# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| สารบัญ | (6) |
| รายการตาราง | (8) |
| รายการภาพประกอบ | (9) |
| บทที่ | |
| 1. บทนำ | 1 |
| 1.1 บทนำต้นเรื่อง | 1 |
| 1.2 การตรวจเอกสาร | 4 |
| 1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย | 11 |
| 2. ทฤษฎี | 12 |
| 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างโลกและดวงอาทิตย์ | 12 |
| 2.2 ทางเดินปรากฏของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้า | 14 |
| 2.3 การระบุตำแหน่งของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้า | 15 |
| 2.4 การวิเคราะห์สมการมุมอะซิมุธและมุมอัลติจูด | 25 |
| 2.5 ระบบหอคอยสุริยะ | 30 |
| 3. ทฤษฎีฟัซซี่ลอจิก | 34 |
| 3.1 นิยามเบื้องต้นของฟัซซี่เซต | 35 |
| 3.2 การดำเนินการเบื้องต้นของฟัซซี่ลอจิก | 36 |
| 3.3 ฟัซซี่ลอจิกกับการควบคุม | 37 |
| 4. วิธีการวิจัย | 43 |
| 4.1 วัสดุและอุปกรณ์ | 43 |
| 4.2 การออกแบบอุปกรณ์ต้นแบบของระบบหอคอยสุริยะ | 44 |
| 4.3 การออกแบบหลักการทำงานส่วนซอฟท์แวร์ | 47 |
| 4.4 การติดตั้งอุปกรณ์ | 56 |
| 4.5 การออกแบบตัวควบคุมฟัซซี่ | 59 |
| 5. ผลและการอภิปรายผล | 65 |
| 5.1 ลักษณะของแสงบนตัวรวมรังสีอาทิตย์ในขณะเวลาต่างๆ | 65 |
| 5.2 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนกระจก | 68 |

# สารบัญ (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| 5.3 ผลการควบคุมอุณหภูมิโดยฟัซซี่ลอจิก | 74 |
| 6. บทสรุป | 80 |
| 6.1 สรุป | 80 |
| 6.2 ข้อเสนอแนะ | 81 |
| บรรณานุกรม | 82 |
| ภาคผนวก | 85 |
| ก ค่าความความเข้มแสง | 86 |
| ข วิธีการใช้งานและรายละเอียดโปรแกรม | 87 |
| ค Manuscripts Songklanakarin J. Sci. Technol. | 89 |
| ประวัติผู้เขียน | 108 |

# รายการตาราง


| ตาราง | หน้า |
|---|---|
| 2.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ $A_k$ และ $B_k$ | 24 |
| 3.1 แสดงตัวอย่างกฎการควบคุมในรูปแบบตาราง | 40 |
| 4.1 แสดงค่าระดับขั้นของค่าความและค่าการเปลี่ยนแปลงความผิดพลาด | 60 |
| 4.2 แสดงกฎการควบคุมของตัวควบคุมอุณหภูมิแบบฟัซซี่ | 63 |
| 4.3 แสดงตารางเอาท์พุตของตัวควบคุมอุณหภูมิแบบฟัซซี่ลอจิก | 64 |
| 4.4 แสดงค่าความสัมพันธ์ของเอาท์พุตกับค่าการเปลี่ยนแปลงจำนวนกระจกรับรังสี | 64 |
| 5.1 แสดงการสรุปข้อมูลของการทดลองจากการเพิ่มจำนวนกระจก | 71 |
| 5.2 แสดงผลต่างอุณหภูมิบนตัวรวมรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยต่อชั่วโมง | 73 |

# รายการภาพประกอบ


| ภาพประกอบ | หน้า |
|---|---|
| 1.1 ระบบหอคอยสุริยะ | 3 |
| 1.2 แสดงการออกแบบระบบการปรับกระจกรับรังสีแสงอาทิตย์ของ Dedger J. | 4 |
| 1.3 แสดงการควบคุมกระจกรับรังสีอาทิตย์แบบอัตโนมัติของ Kenneth | 5 |
| 1.4 (ก) แสดงการออกแบบระบบหอคอยสุริยะของ Katsushige N. | |
| (ข) แสดงการออกแบบกระจกรับรังสีแสงอาทิตย์ของ Katsushige N. | 7 |
| 1.5 แสดงการออกแบบระบบหอคอยสุริยะของ Segal A. และ Epstein M. | 8 |
| 1.6 แสดงการออกแบบกระจกรับรังสีแสงอาทิตย์ แบบ non-imaging focusing | 8 |
| 1.7 แสดงการออกแบบระบบหอคอยสุริยะ ของ Hanna D.S. และ คณะ | 9 |
| 1.8 แสดงลักษณะของสารที่หลอมละลายจากกระจกรับรังสีแสงอาทิตย์ แบบ non-imaging focusing | 10 |
| 1.9 แสดงระบบการควบคุมกระจกรับรังสีแสงอาทิตย์ของ Berenguel M. และคณะ | 10 |
| 2.1 (ก) แสดงวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ในรอบปี | 12 |
| (ข) แสดงการเปลี่ยนแปลงของระยะห่างระหว่างโลกและดวงอาทิตย์ในรอบปี | |
| 2.2 ทางเดินปรากฏของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้า | 14 |
| 2.3 แสดงความสัมพันธ์ของทรงกลมท้องฟ้ากับโลก | 16 |
| 2.4 แสดงความสัมพันธ์ของมุมอะซิมุท มุมอัลติจูด และมุมเซนิท | 16 |
| 2.5 แสดงความสัมพันธ์ของมุมเดคลิเนชัน | 18 |
| 2.6 แสดงความสัมพันธ์ของเวกเตอร์การโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ | 18 |
| 2.7 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของมุมเดคลิเนชั่นในรอบปี | 20 |
| 2.8 แสดงความสัมพันธ์ของมุมชั่วโมง | 21 |
| 2.9 แสดงการเปลี่ยนแปลงของมุมชั่วโมงใน 24 ชั่วโมง | 22 |

