รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

โดทม อารียา. 2537 . เอกสารประกอบการสอนวิชาอิเล็กทรอนิกส์กำลัง . กรุงเทพ : ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (เอกสารไม่ตีพิมพ์)

นที สุขุมตมตันติ . 2538 . อินเวอร์เตอร์ความถี่สายกำลังที่ใช้หม้อแปลงความถี่สูง(ปีการศึกษา 2538) ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ยุทธนา กุลวิทิต . 2538 . เอกสารประกอบการสอนวิชาการออกแบบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ . กรุงเทพ : ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (เอกสารไม่ตีพิมพ์)

ยุทธชัย ศิลปวิจารณ์ , ศิริวัฒน์ เหล่าหะเกียรติ , โดทม อารียา และ ยุทธนา กุลวิทิต. 2541.วงจรเรียงกระแสแบบวิธีสวิตช์กระแสฮาร์มอนิกต่ำที่ไม่ต้องใช้วงจรไดโอดเรียงกระแสด้านเข้า. กรุงเทพ:การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 21 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

เอกชัย ลีลารัศมี. 2534. .คู่มือการใช้งาน LEK 6.0. . กรุงเทพ : ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (เอกสารไม่ตีพิมพ์)

ภาษาอังกฤษ

Domingos Savio Lyrio Simonetti,Javier Sebastian and Javier Uceda . 1997 . The Discontinuous Conduction Mode Sepic and Cuk' Power Factor Preregulators : Analysis and Design . IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS (VOL44 ,NO. 5, OCTOBER 1997) : 630-637

Fuji Electric. nd. Fuji IGBT Module Application Manual. np.

บรรณานุกรม

Kurt Schenk and Slobodan Cuk' . 1997 . A Single-Switch Single-Stage Active Power Factor Corrector With High Quality Input and Output . POWER ELECTRONICS SPECIALISTS CONFERENCE 1997 PESC'97 RECORD 28th ANNUAL IEEE (VOL 1,JUNE 1997) : 385 - 391

RD. Middle Brook and Slobodan Cuk'.1983. Advances in Switched-Mode Power Conversion. California

Ramesh Srinivasan and Ramesh Oruganti . 1998 . A Unity Power factor Converter Using Half-bridge Boost topology . IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS (VOL13,NO3,MAY1998) : 487-500

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

1. การออกแบบหม้อแปลง (ยุทธนา กุลวิทิต , 2538)

เราใช้วิธีออกแบบโดยผ่านทางเรขาคณิตของแกน (Core Geometry : Kg) โดยการกำหนดค่าของกำลังสูญเสียในลวดทองแดง (Pcu) เพื่อคำนวณพารามิเตอร์ Kg ที่เป็นตัวบอกขนาดของแกน แล้วจึงทำการเลือกแกนที่มีค่า Kg ใหญ่กว่าค่าที่คำนวณได้ เพื่อให้มีเนื้อที่พอที่จะพันลวดทองแดง โดยที่ขนาดของเส้นลวดใหญ่พอที่จะทำให้การสูญเสียในลวดทองแดงไม่เกินค่าที่กำหนด

จาก $\Delta\Phi_m = \int \frac{v_{Lm}}{n} dt = B_{max}.S$

ดังนั้น $N = \frac{1}{B_{max}.S} \int v_{Lm} dt = N_1$ ก็คือจำนวนรอบปฐมภูมิ

และ $n = \frac{N_2}{N_1}$ โดยที่ N_2 คือจำนวนรอบทุติยภูมิ และ n คืออัตราส่วนจำนวนรอบ

จะได้ $N_2 = N_1.n = \frac{N}{B_{max}.S} \int v_{Lm} dt$

$k.W = N_1.A_{w1} + N_2.A_{w2}$

$P_{cu} = I_1^2{}_{rms}.R_1 + I_2^2{}_{rms}.R_2 , R = \frac{\rho}{A} l , l = N.t$

$A_{w1} = \frac{\alpha.k.W}{N_1}$ และ $A_{w2} = \frac{(1-\alpha).k.W}{N_1}$

ดังนั้น $R_1 = \frac{\rho l_1}{A_{w1}} = \frac{\rho.N_1^2.t}{\alpha.k.W}$ และ $R_2 = \frac{\rho.N_2^2.t}{(1-\alpha).k.W}$

แทนค่า R1 และ R2 ในสมการ Pcu จะได้

$$P_{cu} = \frac{\rho.t}{k.W}\left(\frac{I_{1rms}^2 N_1^2}{\alpha} + \frac{I_{2rms}^2 N_2^2}{(1-\alpha)}\right)$$

