฆ้องด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ และการทดลอง
4. เพื่อบูรณาการความรู้ทางด้านระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ได้จากการเรียนการสอนในวิชาปฏิบัติการทางวิศวกรรม (12026120-3) หรือวิชาการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยงานวิศวกรรม (12017201) เข้ากับการค้นคว้าเพื่อส่งเสริมขนบธรรมเนียมประเพณี และความเชื่อของไทย

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. จำลองการสั่นสะเทือน และการเกิดเสียงดังของห้องแผนไทยในห้องปฏิบัติการได้
2. หาความถี่ธรรมชาติของห้องได้
3. ได้ข้อมูลของลักษณะการสั่นสะเทือนเฉพาะของห้อง
4. ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับการเกิดเสียงดังของห้องว่าเกิดจากการสั่นพ้องใช่หรือไม่
5. ได้ความรู้พื้นฐานสำหรับการนำไปปรับปรุงคุณภาพเสียงของเครื่องมืออื่นที่มีลักษณะการเกิดเสียงที่คล้ายคลึงกับห้องได้

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1. วาดแบบจำลองของห้องแผนไทยในคอมพิวเตอร์
2. สร้างแบบจำลองเมชที่เหมาะสม และกำหนดเงื่อนไขทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง
3. คำนวณหาความถี่ธรรมชาติ และลักษณะการสั่นสะเทือนเฉพาะของห้อง แล้ววิเคราะห์ผลที่ได้ด้วย FEA
4. ทดลองหาความถี่ธรรมชาติของห้อง
5. เปรียบเทียบผลที่ได้จาก FEA และที่ได้จากการทดลองจริง
6. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปผลการคำนวณ
7. สรุปและเขียนรายงานโครงการ

1.5 คำสำคัญ

ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์, ความถี่ธรรมชาติ, รูปร่างโหมด, การสั่น

บทที่ 2

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ ได้สร้างวิธีการทดลองแบบใหม่ขึ้นมา ซึ่งจะประกอบไปด้วยทฤษฎี ดังต่อไปนี้

2.1 สมการการสั่นสะเทือน

สมการที่เกี่ยวข้องกับการสั่นสะเทือนของวัตถุสามารถเขียนได้ด้วยสมการเชิงอนุพันธ์ของการเคลื่อนที่ ดังในสมการที่ (2.1) [1]

$$[M]\{\ddot{x}\} + [C]\{\dot{x}\} + [K]\{x\} = \{F\} \quad (2.1)$$

เมื่อ $[M]$ คือ แมทริกซ์โครงสร้างมวล $\{x\}$ คือ เวกเตอร์ความเร็วของโหนด
 $\{\dot{x}\}$ คือ เวกเตอร์ความเร่งของโหนด $[K]$ คือ แมทริกซ์โครงสร้างความแข็ง
 $[C]$ คือ แมทริกซ์โครงสร้างความหน่วง $\{x\}$ คือ เวกเตอร์การกระจัดของโหนด
 $\{F\}$ คือ เวกเตอร์ของภาระซึ่งขึ้นกับเวลา

การคำนวณหาปริมาณต่างๆที่ไม่ทราบค่าในสมการที่ (2.1) สามารถหาได้โดยใช้การวิเคราะห์ทางไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Analysis, FEA) ซึ่งเป็นวิธีการเชิงตัวเลข (numerical method) ด้วยวิธีการนี้วัตถุที่ต้องการศึกษาจะถูกแบ่งออกเป็นเอลิเมนต์ย่อยๆ ซึ่งประกอบไปด้วยโหนด (node) และเอลิเมนต์ (element) จำนวนมาก สมการอนุพันธ์ย่อย (partial differential equations) ทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องในเอลิเมนต์เหล่านี้ เช่นในงานวิจัยของเราคือสมการที่ (2.1) จะถูกเปลี่ยนรูปให้เป็นระบบสมการพีชคณิต (system of algebraic equations) จำนวนมาก เมื่อกำหนดเงื่อนไข และตัวแปรต่างๆทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องครบถ้วนเพื่อหาคำตอบในทุกๆเอลิเมนต์เราจะต้องเขียนโปรแกรมเพื่อแก้ระบบสมการพีชคณิตเหล่านั้น ซึ่งในกรณีศึกษาของเราเป็นห้อง ใน 3 มิติ จะมีเอลิเมนต์ และโหนดจำนวนมากมาย ดังนั้นจึงเป็นเรื่องยุ่งยากที่จะเขียนโปรแกรมเพื่อคำนวณหาคำตอบในทุกๆเอลิเมนต์ที่เกิดขึ้น เราจึงได้เลือกใช้โปรแกรม ANSYS [2] ซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่มีความสามารถคำนวณปัญหาทางไฟไนต์เอลิเมนต์ทางฟิสิกส์ และทางวิศวกรรมได้อย่างหลากหลาย โดยโปรแกรมนี้จะทำหน้าที่แก้ระบบสมการดังกล่าวที่มีมากมาย แล้วหาคำตอบอย่างต่อเนื่องจนครบทั้งแบบจำลองวัตถุ แล้วรายงานผลในรูปแบบของเฉดสีเพื่อถ่ายทอดการวิเคราะห์ต่อไป

โดยทั่วไปวัตถุจะมีความถี่ธรรมชาติหลายความถี่ เมื่อความถี่ภายนอกที่ให้กับวัตถุมีค่าใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของวัตถุแล้ว วัตถุจะเกิดการสั่นที่มีโหมดรูปร่าง (mode shape) ที่เป็นลักษณะเฉพาะของความถี่นั้นๆ ดังนั้นการวิเคราะห์โหมดทางการทดลอง (Experimental Mode Analysis, EMA) เป็นการทดลองเพื่อหารูปร่างการสั่นของวัตถุแบบหนึ่ง ทำได้โดยวัดแอมพลิจูดการสั่นที่ตำแหน่งต่างๆของวัตถุ แล้วนำมาวิเคราะห์หารูปร่างลักษณะการสั่นเฉพาะที่ความถี่นั้นๆ