## รายการภาพประกอบ (ต่อ)


| ภาพประกอบ | หน้า |
|---|---|
| 2.10 แสดงความสัมพันธ์ของ Equation of time ในรอบปี | 22 |
| 2.11 แสดงความสัมพันธ์ของพิกัด ทิศเซนิท ($z$), ทิศตะวันออก ($e$) และทิศเหนือ ($n$) | 25 |
| 2.12 แสดงความสัมพันธ์ของเวกเตอร์รังสีดวงอาทิตย์กับมุมเดคลิเนชั่นและมุมชั่วโมง | 26 |
| 2.13 แสดงความสัมพันธ์ของการหมุนพิกัดจากตำแหน่งผู้สังเกตถึงจุดศูนย์กลางโลก | 27 |
| 2.14 แสดงความสัมพันธ์ของเวกเตอร์ขนาน S และ $S'$ ในพิกัดผิวโลกและจุดศูนย์กลางของโลก | 28 |
| 2.15 แสดงความสัมพันธ์ของเวกเตอร์รังสีสะท้อนของดวงอาทิตย์จากกระจกรับรังสีไปยังตัวรวมรังสีอาทิตย์ | 31 |
| 3.1 ฟัซซี่เซตและฟังก์ชันการเป็นสมาชิก | 35 |
| 3.2 ระบบควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก | 37 |
| 3.3 ตัวอย่างฟัซซี่เซตของอินพุตและกระบวนการฟัซซิฟิเคชัน | 37 |
| 3.4 ตัวอย่างฟัซซี่เซตของสัญญาณควบคุม | 38 |
| 4.1 แสดงการออกแบบอุปกรณ์ต้นแบบของตัวรับรังสีอาทิตย์ | 45 |
| 4.2 แสดงอุปกรณ์ต้นแบบในด้านหลังกระจกรับรังสีอาทิตย์ | 46 |
| 4.3 แสดงการออกแบบอุปกรณ์ต้นแบบของหอคอย | 46 |
| 4.4 แสดงลักษณะอุปกรณ์ต้นแบบ (ตัวรวมรังสีอาทิตย์และหอคอย) | 47 |
| 4.5 แสดงหลักการและขั้นตอนทำงานของระบบควบคุมหอคอยสุริยะ | 48 |
| 4.6 แสดงโฟลว์ชาร์ตการทำงานของซอฟแวร์ควบคุมระบบหอคอยสุริยะ | 49 |
| 4.7 แสดงวงจรการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ ในการควบคุมการทำงานของระบบหอคอยสุริยะ | 50 |
| 4.8 แสดงความกว้างของพัลส์ที่ใช้ควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ | 54 |
| 4.9 แสดงการติดตั้งกระจกรับรังสีอาทิตย์และหอคอยสุริยะ | 57 |
| 4.10 แสดงอุปกรณ์การวัดเงาของดวงอาทิตย์ | 58 |
| 4.11 แสดงความสัมพันธ์ของมุมระหว่างเงาของดวงอาทิตย์กับทิศเหนือ | 58 |

