# บทที่ 3
# การพัฒนาระบบถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์แบบสแกน

## 3.1 การพัฒนาแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับหลอดรังสีเอกซ์

การพัฒนาแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับหลอดรังสีเอกซ์แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

### 3.1.1 แหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูงแบบสวิตชิง (High Voltage Switching Power Supply )

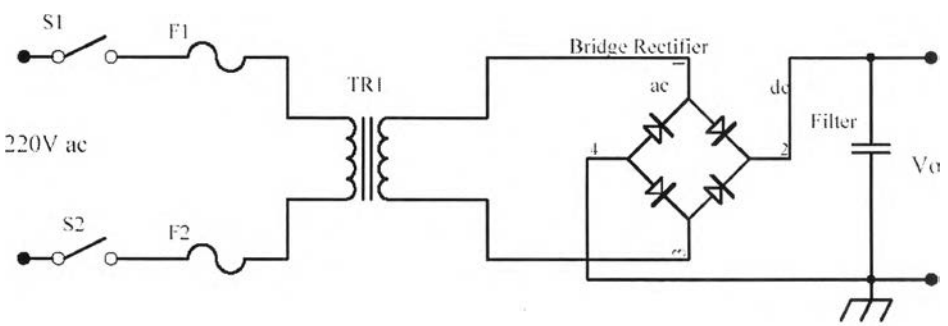
ข้อมูลพิกัดของแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูงแบบสวิตชิงสำหรับหลอดรังสีเอกซ์ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

| | | | |
|---|---|---|---|
| ศักดาไฟฟ้าทางด้านทางเข้า | = | 50 | V |
| ศักดาไฟฟ้าทางด้านทางออก | = | 60 | kV |
| กระแสไฟฟ้าทางด้านทางออก | = | 1 | mA |

ขั้นตอนการออกแบบแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูงแบบสวิตชิงสำหรับหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์สามารถแบ่งเป็นส่วนหลักๆได้ดังนี้

#### 3.1.1.1 วงจรเรียงกระแสและวงจรกรองแรงดัน

วงจรเรียงกระแสและวงจรกรองแรงดันเป็นส่วนที่ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับที่ถูกส่งมาทางด้านขาออกของ TR1 ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง ด้านทางเข้า TR1 ของวงจรใส่วงจรกรองสัญญาณรบกวนไว้เพื่อป้องกันสิ่งรบกวนจากระบบจ่ายไฟฟ้าและป้องกันสิ่งรบกวนที่เกิดจากกระบวนการสวิตซ์ของวงจรอินเวอร์เตอร์ออกไปรบกวนภายนอก ดังรูปที่ 3.1




รูปที่ 3.1 ผังวงจรเรียงกระแสและกรองแรงดัน

พารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับการออกแบบวงจรเรียงกระแสและกรองแรงดันมีดังต่อไปนี้

| | | | |
|---|---|---|---|
| ศักดาไฟฟ้าทางด้านทางเข้า | = | 220 | V |
| ศักดาไฟฟ้าทางด้านทางออก | = | 50 | V |
| กระแสไฟฟ้าทางด้านทางออก | = | 2 | A |
| ความถี่จากไฟฟ้ากระแสสลับ | = | 50 | Hz |

ก. การออกแบบวงจรเรียงกระแส

จากข้อมูลข้างต้น สามารถเลือกอุปกรณ์ที่ใช้สร้างวงจรเรียงกระแสได้โดยต้องหากระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้ทางด้านทางเข้าของวงจร ดังสมการ

กระแสไฟฟ้าด้านทางเข้า $I_i = \frac{V_o \times I_o}{V_i}$ ( 3.1 )

จาก $V_i = 220$ V $V_o = 50$ V และ $I_o = 2$ A

ดังนั้น กระแสไฟฟ้าด้านทางเข้า $I_i = \frac{50 \times 2\ A}{220\ V} \approx 455$ mA

จากการคำนวณจะต้องใช้ไดโอดเรียงกระแสที่ทนศักดาไฟฟ้ากลับทางได้ไม่ต่ำกว่า 100 V และกระแสไบอัสตรงไม่ต่ำกว่า 2 A แต่ในการใช้งานจริงควรเผื่อค่าความปลอดภัยไว้สำหรับในงานวิจัยนี้เลือกใช้วงจรเรียงกระแสแบบเต็มรูปคลื่น (Full Ware Rectifier) ที่ทนศักดาไฟฟ้าได้ 600 V และทนกระแสได้ 8 A

ข. การออกแบบวงจรกรองแรงดัน

จากสมการ สามารถหาขนาดความจุของคาปาซิเตอร์ได้

$$C = \frac{\omega C R_l}{2\pi f \frac{(V_{C(DC)})}{I_o}} \quad ( 3.2 )$$

จากวงจรจะกำหนดให้ค่า Ripple ประมาณ 1 % ดังนั้น สามารถหาค่า $\omega CR_L$ ได้ประมาณ 45 ถึง 80 เลือกค่า $\omega CR_L$ เท่ากับ 80

ดังนั้น ค่าความจุของคาปาซิเตอร์เท่ากับ $C = \frac{80}{2 \times \pi \times 50(50/2)} \approx 10{,}186\ \mu F$

จากการคำนวณจะได้ค่าความจุของคาปาซิเตอร์ประมาณ 10,000 μF และต้องทนศักดาไฟฟ้าได้ไม่ต่ำกว่า 50 V สำหรับในงานวิจัยนี้เลือกใช้คาปาซิเตอร์ที่มีความจุ 3,300 μF ต่อขนาน 2 ตัว เท่ากับ 6,600 μF และทนศักดาไฟฟ้าได้ 63 V ในทางทฤษฎีต้องเผื่อความสามารถในการทนศักดาไฟฟ้าของคาปาซิเตอร์ไว้สองเท่า คือ ต้องทนศักดาไฟฟ้าประมาณ 100 V แต่ในทางปฏิบัตินั้นราคาของคาปาซิเตอร์ที่มีค่าความจุสูงและทนศักดาไฟฟ้าได้สูงมีราคาแพง

3.1.1.2. การออกแบบวงจรอินเวอร์เตอร์

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้วงจรแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับแบบฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ โดยเลือกใช้เพาเวอร์มอสเฟตในการทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์ เนื่องจากมอสเฟตเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีคุณสมบัติเหมาะสำหรับการทำงานแบบสวิตชิง ซึ่งตอบสนองความถี่สูงได้ดี อีกทั้งยังง่ายต่อการควบคุมการทำงาน กล่าวคือ มอสเฟตทำงานด้วยการขับศักดาไฟฟ้าที่วงจรเกต ซึ่งจะต่างจากทรานซิสเตอร์ที่ต้องการทั้งศักดาไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าขับวงจรเบสค่อนข้างสูงในการจะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานแบบสวิตช์เมื่อเทียบราคากับ IGBT ก็มีราคาประหยัดกว่าในขณะนี้

อุปกรณ์สวิตช์เพาเวอร์มอสเฟตที่ใช้ในวงจรนี้เลือกมอสเฟตเบอร์ IRFPG50 ซึ่งมีความสามารถทนศักดาไฟฟ้าได้สูงสุด 1,000 V ทนกระแสไฟฟ้าสูงสุด 6.1 A และเหมาะสำหรับวงจรสวิตชิงความถี่สูง เป็นมอสเฟตที่หาได้ง่าย มีรายละเอียดในภาคผนวก ข สำหรับการใช้งานจริงจำเป็นต้องทำการต่อขนานมอสเฟตเพื่อแบ่งการรับภาระของกระแสที่ไหลผ่านมอสเฟตและกำลังไฟฟ้าของมอสเฟต ซึ่งมอสเฟตแต่ละตัวมีความสามารถในการทนกำลังไฟฟ้าได้ประมาณ 100 Wและ กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นประมาณ 100 W โดยจะต้องต่อขนานมอสเฟตจำนวน 2 ตัว

3.1.1.3 การออกแบบวงจรควบคุม

วงจรควบคุมศักดาไฟฟ้าทางออกให้คงที่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูงนี้จัดการทำงานแบบการปรับความกว้างพัลส์ (Pulse Width Modulation : PWM) โดยเลือกอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรควบคุม ควรเลือกอุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

