

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้ จะกล่าวถึงหลักการ และทฤษฎีในการ ศึกษาค้นคว้าข้อมูล งานวิจัย บทความ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบสร้างชุดวงจรชุดนี้อน โฆษณาสำหรับแหล่งจ่ายพลังงาน แสงอาทิตย์โดยใช้หม้อแปลงฟลายแบ็คเครื่องรับโทรทัศน์

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการออกแบบสร้างชุดวงจรชุดนี้อน โฆษณาสำหรับแหล่งจ่ายพลังงาน แสงอาทิตย์ โดยใช้หม้อแปลงฟลายแบ็คเครื่องรับโทรทัศน์ ซึ่งเป็นวงจรที่ใช้กำลังงานไฟฟ้า จากแบตเตอรี่โดยอาศัยหลักการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า (Solar module) เพื่อให้เกิดการเพิ่มแรงดันไฟตรงจ่ายให้กับหม้อแปลงสวิตซ์ (Flyback TV) ที่มีการควบคุมด้วย เทคนิคแบบ พีดับบลิวเอ็ม (PWM - Technique) ให้เกิดแรงดันไฟสูง (High Voltage) เพื่อชุด นีออนโดยผู้วิจัยได้มีการศึกษา ค้นคว้าข้อมูลและรวบรวมข้อมูลจากหนังสือวารสาร บทความ งาน วิจัยและเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต (Internet) เพื่อใช้ประกอบใน การออกแบบสร้างชุดวงจรดังกล่าว โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 หลักการพื้นฐานของวงจรบูสท์คอนเวอร์เตอร์ (Boost Converter)

2.2 หลักการพื้นฐานของวงจรที่มีการควบคุมด้วยเทคนิคแบบ พีดับบลิวเอ็ม

(PWM - Technique)

2.3 แหล่งจ่ายกำลังสวิตซ์ (Switching Power Supply)

2.4 หลอดนีออน (Neon tube)

2.1 หลักการพื้นฐานของวงจรบูสท์คอนเวอร์เตอร์ (Boost Converter)

วงจรบูสท์คอนเวอร์เตอร์ (Boost Converter) คือ วงจรที่ทำการเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้า ด้านนอกให้สูงกว่าแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า

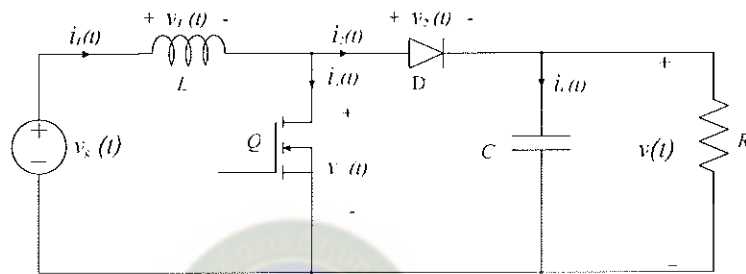
2.1.1 เงื่อนไขการทำงานของวงจรบูสท์คอนเวอร์เตอร์

การวิเคราะห์การทำงานของวงจรบูสท์คอนเวอร์เตอร์ มีการกำหนดเงื่อนไข ดังนี้

1. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ ณ ตำแหน่งเดียวกันในแต่ละคาบ จะมีค่า เท่ากัน และมีค่าเป็นบวกเสมอ

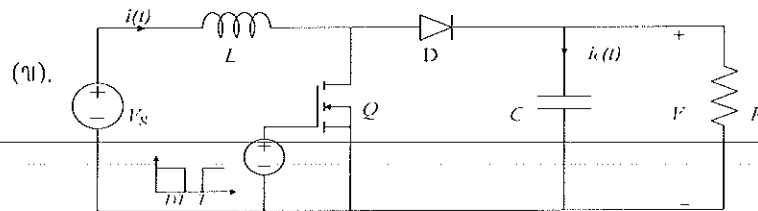
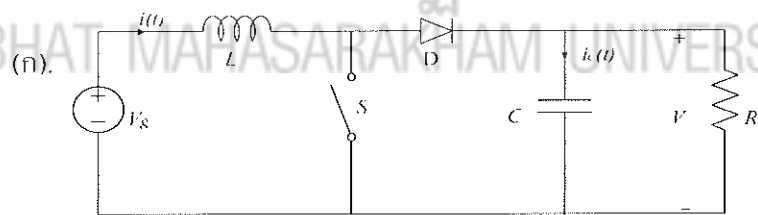
2. แรงดัน ไฟฟ้าเฉลี่ยตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบจะเท่ากับศูนย์

3. แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบจะเท่ากับศูนย์ หมายถึงผลรวมของผลคูณระหว่างแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำกับเวลา ในแต่ละคาบจะเท่ากับศูนย์
4. ตัวเก็บประจุมีขนาดใหญ่ทำให้แรงดันไฟฟ้าด้านออกมีค่าคงที่
5. กำลังไฟฟ้าด้านเข้าเท่ากับกำลังไฟฟ้าด้านออก กรณีนี้ไม่คำนึงถึงการสูญเสีย เนื่องจากการทำงานของวงจร โดยกำหนดให้อุปกรณ์ทุกตัวเป็นอุดมคติ ทำให้สามารถสรุปได้ว่าประสิทธิภาพของวงจรเป็นหนึ่งในร้อยเปอร์เซ็นต์



รูปที่ 2.1 แสดงวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์

หลักการการทำงานของวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์ เพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าด้านออกตามต้องการ จะเริ่มต้นจากข้อกำหนดที่ว่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบเวลา จะเท่ากับศูนย์และสามารถหากระแสไฟฟ้ที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำได้โดยวิเคราะห์การทำงานของสวิตช์ในแต่ละโหมด ทั้งนี้การทำงานต้องอยู่ในช่วงสภาวะอยู่ตัว ดังนี้

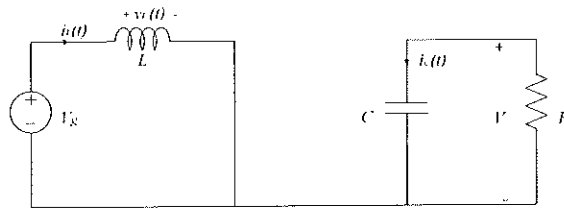


รูปที่ 2.2 แสดงหลักการทำงานของวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์

- (ก.) แสดงวงจรเทียบเคียงการทำงานของวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์
- (ข.) แสดงวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์ โดยมี MOSFET เป็นอุปกรณ์สวิตช์

ในวงจรบุสท์คอนเวอร์เตอร์ในรูปที่ 2.2 จะประกอบไปด้วยแรงดันด้านเข้า V_g จ่ายพลังงานไฟฟ้าเข้าสู่ วงจรบุสท์คอนเวอร์เตอร์, แรงดันด้านออก V จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับภาระ (Load) , อุปกรณ์สวิตช์ Q , ไดโอด D , ขดลวดเหนี่ยวนำ L , และตัวเก็บประจุไฟฟ้า C และตัวต้านทาน R ในการพิจารณา การทำงานของวงจรในรูปที่ 2.3 สามารถวิเคราะห์การทำงานของวงจรออกเป็น 3 ช่วงการทำงาน ดังนี้

ช่วงที่ 1 สวิตช์ Q ทำงาน ไดโอด D ไม่ทำงาน



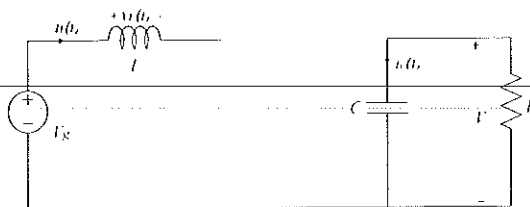
รูปที่ 2.3 แสดงวงจรบุสท์คอนเวอร์เตอร์ที่ สวิตช์ Q ทำงาน แต่ไดโอด D ไม่ทำงาน

ช่วงที่ 2 สวิตช์ Q ไม่ทำงาน ไดโอด D ทำงาน



รูปที่ 2.4 แสดงวงจรบุสท์คอนเวอร์เตอร์ที่ สวิตช์ Q ไม่ทำงาน แต่ไดโอด D ทำงาน

ช่วงที่ 3 สวิตช์ Q ไม่ทำงาน ไดโอด D ไม่ทำงาน

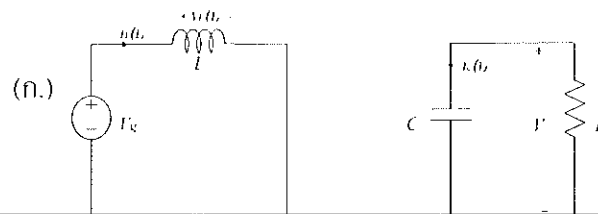


รูปที่ 2.5 แสดงวงจรบุสท์คอนเวอร์เตอร์ที่ สวิตช์ Q และ D ไม่ทำงาน

ในการทำงานของสวิตช์ Q และไดโอด D ทั้ง 3 ช่วง จะขึ้นอยู่กับกระแสไฟฟ้่าที่ไหลผ่านขดลวดเหนี่ยวนำ อันเนื่องมาจากการตัดต่อของสวิตช์ Q ซึ่งในการทำงานในโหมดกระแสต่อเนื่องจะมีการทำงานเพียง 2 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 จากรูปที่ 2.2 (ข.) เมื่อป้อนสัญญาณขับสวิตช์ Q ซึ่งเป็นมอสเฟสกำลังที่ช่วงเวลา DTS จะทำให้สวิตช์ Q นำกระแสขดลวดเหนี่ยวนำ L จะทำการสะสมพลังงานและในขณะที่เดียวกันตัวเก็บประจุ C จะทำการจ่ายพลังงานให้กับความต้านทาน R ตามรูปที่ 2.3 และเมื่อหมดสัญญาณขับสวิตช์จะเป็นการทำงานในช่วงที่ 2 คือช่วงเวลา (1-D)TS ตามรูปที่ 2.4 จะทำให้สวิตช์ Q หยุดนำกระแสไดโอด D จะนำกระแสแทน ขดลวดเหนี่ยวนำ L จะคายพลังงานที่สะสมมาจากช่วงที่ 1 ส่งไปยังตัวเก็บประจุ C และความต้านทาน R และเมื่อมีสัญญาณขับสวิตช์ Q ที่ช่วงเวลา DTS วงจรก็จะกลับไปทำงานช่วงที่ 1 ใหม่อีกครั้ง แต่ถ้าเป็นการทำงานในโหมดกระแสไม่ต่อเนื่องจะเป็นการทำงานครบทั้ง 3 ช่วง ซึ่งในการทำงานในช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 จะเหมือนกับการทำงานในโหมดกระแสต่อเนื่องแต่ระยะเวลาการนำกระแสของสวิตช์ในช่วงที่ 1 จะเปลี่ยนเป็น D1TS และระยะเวลาในการหยุดนำของสวิตช์กระแสในช่วงที่ 2 จะเปลี่ยนเป็น D2TS ซึ่งในการทำงานในช่วงที่ 2 นี้เองเป็นช่วงเวลาที่กระแสไหลผ่านขดลวดเหนี่ยวนำ L ค่อย ๆ ลดระดับลงถึงศูนย์ จากนั้นการทำงานของวงจรจะเปลี่ยนไปเป็นการทำงานในช่วงที่ 3 คือ D3TS ตามรูปที่ 2.5 ซึ่งเป็นช่วงที่สวิตช์ Q และไดโอด D ไม่นำกระแส อันเนื่องมาจากไม่มีสัญญาณขับสวิตช์ป้อนเข้ามาและพลังงานที่สะสมอยู่ในขดลวดเหนี่ยวนำก็มีค่าเป็นศูนย์ ตัวเก็บประจุ C จะทำการจ่ายพลังงานให้กับความต้านทาน R จนกว่าจะมีสัญญาณขับเกิดเข้ามาอีกครั้ง วงจรบูสท์คอนเวอร์เตอร์ก็จะกลับไปทำงานในช่วงที่ 1 ใหม่อีกครั้ง

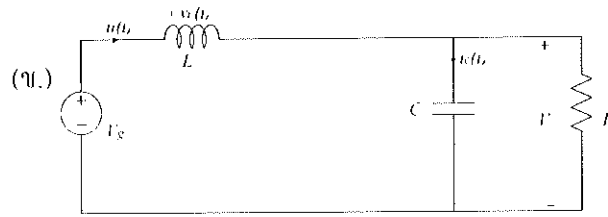
2.1.2 การวิเคราะห์การทำงานของวงจรบูสท์คอนเวอร์เตอร์ในโหมดกระแสต่อเนื่อง

เป็นพิจารณาในการทำงานของวงจรบูสท์คอนเวอร์เตอร์ในช่วงที่ 1 ตามรูปที่ 2.6 (ก.) และ ในช่วงที่ 2 ตามรูปที่ 2.6 (ข.) โดยพิจารณาจากแรงดันตกคร่อมที่ขดลวดเหนี่ยวนำ $v_L(t)$ และกระแสไฟฟ้่าที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุ $i_C(t)$ [6]



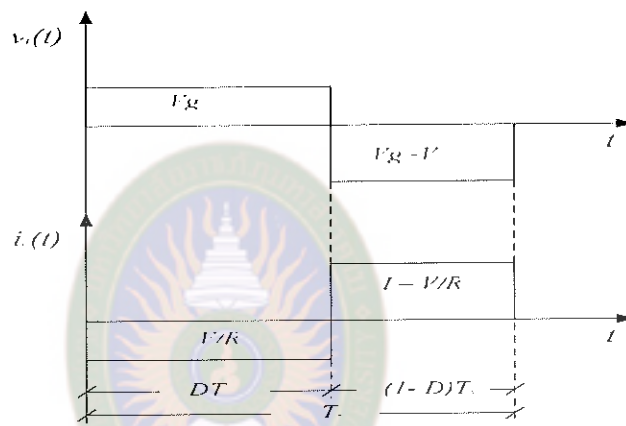
รูปที่ 2.6 แสดงวงจรบูสท์คอนเวอร์เตอร์ในโหมดกระแสต่อเนื่อง