## รายการภาพประกอบ (ต่อ)


| ภาพประกอบ | หน้า |
|---|---|
| 4.12 แสดงฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของของอินพุต: ค่าความผิดพลาด | 61 |
| 4.13 แสดงฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของของอินพุต: ค่าการเปลี่ยนแปลงความผิดพลาด | 61 |
| 4.14 แสดงฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของเอาท์พุตในระบบควบคุมความร้อน | 61 |
| 5.1 แสดงลักษณะของแสงที่ตกกระทบบนตัวรวมรังสีอาทิตย์ ในวันที่17 มีนาคม 2549 เวลา 9:00 น. | 66 |
| 5.2 แสดงลักษณะของแสงที่ตกกระทบบนตัวรวมรังสีอาทิตย์ ในวันที่17 มีนาคม 2549 เวลา 12:00 น. | 66 |
| 5.3 แสดงลักษณะของแสงที่ตกกระทบบนตัวรวมรังสีอาทิตย์ ในวันที่17 มีนาคม 2549 เวลา 15:00 น. | 66 |
| 5.4 แสดงค่าความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิบนตัวรวมรังสีอาทิตย์เฉลี่ยเมื่อทดลองแบบไม่มีกระจกรับรังสี ในวันที่ 4 กุมภาพันธ์ – 8 กุมภาพันธ์ 2549 | 68 |
| 5.5 แสดงค่าความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิบนตัวรวมรังสีอาทิตย์เฉลี่ย เมื่อทดลองแบบมีกระจก 1 บาน ในวันที่ 20 กุมภาพันธ์ – 24 กุมภาพันธ์ 2549 | 69 |
| 5.6 แสดงค่าความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิบนตัวรวมรังสีอาทิตย์เฉลี่ย เมื่อทดลองแบบมีกระจก 2 บาน ในวันที่ 28 กุมพาพันธ์ – 4 มีนาคม 2549 | 69 |
| 5.7 แสดงค่าความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิบนตัวรวมรังสีอาทิตย์เฉลี่ย เมื่อทดลองแบบมีกระจก 3 บาน ในวันที่ 7 มีนาคม – 11 มีนาคม 2549 | 70 |
| 5.8 แสดงค่าความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิบนตัวรวมรังสีอาทิตย์เฉลี่ย เมื่อทดลองแบบมีกระจก 4 บาน ในวันที่ 12 มีนาคม – 16 มีนาคม 2549 | 70 |

## รายการภาพประกอบ (ต่อ)


| ภาพประกอบ | หน้า |
|---|---|
| 5.9 แสดงค่าความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิบนตัวรวมรังสีอาทิตย์เฉลี่ย เมื่อทดลองแบบมีกระจก 5 บาน ในวันที่ 17 มีนาคม – 21 มีนาคม 2549 | 71 |
| 5.10 แสดงค่าความสัมพันธ์ของผลต่างอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิบนตัวรวมรังสีอาทิตย์เฉลี่ย | 73 |
| 5.11 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับเวลา เมื่อควบคุมด้วยฟัซซี่ ในวันที่ 4 เมษายน 2549 กรณีที่ท้องฟ้าโปร่ง ไม่มีเฆม | 75 |
| 5.12 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ เวลา และจำนวนกระจก เมื่อควบคุมด้วยฟัซซี่ ในวันที่ 4 เมษายน 2549 เวลา 08:00 – 09:00 น. กรณีที่ท้องฟ้าโปร่ง ไม่มีเฆม | 75 |
| 5.13 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ เวลา และจำนวนกระจก เมื่อควบคุมด้วยฟัซซี่ ในวันที่ 4 เมษายน 2549 เวลา 12:00 – 13:00 น. กรณีที่ท้องฟ้าโปร่ง ไม่มีเฆม | 76 |
| 5.14 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ เวลา และจำนวนกระจก เมื่อควบคุมด้วยฟัซซี่ ในวันที่ 4 เมษายน 2549 เวลา 15:00 – 16:00 น. กรณีที่ท้องฟ้าโปร่ง ไม่มีเฆม | 76 |
| 5.15 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับเวลา เมื่อควบคุมด้วยฟัซซี่ ในวันที่ 9 เมษายน 2549 กรณีที่ท้องฟ้ามืดครึ้ม มีเฆมมาก | 77 |
| 5.16 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับเวลา เมื่อควบคุมด้วยฟัซซี่ ในวันที่ 9 เมษายน 2549 เวลา 08:00 – 09:00 น. กรณีที่ท้องฟ้ามืด มีเฆมมาก | 78 |
| 5.17 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับเวลา เมื่อควบคุมด้วยฟัซซี่ ในวันที่ 9 เมษายน 2549 เวลา 12:00 – 13:00 น. กรณีที่ท้องฟ้ามืด มีเฆมมาก | 78 |
| 5.18 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับเวลา เมื่อควบคุมด้วยฟัซซี่ ในวันที่ 9 เมษายน 2549 เวลา 15:00 – 16:00 น. กรณีที่ท้องฟ้ามืด มีเฆมมาก | 79 |

## รายการภาพประกอบ (ต่อ)


| ภาพประกอบ | หน้า |
|---|---|
| ก-1 แสดงค่าความสัมพันธ์ของความเข้มแสงและเวลาที่พิกัด ลองจิจูด 100° 29′ E° ละติจูด 7°00′ N° | 86 |
| ข-1 แสดงโปรแกรมการทำงานที่ใช้ในการรับค่าและแสดงผลบนคอมพิวเตอร์ | 87 |