

สุรบดีรินทร์ แดงดอน : การสร้างเสถียรภาพด้วยตัวชดเชยลูปป้อนไปหน้าสำหรับระบบไฟฟ้ากำลังเอซีเป็นดีซีที่มีตัวควบคุมโหมดการเลื่อน (STABILIZATION USING FEEDFORWARD LOOP COMPENSATOR FOR AC-DC POWER SYSTEMS WITH SLIDING MODE CONTROLLER)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ศาสตราจารย์ ดร.กองพัน อารีรักษ์, 179 หน้า.

คำสำคัญ : การสร้างเสถียรภาพ/โหลดกำลังไฟฟ้าคงตัว/การวิเคราะห์เสถียรภาพแบบเชิงเส้น/ตัวชดเชยลูปป้อนไปหน้า/แบบจำลองทางคณิตศาสตร์/ตัวควบคุมโหมดการเลื่อน/ระบบไฟฟ้ากำลังเอซีเป็นดีซี

งานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการสร้างเสถียรภาพด้วยตัวชดเชยลูปป้อนไปหน้าสำหรับระบบไฟฟ้ากำลังเอซีเป็นดีซีที่มีตัวควบคุมโหมดการเลื่อน เนื่องจากโหลดของระบบไฟฟ้ากำลังเอซีเป็นดีซีดังกล่าวเป็นวงจรแปลงผันแบบบักที่มีการควบคุม ซึ่งจะมีพฤติกรรมเปรียบเสมือนโหลดกำลังไฟฟ้าคงตัวที่จะส่งผลทำให้ระบบเกิดการขาดเสถียรภาพ ดังนั้นการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับเสถียรภาพของระบบดังกล่าวจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อจะหลีกเลี่ยงการทำงานที่จุดการขาดเสถียรภาพหรือดำเนินการสร้างเสถียรภาพให้กับระบบ โดยงานวิจัยวิทยานิพนธ์ได้เริ่มต้นการศึกษาวิจัยจากการพิสูจน์หาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบไฟฟ้าที่พิจารณาด้วยวิธีการผสมผสานกันระหว่างวิธีดีคิวและวิธีค่าเฉลี่ยปริภูมิสถานะทั่วไปเพื่อให้ได้แบบจำลองที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา ซึ่งเป็นแบบจำลองที่เหมาะสมต่อการนำไปศึกษาวิจัยเกี่ยวกับเสถียรภาพของระบบ จากนั้นจะดำเนินการวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบผ่านแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พิสูจน์ขึ้นด้วยทฤษฎีบทค่าเจาะจง เพื่อคาดเดาจุดการขาดเสถียรภาพ และในลำดับถัดมาจะดำเนินการสร้างเสถียรภาพของระบบด้วยวิธีการห้วงแบบแอกทีฟทางด้านโหลด โดยจะอาศัยตัวชดเชยลูปป้อนไปหน้าด้วยการตรวจจับแรงดันไฟฟ้าดีซี เพื่อนำมากรองด้วยตัวกรองความถี่แถบผ่านที่มีความถี่ศูนย์กลางเท่ากับความถี่เรโซแนนซ์ของวงจรกรอง แล้วปรับคูณกับอัตราขยายของตัวชดเชยลูปป้อนไปหน้า จากนั้นจะป้อนกลับไปยังตัวควบคุมโหมดการเลื่อนของวงจรแปลงผันแบบบักเพื่อชดเชยผลของโหลดกำลังไฟฟ้าคงตัว ที่ทำให้ระบบขาดเสถียรภาพกลับมามีเสถียรภาพและสามารถทำงานต่อไปจนถึงค่าพิกัดกำลังไฟฟ้า สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของการวิเคราะห์ทางทฤษฎี รวมทั้งการยืนยันผลของเสถียรภาพทั้งหมดจะใช้วิธีการจำลองสถานการณ์บนคอมพิวเตอร์ การจำลองสถานการณ์แบบฮาร์ดแวร์ในรูป และการสร้างชุดทดสอบจริงในห้องปฏิบัติการ ซึ่งจากการตรวจสอบแสดงให้เห็นว่า ผลที่ได้จากการวิเคราะห์เสถียรภาพทางทฤษฎี การจำลองสถานการณ์บนคอมพิวเตอร์ การจำลองสถานการณ์แบบฮาร์ดแวร์ในรูป และผลจากชุดทดสอบจริงมีความสอดคล้องและตรงกัน โดยแสดงให้เห็นว่า สามารถคาดเดาจุดการขาดเสถียรภาพได้อย่างถูกต้องแม่นยำ และสามารถสร้างเสถียรภาพให้กับระบบที่ขาดเสถียรภาพกลับมามีเสถียรภาพและทำงานต่อไปจนถึงค่าพิกัดกำลังไฟฟ้า ดังนั้นจึงเป็น

การยืนยันได้ว่า องค์ความรู้ สมมติฐานของงานวิจัย และวิธีการที่ได้นำเสนอมีความถูกต้อง น่าเชื่อถือ และสามารถใช้งานได้จริงในทางปฏิบัติ



สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา 2567

ลายมือชื่อนักศึกษา ศุภณัฐ ห่ออ่อน
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ดร. ศุภณัฐ
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร. ศุภณัฐ

SURABADIN DAENGDON : STABILIZATION USING FEEDFORWARD LOOP
COMPENSATOR FOR AC-DC POWER SYSTEMS WITH SLIDING MODE CONTROLLER
THESIS ADVISOR : PROF. KONGPAN AREERAK, Ph.D., 179 PP.

Keyword : Stabilization/Constant Power Load (CPL)/Linear stability analysis/
Feedforward Loop/Mathematic model/Sliding mode control/
AC-DC converter

This thesis proposes stabilization using feedforward loop compensator for AC-DC power systems with sliding mode controller. The system load is a controlled buck converter which behaves as a constant power load (CPL). This load can cause the system to become unstable. Therefore, studying the stability of the considered system is crucial in order to prevent or mitigate the instability. The study begins with the derivation of system mathematical model using a combination of the DQ and the generalized state-space averaging (GSSA) methods. This approach provides a time-invariant model which is suitable for stability analysis. The system stability is then examined using the eigenvalue theorem to predict the unstable point. After that, an active damping method called feedforward loop compensator is applied on the load side to stabilize the system. The proposed technique detects the DC-link voltage which is filtered using a band-pass filter centered at the resonance frequency of the DC filter. The filtered signal is then scaled by a feedforward loop gain and fed back into the existing sliding mode controller of the buck converter. This process will compensate the CPL effect which allows the unstable system return to stable and can continuously operate until the rated power. The simulation on MATLAB/SIMULINK, hardware in the loop (HIL), and experiment via a test rig built in the laboratory are used to validate the theoretical analysis and confirm the system stability. The results demonstrate that the analysis, simulation, HIL, and experiment are concordant. These confirm the system unstable point and the proposed stabilization technique successfully provides the system always stable for all operating conditions within the rated power. Consequently, it can be concluded

that the thesis assumptions, the knowledge from the study results, as well as the proposed stabilization are accurate, reliable, and practically applicable.



School of Electrical Engineering

Academic Year 2024

Student's Signature..... ศุภดิษฐ์ 11ดาวดือน

Advisor's Signature..... ส.ท.

Co-Advisor's Signature..... อ.วิเศษ วัฒนพงศ์