(ก.) แสดงสวิตช์ Q ทำงาน ไดโอด D ไม่ทำงานที่ $0 < t \leq DT$,



รูปที่ 2.6 แสดงวงจรบัสท์คอนเวอร์เตอร์ในโหมดกระแสต่อเนื่อง

(ข.) สวิตช์ Q ไม่ทำงาน ไดโอด D ทำงาน ที่ $DT_s < t \leq T_s$



รูปที่ 2.7 แสดงค่าแรงดันตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ L และค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุ C ในโหมดกระแสต่อเนื่องของวงจรบัสท์คอนเวอร์เตอร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ในรูปที่ 2.7 สามารถหาค่าแรงดันต้านออก V ของวงจรโดยการอินทิกรัล (Integral) แรงดัน $v_L(t)$

$$\int_0^{T_s} v_L(t) dt = V_g D T_s + (V_g - V)(1 - D) T_s \tag{2.1}$$

จากสมการที่ (2.1) สามารถหาค่าแรงดันตกคร่อม L เฉลี่ย $\langle v_L(t) \rangle$

$$\langle v_L(t) \rangle = \frac{1}{T_s} \int_0^{T_s} v_L(t) dt = 0 \tag{2.2}$$

$$V = \frac{V_g}{(1 - D)} \tag{2.3}$$

$$D = 1 - \frac{V_g}{V} \tag{2.4}$$

เมื่อ D คือ าคิวตี้ไซเคิล (Duty cycle)

ดังนั้น จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านออกกับแรงดันด้านเข้า (Voltage conversion ratio)

$$\frac{V}{V_g} = \frac{1}{1-D} \quad (2.5)$$

ในรูปที่ 2.7 สามารถหาค่ากระแสด้านเข้า I ของวงจรโดยการอินทิเกรตกระแสที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุ $i_c(t)$

$$\int_0^{T_s} i_c(t) dt = \left(-\frac{V}{R}\right)DT_s + \left(I - \frac{V}{R}\right)(1-D)T_s \quad (2.6)$$

จากสมการที่ (2.6) สามารถหาค่ากระแสเฉลี่ยที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุ $\langle i_c(t) \rangle$

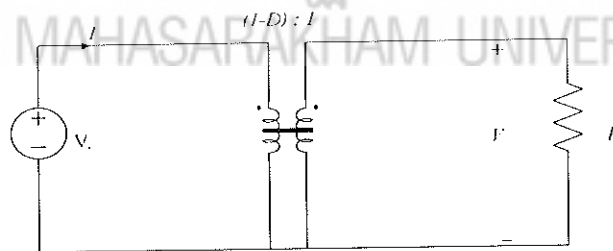
$$\langle i_c(t) \rangle = \frac{1}{T_s} \int_0^{T_s} i_c(t) dt = 0 \quad (2.7)$$

$$I = \frac{V}{(1-D)R} \quad (2.8)$$

นำค่า V ในสมการที่ (2.3) แทนในสมการที่ (2.8)

$$I = \frac{V_g}{(1-D)^2 R} \quad (2.9)$$

สามารถเขียนวงจรสมมูล (Equivalent circuit model) ของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์เมื่อทำงานในโหมดกระแสต่อเนื่อง ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 แสดงวงจรสมมูลของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ในโหมดกระแสต่อเนื่อง

จากวงจรในรูปที่ 2.8 สามารถหาค่ากำลังไฟฟ้าด้านเข้าและกำลังไฟฟ้าด้านออกเมื่อไม่นำค่าสูญเสียที่อุปกรณ์ต่าง ๆ ในวงจรมาคิด (Idea circuit)

$$P_{in} = (V_g) (I) \quad (2.10)$$

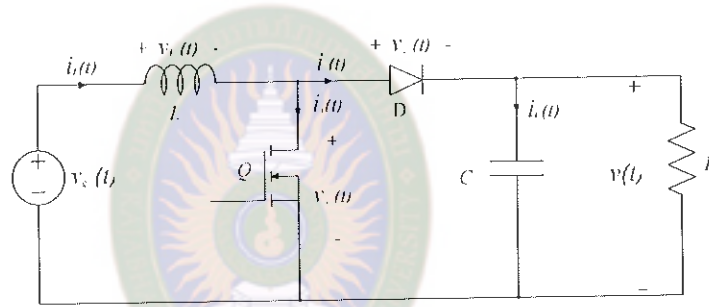
$$P_{out} = (V)(1-D)I \tag{2.11}$$

จากสมการที่ (2.10) และสมการที่ (2.11) หาค่าประสิทธิภาพของวงจรได้

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{V}{V_g}(1-D) \tag{2.12}$$

2.1.3 การวิเคราะห์การทำงานของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ในโหมดกระแสไม่ต่อเนื่อง

ในการพิจารณาในการทำงานในโหมดกระแสไม่ต่อเนื่องจะเป็นการทำงานที่ครบทั้ง 3 ช่วง ดังนั้นในการวิเคราะห์การทำงานของวงจรจะพิจารณาแรงดันตกคร่อมสวิตช์ Q ($v_1(t)$) ,แรงดันตกคร่อมไดโอด D ($v_2(t)$) และแรงดันตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำ L ($v_L(t)$) ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 แสดงวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์

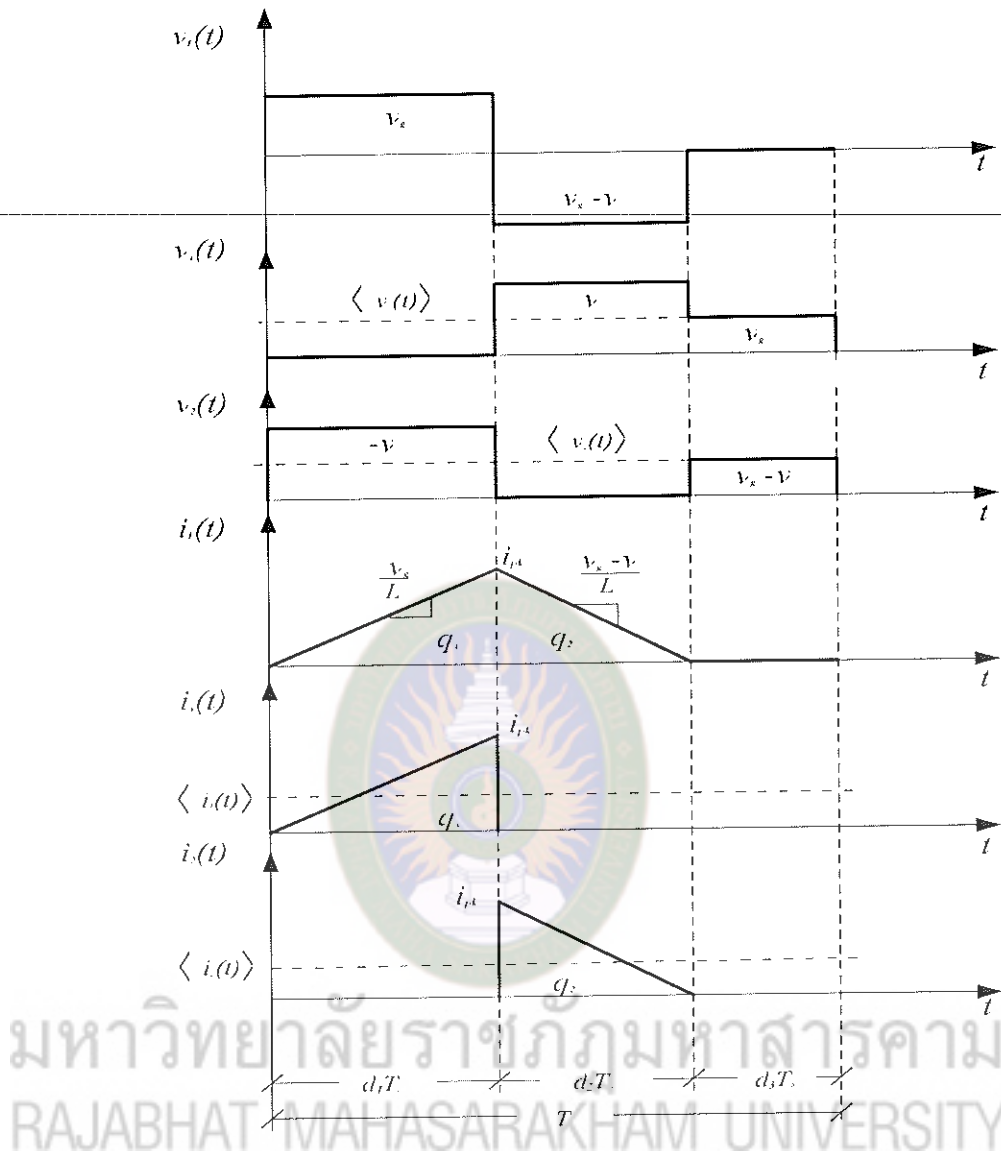
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากการทำงานทั้ง 3 ช่วง ของวงจรสามารถเขียนกราฟความสัมพันธ์ได้ตามรูปที่ 2.9 และรูปที่ 2.10 เมื่อพิจารณาแรงดันตกคร่อมสวิตช์ Q ($v_1(t)$) และแรงดันตกคร่อมไดโอด D ($v_2(t)$) ในเทอมของแรงดันเฉลี่ย

$$\langle v_1(t) \rangle = \langle v(t) \rangle d_1(t) + \langle v_g(t) \rangle d_3(t) = \langle v_g(t) \rangle \tag{2.13}$$

$$\langle v_2(t) \rangle = \langle -v(t) \rangle d_1(t) + \langle v_L(t) \rangle - \langle v(t) \rangle d_3(t) = \langle v_L(t) \rangle - \langle v(t) \rangle \tag{2.14}$$

$$\text{เมื่อ } d_1(t) + d_2(t) + d_3(t) = 1$$



รูปที่ 2.10 แสดงคุณสมบัติของกระแสและแรงดันจุดต่าง ๆ ของวงจรบูสท์ก่อนแวลต์เรอร์ ในโหมดกระแสไม่ต่อเนื่อง

และพิจารณาค่ากระแสเฉลี่ยที่ไหลผ่านสวิตช์ และไดโอดจากวงจร ในรูปที่ 2.9 โดยการอินทิเกรตพื้นที่ใต้กราฟของสัญญาณกระแส ในรูปที่ 2.10

$$\langle i_1(t) \rangle = \frac{1}{T_s} \int_0^{T_s} i_1(t) dt = \frac{q_1}{T_s} \tag{2.15}$$

$$\langle i_2(t) \rangle = \frac{1}{T_s} \int_0^{T_s} i_2(t) dt = \frac{q_2}{T_s} \tag{2.16}$$

และเมื่อ $q_1 = \frac{1}{2} (d_1(t) T_s) (i_{pk})$ (2.17)

$q_2 = \frac{1}{2} (d_2(t) T_s) (i_{pk})$ (2.18)

$i_{pk} = \frac{\langle v_g \rangle}{L} (d_1(t) T_s)$ (2.19)

$d_2(t) = \frac{\langle -v_g \rangle}{\langle v_2 \rangle} d_1(t)$ (2.20)

เมื่อนำสมการที่ (2.17) แทนในสมการที่ (2.15) และนำสมการที่ (2.18) แทนในสมการที่ (2.16)

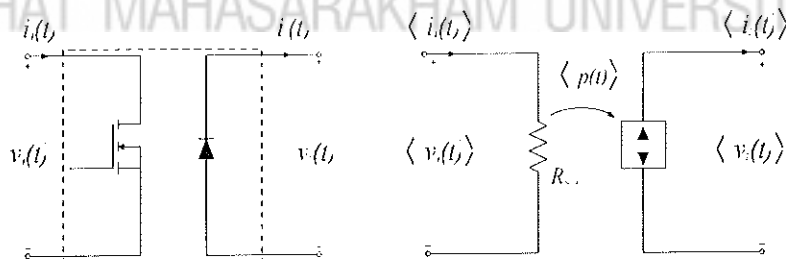
$\langle i_1(t) \rangle = \frac{\langle v_1(t) \rangle}{R_{e(d_1(t))}}$ (2.21)

$\langle i_2(t) \rangle = \frac{\langle -v_1^2(t) \rangle}{R_{e(d_1(t))} \langle v_2(t) \rangle}$ (2.22)

เมื่อ $R_{e(d_1(t))} = \frac{2L}{d_1^2(t) T_s}$

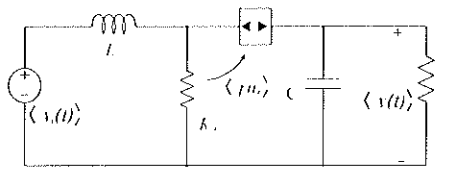
เนื่องจากวงจรการทำงานกระแสโหมดไม่ต่อเนื่องจึงสามารถนำแบบจำลองสวิตช์เฉลี่ยมาใช้ในการวิเคราะห์ ดังรูปที่ 2.10

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



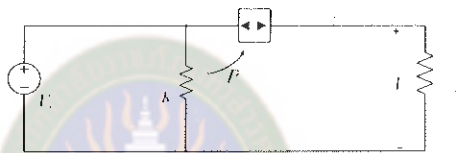
รูปที่ 2.11 แสดงแบบจำลองสวิตช์เฉลี่ยของวงจรในโหมดกระแสไม่ต่อเนื่อง

เมื่อแทนอุปกรณ์สวิตช์และไดโอดด้วยแบบจำลองสวิตช์เฉลี่ยของวงจรในโหมดกระแสไม่ต่อเนื่องได้ ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 แสดงวงจรบุสท์คอนเวอร์เตอร์ที่ถูกแทนด้วยแบบจำลองสวิตช์เฉลี่ย
ในโหมดกระแสไม่ต่อเนื่อง

จากรูปที่ 2.12 ก็จะสามารถลดรูปเนื่องจากคุณสมบัติของวงจรที่แหล่งเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ดังนั้น
ขดลวดเหนี่ยวนำมีค่าต่ำมาก ๆ เทียบได้กับการลัดวงจรและตัวเก็บประจุจะเปิดวงจร ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 แสดงแบบวงจรสมมูลที่ใช้แทนวงจรบุสท์คอนเวอร์เตอร์ในโหมดกระแสไม่ต่อเนื่อง

จากวงจรในรูปที่ 2.13 สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านออกกับแรงดันด้านเข้า

$$\frac{V}{V_g} = \frac{1 + \sqrt{1 + \frac{4R}{R_t}}}{2} \tag{2.23}$$

2.2 วงจรสวิตช์ด้วยเทคนิค แบบพีดับบลิวเอ็ม (PWM-Technique)

2.2.1 การควบคุมความกว้างพัลส์ (Pulse Width Modulates, PWM)

ในการควบคุมระดับแรงดันให้คงที่ของแหล่งจ่ายไฟสวิตซ์จึง โดยทั่วไปจะใช้เทคนิคการควบคุมความ
กว้างพัลส์ (PWM) ซึ่งเป็นการควบคุมโดยเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาที่อยู่ประณต์สวิตซ์อิเล็คทรอนิกส์ เช่น
ทรานซิสเตอร์ มอสเฟต หรืออื่น ๆ นั้นบ้างกระแส เป็นผลให้เกิดการควบคุมแรงดันที่เอาท์พุทให้ได้
ค่าที่ต้องการ ซึ่งข้อดีของการควบคุมแรงดันแบบ PWM คือ สามารถรักษาระดับแรงดันให้มีความคงที่
สูงเพราะมีการป้อนกลับระดับแรงดันจากเอาท์พุทมาใช้ในการควบคุมด้วย รวมทั้งทำให้เกิดความ
สูญเสียกำลังงานในการควบคุมแรงดันต่ำส่งผลให้มีเสถียรภาพต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิขณะ
ใช้งานสูง

2.2.2 ลักษณะการทำงานของ PWM โดยทั่วไปมีอยู่ 3 ลักษณะ คือ

1. เปลี่ยนแปลงทั้งความถี่และความกว้างของพัลส์ (Variation of both frequency and pulse width)
2. เปลี่ยนแปลงความถี่ โดยความกว้างของพัลส์คงที่ (Constant pulse width with variable frequency)
3. เปลี่ยนแปลงความกว้างของพัลส์ โดยความถี่คงที่ (Constant frequency with variable pulse width)

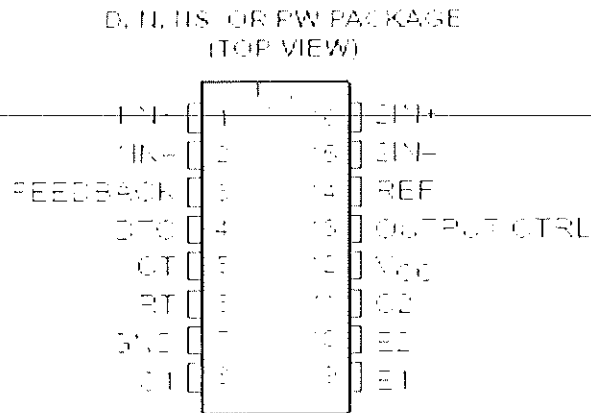
การทำงานทั้ง 3 ลักษณะนี้ มีข้อดีและข้อเสียที่ต่างกันไป การทำงานในลักษณะที่ 2 และลักษณะที่ 3 จะดีกว่าการทำงานในลักษณะที่ 1 เนื่องจากสามารถกำหนดความถี่หรือช่วงเวลา ω_c ที่จะทำให้ สวิตซ์เรกทูเลเตอร์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดได้ แต่แบบที่ 1 นั้นความถี่และความกว้างของพัลส์กำหนดขึ้นเองจากวงจรจึงอาจจะไม่ใช้ความถี่ที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการงานก็ได้ ดังนั้น วงจร PWM ส่วนใหญ่จึงใช้การทำงานในลักษณะที่ 2 หรือลักษณะที่ 3 เป็นส่วนใหญ่

ในปัจจุบันวงจร PWM ได้ถูกพัฒนาให้เป็นวงจรสำเร็จรูปใน IC ตัวเดียวเหมาะสำหรับใช้งานในด้าน แหล่งจ่ายไฟตรงโดยเฉพาะ ซึ่งการใช้งานของ IC เหล่านี้สามารถใช้งานได้ง่าย โดยต่ออุปกรณ์เพิ่มเติมภายนอกเพียงเล็กน้อย เพื่อใช้เป็นตัวกำหนดจุดทำงานของ PWM นั้น ๆ เพื่อให้การทำงานของ แหล่งจ่ายไฟตรงสวิตซ์ที่มีความสมบูรณ์มากขึ้น อาจจะมีการเพิ่มเติมวงจรสำหรับระบบต่าง ๆ เช่น วงจรเปรียบเทียบสำหรับไปลงกับระบบสลับแรงดันกัน

2.2.3 ไอซีเบอร์ TL 494 สำหรับโหมดควบคุมจากแรงดัน

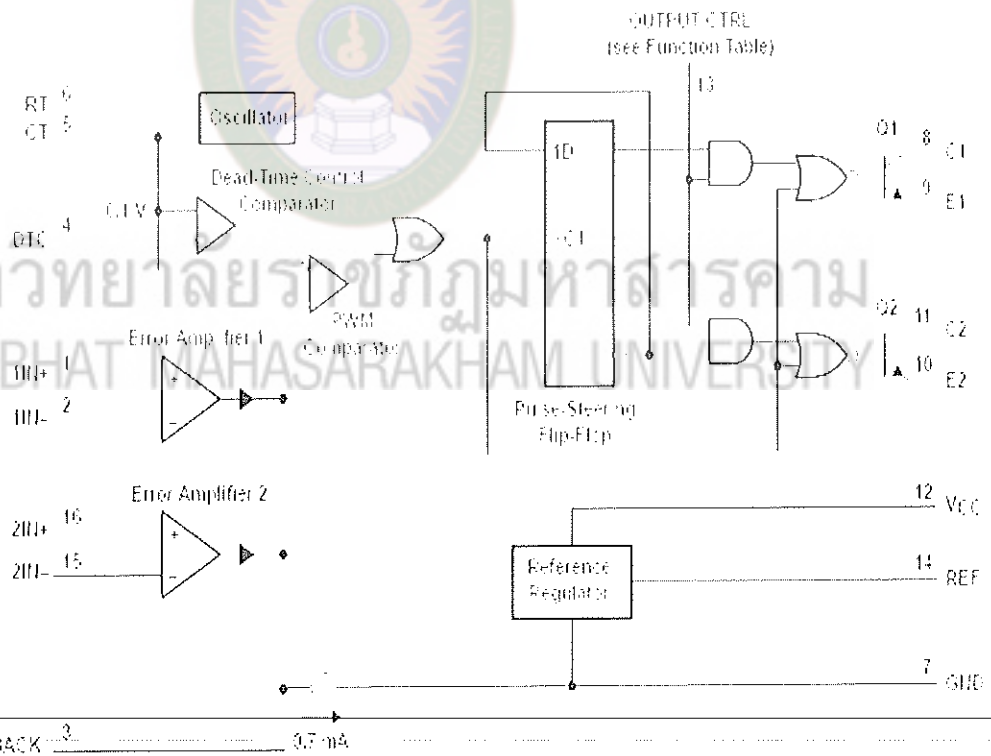
ไอซีเบอร์ TL 494 เป็นไอซีที่ออกแบบมาเพื่อใช้ควบคุมการทำงานของคอนเวอร์เตอร์ โดยทำงานด้วย โหมดควบคุมจากแรงดัน ซึ่งจะได้นำมาเป็นตัวอย่างการทำงานสำหรับวงจรควบคุมด้วยวิธีควบคุม จากแรงดัน โครงสร้างภายในและการจัดขาของ TL 494 ดังแสดงในรูปที่ 2.14 การทำงานของไอซีจะเป็นดังนี้

2.2.3.1 โครงสร้างภายในไอซีเบอร์ TL 494



รูปที่ 2.14 แสดงรูปร่างแสดงไอซีเบอร์ TL 494 (ที่มา: Motorola)

functional block diagram

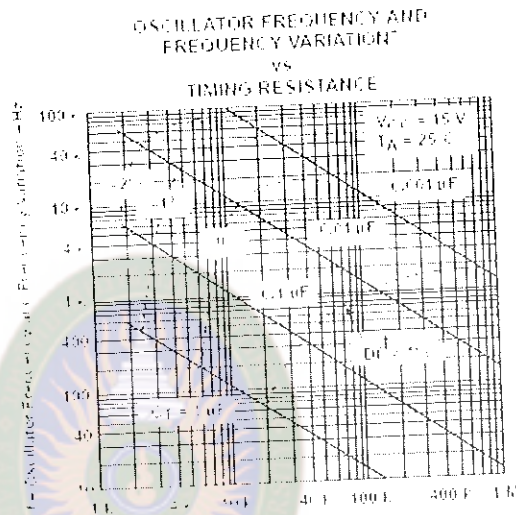


รูปที่ 2.15 แสดงการจัดโครงสร้างภายในและการจัดขาของไอซี TL 494 (ที่มา : Motorola)

2.2.3.2 การกำหนดคาบเวลาการทำงาน

วงจรของ TL494 เป็นวงจร PWM ที่มีความถี่คงที่ คาบเวลาการทำงานของเอาต์พุตพัลส์กำหนดโดยค่าของ R_T และ C_T จากภายนอกที่ขา 6 และขา 5 ของไอซี ค่าคาบเวลาการทำงานจะกำหนดได้จาก

$$T = \frac{R_T C_T}{1.1}$$



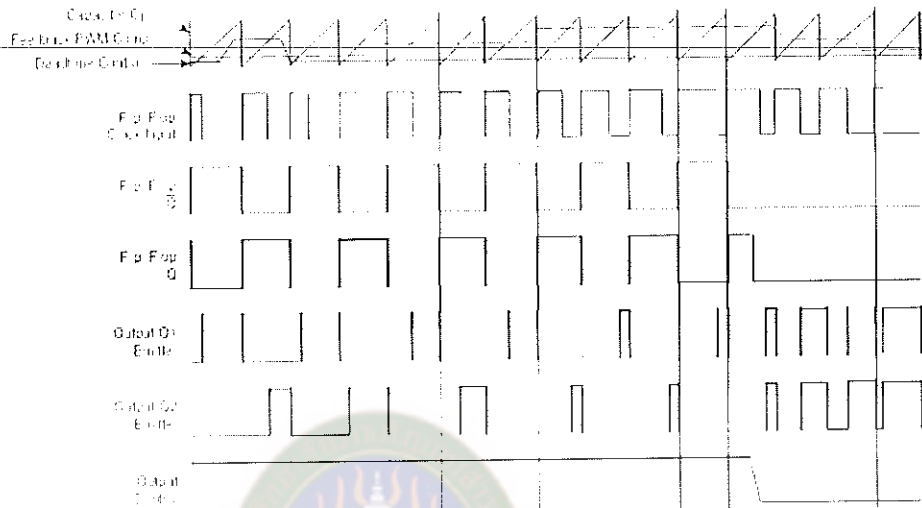
รูปที่ 2.16 แสดงความสัมพันธ์ของค่า R_T C_T ในการกำหนดความถี่

2.2.3.3 การทำงานของไอซีในการคงค่าแรงดันของคอนเวอร์เตอร์

ความกว้างเอาต์พุตพัลส์ของ ไอซี จะได้จากการเปรียบเทียบสัญญาณฟันเลื่อยที่ขา 5 กับแรงดันที่ได้จากวงจรขยายความแตกต่าง (Error Amp) ทั้ง 2 ตัว ที่ PWM Comparator ส่วนออร์เกตที่ควบคุมทรานซิสเตอร์เอาต์พุต Q_1 และ Q_2 จะทำงานก็ต่อเมื่อขา C_K ของ Flip-Flop อยู่ในสถานะ Low เท่านั้น ซึ่ง C_K จะเป็น Low ได้ก็ต่อเมื่อแรงดันของสัญญาณฟันเลื่อยมีค่ามากกว่าแรงดันที่มาจาก Error Amp ทั้ง 2 ตัว นั่นคือแรงดันป้อนกลับจากเอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์ หากมีค่าสูงขึ้นความกว้างเอาต์พุตพัลส์ของไอซีจะลดลง ในทางกลับกันแรงดันป้อนกลับหากมีค่าลดลงความกว้างเอาต์พุตพัลส์จะเพิ่มขึ้น

ความกว้างเอาต์พุตพัลส์ของไอซีนีสามารถกำหนดให้มีค่ามากที่สุดหรือมีค่าเท่ากับศูนย์ได้ด้วยการเปลี่ยนแปลงแรงดันที่ขา 3 จาก 0.5 โวลต์ จนถึง 3.5 โวลต์ ส่วน Error Amp ทั้งสองตัวจะมีช่วงของอินพุตคอมมอน โหมด ตั้งแต่ -0.3 ถึง $(V_{CC} - 2)$ โวลต์ และสามารถให้ตรงจับแรงดันหรือกระแสที่เอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์ได้ Error Amp ทั้ง 2 ตัว จะให้อาต์พุตในลักษณะให้สถานะ High (Active high) โดยต่อกันอยู่ในลักษณะออร์เกต ที่ขา Non-inverting ของ PWM Comparator การต่อกันใน

ลักษณะนี้ Error Amp ตัวที่ทำให้เกิดความกว้างเอาต์พุตพัลส์ต่ำสุด จะเป็นตัวควบคุมความกว้างของเอาต์พุตพัลส์ของไอซี

