



CH16 變壓器短路及開路試驗

16-1 變壓器之開路試驗

隨堂練習解答

課本 P359

(D) 1. 有關變壓器開路試驗之敘述，下列何者錯誤？

- (A)通常將高壓側開路 (B)需要外加額定電壓
(C)測得激磁導納 (D)測得滿載銅損。

解 開路試驗之目的在測量鐵損

(C) 2. 有一部 1.5 kVA，220 V / 110 V，60 Hz 之單相變壓器作開路實驗時，功率表、電壓表、電流表的讀值分別為 $P_{oc} = 22 \text{ W}$ 、 $V_{oc} = 110 \text{ V}$ 、 $I_{oc} = 0.8 \text{ A}$ ，無載功因為何？

- (A) 0.1 (B) 0.16 (C) 0.25 (D) 0.8。

解 $\cos \theta_0 = \frac{P_{oc}}{V_{oc} I_{oc}} = \frac{22}{110 \times 0.8} = 0.25$

16-2 變壓器之短路試驗

隨堂練習解答

課本 P363

(C) 1. 單相變壓器的開路試驗，主要目的為何？

- (A)求取變壓器一次側與二次側的等效阻抗 (B)求取變壓器的銅損
(C)求取變壓器的激磁導納與鐵損 (D)測試變壓器的極性。

(C) 2. 有關變壓器短路試驗之敘述，下列何者錯誤？

- (A)通常將低壓側短路 (B)需要外加額定電壓
(C)測得等值阻抗 (D)測得滿載銅損。

(A) 3. 有一部 50 kVA、2000 V / 200 V、60 Hz 單相變壓器，高壓側加電源進行短路試驗時，電壓表、電流表、功率表的讀值分別為： $V_{sc} = 80 \text{ V}$ 、 $I_{sc} = 20 \text{ A}$ 、 $P_{sc} = 400 \text{ W}$ ，則變壓器滿載銅損為何？ (A) 625 W (B) 525 W (C) 400 W (D) 320 W。

解 本機滿載電流 $I_1 = \frac{50 \text{ kVA}}{2000 \text{ V}} = 25 \text{ A}$ ，實驗時只有加到 20A 未達滿載，

因此滿載銅損修正為 $P_{sc} = 400 \text{ W} \times \left(\frac{25}{20}\right)^2 = 625 \text{ W}$

(C) 4. 有關變壓器量測損失之敘述，下列何者正確？

- (A)變壓器滿載下的鐵損遠大於無載時之鐵損
- (B)變壓器一次側等效阻抗可由開路試驗量測
- (C)變壓器的銅損主要是在短路試驗中量測
- (D)短路試驗是將變壓器的低壓側短路，在高壓側輸入額定的電壓。

自我評量解答

課本 P364

一、選擇題

16-1 (D) 1. 有關單相變壓器之開路試驗，下列敘述何者正確？

- (A)高壓側繞組短路，低壓側繞組之電流為額定電流，以量測其電壓及功率
- (B)高壓側繞組短路，低壓側繞組之電壓為額定電壓，以量測其電流及功率
- (C)高壓側繞組開路，低壓側繞組之電流為額定電流，以量測其電壓及功率
- (D)高壓側繞組開路，低壓側繞組之電壓為額定電壓，以量測其電流及功率。

解 變壓器開路實驗，一般是由低壓側加額定電壓，高壓側開路；(高壓側加額定電壓，低壓側開路也可以，只是電壓愈高取得愈不容易)，透過測量電壓電流以及消耗功率，測出變壓器鐵損並且計算激磁電導、電納等數據，但是無法求得等效繞組電阻

(C) 2. 單相變壓器的開路試驗，主要目的為何？

- (A)求取變壓器一次側與二次側的等效阻抗
- (B)求取變壓器的銅損
- (C)求取變壓器的激磁導納與鐵損
- (D)測試變壓器的極性。

解 單相變壓器的開路試驗，目的為求取變壓器的激磁導納與鐵損
 短路試驗：目的為求取變壓器等效阻抗與銅損
 變壓器的極性試驗目的為測試變壓器的極性為加極性或減極性

(D) 3. 有一部 20 kVA、2400 V / 240 V 變壓器，低壓側做開路試驗，三個電表讀值分別為 $V = 240 \text{ V}$ ， $I = 2.5 \text{ A}$ ， $P = 150 \text{ W}$ ，求無載時功率因數為何？

- (A) 0.8 (B) 0.625 (C) 0.6 (D) 0.25。

解 無載功因 $\cos \theta_o = \frac{P_{oc}}{V_{oc} I_{co}} = \frac{150}{240 \times 2.5} = 0.25$

(B) 4. 同上題，求鐵損額定值為何？ (A) 240 W (B) 150 W (C) 60 W (D) 2.5 W。

解 電壓表指示值 240V 等於額定電壓，因此鐵損值等於 $P = 150 \text{ W}$

- (B) 5. 同上題，求鐵損電流為何？ (A) 0.8 A (B) 0.625 A (C) 0.6 A (D) 0.25 A。

解 鐵損電流 $I_e = I_{oc} \times \cos \theta = 2.5 \times 0.25 = 0.625 \text{ A}$

- 16-2 (A) 6. 有關變壓器短路試驗之敘述，下列何者正確？

- (A) 可測出變壓器的繞組電阻
(B) 可測出變壓器之鐵損
(C) 高壓側短路，低壓側加額定電壓來作試驗
(D) 可測出激磁電流。

解 變壓器短路試驗目的為測量等效阻抗與銅損，一般是將變壓器的低壓側短路，在高壓側輸入額定電流。而開路試驗目的為測量激磁特性與鐵損，一般是將變壓器的高壓側開路，在低壓側輸入額定電壓

- (D) 7. 測量變壓器銅損之方法為

- (A) 耐壓試驗 (B) 絕緣試驗 (C) 開路試驗 (D) 短路試驗。

- (A) 8. 變壓器開路測試無法測出

- (A) 等效阻抗 (B) 鐵損 (C) 無載功率因數 (D) 磁化電流。

解 開路測試無法測出等效阻抗(需用短路測試)

- (D) 9. 有一部 5 kVA、1000 V / 200 V、50 Hz 單相變壓器進行短路試驗，由高壓側加電源，低壓側短路，若要獲得滿載銅損，從高壓側加入的電源應為何？

- (A) 5 kVA (B) 1000 V (C) 200 V (D) 5 A。

解 高壓側額定電流為 $\frac{5 \text{ kVA}}{1000 \text{ V}} = 5 \text{ A}$

- (A) 10. 有一部 20 kVA、2000 / 200 V 變壓器，高壓側作短路試驗，三個電表讀值分別為 $V = 50 \text{ V}$ ， $I = 8 \text{ A}$ ， $P = 320 \text{ W}$ ，求短路時功率因數為何？

- (A) 0.8 (B) 0.625 (C) 0.6 (D) 0.25。

解 短路時功因 $\cos \theta_s = \frac{P_{sc}}{V_{sc} I_{sc}} = \frac{320}{50 \times 8} = 0.8$

- (A) 11. 同上題，滿載銅損為何？ (A) 500 W (B) 400 W (C) 320 W (D) 240 W。

解 高壓側額定電流為 $\frac{20 \text{ kVA}}{2000 \text{ V}} = 10 \text{ A}$ ，本題電流只有加到 8 A，未達滿載，

因此滿載銅損必須修正為 $320 \text{ W} \times \left(\frac{10 \text{ A}}{8 \text{ A}}\right)^2 = 500 \text{ W}$

- (D) 12. 同上題，高壓側等效電抗為何？ (A) 10 Ω (B) 6.25 Ω (C) 5 Ω (D) 3.75 Ω。

解 高壓側等效阻抗 $Z_{e1} = \frac{V_{sc}}{I_{sc}} = \frac{50V}{8A} = 6.25\Omega$ ，

等效電抗 $X_{e1} = Z_{e1} \times \cos\theta = 6.25 \times 0.6 = 3.75\Omega$

- (A) 13. 變壓器負載特性實驗的主要目的是

- (A)測量電壓調整率與效率 (B)測量等值阻抗
(C)測量鐵損與銅損 (D)測量激磁電導與激磁電納。

解 變壓器負載試驗可測量電壓調整率與效率

- (D) 14. 有關雙繞組鐵心變壓器試驗之敘述，下列何者錯誤？

- (A)短路實驗可測得銅損與等效阻抗
(B)開路試驗可測得鐵損與激磁導納
(C)負載試驗可測得電壓調整率與效率
(D)極性試驗可測得變壓器是 Y 接或△接。

解 極性試驗可測得變壓器是加極性或是減極性

- (C) 15. 有關變壓器量測損失之敘述，下列何者正確？

- (A)變壓器滿載下的鐵損遠大於無載時之鐵損
(B)變壓器一次側等效阻抗可由開路試驗量測
(C)變壓器的銅損主要是在短路試驗中量測
(D)短路試驗是將變壓器的低壓側短路，在高壓側輸入額定的電壓。

