

อภิชัย สุยะพันธ์ : การสร้างเสถียรภาพเชิงปรับตัวของระบบไฟฟ้ากำลังบนเครื่องบิน
(ADAPTIVE STABILIZATION OF AIRCRAFT ELECTRICAL POWER SYSTEMS)

อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.ก้องพันธุ์ อารีย์รักษ์, 283 หน้า

คำสำคัญ : การสร้างเสถียรภาพเชิงปรับตัว/โหลดกำลังไฟฟ้าคงตัว/แบบจำลองดีคิว/
เทคนิคคุปยกเล็ก/เครื่องบินที่ใช้ไฟฟ้ามากขึ้น/การป้อนกลับแบบไม่เป็นเชิงเส้น/
การวิเคราะห์เสถียรภาพสัญญาณขนาดเล็ก

เครื่องบินที่ใช้ไฟฟ้ามากขึ้นเป็นแนวคิดและแนวโน้มที่สำคัญของวิศวกรรมการบินและอวกาศยานสมัยใหม่ที่มีความเป็นไปได้ด้วยความก้าวหน้าและการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์กำลัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งวงจรแปลงผันกำลังที่ถูกลำเลียงใช้งานอย่างมากมาย ซึ่งทำให้โหลดโดยส่วนใหญ่ของระบบไฟฟ้ากำลังบนเครื่องบินที่ใช้ไฟฟ้ามากขึ้นเป็นวงจรแปลงผันกำลังที่มีการควบคุมการทำงาน แต่วงจรแปลงผันกำลังเมื่อมีการควบคุมจะมีพฤติกรรมเปรียบเสมือนโหลดกำลังไฟฟ้าคงตัวที่ส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของระบบ โดยการขาดเสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลังบนเครื่องบินนอกจากจะส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการทำงานของระบบควบคุมหรืออาจส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อระบบโดยรวมที่มีผลต่อความปลอดภัยของผู้โดยสารภายในเครื่องบินแล้ว ยังส่งผลทำให้ระบบไม่สามารถทำงานต่อได้จนถึงระดับกำลังไฟฟ้าที่ค่าพิกัด ดังนั้นงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้จึงนำเสนอการสร้างเสถียรภาพเชิงปรับตัวของระบบไฟฟ้ากำลังบนเครื่องบินที่ใช้ไฟฟ้ามากขึ้นที่มีระบบจำหน่ายแบบไฟฟ้ากระแสตรง แบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเดี่ยวและแบตเตอรี่ โดยเริ่มต้นการศึกษาวิจัยจากการวิเคราะห์เสถียรภาพด้วยวิธีการทำให้เป็นเชิงเส้นร่วมกับทฤษฎีบทค่าเจาะจงที่อาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบที่พิสูจน์ได้ด้วยวิธีดีคิวสำหรับขาดเสถียรภาพของการขาดเสถียรภาพของระบบ เพื่อแสดงให้เห็นว่า ระบบไฟฟ้ากำลังบนเครื่องบินที่พิจารณาเกิดการขาดเสถียรภาพขึ้นอันเนื่องมาจากโหลดกำลังไฟฟ้าคงตัว จากนั้นจะดำเนินการบรรเทาการขาดเสถียรภาพของระบบด้วยการแก้ไขทางด้านแหล่งจ่ายโดยใช้วิธีการป้อนกลับแบบไม่เป็นเชิงเส้นที่อาศัยเทคนิคคุปยกเล็ก ซึ่งได้ถูกเพิ่มเข้าไปในระบบควบคุมเดิมที่มีอยู่แล้วของระบบไฟฟ้ากำลังบนเครื่องบินที่พิจารณา เพื่อทำให้ระบบที่ขาดเสถียรภาพกลับมามีเสถียรภาพและสามารถทำงานต่อได้ แต่อย่างไรก็ตามการบรรเทาการขาดเสถียรภาพไม่เพียงพอที่จะทำให้ระบบทำงานได้อย่างมีเสถียรภาพจนถึงระดับกำลังไฟฟ้าที่ค่าพิกัด ด้วยเหตุนี้การสร้างเสถียรภาพเชิงปรับตัวของระบบไฟฟ้ากำลังบนเครื่องบินที่พิจารณาจึงได้รับการต่อยอดพัฒนาและนำเสนอในงานวิจัยวิทยานิพนธ์ โดยได้ประยุกต์ใช้วิธีการบรรเทาการขาดเสถียรภาพด้วยเทคนิคคุปยกเล็ก ร่วมกับการใช้สมการการสร้างเสถียรภาพเชิงปรับตัว ซึ่งเป็นสมการอย่างง่ายที่สามารถคำนวณค่าอัตราขยายป้อนกลับของเทคนิคคุปยกเล็กที่แปรเปลี่ยนค่าได้ตามระดับกำลังไฟฟ้าของโหลดที่มี

