

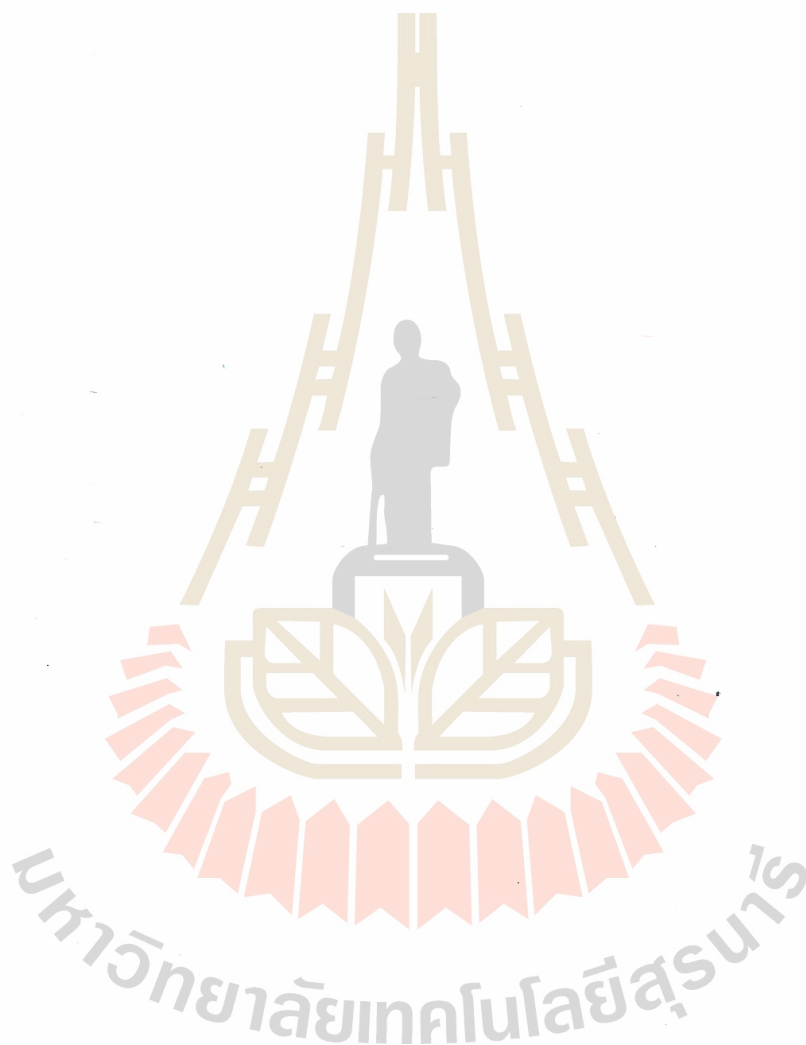
ธิดิพัทธ์ แทนรินทร์ : การวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่โดยใช้  
ทฤษฎีบทค่าเจาะจง (STABILITY ANALYSIS OF BATTERY ELECTRIC VEHICLE SYSTEMS  
USING THE EIGENVALUE THEOREM)

อาจารย์ที่ปรึกษา : ศาสตราจารย์ ดร.ก้องพันธุ์ อารีย์รักษ์, 165 หน้า

คำสำคัญ: ยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่, โหลดกำลังไฟฟ้าคงตัว, แบบจำลองทางคณิตศาสตร์,  
การวิเคราะห์เสถียรภาพ

ปัจจุบันวงจรถออิเล็กทรอนิกส์กำลังถูกนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะ  
ในระบบของยานยนต์ไฟฟ้าที่ใช้วงจรถออิเล็กทรอนิกส์กำลังเกือบทั้งหมด เช่น ระบบขับเคลื่อนมอเตอร์  
ของยานยนต์ไฟฟ้าที่ใช้อินเวอร์เตอร์เพื่อขับเคลื่อนมอเตอร์ วงจรอินเวอร์เตอร์ดังกล่าวจะมีการ  
ควบคุมเพื่อให้ความเร็วมอเตอร์คงที่ พฤติกรรมของวงจรแปลงผันกำลังที่ถูกควบคุมมีลักษณะเป็น  
โหลดกำลังไฟฟ้าคงตัว (constant power load, CPL) ส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า  
กำลังในสภาวะการทำงานภายใต้พิกัดของระบบ การขาดเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าอาจกระทบต่อ  
สมรรถนะของระบบควบคุม หรือก่อให้เกิดความเสียหายต่อยานยนต์ไฟฟ้า ทั้งนี้หากปัญหาดังกล่าว  
เกิดขึ้นในระหว่างการใช้งานจริงจะกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ใช้และส่งผลต่อความน่าเชื่อถือใน  
การใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าในระยะยาว ดังนั้นงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้จึงได้นำเสนอแนวทางการวิเคราะห์  
เสถียรภาพของระบบยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่โดยใช้ทฤษฎีบทค่าเจาะจง (eigenvalue theorem)  
แนวทางดังกล่าวจะอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เป็นเชิงเส้นของระบบไฟฟ้าที่ได้จากวิธีค่าเฉลี่ย  
ปริภูมิสถานะทั่วไป (generalized state-space averaging method, GSSA) นอกจากนี้ยังได้  
นำเสนอการประมาณแบบจำลองแบตเตอรี่อย่างง่ายที่ปรากฏอยู่ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ซึ่งจะ  
ช่วยให้สามารถพิจารณาพฤติกรรมของยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ในสภาวะที่เสมือนจริง และสามารถ  
พิจารณาพฤติกรรมของแบตเตอรี่โดยเฉพาะอย่างยิ่งสถานะการชาร์จแบตเตอรี่ (state of charge,  
SOC) รวมถึงผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ต่อเสถียรภาพของระบบ เพื่อใช้  
เป็นแนวทางในการออกแบบของวิศวกรทางด้านยานยนต์ไฟฟ้า งานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้ใช้วงจรแปลง  
ผันกำลังดีซีเป็นดีซีแบบสองทิศทางที่มีแหล่งจ่ายเป็นแบตเตอรี่เชื่อมต่อกับโหลดกำลังไฟฟ้าคงตัว  
ในอุดมคติ วงจรดังกล่าวถูกควบคุมด้วยตัวควบคุมพีโอที่ต่อแบบเรียงกัน เพื่อรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า  
ที่ ดีซีบัสแรงดันสูงให้คงที่และเป็นไปตามมาตรฐาน ISO 21498-1 และ ISO 21498-2 การยืนยัน  
ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพจะอาศัยการจำลองสถานการณ์บนคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม

MATLAB/Simulink และการจำลองสถานการณ์ด้วยเทคนิคฮาร์ดแวร์ในลูป (hardware-in-the-loop, HIL) ผลการจำลองสถานการณ์สามารถยืนยันแนวทางการวิเคราะห์เสถียรภาพสามารถคาดการณ์จุดขาดเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าได้อย่างแม่นยำ



สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ปีการศึกษา 2568

ลายมือชื่อนักศึกษา..... **นิติพัทธ์ แทนรินทร์**  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... **KT**  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... **[Signature]**

THITIPAT THANRIN : STABILITY ANALYSIS OF BATTERY ELECTRIC VEHICLE SYSTEMS USING THE EIGENVALUE THEOREM.

THESIS ADVISOR : PROF. KONGPAN AREERAK, Ph.D., 165 PP.

Keyword: Battery electric vehicle, Constant power load (CPL), Mathematical model, Stability analysis

Currently, power electronic circuits are widely used in industrial applications, particularly in electric vehicle (EV) systems, where almost all systems rely on power electronics. For example, the traction drive system in EV employs the inverters to operate the motor, this inverter is controlled to maintain motor speed. The controlled power converters behave as a constant power load (CPL), which can affect the system stability under rated power. System instability may degrade controller performance or cause severe damage to the EV users. If such an instability occurs during operation, it may affect user safety and reduce the long-term reliability of EV applications. Therefore, this thesis presents the stability analysis of battery EV systems using the eigenvalue theorem based on a linearized mathematical model. This model can be obtained from the generalized state-space averaging (GSSA) method. In addition, a simplified battery model is proposed to evaluate the dynamic behavior of EV under realistic operating conditions, considering the battery state of charge (*SOC*). This analysis also demonstrates the influence of parameter variations on system stability to provide the valuable insights for engineers in the design process. For this thesis, a bidirectional DC-DC power converter is connected with the battery source feeding the power to an ideal CPL. This converter is controlled by cascaded proportional-integral (PI) controllers to regulate the high-voltage DC bus in compliance with ISO 21498-1 and ISO 21498-2 standards. For stability assessment, it is confirmed through computer-based using MATLAB/Simulink program, and hardware-in-the-loop (HIL)

simulations. The results can confirm that the stability analysis accurately predict the instability points of the power system.



School of Electrical Engineering  
Academic Year 2025

Student's Signature..... อติพัทธ์ แทนอินทร์  
Advisor's Signature..... [Signature]  
Co-Advisor's Signature..... [Signature]