

## สารบัญ

|  | หน้า |
|--|------|
| ใบรับรองโครงการ  | ก    |
| บทคัดย่อภาษาไทย  | ข    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ   | ค    |
| กิตติกรรมประกาศ  | ง    |
| สารบัญ   | จ    |
| สารบัญตาราง  | ช    |
| สารบัญรูป  | ซ    |
| สารบัญกราฟ   | ญ    |
| รายการสัญลักษณ์  | ฎ    |
| <b>บทที่ 1 บทนำ</b>  |      |
| 1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ  | 1    |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ   | 1    |
| 1.3 ขอบเขตของโครงการ   | 2    |
| 1.4 ระยะเวลาและแผนการปฏิบัติงาน  | 2    |
| 1.5 ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ  | 3    |
| 1.6 ขั้นตอนดำเนินงาน   | 3    |
| 1.7 งบประมาณ   | 3    |
| <b>บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ</b>   |      |
| 2.1 ทฤษฎีพื้นฐานการสั่นสะเทือน   | 4    |
| 2.2 การสั่นสะเทือนของระบบระดับความเสรีสองชั้น                          | 19   |
| 2.3 การวิเคราะห์เสถียรภาพโดยวิธี The Routh-Hurwitz Stability Criterion | 33   |
| 2.4 เครื่องมือวัดการสั่นสะเทือน  | 35   |
| <b>บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงการ</b>                                       |      |
| 3.1 แบบแผนการควบคุมแบบที่ 1  | 43   |
| 3.2 แบบแผนการควบคุมแบบที่ 2  | 45   |

## สารบัญ (ต่อ)

|  | หน้า |
|--|------|
| บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง             |      |
| 4.1 ข้อมูลที่ใช้ในการประมวลผลแบบแผนการควบคุมแบบที่ 1 | 50   |
| 4.2 ข้อมูลที่ใช้ในการประมวลผลแบบแผนการควบคุมแบบที่ 2 | 67   |
| 4.3 วิเคราะห์ผลการทดสอบ                              | 80   |
| บทที่ 5 สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ                  |      |
| 5.1 สรุปผลการทดสอบ                                   | 81   |
| 5.2 ปัญหาแนวทางการแก้ไข                              | 81   |
| 5.3 ข้อเสนอแนะ                                       | 81   |
| บรรณานุกรม   | 82   |
| ภาคผนวก ก โปรแกรมMATLAB                              | 83   |
| ภาคผนวก ข คำสั่งในการประมวลผลโปรแกรมMATLAB           | 108  |
| ประวัติผู้จัดทำโครงการ                               | 124  |

## สารบัญตาราง

|   | หน้า |
|---|------|
| ตารางที่ ก 1 แสดงตัวดำเนินการเมตริกซ์                             | 100  |
| ตารางที่ ก 2 แสดงฟังก์ชันอินพุท/เอาต์พุท                          | 100  |
| ตารางที่ ก 3 แสดงตัวดำเนินการเปรียบเทียบและตรรกะ                  | 101  |
| ตารางที่ ก 4 แสดงเมตริกซ์เฉพาะ                                    | 101  |
| ตารางที่ ก 5 แสดงค่าเฉพาะและค่าคงที่                              | 102  |
| ตารางที่ ก 6 แสดงเอ็กซ์โปเนนเชียลและลอการิทึม                     | 102  |
| ตารางที่ ก 7 แสดงฟังก์ชันในการจัดไฟล์ในไดเรกทอรี                  | 103  |
| ตารางที่ ก 8 แสดงฟังก์ชันเมตริกซ์สำหรับแก้ปัญหาาระบบสมการเชิงเส้น | 103  |
| ตารางที่ ก 9 แสดงฟังก์ชันระบบสมการเชิงเส้น                        | 104  |
| ตารางที่ ก 10 แสดงฟังก์ชันที่ใช้ในการพล็อตกราฟ                    | 104  |
| ตารางที่ ก 11 แสดงการพล็อตกราฟเฉพาะ                               | 105  |
| ตารางที่ ก 12 แสดงโปรแกรมควบคุมสายงาน                             | 105  |
| ตารางที่ ก 13 แสดงฟังก์ชันการวิเคราะห์ฟูเรียร์และการแปลงลาปลาซ    | 106  |
| ตารางที่ ก 14 แสดงฟังก์ชันสมการเชิงอนุพันธ์                       | 106  |
| ตารางที่ ก 15 แสดงฟังก์ชันระบบควบคุม                              | 106  |
| ตารางที่ ก 16 แสดงฟังก์ชันการอินทิเกรต                            | 107  |
| ตารางที่ ก 17 แสดงฟังก์ชันในการคำนวณค่าทางตรีโกณมิติ              | 107  |