จากการค้นคว้าพบว่า FEA และ EMA ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ศึกษาการสั่นสะเทือนของอุปกรณ์ทางดนตรีและวัตถุต่างๆมากมายเช่น Bretos และคณะ [3] ได้ประยุกต์ใช้ FEA เพื่อศึกษาลักษณะการสั่นของไวโอลิน Facchinetti และคณะ [4] ได้ใช้ทั้ง FEA และ EMA เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการสั่นของเสียงในปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(clarinet) ส่วน Tsai และคณะ [5] ได้ประยุกต์ใช้ทั้ง FEA และ EMA สำหรับศึกษาการลักษณะเฉพาะของการสั่น และเสียงของฆ้องทองแดงของจีน (Chinese traditional gong) และที่สำคัญยังได้ศึกษาผลของรูปร่าง และชนิดของวัสดุที่ใช้ทำฆ้องต่อลักษณะของเสียงที่เกิดขึ้นอีกด้วย นอกจากนี้ทางด้านดนตรีแล้ว ล่าสุด FEA ยังได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ศึกษาลักษณะการสั่นสะเทือน และรูปร่างโหมตการสั่นของชุดหัวอ่านสำเร็จ (Head Stack Assembly, HSA) ในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ [6] ผลการศึกษาสามารถนำไปออกแบบ HSA ให้มีประสิทธิภาพลดการสั่นที่เกิดขึ้นขณะใช้งานได้ ทั้งหมดนี้ชี้ให้เห็นถึงประโยชน์ที่สำคัญของ FEA ต่อการศึกษา พัฒนา และแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการสั่นสะเทือนของวัตถุต่างๆได้

2.2 Young's Modulus

Young's Modulus ซึ่งก็คืออัตราส่วนของความเค้นต่อความเครียด ค่านี้จำเป็นสำหรับการกำหนดคุณสมบัติของฆ้องเพื่อคำนวณในโปรแกรม ANSYS ในความเป็นจริงในตัวโปรแกรม ANSYS เองก็มีค่า Young's Modulus อยู่ในฐานข้อมูลของโปรแกรมอยู่แล้ว แต่จากการทดลองคำนวณของคณะผู้วิจัยเองพบว่า ค่าที่ให้ไม่ถูกต้องทั้งนี้เนื่องจากฆ้องที่เรานำมาใช้ทำการทดลอง อาจไม่ใช่ทองเหลืองบริสุทธิ์แต่มีการผสมโลหะอย่างอื่นไว้ด้วย จึงทำให้ค่า Young's Modulus ไม่เท่ากับที่มีไว้ในโปรแกรม ANSYS

ซึ่งในที่นี้จะได้จากเครื่อง Ultrasonic Thickness Gauge ซึ่งจะอาศัยหลักของ Ultrasonic เป็นคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงเกินกว่าที่มนุษย์จะได้ยิน โดยหลักการคือ ส่งคลื่นที่ศทางเล็งไปยังเป้าหมาย แล้วคลื่นจะสะท้อนกลับมา เมื่อได้ความเร็ว จากเครื่อง Ultrasonic Thickness Gauge มา จะนำไปแทนค่าในสมการ (2.2) เพื่อหาค่า Young's modulus ต่อไป ดังนี้ สูตรต่อไปนี้

$$\text{Young's Modulus (E)} = \frac{V_L^2 \rho (1 + \nu)(1 - 2\nu)}{1 - \nu} \quad (2.2)$$

เมื่อ V_L คือความเร็วของเสียงในตัวกลางตามแนวยาว

ρ คือความหนาแน่นของตัวกลาง

ν คืออัตราส่วนปัวซองส์

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้เราได้นำตัวอย่างของห้องโหม่งดังรูปที่ 1(a) มาทำการศึกษาโดยแบ่งกระบวนการวิจัยออกเป็น 3 ตอน คือ การวิเคราะห์การสั่นสะเทือนด้วย FEA การวิเคราะห์การสั่นสะเทือนด้วย EMA และการศึกษาผลของรูปร่างของห้องต่อความถี่ธรรมชาติ

3.1 การวิเคราะห์การสั่นสะเทือนด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEA)

3.1.1 วาดแบบจำลองของห้องทองเหลืองแผ่นไทยซึ่งรูปจริงแสดงได้ในรูป 1(a) หลังจากวาดแล้วจะได้แบบจำลองของห้องในคอมพิวเตอร์แสดงดังรูป 1(b))

3.1.2 สร้างแบบจำลองเมชของห้องที่มีความละเอียดสูงในโปรแกรม ANSYS แสดงดังรูป 1(c)

3.1.3 หาสมบัติทางวัสดุของห้อง เช่นความหนาแน่น อัตราส่วนปัวซอง ยิงส์มอดูลัส ฯลฯ

3.1.4 กำหนดสมบัติทางวัสดุที่ได้จาก 3.1.3 รวมทั้งเงื่อนไขเริ่มต้นที่จำเป็น ให้กับโปรแกรม ANSYS

3.1.5 คำนวณ และวิเคราะห์ความถูกต้องของคำตอบที่ได้

หลังจากได้ผลการวิเคราะห์การสั่นสะเทือนด้วย FEA เพื่อที่จะยืนยันความถูกต้องของผลดังกล่าว เราได้ทำการวิเคราะห์การสั่นสะเทือนโดยใช้การทดลอง

3.2 การวิเคราะห์การสั่นสะเทือนด้วยการทดลอง (Experimental Measurement Analysis, EMA)

2.1 ติดตั้งชุดการทดลองดังรูปที่ 2(a) ซึ่งประกอบไปด้วย ห้อง เครื่องกำเนิดเสียง (audio generator) เครื่องวัดการสั่น (vibrometer) ลำโพง และขาตั้ง

2.2 ปรับเครื่องกำเนิดเสียงจนกระทั่งห้องเกิดการสั่นพ้อง เพื่อหาความถี่ธรรมชาติ

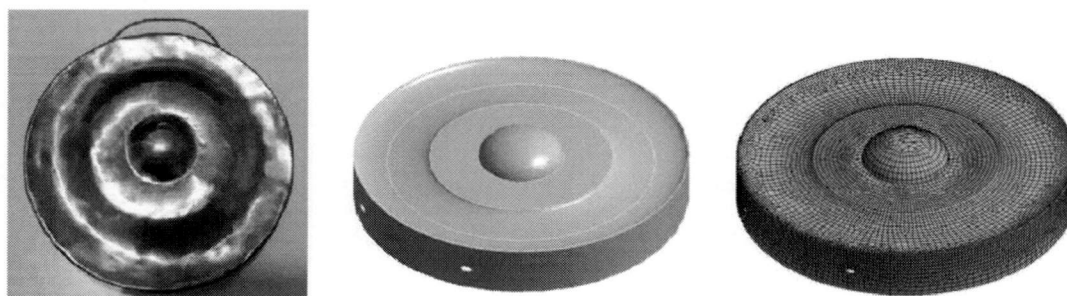
2.3 เปลี่ยนตำแหน่งของเครื่องวัดการสั่นของห้องตำแหน่งอื่นๆรวม 7 ตำแหน่ง ดังรูป 2(b) บันทึกความถี่ที่ทำให้เกิดการสั่นพ้องที่ตำแหน่งนั้นๆ

