ธีระพงษ์ บุญรักษา : การวางแผนเชิงกลยุทธ์ของสถานีประจุไฟฟ้าเร็วสำหรับระบบรถบัสไฟฟ้าขนส่งสาธารณะ: กรณีศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา (STRATEGIC PLANNING OF FAST CHARGING STATIONS FOR ELECTRIC BUS PUBLIC TRANSPORT SYSTEMS: A CASE STUDY OF MUEANG DISTRICT, NAKHON RATCHASIMA PROVINCE) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญเรือง มะรังศรี, 283 หน้า.

วิทยานิพนธ์นี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการวางแผนเชิงกลยุทธ์ของสถานีประจุไฟฟ้าเร็วสำหรับระบบรถบัสไฟฟ้าขนส่งสาธารณะโดยใช้เส้นทางในเขตอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมาเป็นกรณีศึกษา ปัจจัยที่ศึกษาและจำลองประกอบด้วย (1) การใช้พลังงานไฟฟ้าของรถบัสไฟฟ้า (2) กลยุทธ์การประจุไฟฟ้า (3) ผลกระทบและการบรรเทาผลกระทบการประจุไฟฟ้ารถบัสไฟฟ้า และ (4) การวิเคราะห์ต้นทุนของระบบรถบัสไฟฟ้า โดยกลยุทธ์การประจุไฟฟ้าที่ใช้จำลองประกอบด้วย (1) กลยุทธ์การประจุไฟฟ้าแบบทั่วไป สำหรับรถบัสไฟฟ้าแบบปลั๊กอิน (2) กลยุทธ์การประจุไฟฟ้าเร็วยิ่ง สำหรับรถบัสไฟฟ้าแบบแพนโทกราฟ และ (3) กลยุทธ์การประจุไฟฟ้าเร็วสำหรับรถบัสไฟฟ้าแบบสับเปลี่ยนแบตเตอรี่ ผลการจำลองพบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของรถบัสไฟฟ้าทั้ง 3 เส้นทาง มีค่าเฉลี่ย 1.1983 kWh/km และยังพบว่ากลยุทธ์การประจุไฟฟ้าแบบปลั๊กอินใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำที่สุด จากการใช้ระบบทดสอบ IEEE 33 โนด จำลองผลกระทบเมื่อเชื่อมต่อกับสถานีประจุไฟฟ้าของรถบัสไฟฟ้าเข้ากับระบบ ผลการจำลองพบว่าเมื่อมีการอัดประจุให้กับรถบัสไฟฟ้าของสถานีประจุไฟฟ้า ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าลดลงต่ำกว่ามาตรฐานและมีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียเพิ่มขึ้น และเมื่อจำลองผลกระทบของการประจุไฟฟ้ารถบัสไฟฟ้าต่อระบบจำหน่ายไฟฟ้าของจังหวัดนครราชสีมา โดยใช้วงจรจำหน่ายจริงของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 5 วงจร ตามเส้นทางกรณีศึกษา ผลการจำลองพบว่าแรงดันไฟฟ้าตกของระบบยังคงอยู่ในมาตรฐาน แต่กำลังไฟฟ้าสูญเสียมีค่าเพิ่มขึ้น การบรรเทาผลกระทบของการประจุไฟฟ้ารถบัสไฟฟ้าต่อระบบจำหน่ายไฟฟ้าใช้การติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมที่สุด เพื่อเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าให้ได้มาตรฐานและลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบ ผลการจำลองระบบทดสอบ IEEE 33 โนด พบว่าการใช้วิธีหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาคเปรียบเทียบกับแบบอาณานิคมผึ้งเทียมได้ขนาดที่เหมาะสมที่สุดของระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าแบบกระจายเท่ากัน สำหรับการบรรเทาผลกระทบของการประจุไฟฟ้ารถบัสไฟฟ้าต่อระบบจำหน่ายไฟฟ้าทั้ง 5 วงจร กรณีศึกษาจังหวัดนครราชสีมาใช้การติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าแบบกระจายและชุดตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้วิธีหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบอาณานิคมผึ้งเทียมเพื่อเลือกตำแหน่งและขนาดที่เหมาะสมที่สุด ผลการจำลองพบว่าการติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าแบบกระจายและชุดตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่

