

## 結構題 Structured Questions

1. 某枚  $100\ \Omega$  的電阻器接駁至正弦交流電源。流經該電阻器的電流，頻率為  $20\ \text{Hz}$ ，峯值為  $3\ \text{A}$ 。

(a) 求電阻器所消耗的平均功率。 (2 分)

(b) 若電流的頻率上升，則平均功率有何變化？增大、減小還是保持不變？ (1 分)

**Ans:**

(a)  $\langle P \rangle = (I_{\text{rms}})^2 \cdot R = \left(\frac{3}{\sqrt{2}}\right)^2 (100) = \mathbf{450\ W}$

(b) 保持不變

2. 一道穩定的 10 A 直流電通過某電阻器，十秒內消耗電能  $E$ 。若改以另一正弦交流電向電阻器供電，則同等時間內電阻器所消耗的電能為  $6E$ 。求該交流電流的峯值。  
(2 分)

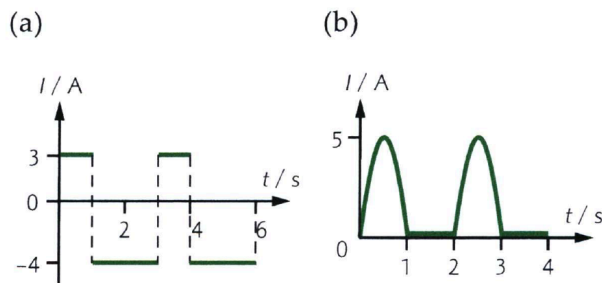
**Ans:**

在相同時間內， $E \rightarrow 6E$  表示  $P \rightarrow 6P$ 。

結合  $P = I^2 R$  和  $\langle P \rangle = (I_{\text{rms}})^2 R$  可知，對於同一個電阻器， $P : \langle P \rangle = I^2 : (I_{\text{rms}})^2$ 。

所以， $I_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{\langle P \rangle}{P}} I = \sqrt{\frac{6E}{E}} (10) = 24.5 \text{ A}$ ，而電流的峯值為  $24.5 \times \sqrt{2} = \mathbf{34.6 \text{ A}}$ 。

3. 以兩個不同的電源先後向相同的電阻器供電，流經電阻器的電流如圖隨時間  $t$  變化。注意 (b) 部圖中的曲線部分是正弦曲線。



考慮一週期中所消耗的能量，若有一穩定直流電可提供同等的熱效應，問此直流電之電流為多少？

(4 分)

Ans:

- (a) 一週期中所消耗的能量  $E$

$$\begin{aligned} &= (I_1)^2 R t_1 + (I_2)^2 R t_2 \\ &= (3)^2 R (1 - 0) + (-4)^2 R (3 - 1) \\ &= 41 R \end{aligned}$$

要穩定直流電在相同時間內提供相同能量，

$$E = (I')^2 R t$$

$$41R = (I')^2 R (3)$$

$$\therefore I' = \mathbf{3.70 \text{ A}}$$

▪ 這個值為此交流電的方均根值。

- (b) 同樣地，一週期中所消耗的能量

$$E = (5/\sqrt{2})^2 (1) + 0 = 12.5 R$$

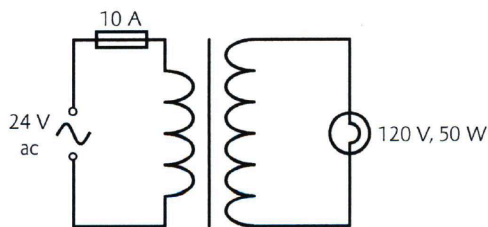
要提供同等的熱效應，

$$12.5R = I'^2 R (2)$$

$$\therefore I' = \mathbf{2.5 \text{ A}}$$

▪ 這個值為此直流電的方均根值。

4. 如圖所示，利用一個 24 V 交流電源，經一個理想變壓器操作一個額定值為「120 V，50 W」的燈泡。



假設燈泡正以額定值運作。

(a) 變壓器的匝數比為多少？ (2 分)