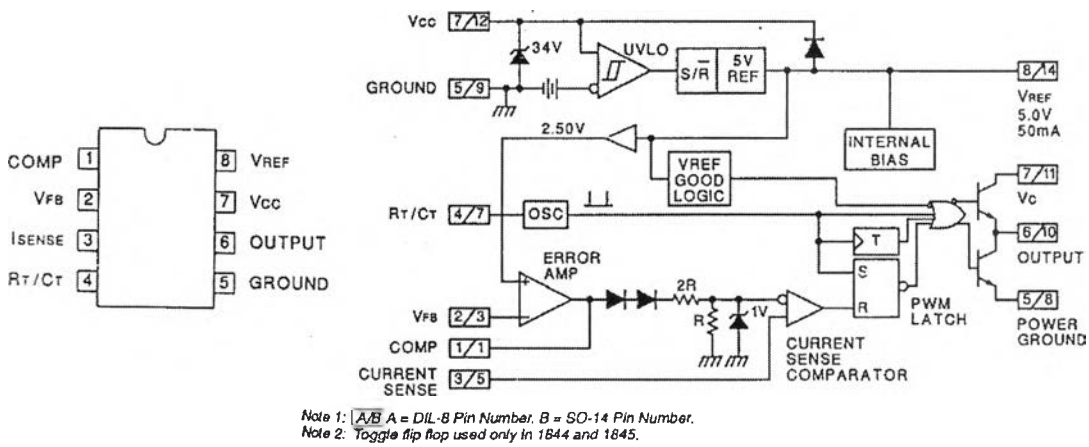
ก. เป็น ไอซี PWM ที่นิยมใช้และหาง่ายตามท้องตลาด

ข. สามารถสร้างและปรับความถี่ที่ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์สวิตช์ได้เหมาะสม

ค. สามารถปรับเปลี่ยนความกว้างของสัญญาณที่ใช้ในอุปกรณ์สวิตชิงเพื่อควบคุมศักดาไฟฟ้าทางออก

ง. มีฟังก์ชันในการตรวจสอบและป้องกันความเสียหายของวงจร เช่น ฟังก์ชันตรวจจับระดับของกระแสไฟฟ้า เป็นต้น

จากข้อมูลดังกล่าวจึงเลือกใช้ไอซีที่เป็น PWM ของ UNITRODE เบอร์ UC3844 ซึ่งมีคุณสมบัติต่างๆตรงตามที่ต้องการ โดยทีไอซี UC3844 ต้องการแหล่งจ่ายไฟฟ้าสูงสุดไม่เกิน 30 V มีศักดาไฟฟ้าอ้างอิง 5.0 V มีฟังก์ชันการตรวจจับระดับกระแสและฟังก์ชันการ Reset เป็นต้น มีแผนการทำงานดังรูปที่ 3.2 ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เลือกใช้ความถี่ใช้งานอยู่ที่ 12.6 kHz



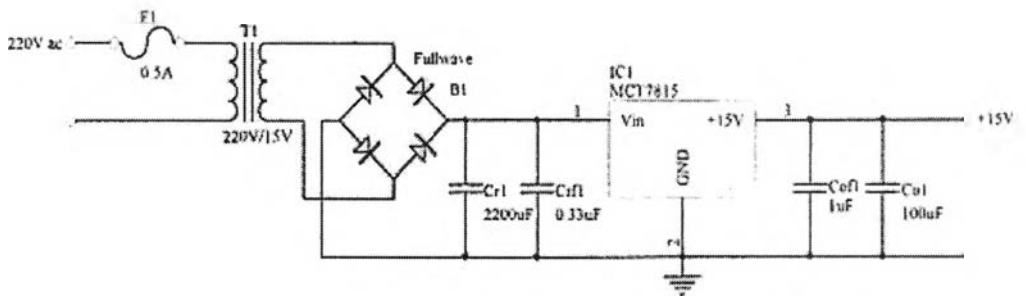

รูปที่ 3.2 IC UC3844

การออกแบบวงจรควบคุม PWM

ในงานวิจัยนี้ใช้ความถี่ในการสวิตช์ที่ 12.6 kHz ส่วนศักดาไฟฟ้าที่จ่ายให้กับขาเกตของ MOSFET เท่ากับ 7.5 V ( ศักดาไฟฟ้าที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 6 V ถึง 14 V การออกแบบวงจร PWM ด้วย IC UC3844 ประกอบไปด้วยส่วนสำคัญหลักๆดังนี้

ก. แหล่งจ่ายไฟฟ้าของ IC UC3844 ต้องการแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงสูงสุดไม่เกิน 30 V โดยจะต้องจัดแหล่งจ่ายไฟป้อนเข้าที่ขา 7 $(V_{CC})$ และเป็นขาคอลเลคเตอร์เปิดวงจรของทรานซิสเตอร์สองชุดที่จัดแบบคอมพลีเมนตารีทางด้านทางออกของ UC3844 โดยสามารถรับศักดาไฟฟ้าทำงานสูงสุดไม่เกิน 30 V การจ่ายไฟฟ้าที่ขา 7 จึงสามารถทำให้ทรานซิสเตอร์ทั้งสองชุดทำงานและมีสัญญาณด้านทางออกมาที่ขา 6 (Output) กราวนด์ของ UC3844 ที่ขา 5 และ

Vref อยู่ที่ขา 8 ในที่นี้ได้เลือกจ่ายไฟฟ้าเพื่อการทำงานของ IC เท่ากับ 15 V ด้วยการใช้ IC ควบคุมศักดาไฟฟ้าสำเร็จรูป ( 3-Terminal Regulator ) เบอร์ MCT7815 โดยรูปแบบวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 3.3




รูปที่ 3.3 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับUC3844

ข. ส่วนที่กำเนิดความถี่ จากรูปที่ 3.2 จะเห็นว่าขาที่ 4เป็นขา RC Timing ทำหน้าที่กำเนิดความถี่โดยสามารถเลือกค่าความจุของคาปาซิเตอร์และค่าความต้านทานได้ดังกราฟในภาคผนวก ข. ในงานวิจัยนี้เลือกค่าความจุของคาปาซิเตอร์ $(C_T)$ ที่ 0.01 $\mu$F และใช้อุปกรณ์ความต้านทาน $(R_T)$ แบบคงที่ 6.8 k$\Omega$ และแบบปรับค่าได้แบบ Volume 10 k$\Omega$ เพื่อทำให้สามารถปรับเปลี่ยนความถี่ได้ซึ่งในที่นี้ปรับความถี่ที่ค่า 12.6 kHz

ค. Error Amplifier Connections (COMP) ขาที่ 1 สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการทำเป็นวงจร Voltage Sensor ซึ่งสัญญาณที่ได้จะทำหน้าที่ควบคุมความกว้างของสัญญาณพัลส์ทางด้านทางออกและควบคุมการขับวงจรสวิตช์เพื่อแปรเปลี่ยนค่าศักดาไฟฟ้าของวงจรอินเวอร์เตอร์

ง. Current Sense ขาที่ 3 เป็นส่วนที่สามารถใช้ออกแบบสำหรับเพื่อป้องกันกระแสเกินในกรณีที่ชุดวงจรขับเกิดการทำงานผิดปกติที่มีโครงสร้างเหมือนกับ Error Amplifier Connections นำไปใช้การจำกัดกระแสไฟฟ้าสัญญาณที่ได้จะทำหน้าที่ควบคุมความกว้างของสัญญาณพัลส์ด้านทางออก

จ. Voltage Feedback ขาควบคุมที่ 2 ทำหน้าที่รับค่าศักดาไฟฟ้าส่งกลับจากส่วนหม้อแปลงไฟฟ้าศักดาสูงเพื่อทำการปรับแก้ค่าความกว้างของ Pulse และส่งค่าออกทางขาทางออก (Output) ที่ 6

จากการจัดรูปแบบการทำงานของ UC 3844 ดังกล่าวทำให้ระบบมีความสามารถในการป้องกันการทำงานผิดพลาดในวงจรตรวจความผิดปกติของศักดาไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าและการแยกระบบกราวนด์ด้วยการขับสัญญาณผ่านอุปกรณ์แสง (OPTO)

