การออกแบบและสร้างเครื่องทวนสอบกำลังไฟฟ้าส่งออกของเครื่องผ่าตัดไฟฟ้าในโหมดการตัดเนื้อเยื่อ

A Design and Construction of the Output Power Verification Device for Electrosurgical Equipment in Tissue Cutting Mode

ธนกร อยู่โต

Thanakorn Yootho

อาจารย์ประจำหลักสูตร ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ (วิศวกรรมชีวการแพทย์) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต ตำบลหลักหก อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี 12000

Lecturer in Master of Physics Department, Science Faculty (Biomedical Engineering), Rangsit University, Phahonyothin Rd. Lakhok, Phathumthanee, Thailand 12000

**Corresponding author, E mail:thanakorn2f@hotmail.com*

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาออกแบบและสร้างเครื่องทวนสอบกำลังไฟฟ้าส่งออกของเครื่องผ่าตัดไฟฟ้าในโหมดการตัดเนื้อเยื่อใช้สำหรับทวนสอบดูถึงค่าความเที่ยงตรงของกำลังไฟฟ้าส่งออกช่วง 10 -150 วัตต์ ด้วยโหลดผู้ป่วย 100 โอห์ม 200โอห์มและ300โอห์มของเครื่องผ่าตัดไฟฟ้าแต่ละรุ่นไฟฟ้า(Elektrotom 200, Bovie2250 และ Valley Lab Force 2) ที่ใช้ในโรงพยาบาล เครื่องทวนสอบนี้ประกอบด้วย2ส่วนคือ1)ส่วนฮาร์ดแวร์ประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 จอแสดงผล(LCD 4x20) และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และ2) ส่วนซอฟต์แวร์ทำหน้าที่ประมวลผลและควบคุมการทำงาน เขียนด้วยโปรแกรมภาษาซี สมรรถภาพการทำงานของเครื่องทวนสอบนี้ถูกทดสอบโดยใช้เครื่อง Electrical Safety Analyzer , Model ESA620 พบว่ามีประสิทธิภาพอยู่ในช่วงมาตรฐานของ ECRI(Emergency Care Research Institute)ที่ได้กำหนดไว้คือไม่เกิน ±10%

คำสำคัญ: *เครื่องผ่าตัดไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า โหมดการตัดเนื้อเยื่อ ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560*

Abstract

The purpose of this research was to study the design and construct the output power verification device for electrosurgical equipment in tissue cutting mode. This device was used to measure the output power in the range of 10 – 150 watt with patient load of 100,200 and 300 □ for each electrosurgical equipment model (Elektrotom 200, Bovie2250 and Valley Lab Force 2) in general hospitals. This device composed of 2 parts: 1) the hardware part

consists of microcontroller Arduino Mega 2560, Display (LCD 4x20) and electronic devices and 2) the software part was used for processing and controlling with C-language program. The output power verification device performance was tested by electrical safety analyzer (model ESA620) and found that the efficiency was in the standard ranges of the Emergency Care Research Institute (ECRI) of not more than ±10%.

Keywords: *Electrosurgical device, Power, Tissue cutting mode, Microcontroller Arduino Mega 2560*

