ณัฐพล ชาติสุข : การศึกษาผลกระทบของยานพาหนะไฟฟ้าแบบอัดประจุไฟฟ้าเร็วต่อระบบจำหน่ายไฟฟ้า กรณีศึกษาอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา (A STUDY OF EFFECT OF FAST CHARGING ELECTRIC VEHICLES TO POWER DISTRIBUTION SYSTEM: A CASE STUDY OF MUANG DISTRICT, NAKHON RATCHASIMA PROVINCE) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญเรือง มะรังศรี, 217 หน้า

งานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาผลกระทบของรถยนต์ไฟฟ้าแบบอัดประจุไฟฟ้าเร็วต่อระบบจำหน่ายไฟฟ้า กรณีศึกษาอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ในการศึกษานี้กำหนดให้สถานีอัดประจุไฟฟ้าเร็วตั้งอยู่ในสถานีบริการน้ำมันที่มีในเขตอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 11 สถานี และสถานีอัดประจุไฟฟ้าเร็วทั้งหมดเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 8 วงจร และได้กำหนดให้รถยนต์ไฟฟ้าในเขตอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา เท่ากับ 2,758 คัน โดยคิดจากอัตราเฉลี่ยการเพิ่มขึ้นของยอดจดทะเบียนรถยนต์ใหม่ในระหว่างปี พ.ศ. 2555 ถึง 2559 ของจังหวัดนครราชสีมา และจำนวนของประชากรในเขตอำเภอเมือง โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 กรณี ได้แก่ กรณีที่ 1 มีจำนวนรถยนต์ไฟฟ้าที่ต้องการอัดประจุไฟฟ้า 1,103 คันต่อวัน คิดจาก 40% ของจำนวนรถยนต์ไฟฟ้า และกรณีที่ 2 มีจำนวนรถยนต์ไฟฟ้าที่ต้องการอัดประจุไฟฟ้า 2,206 คันต่อวัน โดยคิดจาก 80% ของจำนวนรถยนต์ไฟฟ้า จากนั้นใช้วิธีมอนติคาร์โลสร้างตำแหน่งของรถยนต์ไฟฟ้าในเขตอำเภอเมือง โดยกำหนดให้รถยนต์ไฟฟ้าเลือกเข้าใช้บริการสถานีอัดประจุไฟฟ้าเร็วที่ใกล้สุด แล้วจึงใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียมคำนวณระยะการเดินทาง จึงสามารถหาขนาดของสถานีอัดประจุไฟฟ้าเร็ว ขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้า และประเมินค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้อง จากนั้นศึกษาผลกระทบของการอัดประจุไฟฟ้าเร็วต่อระบบจำหน่ายไฟฟ้าด้วยการใช้วิธีมอนติคาร์โลและวิธีโครงข่ายประสาทเทียมหาระยะการเดินทางของรถยนต์ไฟฟ้าในแต่ละวัน โดยพิจารณาถึงห้อรถยนต์ไฟฟ้า สถานะของแบตเตอรี่ เวลาเริ่มอัดประจุไฟฟ้าที่สถานีอัดประจุไฟฟ้าเร็ว และระยะเวลาอัดประจุไฟฟ้า เพื่อสร้างโปรไฟล์การใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบจำหน่ายไฟฟ้า และตรวจสอบผลกระทบต่อระบบจำหน่ายไฟฟ้า โดยคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าด้วยวิธีนิวตัน-ราฟสัน นอกจากนี้งานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้ยังได้เสนอการบรรเทาผลกระทบจากการอัดประจุไฟฟ้าเร็วของรถยนต์ไฟฟ้าต่อระบบจำหน่ายไฟฟ้า ด้วยติดตั้งชุดตัวเก็บประจุเพื่อยกระดับแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่ายไฟฟ้าด้วยวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพแบบวาฬเพื่อหาตำแหน่งและขนาดที่เหมาะสมที่สุดของชุดตัวเก็บประจุ และเสนอกลยุทธ์การจัดการการอัดประจุไฟฟ้าเร็วของรถยนต์ไฟฟ้าด้วยการใช้ฟัซซี่ลอจิกเพื่อควบคุมกำลังไฟฟ้า ผลการศึกษาทั้ง 11 สถานีอัดประจุไฟฟ้าเร็วใน 8 วงจรจำหน่ายพบว่า ในวงจรที่ 1, 3 และ 6 การใช้พลังงานไฟฟ้าของรถยนต์ไฟฟ้าส่งผลกระทบอย่างมากเมื่อเทียบกับวงจรอื่น ๆ โดยพบว่า ในวงจรที่ 1 และ 6 มีโหลด

สูงสุดเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยประมาณ 24.5% ส่วนวงจรอื่น ๆ เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยเพียง 1.4% การสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในวงจรที่ 1, 3 และ 6 เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยประมาณ 12.8% ส่วนวงจรอื่น ๆ เพิ่มขึ้น 3.0% และการเบี่ยงเบนของแรงดันไฟฟ้าในวงจรที่ 1, 3 และ 6 เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยประมาณ 11.3% ส่วนวงจรอื่น ๆ เพิ่มขึ้น 1.6% จากนั้นติดตั้งชุดตัวเก็บประจุ เพื่อยกระดับแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่ายไฟฟ้า ยกเว้นในวงจรที่ 3 และ 8 เนื่องจากส่งผลเสียมากกว่าผลดี ส่วนวงจรอื่น ๆ พบว่า การสูญเสียพลังงานไฟฟ้าลดลงโดยเฉลี่ยประมาณ 9.1% และการเบี่ยงเบนของแรงดันไฟฟ้าลดลงโดยเฉลี่ยประมาณ 31.3% แต่ไม่สามารถลดโหลดสูงสุดได้ จึงใช้กลยุทธ์การอัดประจุไฟฟ้าเร็วของรถยนต์ไฟฟ้าเพื่อลดโหลดสูงสุดในวงจรที่ 1 และ 6 เท่านั้น เนื่องมีโหลดสูงสุดเพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อเทียบกับวงจรอื่น ๆ พบว่า สามารถลดโหลดสูงสุดได้โดยเฉลี่ยประมาณ 8.2% แต่มีข้อเสียคือ ระยะเวลาอัดประจุไฟฟ้านานขึ้น จากผลการศึกษาสรุปได้ว่า ผลกระทบจากการอัดประจุไฟฟ้าเร็วต่อระบบจำหน่ายไฟฟ้า คือ แรงดันไฟฟ้าตกและการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าสูญเสียมากขึ้น การยกระดับแรงดันไฟฟ้าด้วยชุดตัวเก็บประจุและกลยุทธ์การจัดการการอัดประจุไฟฟ้าเร็วของรถยนต์ไฟฟ้าเป็นวิธีที่เหมาะสมของระบบจำหน่ายไฟฟ้าเพื่อรองรับการเพิ่มขึ้นของรถยนต์ไฟฟ้าในอนาคต

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนักศึกษา ณัฐพล ชาติสุข

ปีการศึกษา 2561 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

NUTTAPOL CHARTSUK : A STUDY OF EFFECTS OF FAST CHARGING ELECTRIC VEHICLES TO POWER DISTRIBUTION SYSTEM: A CASE STUDY OF MUANG DISTRICT, NAKHON RATCHASIMA PROVINCE. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. BOONRUENG MARUNGSRI, D. Eng., 217 PP.

ELECTRIC VEHICLE/ FAST CHARGING STATION/ FAST CHARGING ELECTRIC VEHICLE/ POWER LOSSES/ VOLTAGE DEVIATION INDEX

This thesis is a study of the effects of fast charging electric vehicles (EVs) to the power distribution system (PDS): a case study of Muang district, Nakhon Ratchasima province. Fast charging station is located in petrol stations, and the total number of FCS station is 11 stations which are equal to petrol stations in Muang district area. Electric power of FCSs stations is supplied from the PDS 8 feeders of Provincial Electricity Authority. The number of EVs is estimated as 2,758 cars, based on the increase in the number of new car registrations in 2012-2016 and the population of Muang District. A study has divided into two cases; in case 1, numbers of EVs need a battery recharge are 1,103 cars per day based on 40% of total EVs and in case 2, numbers of EVs need a battery recharge are 2,206 cars per day based on 80% of total EVs. Then, the locations of EVs in Muang District are randomized by using a Monte Carlo (MC) technique. Those EVs are defined to select the nearest FCS for recharging. The EVs travelling distance to the nearest FCS is approximately by using Artificial Neural Network (ANN). After that, the optimal capacity of FCS, the optimal size of the transformer and the total cost of FCS are determined. The effects of EVs charging to PDS have studied for generate a profile of electrical energy consumption (EEC) by

considering a marque of EVs, the state of charge, the starting time of charging at FCS, and the charging duration. The effect on the PDS has investigated by using a Newton-Raphson method for power flow analysis. Furthermore, this thesis has proposed an idea to mitigate the effects of EVs fast charging to PDS by installing capacitors for enhancement of voltage level in PDS. A whale optimization algorithm has used to find the optimal location and size of the capacitors and also a power control strategy to manage the EVs charging has proposed by using Fuzzy Logic. By the simulation results, it is found that the EEC of EVs affects severely on feeder No. 1, 3, and 6 compared to the other feeders. The peak load has increased by 24.5 % on No. 1 and 6 feeders but has increased by 1.4% on the other feeders. The energy loss has increased by 12.8% on No. 1, 3, and 6 feeders but has increased by 3.0% on the other feeders. The voltage deviation has increased by 11.3% on No. 1, 3, and 6 feeders but has increased by 1.6% on the other feeders. The capacitors have used to enhance the voltage level in PDS to mitigate the effects of fast charging EVs. The energy loss has decreased by 9.1%, and the voltage deviation has reduced by 31.3%, but the peak load has not decreased. Then, a strategy of managing the EVs charging has applied to reduce the peak load on No.1 and 6 feeders because the peak load has more increased compared to the other feeders. By this method, the peak load has reduced by 8.2%, but the charging duration of EVs has increased. From the study results, the fast charging of EVs has affected to the PDS by increased the voltage drop and the energy losses. The enhancement of voltage level with capacitors and the power control strategy to manage EV charging are an appropriate method to tackle those problems.

School of Electrical Engineering

Academic Year 2018

Student's Signature ภัฐพล ชาติสุข

Advisor's Signature