205717

การควบคุมคุณภาพของเครื่องเร่งอนุภาค เป็นกระบวนการสำคัญที่ทำให้มั่นใจได้ถึงคุณภาพของการรักษาผู้ป่วยโรคมะเร็งด้วยรังสี ในปัจจุบันเครื่องมือและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการประกันคุณภาพทั้งหมด ต้องนำเข้าจากต่างประเทศในราคาที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นเพื่อลดการพึ่งพาการนำเข้า ลดปัญหาด้านการบำรุงรักษาของเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ และเพื่อเพิ่มศักยภาพด้านการพัฒนานวัตกรรมงานวิจัยทางด้านฟิสิกส์ จึงได้ทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องมือตรวจสอบคุณภาพลำรังสีประจำวันของเครื่องเร่งอนุภาคขึ้น โดยคุณภาพลำรังสีที่เครื่องมือสามารถทำการวิเคราะห์ ได้แก่ ความคงที่ของอัตราการแผ่รังสี ความเรียบของลำรังสี ความสมมาตรของลำรังสี และพลังงานของรังสี

ในการออกแบบเครื่องมือตรวจสอบคุณภาพรังสี จะประกอบไปด้วย หัววัดรังสีชนิด parallel-plate ionization chamber จำนวน 10 หัววัด ซึ่งสร้างจากแผ่นพีซีบี หัววัดรังสีประกอบด้วยขั้วอิเล็กโทรด 2 ขั้วขนานกัน และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของขั้วอิเล็กโทรดสัญญาณหรือแอโนด 1.3 เซนติเมตร ระยะระหว่างขั้วอิเล็กโทรด 0.5 เซนติเมตร มีปริมาตรโดยประมาณ 0.66 ลูกบาศก์เซนติเมตร และติดตั้งการ์ดริงโดยรอบขั้วอิเล็กโทรดสัญญาณและมีศักย์ทางไฟฟ้าเท่ากัน เพื่อป้องกันการรั่วไหลของกระแสไฟฟ้า ซึ่งขั้วอิเล็กโทรดสัญญาณจะต่อกับวงจรไฟฟ้ารับสัญญาณของแผงวงจรไฟฟ้าหลัก สำหรับหัววัดรังสีชนิดนี้จะมีสนามไฟฟ้าจากการให้ศักย์ไฟฟ้าสูงแรงดันลบ 300 โวลต์ ป้อนให้กับขั้วคาโทด

สัญญาณที่ได้จากหัววัดรังสีจะถูกส่งผ่านช่องสัญญาณแต่ละช่องไปยังวงจรนับวัดสัญญาณในแผงวงจรไฟฟ้าหลัก ซึ่งประกอบไปด้วย วงจรแปลงค่ากระแสไฟฟ้าเป็นแรงดันไฟฟ้า วงจรขยายสัญญาณ วงจรอินติเกรเตอร์ วงจรบัฟเฟอร์ วงจรป้อนแรงดันไฟฟ้าสูง วงจรทางดิจิตอลและประมวลผล วงจรควบคุม และวงจรแสดงผล ซึ่งจะแสดงผลการวิเคราะห์ลำรังสีออกมา