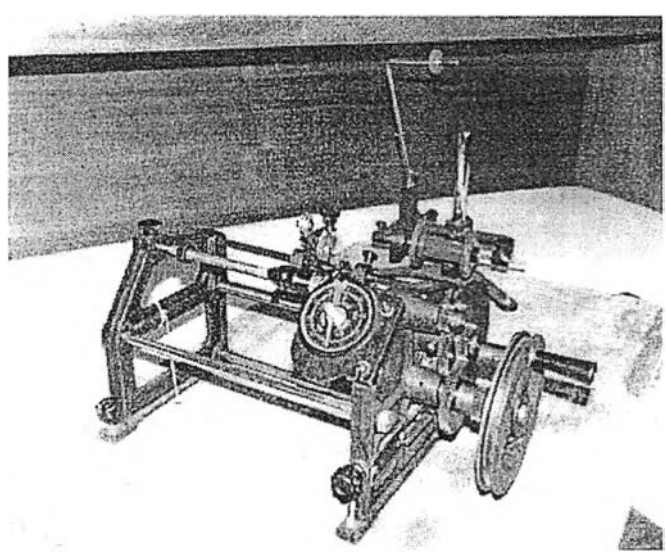
3.1.1.4 ขั้นตอนการดัดแปลงและพัฒนาหม้อแปลงไฟฟ้า

ขั้นตอนการดัดแปลงและพัฒนาหม้อแปลงไฟฟ้าแบบสวิตชิงแยกเป็นขั้นตอนดังนี้

(โดยส่วนการออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้าแบบสวิตชิงได้มีการดัดแปลงจากหม้อแปลงไฟฟ้าของนาย ฉัตรชัย อัสดาธร [5] ดังแสดงในภาคผนวก ค. ซึ่งการดัดแปลงดังกล่าวจะเป็นการพันขดลวดปฐมภูมิและโครงยึดด้านนอกขึ้นใหม่ ส่วนขวดลวดทุติยภูมิและแกนหม้อแปลงยังคงใช้ของหม้อแปลงเดิม)

1. ก่อนการพันขดลวดตัวนำปฐมภูมิ ควรตรวจสอบความเรียบร้อยของบอบบินและขดลวดตัวนำทุกครั้ง ไม่ควรนำขดลวดตัวนำที่ชำรุด เช่น ถลอก มาทำการพัน

2. พันขดลวดตัวนำลงบนบอบบินตามที่ออกแบบไว้โดยใช้เครื่องพันขดลวด ดังรูปที่3.4 ซึ่งการพันขดลวดตัวนำแต่ละรอบและแต่ละชั้นควรเรียงชิดติดกันและแน่นพอประมาณ



รูปที่ 3.4 เครื่องพันขดลวด

3. การพันเทปฉนวนควรพันให้ครอบคลุมทั่วขดลวดตัวนำและตามจำนวนชั้นที่ได้ออกแบบไว้ งานวิจัยนี้ได้ทาน้ำมันวานิชสองถึงสามครั้ง โดยทาน้ำมันบางๆ ที่ขดลวดแต่ละชั้นรอจนแห้งแล้วจึงพันด้วยกระดาษฉนวนหนึ่งชั้น

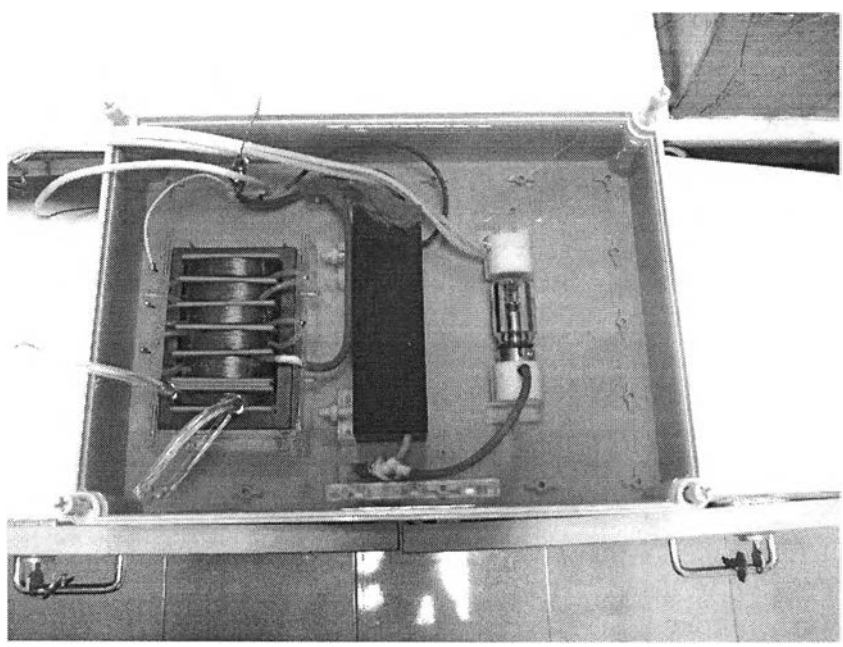
4. นำขดลวดแต่ละชุดมาประกอบกันเป็นบอบบินและนำแกนเฟอร์ไรต์มาใส่เข้ากับบอบบิน ใช้วัสดุที่เป็นฉนวนยึดแกนเฟอร์ไรต์ให้ประกบกันสนิท

5. ต่อสายไฟฟ้าศักดาต่ำเข้ากับขดลวดตัวนำทางด้านปฐมภูมิ ต่อขดลวดตัวนำของแต่

ละชุดทางด้านทุติยภูมิแบบอนุกรมเข้าด้วยกันและต่อสายไฟฟ้าศักดาสูงเข้ากับขดลวดตัวนำทางด้านทุติยภูมิ

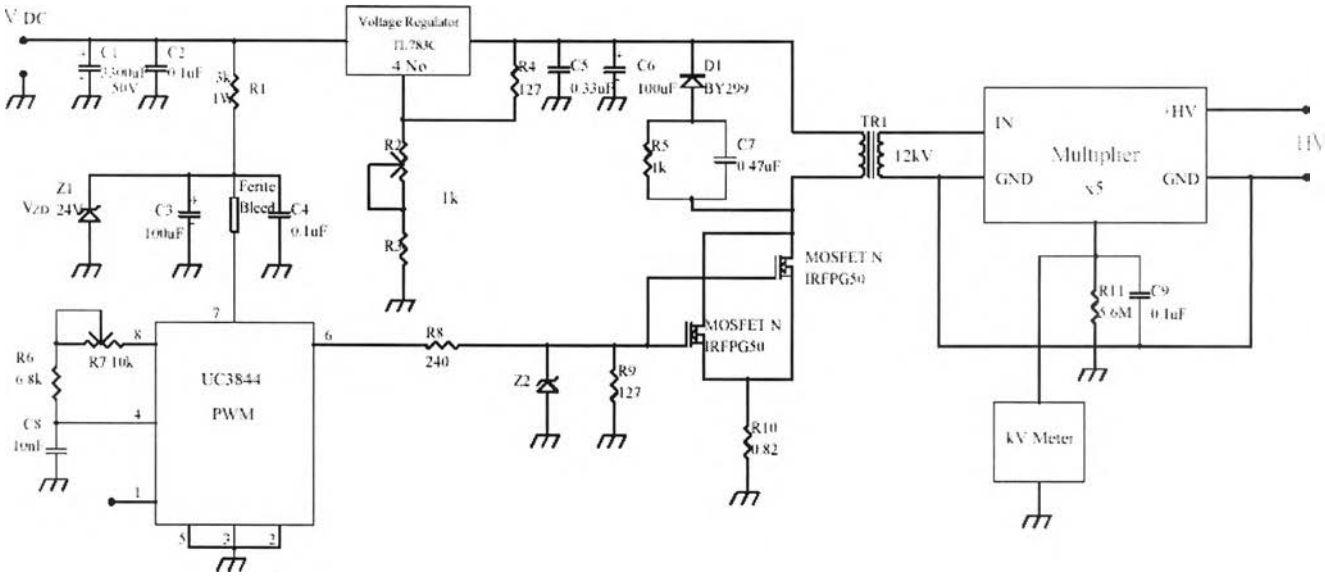
6. สร้างกล่องพลาสติกใสสำหรับใส่หม้อแปลงไฟฟ้าแบบสวิตชิง โดยใช้น้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้าเป็นฉนวน เนื่องจากหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้มีพิกัดสูง ก่อนนำหม้อแปลงแช่ในน้ำมัน หม้อแปลงควรนำน้ำมันหม้อแปลงไปอบที่อุณหภูมิประมาณ 60 °C ถึง 70 °C เพื่อไล่ความชื้นประมาณ 1 ถึง 2 ชั่งโมง ตามข้อมูลของน้ำมันหม้อแปลงแต่ละชนิด