แทนค่า N1 และ N2 จะได้

$$P_{cu} = \frac{\rho.t.(\int v_{Lm} dt)^2}{k.W.B_{max}^2.S^2}\left(\frac{I_{1rms}^2}{\alpha} + \frac{I_{2rms}^2.N^2}{(1-\alpha)}\right)$$

สุดท้ายเราจะได้ค่า Kg

$$Kg = \frac{W.S^2}{t} = \frac{\rho.(\int v_{Lm}.dt)^2}{k.B_{max}{}^2.P_{cu}}\left(\frac{I_{1rms}{}^2}{\alpha} + \frac{I_{2rms}{}^2.N^2}{(1-\alpha)}\right)$$

- $\Delta\Phi_m$ คือค่าสูงสุดฟลักซ์แม่เหล็ก
- B_{max} คือค่าสูงสุดของความหนาแน่นของฟลักซ์แม่เหล็ก
- S คือพื้นที่หน้าตัดของแกน
- $\int v_{Lm}dt$ คือผลอินทิกรัลของแรงดันตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำทำแม่เหล็กของหม้อแปลง
- N_1 คือจำนวนจำนวนรอบของขดปฐมภูมิ
- N_2 คือจำนวนจำนวนรอบของขดทุติยภูมิ
- k คือค่าประกอบการใช้หน้าต่างของแกน
- W คือพื้นที่หน้าต่างของแกน
- A_{w1} คือพื้นที่หน้าตัดของขดลวดปฐมภูมิ
- A_{w2} คือพื้นที่หน้าตัดของขดลวดทุติภูมิ
- P_{cu} คือกำลังสูญเสียในลวดทองแดง
- $I_{1rms}{}^2$ คือค่าอาร์เอ็มเอสของกระแสปฐมภูมิ
- $I_{2rms}{}^2$ คือค่าอาร์เอ็มเอสของกระแสทุติยภูมิ
- ρ คือความต้านทานจำเพาะของทองแดง =1.724x10^{-3} Ω m
- l คือความยาวของตัวนำ
- A คือพื้นที่หน้าตัดของตัวนำ
- t คือความยาวเฉลี่ยของลวดหนึ่งรอบ
- α คืออัตราส่วนการใช้พื้นที่หน้าต่างของขดปฐมภูมิ
- R_1 คือความต้านทานของขดลวดปฐมภูมิ
- R_2 คือความต้านทานของขดลวดทุติภูมิ

<u>ข้อกำหนดในการออกแบบ</u>

ผลอินทิกรัลของแรงดันตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำทำแม่เหล็กของหม้อแปลง

$\int v_{Lm}dt$ = 43.617mV.

(ได้จากการจำลองการทำงาน)

ตัวประกอบการใช้หน้าต่างของหม้อแปลง	k=0.4
ค่าสูงสุดของความหนาแน่นของฟลักซ์แม่เหล็ก	B_{max} =0.225 T
กำลังสูญเสียในลวดทองแดง	P_{cu} =30 W.
ค่าอาร์เอ็มเอสของกระแสปฐมภูมิ	$I_{1rms}{}^2$ =2.91 A.

(ได้จากการจำลองการทำงาน)

ค่าอาร์เอ็มเอสของกระแสทุติยภูมิ $I_{2_{rms}}{}^2$ =8.1477 A.

(ได้จากการจำลองการทำงาน)

อัตราส่วนจำนวนรอบ N=0.35

อัตราส่วนการใช้พื้นที่ช่องหน้าต่างของขด N1 α =0-1

ค่าอัตราส่วนการใช้พื้นที่ช่องหน้าต่างของขด N1 สามารถที่จะแปรค่าได้ ดังนั้นเราจะทดลองแปรค่า α จาก 0 ถึง1 เพื่อหาค่า Kg ที่น้อยที่สุด จากการทดลองแปรค่า α จะได้ Kg = $1.7912\text{x}10^{-9}$ m^5 ที่ค่า α เท่ากับ 0.51 ดังนั้นเราจะเลือกใช้แกน EC-70 ทั้งหมดหกแกน โดยแต่ละแกนมีค่า Kg =$3.15\text{x}10^{-10}$ m^5 จึงได้ค่า Kg ทั้งหมดเท่ากับ $1.89\text{x}10^{-9}$ m^5 โดยต่อขดปฐมภูมิอนุกรมกัน และต่อขดทุติยภูมิขนานกัน หม้อแปลงแต่ละตัวจะมีค่าอัตราการแปลงผันเท่ากับ 1:2

<u>คำนวณหาจำนวนรอบขดลวดปฐมภูมิ</u>

$$N_1 = \frac{1}{B_{\max}.S}\int v_{Lm}.dt$$

คำนวณได้ 874.4 รอบ ดังนั้นขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงแต่ละลูกมีค่าเท่ากับ 880/6 = 145.73 รอบ เราเลือกให้จำนวนรอบท่ากับ 150 รอบ (เพื่อให้ $B < B_{\max}$)