2.4 วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างการสั่นของตำแหน่งบนห้อง กับความถี่ธรรมชาติ เพื่อหารูปแบบของการสั่น ผลที่ได้จาก FEA (3.1.5) จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับที่ได้จาก EMA (3.2.4) เพื่อยืนยันความถูกต้อง

ในขั้นตอนสุดท้าย เมื่อผลการวิเคราะห์การสั่นสะเทือนที่ได้จาก FEA และ EMA ได้มีความสอดคล้องกัน แสดงว่าแบบจำลอง และกระบวนการวิเคราะห์ รวมถึงการกำหนดค่าต่างๆในโปรแกรม ANSYS มีความน่าเชื่อถือ ดังนั้นเราจึงนำกระบวนการทั้งหมดมาวิเคราะห์เพื่อศึกษารูปร่างของห้องต่อความถี่ธรรมชาติ และรูปร่างโหม่งของการสั่นสะเทือน

3.3 การศึกษาผลของรูปร่างของห้องต่อความถี่ธรรมชาติ และรูปร่างโหม่งการสั่นสะเทือน

โดยในงานวิจัยนี้ เราสนใจความหนา (t) และเส้นผ่านศูนย์กลางของจุดตัดห้อง (d) ดังรูปที่ 3 เราต้องการเปลี่ยนความหนา และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของจุดตัดห้อง แล้วจึงใช้ FEA วิเคราะห์รูปร่างที่เปลี่ยนไปต่อความถี่ธรรมชาติของห้อง



(a)

(b)

(c)

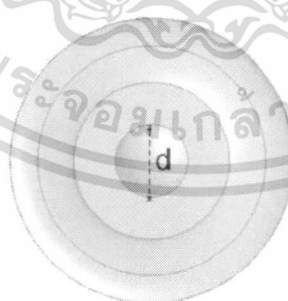
รูปที่ 1 (a) ฆ้องทองเหลืองแผ่นไทยที่ใช้ในการศึกษา (b) แบบจำลองฆ้องในคอมพิวเตอร์ และ (c) แบบจำลองเมช



(a)

(b)

รูปที่ 2 (a) การทดลองวิเคราะห์การสั่นสะเทือน (b) ตำแหน่งที่ทำการทดลองทั้ง 7 ตำแหน่ง



รูปที่ 3 ความกว้างของพื้นที่ตีฆ้อง (d)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปราย

เราใช้แบบจำลองของห้องทองเหลืองแผ่นไทยเป็นต้นแบบดังรูปที่ 1(a) สร้างแบบจำลองของห้องในคอมพิวเตอร์ ห้องนี้มีความหนา 1 mm มีเส้นผ่านศูนย์กลางของพื้นที่ตีเป็น 50 mm ดังรูป 1(b) และสร้างแบบจำลองเมชดังรูป 1(c)

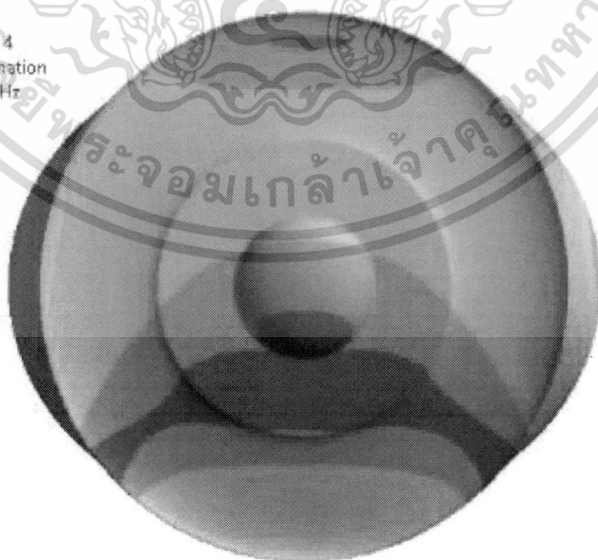
ในตอนๆที่ 3.1 และ 3.2 เราสามารถหาความถี่ธรรมชาติ และรูปร่างโหมดของการสั่นสะเทือนห้องได้จากทั้ง FEA และ EMA ดังแสดงในรูปที่ 4

พบว่าความถี่ธรรมชาติ และรูปร่างโหมดของการสั่นที่ได้จากทั้ง FEA และ EMA สอดคล้องกัน โดยจากรูปที่ 4-8 ความคลาดเคลื่อนจากทั้งสองวิธีสูงสุดคือ 11.88% ซึ่งความคลาดเคลื่อนนี้อาจเกิดจากการที่ห้องต้นแบบพื้นผิวไม่สม่ำเสมอ แต่ในโปรแกรม ANSYS เราเขียนห้องที่มีพื้นผิวราบเรียบ และสม่ำเสมอ นอกจากนี้ในการคำนวณด้วย FEA เรายังพบรูปร่างการสั่นของโหมดอื่นๆอีก 10 โหมด แต่โหมดที่ได้เหล่านั้น เราไม่สามารถตรวจสอบได้โดยใช้อุปกรณ์การทดลองทาง EMA ที่เรามีอยู่ เนื่องจากอุปกรณ์มีขีดความสามารถในการวัดจำกัด จึงรายงานในเอกสารเฉพาะ 5 โหมดนี้เท่านั้น

ในตอนๆที่ 3 เราได้ใช้แบบจำลองอันเดิมของห้องเพื่อคำนวณความถี่ธรรมชาติโดยใช้ FEA ที่ความหนาของห้อง (t) เป็น 1.0 (ความหนาของห้องต้นแบบ) 1.5 และ 2.0 มิลลิเมตร ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ 1 นอกจากนี้เรายังคำนวณความถี่ธรรมชาติของห้องที่ความกว้างของพื้นที่ตีเป็น (d) 50 mm (ความกว้างของห้องต้นแบบ), 60 mm และ 70 mm ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ 2 ซึ่งจากทั้งตารางที่ 1 และ ตารางที่ 2 ให้ผลที่สอดคล้องกัน นั่นคือ ความหนา และความกว้างของพื้นที่ตีห้องมีผลต่อความถี่ธรรมชาติ แต่ไม่มีผลต่อรูปร่างการสั่นสะเทือน

C: Modal
Total Deformation 4
Type: Total Deformation
Frequency: 141.18 Hz
Unit: mm
12/5/2558 13:21