(b) 逐一以相同燈泡並聯跨接原來的一個。在保險絲沒有熔斷以前，最多可操作多少個燈泡？ (2 分)

**Ans:**

(a) 匝數比  $\frac{N_s}{N_p} = \frac{V_s}{V_p} = \frac{120}{24} = 5$

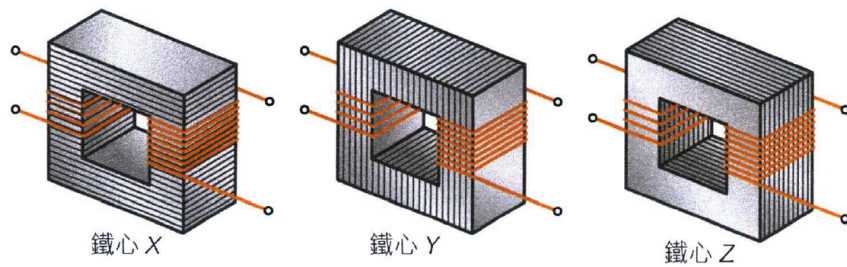
$\therefore N_p : N_s = 1 : 5$

(b) 在保險絲不熔斷的情況下，電源可提供的最大功率  $P = VI = (24)(10) = 240 \text{ W}$ 。

在這情況下的燈泡數目為  $240/50 = 4.8$ 。

$\therefore$  最多可操作 **4** 個燈泡。

5. 變壓器採用疊片的鐵心來減少渦電流。以下為三種疊起薄片的方法。



試就變壓器的效率，把鐵心  $Z$  與另外兩個鐵心  $X$  和  $Y$  比較。扼要解釋你的答案。

(3 分)

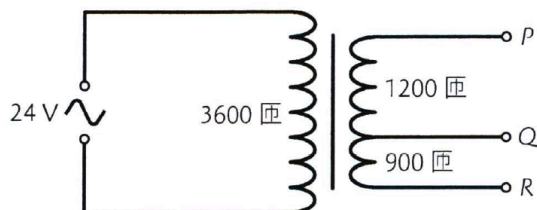
**Ans:**

鐵心  $Z$  的效率比其餘兩者為高。

在鐵心  $X$  及  $Y$  中，感生電流仍能在個別鐵片中的路徑流動。而這些路徑的電阻值相對低，渦電流因此變得很大。故這些切割方法不能有效減低渦電流。

在鐵心  $Z$  中，感生電流需在鐵片之間流動。這些路徑的電阻值相對較高，渦電流因此很小。這個切割方法能大大效減低渦電流。

6. 一個變壓器的原線圈連接至一個 24 V 交流電源，副線圈則如圖示般抽頭。兩個燈泡連接至這個變壓器，並分別以額定值「6 V，50 W」和「14 V，100 W」運作。



- (a) 兩個燈泡應如何連接至副線圈上？  
(b) 已知變壓器的效率為 70%，求原電流。

**Ans:**

- (a) 運用  $\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$ ， $PQ$  之間的電壓為 8 V； $QR$  之間的電壓為 6 V。

此「6 V，50 W」燈泡應接駁至 **QR**；

而「14 V，100 W」燈泡應接駁至 **PR**。

- (b) 燈泡消耗的總功率為  $50 + 100 = 150 \text{ W}$ 。

因此，原線圈提供的功率為

$$150/0.7 = 214 \text{ W}。$$

$$\text{原線圈的電流 } I_p = P_p/V_p = 214/24 = \mathbf{8.93 \text{ A}}$$

7. 在發電廠，電力生產時的電壓為 22 kV，若以這電壓直接輸電，功率損耗便為 50%。若要把損耗降至 1%，輸電所需的電壓為多少？ (2 分)

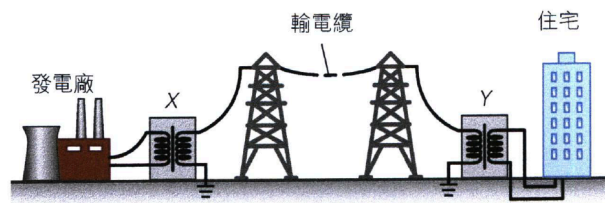
**Ans:**

輸電纜損耗的功率  $\Delta P = I^2 R = (\frac{P}{V})^2 R = \frac{P^2 R}{V^2}$ 。相對損耗  $\frac{\Delta P}{P} = \frac{PR}{V^2}$ 。