การเปลี่ยนแปลง โดยสมการดังกล่าวได้มาจากการหาสมการโพลีโนเมียลด้วยการเลือกเส้นกราฟที่เหมาะสมที่อาศัยเส้นแนวโน้มการขาดเสถียรภาพหรือเส้นอเสถียรภาพจากการวิเคราะห์เสถียรภาพผ่านแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบที่พิสูจน์ได้ด้วยวิธีตีคว ซึ่งการตรวจสอบผลของการสร้างเสถียรภาพเชิงปรับตัวที่อาศัยผลการวิเคราะห์ทางทฤษฎีด้วยวิธีการทำให้เป็นเชิงเส้นร่วมกับทฤษฎีบทค่าเจาะจง การจำลองสถานการณ์บนคอมพิวเตอร์ และผลที่ได้จากชุดทดสอบซึ่งสร้างขึ้นในห้องปฏิบัติการของสถาบันเทคโนโลยีการบินและอวกาศ มหาวิทยาลัยนอร์ททิงแฮม สหราชอาณาจักร ที่มีความสอดคล้องและตรงกัน แสดงให้เห็นว่า วิธีการสร้างเสถียรภาพเชิงปรับตัวที่นำเสนอสามารถทำให้ระบบไฟฟ้ากำลังบนเครื่องบินที่พิจารณาทำงานได้อย่างมีเสถียรภาพตลอดย่านการทำงานภายใต้เงื่อนไขระดับกำลังไฟฟ้าที่ค่าพิกัดได้ และผลการตอบสนองของแรงดันไฟฟ้าที่บัสไฟฟ้ากระแสตรงทั้งในสภาวะชั่วคราวและในสภาวะอยู่ตัวภายหลังจากการสร้างเสถียรภาพเชิงปรับตัวก็เป็นไปตามมาตรฐาน MIL-STD-704F ดังนั้นจึงเป็นการยืนยันได้ว่า การสร้างเสถียรภาพเชิงปรับตัวที่นำเสนอเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถใช้เพื่อรับประกันการทำงานอย่างมีเสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลังแบบกระแสตรงในเครื่องบินที่ใช้ไฟฟ้ามากขึ้นได้



สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา 2564

ลายมือชื่อนักศึกษา ... *อภิเดช กุศลพันธ์* ...
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ... *ปณณ อรุณ* ...

APICHAI SUYAPAN : ADAPTIVE STABILIZATION OF AIRCRAFT ELECTRICAL POWER SYSTEMS. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. KONGPAN AREERAK, Ph.D., 283 PP.

Keyword : Adaptive Stabilization/Constant Power Load (CPL)/DQ model/
Loop-cancellation technique/More Electric Aircraft (MEA)/
Nonlinear feedback/Small-signal stability analysis

The more electric aircraft (MEA) is an important concept and tendency of modern aerospace engineering which is possible through the advances and the applications of power electronic technology, especially a widely used of power converters. Consequently, most loads of the electrical power systems on MEA are regulated power converters. However, the regulated power converters behave as constant power loads (CPLs) which significantly affect the system stability. The system instability on MEA not only affects to the controller performance or may cause damage to the overall systems that affect the passengers safety but also results in the system which cannot operate at the rated power. Therefore, the thesis presents the adaptive stabilization of a single-generator-single-bus DC distribution MEA power system. First, the stability analysis via the linearization technique with the eigenvalue theorem based on the proposed mathematical model derived from the dq method is used for predicting the system unstable point. After that, the instability mitigation via modification at the feeder or source side by using a nonlinear feedback approach called the loop-cancellation technique is added into the existing system control loop of the considered MEA. As a result, the unstable system returns to stable system which can operate continuously. Unfortunately, the instability mitigation cannot make the system always stable of all operating conditions within the rated power. For this reason, the adaptive stabilization of the considered MEA is presented using the loop-cancellation technique with an adaptive stabilization equation, which is a simple equation that can be calculated depending on the power level of the CPL. The equation can be defined from a polynomial curve fitting based on the instability line obtained from the stability analysis via the proposed mathematical model derived from the dq method. The theoretical analysis via the linearization technique with the eigenvalue theorem, the simulation, and the experimental results obtained from