155.8 Max
143.88
131.96
120.04
108.13
96.209
84.291
72.374
60.456
48.538
36.621
24.703
12.785
0.86764 Min



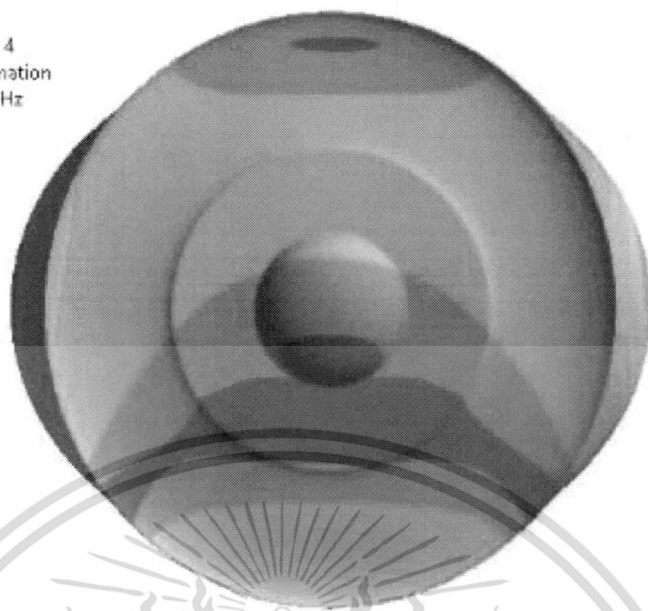
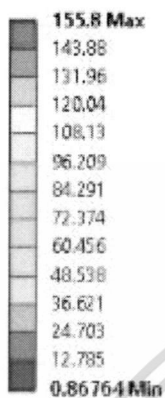
EMA = 160 Hz, FEA = 141 Hz, Error = 11.88%

รูปที่ 4 ความถี่ธรรมชาติ และรูปร่างโหมดการสั่นสะเทือนของโหมดที่ 1

ที่ได้จาก FEA และ EMA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

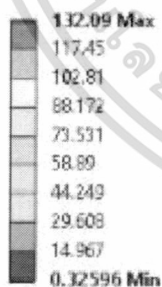
C: Modal
Total Deformation 4
Type: Total Deformation
Frequency: 141.18 Hz
Unit: mm
12/5/2558 13:21



EMA = 340 Hz, FEA = 321 Hz, Error = 5.59%

รูปที่ 5 ความถี่ธรรมชาติ และรูปร่างโหมดการสั่นสะเทือนของโหมดที่ 2
ที่ได้จาก FEA และ EMA

C: Modal
Total Deformation 7
Type: Total Deformation
Frequency: 381.79 Hz
Unit: mm
12/5/2558 13:22



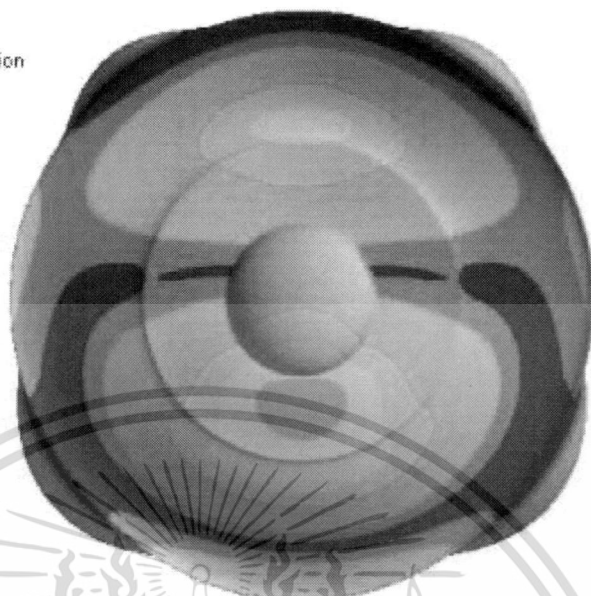
EMA = 410 Hz, FEA = 382 Hz, Error = 6.83%

รูปที่ 6 ความถี่ธรรมชาติ และรูปร่างโหมดการสั่นสะเทือนของโหมดที่ 3
ที่ได้จาก FEA และ EMA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C: Modal
Total Deformation 8
Type: Total Deformation
Frequency: 529.26 Hz
Unit: mm
12/5/2558 13:22

160.22 Max
142.44
124.66
106.88
89.104
71.325
53.546
35.767
17.988
0.20899 Min

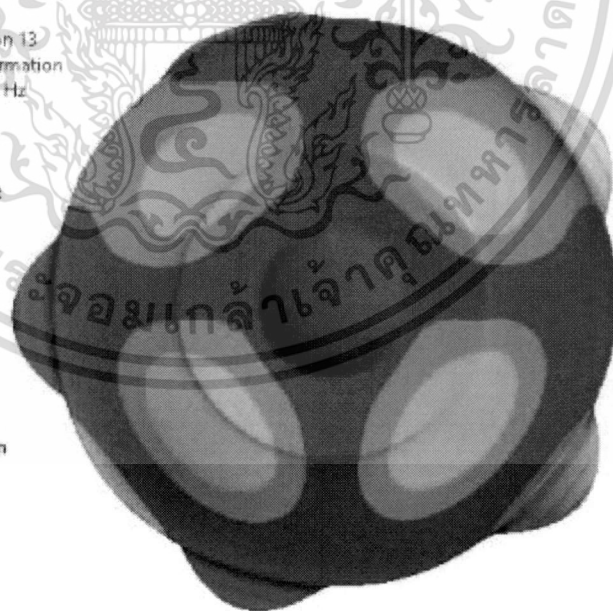


EMA = 580 Hz, FEA = 529 Hz, Error = 8.79%

รูปที่ 7 ความถี่ธรรมชาติ และรูปร่างโหมดการสั่นสะเทือนของโหมดที่ 4
ที่ได้จาก FEA และ EMA

C: Modal
Total Deformation 13
Type: Total Deformation
Frequency: 896.6 Hz
Unit: mm
12/5/2558 13:23

255.71 Max
227.32
198.94
170.55
142.17
113.78
85.398
57.012
28.627
0.24204 Min



EMA = 960 Hz, FEA = 897 Hz, Error = 6.57%

รูปที่ 8 ความถี่ธรรมชาติ และรูปร่างโหมดการสั่นสะเทือนของโหมดที่ 5
ที่ได้จาก FEA และ EMA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในตารางที่ 1 เราได้วิเคราะห์การสั่นสะเทือนด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ในโปรแกรม ANSYS โดยกำหนดให้ความหนาของช่องเป็น 1.0, 1.5 และ 2.0 ตามลำดับ ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าความหนาของช่องมีผลต่อความถี่ธรรมชาติ แต่รูปแบบการสั่นยังเหมือนเดิม ไม่เปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 1 ผลการคำนวณความถี่ธรรมชาติ (Hz) ที่ความหนาของช่อง (t) เป็น 1.0, 1.5 และ 2.0 mm

