วงจรอิเล็กทรอนิกส์

ชนิดของวงจรฟิลเตอร์

วงจรฟิลเตอร์สามารถแบ่งได้เป็น 4 ชนิดดังนี้

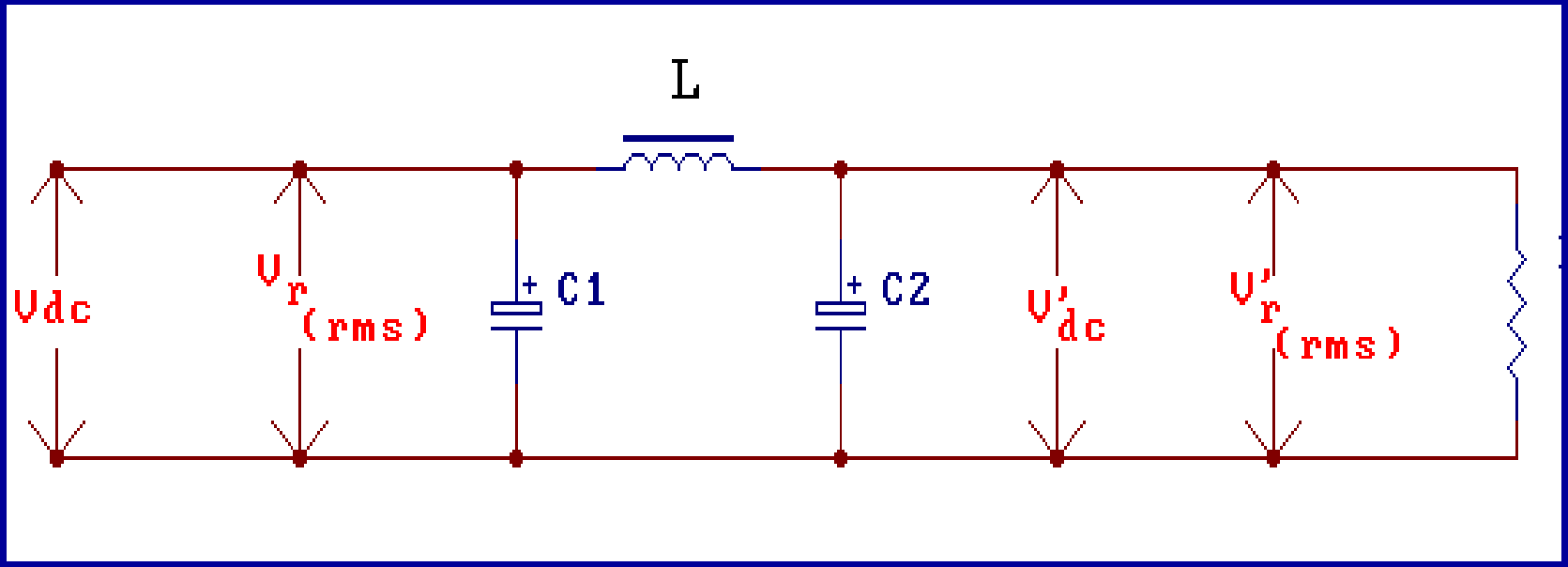
1. วงจรคาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์

2. วงจรอาร์ซีฟิลเตอร์

3. วงจรวงจรฟิลเตอร์ชนิด π

4. วงจรวงจรฟิลเตอร์ชนิด L

4.3 วงจรฟิลเตอร์ชนิด π (π-type filter)



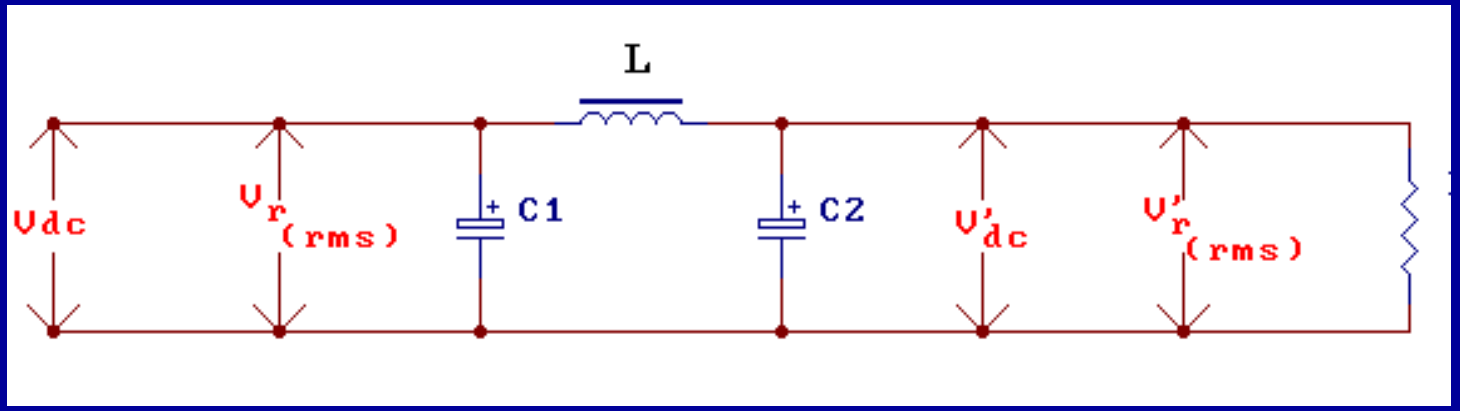
- ค่าอินดักแตนซ์ (X_L) มีค่าต่ำ
- ขดลวดมีคุณสมบัติ คือ จะมีความต้านทานสูงที่ความถี่สูง

คุณสมบัติของวงจรฟิลเตอร์ชนิด π

1. ค่า
2. ลด
   เนื่
   สูง

$$XL = 2\pi L$$

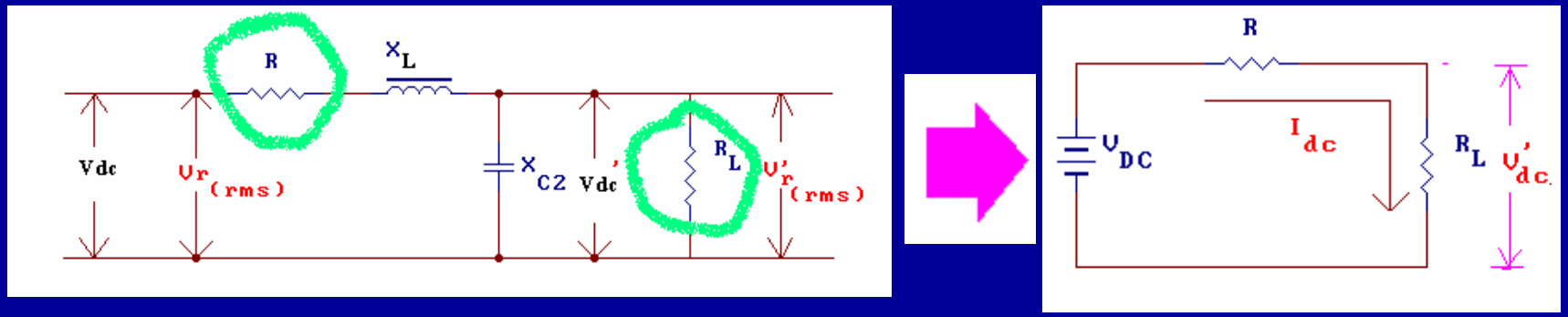
ในวงจรฟิลเตอร์ชนิด π สามารถแบ่งการคำนวณได้ดังนี้



