

---

## IT@COOKBOOK, 핵심이 보이는 전자기학

### [연습문제 정답 이용 안내]

- 본 정답의 저작권은 김성중과 한빛아카데미(주)에 있습니다.
- 이 자료를 무단으로 전제하거나 배포할 경우 저작권법 136조에 의거하여 최고 5년 이하의 징역 또는 5천만원 이하의 벌금에 처할 수 있고 이를 병과(併科)할 수도 있습니다.

## Chapter 01. 연습문제

1.1 나

1.2 가

1.3 다

1.4 라

1.5 라

1.6 가

1.7 라

1.8 가

1.9 다

1.10 나

1.11 나

1.12 라

1.13 다

1.14. 가

---

1.15  $\mathbf{F}_3 = -4\mathbf{a}_x - 2\mathbf{a}_y - \mathbf{a}_z$

1.16  $\theta = 180 - 94.3^\circ = 85.7^\circ$

1.17  $\overrightarrow{PQ} = 3\mathbf{a}_x - \mathbf{a}_y + \mathbf{a}_z$   
 $\mathbf{a}_{PQ} \doteq 0.9\mathbf{a}_x - 0.3\mathbf{a}_y + 0.3\mathbf{a}_z$

1.18  $\overrightarrow{PQ} \doteq 3.4\mathbf{a}_x + 0.46\mathbf{a}_y + 6\mathbf{a}_z$

1.19  $S \doteq 11.22 \text{ [m}^2\text{]}$

1.20  $\overrightarrow{PQ} = 5\mathbf{a}_\rho - 5\mathbf{a}_z$   
 $\mathbf{a}_{PQ} = 0.5\sqrt{2}\mathbf{a}_\rho - 0.5\sqrt{2}\mathbf{a}_z$

1.21  $\overrightarrow{PQ} = -6\mathbf{a}_\rho + 8\mathbf{a}_z$   
 $\mathbf{a}_{PQ} = -0.6\mathbf{a}_\rho + 0.8\mathbf{a}_z$

1.22 (생략)

1.23 (생략)

## Chapter 02. 연습문제

\*\* 수정사항

2.1 유리가 나무를 마찰시키면 **모피**가 전자를 → 유리가 나무를 마찰시키면 **유리**가 전자를

2.1 가

2.2 라

2.3 다

2.4 나

2.5 라

2.6 라

2.7 나

2.8 가

2.9 다

2.10 라

2.11 두 전하 사이에 작용하는 힘은 10[N]에 변화가 없다.

2.12  $E = 0.8 \times 10^5 \mathbf{a}_z$  [V/m]

2.13  $E = -3.18 \times 10^9 \mathbf{a}_y + 12.18 \mathbf{a}_z$  [V/m]

2.14  $x = 3.23$  [m]

2.15  $E_P \doteq 3.2 \times 10^9 \left( \frac{1}{\sqrt{14}} \mathbf{a}_x + \frac{2}{\sqrt{14}} \mathbf{a}_y + \frac{3}{\sqrt{14}} \mathbf{a}_z \right)$  [V/m]

$E_P \doteq 3.2 \times 10^9 \mathbf{a}_r$  [V/m]

2.16  $E_{P_3} = 9\sqrt{3} \times 10^9 \left( -\frac{1}{\sqrt{6}} \mathbf{a}_x - \frac{1}{\sqrt{6}} \mathbf{a}_y + \frac{2}{\sqrt{6}} \mathbf{a}_z \right)$  [V/m]

2.17  $F = QE = 10^{-5} \times 5.65 \times 10^5 = 5.65$  [N]

2.18  $x = \frac{8.1}{9.8} \times \sqrt{3} \doteq 1.43$  [kg]

2.19  $Q = \frac{49}{1.694 \times 10^6} \doteq 28.9$  [ $\mu\text{C}$ ]

$$\mathbf{2.20} \quad \mathbf{E} = \frac{\rho_L}{4\pi\epsilon_0} \left\{ \left( \frac{z_2}{\rho\sqrt{\rho^2 + z_2^2}} - \frac{z_1}{\rho\sqrt{\rho^2 + z_1^2}} \right) \mathbf{a}_\rho + \left( \frac{1}{\sqrt{\rho^2 + z_2^2}} - \frac{1}{\sqrt{\rho^2 + z_1^2}} \right) \mathbf{a}_z \right\}$$

$$\mathbf{E} = \frac{\rho_L}{4\pi\epsilon_0\rho} (\sin\alpha_2 - \sin\alpha_1) \mathbf{a}_\rho + (\cos\alpha_2 - \cos\alpha_1) \mathbf{a}_z \text{ [V/m]}$$

$$\mathbf{E} = \frac{\rho_L}{2\pi\epsilon_0\rho} \mathbf{a}_\rho \text{ [V/m]}$$

$$\mathbf{2.21} \quad v = 5.28 \times 10^7 \text{ [m/sec]}$$

$$\mathbf{2.22 (a)} \quad \mathbf{E}_P = \frac{\rho_L}{4\pi\epsilon_0 h} \mathbf{a}_z \text{ [V/m]}$$

$$\mathbf{(b)} \quad \mathbf{F} = \frac{3.6 \times 10^{-3}}{h} \mathbf{a}_z \text{ [N]}$$

$$\mathbf{2.23 (a)} \quad \mathbf{E} = \frac{\rho_S h}{2\epsilon_0} \left( \frac{1}{\sqrt{a^2 + h^2}} - \frac{1}{\sqrt{b^2 + h^2}} \right) \mathbf{a}_z \text{ [V/m]}$$

$$\mathbf{(b)} \quad \mathbf{E} = \frac{\rho_S}{2\epsilon_0} \mathbf{a}_z \text{ [V/m]}$$

## Chapter 03. 연습문제

3.1    ㄴ

3.2    ㉡

3.3    ㉡

3.4    ㉡

3.5    ㉡

3.6    ㉡

3.7    ㄴ

3.8    ㉡

3.9    ㄴ

3.10   ㉡

3.11   ㉡

3.12   ㉡

3.13   ㉡

3.14     $0 < \rho < a$      $\mathbf{E} = \frac{\rho_v \rho}{2\epsilon_0} \mathbf{a}_\rho$  [V/m]