1. บทนำ

เครื่องผ่าตัดไฟฟ้าทำหน้าที่กำเนิดคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูง(500KHz - 3MHz) มีค่าความเข้มของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าสูง จ่ายไหลผ่านอิเล็กโทรดตัด(Cutting electrode) ไหลผ่านร่างกายผู้ป่วย ไหลผ่านอิเล็กโทรดแผ่น(Plate electrode)และไหลกลับมาครบวงจรที่ตัวเครื่อง ตำแหน่งที่อิเล็กโทรดตัดสัมผัสกับเนื้อเยื่อของร่างกายจะเกิดการสปาร์ค (Spark) ของกระแสไฟฟ้าขึ้น ที่เนื้อเยื่อบริเวณนั้นจะเกิดความร้อนสูงมาก น้ำที่อยู่ภายในเซลล์ของเนื้อเยื่อเดือดกลายเป็นไอ หลังจากนั้นเนื้อเยื่อจะถูกทำลายทำให้เกิดบาดแผลขึ้น แผลนั้นถูกเรียกว่า “ แผลผ่าตัด ” โหมดการทำงานของเครื่องผ่าตัดไฟฟ้าโดยทั่วไปมี 3 โหมดหลัก คือโหมดการตัดเนื้อเพียงอย่างเดียวเรียกว่า Cutting mode โหมดการจี้ห้ามเลือดเพียงอย่างเดียวเรียกว่า Coag mode และโหมดการตัดเนื้อเยื่อพร้อมกับการจี้ห้ามเลือดเรียกว่า Blend mode ตามลำดับ (Ronald L., 1997 ; สาธิต นฤภัย., 2550) การจ่ายกำลังไฟฟ้าส่งออกจากตัวเครื่องผ่าตัดไฟฟ้าเข้าสู่ร่างกายผู้ป่วยต้องมีความเที่ยงตรง(Accuracy)สูงดังนั้นค่ากำลังไฟฟ้าที่แพทย์ปรับตั้งใช้งานบนหน้าปัดของเครื่องผ่าตัดไฟฟ้าจะต้องมีค่าตรงกับค่ากำลังไฟฟ้าส่งออกที่เครื่องผ่าตัดไฟฟ้านั้นปล่อยออกมาและจ่ายให้กับเนื้อเยื่อของผู้ป่วย ในกรณีที่ค่ากำลังไฟฟ้าที่แพทย์ปรับตั้งใช้งานบนหน้าปัดของเครื่อง มีค่าไม่ตรงกับค่ากำลังไฟฟ้าส่งออกที่เครื่องนั้นปล่อยออกมา ส่งผลทำให้การผ่าตัดไม่ประสบความสำเร็จ รวมทั้งแพทย์และผู้ป่วยจะได้รับอันตรายจากแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่สูงดังนี้คือ เนื้อเยื่อบริเวณแผลผ่าตัดของผู้ป่วยถูกทำลายอย่างมาก ส่งผลทำให้อวัยวะส่วนอื่นๆที่ไม่เกี่ยวข้องถูกทำลายไปด้วย เกิดแผลพุพองบนผิวหนังหรืออาจทำให้แพทย์และผู้ป่วยได้รับอันตรายจนเสียชีวิต (ECRI, 2009) ดังนั้นการวัดกำลังไฟฟ้าหรือการทวนสอบกำลังไฟฟ้าส่งออกของเครื่องผ่าตัดไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการผ่าตัดในทางการแพทย์มีความสำคัญมาก ในประเทศไทยยังไม่มีผู้ใดประดิษฐ์เครื่องทวนสอบกำลังไฟฟ้าส่งออกของเครื่องผ่าตัดไฟฟ้านี้ขึ้นมา งานวิจัยนี้ผู้วิจัยมีความสนใจในการออกแบบและสร้างเครื่องทวนสอบกำลังไฟฟ้าส่งของเครื่องผ่าตัดไฟฟ้าในโหมดการตัดเนื้อเยื่อเพียงโหมดเดียวใช้สำหรับทวนสอบวัดกำลังไฟฟ้าส่งออกของเครื่องผ่าตัดไฟฟ้าในโรงพยาบาลโดยทั่วไป ปัจจุบันเครื่องสอบเทียบกำลังไฟฟ้าส่งออกของเครื่องผ่าตัดไฟฟ้าโดยทั่วไปถูกนำเข้าจากต่างประเทศซึ่งมีราคาสูง การออกแบบและสร้างเครื่องทวนสอบกำลังไฟฟ้าส่งออกของเครื่องผ่าตัดไฟฟ้าในโหมดการตัดเนื้อเยื่อนี้เป็นแนวหนึ่งในการประดิษฐ์คิดค้นและพัฒนา เพื่อผลิตเครื่องทวนสอบนี้ขึ้นใช้ภายในประเทศทดแทนการนำเข้าเครื่องสอบเทียบจากต่างประเทศ

2. วัตถุประสงค์

ออกแบบและสร้างเครื่องทวนสอบกำลังไฟฟ้าส่งออกของเครื่องผ่าตัดไฟฟ้าในโหมดการตัดเนื้อเยื่อ

(Cutting mode)เพื่อตรวจสอบถึงความถูกต้องของค่ากำลังไฟฟ้าที่เครื่องผ่าตัดไฟฟ้าแต่ละรุ่นปล่อยออกมาและจ่ายให้กับตัวผู้ป่วย

3. อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 ใช้อุปกรณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ดังนี้

3.1.1 ตัวความต้านทาน ตัวคาปาซิสเตอร์ ไอซีและไดโอด

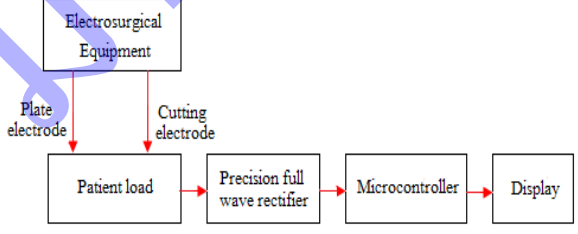
3.1.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 และจอแสดงผล(LCD 4x20)