解 (A)變壓器鐵損為固定損，與負載無關
(B)變壓器開路試驗目的為測量激磁導納與鐵損
(C)變壓器短路試驗目的為測量等效阻抗與銅損
(D)短路試驗是將變壓器的低壓側短路，在高壓側輸入額定電流

- (B) 16. 關於變壓器的敘述，下列何者正確？

- (A)變壓器可提高電壓，亦可提高電流，所以變壓器可視為一功率放大器
(B)變壓器之銅損可由短路測試求得
(C)變壓器可改變輸入電壓之頻率
(D)固定電源電壓下，變壓器之負載越大，鐵損越大。

解 變壓器可將輸出電壓升高或是降低，由於會有銅損(變動損；短路實驗測得)與鐵損(固定損；開路實驗測得)，因此輸出功率必定小於輸入功率

- (B) 17. 有一部 50 kVA、2400 V / 120 V 單相變壓器，其開路試驗及短路試驗所得相關數據如下：開路試驗：電壓表讀值 120 V，電流表讀值 9.65 A，瓦特表讀值 350 W。短路試驗：電壓表讀值 92 V，電流表讀值 20.8 A，瓦特表讀值 800 W，求變壓器滿載時總損失為何？ (A) 2400 W (B) 1150 W (C) 950 W (D) 800 W。

解 開路試驗時電壓表讀值為 120V 等於低壓側額定電壓，因此瓦特表讀值即為鐵損值 350W。短路試驗時電流表讀值為 20.8A 等於高壓側額定電流

$$\left(\frac{50\text{kVA}}{2400\text{V}} = 20.8\text{A} \right), \text{ 因此瓦特表讀值即為滿載銅損 } 800\text{W}。 \text{ 合計滿載時總損失}$$

為 1150W

- (D) 18. 同上題，變壓器運轉於半載，負載功率因數為 0.8 時之效率約為何？

(A) 94.3 % (B) 95.8 % (C) 96.1 % (D) 97.3 %。

解 75%滿載，功率因數 0.8 時，輸出 $P_o = 50\text{kVA} \times 0.75 \times 0.8 = 30\text{kW}$ ，

鐵損為 350W，銅損為 $0.75^2 \times 800\text{W} = 450\text{W}$ ，

$$\text{效率 } \eta = \frac{P_o}{P_i} = \frac{P_o}{P_o + P_L} = \frac{30\text{kW}}{30\text{kW} + 350 + 450} = 0.974 = 97.4\% , \text{ 故選(D)}$$

- (C) 19. 有一部單相變壓器，一次側繞組電阻在 25.5 °C 時測得為 2.6 Ω，若滿載時溫度為 85.5 °C，求滿載時一次側繞組電阻約為何？

(A) 8.71 Ω (B) 5.2 Ω (C) 3.2 Ω (D) 2.6 Ω。

$$\text{解 } \frac{R_2}{R_1} = \frac{234.5 + t_2}{234.5 + t_1}, \frac{R_2}{2.6\Omega} = \frac{234.5 + 85.5}{234.5 + 25.5}, R_2 = 3.2\Omega$$

- (D) 20. 下列何者不是變壓器的試驗項目之一？

(A)衝擊電壓試驗 (B)溫升試驗 (C)開路試驗 (D)衝擊電流試驗。

解 電工機械各種實驗中並無衝擊電流試驗

二、計算題

1. 有一台 50 kVA、2000 V / 200 V、60 Hz 單相變壓器，高壓側加電源進行短路試驗，所接電表讀數為： $V_{sc} = 40\text{ V}$ 、 $I_{sc} = 25\text{ A}$ 、 $P_{sc} = 600\text{ W}$ ，則變壓器

- (1) 短路時功率因數為何？
- (2) 高壓側的等值阻抗、電阻、電抗分別為何？
- (3) 換算到低壓側的等值阻抗、電阻、電抗分別為何？

$$\text{解 (1) 功率因數 } \cos \theta_s = \frac{P_{sc}}{V_{sc} I_{sc}} = \frac{600}{40 \times 25} = 0.6, \sin \theta_s = 0.8$$

$$(2) \text{ 高壓側等值阻抗 } Z_{e1} = \frac{V_{sc}}{I_{sc}} = \frac{40}{25} = 1.6\Omega$$

$$\text{高壓側等值電阻 } R_{e1} = Z_{e1} \times \cos \theta_s = 1.6 \times 0.6 = 0.96\Omega$$

$$\text{高壓側等值電抗 } X_{e1} = Z_{e1} \times \sin \theta_s = 1.6 \times 0.8 = 1.28\Omega$$

$$(3) \text{ 換算至低壓側等值阻抗 } Z_{e2} = \frac{Z_{e1}}{a^2} = \frac{1.6\Omega}{10^2} = 16\text{m}\Omega$$

$$\text{低壓側等值電阻 } R_{e2} = \frac{R_{e1}}{a^2} = \frac{0.96\Omega}{10^2} = 9.6\text{m}\Omega$$

$$\text{低壓側等值電抗 } X_{e2} = \frac{X_{e1}}{a^2} = \frac{1.28}{10^2} = 12.8\text{m}\Omega$$

2. 有一部 5 kVA，2200 V / 220 V，60 Hz 之單相變壓器，分別進行開路試驗及短路試驗，其數據如下表所示，則此變壓器在

- (1) 滿載而功率因數為 1 時之效率為何？
- (2) 半載而功率因數為 0.8 落後時之效率為何？

	伏特表讀值 (伏特)	安培表讀值 (安培)	瓦特表讀值 (瓦特)
開路試驗	220	1.5	155
短路試驗	115.8	2.28	264

解 開路試驗時外加電壓為 220V，等於變壓器低壓側額定電壓，因此鐵損等於瓦特計讀值為 155W

短路試驗時外加電流為 2.28A，等於變壓器高壓側額定電流 $\frac{5\text{kVA}}{2200\text{V}} = 2.28\text{A}$

因此銅損等於瓦特計讀值為 264W；

$$\text{滿載且功率因數為 1 時之效率 } \eta = \frac{5\text{kVA} \times 1}{(5\text{kVA} \times 1) + 155 + 264} \times 100\% = 92.3\%$$

鍛鍊本解答－嚴選精華

- 16-1** 1. 開路試驗之目的在測量變壓器之 鐵損、激磁電導、激磁電納 及無載功因等。
2. 開路試驗常將變壓器之 高壓側 開路，低壓側加入 額定電壓 (也可在 低壓側 開路，高壓側加入 額定電壓，但輸入電壓較高，較危險)。
3. 開路試驗時，瓦特表所測量之值即為變壓器之 鐵損，透過電流表測得無載電流，電壓表測得端電壓，並可計算出下列數據：

$$(1) \text{ 無載功因: } \cos \theta_o = \frac{P_{oc}}{V_{oc} I_{oc}}$$

(2) 鐵損電流： $I_e = I_{oc} \times \cos \theta_o$

(3) 磁化電流： $I_m = I_{oc} \times \sin \theta_o$

(4) 激磁導納： $Y = \frac{V_{oc}}{I_{oc}}$

(5) 激磁電導： $G = \frac{P_{oc}}{V_{oc}^2}$

(6) 激磁電納： $B = \sqrt{Y^2 - G^2}$

- 16-2** 4. 短路試驗之目的在測量變壓器之滿載銅損及阻抗特性 (等值電阻、等值電抗、等值阻抗)。
5. 短路試驗常將變壓器之低壓側短路，高壓側加入額定電流 (也可以由低壓側加入額定電流，但是所需電流大較少使用)。
6. 短路試驗時，當電流表達到滿載電流時，瓦特表所測量之值即為變壓器之滿載銅損，透過電流表測得滿載電流，電壓表測得阻抗電壓，並可計算出下列數據：
- (1) 短路時功因： $\cos \theta_s = \frac{P_{sc}}{V_{sc} I_{sc}}$
- (2) 一次側等值阻抗： $Z_{o1} = \frac{V_{sc}}{I_{sc}}$
- (3) 一次側等值電阻： $R_{o1} = \frac{P_{sc}}{I_{sc}^2}$
- (4) 一次側等值電抗： $X_{o1} = \sqrt{Z_{o1}^2 - R_{o1}^2}$

鍛鍊本解答－大顯身手

課內題

詳解請參考自我評量解答 P16-2～16-6

課外題

一、精選題

- (C) 1. 一 50kVA，2000V/200V 之單相變壓器，經加額定電壓作開路試驗時，測出之功率為 300W，若變壓器一次側之等值電阻為 0.8Ω ，試求滿載時銅損為何？
(A)100W (B)300W (C)500W (D)800W。

解 $I_1 = \frac{S}{V_1} = \frac{50\text{kVA}}{2000\text{V}} = 25\text{A}$ ，銅損 $P_{sc} = 25^2 \times 0.8 = 500\text{W}$

- (B) 2. 100kVA, 6.6kV/220V, 60Hz 單相變壓器, 於高壓側做短路試驗時各儀表讀數為 $I_{sc}=15.15\text{A}$, $V_{sc}=250\text{V}$, $P_{sc}=1250\text{W}$, 則此變壓器高壓側等值電阻為 (A)16.5Ω (B)5.44Ω (C)0.0183Ω (D)0.006Ω。

解 高壓側等值電阻為 $R_{sc} = \frac{P_{sc}}{I_{sc}^2} = \frac{1250}{15.15^2} = 5.44\Omega$

- (C) 3. 20kVA, 2000V/200V, 60Hz 之單相變壓器經開路及短路試驗得：開路試驗： $P_{oc}=121\text{W}$, $V_{oc}=220\text{V}$, $I_{oc}=2\text{A}$ ；短路試驗： $P_{sc}=432\text{W}$, $V_{sc}=60\text{V}$, $I_{sc}=12\text{A}$ ，試求變壓器在額定電壓時之鐵損與滿載銅損分別為
(A)121W, 432W (B)100W, 400W
(C)100W, 300W (D)111W, 300W。

解 變壓器低壓側額定電壓 200V，開路試驗時外加電壓為 220V 高於額定，由於

$$\text{鐵損與電壓平方成正比，因此必須修正為 } \frac{121\text{W}}{\left(\frac{220\text{V}}{200\text{V}}\right)^2} = 100\text{W}$$

變壓器高壓側額定電流為 $\frac{20\text{kVA}}{2000\text{V}} = 10\text{A}$ ，短路試驗時外加電流為 12A 高於額

定，由於銅損與電流平方成正比，因此滿載銅損必須修正為 $\frac{432\text{W}}{\left(\frac{12\text{A}}{10\text{A}}\right)^2} = 300\text{W}$

- (D) 4. 有一部 20kVA、2000V/200V、50Hz 之變壓器，其高壓側做短路試驗之記錄如下：
 $P = 300\text{W}$ 、 $I = 10\text{A}$ 、 $V = 50\text{V}$ ，則下列數據何者不正確？
(A)短路功因為 0.6 (B)銅損為 300W
(C)高壓側等值電阻為 3Ω (D)高壓側等值阻抗為 7Ω。

解 $\cos\theta_s = \frac{P_{sc}}{V_{sc}I_{sc}} = \frac{300}{50 \times 10} = 0.6$ ，銅損為 300W

$$\text{高壓側等值阻抗 } Z_{e1} = \frac{V_{sc}}{I_{sc}} = \frac{50}{10} = 5\Omega$$

$$\text{高壓側等值電阻 } R_{e1} = Z_{e1} \times \cos\theta_s = 5 \times 0.6 = 3\Omega$$

二、情境題

- (C) 5. 四位同學在做完單相變壓器的開路及短路實驗後，做出以下結論，請問那位同學的結論是正確的？

小楊：開路實驗用於量測銅損，短路實驗用於量測鐵損

小明：開路實驗用於量測電壓調整率，短路實驗用於量測鐵損

小陳：開路實驗用於量測鐵損，短路實驗用於量測銅損

小仁：開路實驗用於量測溫升效應，短路實驗用於量測鐵損。

(A)小楊 (B)小明 (C)小陳 (D)小仁。

鍛鍊本解答－高手過招

- (A) 1. 一台 5kVA、2000V/100V、60Hz 之單相變壓器，低壓側短路，於高壓側加電源進行試驗，量測讀值瓦特表為 250W、電壓表為 125V、電流表為 2.5A，則低壓側等效電阻約為何？ (A)0.1Ω (B)2Ω (C)10Ω (D)40Ω。 【107 統測】

$$\text{解} \quad P_{cf} = I_1^2 \times R_{o1}, \quad R_{o1} = \frac{250}{2.5 \times 2.5} = 40\Omega, \quad R_{o2} = \left(\frac{1}{a}\right)^2 R_{o1} = \left(\frac{1}{20}\right)^2 \times 40 = 0.1\Omega$$

- (D) 2. 有一台 50kVA、2400V/120V 單相變壓器，其開路試驗及短路試驗所得相關數據如下：開路試驗：電壓表之讀值為 120V，電流表之讀值為 9.65A，瓦特表之讀值為 350W。短路試驗：電壓表之讀值為 92V，電流表之讀值為 20.8A，瓦特表之讀值為 800W。則變壓器運轉於 75%滿載，負載功率因數為 0.8 時之效率約為多少%？ (A)94.3 (B)95.8 (C)96.1 (D)97.4。 【104 統測】

$$\text{解} \quad P_k = 350W, \quad I_1 = \frac{50k}{2400} = 20.8A, \quad P_{cf} = 800W$$

$$\eta_{75\%} = \frac{0.75 \times 50k \times 0.8}{0.75 \times 50k \times 0.8 + 350 + (0.75)^2 \times 800} \times 100\% = 97.4\%$$

