กฤษดา มงคลดี : การออกแบบอุปกรณ์ปรับสภาพกำลังไฟฟ้าในระบบจ่ายไฟฟ้าขับเคลื่อนแบบหม้อแปลงออโตสำหรับรถไฟ (DESIGN OF RAILWAY POWER CONDITIONER IN AUTOTRANSFORMER-FED TRACTION POWER SUPPLY SYSTEM) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.ธนัดชัย กุลวรวานิชพงษ์, 312 หน้า.

ปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้า เช่น ความไม่สมดุลแรงดันไฟฟ้า ในระบบจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับรถไฟมักเกิดขึ้นจากการรับไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าสามเฟสที่มีค่ากำลังไฟฟ้าลัดวงจรต่ำเมื่อเทียบกับโหลด ดังนั้น อุปกรณ์ปรับสภาพกำลังไฟฟ้า (Railway Power Conditioner: RPC) จึงมีความจำเป็นและการติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าวยังคุ้มค่ากว่าการสร้างระบบจ่ายไฟฟ้าใหม่ เนื่องจากอุปกรณ์ปรับสภาพกำลังไฟฟ้ามีราคาสูง การเลือกขนาดที่เหมาะสมกับระบบจะสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายได้มาก นอกจากนี้แบบจำลองในคอมพิวเตอร์ของอุปกรณ์ดังกล่าวยังมีความสำคัญต่อการออกแบบและการดำเนินงาน งานวิจัยนี้จึงศึกษาและนำเสนอกระบวนการหาขนาดที่เหมาะสมที่สุดของอุปกรณ์ปรับสภาพกำลังไฟฟ้าโดยใช้วิธีการหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาค (Particle Swarm Optimisation: PSO) และหลักการชดเชยบางส่วน (partial compensation) รวมถึงใช้วิธีการหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA) เพื่อการเปรียบเทียบ สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของอุปกรณ์ปรับสภาพกำลังไฟฟ้าและอุปกรณ์อื่น ๆ สำหรับระบบจ่ายไฟฟ้าแบบหม้อแปลงออโตโดยใช้วิธีการคำนวณการไหลกำลังไฟฟ้าแบบนิวตันราฟสันที่ใช้กระแสเป็นฐาน (current-based Newton-Raphson power flow calculation) และศึกษาการนำหม้อแปลงออโตแบบปรับแท็ปได้มาใช้ในระบบจ่ายไฟฟ้าของรถไฟ การศึกษานี้ใช้รถไฟฟ้าสายตะวันออกที่วิ่งให้บริการในเมืองเดนเวอร์ รัฐโคโลราโด ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นกรณีศึกษา

วิธีการหาขนาดเหมาะสมที่สุดของ RPC ที่นำเสนอสามารถหาขนาดพิกัดและจุดทำงานของ RPC ในกรณีศึกษาที่ใช้ข้อมูลระบบจ่ายไฟฟ้าขับเคลื่อนและการทำงานของรถไฟจากรถไฟฟ้าสายตะวันออก (East Corridor Line) ในเมืองเดนเวอร์ รัฐโคโลราโด ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้อย่างมีประสิทธิผล ผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่า วิธีการที่นำเสนอสามารถลดขนาดของ RPC เมื่อเทียบกับพิกัดการชดเชยแบบสมบูรณ์ (full compensation capacity) ได้ร้อยละ 15 ในกรณีตัวประกอบกำลังเป้าหมายเท่ากับ 0.95 และลดได้ถึงร้อยละ 25 ในกรณีตัวประกอบกำลังเป้าหมายเท่ากับ 0.90 ทั้งกรณีที่ใช้กับหม้อแปลงแบบวีและหม้อแปลงแบบสกอตต์ ส่วนตัวประกอบความไม่สมดุลแรงดันไฟฟ้าหลังการชดเชยได้รับการปรับปรุงให้มีค่าไม่เกินร้อยละ 2 ดังนั้น ขนาดที่เหมาะสมที่สุดที่หาได้จึงสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการเลือกพิกัดติดตั้งของ RPC ในสถานีไฟฟ้าขับเคลื่อนได้

นอกจากนี้ ผลลัพธ์จากการศึกษาการใช้หม้อแปลงออโตแบบปรับแท็ปได้ในระบบจ่ายไฟฟ้าสำหรับรถไฟแสดงให้เห็นว่า การปรับแท็ปหม้อแปลงออโตพร้อมกันทุกลูกตลอดช่วงการจ่ายไฟจะก่อให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสียมากขึ้นในทุกกรณี ถึงแม้ว่าการปรับแท็ปที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละหม้อแปลงออโตจะสามารถลดกำลังสูญเสียและความไม่สมดุลแรงดันไฟฟ้าให้น้อยที่สุด และเพิ่มตัวประกอบกำลังให้มากที่สุดได้ แต่ปริมาณที่ได้นั้นอยู่ในระดับที่น้อยมาก ด้วยเหตุนั้น แนวคิดการประยุกต์ใช้การปรับแท็ปของหม้อแปลงออโตจึงมีความเป็นไปได้ยากและอาจไม่คุ้มกับการลงทุน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2563 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

KRITSADA MONGKOLDEE : DESIGN OF RAILWAY POWER CONDITIONER IN AUTOTRANSFORMER-FED TRACTION POWER SUPPLY SYSTEM. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. DR.THANATCHAI KULWORAWANICHPONG, Ph.D., 312 PP.

RAILWAY POWER CONDITIONER/ CURRENT-BASED NEWTON-RAPHSON POWER FLOW METHOD/ AUTOTRANSFORMER-FED TRACTION POWER SUPPLY SYSTEM

Power quality problems such as voltage unbalance in AC traction power supply arises mostly when a traction system is fed from a weak power supply. Therefore, a railway power conditioner (RPC) is one of the best solutions, which is very necessary and more economical than building a new supply system. With the high cost of the RPC, selection of a suitable rating of the RPC will significantly help reduce its cost. Also, its computer simulation model is very essential for design and operation. This thesis studies and proposes an approach to optimally size the RPC, using Particle Swarm Optimisation (PSO) and the partial compensation principle. The Genetic Algorithm optimisation (GA) is also adopted in the study case for comparison. The mathematical models of traction equipment and the RPC are created for an autotransformer (AT)-fed power supply system, using the current-based Newton-Raphson power flow method. In addition, the incorporation of tap-changing ATs into the system is investigated. The East Corridor line in Denver, Colorado, USA, is adopted as a simulation case study.

The proposed optimal RPC sizing procedure could effectively find the RPC optimal sizes and the corresponding operation points in the case study, which adopted the traction power supply system and train operation of the East Corridor Line in Denver, Colorado, USA. The results show that the optimal RPC capacity in both V/V and Scott transformer cases, compared to the full compensation capacity, could be reduced by about 15 percent with targeted power factor of 0.95 and by up to 25 percent with targeted power factor of 0.90. Also, the voltage unbalance factor after compensation was improved, i.e. not exceeding 2 percent. Therefore, the obtained optimal sizes are a guideline for the selection of RPC's installed capacity.

Additionally, the investigation of tap-changing ATs in a traction substation reveals that the simultaneous tap change of all AT in traction feeders always caused greater power loss. Even though the optimal tap change could minimise power loss and voltage unbalance, and maximise power factor, the amounts were minimal. As a result, the concept of AT tap change might not be worth investing.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Electrical Engineering Student's Signature _____

Academic Year 2020 Advisor's Signature _____