หัววัดรังสี ระบบประมวลผล และวิเคราะห์ผล ได้รับการทดสอบความเที่ยงตรง แม่นยำ ก่อนที่จะนำไปประกอบเข้าด้วยกัน โดยการทดสอบหัววัดรังสี ได้นำไปวัดรังสีจากเครื่องเร่งอนุภาค พบว่าเมื่อนำค่านับวัด จากหัววัดทั้ง 12 หัววัด มาทำการวิเคราะห์ทางสถิติ แบบ Repeated ANOVA ค่านับวัดมีความคงที่ไม่แตกต่างจากหัววัดมาตรฐาน ($p = 0.9997$) ส่วนการทดสอบระบบประมวลผลได้ทำการจำลองสัญญาณไฟฟ้าที่มีลักษณะเดียวกับสัญญาณที่ได้จากหัววัดรังสี ซึ่งแต่ละช่องสัญญาณให้ค่าที่เท่ากัน หรือใกล้เคียงกันมากที่สุด สำหรับระบบวิเคราะห์ผล ได้จำลองตัวเลขดิจิตอลป้อนให้โปรแกรมที่เขียนขึ้นมา คำนวณ เปรียบเทียบกับการคำนวณด้วยเครื่องคิดเลข ซึ่งให้ผลได้ถูกต้อง 100 เปอร์เซนต์ เมื่อทดสอบแต่ละระบบแล้ว จึงนำเครื่องมือตรวจสอบคุณภาพลำรังสีที่ออกแบบพัฒนาขึ้นไปทดสอบการใช้งานจริง เทียบกับเครื่องมือมาตรฐานโดยใช้เครื่องเร่งอนุภาคพลังงาน 6 MV และ 10 MV พบว่าเครื่องมือที่สร้างขึ้นยังให้ผลที่แตกต่างจากเครื่องมือมาตรฐานในบางครั้ง ทำให้เกิดความแตกต่างทางสถิติ ซึ่งอาจเนื่องจากจำนวนหัววัดรังสีที่แตกต่างกัน และสัญญาณรบกวนที่สูง ทำให้ค่านับวัดมีความแปรปรวนซึ่งต้องได้รับการแก้ไขต่อไป แต่อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์โดยรวมยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของสมาคมฟิสิกส์การแพทย์แห่งอเมริกา นอกจากนี้เครื่องมือตรวจสอบคุณภาพลำรังสีนี้ ยังใช้งานได้ง่ายไม่ยุ่งยากซับซ้อน ซึ่งจะทำให้นักรังสีการแพทย์สามารถนำเครื่องมือนี้ไปใช้ในกระบวนการประกันคุณภาพได้อย่างรวดเร็ว

A quality control program for linear accelerator machine is a very important task to ensure the quality of radiotherapy treatment. In Thailand, all of the quality assurance equipments are imported with relatively high cost. To reduce the cost and maintenance problems of such systems as well as to increase the strength in innovative physics research, the Daily Radiation Beam Checker for linear accelerator machine has been designed and developed. The device can be used to perform the output consistency, beam flatness, beam symmetry and energy index check.

The designed Daily Radiation Beam Checker consists of 10 parallel-plate ionization chambers (PPIC) made of standard printed circuit board. The PPICs have two electrodes with a diameter of 1.3 cm. and 0.66 cc. sensitive volume. To avoid charge build up and leakage currents, a guard ring is carefully positioned around the area of the detector and polarized to the same voltage of an anode. The anode is directly connected to the front-end circuit of a mainboard. Finally the electric field is obtained from a high voltage of negative 300V applied to the cathode.
The signal from each PPIC is sent to individual channel in the mainboard which composes of the current to voltage converter circuit, amplifier circuit, integrator circuit, buffer circuit, high voltage circuit, digital circuit, control circuit and display circuit. The digital circuit is interfaced with control panel switches and display unit to show the results of data acquisition.

The reliable tests of the PPICs were performed under a 6 MV linear accelerator and Repeated ANOVA was used to analyze the data. It was shown that all 12 PPICS are reliable as compared to standard ionization chamber with $p = 0.9997$. The data processing system was tested by the simulated signal which all 10 channels demonstrated the same output voltage. Finally, the developed data analysis program of the device was verified by manual calculation using the simulated digital data and the results of 100% correspondence were shown. Lastly, the designed Daily Radiation Beam Checker was test for its reliability under 6 MV and 10 MV linear accelerator. The results were compared to that of standard quality assurance equipment. It was found that the device provided some statistical differences of beam quality parameter as compared to the values analyzed by standard dosimeter. This may due to the different number of the radiation detector containing in the device and relatively high noise of the design system that needed to be improved. However, following AAPM standardization the designed Daily Radiation Beam Checker is reliable; moreover, it is uncomplicated and easy to setup that allows the radiotherapist to quickly complete daily QA procedure.