3.1.3 รีเลย์และสวิตซ์ปุ่มกด

3.2 วิธีดำเนินงานวิจัย

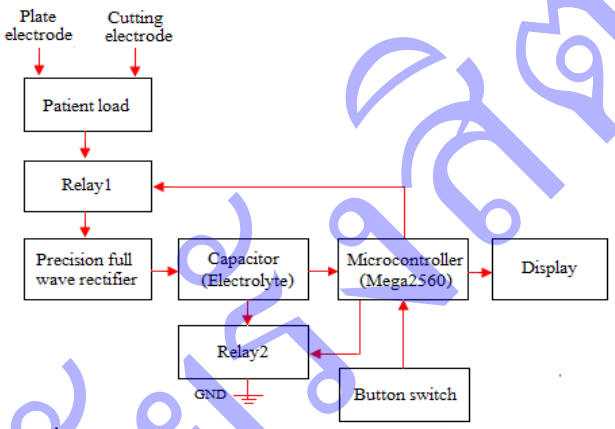
3.2.1 ศึกษาความเป็นไปได้ในหลักการทำงานและการออกแบบเครื่องทวนสอบกำลังไฟฟ้าส่งออก

การออกแบบเครื่องทวนสอบกำลังไฟฟ้าส่งออกในโหมดการตัดเนื้อเยื่อของเครื่องผ่าตัดไฟฟ้าจะใช้ตัวความต้านทานที่มีวัตต์สูงทำหน้าที่เป็นโหลดผู้ป่วย (Patient load)เมื่อกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงจากตัวเครื่องผ่าตัดไฟฟ้าไหลผ่านโหลดผู้ป่วยนี้จะถูกลดลงอย่างมากและถูกจ่ายให้กับวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น(Precision full wave rectifier)ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูงไปเป็นไฟฟ้ากระแสตรงตัวไมโครคอนโทลเลอร์จะนำค่ากระแสไฟฟ้าตรงนี้มาประมวลผลและส่งไปแสดงผลเป็นค่าของกำลังไฟฟ้าในหน่วยของวัตต์(watt)บนจอแสดงผล(Display)



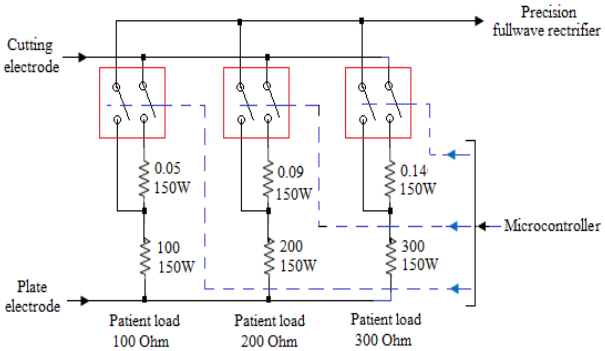
รูปที่1 ไดอะแกรมหลักในการออกแบบเครื่องทวนสอบกำลังไฟฟ้าส่งออกของเครื่องผ่าตัดไฟฟ้าในโหมดการตัดเนื้อเยื่อ

3.2.2 ออกแบบและสร้างส่วนฮาร์ดแวร์เครื่องทวนสอบกำลังไฟฟ้าส่งออกของเครื่องผ่าตัดไฟฟ้ามีส่วนประกอบสำคัญดังแสดงในรูปที่ 2



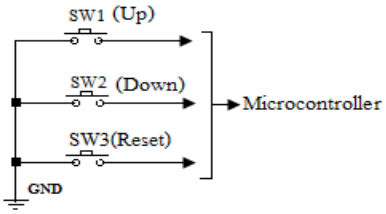
รูปที่2 ไดอะแกรมแสดงหลักการทำงานของเครื่องทวนสอบกำลังไฟฟ้าส่งออกของเครื่องผ่าตัดไฟฟ้าในโหมดการตัดเนื้อเยื่อที่ออกแบบและสร้าง

Patient load: วงจรในส่วนนี้ประกอบด้วย ตัวความต้านทานขนาด 150วัตต์ต่อวงจรเป็นแบบแบ่งแรงดันไฟฟ้า (Voltage divider) ซึ่งประกอบด้วย 100 โอห์ม 200 โอห์มและ300โอห์มตามลำดับ ถูกต่อเข้ากับตัวรีเลย์ (Relay) ซึ่งทำหน้าที่เลือกค่าความต้านทานครั้งละ 1 ค่าให้ตรงกับค่าโหลดของเครื่องผ่าตัดไฟฟ้าในแต่ละรุ่นที่ได้กำหนดไว้ โดยมีตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมในการเลือก



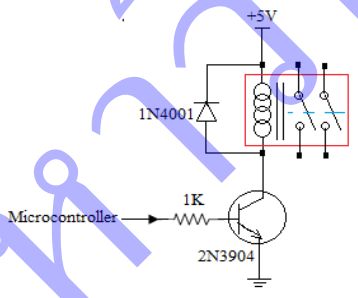
รูปที่3 ลักษณะวงจรโหลดผู้ป่วยต่อเข้ากับตัวรีเลย์โดยใช้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมในการเลือกโหลดผู้ป่วยแต่ละค่า

Button switch: เมื่อSW1และSW2ถูกกด ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับรู้และสั่งการให้ตัวรีเลย์เลือกค่าโหลดผู้ป่วยแต่ละค่า โดยการเลื่อนขึ้นหรือลง สำหรับ SW3ทำหน้าที่รีเซ็ตระบบในการทำงาน ในกรณีที่ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานผิดพลาด



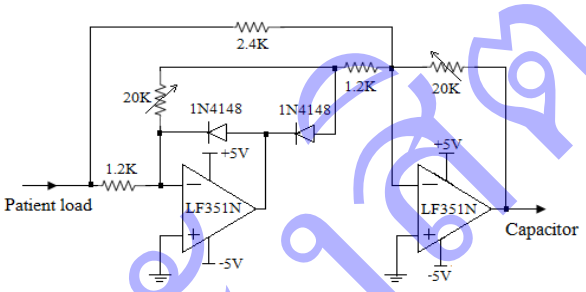
รูปที่ 4 ลักษณะวงจรไฟฟ้าของสวิตช์ปุ่มกดต่อเข้ากับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์

Relay1 และ Relay2: รีเลย์1ทำหน้าที่เลือกค่าความต้านทาน1 ค่าและต่อค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตรวจวัดได้ส่งให้กับวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าเต็มคลื่นและรีเลย์2 ทำหน้าที่คลายประจุไฟฟ้าภายในตัวคาปาซิสเตอร์ลงกราวด์หลังจากตัวไมโครคอนโทรลเลอร์นำค่าแรงดันไฟฟ้าภายในตัวคาปาซิสเตอร์ไปประมวลผลเรียบร้อยแล้ว รีเลย์ทั้งสองนี้ถูกควบคุมการทำงานด้วยตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านตัวทรานซิสเตอร์2N3904



รูปที่ 5 ลักษณะวงจรรีเลย์ต่อเข้ากับตัวทรานซิสเตอร์ใช้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการตัดและต่อวงจร

Precision full wave rectifier: วงจรนี้ประกอบด้วย ตัวออปแอมป์ ตัวความต้านทานและตัวไดโอดซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูง (ค่าแรงดันไฟฟ้าต่ำ) ไปเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (Texas Instruments., 2013)



รูปที่ 6 ลักษณะวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น

Capacitor: ทำหน้าที่เก็บประจุไฟฟ้าที่ได้จากวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น ค่าคาปาซิสเตอร์ที่ใช้ในวงจรนี้คือ 470 uF/16V

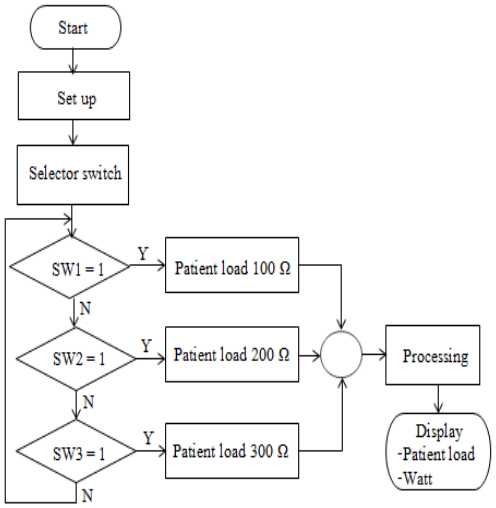
รูปที่ 7 ลักษณะตัวคาปาซิสเตอร์และสัญลักษณ์

Microcontroller and Display: ทำหน้าที่นำค่าแรงดันไฟฟ้าจากตัวคาปาซิสเตอร์ไปประมวลผลและส่งค่าที่ได้ไปแสดงผลที่จอแสดงผลเป็นค่าของกำลังไฟฟ้าในหน่วยของวัตต์ (เอกชัย มะการม., 2552; Arduino MEGA., 2014)

รูปที่ 8 ลักษณะบอร์ด ไมโครคอนโทรลเลอร์Arduino Mega 2560 และจอแสดงผล(LCD 4x20)

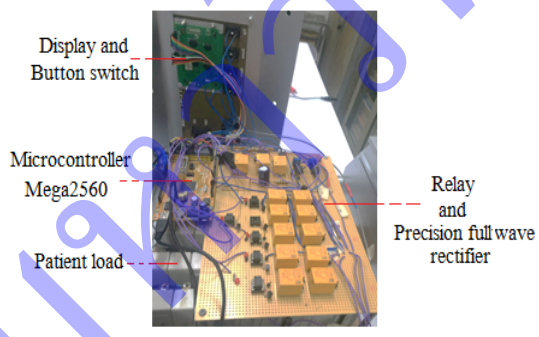
3.2.3 การออกแบบในส่วนของซอฟต์แวร์

จากรูปที่9 แสดงไดอะแกรมหลักการทำงานของโปรแกรมควบคุมและการประมวลผลของเครื่องทวนสอบกำลังไฟฟ้าส่งออกที่ออกแบบและสร้าง



รูปที่9 ไดอะแกรมแสดงหลักการทำงานของโปรแกรมควบคุมและประมวลผลของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์