7. หม้อแปลงไฟฟ้าที่จะแช่น้ำมันต้องมีความสะอาด เพราะหากมีสิ่งปนเปื้อนอยู่ เวลาที่ใช้งานหม้อแปลง สิ่งที่ปนเปื้อนอยู่เหล่านี้อาจทำความเสียหายให้กับหม้อแปลงไฟฟ้าได้ หม้อแปลงไฟฟ้าแบบสวิตชิงใช้น้ำมันเป็นฉนวนที่พัฒนาขึ้นแสดงดังรูปที่ 3.5

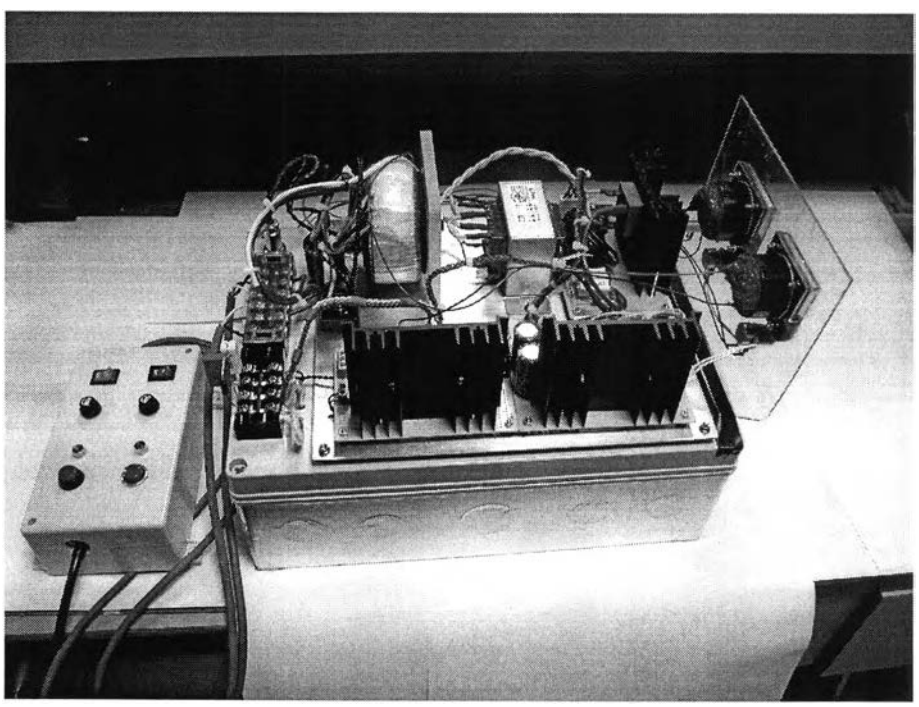


รูปที่ 3.5 หม้อแปลงไฟฟ้าแบบสวิตชิงขนาด 60 กิโลโวลต์ ,Voltage Multiplyx5 และหลอดรังสีเอกซ์

ในส่วนของวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูงแบบสวิตชิงขนาด 60 kV ดังแสดงในรูปที่ 3.6 ประกอบด้วยวงจรเรียงกระแสและกรองแรงดัน วงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ วงจรทวีศักดาไฟฟ้าห้าเท่า และวงจรควบคุมแบบ PWM ซึ่งรูปแบบของแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูงแบบสวิตชิงและหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ที่ประกอบเสร็จเรียบร้อยแสดงไว้ในรูปที่ 3.7



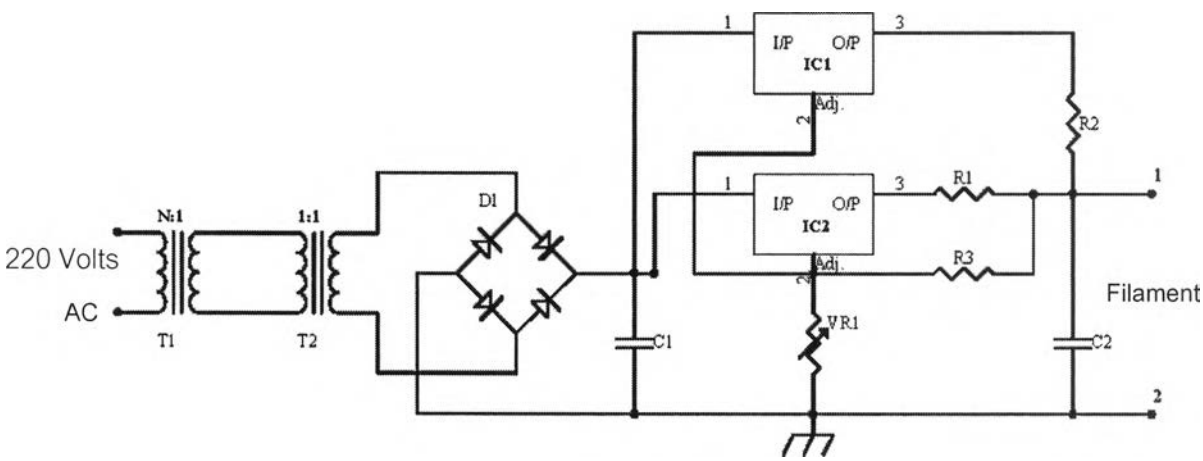

รูปที่ 3.6 ผังวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูงแบบสวิตชิง



รูปที่ 3.7 ระบบแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูงสำหรับหลอดรังสีเอกซ์ทันตกรรม
และ แหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาต่ำสำหรับไส้หลอดรังสีเอกซ์ (Filament)

3.1.2แหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาต่ำสำหรับไส้หลอดรังสีเอกซ์ (Filament)

แหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับไส้หลอดรังสีเอกซ์มีหลักการทำงานและองค์ประกอบดังแสดงในรูปที่ 3.8 โดยหม้อแปลงไฟฟ้า T1 ทำหน้าที่ลดศักดาไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลท์ ให้เป็นศักดาไฟฟ้าที่เหมาะสมเพื่อใช้งานกับไส้หลอดรังสีเอกซ์ (Filament) จากนั้นจะต่อไปยัง หม้อแปลงไฟฟ้า T2 เป็นหม้อแปลงแบบ Isolation Transformer ชนิด Toroid ซึ่งมีหน้าที่ป้องกันผลของไฟฟ้าศักดาสูงด้าน Anode ที่จะมาทำอันตรายต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ หลังจากนั้นไฟฟ้ากระแสสลับศักดาต่ำที่ได้จาก T2 จะถูกแปลงให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงด้วยไดโอดบริดจ์ D1 และ คาปาซิเตอร์ C1 โดยมีไอซีเรกกูเลเตอร์ IC1 และ IC2 ทำหน้าที่รักษาศักดาไฟฟ้ากระแสตรงให้กับไส้หลอดซึ่งสามารถปรับค่าศักดาไฟฟ้าที่จ่ายให้กับไส้หลอดด้วยตัวต้านทานปรับค่าได้ VR1 เพื่อให้ได้ศักดาไฟฟ้าที่เหมาะสมกับการใช้งาน




รูปที่ 3.8 รูปแสดงแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาต่ำเพื่อจ่ายแก่ไส้หลอดรังสีเอกซ์ (Filament)

นอกจากนี้ยังมีส่วนของแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาต่ำอีกชุดหนึ่ง เพื่อใช้สำหรับจ่ายให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในส่วนต่างๆ ของระบบ

