

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์	โครงสร้างที่เหมาะสมและการควบคุมแบบกำชธอัตโนมัติ สำหรับการสั่นเดือนของโทรศัพท์มือถือ
ผู้เขียน	นายจักรพงษ์ จำรูญ
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ. ดร. แมทธิว โกล

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้พิจารณาการหาความเหมาะสมของโครงสร้างโทรศัพท์มือถือเพื่อเพิ่มการสั่นและการเสริมการควบคุมแบบกำชธอัตโนมัติกับโทรศัพท์มือถือที่มีโครงสร้างเหมาะสม ส่วนแรกเป็นการหาโครงสร้างที่เหมาะสมซึ่งพิจารณาวิธีแบบสมการเคียนเป็นวิธีแรก ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าร้อยละความสำเร็จแปรผันจาก 0 ถึง 99 สำหรับทุกระบบที่ได้ทดสอบด้วยวิธีนี้

การหาค่าความเหมาะสมอีกวิธีถูกพัฒนาโดยอาศัยพื้นฐานของค่าคุณลักษณะเฉพาะ (eigenvalue) ของเมทริกซ์ซึ่งเกี่ยวข้องกับเมทริกซ์ของแบบจำลอง ผลการทดสอบด้วยขั้นตอนวิธีค่าคุณลักษณะเฉพาะแสดงให้เห็นว่า ในกรณีที่พารามิเตอร์ไม่มีเงื่อนไขจำกัดจะประสบความสำเร็จร้อยละ 100 และในกรณีที่พารามิเตอร์มีเงื่อนไขจำกัดจะประสบความสำเร็จร้อยละ 95-100 จากผลการทดสอบพบว่า มีร้อยละความสำเร็จของวิธีนี้มากกว่าขั้นตอนวิธีแบบเคียน ดังนั้นวิธีนี้จึงถูกนำไปประยุกต์กับปัญหาการหาค่าความเหมาะสมของโครงสร้างโทรศัพท์มือถือ

รูปจำลองที่ใช้เป็นตัวแทนของโครงสร้างโทรศัพท์มือถือทำมาจากแผ่นอลูมิเนียมสี่เหลี่ยม 2 ชั้นซึ่งเชื่อมต่อกันด้วยแผ่นยางซิลิโคนที่มุมทั้งสี่ การหาค่าที่เหมาะสมของสัมประสิทธิ์ความแข็งสปริงของแผ่นยางทั้งสี่แบ่งเป็นสองกรณี กรณีแรกค่าสัมประสิทธิ์ความแข็งของสปริงเท่ากันหมดทั้งสี่อัน ผลการจำลองและทดสอบแสดงว่าค่ามุมสูญเสีย (loss angle) ของยางซิลิโคนประมาณ  $4^\circ$  และค่าเหมาะสมของสัมประสิทธิ์ความแข็งสปริงเท่ากับ 3,710 นิวตันต่อเมตร ผลการทดลองพบว่า โครงสร้างที่เหมาะสมนี้ประสบความสำเร็จในการทำให้เกิดการสั่นระดับสูงที่ความถี่ออกแบบ 122 เฮิรท์

ในกรณีที่สอง สัมประสิทธิ์ความแข็งสปริงของยางทั้งสี่อันถูกแปรผันอย่างอิสระ อย่างไรก็ตาม การเคลื่อนที่สัมพันธ์ของรูปจำลองมีเพียงสามองศาอิสระดังนั้นมีค่าจำเป็นที่จะต้องกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความแข็งสปริงหนึ่งตัวเพื่อจะได้คำตอบเพียงคำตอบเดียวสำหรับปัญหาการหาค่าความเหมาะสม จากคำตอบในกรณีที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ความแข็งสปริงเท่ากับ 3,710 นิวตันต่อเมตร ถูกนำมาใช้กับยางแผ่นที่สาม สมรรถนะการสั่นสูงสุดจะเกิดขึ้นเมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความแข็งสปริงเท่ากับ  $k_1 = 4,984$  นิวตันต่อเมตร,  $k_2 = 1,492$  นิวตันต่อเมตร,  $k_3 = 3,710$  นิวตันต่อเมตร,  $k_4 = 11,489$  นิวตันต่อเมตร จากการเปรียบเทียบผลการหาค่าความเหมาะสมทั้งสองกรณีพบว่าการสั่นที่ความถี่ธรรมชาติต่ำสุดของกรณีที่สองมากกว่ากรณีที่หนึ่งร้อยละ 106.4 และ สมรรถนะการสั่นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

