วิลาวัณย์ เพียวิเศษ : กระบวนการจัดการพลังงานอัจฉริยะภายในบ้านเพื่อการตอบสนองต่อความต้องการพลังงานตามอัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลา (SMART HOME ENERGY MANAGEMENT ALGORITHM FOR TOU-BASED DEMAND RESPONSE)
อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. กีรติ ชยะกุลคีรี, 154 หน้า.

คำสำคัญ : กระบวนการจัดการพลังงานอัจฉริยะภายในบ้าน / อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลา / การตอบสนองต่อความต้องการ / การจัดตารางการใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอแนวทางการจัดตารางการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Home Appliance Scheduling, OHAS) ภายใต้กรอบการตอบสนอง (Demand Response, DR) ต่ออัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลา (Time-of-Use, TOU) โดยใช้วิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบผสมผสานระหว่างอัลกอริธึมแบบฝูงอนุภาค (Particle Swarm Optimization, PSO) และการเขียนโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming, LP) ในระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้านอัจฉริยะ (Smart Home Energy Management System, SHEMS)

ในระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้านอัจฉริยะที่เสนอนี้ เปิดโอกาสให้เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านสามารถเลือกแหล่งจ่ายพลังงานได้หลากหลาย ทั้งจากโครงข่ายไฟฟ้าจากการไฟฟ้า (The grid power) ระบบโซลาร์เซลล์บนหลังคา (Rooftop Solar PV) ระบบผลิตไฟฟ้าจากกังหันลม (Wind turbine generation) ระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ (Battery Energy Storage Systems, BESS) และยานยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicles, EVs) ซึ่งจะทำงานในรูปแบบรถยนต์ไฟฟ้าจ่ายพลังงานกลับสู่บ้าน เพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าช่วยเหลือในยามที่บ้านต้องการพลังงานฉุกเฉิน (Vehicle to Home, V2H)

ในกรอบวิธีการที่นำเสนอ ขั้นตอนอัลกอริธึมแบบฝูงอนุภาคจะทำหน้าที่สุ่มกำหนดค่าที่เหมาะสมที่สุดของสถานะการชาร์จพลังงาน (State of Charge, SoC) ของแบตเตอรี่ (Battery) และรถยนต์ไฟฟ้า (EV) เพื่อวางแผนการชาร์จและการจ่ายพลังงาน จากนั้นค่าสถานะการชาร์จพลังงานที่ได้จะถูกส่งต่อให้กับขั้นตอนการเขียนโปรแกรมเชิงเส้น ซึ่งจะดำเนินการจัดสรรพลังงานจากแหล่งต่าง ๆ ที่มี เพื่อจัดตารางการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าให้เหมาะสม ภายใต้ข้อจำกัดของวิธีปฏิบัติการต่าง ๆ และคำนึงถึงการลดค่าไฟฟ้าอย่างสูงสุด นอกจากนี้ ระบบที่เสนอยังเปิดโอกาสให้สามารถขายพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินที่ผลิตได้จากโซลาร์เซลล์บนหลังคาเข้าสู่โครงการรับซื้อไฟฟ้าของการไฟฟ้าในพื้นที่ ซึ่ง

ช่วยเพิ่มรายได้และผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจให้กับเจ้าของบ้านที่ผลิตไฟฟ้าได้เอง (Prosumers) อีกด้วย

ในระบบการบริหารจัดการพลังงานในบ้านอัจฉริยะที่ขับเคลื่อนด้วยวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบผสมผสานระหว่างอัลกอริธึมแบบฝูงอนุภาคและการเขียนโปรแกรมเชิงเส้น ช่วยให้ครัวเรือนสามารถจัดสรรภาระโหลดอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านได้อย่างชาญฉลาด หลีกเลี่ยงการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาที่มีอัตราค่าไฟฟ้าสูง ส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียนในบ้านมากยิ่งขึ้น และลดการพึ่งพาพลังงานจากโครงข่ายไฟฟ้า กรอบแนวคิดนี้ได้ผ่านการประเมินผลผ่านสถานการณ์จำลอง 9 กรณีศึกษาที่แตกต่างกันตามพลังงานจากแหล่งพลังงานที่สามารถใช้ได้ เงื่อนไขการทำงานและข้อจำกัดของวิธีปฏิบัติการที่แตกต่างกันไปในแต่ละกรณีศึกษา ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าระบบที่นำเสนอนี้สามารถลดค่าใช้จ่ายไฟฟ้ารายวันได้อย่างมีนัยสำคัญ และเพิ่มความยืดหยุ่นในการบริหารจัดการพลังงานของระบบเมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่ได้มีการจัดตารางการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านที่เหมาะสมที่สุด

ดังนั้น กรอบแนวคิดวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบผสมผสานระหว่างอัลกอริธึมแบบฝูงอนุภาคและการเขียนโปรแกรมเชิงเส้นในระบบการบริหารจัดการพลังงานในบ้านอัจฉริยะที่ได้นำเสนอนี้ จึงไม่เพียงแต่ช่วยให้การจัดการพลังงานในบ้านอัจฉริยะเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดเท่านั้น แต่ยังส่งเสริมแนวทางสู่การอยู่อาศัยที่ชาญฉลาด เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และประหยัดค่าใช้จ่ายในบ้านอัจฉริยะซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในบริบทของโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะในอนาคตอีกด้วย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนักศึกษา .....

ปีการศึกษา 2567 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

WILAWAN PIAWISES : SMART HOME ENERGY MANAGEMENT ALGORITHM FOR TOU-BASED DEMAND RESPONSE
THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. KEERATI CHAYAKULKHEEREE, D.Eng., 154 PP.

Keyword : Smart Home Energy Management / Time-of-Use Tariff / Demand Response / Appliance Scheduling

This thesis proposes a hybrid Particle Swarm Optimization and Linear Programming (Hybrid PSO-LP) approach for optimal home appliance scheduling (OHAS) under a time-of-use (TOU)-based demand response (DR) framework in smart home energy management systems (SHEMS). The primary objective is to minimize total daily electricity costs (TDC). The proposed SHEMS allows household appliances to select their power consumption from various energy resources, including grid power, rooftop solar PV, wind turbines, Battery Energy Storage Systems (BESS), and Electric Vehicles (EV) considered as Vehicle to Home (V2H).

In the proposed framework, the PSO layer first determines the optimal state of charge (SoC) values for the battery and EV, which provides the charging and discharging behavior. These values are then passed to the LP layer, which is concurrently processed to complete the OHAS. The LP layer allocates power from various energy resources, including BESS, V2H, rooftop solar PV, wind turbines, and the grid, for scheduling household appliances while satisfying operational constraints and minimizing electricity costs. In addition to utilizing electricity from the grid, the excess energy from the rooftop solar PV can also be sold to the local utility's household PV purchasing scheme, providing additional economic benefits for prosumers. The hybrid PSO-LP algorithm-based SHEMS enables households to intelligently schedule

appliances, avoid peak hours, rely more on renewable energy availability, and reduce grid dependency.

This framework is evaluated through nine simulation scenarios that consider different energy configurations. The results consistently demonstrate significant reductions in electricity costs and improved system flexibility compared to non-scheduling appliances by the proposed framework. The proposed hybrid PSO-LP framework not only efficiently achieves optimal scheduling in SHEMS but also leads the way toward smarter, greener, and more cost-efficient smart homes in future smart grids.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Electrical Engineering

Academic Year 2024

Student's Signature .....

Advisor's Signature .....