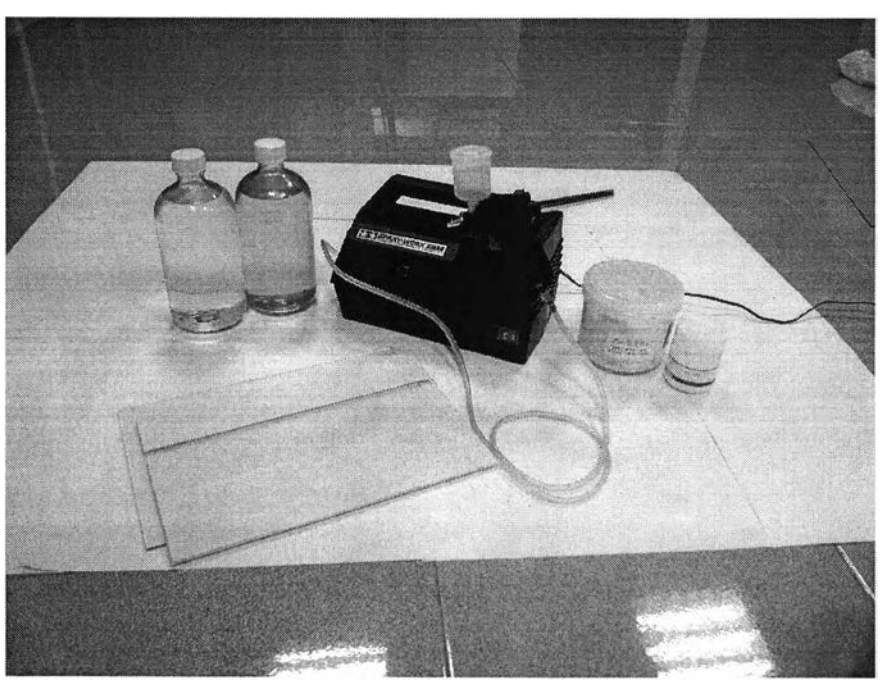
## 3.2 การพัฒนาการเคลือบสารเรืองรังสีเอกซ์บนแผ่นกระจก

กระจกเคลือบสารเรืองรังสีเอกซ์ (X-ray Phosphor) ได้ถูกนำมาใช้เป็น ฉากในการกำเนิดภาพที่เกิดจากรังสีเอกซ์ฉายผ่านวัตถุทำให้เกิดความมืดและความสว่างปรากฏบนฉาก และความมืดและความสว่างดังกล่าวจะถูกสแกนเก็บเป็นภาพไปประมวลผลภาพต่อไป

การเคลือบสารเรืองรังสีจึงเป็นเรื่องสำคัญประการหนึ่ง เพื่อให้สารเรืองรังสีติดทนบนกระจก ได้ใช้สารเชื่อมประสานซึ่งเป็นสีสำหรับตกแต่งกระจกเป็นสารเชื่อมโดยมีวิธีการในการเคลือบสารดังนี้

1. ทำการผสมสารเชื่อมประสาน ( สีเคลือบกระจกแบบใส )กับตัวทำละลายในอัตราส่วน 1:1 ของสีและตัวทำละลาย และวัดปริมาตรที่ทำการผสม ( 5 ml : 5 ml )

2. ชั่งน้ำหนักสารเรืองรังสีเอกซ์ ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คือ ZnS และ$Gd_2O_2S:Tb^{3+}$ ในหน่วยกรัม (g) (จำนวน 1 g) เทผสมลงไปตามความหนาแน่นที่ทำการศึกษา โดยทั้งนี้ความเข้มข้นของสารเรืองรังสีคือ ค่าของน้ำหนักหารด้วยปริมาตรของสารเชื่อมประสาน เท่ากับ 0.1 g/ml ดังแสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 อุปกรณ์และวัตถุดิบในการเคลือบสารเรืองรังสีเอกซ์บนแผ่นกระจก

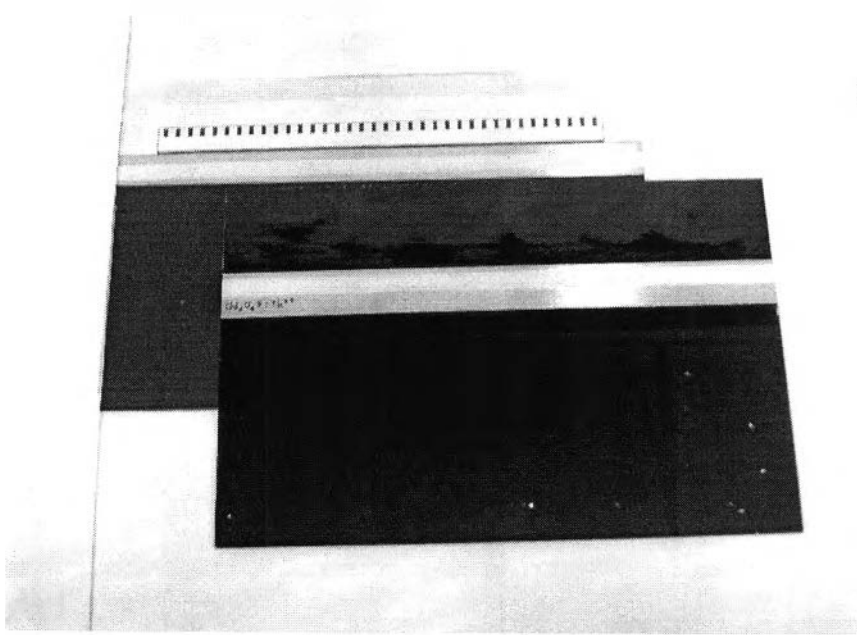
3. จากนั้นนำกระจกที่จะทำการเคลือบจำนวนสองแผ่นมาปิดด้วยเทปทองแดงและกระดาษกาว บริเวณที่ไม่ต้องการทำการเคลือบ โดยเว้นช่องสำหรับเคลือบ และทำการวัดพื้นที่เปิดไว้เป็นหน่วย ตารางเซ็นติเมตร ($cm^2$) ซึ่งช่องเปิดมีขนาด 0.8 cm x 25.7 cm เท่ากับ 20.56 ตารางเซ็นติเมตร ดังนั้นจะได้ความหนาเชิงพื้นที่ เท่ากับ 48.64 $mg/cm^2$

4. ทำการพ่นสารผสม (ZnS และ$Gd_2O_2S:Tb^{3+}$) ที่ได้โดยผ่านเครื่องพ่นอัดอากาศโดยตั้งระยะสูงประมาณ 10 เซนติเมตร ทำการพ่นสารเรืองรังสีไปกลับเป็นจำนวน 2 รอบไปและกลับสลับกับการเป่าด้วยลมร้อนตามลำดับจนสารหมด

5. นำกระจกที่ได้มาลอกกระดาษกาวออก

6. นำฉากเรืองรังสีที่ได้มาติดตั้งแผ่นสะท้อนแสง เพื่อเพิ่มปริมาณแสงที่ได้จากการเรืองรังสี และทำการพ่นสีดำปิดบริเวณที่ไม่ได้ทำการเคลือบ เพื่อไม่ให้แสงจากภายนอกเข้าไปรบกวนระบบสแกนภาพ

7. นำฉากเรืองรังสีที่ได้ไปทดสอบการสแกนต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 แผ่นกระจกเคลือบสารเรืองรังสีเอกซ์ ( Phosphor Screen) ภายหลังติดตั้งแผ่นขาวดำมาตรฐาน

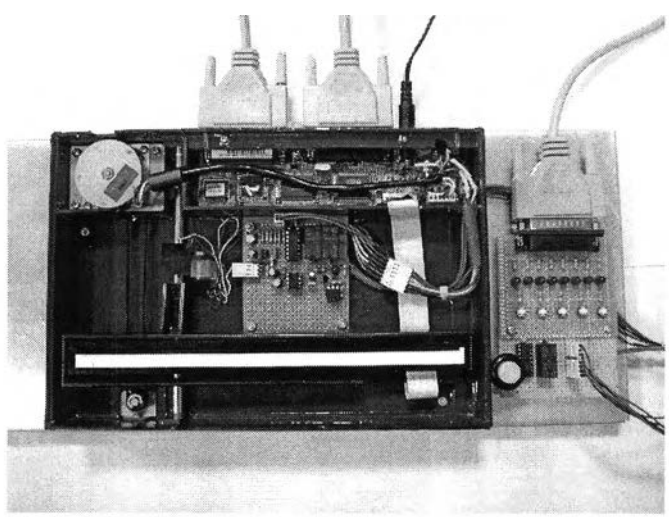
## 3.3 การพัฒนาระบบสแกนภาพด้วยการประยุกต์อุปกรณ์ซีไอเอสแบบแถวและการออกแบบสร้างเครื่องต้นแบบ

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้มีการประยุกต์ใช้สแกนเนอร์รุ่น Microtek Slim Scan C3 เป็นส่วนในการเก็บภาพที่ได้จาก ฉากเรืองรังสีเอกซ์ โดยทั้งนี้ได้มีการปรับเปลี่ยนรูปร่างให้มีขนาดสั้นลงเพื่อสะดวกในการติดตั้งภายใต้สายพานลำเลียง รวมทั้งมีการปรับเปลี่ยนและเพิ่มเติมวงจรบางส่วนเพื่อใช้ในการควบคุม

ในการทำงานของสแกนเนอร์นั้นทุกครั้งที่ทำการเริ่มสแกนตัวสแกนเนอร์จะทำการอ่านค่าสีขาวดำมาตราฐานบริเวณส่วนต้นของเครื่องจากนั้นจึงทำการเลื่อนออกมาเพื่อเก็บภาพ โดยหากทำการเก็บภาพแบบเกย์สเกล เครื่องจะทำการเก็บภาพโดยใช้แสงสีเขียว ซึ่งเป็นแสงที่ใช้ในการปรับแก้สีขาวดำมาตราฐานด้วยเช่นกัน

ซึ่งในระบบสแกนภาพที่ได้ประยุกต์ขึ้นนั้นจะทำการหยุดการเคลื่อนของตัวมอเตอร์ของเครื่องเดิมเนื่องจากเปลี่ยนจากวัตถุหยุดนิ่งเป็นวัตถุเคลื่อนที่เข้าหาด้วยสายพาน โดยจะปล่อยให้หัวอ่าน ซีไอเอส เคลื่อนตัวออกมาเพียงระยะหนึ่งแล้วจึงมีวงจรตรวจจับตำแหน่งเพื่อหยุดการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ และในขณะเดียวกันจะทำการปิดแสงสีเขียวที่ใช้เป็นต้นแสงเพื่อสะท้อนเก็บภาพมาเป็นการรับแสงที่ได้จากฉากเรืองรังสีเอกซ์ชนิด ZnS ซึ่งมีสีม่วงเข้ม และ $Gd_2O_2S:Tb^{3+}$ ซึ่งมีสีเขียว โดยได้มีการทำวงจร Timer ในการหยุดมอเตอร์ของหัวอ่าน CIS และต้นกำเนิดแสงเดิม

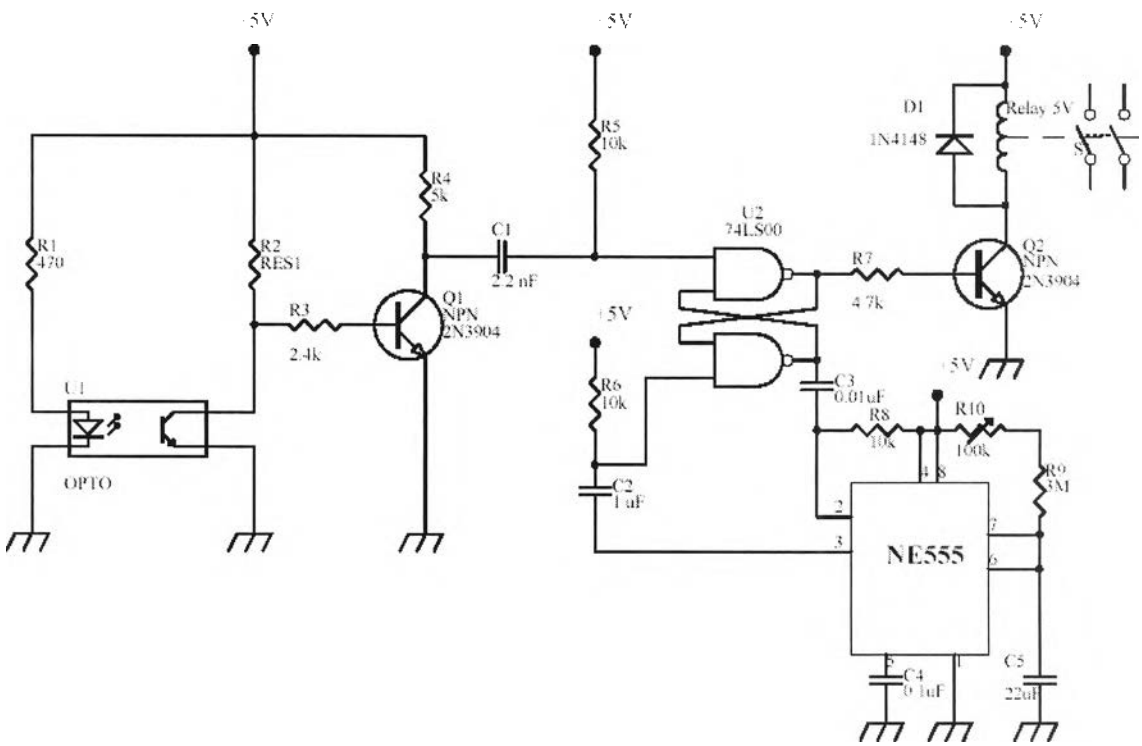
รูปที่ 3.11 แสดงส่วนรับภาพที่ได้พัฒนาขึ้นโดย พอร์ตขนาดที่ต่อเชื่อมออกไปจะใช้ทั้งเป็นตัวรับและส่งข้อมูลภาพและคำสั่งในการเริ่มและหยุดของสายพานลำเลียง



รูปที่ 3.11 ระบบสแกนภาพโดยใช้อุปกรณ์ซีไอเอสแบบแถวที่ได้พัฒนาขึ้น และส่วนควบคุมการทำงานของมอเตอร์

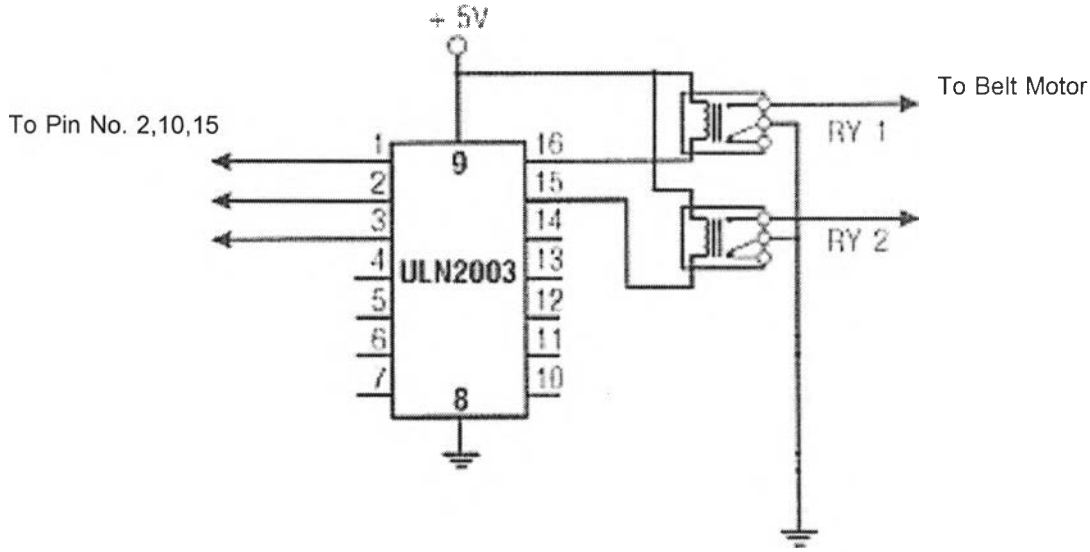
I21563728

รูปที่ 3.12 แสดงผังวงจรตัดไฟจ่ายมอเตอร์และส่วนกำเนิดแสงสีเขียวของสแกนเนอร์ โดยการทำงานจะเริ่มจาก เมื่อ Opto-Switch (U1)ถูกบังด้วยหัวอ่านซีไอเอสจะทำให้ทรานซิสเตอร์ Q1 เริ่มทำงาน (Turn on) ส่งสัญญาณไปยัง Flip Flop NAND 74LS00 ซึ่ง Flip Flop ส่งสัญญาณ เริ่มทำงานไปยัง ทรานซิสเตอร์ Q2 ทำให้ Relay เปลี่ยนสถานะทำให้เกิดการตัดแหล่งจ่ายไฟฟ้าแก่มอเตอร์และส่วนกำเนิดแสงสีเขียวในสแกนเนอร์ ในขณะเดียวกันก็ส่งสัญญาณ Trig ไปยัง IC NE555 เริ่มจับเวลา ซึ่งเวลาดังกล่าวเป็นเวลาที่สแกนเนอร์ใช้ในการทำงานปรกติหลังจากเครื่องสแกนเนอร์ทำการปรับแก้ค่าสีขาวดำจากแถบขาวดำมาตรฐานจนกระทั่งกลับเข้ามาตรวจจับสีขาวดำมาตรฐานอีกครั้งเพื่อหยุดการทำงาน มีค่าประมาณ 58 วินาที เมื่อIC NE555 หยุดจับเวลาจะส่งสัญญาณไปยัง Flip Flop และ ส่งต่อไปยัง Q2 เพื่อเปลี่ยนสถานะให้ Relay ทำให้มอเตอร์และส่วนกำเนิดแสงสีเขียวทำงานเป็นปกติ




รูปที่ 3.12 แสดงผังวงจรตัดไฟจ่ายมอเตอร์และส่วนกำเนิดแสงสีเขียวของสแกนเนอร์

ทั้งนี้วงจรที่ใช้ติดต่อสั่งงานสายพานลำเลียงโดยพอร์ตขนาดได้แสดง ดังรูปที่ 3.13 โดยที่การเปิดและปิดแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูงในแก่หลอดรังสีเอกซ์และแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้แก่ไส้หลอดนั้นจะสามารถควบคุมผ่านแผงควบคุมแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูงและ Filament




รูปที่ 3.13 TTL สำหรับขับมอเตอร์สายพานและระบบสแกนภาพรังสีเอกซ์โดยรับคำสั่งจากคอมพิวเตอร์โดยผ่านพอร์ตขนาน

ทั้งนี้จะใช้ไอซี ULN2003 เป็นตัวรับสัญญาณที่ถูกโปรแกรมจากคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ตขนาน เพื่อขับมอเตอร์สายพานโดยพอร์ตขนานขาที่ 2 จะเป็นขาข้อมูลแสดงผล และขาที่ 10 และ 15 จะเป็นขาสถานะที่ใช้ในการสั่งการทำงาน

โดยเครื่องพัฒนาขึ้นจะทำการเสริมตะกั่วหนา 1.5 มม. เพื่อเป็นการกำบังเชิงรังสี

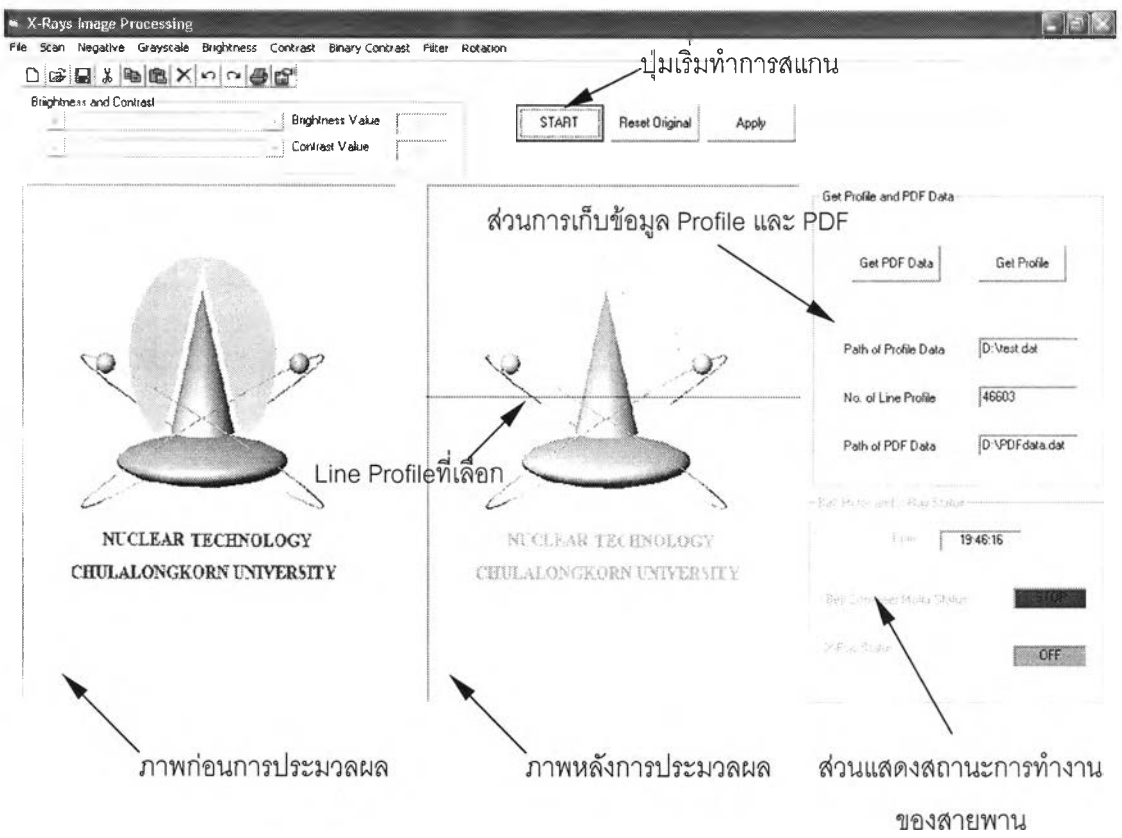
## 3.4 การพัฒนาโปรแกรมประมวลผลภาพแบบดิจิตอลบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเป็นโปรแกรมที่สามารถติดต่อกับอุปกรณ์ของระบบสแกนและสามารถสั่งการมอเตอร์เพื่อส่งวัตถุเข้าตรวจสอบได้

โปรแกรมจะสามารถติดต่อกับส่วนรับภาพ(สแกนเนอร์) ได้โดยผ่าน โปรแกรมระบบ Twain.dll (EZTW32.dll) ซึ่งเป็นโปรแกรมเชื่อมโยงระหว่างสแกนเนอร์กับคอมพิวเตอร์ และเมื่อได้ภาพมาแล้วจะสามารถประมวลผลภาพแบบดิจิตอลได้ โดยใช้วินโดว์เอพีไอ (Windows Application Programming (API)) ทางด้านการประมวลผลภาพ เป็นส่วนช่วยในการทำงาน โดยรายละเอียดของโปรแกรมสามารถศึกษาได้จาก ภาคผนวก ก

ทั้งนี้โปรแกรมจะทำการสั่งการทำงานของมอเตอร์สายพานและหลอดรังสีเอกซ์ได้โดยผ่านโปรแกรมระบบ Inpout32.dll ซึ่งสามารถใช้ฟังก์ชันเอพีไอ ในการควบคุมพอร์ตขนาน ทั้ง

พอร์ตข้อมูล(แสดงผล) และพอร์ตสถานะ(ป้อนข้อมูล) ได้ รวมทั้งโปรแกรมสามารถจัดเก็บข้อมูล Profile ระดับสีเทาจากแนว Profile ที่ทำการเลือกได้ และยังสามารถจัดเก็บข้อมูล PDF (Probability Distribution Function) จากภาพที่ต้องการประมวลผลได้ ซึ่งโปรแกรมประมวลผลภาพแบบดิจิตอลที่พัฒนาขึ้น แสดงดังรูปที่ 3.14