$a \leq \rho$      $\mathbf{E} = \frac{1}{\epsilon_0} D_S \mathbf{a}_\rho = \frac{\rho_v a^2}{2\epsilon_0 \rho} \mathbf{a}_\rho$  [V/m]

3.15    (생략)

3.16     $r \leq 1.03 \times 10^{-4} \text{ [m]} = 0.103 \text{ [mm]}$

3.17    (생략)

3.18

	두 도체 사이 전계	두 도체 밖의 전계
(a)	$\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$	0
(b)	0	$\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$
(c)	$\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$	$\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$
(d)	$\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$	$-\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$

3.19    (생략)

$$\mathbf{3.20} \quad \rho_S \doteq -2.656^{-9} \text{ [C/m}^2\text{]}$$

$$Q = -1.367 \times 10^6 \text{ [C]}$$

$$\mathbf{3.21} \quad (\text{생략})$$

$$\mathbf{3.22} \quad y = 2x$$

$$\mathbf{3.23} \quad x^2 + y^2 = 18$$

## Chapter 04. 연습문제

\*\* 수정사항

4.14 문단 제일 끝에 다음 글을 추가 → 단, 원점의 전위는 0 [V]이다

4.1 가      4.2 가      4.3 라      4.4 다      4.5 다

4.6 가      4.7 나      4.8 가      4.9 나      4.10 다

4.11 라      4.12 가      4.13 다

4.14 전기력선의 식  $y^2 - x^2 = 5$

등전위 식  $y = \frac{6}{x}$

전계의 세기  $\mathbf{E}(2, 3) = 3\mathbf{a}_x + 2\mathbf{a}_y$  [V/m]

전위  $V(2, 3) = -6$  [V]

4.15  $W_E = 3.13 \times 10^9$  [J]

4.16  $W_E \doteq 2.5 \times 10^{-3}$  [J]

4.17  $V_P = \frac{\rho_S}{2\epsilon_0} (\sqrt{a^2 + h^2} - h)$  [V]

4.18  $v \doteq 1.45 \times 10^6$  [m/sec]

4.19

	$c < r$	$a < r < b$
(a)	0	$\frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{b} \right)$
(b)	$\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$	0
(c)	$\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$	$\frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{b} + \frac{1}{c} \right)$
(d)	$-\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$	$\frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{b} - \frac{1}{c} \right)$

4.20  $V_P = 180 + 5 \ln 37 \doteq 198$  [V]  
 $\mathbf{E}_P \doteq -540.27\mathbf{a}_x - 90.81\mathbf{a}_y - 122.43\mathbf{a}_z$

4.21

(a)  $a \leq r$   $E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$  [V/m]  
 $0 < r < a$   $E = \frac{1}{\epsilon_0} D = \frac{Qr}{4\pi\epsilon_0 a^3}$  [V/m]

(b)  $a \leq r$   $V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$  [V]  
 $0 < r < a$   $V = \frac{Q}{8\pi\epsilon_0 a^3} (3a^2 - r^2)$  [V]  
 구심의 전위  $V = \frac{3Q}{8\pi\epsilon_0 a}$  [V]

4.22

(a)  $0.3 < r$   $V = \frac{1.8}{r} \times 10^{11}$  [V]  
 $0 < r \leq 0.3$   $V = 6 \times 10^{11}$  [V]  
 구심의 전위  $6 \times 10^{11}$  [V]  
 (b)  $0.3 < r$   $\mathbf{D} = \frac{Q}{4\pi r^2} \mathbf{a}_r$  [V/m]  
 (c)  $W_E = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0 a}$  [J]  
 (d)  $C = 4\pi\epsilon_0 a$  [F]



**4.23**  $W_E = 1.0624 \times 10^{-6} \text{ [J]}$

**4.24**  $W = 1.602 \times 10^{-19} \text{ [J]}$

**4.25**  $V_P = V_{P1} + V_{P2} + V_{P3}$

$$= \frac{\rho_S (\sqrt{r^2 + h^2} - h)}{8\epsilon_0} + \frac{\rho_{L1} r}{8\epsilon_0 \sqrt{r^2 + h^2}} + \frac{\rho_{L2}}{4\pi\epsilon_0} \ln \frac{h}{h-z} \text{ [V]}$$

**4.26**

**(a)**  $V_P = 66 \text{ [V]}$

**(b)**  $\mathbf{E}_P = 48\mathbf{a}_x - 32\mathbf{a}_y + 5\mathbf{a}_z \text{ [V/m]}$

**(c)**  $\mathbf{D}_P = \epsilon_0 (48\mathbf{a}_x - 32\mathbf{a}_y + 5\mathbf{a}_z) \text{ [C/m}^2\text{]}$

**(d)**  $\rho_{vP} = -12\epsilon_0 \text{ [C/m}^3\text{]}$

**4.27**

**(a)**  $\rho_{vP} = 6 \text{ [C/m}^3\text{]}$

**(b)**  $Q = \rho_{vP} \Delta v = 30 \text{ [\mu C]}$

## Chapter 05. 연습문제

### \*\* 수정사항

5.1 라 0.062 → 라 0.058

5.3 어떤 금속 도체의 체적전하밀도가 → 어떤 금속 도체에서 자유전자의 체적전하밀도가

5.4 가  $G = 0.05 [\Omega]$  → 가  $G = 0.05 [V]$

5.6 가  $62.4 \times 10^{19}$  → 가  $62.4 \times 10^{18}$

5.14 라 30 → 가 16.7

5.35  $\epsilon_{r1} = 8$  →  $\epsilon_{r2} = 8$  /  $\mathbf{E}_1 = -4\mathbf{a}_x + 3\mathbf{a}_x + 5\mathbf{a}_x [\text{V/m}]$  →  $\mathbf{E}_1 = -4\mathbf{a}_x + 3\mathbf{a}_y + 5\mathbf{a}_z [\text{V/m}]$

5.37  $w_E = \frac{1}{2} \frac{E^2}{\epsilon} [\text{J/m}^3]$  →  $w_E = \frac{1}{2} \frac{D^2}{\epsilon} [\text{J/m}^3]$

- |        |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| 5.1 라  | 5.2 라  | 5.3 가  | 5.4 다  | 5.5 나  |
| 5.6 가  | 5.7 다  | 5.8 가  | 5.9 다  | 5.10 라 |
| 5.11 나 | 5.12 다 | 5.13 가 | 5.14 다 | 5.15 나 |
| 5.16 다 | 5.17 나 | 5.18 라 | 5.19 가 | 5.20 가 |
| 5.21 라 | 5.22 다 | 5.23 나 | 5.24 라 | 5.25 다 |
| 5.26 가 | 5.27 나 | 5.28 라 |        |        |

### 5.29

- (a)  $\rho_v = 6.408 \times 10^3 [\text{C/m}^3]$
- (b)  $J = 4.5 \times 10^5 [\text{A/m}]$
- (c)  $I = 5.66 [\text{A}]$
- (d)  $v_d = 70.2 [\text{m/sec}]$

**5.30**

- (a)  $\sigma \doteq 3.82 \times 10^6 \text{ [S/m]}$   
 (b)  $\mu_e = 4.77 \times 10^4 \text{ [m}^2/\text{V} \cdot \text{sec]}$   
 (c)  $v_d = 1.59 \times 10^3 \text{ [m/sec]}$

**5.31**

- (1)  $R = \frac{l}{\sigma S} = \frac{10^{-2}}{2.8836 \times 10^{-4} \times 10^{-4}} \doteq 3.47 \times 10^5 \text{ } [\Omega]$   
 (2)  $R = \frac{l}{\sigma S} = \frac{10^{-2}}{1.08135 \times 10^{-4}} \doteq 92.48 \text{ } [\Omega]$

**5.32**

- (a) 대류전류는 자기가 속해 있던 원자를 완전히 이탈하여, 절연체나 진공 중에서 이동하는 전자들에 의한 전류, 전도전류는 자유전자라고 불리워지는 전자들의 이동에 의한 전류
- (b) 자유전자는 원자모형에서 전도대에 있는 전자로, 처음부터 금속도체의 전도대에 있는 전자나, 열에 의하여 가전자대에서 전도대로 올라온 전자, 또는 n형 불순물 반도체에서 공유결합을 하지 못하고 남은 전자 체적전하들은 자기가 속해 있던 원자를 완전히 이탈하여 아무 원자에도 속해 있지 않은 전자
- (c) 도체나 반도체, 또는 절연체의 가전자대에 있던 전자가 열에너지를 받아 전도대로 올라가 버리고 전자가 비어 있는 자리(=에너지 준위), 또는 불순물 반도체에서 공유결합이 이루어지지 못하고, 비어있는 자리(=에너지 준위)를 정공이라고 부른다.  
 그 반면에 중성이던 물체가 전자를 다른 물체에 주어버리고, 결과적으로 양자의 숫자가 전자의 숫자보다 많으면 그 물체는 전기적으로 (+)전하가 된다.
- (d) 절연체 중에 외부에서 전계를 가했을 때, 분극현상이 강하게 일어나는 물질을 특별히 구분하여 유전체라고 부른다.
- (e) 전류를 잘 흘려주는 성질을 컨덕턴스(conductance)라고 부르며, 기호로  $G$ , 단위는  $[\mathcal{U}]$  또는  $[\text{Siemens}]$ 를 사용한다. 그리고 저항과 컨덕턴스는 서로 역수관계에 있다. 컨덕턴스  $G = 0.02 \text{ } [\mathcal{U}]$ 을 가진 컨덕터는 저항  $R = 50 \text{ } [\Omega]$ 을 가진 저항체를 의미한다.

**5.33**

$$a = 0.05 \text{ [m]}$$

$$E = 4000 \text{ [V/m]}$$

**5.34**  $\theta_1 \doteq 60.8^\circ$   
 $E_1 = 17.55 \text{ [V/m]}$

**5.35**

- (a)  $\mathbf{E}_2 = -4\mathbf{a}_x + 3\mathbf{a}_y + 8\mathbf{a}_z \text{ [V/m]}$   
 (b)  $\mathbf{D}_1 = \epsilon_0(-20\mathbf{a}_x + 15\mathbf{a}_y + 25\mathbf{a}_z) \text{ [V/m]}$   
 $\mathbf{D}_2 = \epsilon_0(-32\mathbf{a}_x + 24\mathbf{a}_y + 64\mathbf{a}_z) \text{ [V/m]}$   
 (c)  $\theta_1 = \tan^{-1} 1 = 45^\circ$   
 $\theta_2 = \tan^{-1} 1.6 = 58^\circ$   
 (d)  $w_{E1} \doteq 1.11 \times 10^{-9} \text{ [J/m}^3\text{]}$   
 $w_{E2} \doteq 3.15 \times 10^{-9} \text{ [J/m}^3\text{]}$

**5.36**

- (a)  $\epsilon = 35.416 \times 10^{-12} \text{ [F/m]}$   
 (b)  $C = 44.27 \text{ [pF]}$   
 (c)  $Q = 5.3124 \times 10^{-10} \text{ [C]}$   
 (d)  $\rho_S = 0.21 \text{ [\mu C/m}^2\text{]}$   
 (e)  $D = 0.21 \text{ [\mu C/m}^2\text{]}$   
 (f)  $E \doteq 5.9 \times 10^3 \text{ [V/m]}$   
 (g)  $\chi_e = 3$   
 (h)  $E' = 17.7 \times 10^3 \text{ [V/m]}$   
 (i)  $P = 0.157 \text{ [\mu C/m}^2\text{]}$

**5.37** (생략)

**5.38**

- (a)  $E = 2000 \text{ [V/m]}$   
 (b)  $D_1 \doteq 1.771 \times 10^{-8} \text{ [C/m}^2\text{]}$   
 $D_2 = 8.854 \times 10^{-8} \text{ [C/m}^2\text{]}$   
 $D_3 = 17.708 \times 10^{-8} \text{ [C/m}^2\text{]}$

**(c)**  $\rho_{S1} = 1.771 \times 10^{-8} \text{ [C/m}^2\text{]}$

$$\rho_{S2} = 8.854 \times 10^{-8} \text{ [C/m}^2\text{]}$$

$$\rho_{S3} = 17.708 \times 10^{-8} \text{ [C/m}^2\text{]}$$

**(d)**  $Q_p \doteq 0.283 \text{ [\mu C]}$

**(e)**  $C_p = 2.36 \text{ [pF]}$

### 5.39

**(a)**  $V_1 = \frac{1200}{13} \text{ [V]}, \quad V_2 = \frac{240}{13} \text{ [V]}, \quad V_3 = \frac{120}{13} \text{ [V]}$

**(b)**  $E_1 = \frac{60}{13} \times 10^3 \text{ [V/m]}, \quad E_2 = \frac{12}{13} \times 10^3 \text{ [V/m]}, \quad E_3 = \frac{6}{13} \times 10^3 \text{ [V/m]}$

**(c)**  $D = \frac{60}{13} \epsilon_0 \times 10^3 \text{ [C/m}^2\text{]}$

**(d)**  $\rho_S = \frac{60}{13} \epsilon_0 \times 10^3 \text{ [C/m}^2\text{]}$

**(e)**  $Q_s = \frac{180}{13} \epsilon_0 \times 10^3 \text{ [C]}$

**(f)**  $C_s = 1.02 \text{ [pF]}$

**5.40**  $Q_2 = 9 \text{ [\mu C]}$

**5.41**  $V \doteq 33.33 \text{ [V]}$

## Chapter 06. 연습문제

6.1 다

6.2 나

6.3 다

6.4 가

6.5 라

6.6 가

6.7 나

6.8 다

6.9 가

6.10 가

6.11 라

6.12 다

6.13 
$$V = -\frac{25}{3\epsilon}(x^3 - 125)$$
$$\mathbf{E} = \frac{25}{\epsilon}x^2 \mathbf{a}_x$$

6.14 
$$V = -130.2 \ln \left| \tan \frac{\theta}{2} \right| - 71.48 \text{ [V]}$$
$$\mathbf{E} = \frac{130.2}{r \sin \theta} \mathbf{a}_\theta \text{ [V/m]}$$

6.15

(a)  $V_P = -80 \text{ [V]}$

(b)  $\mathbf{E}_P = 80 \mathbf{a}_x - 40 \mathbf{a}_y + 240 \mathbf{a}_z$

(c)  $\rho_v = 520 \epsilon \text{ [C/m}^3\text{]}$

(d)  $10x^2yz^3 = -80$

(e)  $x^2 - 2y^2 = -4$

(f)  $3x^2 - 2z^2 = 10$

(g) 전위식은 P점에서 라플라스 방정식을 만족하지 않는다.

6.16  $R \approx 0.1765 \text{ } [\Omega]$

6.17 P점은 50 [V], Q점은 28.6 [V]이다.

**6.18**

$$(1) \quad V \doteq 557.5 \text{ [V]}, \quad \mathbf{E}_P \doteq 36,379 \mathbf{a}_\rho \text{ [V/m]}$$

$$(2) \quad G_0 \doteq 3.43 \times 10^{-8} \text{ [S/m]}$$

**6.19**

$$(a) \quad V_P = 50 \text{ [V]}$$

$$(b) \quad \mathbf{E}_P \doteq 2,040 \mathbf{a}_\rho \text{ [V/m]}$$

$$(c) \quad \rho_S = 0.153 \text{ [\mu C/m}^2\text{]}$$

$$(d) \quad C_0 \doteq 0.48 \text{ [nF/m]}$$

$$(e) \quad G_0 \doteq 1.81 \times 10^{-7} \text{ [S/m]}$$

$$\mathbf{6.20} \quad C \doteq 59.34 \times 10^{-12} \text{ [F]}$$

$$R \doteq 2.387 \times 10^5 \text{ [\Omega]}$$

**6.21**

$$(a) \quad \mathbf{E} = \frac{V_0}{\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b}\right)r^2} \mathbf{a}_r$$

$$(b) \quad \mathbf{J} = \frac{\sigma V_0}{\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b}\right)r^2} \mathbf{a}_r$$

$$(c) \quad R = \frac{b-a}{4\pi\sigma ab} \text{ [\Omega]}$$

$$(d) \quad \text{(생략)}$$

## Chapter 07. 연습문제

7.1 라

7.2 나

7.3 나

7.4 가

7.5 가

7.6 라

7.7 다

7.8 가

7.9 가

7.10 다

7.11 나

7.12 다

7.13 다

7.14 나

7.15 라

7.16 라

7.17 다

7.18 라

7.19 나

7.20 가

7.21 다

7.22 라

7.23 가

7.24 가

7.25 라

7.26 가

---

7.27  $F = 6.33 \times 10^4 \text{ [N]}$

7.28  $I \doteq 7.85 \text{ [A]}$

7.29  $H = 2.8648 \text{ [AT/m]}$

7.30  $H = 7.5 \text{ [AT/m]}$

7.31  $\mathbf{H} \doteq -0.509 \mathbf{a}_y \text{ [AT/m]}$

7.32  $\mathbf{H} \doteq -0.7958 \mathbf{a}_z \text{ [AT/m]}$

7.33  $\mathbf{H} = \frac{2a^2 I}{\pi(z^2 + a^2)\sqrt{z^2 + 2a^2}} \mathbf{a}_z \text{ [AT/m]}$

7.34  $\Phi = 9.87 \times 10^{-6} \text{ [Wb]}$

7.35  $\Phi = 1.25 \times 10^{-5} \text{ [Wb]}$



**7.36**  $H_A \doteq 4,774.6 \mathbf{a}_\phi$  [AT/m]  
 $H_B \doteq 4,774.6 \mathbf{a}_\phi$  [AT/m]  
 $H_C \doteq 4,151.9 \mathbf{a}_\phi$  [AT/m]

**7.37**  $\mathbf{J}_{(1,2,3)} = -48 \mathbf{a}_x$  [A/m<sup>2</sup>]

**7.38** (생략)

**7.39**

(a)  $0 < \rho \leq a$      $\mathbf{J} = \frac{I}{\pi a^2} \mathbf{a}_z$  [A/m<sup>2</sup>]

(b)  $a < \rho \leq b$      $\mathbf{J} = 0$

(c)  $b < \rho \leq c$      $\mathbf{J} = \frac{I}{\pi(c^2 - b^2)} \mathbf{a}_z$

(d)  $c < \rho$      $\mathbf{J} = 0$

**7.40**

(a)  $V_m = -\phi$  [AT]

(b)  $\mathbf{A} = \mu_0 \ln \frac{0.2}{\rho} \mathbf{a}_z$  [Wb/m]

**7.41**  $\mathbf{J} = 0$

**7.42**  $V_{mAB} = 0.1401$  [AT]

**7.43** (생략)

**7.44**

(a)  $V_{m(1,2,3)} = 50$  [AT]

(b)  $\mathbf{H}_{(1,2,3)} = -20 \mathbf{a}_x - 40 \mathbf{a}_y$  [AT/m]

**7.45** (생략)

**7.46** (생략)

**7.47**  $\nabla^2 \mathbf{A} = 4y \mathbf{a}_x + (24yz^2 + 8y^3) \mathbf{a}_z$

7.48

(a) 비오-사바르의 법칙 :  $d\mathbf{H}_P = \frac{I d\mathbf{L} \times \mathbf{a}_R}{4\pi R^2}$

(b) 암페어의 주회법칙 :  $\oint_c \mathbf{H} \cdot d\mathbf{L} = I_{in}$

(c) 스토크스의 정리 :  $\oint_c \mathbf{H} \cdot d\mathbf{L} = \int_S (\nabla \times \mathbf{H}) \cdot d\mathbf{S}$

7.49 (생략)

## Chapter 08. 연습문제

\*\* 수정사항

8.14 Ⓐ 4    Ⓒ 5    Ⓓ 6    Ⓔ 7    →    Ⓐ 40    Ⓒ 50    Ⓓ 60    Ⓔ 70

8.17 Ⓒ 628    →    Ⓒ 62.8

8.26  $\mathbf{B} = 10^{-5} \mathbf{a}_z [\text{Wb/m}^2]$  →  $\mathbf{B} = 3 \times 10^{-5} \mathbf{a}_z [\text{Wb/m}^2]$

$\mathbf{v} = 3 \times 10^6 \mathbf{a}_x [\text{m/sec}]$  →  $\mathbf{v} = 10^6 \mathbf{a}_x [\text{m/sec}]$

- |           |           |           |            |           |
|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|
| 8.1    Ⓐ  | 8.2    Ⓐ  | 8.3    Ⓒ  | 8.4    Ⓔ   | 8.5    Ⓒ  |
| 8.6    Ⓔ  | 8.7    Ⓒ  | 8.8    Ⓔ  | 8.9    Ⓒ   | 8.10    Ⓔ |
| 8.11    Ⓒ | 8.12    Ⓒ | 8.13    Ⓐ | 8.14.    Ⓐ | 8.15    Ⓒ |
| 8.16    Ⓔ | 8.17    Ⓒ | 8.18    Ⓔ | 8.19    Ⓒ  | 8.20    Ⓐ |
| 8.21    Ⓒ | 8.22    Ⓒ | 8.23    Ⓒ | 8.24    Ⓒ  | 8.25    Ⓒ |
- 

8.26     $r = 0.19 [\text{m}]$   
            $T = 1.19 [\mu \text{sec}]$

8.27     $\mathbf{T} = 1.1 \times 10^{-3} (0.45 \mathbf{a}_x + 0.89 \mathbf{a}_y) [\text{N} \cdot \text{m}]$

8.28     $F = 3 [\text{N}]$ , 아래로 움직인다.

8.29

(a)     $T = NI(a \times b) \times B [\text{N} \cdot \text{m}]$

(b)     $\theta = 2.4 [\text{rad}] = 137.5^\circ$

8.30     $B < \frac{m_e v}{e d}$

**8.31**

(a)  $\mathbf{F} = 6\mathbf{a}_x \text{ [N]}$

(b)  $(x - 2.4)^2 + y^2 = 2.4^2$

(c)  $(3.4, 2.18)$

**8.32**  $B_0 = -1.875 \text{ [Wb/m}^2\text{]}$

**8.33**  $W \doteq 1.257 \text{ [J]}$

**8.34**  $\mathbf{m} = 160\mathbf{a}_z \text{ [A} \cdot \text{m}^2\text{]}$   
 $\mathbf{T} = -320\mathbf{a}_x \text{ [N} \cdot \text{m]}$

**8.35** 변  $a-b$ 에 작용하는 힘 :  $\mathbf{F}_{ab} = 80\mathbf{a}_z - 120\mathbf{a}_y$   
변  $b-c$ 에 작용하는 힘 :  $\mathbf{F}_{bc} = 96\mathbf{a}_x$   
변  $c-d$ 에 작용하는 힘 :  $\mathbf{F}_{cd} = -80\mathbf{a}_z + 120\mathbf{a}_y$   
변  $d-a$ 에 작용하는 힘 :  $\mathbf{F}_{da} = -96\mathbf{a}_x$

**8.36**

(a)  $E = 100 \text{ [V/m]}$

(b)  $v_d = 14 \text{ [m/sec]}$

(c)  $F = 0.84 \text{ [N]}$

(d)  $E = 0.84 \text{ [V/m]}$

(e)  $V_H = 0.084 \text{ [V]}$

**8.37**  $\Phi \doteq 1.08 \times 10^{-3} \text{ [Wb]}$

**8.38**

(a)  $M = 2,235 \text{ [AT/m]}$

(b)  $M = 3.5 \text{ [AT/m]}$

(c)  $M = 335.7 \text{ [AT/m]}$

**8.39**

(a)  $R_m \doteq 8.33 \times 10^4 \text{ [AT/Wb]}$

(b)  $\Phi = 1.2 \times 10^{-2} \text{ [Wb]}$

(c)  $W_m = 6 \text{ [J]}$

$$\mathbf{8.40} \quad I \doteq 9.65 \text{ [A]}$$

$$\mathbf{8.41} \quad \theta_2 = \tan^{-1} \frac{2}{\sqrt{3}} = 49.1^\circ$$

$$\mathbf{8.42} \quad \mathbf{H}_2 = 4 \mathbf{a}_x + 2 \mathbf{a}_y + 2 \mathbf{a}_z \text{ [A T/m]}$$

$$\mathbf{8.43} \quad \mathbf{H}_2 = 4 \mathbf{a}_x - 3 \mathbf{a}_y + 2 \mathbf{a}_z \text{ [A T/m]}$$

$$\mathbf{8.44} \quad F = 453.8 \text{ [N]}$$

$$\mathbf{8.45} \quad L = 5.517 \text{ [mH]}$$

$$\mathbf{8.46} \quad L = \frac{\mu_0}{\pi} \left( \frac{1}{4} + \ln \frac{2h}{a} \right) \text{ [H/m]}$$

## Chapter 09. 연습문제

### \*\* 수정사항

9.25 두께가 5 [m] 인 → 두께가 5 [mm] 인

9.26 극판 간격이 2 [m] → 극판 간격이 2 [mm]

9.1 ㄴ

9.2 가

9.3 라

9.4 다

9.5 가

9.6 ㄴ

9.7 다

9.8 가

9.9 가

9.10 라

9.11 가

9.12 다

9.13 라

9.14 ㄴ

9.15 다

9.16 다

9.17  $I(t) = 120\pi \sin(120\pi t)$  [A]

9.18

(1)  $V_1 = -50$  [mV]

(2)  $V_2 = -100$  [mV]

9.19  $\frac{I_{leak}}{I_d} = \frac{\sigma}{\omega\epsilon}$

9.20

(1)  $V_{m,emf} = \frac{1}{2}\omega B_0 L^2$  [V]

(2)  $V_{ba} = \frac{1}{2}\omega B_0 L^2$  [V],  $V_{ca} = \frac{1}{2}\omega B_0 L^2$  [V],  $V_{bc} = 0$

9.21  $I = \frac{V}{R} = \frac{\omega B_0 r^2}{2R}$  [A]

**9.22**

- (a)  $V_{ba}(3) = 30 \text{ [V]}$
- (b)  $b$ 단자가 (+),  $a$ 단자가 (-)이다.
- (c)  $I \doteq 3.475 \times 10^6 \text{ [A]}$
- (d) 반시계방향.

**9.23**

- (a)  $V_{m,emf} = 120 \text{ [V]}$
- (b)  $x$ 축 (+)방향쪽이 (+)극성, (-)방향 쪽이 (-)극성을 갖는다.

**9.24**

- (1)  $V_{m,emf} = 8 \text{ [V]}$
- (2)  $b$ 단자가 (+)이다.

**9.25**

- (a)  $C = 35.4 \text{ [pF]}$
- (b)  $D = 10t + 2.5 \text{ [C/m}^2\text{]}$
- (c)  $I_d = 20 \text{ [A]}$

**9.26**  $I_d(t) \doteq -1.669 \times 10^{-6} \sin 377t \text{ [A]}$

**9.27**  $\sigma \doteq 1.67 \times 10^{-8} \text{ [S/m]}$

**9.28 (생략)**

## Chapter 10. 연습문제

### \*\* 수정사항

10.4 ㉠ 1.885 → ㉠ 188.5

10.22 평면 전계파가 자유공간을 진행하고 있다. → 평면 전계파가 있다.

10.26 끝에 다음 글을 추가 → 단,  $E_{x0} = 100$  [V/m]이다.

10.27 반지름이  $r = 2$  [m] 인 → 반지름이  $r = 2$  [mm]인

- 10.1 ㉠      10.2 ㉠      10.3 ㉠      10.4 ㉠      10.5 ㉠  
10.6 ㉠      10.7 ㉠      10.8 ㉠      10.9 ㉠      10.10 ㉠  
10.11 ㉠      10.12 ㉠      10.13 ㉠      10.14. ㉠      10.15 ㉠  
10.16 ㉠      10.17 ㉠
- 

### 10.18

- (a)  $V_s = 20e^{-j30z + j45^\circ}$   
(b)  $H(t) = 0.7\cos\left(3\pi \times 10^6 t - \frac{3\pi}{2}\right)$   
(c)  $E_s = 150e^{-(1.5 + j30)z + j45^\circ}$   
(d)  $I(t) = 80e^{-2.5z}\cos(6\pi \times 10^5 t - 1.3z - 35^\circ)$

### 10.19

- (a)  $f \doteq 1.5 \times 10^8$  [Hz]  
(b)  $T = 6.67 \times 10^{-9}$  [sec]  
(c)  $\gamma = j3.14$   
(d)  $\alpha = 0$   
(e)  $\beta = 3.14$  [rad/m]  
(f)  $v = 3 \times 10^8$  [m/sec]  
(g)  $\lambda = 2$  [m]  
(h)  $\eta = 377$  [ $\Omega$ ]



(i)  $\mathbf{H} \doteq 1.06 \cos(9.42 \times 10^8 t - 3.14 z) \mathbf{a}_y [\text{A T/m}]$

(j)  $\mathbf{P} = 424.4 \cos^2(9.42 \times 10^8 t - \beta z) \mathbf{a}_z [\text{W/m}^2]$

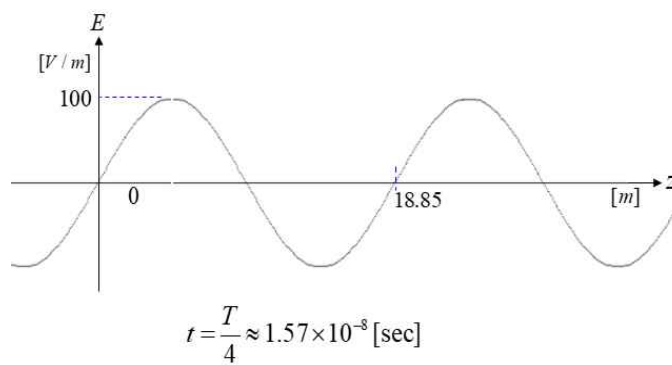
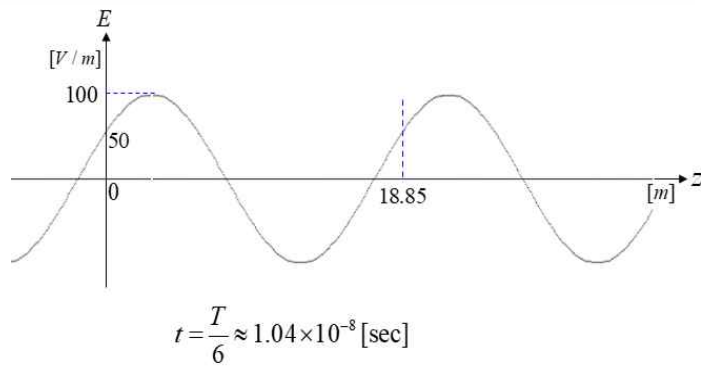
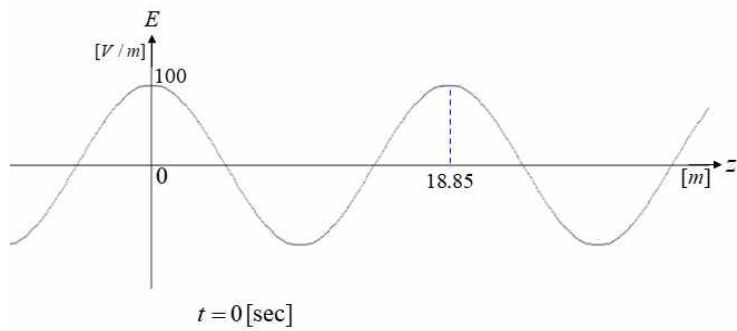
### 10.20

(a)  $\beta \doteq 0.333 [\text{rad/m}]$

(b)  $v = 3 \times 10^8 [\text{m/sec}]$

$\lambda = 6\pi [\text{m}]$

(c)



### 10.21

(a)  $\omega = 3 \times 10^6 [\text{rad/sec}]$

(b)  $\eta = 754 [\Omega]$

(c)  $\mathbf{H}(t) = 0.066 \cos(3 \times 10^6 t - 0.04 z) \mathbf{a}_y [\text{A T/m}]$

**10.22**

- (a)  $E_x(t) = 30e^{-3z} \cos(100\pi \times 10^6 t - 4z)$  [V/m]
- (b)  $T = 2 \times 10^{-8}$  [sec]
- (c)  $v_{image} = 0.7854 \times 10^8$  [m/sec]
- (d)  $\lambda \doteq 1.57$  [m]
- (e)  $E_m = 0.0037$  [V/m]

**10.23**  $f = 8.877 \times 10^8$  [Hz]

**10.24**  $z = 2.31$  [m]

**10.25**

- (a)  $E_x(t) = 100 \cos(2\pi \times 10^6 t - 0.21z)$  [V/m]
- (b)  $T = 10^{-6}$  [sec]  
 $v = 0.3 \times 10^8$  [m/sec]  
 $\lambda = 30$  [m]
- (c)  $\eta = 150.8$  [ $\Omega$ ]
- (d)  $H_y(t) = 0.663 \cos(2\pi \times 10^6 t - 0.21z)$  [AT/m]

**10.26**

- (a)  $\gamma = 9.9 + j9.9$
- (b)  $\alpha = 9.9$  [Np/m]
- (c)  $\beta = 9.9$  [rad/m]
- (d)  $v = \frac{\omega}{\beta} = \frac{2\pi \times 5 \times 10^6}{9.9} \doteq 3.17 \times 10^6$  [m/sec]
- (e)  $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3.17 \times 10^6}{5 \times 10^6} \doteq 0.635$  [m]
- (f)  $\eta = 2.82e^{j45^\circ}$  [ $\Omega$ ]
- (g)  $P_{ave} \doteq 0.125 E_{x0}^2 e^{-19.8z}$   
 $= 12.5e^{-19.8z}$  [W/m<sup>2</sup>] (if  $E_{x0} = 100$  [V/m])
- (h)  $\eta = 377$  [ $\Omega$ ]
- (i)  $z = 0.16$  [m]

**10.27**  $R = 207.9 \, [\Omega],$

**10.28**  $R = \frac{\ell}{\sigma S} = \frac{\ell}{\sigma 2\pi r \delta} = \frac{1,822}{5.8 \times 10^7 \times 2\pi \times 5 \times 10^{-3} \times 2.34 \times 10^{-5}} \approx 42.7 \, [\Omega],$

**10.29** 어떤 점에서 똑 같은 위치에 있는 점들을 모으면 하나의 구면이 된다.  
그러나 점으로부터의 거리가 대단히 멀으면, 그 면은 마치 평면인 것처럼 취급할 수 있다. 이와 같이 전자파를 발사하는 어떤 점으로부터 멀리 떨어져 있는 곳에서는, 그 전파원에 수직인 하나의 평면을 취했을 때 그 평면 모든 점에서 전계의 세기가 같다고, 생각할 수 있으며, 그 때 이 전자파를 평면파라고 한다.

**10.30** (생략)

# Chapter 11. 연습문제

## \*\* 수정사항

11.16 2에서 전계강도가 최대인 → 1에서 전계강도가 최대인

11.17 끝에 다음 글을 추가 → 전자파의 주파수는 75 [MHz]이다.

11.19 끝에 다음 글을 추가 → 비투자율은 1이다.

11.1 ㉒

11.2 ㉒

11.3 ㉒

11.4 ㉒

11.5 ㉒

11.6 ㉒

11.7 ㉒

11.8 ㉒

11.9 ㉒

11.10 ㉒

## 11.11

(a)  $\Gamma = -0.5$

(b)  $\tau = 0.5$

(c)  $s = 3$

(d)  $P_{1ave}^+ = \frac{1}{2} \frac{E_{x10}^{+2}}{\eta_1} = \frac{1}{2} \times \frac{0.5^2}{377} \doteq 0.332 \text{ [mW/m}^2\text{]}$

$$P_{1ave}^- = -\frac{1}{2} \frac{E_{x10}^{-2}}{\eta_1} = -\frac{1}{2} \frac{(0.5 \times 0.5)^2}{377} \doteq -0.0829 \text{ [mW/m}^2\text{]}$$

$$P_{2ave}^+ = \frac{1}{2} \frac{E_{x20}^{+2}}{\eta_2} = \frac{1}{2} \frac{(0.5 \times 0.5)^2}{125.7} \doteq 0.249 \text{ [mW/m}^2\text{]}$$

## 11.12

(a)  $E_1^-(t) = -4 \cos\left(2\pi \times 10^5 t + \frac{2\pi}{3} \times 10^{-3} z\right) \mathbf{a}_x \text{ [V/m]}$

$$H_1^-(t) = 0.0106 \cos\left(2\pi \times 10^5 t + \frac{2\pi}{3} \times 10^{-3} z\right) \mathbf{a}_y \text{ [A/m]}$$

(b)  $E_2^+(t) = 8 \cos\left(2\pi \times 10^5 t - \frac{4\pi}{3} \times 10^{-3} z\right) \mathbf{a}_x \text{ [V/m]}$

$$H_2^+(t) = 0.0424 \cos\left(2\pi \times 10^5 t - \frac{4\pi}{3} \times 10^{-3} z\right) \mathbf{a}_y \text{ [A/m]}$$

$$(c) \quad P_{1ave}^+ = \frac{1}{2} \frac{E_{x10}^{+2}}{\eta_1} = \frac{1}{2} \times \frac{12^2}{377} \doteq 0.19 \text{ [W/m}^2\text{]}$$

$$P_{1ave}^- = -\frac{1}{2} \frac{E_{x10}^{-2}}{\eta_1} = -\frac{1}{2} \times \frac{(-4)^2}{377} \doteq -0.02 \text{ [W/m}^2\text{]}$$

$$P_{2ave}^+ = \frac{1}{2} \frac{E_{x20}^{+2}}{\eta_2} = \frac{1}{2} \times \frac{8^2}{188.5} \doteq 0.17 \text{ [W/m}^2\text{]}$$

### 11.13

$$(a) \quad E_{x1}^+(t) = 2 \cos(800\pi \times 10^6 t - \frac{8\pi}{3} z) \text{ [V/m]}$$

$$E_{x1}^-(t) = -2 \cos(800\pi \times 10^6 t + \frac{8\pi}{3} z) \text{ [V/m]}$$

$$(b) \quad E_{x1}(t) = \left(4 \sin \frac{8\pi}{3} z\right) \sin 800\pi \times 10^6 t \text{ [V/m]}$$

$$(c) \quad z = \frac{\lambda}{4} = \frac{\frac{3}{4}}{4} = \frac{3}{16} \text{ [m]}$$

### 11.14

$$(a) \quad E_{x1}(t) = 50 \cos(6\pi \times 10^6 t - 2\pi \times 10^{-2} z) + (100 \sin 2\pi \times 10^{-2} z) \sin 6\pi \times 10^6 t \text{ [V/m]}$$

$$(b) \quad E_{x1s}(t) = (100 \sin 2\pi \times 10^{-2} z) \sin 6\pi \times 10^6 t \text{ [V/m]}$$

$$E_{x1t}(t) = 50 \cos(6\pi \times 10^6 t - 2\pi \times 10^{-2} z) \text{ [V/m]}$$

$$(c) \quad H_{y1}(t) = \frac{50}{377} \cos(6\pi \times 10^6 t - 2\pi \times 10^{-2} z) + \left(\frac{100}{377} \cos 2\pi \times 10^{-2} z\right) \cos 6\pi \times 10^6 t \text{ [A/m]}$$

$$(d) \quad P_{1ave} = \frac{1}{2} \times \frac{50^2}{377} \doteq 3.3 \text{ [W/m}^2\text{]}$$

$$(e) \quad s = \frac{1 + |I|}{1 - |I|} = \frac{1 + 0.5}{1 - 0.5} = 3$$

(f)  $E_{x2}^+(t) = 50 \cos(6\pi \times 10^6 t - 6\pi \times 10^{-2} z) \text{ [V/m]}$

$$H_{y2}^+(t) = \frac{150}{377} \cos(6\pi \times 10^6 t - 6\pi \times 10^{-2} z) \text{ [A/m]}$$

11.15  $f = 9.375 \times 10^7 \text{ [Hz]}$

11.16

전계강도가 최대인 지점 :  $z = \frac{\lambda_1}{4} = \frac{2.5}{4} = -0.624 \text{ [m]}$

전계강도가 최소인 지점 :  $z = 0$  또는  $z = \frac{2.5}{2} = -1.25 \text{ [m]}$

$$E_{\max} = (1 + |\Gamma|)E_{x10}^+ = 1.2 \times 60 = 72 \text{ [V/m]}$$

$$E_{\min} = (1 - |\Gamma|)E_{x10}^+ = 0.8 \times 60 = 48 \text{ [V/m]}$$

11.17  $\epsilon_r = 25$

$$\eta = 75.4 \text{ } [\Omega]$$

11.18

(a)  $\Gamma = 0.5$

$$\tau = 1.5$$

(b)  $s = 3$

(c)  $P_{1ave}^- : P_{2ave}^+ = 1 : 3$

11.19  $\Gamma = -0.6$

11.20 (생략)

## Chapter 12. 연습문제

12.1 다

12.2 가

12.3 나

12.4 나

12.5 다

12.6 라

12.7 라

12.8 가

12.9 다

12.10 나

### 12.11

- (1)  $Z_0 = 70.71 [\Omega]$
- (2)  $\beta = 8.9 [\text{rad/m}]$
- (3)  $v = 0.353 \times 10^8 [\text{m/sec}]$

### 12.12

- (a)  $\gamma \doteq j198.7$   
 $\alpha = 0, \quad \beta = 198.7 [\text{rad/m}]$
- (b)  $\lambda = 0.0316 [\text{m}]$
- (c)  $v = 3.16 \times 10^6 [\text{m/sec}]$
- (d)  $Z_0 \doteq 1.58 \times 10^3 [\Omega]$

### 12.13

$$\Gamma = -0.5$$
$$Z_L = \frac{1}{3} [\Omega]$$

### 12.14

- (a)  $\Gamma = \frac{1}{6}$   
 $\tau = \frac{7}{6}$
- (b)  $V_{01}^- = 16.67 [\text{V}]$
- (c)  $I_{01}^- \doteq 0.33 [\text{A}]$

**(d)**  $V_{02}^+ \doteq 116.67 \text{ [V]}$

**(e)**  $I_{02}^+ \doteq 1.67 \text{ [A]}$

**(f)**  $P_{1ave}^+ = \frac{1}{2} V_{01}^+ I_{01}^+ = \frac{1}{2} \times V_{01}^+ \times \frac{V_{01}^+}{Z_{01}} = \frac{1}{2} \times 100 \times 2 = 100 \text{ [W]}$

$$P_{1ave}^- = -\frac{1}{2} \times V_{01}^- \times I_{01}^- \doteq -\frac{1}{2} \times 16.67 \times 0.33 \doteq -2.75 \text{ [W]}$$

$$P_{2ave}^+ = \frac{1}{2} \times V_{02}^+ \times I_{02}^+ = \frac{1}{2} \times 116.67 \times 1.67 \doteq 97.42 \text{ [W]}$$

## 12.15

**(a)**  $Z_{in} = 450 [\Omega]$

**(b)**  $V_{in} = 60 \text{ [V]}$

**(c)**  $I_{in} \doteq 0.133 \text{ [A]}$

**(d)**  $V_L = 40 \text{ [V]}$

**(e)**  $I_L = 0.2 \text{ [A]}$