สุรชัย วงษ์ฟูเกียรติ : การแก้ปัญหาผลกระทบจากการอาร์คทางไฟฟ้าในแผงจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับ PEA ZE-BUS (SOLVING IMPACT OF ELECTRIC ARC IN DC DISTRIBUTION PANEL FOR PEA ZE-BUS) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.ธนัดชัย กุลวรวานิชพงษ์, 236 หน้า

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษา ผลกระทบจากการอาร์คทางไฟฟ้าในแผงจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงของรถโดยสารไฟฟ้า โดยอาศัยรีเลย์ในการทำหน้าที่สำหรับตัดต่อการทำงานระหว่างแบตเตอรี่กับโหลด สำหรับขั้นตอนการตัดต่อการทำงานระหว่างแบตเตอรี่กับโหลดนั้นจะต้องมีระบบช่วยก่อนที่จะสั่งให้รีเลย์หลักทำงานเพื่อจ่ายไฟให้รถโดยสารไฟฟ้า ระบบช่วยโดยทั่วไปจะใช้รีเลย์ช่วยต่ออนุกรมกับตัวต้านทาน โดยจะทำงานเป็นอันดับแรกเพื่อจำกัดกระแสพุ่งเกินในช่วงเปิดรถโดยสารไฟฟ้า เนื่องจากตัวเก็บประจุที่ต่ออยู่ภายในอินเวอร์เตอร์และคอนเวอร์เตอร์ จากนั้นจึงค่อยสั่งให้รีเลย์หลักทำงานจ่ายไฟให้กับรถโดยสารไฟฟ้า ในการนำระบบช่วยไปใช้งานพบว่าหน้าสัมผัสของรีเลย์หลักเกิดความเสียหายจากการอาร์ค จากการศึกษาปัญหาพบว่า ปัจจัยที่ส่งผลกระทบให้หน้าสัมผัสของรีเลย์หลักในแผงจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเกิดความเสียหาย เนื่องกระแสที่ไหลผ่านหน้าสัมผัสรีเลย์หลักในขณะเริ่มทำงานมีค่าสูงมากเกินกว่าพิกัดกระแสสูงสุดของรีเลย์ที่นำมาใช้งาน และเมื่อหน้าสัมผัสของรีเลย์หลักกำลังเปิดออกขณะหยุดทำงานในช่วงปิดการทำงานของรถโดยสารไฟฟ้า จะส่งผลให้ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสต่อเวลามีค่าสูง ทำให้แรงดันตกคร่อมหน้าสัมผัสรีเลย์หลักกรณีไม่คำนึงถึงผลการอาร์คมีค่าสูงเกินกว่าพิกัดแรงดันสูงสุดของรีเลย์ที่นำมาใช้งาน และเมื่อพิจารณาผลการอาร์คด้วย พบว่า กำลังอาร์คมีค่าสูงมาก โดยทั้งหมดเกิดขึ้นในขณะที่มีโหลดคาปาซิเตอร์และโหลดตัวเหนี่ยวนำต่ออยู่กับระบบ

การแก้ปัญหาการอาร์คได้ดำเนินการแก้ปัญหาใน 2 วิธี คือ การออกแบบระบบจัดการโหลด เพื่อแก้ปัญหาในรถโดยสารไฟฟ้า PEA Ze-Bus ด้วย พีแอลซี ในการจัดลำดับการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆภายในรถโดยสารไฟฟ้า โดยคำนึงถึงข้อจำกัดในการทำงานของระบบ และความปลอดภัยของผู้ใช้งานด้วย ซึ่งจากการนำไปใช้งานจริงในรถโดยสารไฟฟ้า PEA Ze-Bus พบว่าสามารถแก้ปัญหารีเลย์อาร์คติดได้ และการแก้ปัญหาอีกวิธี คือ การออกแบบระบบสำหรับควบคุมการเปิด-ปิดรถโดยสารไฟฟ้า โดยใช้ ไอจีบีที ในการควบคุมกระแสในช่วงการเปิดก่อนที่รีเลย์หลักจะทำงาน และการควบคุมกระแสในช่วงการปิดระบบให้ค่อยๆลดลงหลังจากที่รีเลย์หลักหยุดทำงาน การทดสอบการทำงานของระบบจะใช้การจำลองสถานการณ์ และการสร้างชุดทดลองขึ้นมาเพื่อใช้ทดสอบ โดยจากการจำลองสถานการณ์พบว่าสามารถควบคุมกระแสพุ่งเกินในขณะที่รีเลย์หลักเริ่มทำงานได้ และสามารถลดอัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสต่อเวลาในช่วงปิดการ