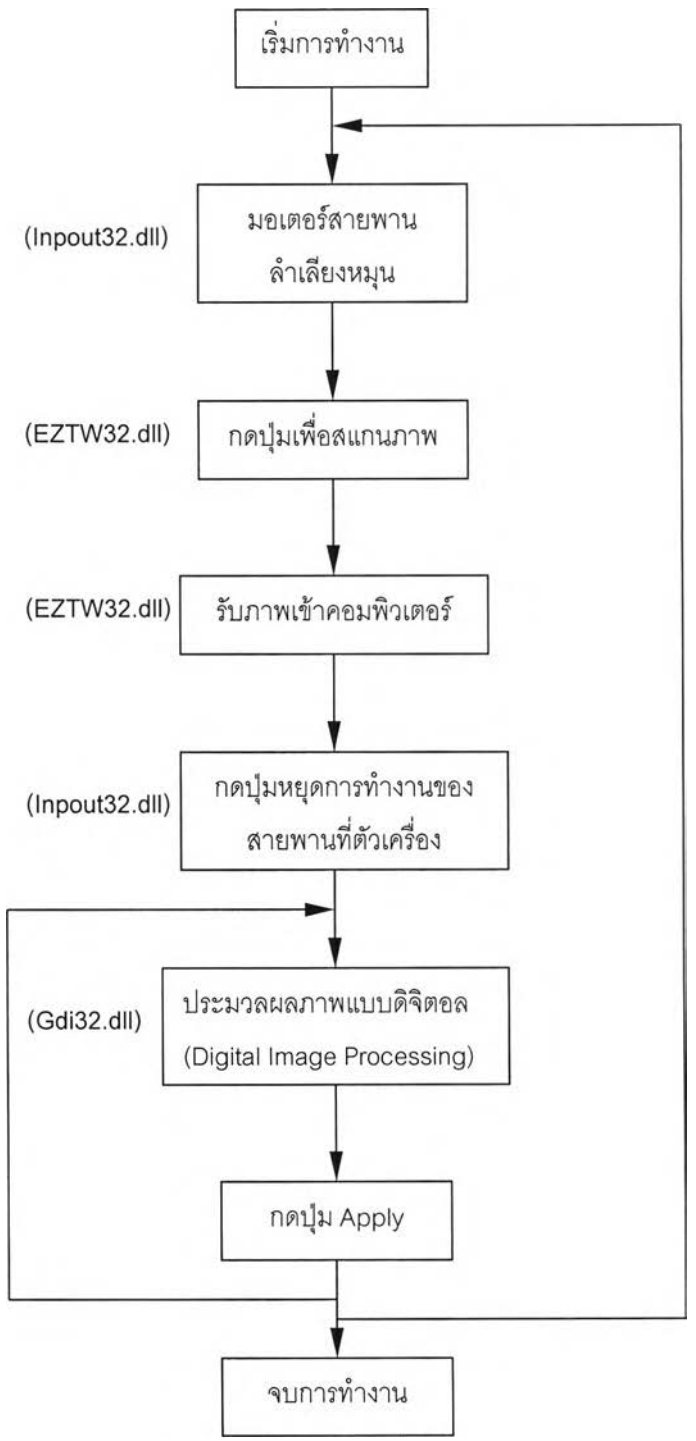

รูปที่ 3.14 โปรแกรมประมวลผลภาพแบบดิจิตอลที่พัฒนาขึ้น

โดยโปรแกรมจะสามารถประมวลผลภาพแบบดิจิตอลได้เช่น

1. การปรับความสว่าง
2. การปรับความเปรียบต่าง
3. การทำภาพเนกาทีฟ
4. การทำภาพแบบเกย์สเกล
5. การทำการตรวจจับขอบภาพ
6. การใช้ตัวกรองความถี่ต่ำผ่าน
7. การใช้ตัวกรองความถี่สูงผ่าน

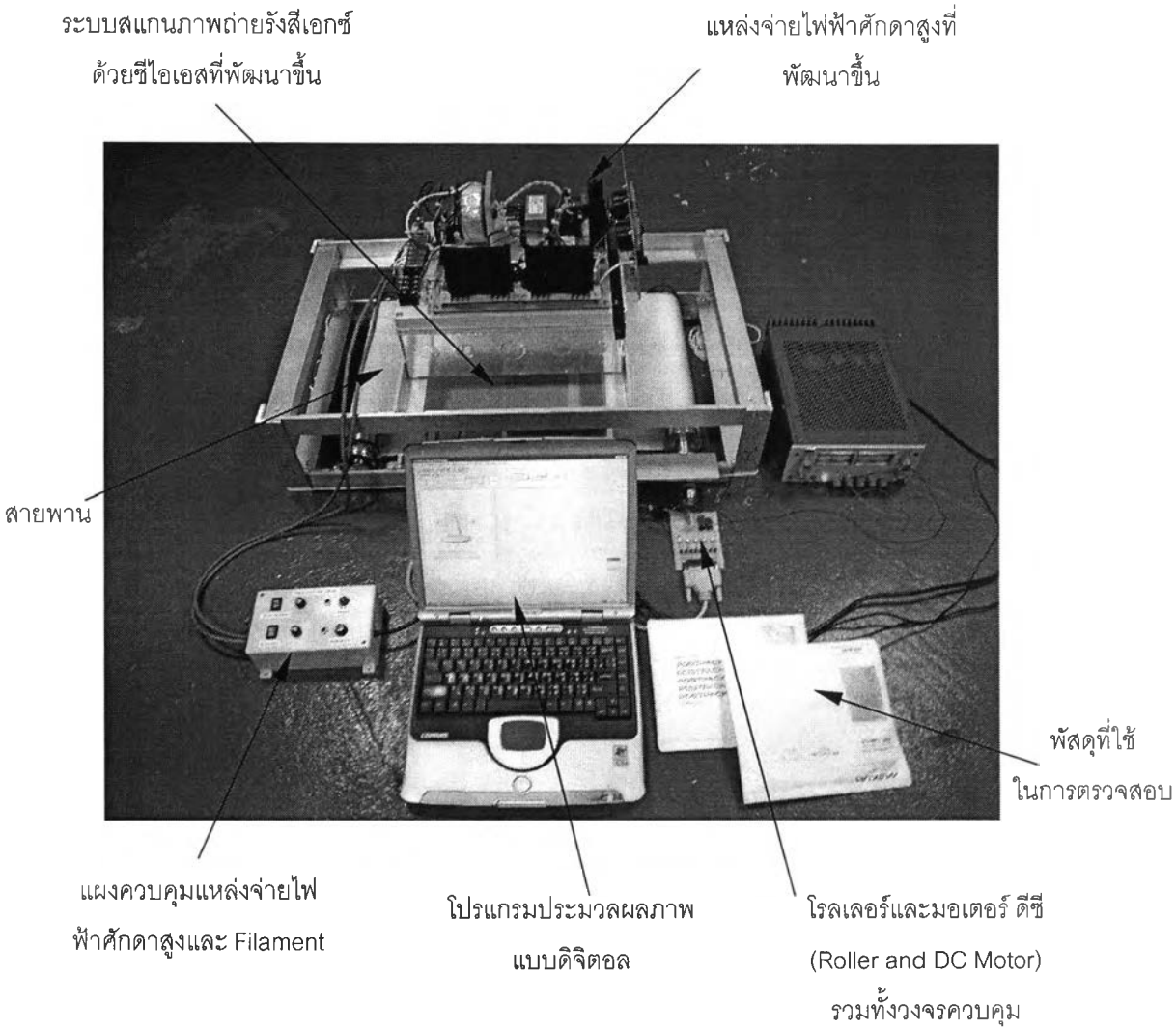
โปรแกรมประมวลผลภาพแบบดิจิตอลนี้ จะใช้ฟังก์ชันวินโดว์ API ของระบบวินโดว์ (gdi32.dll) เป็นเครื่องมือในการประมวลผล เช่น คำสั่ง GetBitmapBits และ SetBitmapBits เพื่อรับ และสร้างรูป Bitmap ตามลำดับ โดยในโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจะทำการสแกนภาพออกมาเป็น

ข้อมูลภาพชนิด Bitmap ซึ่งมีความละเอียดของภาพ (Resolution) เท่ากับ 100 dpi ซึ่งรายละเอียดของโปรแกรมสามารถอ่านได้จากภาคผนวก ก. ซึ่งผังการทำงานของโปรแกรมได้แสดงดังรูปที่ 3.15




รูปที่ 3.15 แผนผังแสดงการทำงานของโปรแกรมประมวลผลภาพแบบดิจิตอล

โดยระบบที่พัฒนาขึ้นโดยภาพรวมทั้งหมดได้แสดงดังรูปที่ 3.16




รูปที่ 3.16 แสดงระบบถ่ายภาพรังสีเอกซ์แบบสแกนโดยใช้อุปกรณ์ตรวจจับภาพ
ชนิดซีไอเอสแบบแถว