โหมด	ความหนา t (mm)		
	1.0	1.5	2.0
1	141	141	145
2	321	316	314
3	382	367	355
4	529	514	496
5	897	900	907

ในตารางที่ 2 เราได้วิเคราะห์การสั่นสะเทือนด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ในโปรแกรม ANSYS กำหนดให้ความกว้างของช่องด้านในบริเวณพื้นที่ที่ใส่ตีเป็น 50, 60 และ 70 mm ตามลำดับ เช่นเดียวกันผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าความกว้างของพื้นที่ตีช่องมีผลต่อความถี่ธรรมชาติ แต่ไม่มีผลต่อรูปร่างการสั่น

ตารางที่ 2 ผลการคำนวณความถี่ธรรมชาติ (Hz) สำหรับความกว้างของพื้นที่ตี (d) เป็น 50, 60 และ 70 mm

โหมด	ความกว้าง d (mm)		
	50	60	70
1	141	143	144
2	321	322	319
3	382	380	380
4	529	526	523
5	897	906	908

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

ค่าความถี่ธรรมชาติ และรูปร่างโหมดของการสั่นสะเทือนที่ได้จาก FEA และ EMA มีความสอดคล้องกันถึง 5 โหมด โดยมีความคาดเคลื่อนอยู่ระหว่าง 5.59%-11.88% ความคลาดเคลื่อนที่ได้อาจมีสาเหตุมาจากการวิเคราะห์ด้วย EMA โดยจำนวนจุดบนข้อที่เราวัดการสั่นสะเทือนมีเพียง 7 ตำแหน่ง ขณะที่เรามีเครื่องวัดการสั่นสะเทือนเพียงตัวเดียว ต้องวัดตำแหน่งละครึ่งต่อเนื่องกันไป ซึ่งจุดเหล่านั้นมีแอมพลิจูดของการสั่นน้อยมากในระดับประมาณ 0.1-1 mm จึงอาจเกิดความผิดพลาดจากการบันทึกค่าแอมพลิจูดของการสั่นได้ เมื่อได้แอมพลิจูดของการสั่นทุกๆจุดแล้วจึงนำผลที่ได้มาวิเคราะห์รูปแบบโหมดการสั่นสะเทือน หากใช้เครื่อง Laser Doppler Vibrometer (LDV) แทนเครื่อง vibrometer ที่เราใช้ในการทดลองนี้ จะทำให้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจาก EMA นั้นน้อยลงได้ และอาจพบโหมดอื่นๆที่มีความสอดคล้องกันระหว่าง FEA และ EMA ด้วย เพราะเครื่องนี้สามารถวัดการสั่นสะเทือนได้พร้อมกันมากกว่า 15 จุด โดยสามารถวัดแอมพลิจูดของการสั่นสะเทือนน้อยมากในระดับไมโครเมตร บางรุ่นสามารถนำผลมาสร้างภาพ 3 มิติของการสั่นแบบเคลื่อนไหวได้ทันทีในขณะที่ทำการวัด ซึ่งเครื่องนี้มีราคาสูงกว่า 5 ล้านบาท มีใช้เฉพาะในห้องแล็บชั้นนำเท่านั้น

ในงานวิจัยนี้เราประยุกต์การตีเป็นการให้คลื่นเสียงที่ทราบความถี่แน่นอนจากเครื่องกำเนิดเสียงกระตุ้นให้เกิดการสั่นสะเทือนในข้อ การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นนี้สามารถอธิบายได้โดยอาศัยหลักฟังก์ชันตอบสนองการกระตุ้น (Impulse Response Function) [7] ซึ่งอธิบายไว้ว่า เมื่อตีวัตถุด้วยความแรงเท่าใดก็ตาม ยิ่งตีแรงจะยิ่งเป็นการให้พลังงานมากเท่านั้น พลังงานมากเสียงจากการตีจะดังมาก แต่จะไม่มีผลต่อความถี่ธรรมชาติ และรูปร่างโหมดของการสั่น การตีวัตถุจะทำให้วัตถุเกิดการสั่นตามความถี่ธรรมชาติของวัตถุ นั้น ซึ่งวัตถุสั่นด้วยความถี่ต่ำเสียงจะทุ้ม วัตถุสั่นด้วยความถี่สูงเสียงจะแหลม

จากผลการวิจัยทั้งหมดสรุปได้ว่า เราสามารถจำลองการสั่นสะเทือน หาความถี่ธรรมชาติ และทำนายรูปแบบโหมดการสั่นของข้อของเขียงแผนไทยเบื้องต้นได้โดยใช้การวิเคราะห์ทั้งทาง FEA และทาง EMA ซึ่งทั้งสองวิธีให้ผลที่สอดคล้องกัน นอกจากนี้ยังพบอีกว่าความหนา และความกว้างของพื้นที่ข้อมีผลต่อความถี่ธรรมชาติ แต่ไม่มีผลต่อรูปแบบโหมดการสั่นสะเทือน

บทที่ 6

ผลผลิตที่ได้จากการวิจัย

ผลงานวิจัยนี้ได้มีการนำไปเสนอผลงานในระดับชาติดังต่อไปนี้

การประชุมวิชาการระดับชาติ

- ได้นำไปเสนอผลงานแบบโปสเตอร์ ที่การประชุม Siam Physics Congress 2015
- J. Thongsri and T. Chantramontol, Simulation and Experimental Study of Vibration Characteristics of Thai Traditional Brass Gong The 10th Annual Siam Physics Congress, Krabi, Thailand, 22-23 May 2015, EDU-03 (เอกสารหมายเลข 1)

การประกวดโครงงานอุดมศึกษาระดับประเทศ

- ได้ไปประกวดโครงงานระดับอุดมศึกษาที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ได้รางวัลเหรียญทองแดง (เอกสารหมายเลข 2)
- จตุพร ทองศรี และ ฐิตินันท์ จันทร์มณฑล, การศึกษาความถี่ธรรมชาติ และรูปร่างโหมดการสั่นของฆ้องทองเหลืองแผ่นไทย, การประกวดโครงงานระดับอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 3 มิถุนายน 2558,

เนื่องจากทุนวิจัยนี้ได้ขอทุนไว้ 40,000 บาท ซึ่งต้องการการประชุมวิชาการระดับชาติ 1 ครั้ง ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้ไปประชุมวิชาการในประเทศ 1 ครั้ง และไปประกวดโครงงานอุดมศึกษาระดับประเทศ 1 ครั้ง จึง **สูงกว่าเกณฑ์ที่ทางทุนรายได้ของทางวิทยาลัยนวัตกรรมการจัดการข้อมูลได้กำหนดไว้**