เหมาะสมสามารถปรับปรุงระดับแรงดันไฟฟ้าและลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตาม การติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าแบบกระจายมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งมากกว่าการติดตั้งชุดตัวเก็บประจุไฟฟ้า เมื่อวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายและต้นทุนสำหรับระบบรถบัสไฟฟ้าสาธารณะ โดยใช้กรณีรถบัสไฟฟ้าที่มีรูปแบบการประจุไฟฟ้าแตกต่างกัน 3 รูปแบบ เปรียบเทียบกับระบบรถบัสดีเซล ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าใช้จ่ายรวมของรถบัสไฟฟ้าแบบปลั๊กอินมีค่าต่ำที่สุด ดังนั้น กลยุทธ์การประจุไฟฟ้าแบบปลั๊กอินที่มีการประจุไฟฟ้าที่สถานีต้นทางและปลายทางเป็นกลยุทธ์การลงทุนที่ดีที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้พลังงานต่ำที่สุดของรถบัสไฟฟ้าเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากไม่เพียงส่งผลต่อค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเท่านั้น แต่ยังส่งผลต่อการสึกหรอของแบตเตอรี่และเวลาที่ใช้สำหรับการประจุไฟฟ้าอีกด้วย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2562 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

TERAPONG BOONRAKSA : STRATEGIC PLANNING OF FAST CHARGING STATIONS FOR ELECTRIC BUS PUBLIC TRANSPORT SYSTEMS: A CASE STUDY OF MUEANG DISTRICT, NAKHON RATCHASIMA PROVINCE. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. BOONRUANG MARUNGSRI, D. Eng., 283 PP.

ELECTRIC BUS PUBLIC TRANSPORT/ FAST CHARGING STATIONS/ POWER FLOW ANALYSIS/ STRATEGIC PLANNING

This thesis aims to study the strategic planning of the fast charging station for the electric bus public transport systems by using the Mueang District, Nakhon Ratchasima Province, as a case study area. The study and simulation factors consisted of (1) the Electric Bus (EB) power consumption, (2) the charging strategy, (3) the impact and mitigation of the impact of EB charging, and (4) the cost analysis of the Electric Bus system (EBs). The simulation of the charging strategy consists of (1) normal charging strategy for Plug-in EB, (2) ultra-fast charging strategy for Pantograph EB, and (3) fast charging strategy for Battery Swapping Electric Bus (BSEB). The simulation results show that the average of EB energy consumption on 3 routes of 1.1983 kWh/km. The electric bus power consumption for the plug-in charging strategy uses the lowest electric power. The simulation results of power flow analysis when connecting the EB charging station on IEEE 33 node shows that the voltage drop is lower than the standard and the power loss increased. The simulation of the impact of EB charging on the power distribution systems in Nakhon Ratchasima province with 5 circuits of the Provincial Electricity Authority along the route, a case study found that the system voltage drop remains standard, but the power

loss increases. The simulation results of the mitigation of impact for EB charging to the IEEE 33 node test systems, show the same size of Distributed Generation system (DGs) with particle swarm optimization and artificial bee colony optimization technic. Mitigation of the effect of EB charging on distribution systems in Nakhon Ratchasima province by installing the DGs and Capacitor Bank (CB). The ABC optimization method was applied to optimize the most suitable location and size of DGs and CB. The installation of DGs and CB can improve the voltage level and reduce the power loss on the power distribution system. However, the costs of DGs installation a lot more than the installation of an CB. The results of the investment cost analysis for EB public transport system using the case study of the EB charging with 3 types and considering the diesel bus system. Therefor the Plug-in charging strategy for the Plug-in EB is the best investment strategy. Also found that the lowest energy consumption of an EB is essential because it not only affects the energy costs but also affects to the wear and tear of the battery and the charging time.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Electrical Engineering

Academic Year 2019

Student's Signature _____

Advisor's Signature _____