1. การคำนวณในส่วนของวงจรไฟฟ้ากระแสตรง **(DC Circuit)**

2. การคำนวณในส่วนของวงจรไฟฟ้ากระแสตรง (AC Circuit)

4.3.1 การคำนวณในส่วนของวงจรดีซี



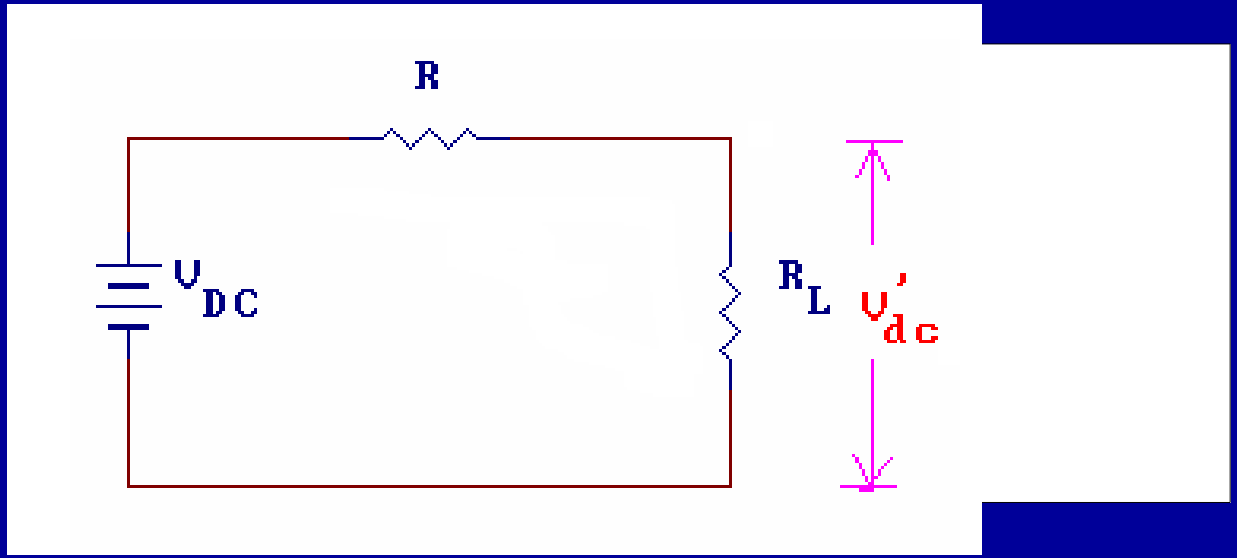
ในกรณีที่กำหนดค่ากระแสในวงจรมาให้ หาค่าแรงดันดีซีที่ตกคร่อมที่เอาต์พุตของวงจรได้ดังนี้

$$Vdc - Idc \times R - V'dc = 0$$

จะได้

$$V'_{dc} = V_{dc} - I_{dc} \times R$$

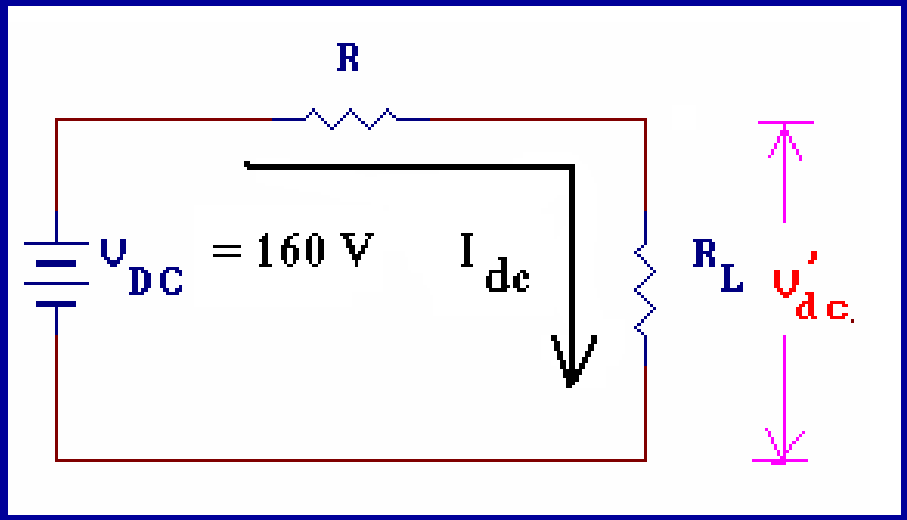
หรือจะหาโดยใช้หลักการแบ่งแรงดันได้ดังนี้



$$Vdc' = \frac{R_L}{R + R_L} \times Vdc$$

ตัวอย่างที่ 4.7

วงจร π - Type Filter วงจรหนึ่งมีค่าแรงดันที่ป้อนให้วงจรเท่ากับ 160 Vdc และค่าอินดักแตนซ์ของขดลวดเท่ากับ 300โอห์ม กระแสโหลดเท่ากับ 100 มิลลิแอมป์ จงคำนวณหาค่าแรงดันดีซี ที่เอาต์พุตของวงจร



วิธีทำ

จากสูตร (4.17ก)

$$V_{dc}' = V_{dc} - I_{dc} R_i$$

แทนค่าในสูตร

$$V_{dc}' = 160V - 100\,(10^{-3}) \times 300\Omega$$

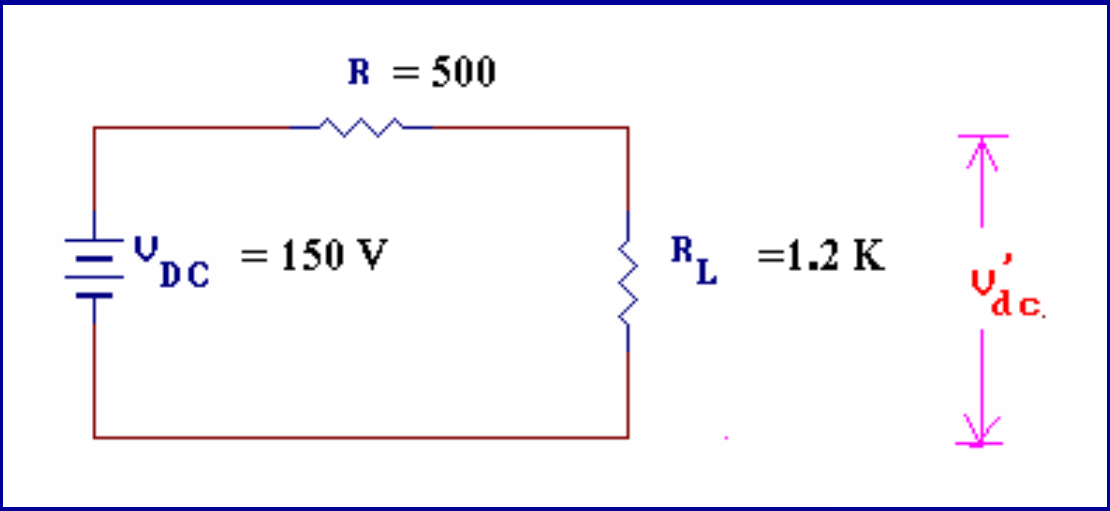
$$= 160\ V - 30\ V$$

$$\therefore\ V_{dc}' = 130\ V \quad \leftarrow$$

ตอบ ค่าแรงดันเอาต์พุต (V_{dc}') = 130 โวลต์

ตัวอย่าง 4.8

จงคำนวณหาค่าแรงดันดีซี ที่เอาต์พุตของวงจร π - Type Filter ที่มีแรงดันอินพุต เท่ากับ 150 Vdc , ความต้านทานโหลด 1.2 KΩ และค่ารีซิสแตนซ์ของขดลวดเหนี่ยวนำเท่ากับ 500 Ω