## สารบัญรูปภาพ

|   | หน้า |
|---|------|
| รูปที่ 2.1 แสดงภาพของความเป็นอิสระของวัตถุ                                  | 5    |
| รูปที่ 2.2 แสดงภาพสปริงเมื่อมีแรงมากระทำ                                    | 8    |
| รูปที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรง $F_s$ กับ ระยะยืดหรือหดของสปริง       | 9    |
| รูปที่ 2.4 การต่อสปริงแบบขนาน   | 10   |
| รูปที่ 2.5 การต่อ สปริงแบบอนุกรม  | 11   |
| รูปที่ 2.6 แสดงตัวหน่วงในกระบอกสูบ  | 12   |
| รูปที่ 2.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับความเร็ว                            | 13   |
| รูปที่ 2.8 แสดงตัวหน่วงแบบขนาน  | 13   |
| รูปที่ 2.9 แสดงการต่อตัวหน่วงแบบอนุกรม                                      | 14   |
| รูปที่ 2.10 แสดงหลักการพิจารณามวลตามกฎของนิวตัน                             | 16   |
| รูปที่ 2.11 การพิจารณาสมมูลตามหลักของ D'Alembert                            | 16   |
| รูปที่ 2.12 การเคลื่อนที่แบบ sine wave                                      | 17   |
| รูปที่ 2.13 การเคลื่อนที่ของมุมเฟสที่ต่างกัน                                | 18   |
| รูปที่ 2.14 แสดงระบบที่มีสองลำดับความเสรี                                   | 21   |
| รูปที่ 2.15 แสดงการเคลื่อนที่ของมวลขนาดเท่ากัน ในเวลาเท่ากันทุกประการ       | 23   |
| รูปที่ 2.16 แสดงการเคลื่อนที่ของมวลที่มีขนาดเท่ากัน แต่ทิศตรงกันข้าม        | 23   |
| รูปที่ 2.17 แสดงการสั่นสะเทือนแบบบังคับ                                     | 25   |
| รูปที่ 2.18 แสดงการสั่นพ้อง   | 27   |
| รูปที่ 2.19 แสดงการสั่นสะเทือนของระบบ $X_1/X_0$ หรือ $X_2/X_0$ มีค่าเป็นบวก | 28   |
| รูปที่ 2.20 แสดงฐานนิยมปรกติของการสั่นสะเทือน                               | 28   |
| รูปที่ 2.21 แสดงการติดตั้งตัวดูดซับการสั่นสะเทือน                           | 29   |
| รูปที่ 2.22 แสดงอิทธิพลของอัตราส่วนมวลต่อความถี่ธรรมชาติของระบบรวม          | 32   |
| รูปที่ 2.23 แสดงส่วนประกอบของระบบ   | 36   |
| รูปที่ 2.24 การตอบสนองสัมพัทธ์เนื่องจากการสั่น                              | 37   |
| รูปที่ 2.25 แสดงผลการตอบสนองการสั่นเทียบกับค่าความถี่ของแรงกระทำ            | 39   |
| รูปที่ 2.26 เครื่องมือวัดชนิดต่างๆ  | 40   |
| รูปที่ 2.27 เครื่องมือวัดประกอบด้วยแม่เหล็กถาวร                             | 40   |
| รูปที่ 2.28 แสดงการสั่นสะเทือนเมื่อรับสัญญาณทาง ไฟฟ้า                       | 41   |

## สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

|   | หน้า |
|---|------|
| รูปที่ 2.29 ลักษณะของ wire และ foil                       | 41   |
| รูปที่ 2.30 จำนวนและความยาวของสัญญาณ                      | 42   |
| รูปที่ 3.1 แบบแผนโครงสร้างตัวคูณระดับการสันสะท้อนแบบที่ 1 | 43   |
| รูปที่ 3.2 แบบแผนโครงสร้างตัวคูณระดับการสันสะท้อนแบบที่ 2 | 46   |
| รูปที่ ก 1 การติดตั้งโปรแกรมขั้นตอนที่ 1                  | 84   |
| รูปที่ ก 2 การติดตั้งโปรแกรมขั้นตอนที่ 2                  | 85   |
| รูปที่ ก 3 การติดตั้งโปรแกรมขั้นตอนที่ 3                  | 85   |
| รูปที่ ก 4 การติดตั้งโปรแกรมขั้นตอนที่ 4                  | 86   |
| รูปที่ ก 5 การติดตั้งโปรแกรมขั้นตอนที่ 5                  | 86   |
| รูปที่ ก 6 การติดตั้งโปรแกรมขั้นตอนที่ 6                  | 87   |
| รูปที่ ก 7 การติดตั้งโปรแกรมขั้นตอนที่ 7                  | 87   |
| รูปที่ ก 8 การติดตั้งโปรแกรมขั้นตอนที่ 8                  | 88   |
| รูปที่ ก 9 การติดตั้งโปรแกรมขั้นตอนที่ 9                  | 88   |
| รูปที่ ก 10 การติดตั้งโปรแกรมขั้นตอนที่ 10                | 89   |
| รูปที่ ก 11 การติดตั้งโปรแกรมขั้นตอนที่ 11                | 89   |
| รูปที่ ก 12 แสดงขั้นตอนการเริ่มการใช้งานโปรแกรม           | 90   |
| รูปที่ ก 13 แสดงหน้าต่าง โปรแกรม                          | 91   |
| รูปที่ ก 14 แสดงหน้าต่าง Command Window                   | 92   |
| รูปที่ ก 15 แสดงหน้าต่าง Command History                  | 92   |
| รูปที่ ก 16 แสดง Current Directory                        | 94   |
| รูปที่ ก 17 แสดงหน้าต่าง current Directory Browser        | 94   |
| รูปที่ ก 18 แสดงหน้าต่าง Workspace Browser                | 95   |
| รูปที่ ก 19 แสดงลักษณะหน้าต่างของ array editor            | 96   |
| รูปที่ ก 20 แสดงลักษณะหน้าต่างของ Launch Pad              | 97   |
| รูปที่ ก 21 แสดงลักษณะหน้าต่างของ Editor/Debugger         | 98   |
| รูปที่ ก 22 แสดงลักษณะหน้าต่างของ Graphic Window          | 99   |



## รายการสัญลักษณ์

| สัญลักษณ์               | ความหมาย                           | หน่วย            |
|-------------------------|------------------------------------|------------------|
| A, B, C, D              | ค่าคงตัว, แอมพลิจูดของการสั่น      |                  |
| b                       | อัตราส่วนของความถี่ธรรมชาติ        |                  |
| f                       | ความถี่                            | cps หรือ Hz      |
| F                       | แรงส่งผ่าน                         | N                |
| g                       | ความเร่งของแรงดึงดูด=9.81          | m/s <sup>2</sup> |
| k                       | ค่าคงตัวของสปริง                   | N/m              |
| m, M                    | มวล                                | kg               |
| p, P                    | แรง                                | N                |
| $r = \omega_f / \omega$ | อัตราส่วนความถี่                   |                  |
| s                       | สัมประสิทธิ์ซึ่งกำลัง, รากของสมการ |                  |
| t                       | เวลา                               | s                |
| T                       | คาบเวลา                            | s                |
| v                       | ความเร็ว                           | m/s              |
| x, y, z                 | พิกัด                              |                  |
| x                       | การกระจัด, ระยะทาง                 | m                |
| $x_0$                   | การกระจัดเริ่มต้น, ระยะทางเริ่มต้น | m                |
| $x_\lambda$             | ความยาวคลื่น                       | m                |
| $\dot{x}$               | ความเร็ว                           | m/s              |
| $\dot{x}_0$             | ความเร็วเริ่มต้น                   | m/s              |
| $\ddot{x}$              | ความเร่ง                           | m/s <sup>2</sup> |
| $\ddot{x}_0$            | ความเร่งเริ่มต้น                   | m/s <sup>2</sup> |
| x                       | แอมพลิจูด                          | m                |
| y                       | การกระจัด                          | m                |
| $\alpha, \beta, \gamma$ | สัมประสิทธิ์, ค่าคงที่, มุม        |                  |
| $\omega$                | ความเร็วเชิงมุม, ความถี่เชิงมุม    | rad/s            |
| $\omega_n$              | ความถี่ธรรมชาติ                    | rad/s            |
| $\omega_f$              | ความถี่ของแรง                      | rad/s            |

## รายการสัญลักษณ์ (ต่อ)

| สัญลักษณ์  | ความหมาย               | หน่วย             |
|------------|------------------------|-------------------|
| $\omega_n$ | ความถี่ธรรมชาติ        | rad/s             |
| $\omega_f$ | ความถี่ของแรง          | rad/s             |
| $\phi$     | มุมเฟส                 | rad               |
| $\rho$     | ความหนาแน่น            | kg/m <sup>3</sup> |
| $\eta$     | สัมประสิทธิ์, ค่าคงตัว |                   |