ในการศึกษานี้ยังได้มีการออกแบบการควบคุมแบบกำธรัดโนมัติและนำไปใช้กับรูปจำลองที่มีโครงสร้างเหมาะสม ในการศึกษานี้ถ้าโพงสั่นสะเทือนถูกนำมาใช้ภายใต้การควบคุมแบบกำธรัดโนมัติซึ่งใช้การเลื่อนเฟสสัญญาณความเร่งเพื่อขับลำโพงโดยตรง อย่างไรก็ตาม ผลการตอบสนองเชิงความถี่แสดงให้เห็นว่าการสั่นสูงสุดเกิดขึ้นที่การเลื่อนเฟสเท่ากับ  $-145^\circ$  ดังนั้นเราไม่สามารถสร้างแรงกระตุ้นที่ต้องการได้จากการเลื่อนเฟสแบบง่ายกับสัญญาณความเร่ง เราจึงทำการพัฒนาการควบคุมแบบใหม่มาใช้ในการศึกษานี้ วิธีการนั้นคือ การควบคุมกำธรัดโนมัติแบบอาศัยเฟส ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ตัวควบคุมนี้ทำงานได้ดีกับรูปจำลองและมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร เช่น การเปลี่ยนแปลงมวล เป็นต้น

สำหรับระบบหลายองศาอิสระการควบคุมกำธรัดโนมัติแบบอาศัยเฟสที่ถูกพัฒนาในการศึกษานี้ทำงานได้ดีกว่าการควบคุมกำธรัดโนมัติแบบตรงเพราะว่าความถี่ธรรมชาติไม่ได้เกิดขึ้นที่เฟสต่างเป็นจำนวนเท่าของ  $90^\circ$  เสมอไป

<b>Thesis Title</b>	Structural Optimisation and Autoresonant Control for Mobile Phone Vibration Alert
<b>Author</b>	Mr. Chakkapong Chamroom
<b>Degree</b>	Master of Engineering (Mechanical Engineering)
<b>Thesis Advisor</b>	Assoc. Prof. Dr. Matthew O.T. Cole

### ABSTRACT

This research considered both the optimisation of the cell-phone structure to maximise vibration response and the implementation of an auto-resonant control scheme on the optimised cell-phone. Firstly, optimisation methods were dealt with. The gradient-based method was first considered. The optimisation results show percentage success rates varying from 0 to 99% for all the test cases tackled with the gradient-based method.

