

## สารบัญ

## หน้า

|                     |   |
|---------------------|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย     | จ |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ  | ก |
| กิตติกรรมประกาศ     | ง |
| สารบัญ              | จ |
| รายการตาราง         | ช |
| รายการรูปประกอบ     | ฅ |
| รายการสัญลักษณ์     | ฉ |
| ประมวลศัพท์และคำย่อ | ฉ |

## บทที่

|                                                    |           |
|----------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. บทนำ</b>                                     | <b>1</b>  |
| 1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย                   | 1         |
| 1.2 งานวิจัยที่ผ่านมาในอดีต                        | 2         |
| 1.3 งานวิจัยที่น่าสนใจ                             | 4         |
| 1.4 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย                        | 4         |
| 1.5 ขอบเขตงานวิจัย                                 | 4         |
| 1.6 ประโยชน์และผลที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย      | 5         |
| 1.7 ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย                          | 5         |
| <b>2. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง</b>             | <b>6</b>  |
| 2.1 โครงสร้างและหลักการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์สี่ล้อ | 6         |
| 2.2 ทฤษฎีการอ่านค่ามุมจากเซ็นเซอร์                 | 9         |
| 2.3 หลักการของระบบควบคุมแบบป้อนกลับ                | 16        |
| <b>3. โครงสร้างฮาร์ดแวร์ของระบบหุ่นยนต์สี่ล้อ</b>  | <b>20</b> |
| 3.1 การออกแบบฮาร์ดแวร์ของหุ่นยนต์สี่ล้อ            | 20        |
| 3.2 การออกแบบและทดสอบโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์สี่ล้อ   | 27        |

|                                                                  | หน้า      |
|------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>4. การออกแบบระบบควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่</b>                 | <b>32</b> |
| 4.1 สมการคณิตศาสตร์ของระบบหุ่นยนต์สี่ล้อขับเคลื่อน               | 32        |
| 4.2 ค่าพารามิเตอร์สำหรับจำลองระบบ                                | 33        |
| 4.3 ตัวแปรสถานะ                                                  | 34        |
| 4.4 การออกแบบระบบควบคุมพีไอดี                                    | 35        |
| 4.5 การออกแบบระบบควบคุมแอดคทีวอาร์                               | 37        |
| <b>5. ผลการทดลอง</b>                                             | <b>39</b> |
| 5.1 ผลการจำลองระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์สี่ล้อขับเคลื่อน | 39        |
| 5.2 ผลการทดลองระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์สี่ล้อขับเคลื่อน | 44        |
| <b>6. สรุปผลและข้อเสนอแนะ</b>                                    | <b>60</b> |
| 6.1 สรุปผลการวิจัย                                               | 60        |
| 6.2 ข้อเสนอแนะ                                                   | 61        |
| <b>เอกสารอ้างอิง</b>                                             | <b>62</b> |
| <b>ภาคผนวก</b>                                                   | <b>65</b> |
| ก บล็อกไดอะแกรมทั้งหมดของหุ่นยนต์สี่ล้อขับเคลื่อน                | 65        |
| ข หลักการเขียนโปรแกรม Arduino MEGA 2560 เบื้องต้น                | 67        |
| ค การสร้างแท่นทดสอบ                                              | 70        |
| ง การสร้างหุ่นยนต์สี่ล้อขับเคลื่อน                               | 76        |
| <b>ประวัติผู้วิจัย</b>                                           | <b>82</b> |