ณัฐวัฒน์ ยะชุ่ม : การวิเคราะห์และออกแบบระบบควบคุมแมกนีตรอนของเครื่องเร่งอนุภาคเชิงเส้นระดับพลังงาน 6 MeV สำหรับการปลอดเชื้อผลไม้ (THE ANALYSIS AND CONTROL SYSTEM DESIGN OF MAGNETRON OF 6 MeV LINEAR ACCELERATOR FOR FRUITS STERILIZATION) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.จิระพล ศรีเสริฐผล, 193 หน้า.

ระบบการผลิตคลื่นวิทยุแบบแมกนีตรอนเป็นส่วนที่สำคัญของระบบเครื่องเร่งอิเล็กตรอนเชิงเส้นพลังงานสูง ในการผลิตคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าให้กับระบบเครื่องเร่งที่ความถี่ในย่าน S-Band ซึ่งอิเล็กตรอนจะได้รับพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อทั้งความถี่เรโซแนนซ์ของเครื่องเร่งและความถี่ของแมกนีตรอนมีค่าตรงกันตลอดการเร่ง ดังนั้นในการพัฒนาระบบการเร่งอิเล็กตรอนเชิงเส้น ที่พลังงาน 6 MeV ที่ย่านความถี่ S-Band 2.9982 GHz ให้สามารถผลิตรังสีเอ็กซ์ในการปลอดเชื้อผลผลิตทางการเกษตรได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ จึงจำเป็นต้องควบคุมความถี่ของแมกนีตรอนในโหมดการใช้งานให้มีความแม่นยำสูง เพื่อรักษาเสถียรภาพในการทำงานและจำเป็นต้องทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ดี ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เสนอการวิเคราะห์การทำงานที่โดดเด่น การออกแบบระบบควบคุมความถี่ และการจำลองเชิงคณิตศาสตร์ของโครงสร้างภายในแมกนีตรอน เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาออกแบบและสร้างแมกนีตรอนได้เองภายในประเทศต่อไป ในการวิเคราะห์โหมดการทำงานที่โดดเด่นจะพิจารณาจากผลการเปลี่ยนแปลงของความถี่เรโซแนนซ์ของแมกนีตรอนต่อค่าพิกัดความเผื่อของตัวแปรของโครงสร้างภายในแมกนีตรอนด้วยเทคนิควิศวกรรมย้อนรอย และการใช้ตัวแปรเชิงขนาดมิติของโครงสร้างภายในแมกนีตรอนที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องวัดพิกัดสามมิติ (CMM) ซึ่งมีความละเอียด 0.5 μm นำไปวิเคราะห์หาค่าความถี่เรโซแนนซ์ในโหมดการทำงานที่โดดเด่นมากที่สุดของแมกนีตรอน ในขณะที่ค่าพิกัดความเผื่อในเชิงขนาดมิติของโครงสร้างภายในแมกนีตรอนจะวิเคราะห์ด้วยการจำลองทางคณิตศาสตร์ 2 วิธี คือ วิเคราะห์โดยอาศัยวงจรเทียบเท่าเรโซแนนซ์แบบขนานและวิเคราะห์แบบจำลองสามมิติ ด้วยเทคนิควิธี Particle-In-Cell (PIC) simulation ในโปรแกรม CST particle studio

จากผลการวิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์, จุดการทำงานที่สร้างความถี่เรโซแนนซ์, โหมดการทำงานแต่ละโหมด และผลการเปลี่ยนแปลงความถี่เรโซแนนซ์ต่อค่าพิกัดความเผื่อของแมกนีตรอนทั้ง 6 ตัวแปร ที่ค่าแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าและค่าสนามแม่เหล็กของแมกนีตรอนที่เหมาะสมสามารถนำไปออกแบบระบบควบคุมความถี่เรโซแนนซ์แบบอัตโนมัติ โดยการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมแบบฟัซซีร่วมกับวิธีการอนุมานแบบ Takagi-Sugeno ทำให้สามารถควบคุมเครื่องเร่ง

อิเล็กตรอนเชิงเส้นในการผลิตรังสีเอ็กซ์ได้อย่างต่อเนื่อง และทนต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในช่วง 38 – 42 องศาเซลเซียส และความดันสุญญากาศในช่วง 1.0×10^{-9} ถึง 5.0×10^{-8} ทอร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชา วิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2563 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

NATTAWAT YACHUM : THE ANALYSIS AND CONTROL SYSTEM DESIGN OF MAGNETRON OF 6 MeV LINEAR ACCELERATOR FOR FRUITS STERILIZATION. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. JIRAPHON SRISERTPOL, Ph.D., 193 PP.

HOLE-SLOT-TYPE MAGNETRON/PARTICLE-IN-CELL/FUZZY LOGIC

Magnetron is one of the crucial components of a high energy Linear Accelerator (LINAC) to produce a high-power RF wave directly with S-Band 2.9982 GHz frequency and send through the waveguide into the LINAC. Energetic electrons can be achieved when synchronized acceleration over the LINAC length is meet. It means that output frequency of a magnetron should be matched to the frequency of the LINAC during the operation. To obtain a continuous x-ray for agriculture product's sterilization with a high efficiency of the acceleration to at a desired energy of 6 MeV and the resonant frequency of 2.9982 GHz S-Band, the development of the more magnetron working seem inevitable. The magnetron's resonant frequency must be controlled well with a high precision, stability, and robustness to the disturbance. This research presents the analysis of the resonant frequency in a dominant mode of operation, design control algorithm for the automatic frequency adjustment of the magnetron running and physical model analysis of the inner magnetron which influences on the resonant frequency. Both analysis of the dominant mode of operation and inner dimension analysis are great information to develop in-house magnetron prototype later. The analysis of the dominant operation mode will focus mainly on a changing in resonant frequency with the tolerance of the inner-structural magnetron. This methodology is based on reverse engineering technique. As a result of the physical dimension of the

magnetron's cavities determined by using a 3D coordinate measuring machine (CMM), the resonant frequency with a desired operating point of the magnetron in the dominant mode. The tolerance in magnetron dimensions is numerical analyzed and relied on two methods. First method is mathematical model analysis of an equivalent resonant parallel circuit. The other is 3D-model of the magnetron is built up and simulated with measured dimensions. The simulations base on commercial electromagnetic code PIC (Particle-In-Cell) solver in CST (Computer Simulation Technology) particle studio.

The results are demonstrated by the position of the resonant frequency each mode operation, and the six parameters within the structures of the magnetron affect to a resonant frequency change. The suitable parameters of the voltage and magnetic field supply are desired to control a resonant frequency at 2.9982 GHz by using Takagi-Sugeno Fuzzy logic control (FLC) algorithm. This leads to produce a continuous x-ray at a given dose rate with a disturbance variation in a range of 38 to 42 Celsius and 1×10^{-9} to 5×10^{-8} torr in temperature and vacuum pressure in the LINAC, respectively.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Mechatronics Engineering

Academic year 2020

Student's Signature Natthawat

Advisor's Signature