因此可得

$$\begin{aligned}\frac{\Delta P_1 / P}{\Delta P_2 / P} &= \frac{V_2^2}{V_1^2} \\ V_2^2 &= \frac{\Delta P_1 / P}{\Delta P_2 / P} V_1^2 \\ &= \frac{0.5}{0.01} (22 \times 10^3)^2 \\ \therefore V_2 &= \mathbf{156 \text{ kV}}\end{aligned}$$

8. 下圖顯示一個簡單的輸電系統。發電廠所生產的電力通過輸電纜傳送前，會先以變壓器  $X$  提升電壓。



其後，變壓器  $Y$  會把電壓從  $50\text{ kV}$  降低至  $220\text{ V}$ ，再分配至一般住宅用戶。假設某住戶獲得的總電流為  $50\text{ A}$ ，兩個變壓器的效率為  $95\%$ 。

- (a) 發電廠輸出的是直流電，還是交流電？為甚麼？ (2 分)
- (b) 為甚麼電力以高電壓輸送？ (1 分)
- (c) 輸電纜的總電阻為  $150\ \Omega$ 。試找出
  - (i) 輸電纜中的電勢差，以及 (3 分)
  - (ii) 輸電纜中的功率損耗。 (2 分)
- (d) 試估計有用輸出功率的百分比。（有用功率即住宅用戶的耗電功率） (2 分)



Ans:

- (a) 為了易於升壓及降壓， (1A)  
發電廠會輸出 **交流電**。 (1A)
- (b) 以高電壓輸電能夠減少輸電纜損耗的功率。 (1A)
- (c) (i) 考慮降壓器  $Y$ 。  
 $V_p I_p \times 95\% = V_s I_s$  (1M)  
$$\therefore I_p = \frac{(220)(50)}{(50 \times 10^3)(0.95)}$$
$$= 0.232 \text{ A} \quad (1M)$$
  
電壓降  
 $= I_p R = (0.232)(150) = \mathbf{34.8 \text{ V}}$  (1A)
- (ii) 損耗的功率  
 $= (I_p)^2 R = (0.232)^2(150) = \mathbf{8.07 \text{ W}}$  (1M+1A)
- (d) 從 (c) 中可見輸電纜損耗的功率對比於總功率仍然相當少。 (1A)  
故有用輸出功率為  $95\% \times 95\% \approx \mathbf{90\%}$  (1A)

另解：

用戶端的輸出功率為

$$VI = (220)(50) \text{ W} = 11 \text{ kW}。$$

變壓器  $Y$  的輸入功率為

$$11 \times 10^3 / 95\% = 11.6 \text{ kW}，$$

變壓器  $X$  的輸入功率為

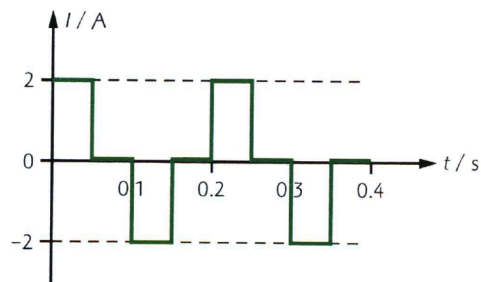
$$(11.6 \times 10^3 + 8.07) / 95\% = 12.2 \text{ kW}。 \quad (1M)$$

