ชาคริต ปานแป้น : การปรับปรุงคุณภาพไฟฟ้าสำหรับระบบรางไฟฟ้าโดยใช้การควบคุมกระแสแบบปรับตัว (POWER QUALITY IMPROVEMENT FOR ELECTRIC RAILWAY SYSTEMS USING ADAPTIVE CURRENT CONTROL) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.กองพล อารีรักษ์, 291 หน้า

คำสำคัญ : การปรับปรุงคุณภาพไฟฟ้า/ระบบรางไฟฟ้า/การควบคุมแบบทำนายที่ใช้แบบจำลองร่วมกับการมอดูเลตเชิงปรับตัว

งานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการควบคุมกระแสชดเชยของวงจรกรองกำลังแอกทีฟด้วยตัวควบคุมแบบทำนายที่ใช้แบบจำลองร่วมกับการมอดูเลตเชิงปรับตัวสำหรับการปรับปรุงคุณภาพกระแสไฟฟ้าในระบบรางไฟฟ้า โดยมุ่งเน้นการกำจัดฮาร์มอนิก การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง และการชดเชยกระแสที่แหล่งจ่ายไม่สมดุลให้กลับสู่สภาวะสมดุล การตรวจจับฮาร์มอนิกด้วยวิธีซิงโครนัสแบบเพิ่มสมรรถนะได้ถูกพัฒนาขึ้น เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการคำนวณกระแสอ้างอิงของวงจรกรองกำลังแอกทีฟให้ดียิ่งขึ้น โดยการประยุกต์ใช้งานร่วมกันระหว่างการตรวจจับซิงโครนัส อัลกอริทึมการตรวจจับแรงดันมูลฐานลำดับเฟสบวก และหลักการวิเคราะห์แบบฟูริเยร์วินโดว์เลื่อน ค่าพารามิเตอร์และพิกัดของวงจรกรองกำลังแอกทีฟได้รับการออกแบบให้เหมาะสมกับระบบรางไฟฟ้าที่พิจารณาสำหรับการปรับปรุงคุณภาพกระแสไฟฟ้า

พฤติกรรมการใช้งานโหลดรถไฟความเร็วสูงในระบบรางไฟฟ้ามีลักษณะการเปลี่ยนแปลงกระแสโหลดแบบผสมผสานอย่างทันทีทันใด ส่งผลให้ปริมาณฮาร์มอนิกในระบบรางไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลง การปรับปรุงคุณภาพกระแสไฟฟ้าในระบบรางไฟฟ้าจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องอาศัยระบบควบคุมกระแสชดเชยของวงจรกรองกำลังแอกทีฟที่สามารถปรับตัวได้ตามลักษณะการใช้งานโหลดรถไฟความเร็วสูงในระบบรางไฟฟ้าที่มีการเปลี่ยนแปลงกระแสโหลดแบบผสมผสานอย่างทันทีทันใดด้วยเหตุ ในงานวิจัยวิทยานิพนธ์จึงได้นำเสนอตัวควบคุมแบบทำนายที่ใช้แบบจำลองร่วมกับการมอดูเลตเชิงปรับตัว ซึ่งได้รับการพัฒนามาจากตัวควบคุมแบบทำนายที่ใช้แบบจำลองร่วมกับการมอดูเลต โดยการนำตัวควบคุมฟัซซีลอจิกมาใช้เป็นกลไกในการปรับค่าอัตราขยายที่เหมาะสมให้กับตัวควบคุมแบบทำนายที่ใช้แบบจำลองร่วมกับการมอดูเลต มาใช้ในการควบคุมกระแสชดเชยของวงจรกรองกำลังแอกทีฟ ตัวควบคุมแบบทำนายที่ใช้แบบจำลองร่วมกับการมอดูเลตเชิงปรับตัวได้รับการยืนยันสมรรถนะด้านการปรับปรุงคุณภาพกระแสไฟฟ้า และด้านการการควบคุมกระแสชดเชยกับระบบทดสอบที่มีการจ่ายโหลดของระบบรางไฟฟ้าในลักษณะสมดุล ไม่สมดุล และโหลดแบบผสมผสาน โดยอาศัยการจำลองสถานการณ์ด้วยเทคนิคฮาร์ดแวร์ในลูป ซึ่งพบว่า ตัวควบคุมแบบทำนายที่ใช้แบบจำลองร่วมกับการมอดูเลตเชิงปรับตัวที่พัฒนาขึ้นให้ค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะการปรับปรุงคุณภาพกระแสไฟฟ้าและการควบคุมกระแสชดเชยที่ดีกว่าจากตัวควบคุมพีไอ ตัวควบคุมแบบทำนายที่ใช้แบบจำลอง และตัวควบคุมแบบทำนายที่ใช้แบบจำลองร่วมกับการมอดูเลต ในทุกสภาวะการจ่ายโหลดของระบบรางไฟฟ้าที่ทำการทดสอบ

นอกจากนี้ ได้นำเสนอการสร้างชุดทดสอบการปรับปรุงคุณภาพกระแสไฟฟ้าด้วยวงจรกรองกำลังแอกทีฟในห้องปฏิบัติการ ซึ่งทำการปรับลดพิกัดจากระบบรางไฟฟ้า และใช้วงจรเรียงกระแสหนึ่งเฟสที่มีโหลดเป็นตัวเหนี่ยวนำต่ออนุกรมกับตัวต้านทานเป็นโหลดของชุดทดสอบ ชุดทดสอบดังกล่าวได้รับการทดสอบกับระบบโหลดสมดุล และโหลดไม่สมดุล ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการพบว่า ตัวควบคุมแบบทำนายที่ใช้แบบจำลองร่วมกับการมอดูเลตเชิงปรับตัวให้สมรรถนะด้านการปรับปรุงคุณภาพกระแสไฟฟ้าที่ดีกว่าตัวควบคุมพีไอ ตัวควบคุมแบบทำนายที่ใช้แบบจำลอง และตัวควบคุมแบบทำนายที่ใช้แบบจำลองร่วมกับการมอดูเลต โดยสามารถพิจารณาได้จากดัชนีชี้วัดสมรรถนะการปรับปรุงคุณภาพกระแสไฟฟ้าภายหลังการชดเชยที่อยู่ภายใต้ข้อกำหนดของมาตรฐาน IEEE standard 519-2014

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ..... ลายมือชื่อนักศึกษา ชาลิตา ปานทอง .....

ปีการศึกษา 2564 ..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

CHAKRIT PANPEAN : POWER QUALITY IMPROVEMENT FOR ELECTRIC RAILWAY SYSTEMS USING ADAPTIVE CURRENT CONTROL. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. KONGPOL AREERAK, Ph.D., 291 PP.

Keyword : Power quality improvement/Electric railway systems/ Adaptive modulated model predictive control

This thesis proposes the compensating current control cooperated with active power filter (APF) using adaptive modulated model predictive control (AM^2PC) for a power quality improvement in electric railway systems. This thesis focuses on the harmonic elimination, power factor correction, and load balancing of the source currents for power quality improvement. The enhanced synchronous detection (ESD) was developed from the synchronous detection (SD) by including the advantages of the SD method, the positive sequence voltage detector (PSVD), and the sliding window Fourier analysis (SWFA) to improve the performance of reference current calculation for APF. The parameters and rating of APF have been designed to be suitable for electric railway systems for power quality improvement.

The behavior of electric multiple unit high-speed train (EMU high-speed train) load is dynamically varied, which significantly affects the harmonic quantity in electric railway systems. Thus, an adaptive compensating current control system is necessary for power quality improvement. Consequently, this thesis proposes the compensating current control of the APF using an AM^2PC. The AM^2PC was developed from the modulated model predictive control (M^2PC) by using a fuzzy logic controller to adjust the appropriate gain of the M^2PC. The performance of power quality improvement and compensating current control of the AM^2PC was tested using hardware in the loop (HIL) simulation. The simulation results show that the power quality improvement and compensating current control with the AM^2PC can provide better results compared with the PI controller, model predictive control (MPC), and M^2PC for testing at any electric railway system load conditions.

Finally, the hardware implementation of the power quality improvement with APF is also proposed. A single-phase rectifier with RL load acts as the nonlinear load in the system. This is the simplify system for power quality improvement in electric railway system in laboratory. The balanced and unbalanced loads are considered for testing in laboratory. For the experimental results, the proposed AM^2PC can provide the better results in term of power quality improvement compared with the PI

controller, MPC, and M^2PC. This can be considered by the performance indices for power quality improvement that follow the IEEE standard 519-2014.

.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Electrical Engineering..
Academic Year 2021.....

Student's Signature .....
Advisor's Signature .....