เอกสารอ้างอิง

- [1] Clough, Ray W. and Joseph Penzien, "Dynamics of Structures", 2nd Ed., McGraw-Hill Publishing Company, New York, 1993, p 173.
- [2] Ansys, Inc., "Ansys 15.0, Mechanical User's Guide, November 2013.
- [3] J. Bretos, C. Santamaria, J. Moral, "Finite element analysis and experimental measurements of natural eigenmodes and random responses of wooden bars used in musical instruments," Applied Acoustic, Vol. 56, No. 3, pp. 141-156, 1999.
- [4] M.L. Facchinetti, X. Boutilion and A. Constantinescu, "Numerical and experimental modal analysis of the reed and pipe of a clarinet," Journal of Acoustic Society of American, Vol. 113, No. 5, pp.2874-2883, 2003.
- [5] G.C. Tsai, B.T. Wang, Y.S. Lee, Z.W. Chang, "Study of vibration and sound characteristics of a copper gong," Journal of the Chinese Institute of Engineers, Vol. 28, No. 4, pp. 713-719, 2005.
- [6] V. Puengkhom, J. Thongsri and M. Pimsarn, "On finite element modeling aspect of HDD's headstack assembly vibration analysis," The 5th TSME International Conference on Mechanical Engineering, Chiang Mai, Thailand, AMM055, 2014.
- [7] D.J. Inman, "Engineering Vibration," 2nd Ed., Prentice-Hall Inc., 2001.

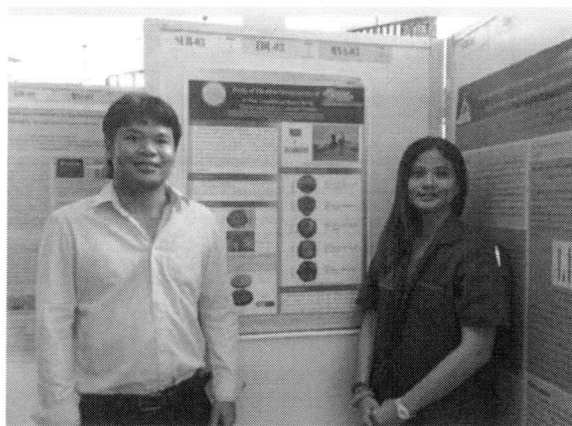
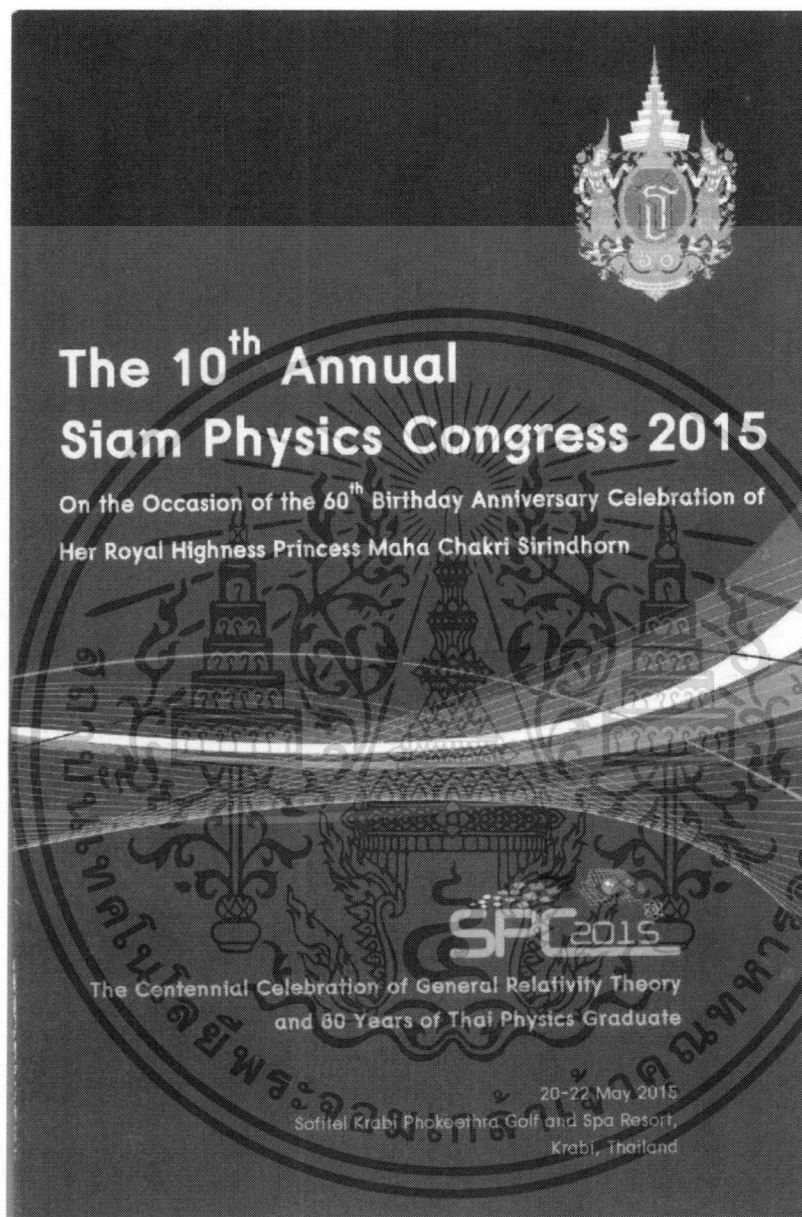
ภาคผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารหมายเลข 1

หนังสือประกอบการประชุม SPC 2015



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Study of Vibration Characteristics of a Thai Traditional Brass Gong



Thitinan Chantramontol, Jatuporn Thongsri*

Manufacturing System Engineering Program, College of Data Storage Innovation
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand 10520
*ktjatupo@kmitl.ac.th

Abstract

In this study, the vibration characteristics of Thai traditional brass gong were numerically investigated based on finite element method (FEM) in three dimensions. We presented a methodology, boundary conditions and other parameters, which are important to be set. Preliminary results of simulation show set of natural frequencies and the corresponding mode shapes that were compared with the experimental results. It was found that both results are in good agreement. The most useful impact of this study is a simplified model in laboratory for helping to understand concept of physics and mechanical vibration.

Objective

1. To simulate the vibration and find the natural frequencies of Thai traditional brass gong.
2. To study the vibration characteristics of Gong with Finite Element Analysis (FEA) and Experimental Mode Analysis (EMA).