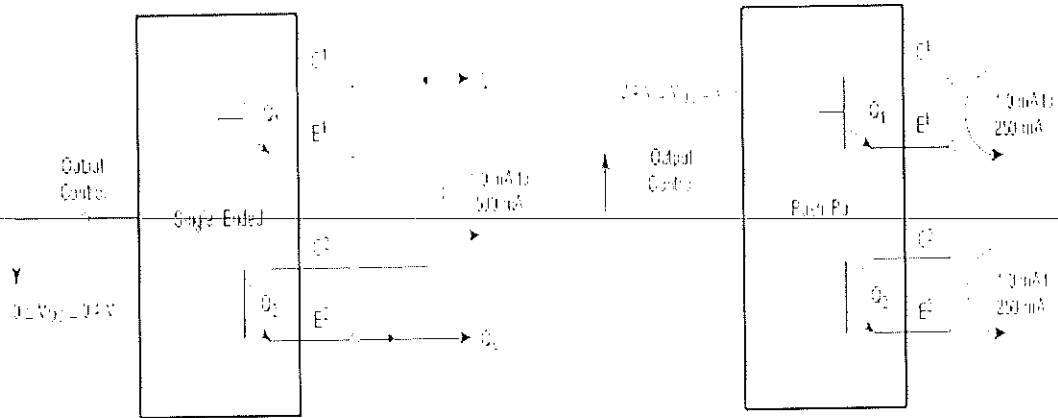


รูปที่ 2.17 แสดงรูปคลื่นลักษณะการทำงานของ TL494

2.2.3.4 การกำหนดค่าเวลาเพื่อ T_D

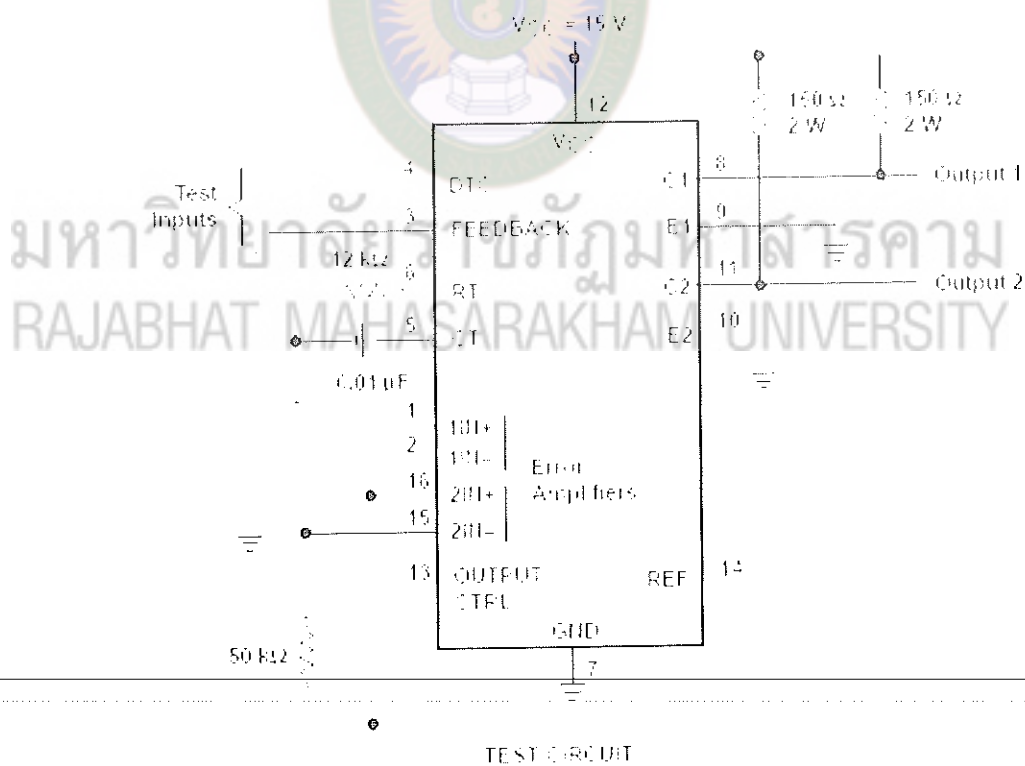
TL 494 ผู้ใช้กำหนดค่าเวลาเพื่อ t_D ของวงจรได้เอง ด้วยการต่อแรงดันระหว่าง 0 ถึง 3.3 โวลต์ ที่ขา 4 ของไอซี อย่างไรก็ตาม หากแรงดันที่ขา 4 มีค่าเท่ากับ 0 โวลต์ ค่าเวลาเมื่อต่ำสุดของไอซีจะไม่ต่ำกว่า 4% ของค่าคาบเวลาการทำงาน เนื่องจากมีแรงดันออฟเซต 120 มิลลิโวลต์ ต่อยู่ภายใน ดังนั้น ช่วงเวลา $t_{D,N}$ สูงสุดของคอนเวอร์เตอร์ที่ได้จากไอซีจะเท่ากับ 48% ของค่าคาบเวลา เมื่อต่อขา 13 (output control) เข้ากับขา 14 (+5V_{ref}) และมีค่าเท่ากับ 96% ของค่าคาบเวลาเมื่อต่อ ขา 13 ลงกราวด์

การเลือกใช้ Q1 และ Q2 ของไอซีสามารถทำงานได้ 2 โหมด คือทำงานพร้อมกัน หรือสลับกันทำงาน ซึ่งสามารถเลือกการทำงานได้ที่ขา 13 (Output Control) โดยขณะที่ C_r ดิชาร์จ เอาต์พุตของ Dead-time Comparator จะให้พัลส์ออกมา C_r จะมีสถานะเป็น High โดยการต่อเข้ากับขา 4 (+5V_{ref}) Q₁ และ Q₂ จะสลับกันทำงานตามจังหวะของ Flip-Flop เพื่อใช้ขับคอนเวอร์เตอร์ แบบpush-pull ในกรณีนี้ คาบเวลาการทำงานจะเป็น 2 เท่าของค่าคาบเวลาสัญญาณฟันเลื่อยของไอซี แต่ถ้ากำหนดให้ ขา 13 มีสถานะเป็น Low โดยการต่อลงกราวด์ (ยกเลิก Flip-Flop) Q₁ และ Q₂ จะทำงานพร้อมกันและสามารถขนาน Q₁ และ Q₂ เข้าด้วยกันได้ ถ้าต้องการทำกระแสได้มากขึ้น ในกรณีนี้ คาบเวลาการทำงานจะมีค่าเท่ากับค่าคาบเวลาของสัญญาณฟันเลื่อยของไอซี (ช่วงเวลานำกระแสสูงสุดเท่ากับ 96% ของค่าคาบเวลา)



รูปที่ 2.18 แสดงลักษณะการเลือกใช้เอาต์พุตของ TL 494

ไอซี TL 494 ต้องการไฟเลี้ยง V_{cc} ในช่วงระหว่าง 7 ถึง 40 โวลต์ มีแรงดันอ้างอิงภายใน $V_{ref} = 5$ โวลต์ และสามารถจ่ายกระแสได้ถึง 10 มิลลิแอมป์ เพื่อใช้กับวงจรภายนอกได้ โดยมีค่าความถูกต้อง $\pm 1.5\%$ ความคลาดเคลื่อนทางอุณหภูมิมีค่าน้อยกว่า 50 มิลลิโวลต์ เมื่อทำงานในช่วง 0 ถึง 70



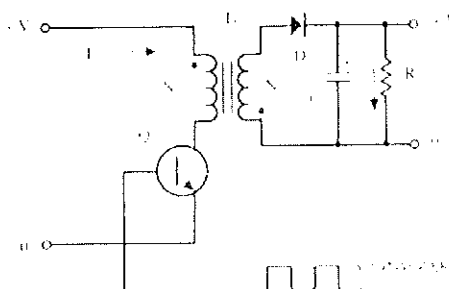
รูปที่ 2.19 แสดงการต่อวงจรเพื่อใช้ในการทดสอบของไอซี TL 494 (ที่มา: Motorola)

2.3 แหล่งจ่ายกำลังสวิตซิ่ง (Switching Power Supply)

ข้อได้เปรียบของสวิตซิ่งเพาเวอร์ซัพพลายก็คือ มีประสิทธิภาพสูง ขนาดเล็ก มีน้ำหนักเบาว่าลิเนียร์เพาเวอร์ซัพพลาย ลิเนียร์เพาเวอร์ซัพพลายนั้นใช้หม้อแปลงความถี่ต่ำซึ่งมีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมากและขณะใช้งานจะมีแรงดันและกระแสผ่านตัวหม้อแปลงตลอดเวลากำลังงานสูญเสียที่อินพุตของหม้อแปลงจะมีค่าสูง การคงค่าแรงดันของลิเนียร์เพาเวอร์ซัพพลายส่วนใหญ่จะใช้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ต่ออนุกรมที่เอาต์พุต เพื่อจ่ายกระแสและคงค่าแรงดันกำลังงานสูญเสียในรูปความร้อนจะมีค่าสูงและต้องใช้แผ่นระบายความร้อนขนาดใหญ่ซึ่งกินเนื้อที่ เมื่อเพาเวอร์ซัพพลายต้องจ่ายกำลังงานสูง ๆ จะทำให้มีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมาก โดยปกติลิเนียร์เพาเวอร์ซัพพลายจะมีประสิทธิภาพประมาณ 30% หรืออาจทำได้สูงถึง 50% ในบางกรณี ซึ่งนับได้ว่าค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับสวิตซิ่งเพาเวอร์ซัพพลายซึ่งมีประสิทธิภาพ ในช่วง 65% ถึง 80% อย่างไรก็ตาม สวิตซิ่งเพาเวอร์ซัพพลายจะมีเสถียรภาพในการทำงานที่ต่ำกว่าและก่อให้เกิดสัญญาณรบกวนได้สูงเมื่อเปรียบเทียบกับลิเนียร์เพาเวอร์ซัพพลายรวมทั้งสวิตซิ่งเพาเวอร์ซัพพลายยังมีความซับซ้อนของวงจรมากกว่า

ในงานวิจัยนี้ ศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบสร้างวงจรจ่ายไฟแรงดันสูงจากหลักการสวิตซิ่งเพื่อลดขนาดหม้อแปลงให้มีขนาดเล็กลงและมีน้ำหนักเบา จึงจะขอกกล่าวถึงหลักการวงจรฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์ และข้อมูลของหม้อแปลงฟลายแบ็คของโทเรชั่นส์ที่นำมาประยุกต์ใช้งาน โดยที่ไม่ต้องออกแบบหม้อแปลงสวิตซิ่งขึ้นมาใหม่

2.3.1 วงจรฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์



รูปที่ 2.20 แสดงรูปโครงสร้างวงจรฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์

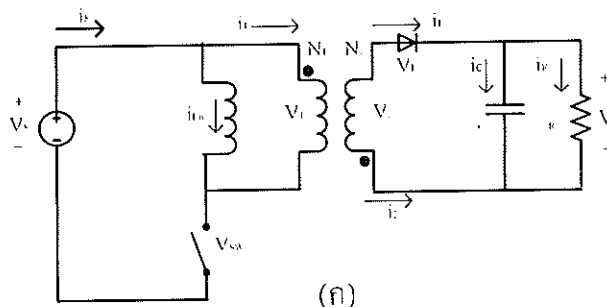
วงจรฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์จัดอยู่ในประเภทการป้อนแบบแรงดันไฟฟ้า (Voltage fed) โดยมีรูปโครงสร้างของวงจรฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์ ในรูปที่ 2.20

วงจรสมมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์การทำงานของวงจรแสดงในรูปที่ 2.21 (ก.) และรูปที่ 2.21 (ข.) ตามลำดับ และเพื่อต่อการวิเคราะห์หลักการทำงานของวงจร จะกำหนดเงื่อนไขของการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1. อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังทั้งหมด เช่น สวิตช์และไดโอด จะถือว่าเป็นอุดมคติ
 2. วงจรสมมูลของหม้อแปลงไฟฟ้า จะถือว่าเป็นอุดมคติคือไม่มีตัวเหนี่ยวนำรั่ว (leakage inductance) แต่มีค่าตัวเหนี่ยวนำทำแม่เหล็ก (magnetizing inductor : L_m) ขนานอยู่กับขดลวดด้านปฐมภูมิ (N_p) เท่านั้น
 3. ตัวเก็บประจุด้านออกจะมีขนาดใหญ่มาก จนถือได้ว่าเป็นแรงดันฟ้าด้านออกของวงจรมีค่าคงที่
 4. พิจารณาวงจรขณะที่ทำงานในสภาวะคงตัวเท่านั้น ซึ่งหมายถึง แรงดันและกระแสไฟฟ้าจะเป็นสัญญาณรายคาบ
 5. ค่าคิวตี้ไซเคิล (duty cycle) ของสวิตช์ D จะมีช่วงเวลาขณะนำกระแสเท่ากับ DT และมีช่วงเวลาขณะไม่นำกระแสเท่ากับ $(1-D)T$
- สำหรับการทำงานของวงจรฟลายแบ็กจะคล้ายกับการทำงานของวงจรบัค-บูสต์ โดยตัวเหนี่ยวนำแม่เหล็ก (L_m) จะสะสมพลังงานขณะสวิตช์นำกระแสและจะคายพลังงานไปยังโหลดขณะสวิตช์ไม่นำกระแส การวิเคราะห์การทำงานของวงจรจะพิจารณาการทำงานของสวิตช์ ทั้งสองสถานะดังต่อไปนี้

