สุนทรี แสงศรี : การวินิจฉัยความผิดพลาดแบบชาญฉลาดสำหรับระบบควบคุมที่คงทนต่อความผิดพลาดของท่อสุญญากาศในเครื่องเร่งอนุภาค (INTELLIGENT FAULT DIAGNOSIS APPROACH TO FAULT-TOLERANT CONTROL OF ACCELERATOR VACUUM SYSTEM) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.จิระพล ศรีเสริฐผล, 154 หน้า.

คำสำคัญ: ความดันสุญญากาศระดับสูงพิเศษ/ปั๊มสุญญากาศแบบสปัตเตอร์ไอออน/ความเร็วในการสูบ/โครงข่ายประสาทเทียม/โมโฟลว์/การควบคุมที่มีความสามารถคงทนต่อความผิดพลาด

วิทยานิพนธ์นี้เกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบควบคุมความดันสุญญากาศระดับสูงพิเศษด้วยฟัซซีที่สามารถคงทนต่อข้อผิดพลาดสำหรับปั๊มสุญญากาศแบบสปัตเตอร์ไอออนที่มีปฏิกิริยาต่อกันในวงแหวนกักเก็บอิเล็กตรอนของห้องปฏิบัติการแสงสยาม ณ สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน) การผลิตแสงซินโครตรอนจะต้องให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ในท่อลำเลียงแสงที่มีสภาวะความดันสุญญากาศระดับสูงพิเศษประมาณ 10^{-9} ทอร์ เพื่อป้องกันการรบกวน การหักเห และการชนกับมวลอากาศของลำอิเล็กตรอน กระบวนการทำสุญญากาศเริ่มต้นที่ระดับความดันบรรยากาศ ถึง 10^{-2} ทอร์ ด้วยปั๊มแบบเลื่อนแห้งและทำความดันต่อเนื่องถึง 10^{-7} ทอร์ ด้วยปั๊มชนิดดึงดูดโมเลกุลสูง จากนั้น จะใช้ปั๊มสุญญากาศแบบสปัตเตอร์ไอออนที่มีการทำงานโดยใช้เทคนิคการจับโมเลกุลของก๊าซให้เกาะติดอยู่ในบริเวณพื้นที่จำกัดสามารถทำความดันได้ถึง 10^{-12} ทอร์ ปัจจุบันสถาบันฯ ใช้วิธีการติดตั้งปั๊มสุญญากาศแบบสปัตเตอร์ไอออนจำนวนมากและทำงานเต็มประสิทธิภาพตลอดเวลาเพื่อรักษาระดับความดันสุญญากาศตลอดช่วงการเคลื่อนที่ลำอิเล็กตรอน จึงมีแนวคิดออกแบบระบบควบคุมสำหรับปั๊มสุญญากาศแบบสปัตเตอร์ไอออนที่มีปฏิกิริยาต่อกันในวงแหวนกักเก็บอิเล็กตรอนด้วยทฤษฎีฟัซซีลอจิกเพื่อรักษาค่าความดันสุญญากาศในระดับสูงพิเศษตลอดการเคลื่อนที่ของลำอิเล็กตรอนให้มีประสิทธิภาพการทำงานเหมาะสมที่สุด สามารถประมาณค่าประสิทธิภาพความเร็วในการสูบของปั๊มได้ด้วยแบบจำลองที่สร้างจากโครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับซอฟต์แวร์ Molflow+ สามารถตรวจสอบ วินิจฉัยข้อผิดพลาดของตัวกระตุ้นที่อาจเกิดขึ้นจากการทำงานผิดพลาดในระบบสุญญากาศทำให้ความดันสุญญากาศแย่ลง แสงซินโครตรอนที่ผ่านบริเวณนั้นจะมีคุณภาพลดลง ข้อดีของวิธีการนี้คือผู้ควบคุมจะทราบข้อมูลการชดเชยของระบบควบคุมที่มีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการแก้ไข ปรับปรุง เปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ที่มีความผิดปกติหรือผิดพลาดในระบบได้อย่างทันท่วงทีก่อนที่ระบบจะได้รับความเสียหาย และที่สำคัญเป็นการเพิ่มความเชื่อมั่นของระบบสุญญากาศ ณ ห้องปฏิบัติการแสงสยาม ผลการวิจัยระบบควบคุมสามารถตรวจรู้ความผิดพลาดในระบบ

สุญญากาศได้อย่างแม่นยำ ควบคุมความดันสุญญากาศในท่อลำเลียงได้ 10^{-9} ทอร์ ค่าความแม่นยำของแบบจำลองประมาณ 99%

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ ลายมือชื่อนักศึกษา สุนทรี

ปีการศึกษา 2565 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

SOONTAREE SEANGSRI : INTELLIGENT FAULT DIAGNOSIS APPROACH TO FAULT-TOLERANT CONTROL OF ACCELERATOR VACUUM SYSTEM. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. JIRAPHON SRISERTPOL, Ph.D., 154 PP.

Keyword: ULTRA-HIGH VACUUM/SPUTTER-ION VACUUM PUMP/PUMPING SPEED/FUZZY/ARTIFICIAL NEURAL NETWORK/MOLFLOW+/FAULT TOLERANT CONTROL

This thesis focuses on the design of an ultra-high vacuum pressure control system with fuzzy fault tolerance for a sputter-ion vacuum pump used in the electron storage ring at the Siam Photon Source Laboratory of the Synchrotron Light Research Institute (a public organization). In synchrotron light production, it is necessary to maintain an ultra-high vacuum pressure of around 10^{-9} Torr to prevent interference, refraction, and collision with air masses while the electrons move in a beam. The vacuum process starts at atmospheric pressure, then reaches up to 10^{-2} Torr with a dry scroll pump, and continues at a pressure of 10^{-7} Torr with a high turbo molecular pump. A sputter-ion vacuum pump is then used, which operates by capturing gas molecules and trapping them in a confined space, allowing it to produce a pressure of 10^{-12} Torr. Currently, the Siam Photon Source Laboratory uses multiple sputter-ion vacuum pumps, which operate at full capacity at all times to maintain the ultra-high vacuum pressure level throughout the electron beam movement range. Therefore, a control system for the sputter-ion vacuum pump was developed using fuzzy logic theory to maintain an optimum performance ultra-high vacuum pressure value throughout the electron beam movement. The efficiency of the pumping speed can be estimated using a neural network model created with Molflow+ software. The control system can also diagnose actuator failures resulting from malfunction in the vacuum system, which could worsen the vacuum pressure and reduce the quality of the synchrotron light that passes through the region. The advantage of this method is that the operator will receive compensation information of the control system where the error occurred, making it easier to correct, improve, or replace equipment with abnormalities or errors in the system in a timely manner before the system is damaged. Furthermore, it increases the confidence of the vacuum system at the Siam Photon Source Laboratory. The research results have shown that the control system can accurately

detect faults in vacuum systems, and the vacuum pressure in the pipeline can be controlled to 10^{-9} torr. The accuracy of the model is about 99%.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Mechatronics Engineering

Academic Year 2022

Student's Signature Soontaree

Advisor's Signature