因此有用輸出功率的百分比為

$$11/12.2 \times 100\% \approx 90\%。 \quad (1A)$$

## 多項選擇題 Multiple choice questions

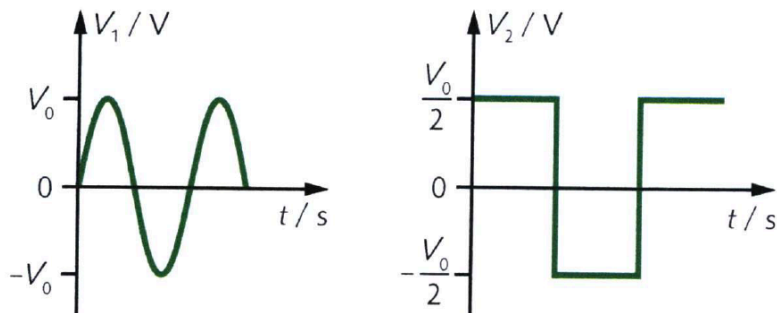
1. 下圖顯示一矩形變化的交變電流。其方均根值是多少？



- A.  $\frac{1}{\sqrt{2}}A$
- B.  $1A$
- C.  $\sqrt{2}A$
- D.  $2A$

Ans: C

2. 以左圖的正弦電壓  $V_1$  加於電阻器  $R$ ，電阻器會發熱，平均放熱率為  $W$ 。若改以右圖的方波電壓  $V_2$  加於電阻器  $R$ ，問平均放熱率為多少？



- A.  $W/2$
- B.  $W/\sqrt{2}$
- C.  $W$
- D.  $2W$

Ans: A

3. 為甚麼使用交流電而非直流電來輸電？

- A. 交流電路較安全。
- B. 交流電壓易於提升和降低。
- C. 交流電功率易於提升。
- D. 輸電過程損失較少能量。

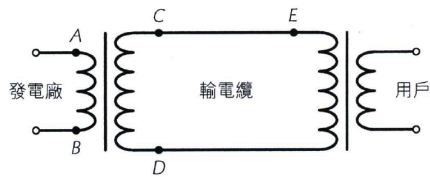
Ans: B

4. 由於發電廠一般遠離民居興建，因此便要倚賴輸電纜把電力輸送至客戶。若發電廠生產的電能以電勢  $V$  和電流  $I$ ，通過電阻為  $R$  的輸電纜輸送，輸電纜上的耗電功率為多少？

- A. 0
- B.  $VI$
- C.  $I^2R$
- D.  $V^2/R$

Ans: C

5. 為減少功率損失，電力以高電壓輸送，也就是說，在電網系統中，哪兩點的電勢差最大？



- A. A 和 B
- B. C 和 D
- C. C 和 E
- D. 以上各個選項的電勢差都相同。

Ans: B

6. 考慮以下方程：

$$\frac{\text{副電壓}}{\text{原電壓}} = \frac{\text{副線圈匝數}}{\text{原線圈匝數}}$$

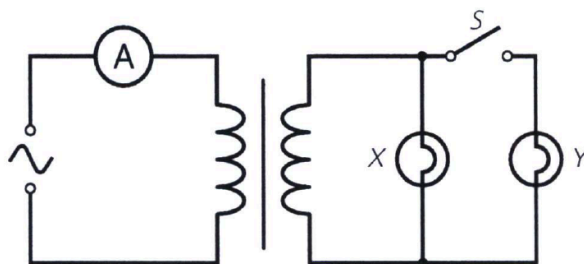
在下列哪些情況中，以上關係並不適用？

- (1) 軟鐵心中有磁通量漏失。
- (2) 副線圈連接至斷路。
- (3) 原線圈與副線圈的電阻不可忽略。

- A. 只有 (1) 和 (2)
- B. 只有 (1) 和 (3)
- C. 只有 (2) 和 (3)
- D. (1), (2) 和 (3)

**Ans: B** （注意線圈電壓在非理想情況下，不一定等於電動勢）

7. 完全相同的燈泡  $X$  和  $Y$  連接至一個變壓器，如圖。起初，開關  $S$  斷開。



現把開關  $S$  合上。哪些敘述是正確的？

- (1) 燈泡  $X$  的亮度不變。
- (2) 變壓器的效率增倍。
- (3) 通過安培計的電流增倍。

- A. 只有 (1)
- B. 只有 (1) 和 (3)
- C. 只有 (2) 和 (3)
- D. (1), (2) 和 (3)

**Ans: B**