วิธีทำ

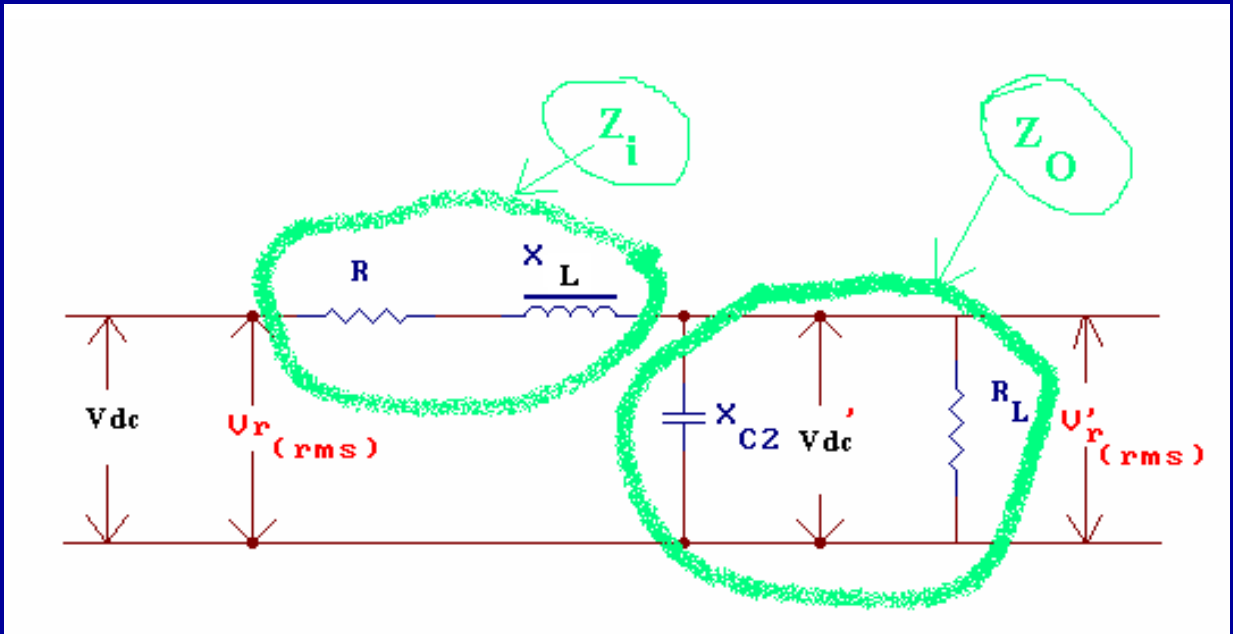
จากสูตร

$$Vdc' = \frac{R_L}{R + R_L} \times Vdc$$

แทนค่า

$$Vdc' = \frac{1.2K}{500 + 1.2K} \times 150V = 105.8V$$

4.3.2 การคำนวณในส่วนของวงจรเอซี

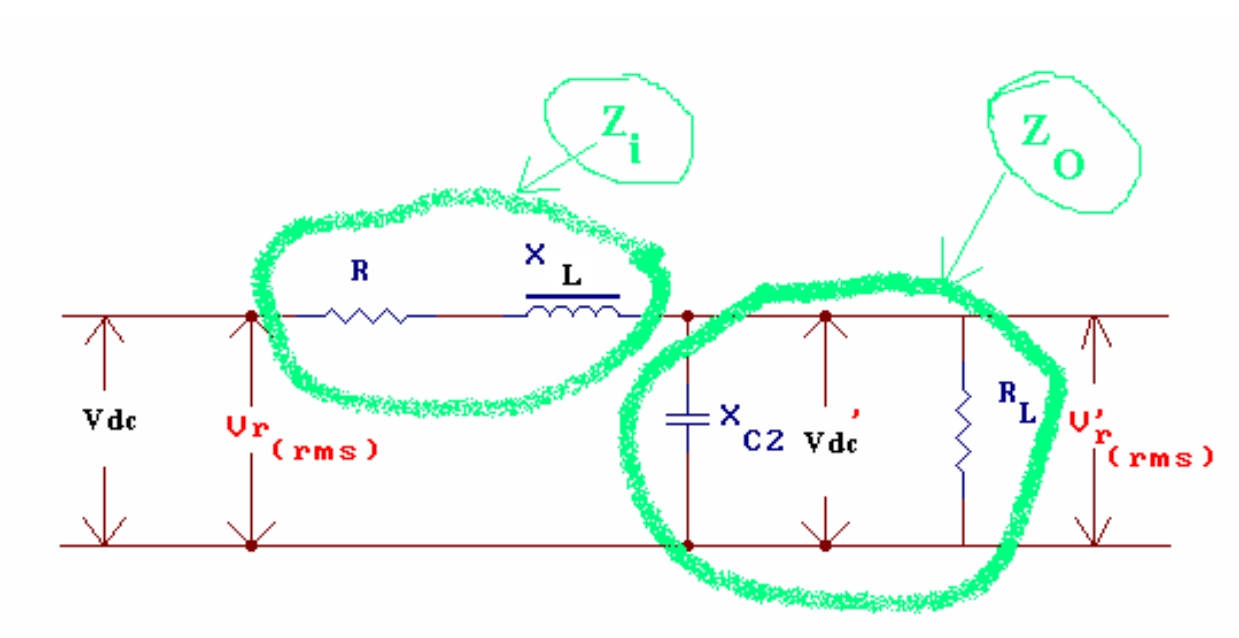


หาค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ (Z_i)

$$Zi = R + Xi$$

เมื่อ R ≤ Xi ดังนั้น

$$Zi = Xi$$

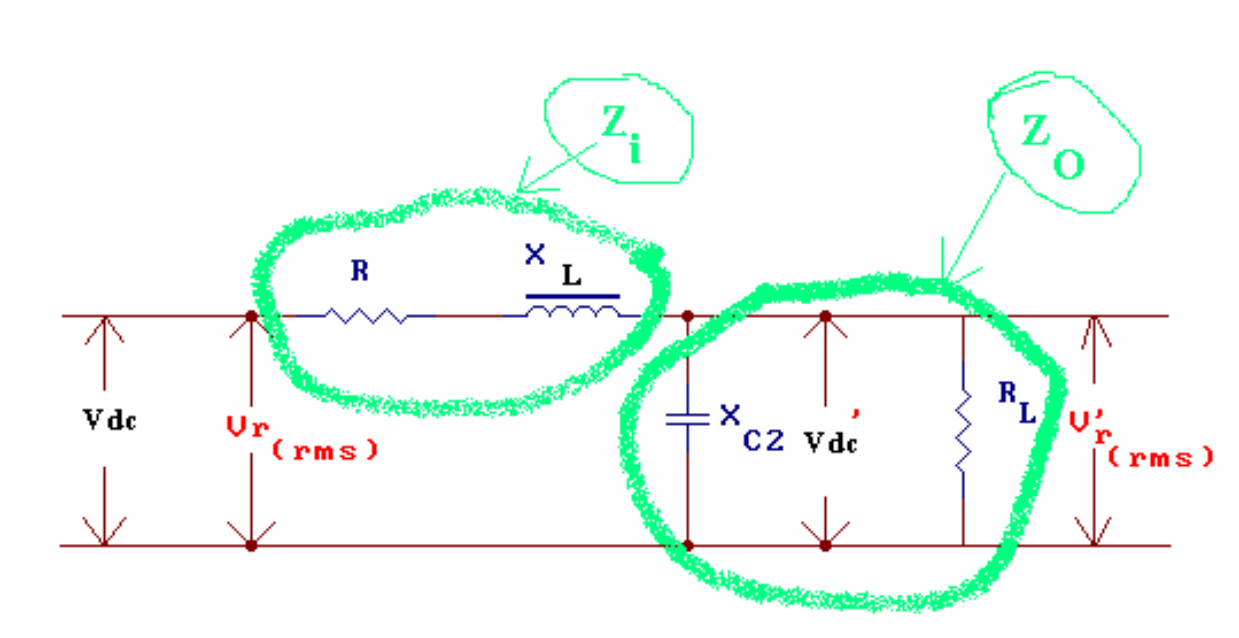


หาค่าเอาต์พุตอิมพิแดนซ์ (Z_O) ได้ดังนี้

$$Z_O = X_C \,//\, R_L$$

เมื่อ $X_C \leq R_L$ จะได้

$$Z_O = X_C$$



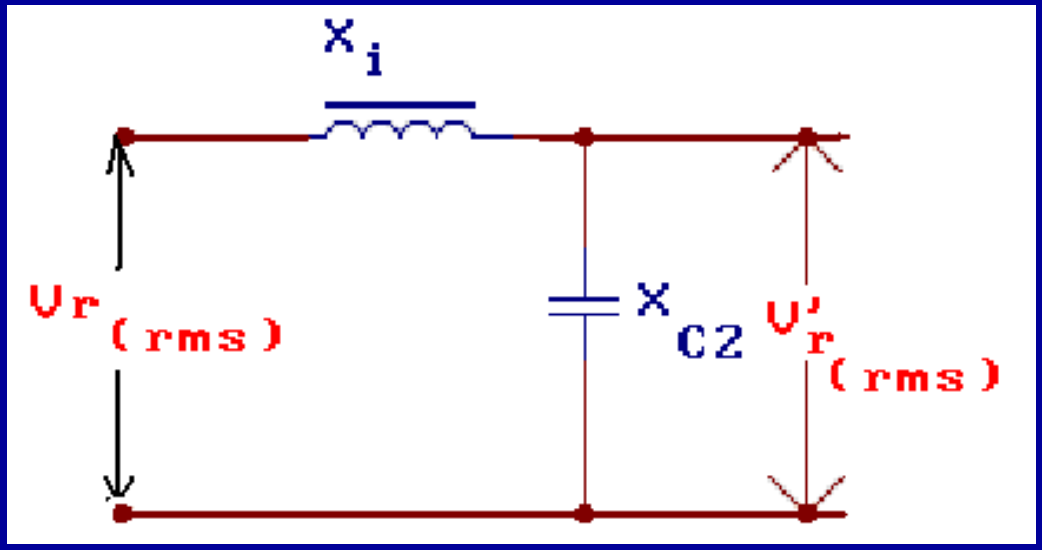
หาค่าเอาต์พุตอิมพิแดนซ์ (Z_O) ได้ดังนี้

$$Z_O = X_C \,//\, R_L$$

เมื่อ $X_C \leq R_L$ จะได้

$$Z_O = X_C$$

การหาค่าแรงดัน Vr(rms)



$$Vr(rms)' = \frac{Xc}{\sqrt{Xc^2 + X_L{}^2}} \times Vr(rms)$$

การหาค่า Vr(rms)

หาค่าอินดักเตอร์ (X_L) ได้ดังนี้

$$X_L = 2\pi FL$$

และหาค่าคาปาซิแตนซ์ (X_C)

$$Xc = \frac{1}{2\pi FC}$$

ในกรณีที่ความถี่ของ Line Frequency หรือความถี่ไฟกระแสสลับของแหล่งจ่ายมีความถี่ 60 H_z จะหาค่าแรงดันริปเปิลได้ดังนี้

$$Vr'(rms) = \frac{1.77}{LC_2} \times Vr(rms)(Full - Wave)$$

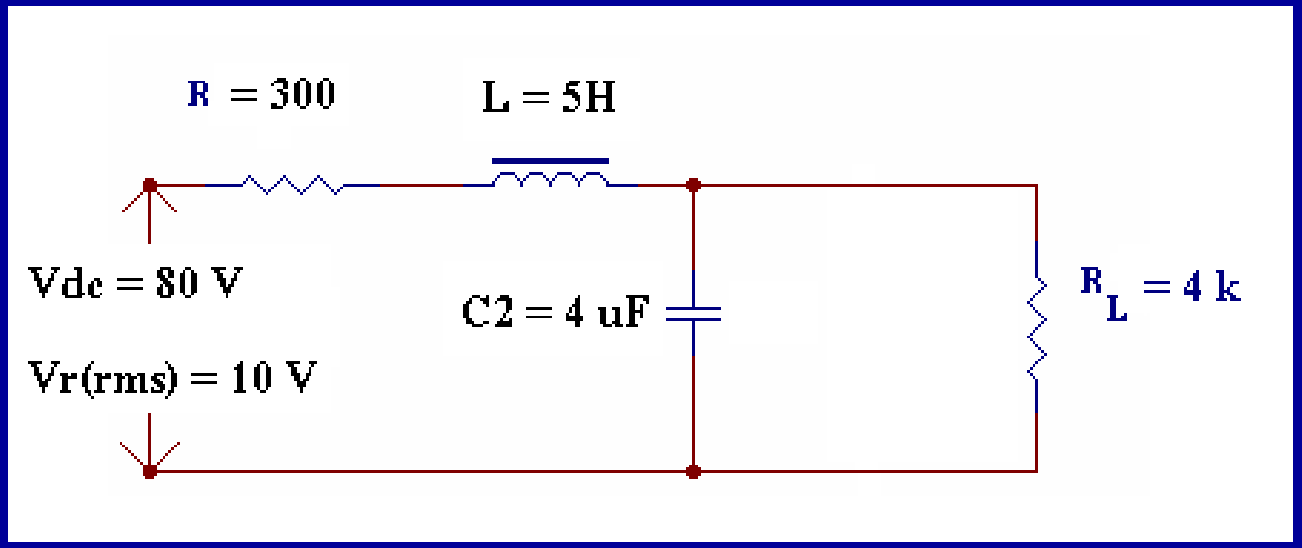
เมื่อ

L = inducttor มีหน่วยเป็นเฮนรี่ (H)

C = Capacitor มีหน่วยเป็นไมโครฟารัด (F)

ตัวอย่างที่ 4.11

จงคำนวณหาค่าริปเปิลแฟกเตอร์ของเอาต์พุตของวงจรฟิลเตอร์ เมื่อมีค่า L = 5 H $R_i = 300\Omega$ $C_2 = 4\ \mu F$ ความต้านทานโหลด 4 KΩ แรงดันที่ป้อนให้วงจร = 80 Vdc 10 Vr(rms) ความถี่ของแหล่งจ่ายไฟเท่ากับ 60 Hz



วิธีทำ

หาค่าแรงดันดีซีที่เอาต์พุต (Vdc′)ได้ดังนี้

จากสูตร

$$Vdc' = \frac{R_L}{R_i + R_L} \times Vdc$$

แทนค่าในสูตร

$$Vdc' = \frac{4k}{300 + 4k} \times 80V = 74.4V$$

ตัวอย่างที่ 4.11

หาค่าแรงดันริปเปิลอาร์เอ็มเอสที่เอาต์พุต (Vr ′(rms)

จากสูตร

$$Vr(rms)' = \frac{1.77}{LC} \times Vr(rms)$$

แทนค่าในสูตร

$$Vr(rms)' = \frac{1.77}{5 \times 4} \times 10 = 0.89V$$

ตัวอย่างที่ 4.11

หาค่าริปเปิลแฟกเตอร์ที่เอาต์พุต (r ′)

จากสูตร

$$r' = \frac{Vr'(rms)}{Vdc'}$$

แทนค่าในสูตร

$$r' = \frac{0.89V}{74.4V} = 0.0119$$

ตัวอย่างที่ 4.11

หาค่าริปเปิลที่อินพุตของวงจรได้ดังสมการคต่อไปนี้

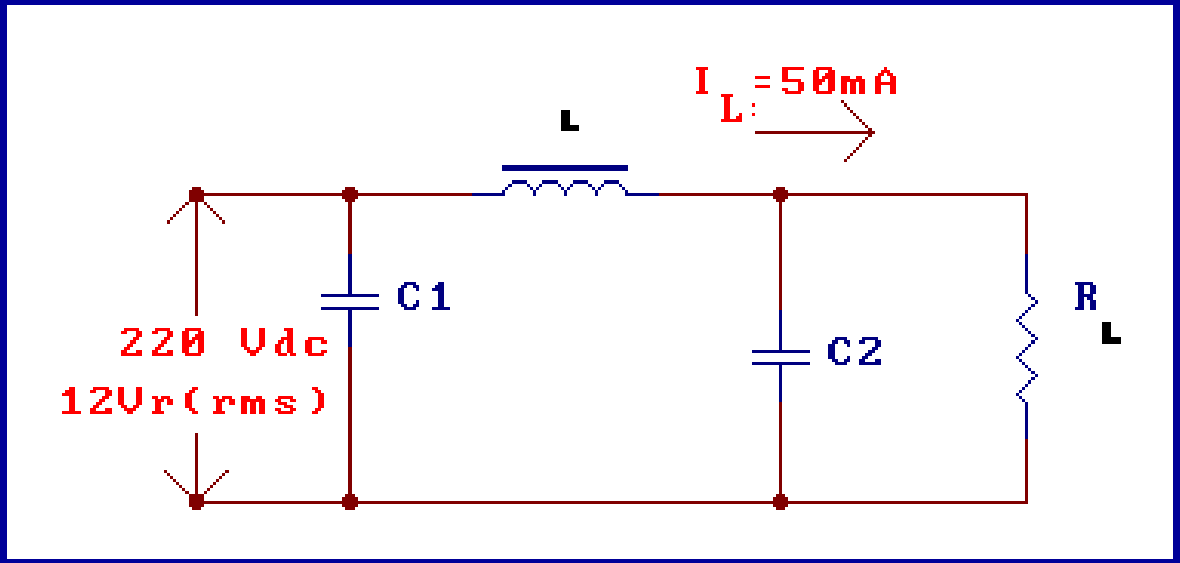
$$r = \frac{Vr(rms)}{Vdc}$$

จะได้

$$r = \frac{Vr(rms)}{Vdc} = \frac{10}{80} = 0.125$$

ตัวอย่างที่ 4.12

จงออกแบบวงจร π - Type Filter เมื่อต้องการคุณลักษณะเป็นดังนี้ แรงดันดีซี เอาต์พุต 180 V กระแสเอาต์พุต 50 mA ค่าริปเปิลแฟกเตอร์ที่เอาต์พุตน้อยกว่า 0.02 แรงดันที่จ่ายให้กับวงจรฟิลเตอร์ = 220 Vdc 12 Vrms ความถี่ของแหล่งจ่าย ไฟ 60 HZ



ตัวอย่างที่ 4.12

วิธีทำ

หาค่าแรงดันดีซีที่เอาต์พุตของวงจรได้ดังสมการต่อไปนี้

$$Vdc' = \frac{R_L}{R + R_L} \times Vdc$$

เมื่อ

$$R_L = \frac{Vdc}{Idc} = \frac{200V}{50mA} = 4k\Omega$$

ตัวอย่างที่ 4.12

หาค่าความต้านทาน Ri ได้ดังนี้

$$180\left(Ri + 4k\Omega\right) = 880\,k\Omega$$

$$Ri + 4k\Omega = \frac{880k\Omega}{180} = 4.49k\Omega$$

$$180 = \frac{4k\Omega}{Ri + 4K\Omega} \times 220V$$

$$Ri = 4.49k\Omega - 4k\Omega = 0.49k\Omega$$

ตัวอย่างที่ 4.12

หาค่า Vr(rms) ได้ดังนี้

เมื่อโจทย์กำหนดให้ค่าริปเปิลแฟกเตอร์เป็นดังนี้

$$r' = \frac{Vr(rms)'}{Vdc'} \leq 0.02$$

จะได้

$$Vr(rms)' = r' \times Vdc' = 0.02 \times 180V$$

$$= 3.6V$$

ตัวอย่างที่ 4.12

หาค่า **Vr(rms)** ได้ดังนี้

เมื่อโจทย์กำหนดให้ค่าริปเปิลแฟกเตอร์เป็นดังนี้

$$r' = \frac{Vr(rms)'}{Vdc'} \leq 0.02$$

จะได้

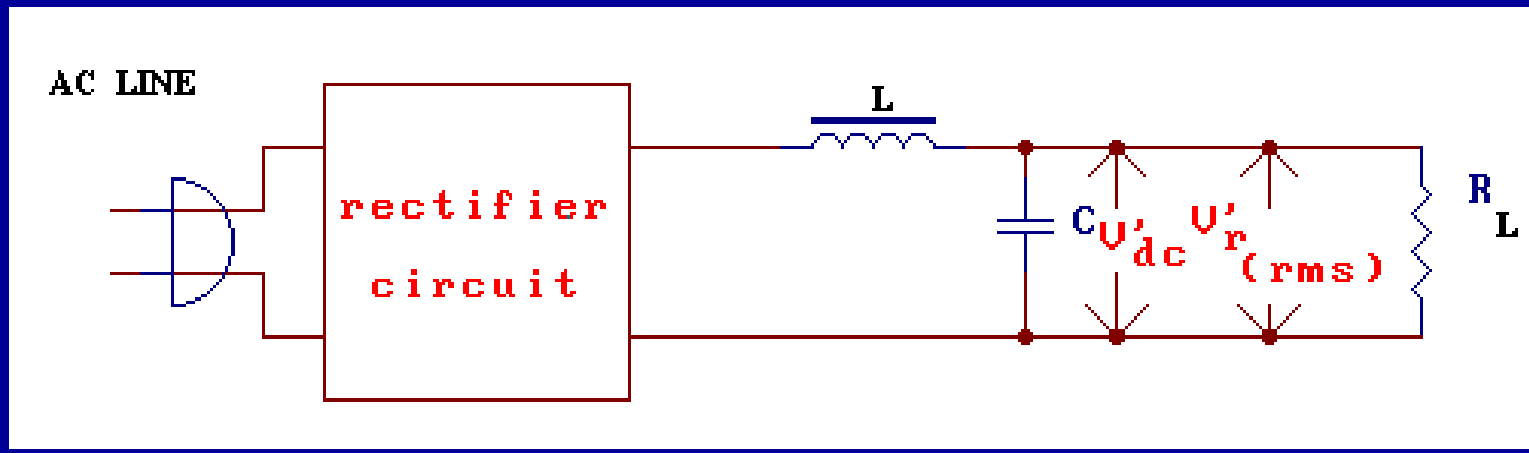
$$Vr(rms)' = r' \times Vdc' = 0.02 \times 180V$$

$$= 3.6V$$

วงจรฟิลเตอร์ ชนิด L หรือวงจรฟิลเตอร์ใช้โช้ก

(Choke Filter)

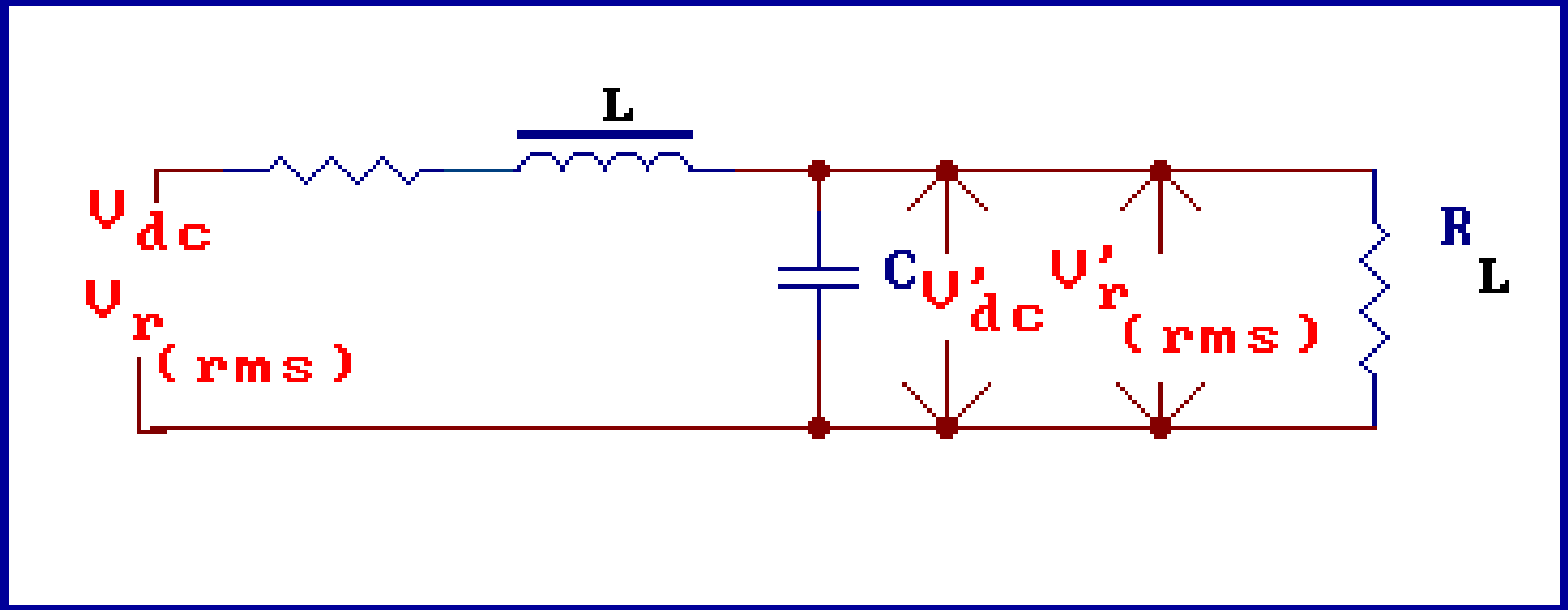
ลักษณะวงจร L type Filter



คุณสมบัติของวงจร L type Filter

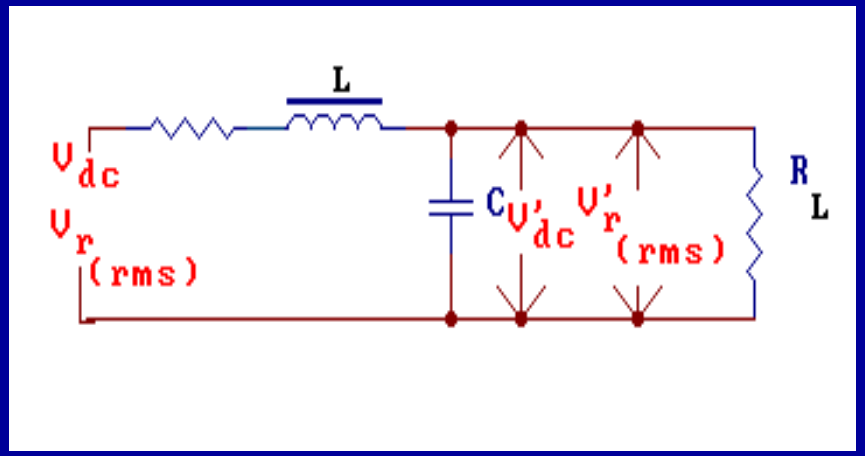
คือ แรงดันริปเปิลทางเอาต์พุตต่ำในสภาวะที่โหลดใช้กระแสมาก การเลือกตัวเหนี่ยวนำหรือโช้ก จะต้องเลือกค่าของขดลวดที่มีค่ารีซิสแตนซ์ต่ำ ทนกระแสได้สูง

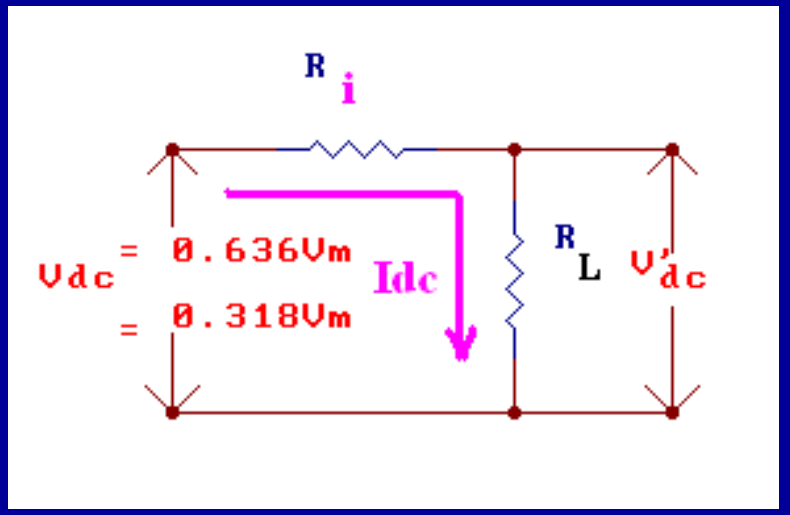
วงจรสมมูลของวงจรฟิลเตอร์ชนิดL type Filter



4.1 การคำนวณในส่วนของดีซี

(DC Calculation)

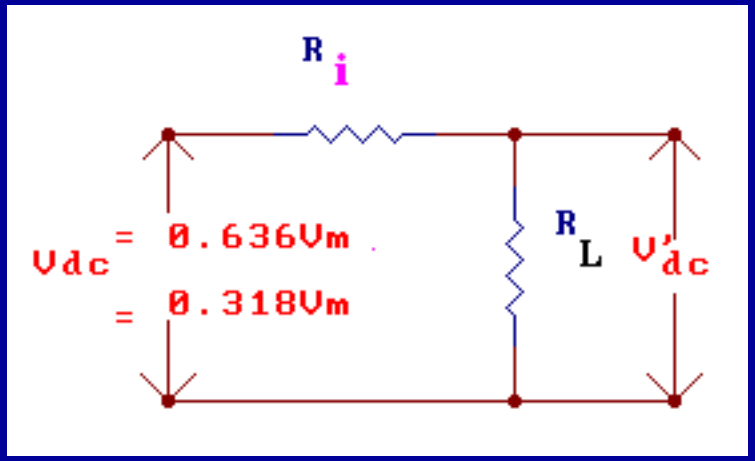




$$Vdc' = 0.318\ Vm - Idc\ Ri$$

$$Vdc' = 0.636\ Vm - I\ dc\ Ri$$

ในกรณีไม่ได้กำหนดกระแสที่ไหลผ่านโหลด



$$Vdc' = \frac{R_L}{Ri + R_L} \times Vdc$$

ตัวอย่างที่ 4.12

จงคำนวณหาค่าแรงดันเอาต์พุตของวงจร L - Type Filter เมื่อป้อนแรงดันอินพุตด้วยวงจรเร็กติไฟเออร์แบบเต็มคลื่น ซึ่งมีค่า Peak Voltage เท่ากับ 150 V. ค่ารีซิสแตนซ์ของตัวเหนี่ยวนำ เท่ากับ 400 โอห์ม และกระแสโหลดไหลเต็มที่ 50 mA