ลักษณะวงจรรวมของเครื่องทวนสอบกำลังไฟฟ้าส่งออกของเครื่องผ่าตัดไฟฟ้าที่ออกแบบและสร้างเสร็จสมบูรณ์แล้วดังแสดงในรูปที่ 10

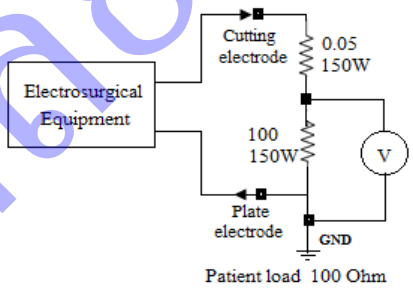


รูปที่10 แสดงวงจรรวมของเครื่องทวนสอบกำลังไฟฟ้าส่งออกของเครื่องผ่าตัดไฟฟ้าที่ออกแบบและสร้าง

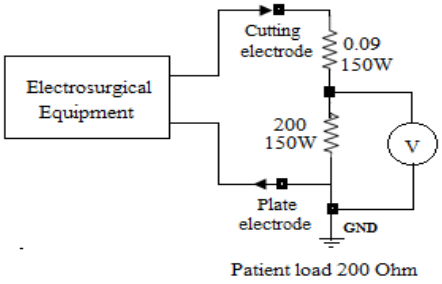
3.2.4 วิธีการทดสอบ

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบทางด้านเทคนิค 2 ส่วนคือ

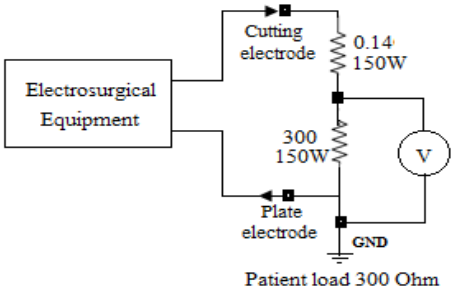
1. ทดสอบโดยการปล่อยกำลังไฟฟ้าจากตัวเครื่องผ่าตัดไฟฟ้าไหลผ่านตัวความต้านทาน (ต่อวงจรแบบแบ่งแรงดัน) ซึ่งทำหน้าที่เป็นโหลดของผู้ป่วย หลังจากนั้นใช้ Digital multimeter รุ่น RD701 วัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวความต้านทาน 100โอห์ม 200 โอห์มและ300โอห์มตามลำดับ วิธีการตรวจวัดดังแสดงในรูปที่11 ถึงรูปที่13และผลที่ได้แสดงเป็นกราฟในรูปที่ 15 ถึงรูปที่17 เป็นความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าช่วง 10 – 150 วัตต์(Watt) ที่เครื่องผ่าตัดไฟฟ้าแต่ละรุ่นปล่อยออกมาเทียบกับแรงดันไฟฟ้า(Voltage)ที่ Digital multimeter ตรวจวัดได้



รูปที่11 แสดงเครื่องผ่าตัดไฟฟ้า(Elektrotom 200) ปล่อยกำลังไฟฟ้าผ่านโหลดผู้ป่วย100โอห์มและวิธีการวัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมโหลดผู้ป่วย100โอห์มด้วย Digital multimeter



รูปที่12 แสดงเครื่องผ่าตัดไฟฟ้า (Bovie 2250) ปล่อยกำลังไฟฟ้าผ่านโหลดผู้ป่วย200โอห์มและวิธีการวัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมโหลดผู้ป่วย 200โอห์มด้วย Digital multimeter



รูปที่13 แสดงเครื่องผ่าตัดไฟฟ้า(Valley Lab Force 2) ปล่อยกำลังไฟฟ้าผ่านโหลดผู้ป่วย300โอห์มและวิธีการวัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมโหลดผู้ป่วย 300โอห์มด้วย Digital multimeter

2. ทดสอบความถูกต้องในการวัดกำลังไฟฟ้าส่งออกช่วง 10 -150 วัตต์ ด้วยโหลดผู้ป่วย 100โอห์ม 200โอห์มและ300โอห์มของเครื่องผ่าตัดไฟฟ้าแต่ละรุ่นด้วยเครื่อง Electrical safety analyzer, Model ESA620 (เป็นเครื่องมาตรฐานสากล) เทียบกับเครื่องทวนสอบกำลังไฟฟ้าส่งออกของเครื่องผ่าตัดไฟฟ้าที่ออกแบบและสร้างทำการวัดค่า 3 ครั้งหลังจากนั้นทำการคำนวณหาค่าดังนี้

คำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย(mean)จากสมการ

$$\text{Mean} = \frac{\text{นำค่าที่วัดได้ 3 ครั้ง}}{3}$$

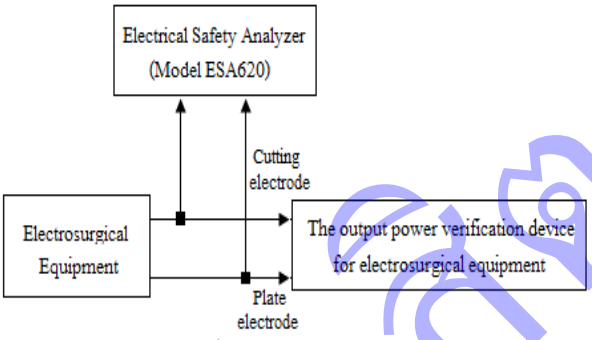
คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความคาดเคลื่อน (%Error) จากสมการ

$$\% \text{ Error} = \frac{\{E - S\} \times 100}{S}$$

เมื่อ S = ปริมาณมาตรฐาน

E = ผลที่ได้จากการวัด

ผลที่ได้ถูกบันทึกลงในตารางที่ 1 ถึงตารางที่3 ตามลำดับ

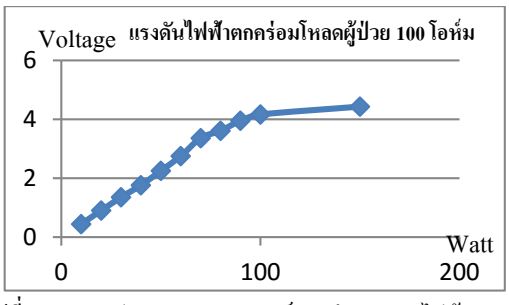


รูปที่14 ไดอะแกรมแสดงวิธีการตรวจวัดกำลังไฟฟ้าส่งออกของเครื่องผ่าตัดไฟฟ้าด้วยเครื่อง Electrical safety analyzer, Model ESA620 เทียบกับเครื่องทวนสอบกำลังไฟฟ้าส่งออกของเครื่องผ่าตัดไฟฟ้าที่ออกแบบและสร้าง

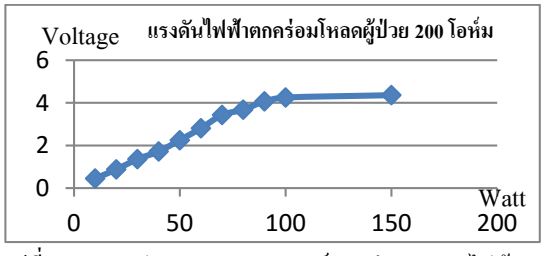
4. ผลการวิจัย

ผลของการวิจัยประกอบด้วย 2 ส่วนดังนี้

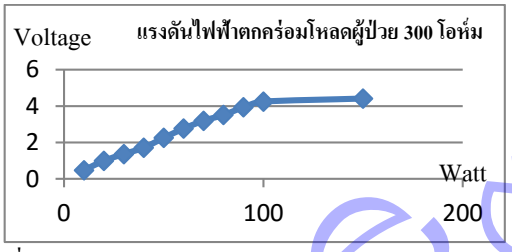
4.1 ผลกราฟแสดงความเป็นเชิงเส้นระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จาก Digital multimeter รุ่น RD701 เทียบกับกำลังไฟฟ้าที่เครื่องผ่าตัดไฟฟ้าแต่ละรุ่นปล่อยออกมาใช้โหลดผู้ป่วยให้ตรงกับเครื่องผ่าตัดไฟฟ้าแต่ละรุ่นได้กำหนดไว้ ดังในรูปที่15ถึงรูปที่17(วิธีการตรวจวัดดังแสดงไว้ในรูปที่11ถึงรูปที่13)



รูปที่15 ผลกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับกำลังไฟฟ้าส่งออกของตัวเครื่องผ่าตัดไฟฟ้า (Elektrotom 200) ช่วง 10 – 150 วัตต์ ผ่านตัวความต้านทาน100โอห์ม



รูปที่16 ผลกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับกำลังไฟฟ้าส่งออกของตัวเครื่องผ่าตัดไฟฟ้า (Bovie 2250) ช่วง 10 – 150วัตต์ ผ่านตัวความต้านทาน200โอห์ม



รูปที่17 ผลกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับกำลังไฟฟ้าส่งออกของตัวเครื่องผ่าตัดไฟฟ้า(Valley Lab Force 2) ช่วง 10 – 150วัตต์ ผ่านตัวความต้านทาน300โอห์

4.2 การทวนสอบวัดกำลังไฟฟ้าส่งออกช่วง 10 - 150 วัตต์ของ เครื่องผ่าตัดไฟฟ้า Elektrotom 200, Bovie2250 และ Valley Lab Force 2 ใช้โหลดผู้ป่วย100โอห์ม 200โอห์ม และ300โอห์มตามลำดับด้วยเครื่อง Electrical Safety Analyzer, Model ESA620(เครื่องมาตรฐาน) เทียบกับเครื่องทวนสอบกำลังไฟฟ้าส่งออกของเครื่องผ่าตัดไฟฟ้าที่ออกแบบและสร้าง ผลที่ได้ถูกบันทึกลงในตารางที่1ถึงตารางที่3

ตารางที่1 ผลการทวนสอบวัดกำลังไฟฟ้าส่งออกช่วง 10 - 150 วัตต์ของเครื่องผ่าตัดไฟฟ้า Elektrotom 200 ใช้โหลดผู้ป่วย100โอห์ม

Electrosurgical Device (Elektrotom 200) (Watt)	Electrical Safety Analyzer (Watt)	The output power verification device for electrosurgical equipment				
		Test1 (Watt)	Test2 (Watt)	Test3 (Watt)	Mean (Watt)	%Error (Watt)
Load 100 Ohm						
10	10	9	10	11	10	0
20	19	19	20	18	19	0
30	31	29	31	29	29	-6.45
40	42	41	39	42	40	-4.76
50	50	50	52	49	50	0
60	61	59	62	60	60	-1.63
70	69	71	71	69	70	1.44
80	82	81	78	82	80	-2.43
90	90	92	91	92	91	1.11
100	101	99	100	98	99	-1.98
150	149	148	148	147	147	-1.34

หมายเหตุ Test1, Test2, Test3 คือการวัดกำลังไฟฟ้าส่งออกด้วยเครื่องทวนสอบกำลังไฟฟ้าส่งออกของเครื่องผ่าตัดไฟฟ้าที่ออกแบบและสร้าง ครั้งที่1 - 3

ตารางที่2 ผลการทวนสอบวัดกำลังไฟฟ้าส่งออกช่วง 10 - 150 วัตต์ของเครื่องผ่าตัดไฟฟ้า Bovie2250 ใช้โหลดผู้ป่วย200โอห์ม

Electrosurgical Device (Bovie2250) (Watt) **Load 200 Ohm**	Electrical Safety Analyzer (Watt)	The output power verification device for electrosurgical equipment				
		Test1 (Watt)	Test2 (Watt)	Test3 (Watt)	Mean (Watt)	%Error (Watt)
10	10	9	11	10	10	0
20	19	21	20	19	20	5.2
30	31	29	29	31	29	-6.45
40	40	40	42	42	41	2.5
50	50	49	49	51	49	-2.0
60	59	61	60	59	60	1.69
70	72	69	70	70	69	-4.16
80	80	80	78	78	78	-2.5
90	91	90	90	92	90	-1.09
100	100	101	100	100	100	0
150	151	152	150	152	151	0

หมายเหตุ Test1, Test2, Test3 คือการวัดกำลังไฟฟ้าส่งออกด้วยเครื่องทวนสอบกำลังไฟฟ้าส่งออกของเครื่องผ่าตัดไฟฟ้าที่ออกแบบและสร้าง ครั้งที่1 - 3

ตารางที่ 3 ผลการทวนสอบวัดกำลังไฟฟ้าส่งออกช่วง 10 - 150 วัตต์ของเครื่องผ่าตัดไฟฟ้า Valley Lab Force 2ใช้โหลดผู้ป่วย 300โอห์ม

Electrosurgical Device (Valley Lab Force 2) (Watt) **Load 300 Ohm**	Electrical Safety Analyzer (Watt)	The output power verification device for electrosurgical equipment				
		Test1 (Watt)	Test2 (Watt)	Test3 (Watt)	Mean (Watt)	%Error (Watt)
10	10	10	11	9	10	0
20	20	21	20	21	20	0
30	31	33	32	33	32	3.22
40	40	40	39	39	39	-2.50
50	49	47	48	47	47	-4.08

Electrosurgical Device (Valley Lab Force 2) (Watt)	Electrical Safety Analyzer (Watt)	The output power verification device for electrosurgical equipment				
		Test1 (Watt)	Test2 (Watt)	Test3 (Watt)	Mean (Watt)	%Error (Watt)
Load 300 Ohm						
60	59	59	59	58	58	-1.69
70	70	72	71	72	71	1.42
80	82	79	78	81	79	-3.65
90	90	92	93	92	92	2.22
100	100	101	101	100	100	0
150	152	153	153	154	153	0.65

หมายเหตุ Test1, Test2, Test3 คือการวัดกำลังไฟฟ้าส่งออกด้วยเครื่องทวนสอบกำลังไฟฟ้าส่งออกของเครื่องผ่าตัดไฟฟ้าที่ออกแบบและสร้าง ครั้งที่1 - 3

5. การอภิปรายผล

เครื่องทวนสอบกำลังไฟฟ้าส่งออกของเครื่องผ่าตัดไฟฟ้าที่ออกแบบและสร้างใช้สำหรับทวนสอบค่ากำลังไฟฟ้าส่งออกของเครื่องผ่าตัดไฟฟ้า 3 รุ่นคือ Elektrotom 200, Bovie 2250และ Valley Lab Force 2 ผลการทวนสอบโดยการวัดกำลังไฟฟ้าส่งออกช่วง 10 - 150 วัตต์ด้วยโหลดผู้ป่วย 100 โอห์ม 200โอห์มและ300 โอห์มตามลำดับพบว่า มีค่าผิดพลาดน้อยมากหรือบางช่วงความถี่ไม่มีความผิดพลาดซึ่งถือว่าเป็นที่ยอมรับได้ เนื่องจากอยู่ในมาตรฐานของ ECRI ในอนาคตควรพัฒนาเครื่องทวนสอบกำลังไฟฟ้าส่งออกของเครื่องผ่าตัดด้วยไฟฟ้านี้ให้มีฟังก์ชันการทวนสอบกำลังไฟฟ้าส่งออกในโหมดของการตัดและจี้ห้ามเลือด(Blend mode)และโหมดการจี้ห้ามเพียงอย่างเดียว(Coag mode)เพิ่มเข้ามาเพื่อให้ได้เครื่องทวนสอบกำลังไฟฟ้าส่งออกของเครื่องผ่าตัดไฟฟ้าได้ครบทุกโหมดการทำงาน

6. บทสรุป

การออกแบบและสร้างเครื่องทวนสอบกำลังไฟฟ้าส่งออกของเครื่องผ่าตัดไฟฟ้าที่ออกแบบและสร้างนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทวนสอบค่ากำลังไฟฟ้าที่ปล่อยออกจากตัวเครื่องผ่าตัดไฟฟ้าในแต่ละรุ่นที่ใช้ในการผ่าตัดของโรงพยาบาลโดยทั่วไป เครื่องทวนสอบกำลังไฟฟ้าของเครื่องผ่าตัดไฟฟ้าที่ออกแบบและสร้างนี้ประกอบไปด้วยส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ผลการทดสอบสมรรถภาพการทำงานของเครื่องทวนสอบนี้ถูกเปรียบเทียบกับเครื่อง Electrical Safety Analyzer, Model ESA620(เครื่องมาตรฐาน)ใช้ทวนสอบค่ากำลังไฟฟ้าส่งออกช่วง 10 -150 วัตต์ โดยใช้เครื่องผ่าตัดไฟฟ้า Elektrotom 200 ใช้โหลดผู้ป่วย 100 โอห์ม เครื่องผ่าตัดไฟฟ้า Bovie 2250 ใช้โหลดผู้ป่วย 200โอห์มและเครื่องผ่าตัดไฟฟ้า Valley Lab Force 2ใช้โหลดผู้ป่วย 300 โอห์มมาทดสอบตามลำดับ พบว่าเครื่องทวนสอบกำลังไฟฟ้าที่ออกแบบและสร้างมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับเครื่องสอบเทียบมาตรฐานคือมีค่าผิดพลาดไม่เกิน

±10% ซึ่งอยู่ในช่วงมาตรฐานของECRIที่ได้กำหนดไว้ถือว่ายอมรับได้

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ในโรงพยาบาลนายายอาม จังหวัดจันทบุรีที่อนุญาตให้ใช้เครื่องผ่าตัดไฟฟ้า Elektrotom 200, Bovie 2250และ Valley Lab Force 2 มาทวนสอบวัดค่ากำลังไฟฟ้าส่งออก ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่กองวิศวกรรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุขที่ให้คำแนะนำและความรู้เกี่ยวกับมาตรฐานด้านความปลอดภัยของเครื่องผ่าตัดไฟฟ้าที่ใช้ในโรงพยาบาลและขอขอบคุณมหาวิทยาลัยรังสิตที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัย สถานที่และเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆในการออกแบบและสร้างเครื่องจนสำเร็จลุล่วงได้

8. เอกสารอ้างอิง

Ronald L. (1997). Principles of electrosurgery. Retrieved (2014, August 14) from: http://www.frankshospitalworkshop.com/equipment/documents/electrosurgery/equipment/TektranPrinciples_of_Electrosurgery.pdf

สาธิต นฤภัย.(2550).เครื่องตัดจี้ด้วยไฟฟ้า. กองวิศวกรรมการแพทย์, กระทรวงสาธารณสุข.

ECRI. (2009). New clinical guide to surgical fire prevention. Retrieved (2014, August 29) from: https://www.ecri.org/Documents/New_Clinical_Guide_to_Surgical_Fire_Prevention.pdf

Texas Instruments Incorporated. (2013). Precision Full-Wave Rectifier, Dual-Supply. . Retrieved (2014, October 20) from: http://www.ti.com.cn/cn/lit/ug/tidu030/tidu030.pdf

เอกชัย มะการ.(2552). เรียนรู้ เข้าใจ ใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ด้วย Arduino, กรุงเทพฯ: บริษัท อีทีที จำกัด.

Arduino MEGA. (2014). MEGA 2560 R3 Datasheet. Retrieved (2014, August 16) from: http://www.inhaos.com/uploadfile/otherpic/2560.pdf