Methodology

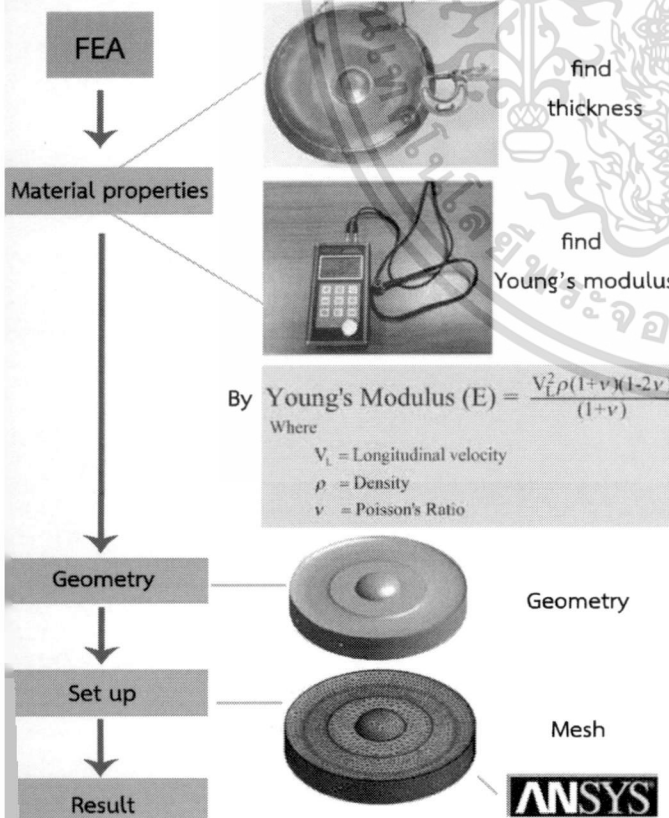


Fig. 1 FEA Process

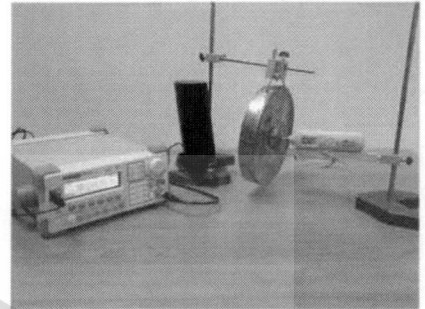
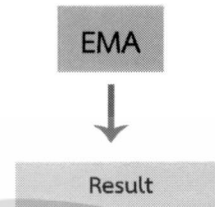


Fig. 2 EMA Experimental set up

Results and Discussion

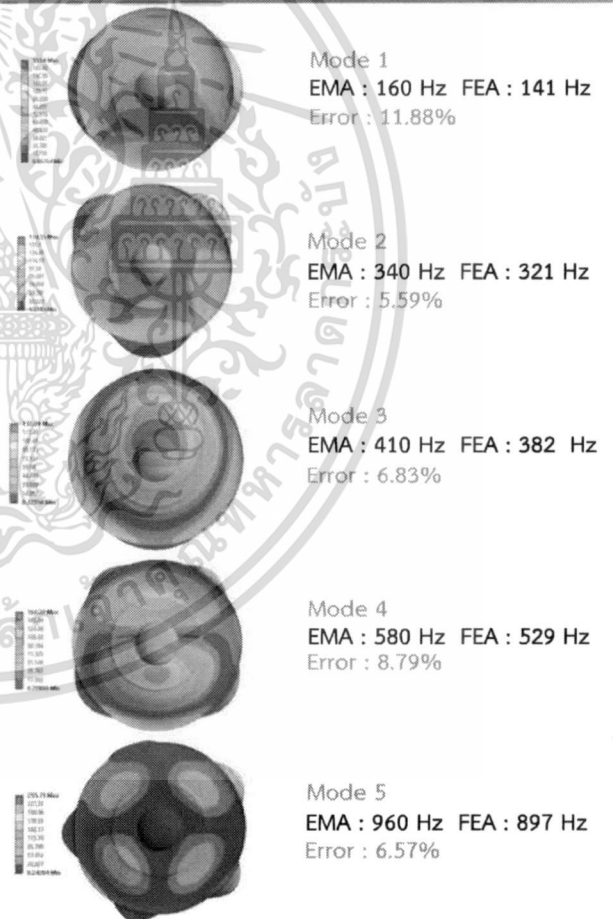


Fig. 3 Mode shapes from simulation

Conclusion

Natural frequencies and mode shapes derived from FEA and EMA are similar values, so this FEA method can help to understand the behavior of Thai traditional brass gongs. Besides, it is used to improve quality easily before making the real gong.

References

- Bretos, C. Santamaría, J. Moral, "Finite element analysis and experimental measurements of natural eigenmodes and random responses of wooden bars used in musical instruments," *Applied Acoustics*, Vol. 56, No. 3, pp. 141-156, 1999.
- Skrudzka, A.P. Sek, "Comparison of modal parameters of loudspeakers of different working conditions," *Applied Acoustics*, Vol. 60, No. 3, pp. 267-277, 2000.
- L. Facchinetti, X. Boutillon and A. Constantinescu, "Numerical and experimental modal analysis of the reed and pipe of a clarinet," *Journal of Acoustic Society of American*, Vol. 113, No. 5, pp. 2874-2885, 2003.
- C. Tsai, B.T. Wang, Y.S. Lee, Z.W. Chang, "Study of vibration and sound characteristics of a copper gong," *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, Vol. 28, No. 4, pp. 713-719, 2005.

เอกสารหมายเลข 2

การประกวดโครงงานอุดมศึกษาระดับประเทศ



คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

เกียรติบัตรฉบับนี้ให้ไว้เพื่อแสดงว่า
นางสาวรุจิรัตน์ จันทรมณฑล
ได้รับรางวัลเกียรติบัตรเหรียญทองแดง
การประกวดโครงงานวิจัยระดับอุดมศึกษา
กลุ่มฟิสิกส์

เหรียญทองแดง
Bronze Medal

เรื่อง การศึกษาความถี่ธรรมชาติและรูปร่างโหมดการสั่นของฆ้องทองเหลืองแบนไทย
ประกาศนียบัตรนี้ให้ไว้ ณ วันที่ 3 มิถุนายน พ.ศ. 2558
ขอให้มีความสุข ความเจริญ มีพลังพัฒนาหน่วยงานให้เจริญยิ่งขึ้นไปเทอญ

Signature
(ผศ.ดร.สิรินช พงษ์สวัสดิ์)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