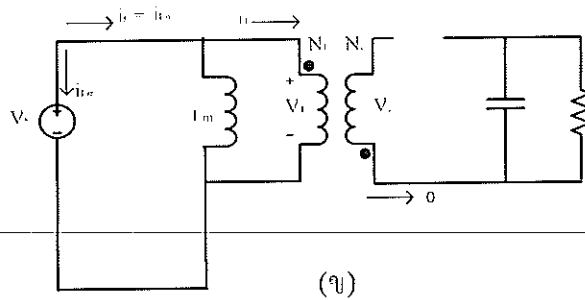
2.3.1.1 กรณีโหมดกระแสต่อเนื่อง

(1) การวิเคราะห์กรณีสวิตช์นำกระแส

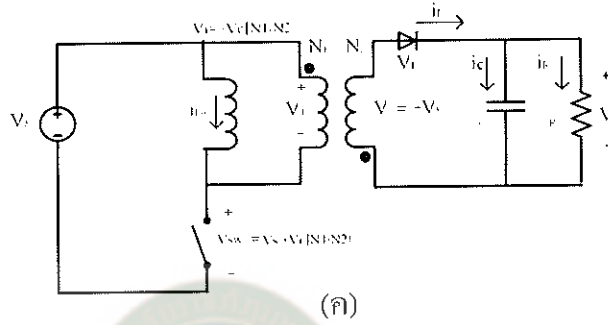


รูปที่ 2.21 แสดงการวิเคราะห์กรณีสวิตช์นำกระแส

(ก) แสดงแทนวงจรสมมูลของหม้อแปลงไฟฟ้าในวงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์



(ก)



(ค)

รูปที่ 2.21 แสดงการวิเคราะห์กรณีสวิตช์นำกระแส

(ข.) แสดงวงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์ขณะนำกระแส

(ค.) แสดงวงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์ขณะไม่นำกระแส

พิจารณาด้านเข้าของหม้อแปลงไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 2.21 (ค.)

$$v_1 = V_s = L_m \frac{di_{1m}}{dt} \tag{2.24}$$

$$\frac{di_{1m}}{dt} = \frac{\Delta i_{1m}}{\Delta t} = \frac{\Delta i_{1m}}{DT} = \frac{V_s}{L_m} \tag{2.25}$$

การเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำทำแม่เหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าจะเท่ากับ

$$(\Delta i_{1m})_{closed} = \frac{V_s DT}{L_m} \tag{2.26}$$

พิจารณาด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า

$$v_2 = v_1 = \left(\frac{N_2}{N_1} \right) V_s = V_o \left(\frac{N_2}{N_1} \right) \tag{2.27}$$

$$v_D = V_o - V_s \left(\frac{N_2}{N_1} \right) < 0 \tag{2.28}$$

$$i_2 = 0$$

$$i_1 = 0 \tag{2.29}$$

พิจารณาด้านพฤติกรรมของหม้อแปลงไฟฟ้า เนื่องจากไดโอดไม่นำกระแสเป็นผลทำให้กระแสไฟฟ้าด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า (i_2) มีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งหมายถึงกระแสไฟฟ้าด้านปฐมภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า (i_1) ก็จะมีค่าเท่ากับศูนย์เช่นกัน ในขณะที่ด้านปฐมภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าสวิตช์กำลังนำกระแส เป็นผลทำให้เกิดกระแสทำแม่เหล็กสะสมพลังงานในตัวเหนี่ยวนำทำแม่เหล็ก (L_m) เท่านั้น ซึ่งในทางอุดมคติจะถือว่ากระแสไฟฟ้าทำแม่เหล็กมีค่าน้อยมาก จนถึงได้ว่ากระแสไฟฟ้าด้านปฐมภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าจะมีค่าเพิ่มขึ้น แต่กระแสไฟฟ้าด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าจะมีค่าเท่ากับศูนย์



รูปที่ 2.22 แสดงรูปคลื่นกระแสและแรงดันไฟฟ้าของวงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์

(2) การวิเคราะห์กรณีสวิตช์ไม่นำกระแส

รูปที่ 2.22 (ง) เป็นวงจรฟลายแบ็กกรณีสวิตช์ไม่นำกระแส เมื่อสวิตช์เปลี่ยนสถานะจากนำกระแสมาเป็นไม่นำกระแส กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำทำแม่เหล็กจะไม่สามารถเปลี่ยนแปลงอย่างทันทีทันใดได้ เป็นผลทำให้ยังคงมีกระแสไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าอยู่โดยกระแสไฟฟ้า (i_{Lm}) จะไหลเข้าจุดที่ไม่มีขั้ว (undotted) ด้านขดลวดปฐมภูมิและกระแสไฟฟ้าด้านทุติยภูมิจะไหลออกจากจุดที่ไม่มีขั้วและแรงดันไฟฟ้าจะเป็นบวก ณ จุดที่ไม่มีขั้วเช่นกัน ซึ่งจะทำให้ไดโอดได้รับไบแอสตรงและนำกระแส แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงด้านออกมีค่าคงที่เท่ากับ V_o ทำให้เกิดแรงดันเหนี่ยวนำย้อนกลับที่เกิดจากตัวเหนี่ยวนำ L_m ด้านขดลวดปฐมภูมิเท่ากับ $-V_o$ ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ

$$v_1 = -V_o \frac{N_1}{N_2} \quad (2.30)$$

แรงดันและกระแสไฟฟ้าขณะสวิตช์ไม่นำกระแสจะมีค่าเท่ากับ

$$v_2 = -V_o \quad (2.31)$$

$$v_1 - v_2 \frac{N_1}{N_2} = -V_o \frac{N_1}{N_2}$$

$$L_m \frac{di_{Lm}}{dt} = v_1 - V_o \frac{N_1}{N_2}$$

$$\frac{di_{Lm}}{dt} \Delta t = \frac{\Delta i_{Lm}}{(1-D)T} = -\frac{V_o}{L_m} \cdot \frac{N_1}{N_2} \quad (2.32)$$

การเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำทำแม่เหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าจะเท่ากับ

$$(\Delta i_{Lm})_{opened} = \frac{-V(1-D)T}{L_m} \cdot \frac{N_1}{N_2} \quad (2.33)$$

เนื่องจากค่ากระแสไฟฟ้าเฉลี่ยที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ L_m จะต้องมีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนั้น จากสมการที่

(2.26) และ (2.33) จะได้

$$(\Delta i_{Lm})_{closed} + (\Delta i_{Lm})_{opened} = 0$$

$$\left(\frac{V_o DT}{L_m} \right) - \left(\frac{V_o (1-D)T}{L_m} \cdot \frac{N_1}{N_2} \right) = 0$$

จะได้ค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงด้านออกเท่ากับ

$$V_o = V_s \cdot \frac{D}{1-D} \cdot \frac{N_2}{N_1} \quad (2.34)$$

จากสมการที่ (2.34) จะสังเกตเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าด้านเข้าและด้านออก คล้ายกับกรณีวงจรบัค-บูสต์ ซึ่งแตกต่างกันแค่เพียงในวงจรฟลายแบ็คมีการเพิ่มอัตราส่วนของ หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer ratio) เท่านั้น

สำหรับค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านไดโอดด้านออก ตัวเก็บประจุด้านออกและแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม สวิตช์จะสามารถหาได้ดังนี้

$$i_D = i_1 \left(\frac{N_1}{N_2} \right) = i_{Lm} \left(\frac{N_1}{N_2} \right) \quad (2.35)$$

$$V_{sm} = V_s - V_1 = V_s + V_o \left(\frac{N_1}{N_2} \right) \quad (2.36)$$

$$i_R = \frac{V_o}{R} \quad (2.37)$$

$$i_c = i_D - i_R = i_{Lm} \left(\frac{N_1}{N_2} \right) - \frac{V_o}{R} \quad (2.38)$$

พิจารณาสมการที่ (2.26) จะเห็นได้ว่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสวิตช์หรือแรงดันเกิน (Voltage stress) จะมีค่าสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายเท่ากับ $V_o \cdot (N_1/N_2)$ สำหรับรูปคลื่นสัญญาณกระแส แรงดันไฟฟ้าได้แสดงในรูปที่ 2.22

ในอุดมคติ ค่ากำลังไฟฟ้าที่โหลดตัวด้านทานจะต้องมีค่าเท่ากับกำลังไฟฟ้าที่ป้อนจากแหล่งจ่าย

$$P_s = P_o \quad (2.39)$$

$$\text{หรือ } V_s I_s = \frac{V_o^2}{R} \quad (2.40)$$

ค่ากระแสไฟฟ้าด้านเข้าเฉลี่ย (I_s) จะสัมพันธ์กับค่ากระแสแม่เหล็กเฉลี่ย I_{Lm} ดังนี้

$$I_s = \frac{(I_{Lm})DT}{T} = (I_{Lm})D \quad (2.41)$$

แทนค่าสมการที่ (2.41) ลงในสมการ (2.40) เพื่อหาค่ากระแสไฟฟ้า I_{Lm}

$$V_s I_{Lm} D = \frac{V_o^2}{R} \quad (2.42)$$

$$I_{Lm} = \frac{V_o^2}{V_s \cdot D \cdot R} \quad (2.43)$$

แทนค่าแรงดันไฟฟ้า V_o ในสมการที่ (2.42) ลงในสมการที่ (2.43) จะได้

$$I_{Lm} = \frac{V_s D}{(1-D)^2 R} \cdot \left(\frac{N_2}{N_1} \right) = \frac{V_o}{(1-D)R} \cdot \left(\frac{N_2}{N_1} \right) \quad (2.44)$$

ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด และต่ำสุดที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ L_m จะสามารถหาได้จากสมการที่ (2.34) และสมการที่ (2.43) มีค่าเท่ากับ

$$I_{Lm,max} = I_{Lm} + \frac{\Delta i_{Lm}}{2}$$

$$I_{Lm,max} = \frac{V_s D}{(1-D)^2 R} \cdot \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2 + \frac{V_s DT}{2L_m} \quad (2.45)$$

$$I_{Lm,min} = I_{Lm} - \frac{\Delta i_{Lm}}{2}$$

$$I_{Lm,min} = \frac{V_s D}{(1-D)^2 R} \cdot \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2 + \frac{V_s DT}{2L_m} \quad (2.46)$$

กรณีการทำงานในโหมดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำแบบต่อเนื่อง จะต้องทำให้ค่ากระแสไฟฟ้า $I_{Lm,min}$ ในสมการที่ (2.46) มีค่ามากกว่าศูนย์และที่ขอบเขตระหว่างโหมดนำกระแสแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่องจะอยู่ที่เงื่อนไข

$$I_{Lm,min} = 0 \quad (2.47)$$

$$\frac{V_s D}{(1-D)^2 R} \cdot \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2 = \frac{V_s DT}{2L_m} = \frac{V_s D}{2L_m f_s} \quad (2.48)$$

โดยที่ f_s หมายถึง ความถี่สวิตชิง

ค่าความเหนี่ยวนำทำแม่เหล็ก (L_m) ต่ำสุดที่ทำให้กระแสไฟฟ้ายังคงไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำอย่างต่อเนื่อง จะเท่ากับ

$$(L_m)_{\min} = \frac{(1-D)^2 R}{2f_s} \cdot \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \quad (2.49)$$

เนื่องจากโครงสร้างทางด้านออกของฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์เหมือนกับวงจรบัค-บูสต์ ดังนั้นค่าระลอกคลื่นด้านออกของวงจรทั้งสองจะมีค่าเท่ากัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{D}{R \cdot C \cdot f_s} \quad (2.50)$$

2.3.1.2 กรณีโหมดกระแสไม่ต่อเนื่อง

ความหมายของโหมดกระแสไม่ต่อเนื่องจะหมายถึง กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำทำแม่เหล็ก (L_m) ไม่ต่อเนื่อง คือมีบางช่วงเวลาที่กระแสเป็นศูนย์ โหมดกระแสต่อเนื่องก็จะหมายถึงการที่กระแสไฟฟ้าที่ไหล (L_m) มีความต่อเนื่องนั่นเอง

สำหรับวงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์โหมดกระแสไม่ต่อเนื่อง กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน L_m จะเพิ่มขึ้นอย่างเป็นเชิงเส้นเมื่อสวิตช์นำกระแสซึ่งจะเหมือนกับกรณีโหมดกระแสต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านจะค่อย ๆ ลดลงจนกระทั่งเป็นศูนย์เมื่อสวิตช์ไม่นำกระแส ดังแสดงในรูปที่ 2.22 สมการกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน L_m ขณะที่สวิตช์นำกระแสจะมีเท่ากับค่ากระแสไฟสูงสุด ซึ่งจะเหมือนกับสมการที่ (2.26) หรือเท่ากับ

$$I_{Lm, \max} = \frac{V_s \cdot D \cdot T}{L_m} \quad (2.51)$$

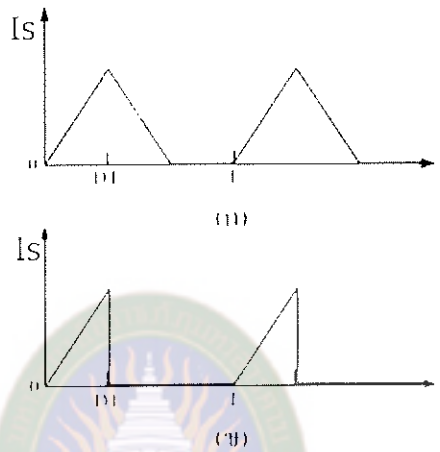
ค่าแรงดันไฟฟ้าด้านออกสามารถหาได้จากความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าในวงจร โดยถ้ากำหนดให้อุปกรณ์ทั้งหมดเป็นอุดมคติจะได้ ค่ากำลังไฟฟ้าด้านเข้าจะเท่ากับค่ากำลังไฟฟ้าด้านออก ดังนั้นจะได้

$$P_s = P_o$$

$$V_s \cdot I_s = \frac{V_o^2}{R} \quad (2.52)$$

ค่ากระแสไฟฟ้าด้านเข้าเฉลี่ยจะหมายถึงพื้นที่ของรูปคลื่นสามเหลี่ยม ดังรูปที่ 2.22 หาด้วยคาบเวลา สวิตซ์ซึ่งจะได้

$$I_s = \left(\frac{1}{2}\right) \cdot \left(\frac{V_s \cdot D \cdot T}{L_m}\right) \cdot (DT) \left(\frac{1}{2}\right) \cdot \left(\frac{V_s \cdot D^2 \cdot T}{2L_m}\right) \tag{2.53}$$