วิธีทำ

หาค่าแรงดันดี-ซี เอาต์พุต (V_{dc}')

$V_{dc}' = 0.636\ V_m - I_{dc} R_l$

$= 0.636\ (150) - (50 \times 10^{-3})\ (400)$

$= 95.4 - 20$

$= 75.4\ V$

ตัวอย่างที่ 4.13

จงคำนวณหาค่าแรงดันเอาต์พุตตกคร่อมความต้านทานโหลด 1.5 KΩ ของวงจร L-Type Filter เมื่อ Ri = 250Ω , L = 5 H , C = 6 μF และค่าแรงดันที่ได้จากวงจรHalf WaveRectifier เท่ากับ 180 V จงคำนวณหา Idc

วิธีทำ

หาค่าแรงดันเอาต์พุตดี-ซี (Vdc') ได้จากสูตร

$$Vdc' = \frac{R_L}{Ri + R_L} \times Vdc$$

แทนค่าในสูตรจะได้

$$Vdc' = \frac{1{,}500}{250 + 1{,}500} \times 180 = 154.2V$$

หาค่ากระแสโหลดที่เอาต์พุตได้จากสูตร

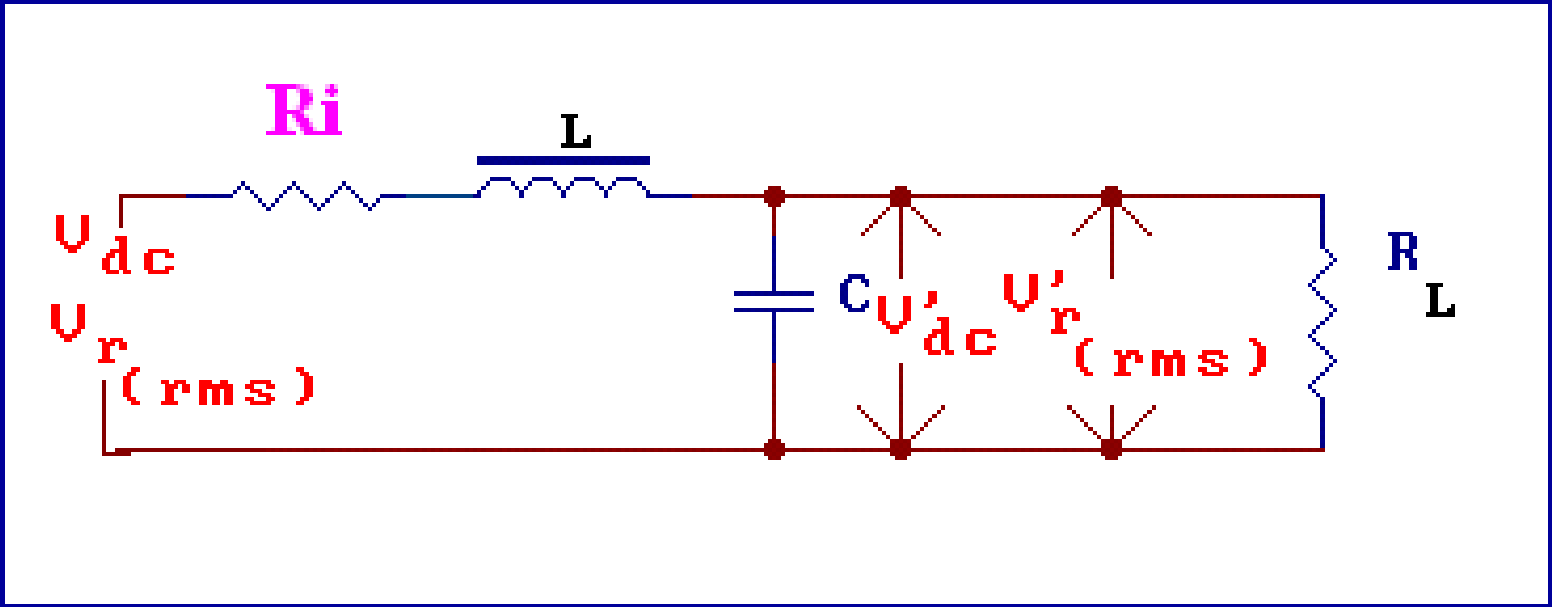
$$Idc = \frac{V'_{dc}}{R_L}$$

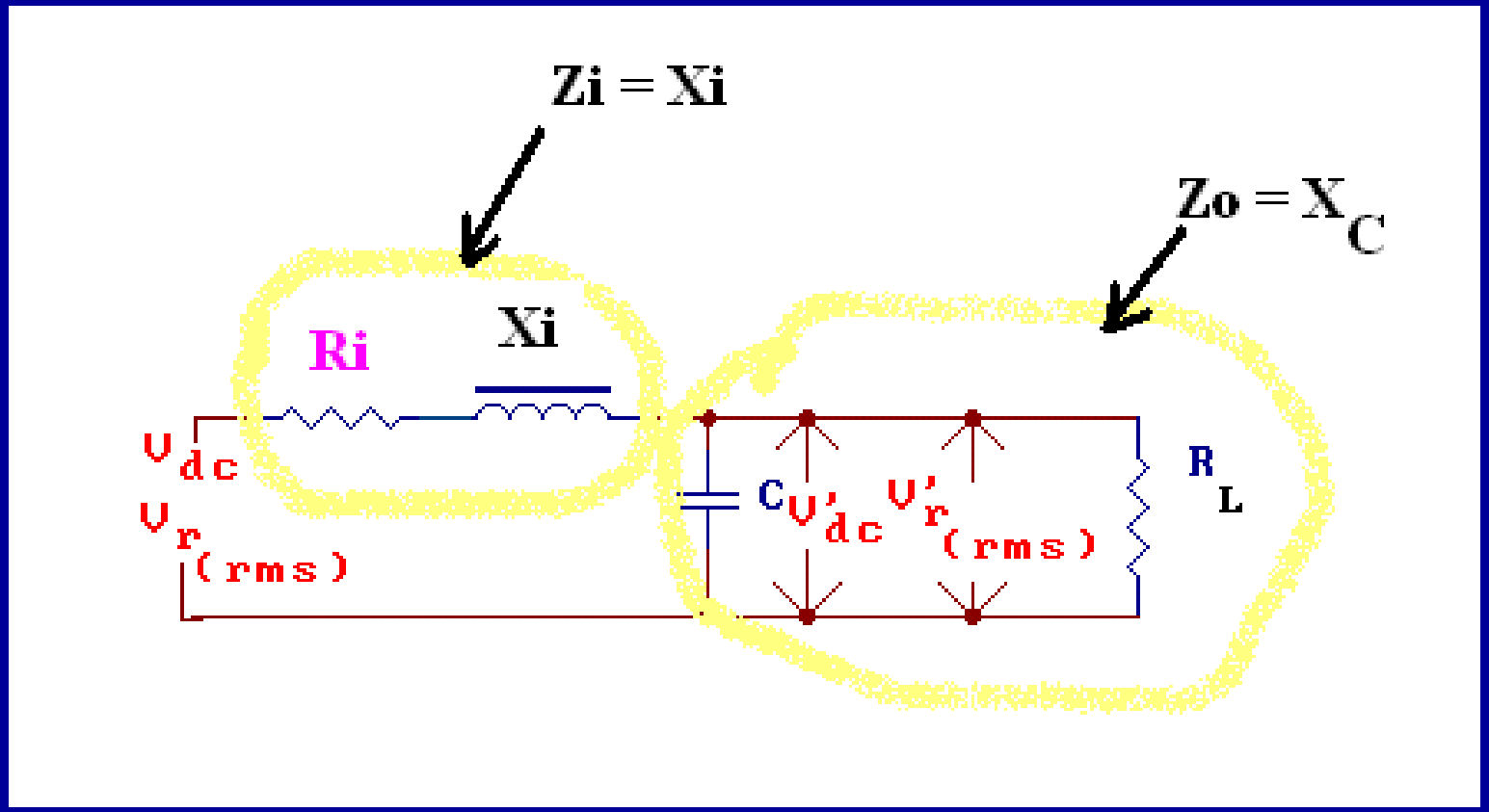
$$= \frac{154.2\text{V}}{1.5\text{k}\Omega}$$