ทำงานของรถโดยสารไฟฟ้าได้ และกำลังอาร์คมีค่าต่ำมาก และในการทดสอบไม่เกิดการอาร์คที่หน้าสัมผัสรีเลย์

นอกจากนี้ยังมีการออกแบบระบบสำหรับตรวจสอบหน้าสัมผัสรีเลย์ในรถโดยสารไฟฟ้าเพื่อตรวจสอบคุณภาพของหน้าสัมผัสรีเลย์ ในการดำเนินการจะอาศัยการวัดแรงดันตกคร่อมหน้าสัมผัสรีเลย์ ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับค่าความต้านทานของหน้าสัมผัสรีเลย์ โดยถ้าแรงดันตกคร่อมหน้าสัมผัสรีเลย์มีค่าเพิ่มขึ้น หมายความว่าความต้านทานของหน้าสัมผัสรีเลยก็มีค่าเพิ่มเช่นกัน นั่นคือหน้าสัมผัสอาจเกิดการอาร์ค หรือเกิดคราบเขม่าที่บริเวณหน้าสัมผัส

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ปีการศึกษา 2559

ลายมือชื่อนักศึกษา_____

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

SURACHAI WONGFOOKEAT : SOLVING IMPACT OF ELECTRICAL ARC IN DC DISTRIBUTION PANEL FOR PEA ZE-BUS. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF THANATCHAI KULWORAWANITCHPONG, Ph.D., 236 PP.

CONTACT ARC / CAPACITIVE LOAD / INDUCTIVE / LOAD MANAGEMENT / CURRENT LIMIT / CONTACT MONITORING

This research is a study. The effect of the electric arc in DC bus power distribution board of electric bus. It duty connected/disconnected from the battery and the load. In the process of connected/disconnected from the battery and the load, there must be an auxiliary system before the main relay is activated to supply electricity to the electric bus. Auxiliary systems typically use auxiliary relay connected series with a resistor. It will work first to limit current during the opening of the electric bus. Due to the capacitors connected inside the inverter and the converter. Then the main relay to power the electric bus. For implement the auxiliary system. The contact of the main relay is damaged by the arc. From the study, the problem was found. Factors that affect the contact of the main relay in the DC power supply are damaged. The case of the current flowing through the main relay contact at startup is much higher than the rated current of the relay. And when the contact of the main relay is opened while shutting down the electric bus. This will result in a high rate of current-to-time ratio. Cause the overvoltage across the main relay contact. In the case of disregard of the arc effect, it is higher than the maximum voltage rating of the relay. And when

considering the results of the arc, it was found that the arc force is very high. All occurred while loading capacitors and inductors were connected to the system.

The solution to the problem arc has implemented solutions in two ways: the first solution the design of the load management system. To solve the problem in the PEA Ze-Bus electric bus with PLC to serialize the equipment in the electric bus. By taking into account the limitations of the system and user safety. The PEA Ze-Bus has been solved the problem of the relay contact arc. Another solution is to design a system for controlling the turned on and turned off of an electric bus by using an IGBT to control the current during before the main relays are operated. And the current control during shutdown gradually decreases after the main relay stops working. System performance testing uses simulation and to create an experimental set for testing. Based on the simulation, it was found that the overcurrent could be controlled while the main relay started. And it can reduce the voltage to time ratio during the shutdown of the electric bus. The arc is very low, and in the test did not take the arc of the relay contact.

There is also a system design for inspecting the relay contact in an electric bus. To check the quality of the relay contact. The operation relies on the voltage drop across the relay contact. This is related to the resistance of the relay contact. By the voltage drop across the relay contacts increase. This means that the resistivity of the contact surface is also increased. That is, the contact may be an arc or soot at the contact area.

School of Electrical Engineering Student's Signature _____

Academic Year 2016 Advisor's Signature _____