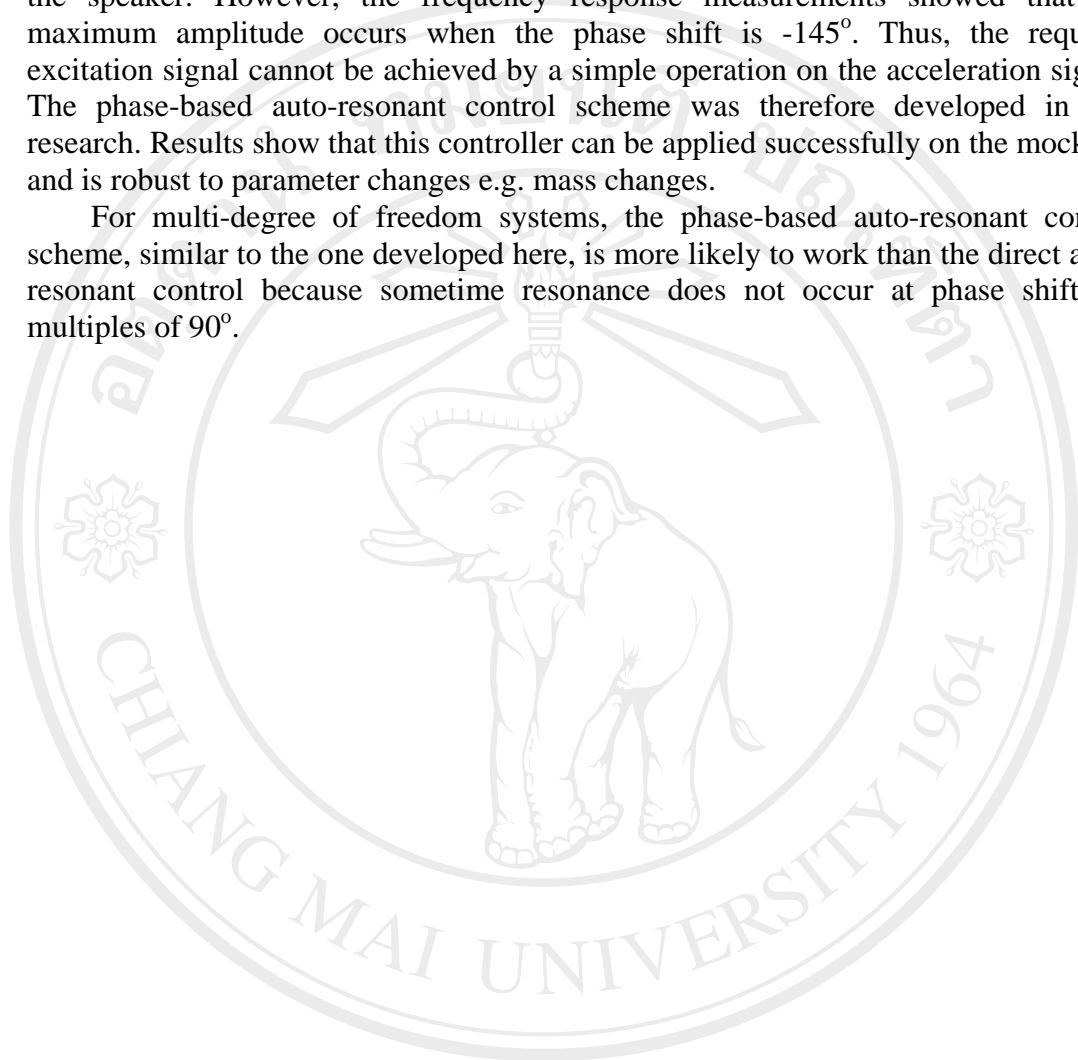
An alternative optimisation method was developed based on the eigenvalues of a matrix equation involving the system model matrices. Test results with the eigenvalue-based algorithm showed a percentage success rate of 100% with unconstrained parameters and 95-100% with constraints on parameter values. As these results were more successful than with the gradient-based algorithm then this method was selected to be applied to the cell-phone structural optimisation problem.

The mock up used to represent a typical cell-phone structure was made of 2 aluminium blocks connected by rubber pads at the 4 corners, which were made of silicone rubber. Stiffness coefficient for the 4 rubber pads were optimised in 2 different cases. Firstly, all the rubber pads were given identical stiffness coefficients. Initial results indicated that the loss angle for the silicone rubber compound is approximately  $4^\circ$  and the corresponding optimal stiffness, which was the target for the experimental system, is 3,710 N/m. The experimental results with the optimised structure were successful in that a large magnitude vibration was realized at the design frequency of 122 Hz.

In the second case, the stiffness of the 4 rubber pads was varied freely. However, as the relative motion of the two blocks has only three degree of freedoms, it was necessary to first fix one of the stiffness values in order that the optimisation problem has a unique solution. From the first case solution, a stiffness value of 3,710 N/m was used for pad 3. The maximum vibration performance is then achieved with stiffness values  $k_1 = 4,984$  N/m,  $k_2 = 1,492$  N/m,  $k_3 = 3,710$  N/m,  $k_4 = 11,489$  N/m. The results of the two optimisation cases are compared. It was found that the vibration response at the lowest resonance of case 2 is greater than case 1 by 106.4% and so performance is significantly improved.

The auto-resonant control scheme was designed and implemented on the optimal mock up. In this study, a vibration speaker was used under auto-resonant control, where an acceleration signal was used with a phase shift operation to directly drive the speaker. However, the frequency response measurements showed that the maximum amplitude occurs when the phase shift is  $-145^\circ$ . Thus, the required excitation signal cannot be achieved by a simple operation on the acceleration signal. The phase-based auto-resonant control scheme was therefore developed in this research. Results show that this controller can be applied successfully on the mock up, and is robust to parameter changes e.g. mass changes.

For multi-degree of freedom systems, the phase-based auto-resonant control scheme, similar to the one developed here, is more likely to work than the direct auto-resonant control because sometime resonance does not occur at phase shifts of multiples of  $90^\circ$ .



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved