

บทสรุปผู้บริหาร

โครงการนี้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาระบบเครื่องล้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์อัจฉริยะ เพื่อแก้ปัญหาลดลงของสมรรถนะการผลิตไฟฟ้าจากการสะสมของฝุ่น (Soiling Loss) และลดความเสี่ยงต่อความเสียหายของแผงจากสภาวะช็อกทางความร้อน (Thermal Shock) ระบบควบคุมใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 จำนวนสองโหนด สื่อสารผ่าน ESP-NOW โดยทำหน้าที่ตรวจวัดข้อมูลสภาพแวดล้อมและกำลังไฟฟ้า ประเมินค่าอัตราส่วนสมรรถนะที่ปรับแก้ผลกระทบจากอุณหภูมิ PR'25°C และควบคุมมอเตอร์ ระบบจ่ายน้ำ และอุปกรณ์ความปลอดภัย

ระบบประเมินสมรรถนะจากข้อมูลช่วงเวลา 11:00–14:00 น. ภายใต้ความเข้มรังสีอาทิตย์ไม่น้อยกว่า 400 W/m² โดยใช้ข้อมูลแสงแดด 21 วันเป็นฐานอ้างอิง ค่าเฉลี่ย PR'25°C เท่ากับ 0.6770 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.0191 จึงได้เกณฑ์ Mean-3SD เท่ากับ 0.6199 ระบบเปรียบเทียบมูลค่าความสูญเสียสะสมกับต้นทุนเต็มของการทำความสะอาด 15.27 บาทต่อครั้ง ซึ่งประกอบด้วยค่าน้ำ 0.54 บาท ค่าไฟและค่าแรง 0 บาท และค่าบำรุงรักษาสมมติ 353.40 บาท/ปี ที่ 24 ครั้ง/ปี ก่อนตรวจสอบเงื่อนไขความปลอดภัย ต้นทุนจัดสร้างตาม BOM ที่แก้การคูณและการรวมยอดแล้วเท่ากับ 7,068 บาท และใช้เป็น Ccapex ในการวิเคราะห์ระยะคืนทุน

ผลการทดสอบแบบคู่เปรียบเทียบคนละวันพบว่า PR'25°C เพิ่มขึ้นจาก 0.539 เป็น 0.663 หลังทำความสะอาด 3 ครั้ง หรือเพิ่มขึ้น 23.0% เมื่อเทียบกับค่าก่อนล้าง ทั้งนี้เป็นการทดสอบเพียงหนึ่งคู่วันและอาจได้รับผลจากสภาพอากาศและจำนวนจุดข้อมูล ระบบป้องกันกระแสเกินตรวจอิสระสองแขนงจากสัญญาณ Current Sense ของโมดูล BTS7960 จำนวน 2 โมดูล โดยตั้งเกณฑ์หยุดที่ 6.0 A ต่อมอเตอร์หนึ่งแขนง และพบ 6.48 A ในการจำลองแขนงติดขัดก่อนหยุด ค่า 5.55 A เป็นกระแสรวมของเครื่องจากเครื่องมือวัดภายนอก จึงไม่ใช้เทียบโดยตรงกับเกณฑ์ต่อแขนง ส่วน INA219 ใช้วัดแรงดันแบตเตอรี่เท่านั้น ต้นแบบบูรณาการการประเมินสมรรถนะการตรวจจัดการ ลดลง การประเมินความคุ้มค่า และการควบคุมได้ในระดับต้นแบบ แต่ยังไม่ได้ทดสอบโหมดอัตโนมัติครบวงจรจากข้อมูลภาคสนามจริง ต้นแบบมีน้ำหนัก 22.9 kg สูงกว่าเกณฑ์ 15 kg จึงไม่ผ่านข้อกำหนดด้านน้ำหนักและต้องปรับปรุงโครงสร้างในรุ่นถัดไป

นายปรามวัชร สดชื่น

นายธนพนธ์ ทิศา

นายธนโชติ งามเสมอ

นายจิรเมธ ไสว

EXECUTIVE SUMMARY

This project designs and develops an intelligent solar panel cleaning machine to counter performance loss from dust accumulation (soiling loss) and reduce panel damage from thermal shock. Two ESP32 microcontroller nodes communicate via ESP-NOW to measure environmental and electrical data, compute the temperature-corrected performance ratio (PR' 25°C), and control the motor, water supply, and safety devices.

Performance is evaluated using data from 11:00–14:00 at irradiance $\geq 400 \text{ W/m}^2$, with 21 days of clean-panel data as the baseline (mean PR' 25°C = 0.6770, SD = 0.0191), giving a Mean–3SD threshold of 0.6199. The system compares accumulated loss against the full cleaning cost of 15.27 baht per cleaning (water 0.54 baht; electricity and labor 0 baht; assumed maintenance 353.40 baht/year at 24 cleanings/year) before checking safety conditions. The corrected BOM build cost of 7,068 baht is used as Ccapex in the payback analysis.

In a different-day paired test, PR' 25°C rose from 0.539 to 0.663 after 3 cleanings (+23.0%), although this is a single pair of days and may be affected by weather and sample size. Overcurrent protection monitors each arm via the Current Sense signals of two BTS7960 modules with a 6.0 A per-arm stop threshold; a simulated jam stopped at 6.48 A. The 5.55 A reading is total machine current from an external meter, so it was not compared with the per-arm threshold, and the INA219 measures battery voltage only. The prototype integrates performance evaluation, drop detection, cost-effectiveness assessment, and control, but fully automatic mode has not been tested with real field data. At 22.9 kg, it exceeds the 15 kg limit, so the structure must be redesigned in the next version.

Mr. Pranwat Sodchuen

Mr. Thanapon Tisa

Mr. Thanachot Ngamsamoe

Mr. Jiramet Sawai