รูปที่ 2.23 แสดงลักษณะกระแสไฟฟ้าไม่ต่อเนื่องของวงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์

แทนค่าลงในสมการ (2.52) จะได้

$$\frac{V_s^2 \cdot D^2 \cdot T}{2L_m} = \frac{V_o^2}{R} \tag{2.54}$$

เมื่อแก้สมการที่ (2.54) จะได้ค่าแรงดันไฟฟ้าด้านออกเท่ากับ

$$V_o = V_s \cdot D \cdot \sqrt{\frac{R \cdot T}{2L_m}} = V_s \cdot D \cdot \sqrt{\frac{R}{2 \cdot L_m \cdot f_s}} \tag{2.55}$$

2.3.2 หม้อแปลงฟลายแบ็กในเครื่องรับโทรทัศน์ (Flyback Transformer)

หม้อแปลงฟลายแบ็ก เป็นอุปกรณ์หนึ่งที่อยู่ในภาคซอลิคอนดอลเอตต์พุดของโทรทัศน์ทำหน้าที่เป็น หม้อแปลงสวิตซ์ซึ่งขับหลายกิโลวัตต์ไฟแรงสูงที่มีสัญญาณเป็นรูปคลื่นพัลส์บวก (High Voltage positive pulses) ป้อนให้อาโนดของหลอดภาพและแรงดันต่ำ ๆ เพื่อไปเลี้ยงวงจรอื่น ๆ อีกบางจุดในเวลา เดียวกัน มี 2 ชนิด คือ ชนิดที่ใช้กับเครื่องรับโทรทัศน์ขาวดำผลิตไฟแรงสูง ขนาด 8-16 กิโลโวลต์ ชนิดที่ใช้กับเครื่องรับโทรทัศน์สีผลิตไฟแรงสูง ขนาด 20-30 กิโลโวลต์ ดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 แสดงรูปหม้อแปลงฟลายแบ็กเครื่องรับโทรทัศน์ขนาด 14-21 นิ้ว และ 25-29 นิ้ว

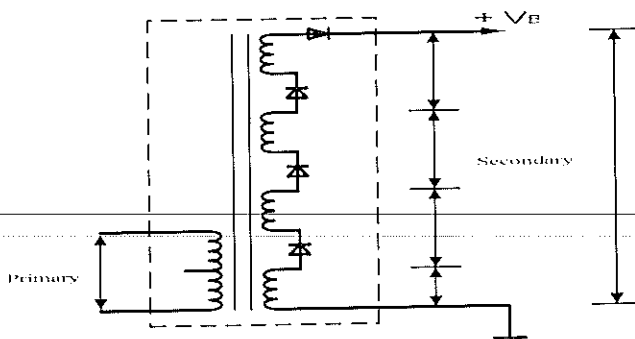
2.3.2.1 โครงสร้างและวงจรภายในหม้อแปลงฟลายแบ็ก

โครงสร้างของหม้อแปลงฟลายแบ็กเครื่องรับโทรทัศน์ประกอบด้วยแกนเฟอร์ไรต์แบบ UYF ที่ใช้กับความถี่สูงตั้งแต่ 2 kHz - 10 MHz ดังรูป 2.25 มีขดลวดสองชุดคือขดลวดค้ำปฐมนิยมมีพันรอบแกนเฟอร์ไรต์ 1-2 ชุด และขดลวดค้ำทุติยภูมิจะมีการพันไว้หลายชุดเนื่องจากหม้อแปลงฟลายแบ็กจะผลิตไฟแรงสูงแล้วยังผลิตไฟแรงค้ำต่ำ ๆ เพื่อใช้ส่วนของวงจรอื่น ๆ เช่น วงจรปรับโฟกัส ดังรูปที่ 2.25



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

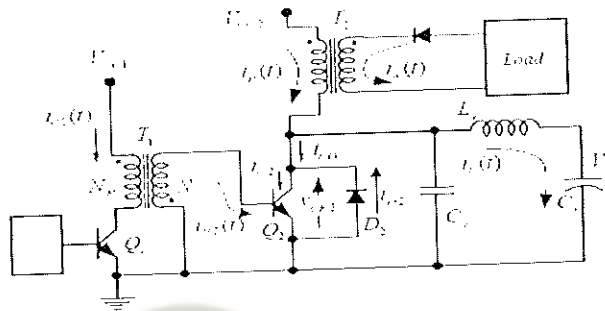
รูปที่ 2.25 แสดงแกนเฟอร์ไรต์แบบ UYF ของหม้อแปลงฟลายแบ็ก



รูปที่ 2.26 แสดงวงจรภายในหม้อแปลงฟลายแบ็กเครื่องรับโทรทัศน์

2.3.2.2 หลักการกำเนิดไฟแรงสูง (High Voltage generation)

ไฟแรงสูงเป็นส่วนที่จะดึงเอาลำอิเล็กตรอนให้วิ่งไปชนหน้าจอแล้วเกิดการเรืองแสงขึ้นโดยโทรทัศน์ขาวดำจะใช้ไฟแรงสูง ขนาด 8-16 กิโลโวลต์ ในขณะที่โทรทัศน์สีจะใช้ไฟแรงสูงในส่วนนี้ ตั้งแต่ 20-30 กิโลโวลต์



รูปที่ 2.27 แสดงวงจรเบื้องต้นของระบบการสแกนแนวแกนนอน

จากหลักการวงจรฟลายแบ็ค งานวิจัยนี้ได้นำเอาหลักการของระบบ (Basic Functions) การบังคับการสแกนทางนอนหรือฮอริซอนตอลเอ๊าต์พุต (Horizontal Scan System) ซึ่งเป็นหลักการที่ส่งผลต่อความเป็นภาพที่หน้าจอเครื่องรับโทรทัศน์ นั่นคือ การกวาดลำแสงของอิเล็กตรอน จากรูป 3.2 อันเป็นวงจรรวมของการสแกนทางนอนทั้งหมด จะพบว่าเมื่อวงจรออสซิลเลเตอร์ผลิตความถี่เพื่อการสแกนซึ่งมีความถี่เท่ากับ 15,625 เฮิร์ตซ์ ความถี่ตรงนี้จะส่งไปยังระบบขับกำลัง (Driver) เพื่อส่งออควงจรขยายกำลังหลักหรือวงจรฮอริซอนตอลเอ๊าต์พุตต่อไป

ในส่วนของวงจรฮอริซอนตอลมีชิ้นการทำงานหลัก ๆ ในเบื้องต้น 2 ประการด้วยกัน ประการแรก คือ การทำให้เกิดสัญญาณฟันเลื่อย (Saw tooth) เพื่อส่งกระแสของสัญญาณไปยังฮอริซอนตอลใช้กนำผลการทำงานส่วนนี้ไปเบี่ยงเบนลำอิเล็กตรอนให้เกิด การกวาดลำแสงที่หน้าจอ ประการต่อมา วงจรนี้จะต้องส่งไปขับฟลายแบ็ค ทรานส์ฟอร์มเมอร์ (Flyback Transformer) เพื่อให้ตัวฟลายแบ็ค ทรานส์ฟอร์มเมอร์ทำการผลิตไฟแรงสูงเพื่อป้อนให้อาโหนดของหลอดภาพ ส่วนของไฟแรงสูงของเครื่องรับโทรทัศน์ขาวดำจะใช้ไฟแรงสูง ขนาด 8-10 กิโลโวลต์ โทรทัศน์สีใช้แรงดันไฟ ตั้งแต่ 20-30 กิโลโวลต์

ในส่วนของวงจรภาคขับ (Driver) ของทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ฮอริซอนตอลเอ๊าต์พุตที่ใช้ขับฟลายแบ็คจะต้องเป็นชนิดที่ออกแบบเพื่อให้ใช้กับวงจรฟลายแบ็คอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งต้อง

มีลักษณะพิเศษ คือ ต้องมีความสามารถในการจ่ายกระแสแรงดันสูง ๆ ได้ด้วยลักษณะของการเทิร์นออฟตัวเองอย่างรวดเร็ว (Fast Turn-off) ดังนั้นในส่วนของสัญญาณอินพุตที่ออกแบบเพื่อขับเบสจึงต้องมีเสถียรภาพของสัญญาณ เพราะว่าทรานซิสเตอร์ต้องทนโวลท์ (เพิก) สูงมาก ๆ ดังนั้น โครงสร้างจึงต้องสร้างให้คอลเล็กเตอร์รีเยียน (Collector Region) มีความหนาแน่นมาก ๆ และ ต้องมีความไวสูงด้วยในเวลาเดียวกับคอลเล็กเตอร์ต้องสามารถจ่ายกระแสได้สูงหรือที่เรียกว่า “ฮาร์ดเซ็ทเจอร์ชั่น” (Hard Saturation) เมื่อมีกระแสเบสเข้ามา

2.4 หลอดนีออน

หลอดนีออนโคมไฟมีกระบวนการผลิตจากหลอดแก้วที่นำมาตัดโค้งงอให้เป็นตัวอักษรหรือรูปทรงต่าง ๆ หลังจากนั้นจะจ่ายไฟแรงดันสูงจากหม้อแปลงไฟฟ้า (Ultrahigh vacuum pump) ไปกระตุ้นให้เกิดสนามไฟฟ้าและความร้อนในกระบวนการที่ประมาณ 500 °F (degrees F) เพื่อให้หลอดแก้วมีความสะอาดบริสุทธิ์ หลังจากนั้นปล่อยให้หลอดแก้วเย็นลงก็เติมก๊าซจากขวดแก้วหรือถังก๊าซความดันเข้าไปในหลอดแก้วเสร็จแล้วปิดท่อแก้วสำหรับเติมก๊าซ จากนั้นจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปกระตุ้นอะตอมของก๊าซ ด้วยวิธีการจ่ายกระแสไฟฟ้าแรงดันสูงผ่านขั้วอิเล็กโทรดทั้งสองขั้ว ผลจะทำให้ก๊าซที่บรรจุไว้ในหลอดเกิดการแตกตัวเป็นไอออนและนำไฟฟ้าได้ ซึ่งจะทำให้ก๊าซร้อนติดไฟเป็นแสงสีต่าง ๆ

นีออน เป็นคำมาจาก ภาษากรีก ว่า นีออส (Neos) ซึ่งมีความหมายว่า ก๊าซใหม่ (The New Gas) ก๊าซนีออนเป็นก๊าซที่เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติ นีออนเป็นธาตุทางเคมี ลำดับที่ 10 สัญลักษณ์ Ne เป็นก๊าซเฉื่อยมีปรากฏเพียง 1 ใน 55,000 ส่วน ในบรรยากาศ

นีออน มีความหมายจากกรอธิบายคุณลักษณะของแสง เรียกว่า ก๊าซที่เรืองแสงด้วยวิธีการจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านก๊าซจะทำให้ก๊าซที่บรรจุไว้ในหลอดเกิดการแตกตัวเป็นนีออนและนำไฟฟ้าได้ ซึ่งจะทำให้ก๊าซร้อนติดไฟเป็นแสงสีต่าง ๆ แต่ก็ขึ้นอยู่กับชนิดของก๊าซที่เติมใส่เข้าไป เช่น แสงสีของหลอดฟลูออเรสเซนต์ หลอดไอปรอท หลอดไอโซเดียม หลอดนีออน

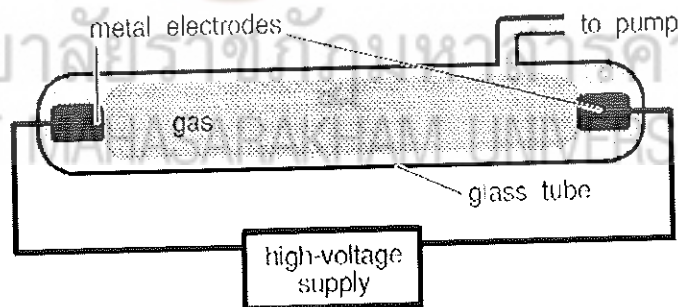
ก๊าซนีออน ถูกค้นพบในปี ค.ศ. 1898 โดย วิลเลียม แรมซีย์ (William Ramsey) และมอร์ริส ทราเวอร์ส (Morris Travers) หลอดนีออนถูกผลิตขึ้นเป็นครั้งแรก โดย จอร์จ จออส (Georges Claude) นอกจากก๊าซนีออนที่ค้นพบในชั้นบรรยากาศ ซึ่งเป็นหนึ่งในก๊าซหายากแล้ว ยังมีก๊าซอื่นที่นำมาใช้เป็นก๊าซที่บรรจุในหลอดนีออน เพื่อสร้างแสงสีที่ต่างกัน เช่น อาร์กอน (argon) ฮีเลียม (helium) คริปทอน (krypton) ซีเนอน (xenon) และเรดอน (radon) ซึ่งก๊าซเรดอน เป็นก๊าซชนิดเดียวที่ไม่นำมาใช้ในหลอดนีออน

จากหลักการดังกล่าว เมื่อก๊าซนีออนถูกกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าแรงดันสูง ก๊าซนีออนจะให้แสงสีแดง ก๊าซอาร์กอนเมื่อเติมปรอทเข้าไปก็จะให้แสงสีน้ำเงิน ก๊าซฮีเลียมจะให้แสงสีชมพู สีเหลือง ส่วน ก๊าซคริปทอนจะให้แสงสีแดงเข้มที่ยอมให้เป็นแสงสีม่วงได้และถ้าใช้ก๊าซต่าง ๆ ผสมกันก็จะได้สีที่ ต่างกันออกไป ซึ่งก๊าซนีออนอาร์กอนและไอปรอทที่บรรจุเข้าไปในหลอดแก้วจะถูกนำมาผลิตออกมา เป็นอุปกรณ์ทางแสงต่าง ๆ (ที่มา : The art of neon An Internet Web quest)

2.4.1 หลักการทำงานของหลอดปล่อยประจุก๊าซ (Goes discharge tube)

หลอดนีออนหรือหลอดไฟโฆษณา เป็นหลอดที่บรรจุด้วยก๊าซหรือการเติมสารปรอทและก๊าซเฉื่อย ความดันต่ำซึ่งปกติใช้ก๊าซอาร์กอนภายในหลอดเคลือบด้วยสารเคลือบเรืองแสง (Phosphor) หรือ หลอดแก้วใสที่ปลายทั้งสองข้างเป็นขั้วอิเล็กโทรด (Neon Tube Electrode) เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่าน เข้าไปในก๊าซ ก๊าซนั้นจะเปล่งแสงออกมา เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ หลอดนีออน หลอดไอปรอท และไอโซเดียม จากตัวอย่างที่ได้กล่าวถึงนั้น เรียกว่า หลอดปล่อยประจุ (Goes-discharge lamps) แสงสีของหลอดชนิดนี้จะขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของก๊าซและ โครงสร้างของหลอดไฟแต่ละชนิด

จากการที่ก๊าซที่อยู่ในบรรยากาศไม่สามารถนำกระแสไฟฟ้าได้ ดังนั้น การจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านแก๊สได้ นั้นจำเป็นต้องใช้สิ่งที่มีคุณสมบัติเป็นเครื่องช่วยในการนำกระแสไฟฟ้า ซึ่งเรียกว่า หลอดปล่อยประจุก๊าซ (Goes discharge tube)

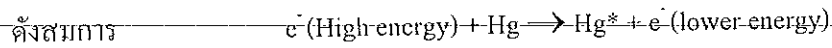


รูปที่ 2.28 แสดงหลอดนีออน

2.4.1.1 หลอดปล่อยประจุก๊าซ (Gas discharge tube)

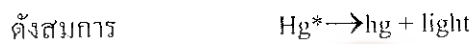
หลอดปล่อยประจุก๊าซ (Gas discharge tube) ทำจากแก้วที่มีขั้วไฟฟ้า (Electrodes) ที่ปลายหลอดทั้ง 2 ข้าง เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าสูงๆ เข้าที่ขั้วไฟฟ้า (Electrodes) ทั้ง 2 ข้าง และความดันของก๊าซในหลอดก็จะลดลง เป็นเหตุให้รังสีที่มีประจุไฟฟ้าลบพุ่งจากขั้วลบไปยังขั้วบวกด้วยความเร็วสูงเกิดชนกับโมเลกุลของ ก๊าซรังสีแคโทดพวกนี้มีพลังงานมากเมื่อชนโมเลกุลของก๊าซจะทำให้อิเล็กตรอนในโมเลกุลของแก๊ส

หลุดออกจากโมเลกุล โมเลกุลนั้นจึงมีประจุบวก เรียกว่า ไอออนบวก (Positive ions) ไอออนบวกนี้จะวิ่งไปยังขั้วลบของหลอด และก๊าซก็เปล่งแสงออกมา ซึ่งจะเป็นสภาวะในการกระตุ้น โมเลกุลของก๊าซให้เป็นพลังงานสูง (High – energy)



จากสมการ Hg^* แทนอะตอมของปรอทในการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า

การกระตุ้นโมเลกุลของก๊าซนี้จะไม่ทำให้สภาวะ High-energy ค้างอยู่ได้อย่างยาวนานแต่มันสามารถทำให้อยู่ในพลังงานลดลงอยู่ในสภาวะ lowest – energy



นี่เป็นสมการแหล่งกำเนิดแสงของหลอดปล่อยประจุ (Discharge tube) เพราะว่าอะตอมและโมเลกุลสามารถทำให้เกิดพลังงานแสงได้ โดยการกระตุ้นโมเลกุล ซึ่งเป็นข้อกำหนดสภาวะความแตกต่างของพลังงานได้ เราสามารถหาพลังงานของสีที่เปล่งออกมากำหนดได้โดยพลังงานของการกำเนิดแสง

พลังงานของแสงตามตารางความยาวของคลื่นแสงมาตรฐาน หาได้จากสมการ

$$E = hc/\lambda$$

เมื่อ E คือ พลังงานแสง

h คือ Planck's constant (6.63×10^{-34} J sec)

(Planck: นักฟิสิกส์ชาวเยอรมัน)

c คือ ความเร็วแสง (3×10^8 m/sec)

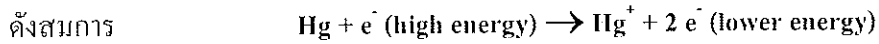
λ คือ ความยาวคลื่น



รูปที่ 2.29 แสดงความยาวของคลื่นแสง

ดังนั้น การพิสูจน์หาความยาวของคลื่นแสงเป็นการกำหนดการเติมก๊าซเข้าไปในหลอดปล่อยประจุ ไม่ใช่จะมีแค่การเติมก๊าซเข้าไปในหลอดแก้วที่มีแรงดันต่ำอย่างเดียว หลอดบางชนิดเติมก๊าซที่มีความดัน

ถึง 1-2 lb/in² ซึ่งทั้งหมดนี้เรียกว่า หลอดปล่อยประจุแบบแรงดันสูง เช่น หลอดไอปรอท หลอดโซเดียม ที่ใช้เป็นไฟถนนแต่การทำงานก็คล้ายกันกับหลอดปล่อยประจุแรงดันต่ำ อย่างไรก็ตาม เริ่มแรกเมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านก๊าซที่มีแรงดันสูงและแรงดันไฟสูงแล้ว ก๊าซจะแตกตัวเป็นไอออนเกิดเป็นอิเล็กตรอนเดินทางผ่านระหว่างขั้วไฟฟ้าอิเล็กโทดทั้งสอง ถ้ามีพลังงานเพียงพอก็จะทำให้อิเล็กตรอนแตกตัวออกจากโมเลกุลของก๊าซ



ไอออนและอิเล็กตรอนที่ถูกสร้างขึ้นคืออัตราเร่งในสนามไฟฟ้าที่ช่วยให้กระแสของอิเล็กตรอนชนเข้า กับอะตอมของปรอทในหลอดปล่อยประจุแรงดันสูงจากการกระตุ้นด้วยไฟฟ้าของหลอดแรงดันสูงจะทำให้เกิดพลังงานสูงกว่าหลอดปล่อยประจุแรงดันต่ำ

หลอดนีออนโฆษณา ถ้าเติมก๊าซด้วยแรงดัน 5-25 μm (760 mmHg = 760 μm) และบรรจุก๊าซให้เต็ม แล้วปิดด้วยขั้วไฟฟ้า (Metal electrodes) ทั้ง 2 ขั้ว โดยทั่วไปจะจ่ายไฟเข้าที่ ขั้วไฟฟ้าทั้ง 2 ประมาณ 1,000-5,000 Volt หรือเป็น 10,000 โวลต์ ก๊าซที่เติมเข้าไปก็จะกำหนดสีของแสงที่เปล่งออกมาตามต้องการ ก๊าซนีออนจะให้แสงสีแดง (red glow) ก๊าซฮีเลียมจะให้แสงสีเหลืองอ่อน (pale yellow) ก๊าซอาร์กอนจะให้แสงสีน้ำเงินอ่อน (yields blue) ไอปรอทจะให้แสงสีน้ำเงินอ่อน (Blue light) และไอโซเดียมจะให้แสงสีเหลือง (yellow) โดยส่วนใหญ่หลอดนีออนจะเติมก๊าซนีออนหรือนำก๊าซอื่นผสมเข้าไป รวมทั้งไอปรอทซึ่งสีที่เปล่งออกมาจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางเคมีของสารเรืองแสงและสารเคลือบเรืองแสง (Phosphor) ที่ฉาบไว้ที่ผนังด้านในของหลอดแก้ว เพื่อเปลี่ยนรังสีอัลตราไวโอเล็ตให้เป็นแสงที่มองเห็น ได้ตามความยาวคลื่นแสงที่ 254 nm.

ตารางที่ 2.1 การเลือกใช้แรงดันไฟฟ้ากับขนาดของหลอดนีออนใช้กับก๊าซอาร์กอนผสมกับก๊าซปรอท ที่ให้แสงสีน้ำเงิน (ที่มา : www. Neon shop.com)

Industry Standard Neon Footage Charts
Webcharts copyright © 2004 Kenny Greenberg
All Rights Reserved

Neon Footage for Blue (Argon-Mercury) Filled Tubes

Note: Deduct 1 foot for each pair of electrodes

diam tran\	25 mm	22 mm	20 mm	18 mm	15 mm	13 mm	12 mm	11 mm	10 mm	9 mm
15000v	120	100	90	80	72	60	55	48	44	39
12000v	95	79	70	62	55	46	44	38	35	31
9000v	80	67	55	45	40	33	32	28	25	22
7500v	61	48	39	35	31	27	25	23	20	18
6000v	48	40	32	28	24	21	19	18	16	14
5000v	40	33	27	23	20	16	16	13	12	11
4000v	32	27	22	19	17	15	14	11	10	8
3000v	22	18	16	14	12	10	9	8	7	6
2000v	20	16	14	12	9	8	7	6	5	5

ตารางที่ 2.2 การเลือกใช้แรงดันไฟฟ้ากับขนาดของหลอดนีออนใช้กับก๊าซนีออนที่ให้แสงสีแดง
(ที่มา : www. Neon shop.com)

Neon Footage for Red (Neon) Filled Tubes

Note: Deduct 1 foot for each pair of electrodes

diam tran\	25 mm	22 mm	20 mm	18 mm	15 mm	13 mm	12 mm	11 mm	10 mm	9 mm
15000v	102	85	78	72	60	50	45	40	36	32
12000v	79	67	61	55	45	39	35	32	29	26
9000v	67	57	48	40	33	29	26	24	21	18
7500v	51	41	34	28	26	22	21	19	17	15
6000v	40	34	28	23	21	18	16	15	13	12
5000v	33	28	23	19	17	15	12	11	10	8
4000v	27	23	19	16	13	11	10	9	8	7
3000v	17	14	12	11	10	9	8	7	6	5
2000v	15	12	10	9	7	6	6	5	4	4

ตารางที่ 2.3 แรงดันไฟฟ้าสูงกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดนีออน

Table 4 - Minimum Recommended High Voltage Clearances

See 'Type' definitions below.

Secondary Volts	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
1001 to 5000	1/2 inch	1/4 inch	3/4 inch	1 inch
5001 to 10000	3/4 inch	1/4 inch	1-1/8 inch	1-1/2 inch
10001 to 15000	1 inch	1/4 inch	1-1/2 inch	2 inch

Type 1: Sleeved high voltage (HV) wire to primary wire or to dead metal. * Where dead metal is parallel to HV wire for more than 1 inch.

Type 2: Neon tubing to any surface.

Type 3: Bare HV parts to dead metal, to unsleeved HV wire, or to primary wire and connectors.

Type 4: Bare HV parts to other bare HV parts or non-insulated primary and low voltage parts.

สำหรับหลอดแก้วใสจะบรรจุก๊าซนีออนให้แสงสีแดง-สีส้ม หลอดแก้วใสจะบรรจุก๊าซอาร์กอนให้แสงสีม่วงสำหรับสีอื่น ๆ จะผลิตออกมาคล้ายหลอดฟลูออเรสเซนต์โดยฉาบด้วยฟอสฟอรัสภายใน นอกจากนี้แสงสีอื่นที่เกิดขึ้น โดยการผสมด้วยนีออนหรืออาร์กอนกับไอปรอทเพื่อผลิตเป็นสีต่าง ๆ

ตารางที่ 2.4 สีของก๊าซชนิดต่าง ๆ (ที่มา: www. Neon shop.com)

Neon Colors	
ก๊าซ	Colors
Helium	Straw or Yellow/White
Heon	Orange/Red
Argon	Blue/Purple
Krypton	Silver/White
ZenonPale	Silver/Blue

ตารางที่ 2.5 เปรียบเทียบขนาดมาตรฐานหน่วยวัดระบบเมตริกกับระบบอังกฤษ

10mm	.394 in	~ 3/8 in
12mm	.472 in	~ 1/2 in
15mm	.591 in	~ 5/8 in
18mm	.709 in	~ 3/4 in
25mm*	.984 in	~ 1 in

ตารางที่ 2.6 เปรียบเทียบประสิทธิภาพความส่องสว่างและอายุการใช้งานของหลอดชนิดต่าง ๆ กับหลอดนีออน (ที่มา : www. Neon shop.com)

Table 1 - Comparison of Various Lighting Sources Output Efficiency, Color Range, & Lifespan *

*Note: Data has been compiled from manufacturers guaranteed output as of 3/1/2004.

Lighting Source Type	Lumens per Watt	Color Rendering	Color Range	Average Lifespan
Incandescent	13	95 - 100	2750k - 3400k	750 - 2,000 hrs
Tungsten Halogen	24	95 - 100	2850k - 3000k	2,000 - 5,000 hrs
Compact Fluorescent	54	80 - 85	2800k - 6250k	9,000 - 10,000 hrs
Fluorescent	89	48 - 90	2700k - 6300k	12,000 - 24,000 hrs
LED Red	38		Limited range of Colors	50,000 - 100,000 hrs
LED Amber	40			
LED Yellow	32	50 - 70		
LED Green	20			
LED Blue/Green	18			
LED Blue	9		Whites: 3200k - 8000k	
LED White	20			
NEON Red	25		Full range of Colors	100,000 - 200,000
NEON Amber	91			
NEON Yellow	76	60 - 92		
NEON Green	114		Whites: 2400k - 8300k	
Neon Blue/Green	86			
NEON Blue	38			
NEON White	89			

2.4.2 ขั้วอิเล็กโทรดที่ใช้กับหลอดนีออนโฆษณา (Electrodes)

หลอดนีออนมีขั้วอิเล็กโทรดปิดหัวท้ายหลอดมีลวดสายไฟโผล่ ออกมาสำหรับจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูง ภายในขั้วอิเล็กโทรดจะมีหลอดเล็ก ๆ ที่ทำมาจากนิกเกิลอยู่ภายในหลอดแก้วซึ่งหลอดแก้วนี้จะมีส่วนที่สำหรับดูดเอาอากาศจากหลอดโดยใช้ปั๊มสุญญากาศ แรงดันสูงและใช้เป็นส่วนที่จะใช้เติมก๊าซเข้าไปในหลอดนีออน

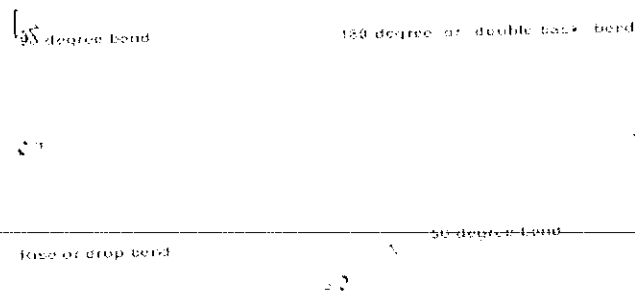
รูปที่ 2.30 แสดงขั้วอิเล็กโทรดที่ใช้กับหลอดนีออนโฆษณา

ตารางที่ 2.7 แสดงขนาดของขั้วอิเล็กโทรด (ที่มา : www.Neon.pro.com)

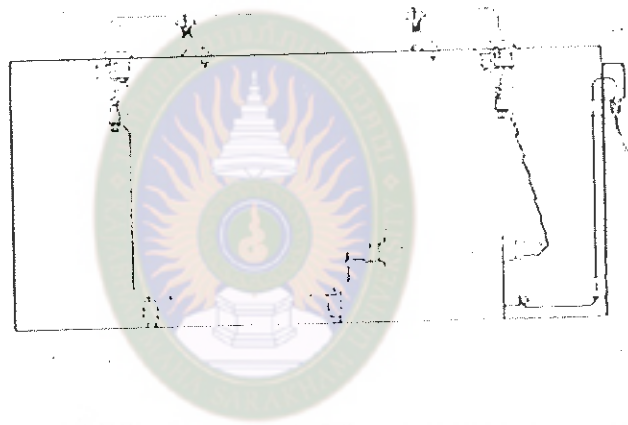
MODEL	PARABOLIC (MM)	SHELL		GLASS	
		ขนาด (mm)	BERNETT (mm)	ขนาด (mm)	BERNETT (mm)
HS 300E	30-45	8.2	27(31)	13	90
HS 300E	30-60	9.5	27(31)	15	90
HS 600E	60-90	1.5	31	18	90
HS 900E	90-120	1.5	31(41)	20	90

2.4.3 หลอดนีออนโฆษณา (NEON SIGNS TUBE)

หลอดไฟนีออนโฆษณาที่ผลิตขายในปัจจุบันมีความยาวมาตรฐาน ตั้งแต่ขนาด 4 ฟุต 6 ฟุต และ 8 ฟุต เป็นแท่งเพื่อที่จะนำมาออกแบบรูปทรง โดยให้ความร้อนที่จะทำการตัดโค้งงอตามแบบให้เป็นเป็นรูปสัญลักษณ์หรือตัวอักษรต่าง ๆ ดังรูปที่ 2.31



รูปที่ 2.31 แสดงการคัตหลุดน็อนโฆษณาในรูปลักษณะต่าง ๆ



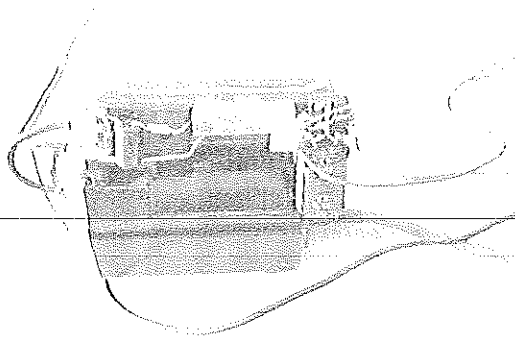
รูปที่ 2.32 แสดงการติดตั้งและการยึดหลุดน็อนโฆษณา

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.5 ผลงานที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย

ชุดจ่ายแรงดันไฟสูงขนาดเล็กเพื่อใช้สำหรับการทดลอง อี เอช ดี (lightweight HV Power Supplies for EHD experiments) โดย Jean Louis Naudin (JLN) [1] เสนอการสร้างแหล่งจ่ายแรงดันไฟสูงขนาดเล็ก สำหรับการทดลอง อี เอช ดี ที่มีการออกแบบและสร้างวงจรโดยนำเอาหม้อแปลงฟลายแบ็ค OEM รุ่น BRL050 kV ของโทรทัศน์สีมาประยุกต์เป็นหม้อแปลงสวิตซ์ซึ่งในการสร้างแรงดันไฟสูง แรงดันไฟสูงของวงจรขณะมีภาระสูงสุดวัดแรงดันไฟสูงได้ 30 kV 2.2 mA ควบคุมการสวิตซ์โดยใช้ไอซีเบอร์รี่ 555 สร้างสัญญาณออสซิลเลเตอร์ไปยังเอาท์พุททรานซิสเตอร์ เพื่อไปสวิตซ์การนำกระแส และการสะสมพลังงานที่หม้อแปลงฟลายแบ็คให้เกิดแรงดันไฟสูง โดยใช้แหล่งจ่ายจากแบตเตอรี่ชนิด Ni-cd แบบแห้ง ขนาด 12 โวลท์ น้ำหนัก 360 กรัม หรือนำแบตเตอรี่มาต่อรวมกันให้มีแรงดันไฟฟ้า 100 โวลท์ ซึ่งมีน้ำหนัก 480 กรัม ออกแบบไว้เป็นเวอร์ชันที่ 1 รุ่น V 1.0 DIY ดัง

รูปที่ 2.33



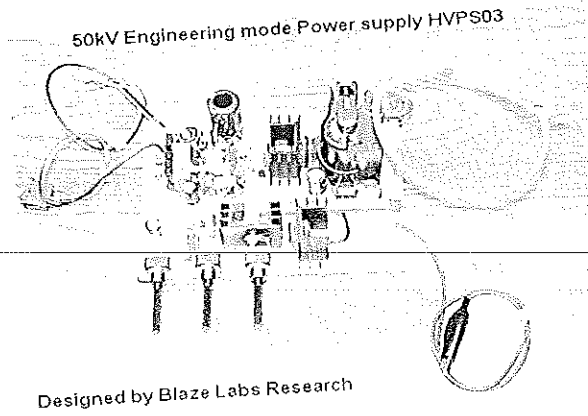
รูปที่ 2.33 แสดงชุดจ่ายแรงดันไฟสูงขนาดเล็กเพื่อใช้สำหรับการทดลอง อี เอช ดี

ชุดจ่ายไฟแรงดันสูง 0-50 kV แบบ โอเวอร์ บูสต์ พีดีบีบลิวเอ็ม (0-50 kV Over boost PWM HV Power Supply) Blaze Labs Research [5] เป็นงานวิจัยที่ได้พัฒนาต่อจากเวอร์ชันที่ 1 การทำงานวงจรสวิตช์แรงดันไฟสูงที่มีการปรับค่าโดยใช้หลักการ พีดีบีบลิวเอ็มควบคุมการสวิตช์ของอุปกรณ์สวิตช์ซึ่งในย่าน 15-25 kHz และมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเป็น 59 กรัม โดยใช้แหล่งจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ 12-13.8 โวลต์ ถ้าใช้แบตเตอรี่มาต่อรวมกันเพื่อใช้ไฟ 100 โวลต์ จะมีน้ำหนัก 2.2 กิโลกรัม ดังแสดงในรูปที่ 2.34



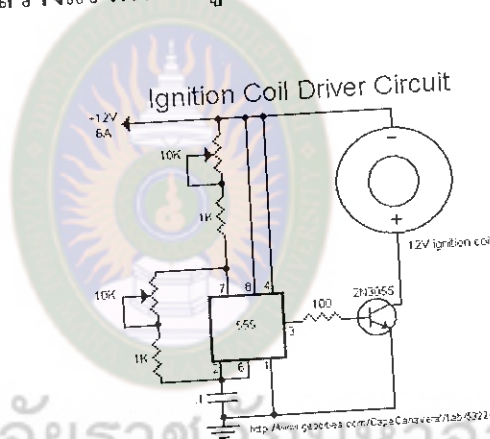
รูปที่ 2.34 ชุดจ่ายไฟแรงดันสูง 0-50 kV แบบ โอเวอร์ บูสต์ พีดีบีบลิวเอ็ม Version HVPS02

เครื่องจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำหรับใช้ในงานทดลอง (A High Voltage Power Supply for your Lab) Engineer-Savior — Blage Labs โดย Jean-Louis Naudin [9] เสนอการสร้างขึ้นเป็น รุ่นล่าสุดเมื่อวันที่ 24/05/05 ซึ่งได้มีการพัฒนาเป็นรุ่น Lab HV-PS ให้แตกต่างออกไปที่สามารถใช้งานด้านได้ทั้งแรงดันไฟต่ำ (0-70 V. DC) และแรงดันไฟสูงระหว่าง 0-30 kV DC และพัฒนาให้เป็นรุ่นเวอร์ชัน 3 ที่ใช้ไฟฟ้าตามที่อยู่อาศัยได้ (110 โวลต์) แต่ยังคงการนำเอาหม้อแปลงฟลายแบ็คของโททส์สันมาประยุกต์เป็นหม้อแปลงสวิตช์ในการสร้างแรงดันไฟสูง ดังแสดงในรูปที่ 2.35



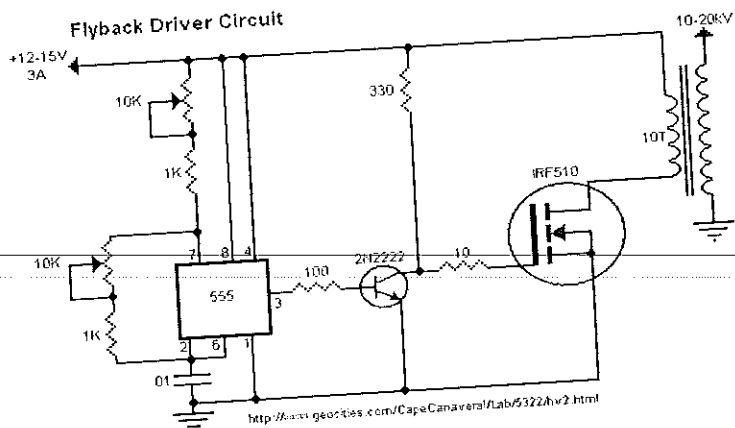
รูปที่ 2.35 แสดงรูปวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย สำหรับใช้ในงานทดลอง รุ่น HVPS03

2.6 ตัวอย่างวงจรสร้างแรงดันไฟสูงของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง



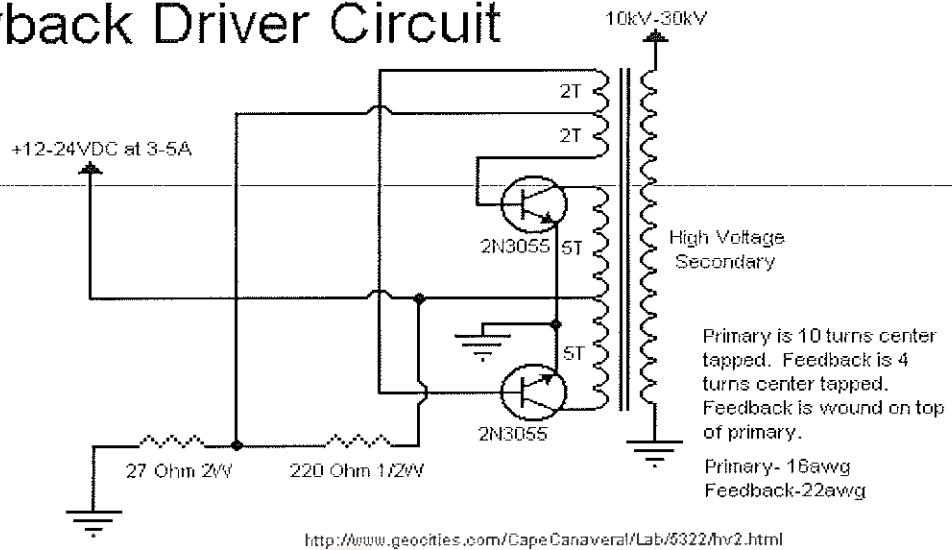
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รูปที่ 2.36 แสดงวงจรขับคอยล์สร้างแรงดันไฟสูง



รูปที่ 2.37 แสดงวงจรการขับหลายขั้นในการสร้างแรงดันไฟสูง

Flyback Driver Circuit



รูปที่ 2.38 แสดงรูปวงจร ฟลายแบ็ค เพาเวอร์ ซัพพลาย 10-30 kV (ที่มา Snock's High Voltage)

จากการได้ศึกษา วิเคราะห์ ผลงานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ไม่มีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับการออกแบบในการสร้างวงจรและมีข้อสังเกตก็คือทุกวงจรที่ได้ถูกออกแบบสร้างขึ้น นอกจากจะใช้กับแรงดันไฟที่ 12 โวลต์ ยังสามารถใช้กับแรงดันไฟได้ถึง 100 โวลต์ เพื่อจ่ายให้กับหม้อแปลงฟลายแบ็คของเครื่องรับ โทรทัศน์ งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม พบว่า คุณลักษณะของหม้อแปลงฟลายแบ็คในโทรทัศน์จะใช้ไฟประมาณ 80-120 โวลต์ ที่ความถี่ 15,625 kHz ซึ่งกำลังงานไฟฟ้าจะสูงขึ้นเมื่อมีการจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าที่หม้อแปลงให้สูงขึ้นตามพิกัดของหม้อแปลงฟลายแบ็คที่อยู่ในโทรทัศน์