<u>คำนวณหาจำนวนรอบขดลวดทุติภูมิ</u>

$$N_2 = N_1.n$$

คำนวณได้ 300 รอบ

<u>คำนวณขนาดพื้นที่หน้าตัดลวดทองแดงของขดลวดปฐมภูมิ</u>

$$A_{w1} = \frac{\alpha.k.W}{N_1}$$

คำนวณได้ $0.84\text{x}10^{-6}$ m จึงเลือกใช้ลวดทองแดงเบอร์ SWG25 ที่มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ $0.20287\text{x}10^{-6}$ m ทั้งหมด 4 เส้น

<u>คำนวณขนาดพื้นที่หน้าตัดลวดทองแดงของขดลวดทุติยภูมิ</u>

$$A_{w2} = \frac{(1-\alpha).k.W}{N_1}$$

คำนวณได้ $0.4\text{x}10^{-6}$ m จึงเลือกใช้ลวดทองแดงเบอร์ SWG22 ที่มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ $0.3973\text{x}10^{-6}$ m

<u>คำนวณความยาวของเส้นลวดขดปฐมภูมิแต่ละเส้น /หม้อแปลงหนึ่งตัว</u>

$$l_{w1} = t.N_1$$

คำนวณได้ 14.44 m.

<u>ความยาวของเส้นลวดขดทุติภูมิแต่ละเส้น /หม้อแปลงหนึ่งตัว</u>

$$l_{w1} = t.N1$$

คำนวณได้ 28.89 m.

<u>คำนวณความยาวของช่องว่างอากาศ(air gap :lg) ของหม้อแปลงแต่ละตัว</u>

$$\lg = \frac{N_1.\mu_o.S}{L}$$

โดยที่ μ_o คือค่าความซึมซาบได้ของอากาศ(permeability) = $4\pi X10^{-7}$ H/m

คำนวณได้ 0.42 mm.

เนื่องจากฟลักซ์ที่ขอบของช่องอากาศจะไม่สม่ำเสมอ ซึ่งมีผลเหมือนว่าพื้นที่หน้าตัดของช่องอากาศมีขนาดใหญ่ขึ้น ในทางปฏิบัติจึงต้องปรับแต่งค่าของช่องอากาศเพื่อให้ได้ค่า L ตามต้องการ

<u>2. การออกแบบตัวเหนี่ยวนำด้านเข้าของวงจร (L)</u>

เราใช้วิธีออกแบบโดยผ่านทางเรขาคณิตของแกน (Core Geometry : Kg) โดยการกำหนดค่าของกำลังสูญเสียในลวดทองแดง (Pcu) เพื่อคำนวณพารามิเตอร์ Kg ที่เป็นตัวบอกขนาดของแกน แล้วจึงทำการเลือกแกนที่มีค่า Kg ใหญ่กว่าค่าที่คำนวณได้ เพื่อให้มีเนื้อที่พอที่จะพันลวดทองแดง โดยที่ขนาดของเส้นลวดใหญ่พอที่จะทำให้การสูญเสียในลวดทองแดงไม่เกินค่าที่กำหนด

<u>ข้อกำหนดในการออกแบบ</u>

ค่าความเหนี่ยวนำ	(L)= 5 mH.
ค่ายอดของกระแส	(Ip)= .226A.
ค่า RMS ของกระแส	(Irms)=2.28A.
ค่าสูงสุดของความหนาแน่นของฟลักซ์แม่เหล็ก	B max =0.25 T
กำลังสูญเสียในลวดทองแดง	Pcu =4.5 W.

<u>คำนวณพารามิเตอร์ Kg</u>

$$Kg = 4\rho\left(\frac{\left(\frac{1}{2}.L.I_p^{\,2}\right)\left(\frac{1}{2}.L.I_{rms}^{\,2}\right)}{k.B_{max}^{\,2}.Pcu}\right)$$

จะได้ค่า kg = 2.8454×10^{-10} m^5

เลือกแกนขนาด EC-70 ที่มีค่า Kg = 3.15×10^{-10} m^5

<u>คำนวณจำนวนรอบ</u>

$$N=\frac{L.I_p}{B_{max}.S}$$

คำนวณได้ 381.28 รอบ แต่เลือก 385 รอบ

<u>ขนาดขดลวดทองแดง</u>

$$Aw = \frac{k.W}{N}$$

คำนวณได้ 8.022×10^{-7} m^2

เลือกใช้ลวดทองแดงเบอร์ 22 SWG (0.404 mm^2) จำนวนสองเส้น

<u>ความยาวของเส้นลวดแต่ละเส้น</u>

$$l_w = t.N$$

คำนวณได้ 37.07 m.