Signature
(รศ.ดร.ประเสริฐ ปิ่นปฐมรัฐ)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 39 หมู่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110



คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

เกียรติบัตรฉบับนี้ให้ไว้เพื่อแสดงว่า
ดร.จตุพร ทองศรี
เป็นอาจารย์ผู้เข้าร่วม
โครงการการประกวดโครงงานวิจัยระดับอุดมศึกษา

ประกาศนียบัตรนี้ให้ไว้ ณ วันที่ 3 มิถุนายน พ.ศ. 2558
ขอให้มีความสุข ความเจริญ มีพลังพัฒนาหน่วยงานให้เจริญยิ่งขึ้นไปเทอญ

Signature
(ผศ.ดร.สิรินช พงษ์สวัสดิ์)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

Signature
(รศ.ดร.ประเสริฐ ปิ่นปฐมรัฐ)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 39 หมู่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้วิจัย

- ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย)...ดร.จตุพร.ทองศรี.....
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ)...Dr. Jatuporn Thongsri.....
- เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน...3320400026751.....
- หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์
อิเล็กทรอนิกส์
วิทยาลัยนวัตกรรมการจัดการข้อมูล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520 โทร. 02-329-8271, Fax 02-
329-8263, Email: ktjatupo@kmitl.ac.th
- ประวัติการศึกษา
ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ระดับปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาฟิสิกส์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ระดับปริญญาเอก วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาฟิสิกส์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ประสบการณ์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และ/หรือที่ผ่านมา ทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุ
สถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่
ละข้อเสนอการวิจัย

Titles	Researcher	Fund (Bath)	Budget (Bath)	Start /Expired Year	Finished Year
1.Finite Element Analysis of Micro-Gripper for Handling Slider of Hard Disk Drive	Dr. Jatuporn (100%)	Research and Researcher for Industry	300,000	2558/2559	In Progress
2.Airflow Simulation in Clean Room for Hard Disk Drive Manufacturing Process	Dr. Jatuporn (100%)	Research and Researcher for Industry	300,000	2558/2559	In Progress
3. An Experiment and Simulation Study of Airflow and Temperature Distribution in Seagate Teparuk's Cleanroom	Dr. Jatuporn (100%)	Seagate Technology (Thailand) Ltd.	370,300	2558/2558	In Progress
4. Thermal Study on a Printed Circuit Board (PCB) Applicable to Hard Disk Drive	Dr. Jatuporn (100%)	Cal-Comp Electro (Thai) Pub. Co. Ltd.	499,950	2557/2559	In Progress
5. Study of Airflow Characteristics inside a Computer Case and Its Application for Reducing Particle Contamination using CFD	Dr. Jatuporn (100%)	Cal-Comp Electro (Thai) Pub. Co. Ltd.	499,950	2557/2559	In Progress
6. Numerical investigation of airflow behavior inside a DSTAR clean room	Dr. Jatuporn (100%)	Development and Promotion of Science and Technology Talents	225,000	2557/2559	In Progress

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		Project (DPST)			
7. Study of Vibration Characteristics of a Thai Traditional Brass Gong	Dr. Jatuporn (100%)	College of Data Storage Innovation	40,000	2557/2558	2558 Complete
8. VENA Behavior Study Based on Hard Disk Drive Environment Test using FEM	Dr. Jatuporn (100%)	Seagate Technology (Thailand) Ltd.	120,750	2557	2557 Complete
9. Airflow Simulation for Reflow, ULRT and ATAAP Machines using FEM	Dr. Jatuporn (100%)	Seagate Technology (Thailand) Ltd.	110,850	2557	2557 Complete
10. Effect of Environment on Airflow Simulation in Hard Disk Drive	Dr. Jatuporn (100%)	KMITL	170,000	2556	2558 Complete
11. Numerical Simulation of Particle Trajectory inside Automation	Dr. Jatuporn (100%)	College of Data Storage Innovation	150,000	2556	2558 Complete
12. Parametric Study of Head Stack Assembly (HSA) Vibration Characteristics	Dr. Jatuporn (50%)	KMITL, NSTDA and Seagate Technology (Thailand) Ltd.	3,712,700	2556	2558 Complete
13. Humidity and Temperature Behavior in VENA Chamber using FEM	Dr. Jatuporn (100%)	Seagate Technology (Thailand) Ltd	74,750	2556	2556 Complete

ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติย้อนหลัง 3 ปี

- [1] J. Thongsri, V. Pongkom, A simulation of the Number of Particle Trapped by Circulating Filter of a Hard Disk Drive and Their Trajectories, *Appl. Mech. Mater.* Vol. 548-549, pp. 953-957, 2014.
- [2] J. Thongsri, W. Suksawaeng, Numerical Investigation of Airflow Behavior inside Environmental Chamber, *Adv. Mater. Res.* Vol. 931-932, pp. 1048-1052, 2014.
- [3] J. Thongsri, V. Pongkom, Simulated Trajectories of Particles and the Number of Particles Trapped by the Circulating Filter in a Hard Disk Drive, *Adv. Mater. Res.* Vol. 931-932, pp. 1058-1062, 2014.
- [4] J. Thongsri, A. Kaokom, Successful Simulation of Airflow in the Microenvironment of an Assembly Automation Machine and its Implication, *Adv. Mater. Res.* Vol. 931-932, pp. 1063-1067, 2014.
- [5] J. Thongsri, Effect of Grain Size on Effective Permittivity of Ferroelectric Films based on Effective Medium Theory, *Appl. Mech. Mater.* Vols. 619, pp. 188-192, 2014.
- [6] J. Thongsri, M. Pimsarn, Optimum Airflow to Reduce Particle Contamination Inside Welding Automation Machine of Hard Disk Drive Production Line, *Int. J. Precis. Eng. Man.* Vol. 16, No.3, pp. 509-515, 2015.
- [7] J. Thongsri, Comparison of $k-\epsilon$ Turbulence Models for Predicting Airflow in 3.5-inch Dual Platter Hard Disk Drive, *Int. Conf. Engineering Applied Science and Technology*, Bangkok, Thailand, (2013) 1-5
- [8] V. Puengkhom, J. Thongsri, M. Pimsarn, On Finite Element Modeling Aspect of HDD's Head Stack Assembly Vibration Analysis, *Proc. The 5th TSME International Conference on Mechanical Engineering*, Chiang Mai, Thailand, AMM055, 2014.
- [9] J. Thongsri, Numerical Investigation of Airflow inside an Environmental Chamber for HGA Mechanical Test and a Scheme for Improving the Flow, *ARPN. J. Eng. Appl. Sci.* Forth coming in Dec. 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้