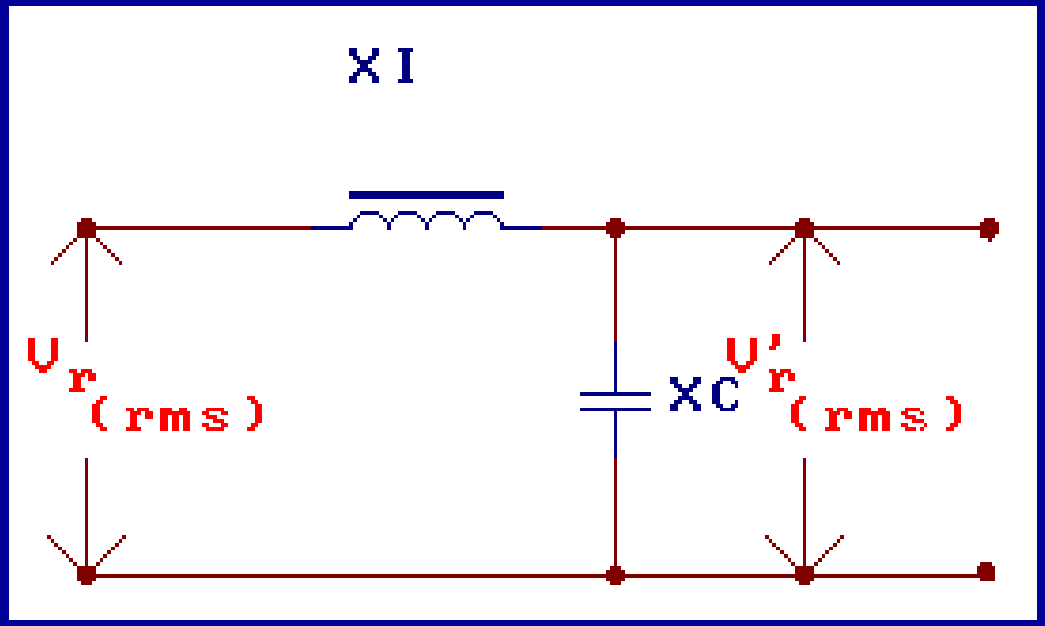
= 102mA

ตอบ $\text{Vdc}' = 154.2\ \text{V}$, $\text{Idc} = 102\ \text{mA}$

4.2 การคำนวณในส่วนของวงจรสมมูลทางด้านเอซี




Zi = Xi
Zo = X C
Ri
Xi
V dc
V r (rms)
C
V' dc
V' r (rms)
R L


XL
Vr (rms)
XC
V'r (rms)

หาค่า Vr ′(rms) ได้ดังนี้

$$Vr(rms)' = \frac{XC}{Xi} Vr(rns)$$

เมื่อใช้ความถี่ ของ line frequency 60 HZ สามารถหาค่าแรงดันริปเปิลอาร์เอ็มเอส ที่เอาต์พุตของวงจร (Vr ′(rms)) ได้ดังนี้

$$Vr(rms) = \frac{0.529}{LC} \times V_m \left(FULL - WAVE\right)$$

$$Vr(rms) = \frac{2.5V_m}{LC} (Half - Wave)$$

และจะหาค่า Ripple Factor (r ′) ที่เอาต์พุตได้ดังนี้

$$r' = \frac{0.83}{LC}(Full - Wave)$$

และ

$$r' = \frac{7.85}{LC}(Half - Wave)$$

ตัวอย่างที่ 4.14

จงคำนวณหาค่าแรงดันดีซี แรงดันริปเปิล และริปเปิลแฟกเตอร์ ของเอาต์พุตของวงจร L - type filter เมื่อ $L = 10\ H$, $Ri = 350\ \Omega$, $C = 47\ \mu F$ และความต้านทานโหลดเท่ากับ $4\ K\Omega$ สัญญาณอินพุตที่ป้อนให้แก่วงจรฟิลเตอร์ได้จากวงจรเร็กติไฟเออร์แบบเต็มคลื่น($Vm = 180\ V$) ความถี่ของ Line Frequency = 60 HZ

วิธีทำ

หาค่าแรงดันดี-ซี ที่เอาต์พุต (Vdc′) ได้ดังนี้

$$Vdc' = \frac{R_L}{R_L + R_i} \times Vdc$$

$$= \frac{4{,}000}{350 + 4{,}000} \times 0.636 \times 180 = 105V$$

หาค่าแรงดันริปเปิลที่เอาต์พุต (Vr ′(rms)) ได้จากสูตร

$$Vr(rms) = \frac{0.529}{LC} \times V_m$$

$$= \frac{0.529}{10(47)} = 1.12V$$

หาค่าริปเปิลแฟกเตอร์ที่เอาต์พุต ได้จากสูตร

$$r' = \frac{V'_{r(rms)}}{V'_{dc}}$$

$$= \frac{1.12\text{V}}{105\text{V}} = 0.106$$

หรือจะใช้สูตรในสมการที่ (4.29ก) ได้ดังนี้

$$r' = \frac{0.83}{LC}$$

$$= \frac{0.83}{10(47)} = 0.0018$$

ตอบ $V_{dc}' = 105$ V, $V_r'(rms) = 1.12$ V, $r' = 0.01$ (% $r' = 1.06\%$)

สรุปบทเรียน

หนังสืออ้างอิง

- สุคนธ์ พุ่มศรี. การวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ เล่มที่ 3. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2548
- Boylestad, Robert. Nashelsky, Louis. **Electronic Devices and Circuit Theory 6TH ed.** Newjersey : Prentice Hall, A Division of Simmon & Schuster Engle Wood, 1986.
- Paynter, Robert T. Introductory Semiconductor Electronics Divices and Circuit 2nd ed. New Jersey : Prentice Hall, A Division of Simmon & Schuster Engle Wood, 1996.
- Robert L. Boylestad Louis Nashelsky. **Electronic Devices and Circuit Theory 7^{ed}.** Newjersey : Prentice Hall, Inc. Simmon & Schustre/A Viacom Company.