<u>คำนวณความยาวของช่องว่างอากาศ(air gap :lg)</u>

$$lg = \frac{N\mu_o S}{L}$$

โดยที่ μ_o คือค่าความซึมซาบได้ของอากาศ(permeability) = $4\pi X10^{-7}$ H/m

คำนวณได้ 21.45 mm.

เนื่องจากฟลักซ์ที่ขอบของช่องอากาศจะไม่สม่ำเสมอ ซึ่งมีผลเหมือนว่าพื้นที่หน้าตัดของช่องอากาศมีขนาดใหญ่ขึ้น ในทางปฏิบัติจึงต้องปรับแต่งค่าของช่องอากาศเพื่อให้ได้ค่า L ตามต้องการ

3. การออกแบบตัวเหนี่ยวนำสำหรับกระแสองค์ประกอบความถี่ต่ำ (L_{mlf})

เราใช้วิธีออกแบบโดยผ่านทางเรขาคณิตของแกน (Core Geometry : Kg) โดยการกำหนดค่าของกำลังสูญเสียในลวดทองแดง (Pcu) เพื่อคำนวณพารามิเตอร์ Kg ที่เป็นตัวบอกขนาดของแกน แล้วจึงทำการเลือกแกนที่มีค่า Kg ใหญ่กว่าค่าที่คำนวณได้ เพื่อให้มีเนื้อที่พอที่จะพันลวดทองแดง โดยที่ขนาดของเส้นลวดใหญ่พอที่จะทำให้การสูญเสียในลวดทองแดงไม่เกินค่าที่กำหนด

ข้อกำหนดในการออกแบบ

ค่าความเหนี่ยวนำ (L)= 5 mH.

ค่ายอดของกระแส (I_p)= 6.756A.

(ได้จากการจำลองการทำงาน)

ค่า RMS ของกระแส (I_{rms})=4 A.

ค่าสูงสุดของความหนาแน่นของฟลักซ์แม่เหล็ก B_{max} =0.25 T

กำลังสูญเสียในลวดทองแดง P_{cu} =12 W.

คำนวณพารามิเตอร์ Kg

$$Kg = 4\rho\left(\frac{\left(\frac{1}{2}.L.I_p^{\,2}\right)\left(\frac{1}{2}L.I_{rms}^{\,2}\right)}{k.B_{max}^{\,2}.Pcu}\right)$$

จะได้ค่า kg = 8.393×10^{-10} m^5

เลือกแกนขนาด EC-70 ที่มีค่า Kg = 3.15×10^{-10} m^5 ทั้งหมดสามแกน

คำนวณจำนวนรอบ

$$N=\frac{L.I_p}{B_{max}.S}$$

คำนวณได้ 609.55 รอบ แต่เลือกที่จะพัน 630 รอบ

ดังนั้นต้องพันลวดที่แกนแต่ละแกนเท่ากับ 630/3 = 210 รอบ

ขนาดของลวดทองแดง(คิดค่าที่แกนแต่ละแกน)

$$A_w = \frac{k.W_{EC-70}}{N_{EC-70}}$$

คำนวณได้ 1.47×10^{-6} m^2

เลือกใช้ลวดทองแดงเบอร์ 22 SWG (0.404 mm^2) จำนวนสี่เส้น

(สามารถใช้พื้นที่หน้าตัดของลวดมากกว่าพื้นที่ของแกนได้เนื่องจากเผื่อค่า k ไว้แล้ว)

ความยาวของเส้นลวดแต่ละเส้น /แกน

$$l_w = t.N_{EC-10}$$

คำนวณได้ 20.2 m.

คำนวณความยาวของช่องว่างอากาศ(air gap :lg)

$$\lg = \frac{N.\mu_o.S}{L}$$

โดยที่ μ_o คือค่าความซึมซาบได้ของอากาศ(permeability) = $4\pi X10^{-7}$ H/m

คำนวณได้ 11.17 mm.

เนื่องจากฟลักซ์ที่ขอบของช่องอากาศจะไม่สม่ำเสมอ ซึ่งมีผลเหมือนว่าพื้นที่หน้าตัดของช่องอากาศมีขนาดใหญ่ขึ้น ในทางปฏิบัติจึงต้องปรับแต่งค่าของช่องอากาศเพื่อให้ได้ค่า L ตามต้องการ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นายยุทธชัย ศิลปวิจารณ์ เกิดเมื่อวันที่ 30 มกราคม พ.ศ.2515 ที่นครสวรรค์ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า-ไฟฟ้ากำลัง จากภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทเวศร์ ปีการศึกษา 2536 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า (อิเล็กทรอนิกส์กำลัง) ณ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาลัย ปีการศึกษา 2538

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย