

19

1. 전기자기학

01 평행판 콘덴서에 어떤 유전체를 넣었을 때 전속밀도가 $2.4 \times 10^{-7} [\text{C/m}^2]$ 이고, 단위 체적중의 에너지가 $5.3 \times 10^{-3} [\text{J/m}^3]$ 이었다. 이 유전체의 유전율은 약 몇 $[\text{F/m}]$ 인가?

- ① 2.17×10^{-11} ② 5.43×10^{-11}
 ③ 5.17×10^{-12} ④ 5.43×10^{-12}

유전체 내의 정전에너지밀도(w)

$$w = \frac{\rho_s^2}{2\epsilon} = \frac{D^2}{2\epsilon} = \frac{1}{2}\epsilon E^2 = \frac{1}{2}ED [\text{J/m}^3] \text{에서}$$

$D = 2.4 \times 10^{-7} [\text{C/m}^2]$, $w = 5.3 \times 10^{-3} [\text{J/m}^3]$ 이므로

$$\therefore \epsilon = \frac{D^2}{2w} = \frac{(2.4 \times 10^{-7})^2}{2 \times 5.3 \times 10^{-3}} = 5.43 \times 10^{-12} [\text{F/m}]$$

02 서로 다른 두 유전체사이의 경계면에 전하분포가 없다면 경계면 양쪽에서의 전계 및 전속밀도는?

- ① 전계 및 전속밀도의 접선성분은 서로 같다.
 ② 전계 및 전속밀도의 법선성분은 서로 같다.
 ③ 전계의 법선성분이 서로 같고, 전속밀도의 접선성분이 서로 같다.
 ④ 전계의 접선성분이 서로 같고, 전속밀도의 법선성분이 서로 같다.

유전체 내에서의 경계조건

- (1) 전계의 세기는 경계면의 접선성분이 서로 같다.

$$E_1 \sin \theta_1 = E_2 \sin \theta_2$$

- (2) 전속밀도는 경계면의 법선성분이 서로 같다.

$$D_1 \cos \theta_1 = D_2 \cos \theta_2 \text{ 또는}$$

$$\epsilon_1 E_1 \cos \theta_1 = \epsilon_2 E_2 \cos \theta_2$$

- (3) 굴절각 조건

$$\frac{\epsilon_1}{\epsilon_2} = \frac{\tan \theta_1}{\tan \theta_2} \text{ 또는 } \epsilon_1 \tan \theta_2 = \epsilon_2 \tan \theta_1$$

03 와류손에 대한 설명으로 틀린 것은? (단, f : 주파수, B_m : 최대자속밀도, t : 두께, ρ : 저항률이다.)

- ① t^2 에 비례한다. ② f^2 에 비례한다.
 ③ ρ^2 에 비례한다. ④ B_m^2 에 비례한다.

와전류손(P_e)

와전류가 자기회로 내에 흐르면 줄열이 생겨 손실이 발생하는데 이 손실을 와전류손이라 한다. K_e 는 파형률, t 는 철심두께, f 는 주파수, B_m 은 최대자속밀도라 할 때 와류손 P_e 는 $P_e = K_e t^2 f^2 B_m^2 [\text{W}]$ 이므로 $\therefore$ 와전류손은 t^2 에 비례, f^2 에 비례, B_m^2 에 비례한다.

04 $x > 0$ 인 영역에 비유전율 $\epsilon_{r1} = 3$ 인 유전체, $x < 0$ 인 영역에 비유전율 $\epsilon_{r2} = 5$ 인 유전체가 있다. $x < 0$ 인 영역에서 전계 $E_2 = 20a_x + 30a_y - 40a_z [\text{V/m}]$ 일 때 $x > 0$ 인 영역에서의 전속밀도는 몇 $[\text{C/m}^2]$ 인가?

- ① $10(10a_x + 9a_y - 12a_z)\epsilon_0$
 ② $20(5a_x - 10a_y + 6a_z)\epsilon_0$
 ③ $50(2a_x + 3a_y - 4a_z)\epsilon_0$
 ④ $50(2a_x - 3a_y + 4a_z)\epsilon_0$

유전체 내에서의 경계조건

x 축의 (+), (-) 부분이 유전체로 나누어져 있으므로 y 축과 z 축은 유전체의 경계면이 되어 접선방향이고 x 축이 법선방향을 나타낸다.

- (1) 전계의 세기는 경계면의 접선성분이 서로 같다.

$$E_1 \sin \theta_1 = E_2 \sin \theta_2$$

$$\text{따라서 } D_{y1} = \epsilon_{r1}\epsilon_0 E_{y2}, D_{z1} = \epsilon_{r1}\epsilon_0 E_{z2}$$

- (2) 전속밀도는 경계면의 법선성분이 서로 같다.

$$D_1 \cos \theta_1 = D_2 \cos \theta_2 \text{ 또는}$$

$$\epsilon_1 E_1 \cos \theta_1 = \epsilon_2 E_2 \cos \theta_2$$

$$\text{따라서 } D_{x1} = D_{x2}$$

$$D_1 = D_{x1}a_x + D_{y1}a_y + D_{z1}a_z$$

$$= \epsilon_{r2}\epsilon_0 E_{x2}a_x + \epsilon_{r1}\epsilon_0 E_{y2}a_y + \epsilon_{r1}\epsilon_0 E_{z2}a_z$$

$$= 5\epsilon_0 \times 20a_x + 3\epsilon_0 \times 30a_y - 3\epsilon_0 \times 40a_z$$

$$\therefore D_1 = 10(10a_x + 9a_y - 12a_z)\epsilon_0 [\text{C/m}^2]$$

05 $q[\text{C}]$ 의 전하가 진공 중에서 $v[\text{m/s}]$ 의 속도로 운동하고 있을 때, 이 운동방향과 θ 의 각으로 $r[\text{m}]$ 떨어진 점의 자계의 세기 $[\text{AT/m}]$ 는?

- ① $\frac{q \sin \theta}{4\pi r^2 v}$ ② $\frac{v \sin \theta}{4\pi r^2 q}$
 ③ $\frac{qv \sin \theta}{4\pi r^2}$ ④ $\frac{v \sin \theta}{4\pi r^2 q^2}$

비오사바르 법칙에 의한 자계의 세기(H)

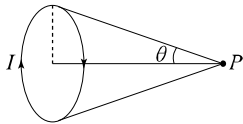
미소전류소에 의한 임의의 점 P에서의 자계의 세기는 전류와 선소의 곱에 비례하고 점 P와 선소를 잇는 선분과 선소 사이의 각에 대한 $\sin$ 에 비례하며 점 P와 선소 사이의 직선거리의 제곱에 반비례한다.

$$H = \frac{Il \sin \theta}{4\pi r^2} \quad [\text{AT/m}] \quad \text{식에서}$$

$$I = \frac{q}{t} [\text{A}], \quad v = \frac{l}{t} [\text{m/s}] \quad \text{이므로}$$

$$H = \frac{Il \sin \theta}{4\pi r^2} = \frac{\frac{q}{t} l \sin \theta}{4\pi r^2} = \frac{qv \sin \theta}{4\pi r^2} \quad [\text{AT/m}]$$

06 원형 선전류 $I[\text{A}]$ 의 중심축상 점 P의 자위 $[\text{A}]$ 를 나타내는 식은? (단, θ 는 점 P에서 원형전류를 바라보는 평면각이다.)



- ① $\frac{I}{2}(1 - \cos \theta)$ ② $\frac{I}{4}(1 - \cos \theta)$
 ③ $\frac{I}{2}(1 - \sin \theta)$ ④ $\frac{I}{4}(1 - \sin \theta)$

원형코일에 의한 자위(U)

$$U = \frac{I}{4\pi} \omega = \frac{I}{4\pi} \times 2\pi(1 - \cos \theta) \\ = \frac{I}{2}(1 - \cos \theta) \quad [\text{A}]$$

07 진공 중에서 무한장 직선도체에 선전하밀도

$\rho_L = 2\pi \times 10^{-3} [\text{C/m}]$ 가 균일하게 분포된 경우 직선도체에서 2[m]와 4[m] 떨어진 두 점사이의 전위차는 몇 [V]인가?

- ① $\frac{10^{-3}}{\pi \epsilon_0} \ln 2$ ② $\frac{10^{-3}}{\epsilon_0} \ln 2$
 ③ $\frac{1}{\pi \epsilon_0} \ln 2$ ④ $\frac{1}{\epsilon_0} \ln 2$

무한장 직선도체에 의한 전위(V)

$$V_{ab} = - \int_b^a E dl \quad [\text{V}] \quad \text{식에서}$$

무한장 직선도체에 의한 전계 E 는

$$E = \frac{\rho_L}{2\pi \epsilon_0 r} \quad [\text{V/m}] \quad \text{이므로}$$

$$\begin{aligned} \therefore V_{ab} &= - \int_b^a E dl = - \int_4^2 \frac{\rho_L}{2\pi \epsilon_0 r} dl \\ &= - \frac{\rho_L}{2\pi \epsilon_0} \ln(r)_4^2 = \frac{2\pi \times 10^{-3}}{2\pi \epsilon_0} \ln\left(\frac{4}{2}\right) \\ &= \frac{10^{-3}}{\epsilon_0} \ln 2 \end{aligned}$$

08 균일한 자장 내에 놓여 있는 직선도선에 전류 및 길이를 각각 2배로 하면 이 도선에 작용하는 힘은 몇 배가 되는가?

- ① 1 ② 2
 ③ 4 ④ 8

자계 내에 흐르는 전류에 의한 작용력(플레밍의 왼손 법칙)

$$F = Idl \times B = IB l \sin \theta \quad [\text{N}] \quad \text{이므로}$$

힘(F)은 전류(I)에 비례하며 자속밀도(B) 또는 자장(H)에 비례하고 도선 길이(l)에 비례한다. 또한 $\sin \theta$ (정현값)에 비례한다.

$\therefore$ 전류와 길이를 각각 2배로 하면 도선에 작용하는 힘은 4배로 증가한다.

09 환상철심에 권수 3,000회 A코일과 권수 200회 B코일이 감겨져 있다. A코일의 자기인덕턴스가 360[mH]일 때 A, B 두 코일의 상호 인덕턴스는 몇 [mH]인가? (단, 결합계수는 1이다.)

- ① 16 ② 24
③ 36 ④ 72

상호인덕턴스(M)

$$M = \frac{N_A N_B}{R_m} = \frac{\mu S N_A N_B}{l} = \frac{L_A N_B}{N_A} = \frac{L_B N_A}{N_B}$$

$= k \sqrt{L_A L_B}$ [H] 식에서

$$N_A = 3,000, N_B = 200, L_A = 360 \text{ [mH]},$$

$k = 1$ 일 때

$$\therefore M = \frac{L_A N_B}{N_A} = \frac{360 \times 200}{3,000} = 24 \text{ [mH]}$$

10 맥스웰방정식 중 틀린 것은?

- ① $\oint_s B \cdot dS = \rho_s$
② $\oint_s D \cdot dS = \int_v \rho dv$
③ $\oint_c E \cdot dl = - \int_s \frac{\partial B}{\partial t} \cdot dS$
④ $\oint_c H \cdot dl = I + \int_s \frac{\partial D}{\partial t} \cdot dS$

맥스웰 방정식

(1) 패러데이 - 노이만의 전자유도법칙에서 유도된 전자 방정식

$$\oint_c E \cdot dl = \int_s \text{rot } E ds = \int_s \left(- \frac{\partial B}{\partial t} \right) ds$$

(2) 암페어의 주회적분법칙에서 유도된 전자방정식

$$\oint_c H \cdot dl = \int_s \text{rot } H ds = \int_s \left(i + \frac{\partial D}{\partial t} \right) ds$$

(3) 가우스의 발산정리에 의해서 유도된 전자방정식

$$\int_s D \cdot ds = \int_v \text{div } D dv = \int_v \rho \cdot dv$$

$$\int_s B \cdot ds = \int_v \text{div } B dv = 0$$

11 자기회로의 자기저항에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 투자율에 반비례한다.
② 자기회로의 단면적에 비례한다.
③ 자기회로의 길이에 반비례한다.
④ 단면적에 반비례하고, 길이의 제곱에 비례한다.

자기회로 내의 자기저항

자기회로의 투자율을 μ , 단면적을 S , 길이를 l 이라 하면 자기저항 R_m 은

$$R_m = \frac{l}{\mu S} = \frac{l}{\mu_0 \mu_s S} \text{ [AT/Wb]} \text{ 이므로}$$

$\therefore$ 자기저항은 길이에 비례하며 투자율에 반비례하고 단면적에도 반비례한다.

12 접지된 구도체와 점전하 간에 작용하는 힘은?

- ① 항상 흡인력이다.
② 항상 반발력이다.
③ 조건적 흡인력이다.
④ 조건적 반발력이다.

접지구도체와 점전하

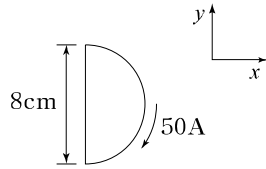
접지구도체와 점전하간의 작용력 F 는

$$F = \frac{QQ'}{4\pi\epsilon_0 \left(d - \frac{a^2}{d} \right)^2} \text{ [N]} \text{ 이므로}$$

$+Q[C]$ 과 $Q' = -\frac{a}{d}Q[C]$ 사이에 작용하는 힘(F)은 (-) 부호를 갖는다. 여기서 (-) 부호는 항상 흡인력을 의미한다.

13 그림과 같이 전류가 흐르는 반원형 도선이 평면 $Z=0$ 상에 놓여 있다. 이 도선이 자속밀도 $B=0.6a_x-0.5a_y+a_z$ [Wb/m²]인 균일 자계 내에 놓여 있을 때 도선의 직선 부분에 작용하는 힘[N]은?

- ① $4a_x+2.4a_z$
 ② $4a_x-2.4a_z$
 ③ $5a_x-3.5a_z$
 ④ $-5a_x+3.5a_z$



자계 내에 흐르는 전류에 의한 작용력(플레밍의 왼손 법칙)

반원형 도선에 흐르는 전류의 방향이 직선 부분에서 $+y$ 축 방향이므로 전류벡터 $\vec{I}$ 는 $\vec{I}=50a_y$ [A]이다.

플레밍의 왼손법칙을 이용하면 $F=Idl \times B$ [N]이므로 $dl=8$ [cm]=0.08 [m] 일 때

$$F=(I \times B)dl = \begin{vmatrix} a_x & a_y & a_z \\ 0 & 50 & 0 \\ 0.6 & -0.5 & 1 \end{vmatrix} \times 0.08$$

$$= 0.08 \times 50 a_x + 0.08 \times (-50 \times 0.6) a_z \text{ [N]}$$

$$\therefore F=4a_x-2.4a_z \text{ [N]}$$

14 평행한 두 도선간의 전자력은? (단, 두 도선간의 거리는 r [m]라 한다.)

- ① r 에 비례 ② r^2 에 비례
 ③ r 에 반비례 ④ r^2 에 반비례

평행도선 사이의 작용력(F)

$$F = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r} = \frac{2 I_1 I_2}{r} \times 10^{-7} \text{ [N/m]}$$

식에서 $\therefore$ 작용력 F 는 거리 r 에 반비례한다.

15 다음의 관계식 중 성립할 수 없는 것은? (단, μ 는 투자율, χ 는 자화율, μ_0 는 진공의 투자율, J 는 자화의 세기이다.)

- ① $J=\chi B$ ② $B=\mu H$
 ③ $\mu=\mu_0+\chi$ ④ $\mu_s=1+\frac{\chi}{\mu_0}$

자화의 세기(J)

자속밀도 B , 자계의 세기 H , 투자율 μ , 자화율 χ_m 라 하면

$$J=B-\mu_0 H=\mu H-\mu_0 H=\mu_0(\mu_s-1)H$$

$$=\chi_m H=\left(1-\frac{1}{\mu_s}\right)B \text{ [Wb/m}^2\text{]} \text{이다.}$$

$$(1) B=\mu H=\mu_0 \mu_s H \text{ [Wb/m}^2\text{]}$$

$$(2) \chi_m=\mu-\mu_0=\mu_0 \mu_s-\mu_0=\mu_0(\mu_s-1)$$

16 평행판 콘덴서의 극판 사이에 유전율 ϵ , 저항률 ρ 인 유전체를 삽입하였을 때, 두 전극간의 저항 R 과 정전용량 C 의 관계는?

- ① $R=\rho \epsilon C$ ② $RC=\frac{\epsilon}{\rho}$
 ③ $RC=\rho \epsilon$ ④ $RC\rho \epsilon=1$

전기저항 R 과 정전용량 C 의 관계

어떤 도체의 면적을 S , 길이를 l 이라 하면

$$R=\rho \frac{l}{S} \text{ } [\Omega], C=\frac{\epsilon S}{l} \text{ [F]} \text{이므로}$$

$$RC=\rho \frac{l}{S} \times \frac{\epsilon S}{l}=\rho \epsilon$$

$$\therefore RC=\rho \epsilon=\frac{\epsilon}{k} \text{ 또는 } \frac{C}{G}=\rho \epsilon=\frac{\epsilon}{k}$$

여기서 k 는 도전율, G 는 콘덕턴스이다.

17 비투자율 $\mu_s=1$, 비유전율 $\epsilon_s=90$ 인 매질 내의 고유임피던스는 약 몇 $[\Omega]$ 인가?

- ① 32.5 ② 39.7
 ③ 42.3 ④ 45.6

고유임피던스(η)

$\mu_s=1$, $\epsilon_s=90$ 일 때

$$\therefore \eta=377 \sqrt{\frac{\mu_s}{\epsilon_s}}=377 \times \sqrt{\frac{1}{90}}=39.7 \text{ } [\Omega]$$

18 사이클로트론에서 양자가 매초 3×10^{15} 개의 비율로 가속되어 나오고 있다. 양자가 15[MeV]의 에너지를 가지고 있다고 할 때, 이 사이클로트론은 가속용 고주파 전계를 만들기 위해서 150[kW]의 전력을 필요로 한다면 에너지 효율[%]은?

- ① 2.8 ② 3.8
③ 4.8 ④ 5.8

사이클로트론의 에너지 효율(η)

사이클로트론이란 자계 내에서 이온을 가속시키기 위한 장치로서 입력을 전기에너지로 하고 출력을 양자의 가속에너지로 한다.

양자의 개수 = 3×10^{15} [개/s],

양자 1개의 전하량 $e = 1.602 \times 10^{-19}$ [C],

양자의 가속에너지 W 는

$W = 15$ [MeV]

$$= 15 \times 10^6 \times 1.602 \times 10^{-19} = 2.4 \times 10^{-12} \text{ [J]}$$

입력 $P_{in} = 150$ [kW]

$$\begin{aligned} \text{출력 } P_{out} &= 2.4 \times 10^{-12} \times 3 \times 10^{15} = 7,200 \text{ [J/s]} \\ &= 7,200 \text{ [W]} \text{ 이므로} \end{aligned}$$

효율 η 는

$$\therefore \eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 = \frac{7,200}{150 \times 10^3} \times 100 = 4.8 \text{ [%]}$$

19 단면적 4[cm²]의 철심에 6×10^{-4} [Wb]의 자속을 통하게 하려면 2,800[AT/m]의 자계가 필요하다. 이 철심의 비투자율은 약 얼마인가?

- ① 346 ② 375
③ 407 ④ 426

자기회로내의 자속밀도(B)

$S = 4$ [cm²], $\phi = 6 \times 10^{-4}$ [Wb],

$H = 2,800$ [AT/m] 일 때

$$B = \mu H = \mu_0 \mu_s H = \frac{\phi}{S} \text{ [Wb/m}^2 \text{]} \text{ 이므로}$$

$$\begin{aligned} \therefore \mu_s &= \frac{\phi}{\mu_0 S H} = \frac{6 \times 10^{-4}}{4\pi \times 10^{-7} \times 4 \times 10^{-4} \times 2,800} \\ &= 426 \end{aligned}$$

20 대전된 도체의 특징으로 틀린 것은?

- ① 가우스정리에 의해 내부에는 전하가 존재한다.
② 전계는 도체 표면에 수직인 방향으로 진행된다.
③ 도체에 인가된 전하는 도체 표면에만 분포한다.
④ 도체 표면에서의 전하밀도는 곡률이 클수록 높다.

대전 도체의 성질

- (1) 대전도체 내부에는 전하가 존재하지 않는다.
또한 전하는 대전도체 외부 표면에만 분포된다.
(2) 도체 표면에서 수직으로 전기력선과 만난다.
또한 도체 표면에서 전계는 수직이다.
(3) 도체 내부와 표면의 전위는 항상 같다.
또한 도체 내부의 전계는 0이다.
(4) 도체 표면의 곡률이 클수록 곡률 반지름은 작아지므로 전하밀도가 높아져서 전하가 많이 모이려는 성질이 생긴다. 또한 곡률이 작을수록 곡률 반지름이 커지므로 전하밀도가 작다.

19

2. 전력공학

01 송배전 선로에서 도체의 굵기는 같게 하고 도체간의 간격을 크게 하면 도체의 인덕턴스는?

- ① 커진다.
- ② 작아진다.
- ③ 변함이 없다.
- ④ 도체의 굵기 및 도체간의 간격과는 무관하다.

작용인덕턴스(L_e)

도체의 반지름 r , 도체 사이의 간격(등가선간거리) D 라 할 때 도체의 작용인덕턴스 L 은

$$L = 0.05 + 0.4605 \log_{10} \frac{D}{r} \quad [\text{mH/km}] \quad \text{식에서}$$

$L \propto D$ 임을 알 수 있다.

$\therefore$ 도체의 간격을 크게 하면 인덕턴스는 커진다.

02 동일전력을 동일 선간전압, 동일 역률로 동일 거리에 보낼 때 사용하는 전선의 총 중량이 같으면 3상 3선식인 때와 단상 2선식일 때는 전력손실비는?

- ① 1
- ② $\frac{3}{4}$
- ③ $\frac{2}{3}$
- ④ $\frac{1}{\sqrt{3}}$

배전방식의 전기적 특성 비교

구분	단상2선식	단상3선식	3상3선식
공급전력	100[%]	133[%]	115[%]
선로전류	100[%]	50[%]	58[%]
전력손실	100[%]	25[%]	75[%]
전선량	100[%]	37.5[%]	75[%]

$$\therefore 75[\%] = \frac{3}{4} \text{ 배}$$

03 배전반에 접속되어 운전 중인 계기용 변압기(PT) 및 변류기(CT)의 2차측 회로를 점검할 때 조치사항으로 옳은 것은?

- ① CT만 단락시킨다.
- ② PT만 단락시킨다.
- ③ CT와 PT 모두를 단락시킨다.
- ④ CT와 PT 모두를 개방시킨다.

PT와 CT 점검

계기용변압기(PT)는 고압을 110[V]로 변성하는 기기를 말하며 계기용변류기(CT)는 대전류를 5[A] 이하로 변성하는 기기를 말한다. 이들 변성기를 점검할 때 주의사항은 반드시 CT 2차측을 단락상태로 두어야 한다는 사실이다. 왜냐하면 개방상태로 두었을 때 CT 2차 개방단자에 고압이 걸려 절연이 파괴되기 때문이다.

04 배전선로의 역률 개선에 따른 효과로 적합하지 않은 것은?

- ① 선로의 전력손실 경감
- ② 선로의 전압강하의 감소
- ③ 전원측 설비의 이용률 향상
- ④ 선로 절연의 비용 절감

역률개선 효과

부하의 역률을 개선하기 위해서 병렬콘덴서를 설치하며 역률이 개선될 경우 다음과 같은 효과가 있다.

- (1) 전력손실 경감
- (2) 전력요금 감소
- (3) 전압강하 경감
- (4) 설비용량의 여유 증가

05 총 낙차 300[m], 사용수량 20[m³/s]인 수력발전소의 발전기출력은 약 몇 [kW]인가? (단, 수차 및 발전기효율은 각각 90[%], 98[%]라 하고, 손실 낙차는 총 낙차의 6[%]라고 한다.)

- ① 48,750 ② 51,860
③ 54,170 ④ 54,970

수력발전소의 발전기 출력(P_g)

$$H_0 = 300 \text{ [m]}, Q = 20 \text{ [m}^3\text{/s]}, \eta_t = 90 \text{ [%]},$$

$$\eta_g = 98 \text{ [%]}, H_l = 6 \text{ [%]} \text{ 일 때}$$

$$\text{유효낙차 } H = H_0 - H_l = 300 - 300 \times 0.06 = 282 \text{ [m]}$$

$$P_g = 9.8QH\eta_t\eta_g \text{ [kW]} \text{ 식에서}$$

$$\therefore P_g = 9.8 \times 20 \times 282 \times 0.9 \times 0.98 = 48,750 \text{ [kW]}$$

06 수전단을 단락한 경우 송전단에서 본 임피던스가 330[Ω]이고, 수전단을 개방한 경우 송전단에서 본 어드미턴스가 1.875×10^{-3} [U]일 때 송전단의 특성임피던스는 약 몇 [Ω]인가?

- ① 120 ② 220
③ 320 ④ 420

특성임피던스(Z_0)

송전선로의 특성임피던스는 송전선로의 수전단을 단락하고 송전단에서 바라본 임피던스(Z_{ss})와 수전단을 개방하고 송전단에서 바라본 어드미턴스(Y_{so})를 이용하여 계산

할 수도 있다. 이때 식은 $Z_0 = \sqrt{\frac{Z_{ss}}{Y_{so}}} \text{ [Ω]}$ 이다.

$$Z_{ss} = 330 \text{ [Ω]}, Y_{so} = 1.875 \times 10^{-3} \text{ [U]} \text{ 일 때}$$

$$\therefore Z_0 = \sqrt{\frac{Z_{ss}}{Y_{so}}} = \sqrt{\frac{330}{1.875 \times 10^{-3}}} = 420 \text{ [Ω]}$$

07 다중접지 계통에 사용되는 재폐로 기능을 갖는 일종의 차단기로서 과부하 또는 고장전류가 흐르면 순시동작하고, 일정시간 후에는 자동적으로 재폐로 하는 보호기기는?

- ① 라인퓨즈
② 리클로저
③ 섹셔널라이저
④ 고장구간 자동개폐기

리클로저(Recloser)

선로에 고장이 발생하였을 때 고장 전류를 검출하여 지정된 시간 내에 고속차단하고 자동재폐로 동작을 수행하여 고장구간을 분리하거나 재송전하는 장치이다.

08 송전선 중간에 전원이 없을 경우에 송전단의 전압 $E_S = AE_R + BI_R$ 이 된다. 수전단의 전압 E_R 의 식으로 옳은 것은? (단, I_S, I_R 는 송전단 및 수전단의 전류이다.)

- ① $E_R = AE_S + CI_S$ ② $E_R = BE_S + AI_S$
③ $E_R = DE_S - BI_S$ ④ $E_R = CE_S - DI_S$

중거리 송전선로의 4단자 정수

$$\begin{bmatrix} E_S \\ I_S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_R \\ I_R \end{bmatrix} \text{ 식에서}$$

수전단의 특성값을 구하기 위하여 역행렬을 유도하면

$$\begin{bmatrix} E_R \\ I_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} E_S \\ I_S \end{bmatrix} = \frac{1}{AD - BC} \begin{bmatrix} D & -B \\ -C & A \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_S \\ I_S \end{bmatrix} \text{ 이다.}$$

여기서 $AD - BC = 1$ 이므로

$$\begin{bmatrix} E_R \\ I_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D & -B \\ -C & A \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_S \\ I_S \end{bmatrix} \text{ 임을 알 수 있다.}$$

$$\therefore E_R = DE_S - BI_S \text{ 이다.}$$

09 비접지식 3상 송배전계통에서 1선 지락고장 시 고장전류를 계산하는데 사용되는 정전용량은?

- ① 작용정전용량 ② 대지정전용량
③ 합성정전용량 ④ 선간정전용량

비접지방식

이 방식은 Δ 결선 방식으로 단거리, 저전압 선로에만 적용하며 우리나라 계통에서는 3.3[kV]나 6.6[kV]에서 사용되었다. 1선 지락시 지락전류는 대지 충전전류로써 대지정전용량에 기인한다. 또한 1선 지락시 건전상의 전위상승이 $\sqrt{3}$ 배 상승하기 때문에 기기나 선로의 절연레벨이 매우 높다.

10 비접지 계통의 지락사고 시 계전기에 영상전류를 공급하기 위하여 설치하는 기기는?

- ① PT ② CT
③ ZCT ④ GPT

변성기와 계전기의 조합

- (1) 계기용변압기(PT)는 과전압계전기(OVR)와 부족전압계전기(UVR)와 조합하여 과전압이나 부족전압 검출시 계전기에 공급
- (2) 계기용변류기(CT)는 과전류계전기(OCR)와 조합하여 과전류 검출시 계전기에 공급
- (3) 영상변류기(ZCT)는 지락계전기(GR)와 조합하여 지락사고 시 영상전류가 검출되면 계전기에 공급
- (4) 접지형 계기용변압기(GPT)는 지락과전압계전기(OVGR)와 조합하여 지락사고 시 영상전압이 검출되면 계전기에 공급

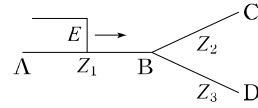
11 이상전압의 파고값을 저감시켜 전력사용설비를 보호하기 위하여 설치하는 것은?

- ① 초호환 ② 피뢰기
③ 계전기 ④ 접지봉

피뢰기의 기능

뇌전류 방전에 견디며 이상전압을 대지로 방전시키고 속류를 충분히 차단할 수 있는 기능을 갖추어야 한다. 따라서 일반적으로 내습하는 이상전압의 파고값을 저감시켜서 기기를 보호하기 위하여 피뢰기를 설치하며 송전계통에서 절연협조의 기본으로 선택하고 있다.

12 임피던스 Z_1 , Z_2 및 Z_3 를 그림과 같이 접속한 선로의 A쪽에서 전압과 E가 진행해 왔을 때 접속점 B에서 무반사로 되기 위한 조건은?



- ① $Z_1 = Z_2 + Z_3$ ② $\frac{1}{Z_3} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2}$
③ $\frac{1}{Z_1} = \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3}$ ④ $\frac{1}{Z_2} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_3}$

진행파의 반사와 투과

과동임피던스 Z_1 을 통해서 진행파가 들어왔을 때 과동임피던스 Z_2 와 Z_3 을 통해서 일부는 반사되고 나머지는 투과되어 나타나게 된다. 이때 무반사 조건은 진행파와 투과파를 같게 해주어야 하며 진행파와 투과파의 과동임피던스를 갖게 해주어야 한다.

$$\therefore Z_1 = \frac{1}{\frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3}} \quad \text{또는} \quad \frac{1}{Z_1} = \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3}$$

13 저압뱅크방식에서 저전압의 고장에 의하여 건전한 변압기의 일부 또는 전부가 차단되는 현상은?

- ① 아킹(Arcing)
② 플리커(Flicker)
③ 밸런스(Balance)
④ 캐스케이딩(Cascading)

저압뱅크방식

- (1) 여러 대의 주상변압기 2차측(저압측)을 전기적으로 연결시켜 부하 증가에 대한 융통성을 크게 한다.
- (2) 부하밀집된 지역에 적합하다.
- (3) 전압동요가 적다.
- (4) 단점으로 저압선의 고장으로 인하여 건전한 변압기의 일부 또는 전부가 차단되는 캐스케이딩 현상이 발생할 우려가 있다.

14 변전소의 가스차단기에 대한 설명으로 틀린 것은?

- ① 근거리 차단에 유리하지 못하다.
- ② 불연성이므로 화재의 위험성이 적다.
- ③ 특고압 계통의 차단기로 많이 사용된다.
- ④ 이상전압의 발생이 적고, 절연회복이 우수하다.

가스차단기의 특징

- (1) 밀폐구조로 되어있어 소음이 적다.
- (2) 근거리 고장 등 가혹한 재기전압에 대해서도 우수하다.
- (3) SF₆ 가스는 무색, 무취, 무해, 불연성의 성질을 갖고 있으며 유독가스를 발생하지 않는다.
- (4) 절연내력은 공기보다 2배 크다.
- (5) 소호능력은 공기보다 100배 크다.

15 켈빈(Kelvin)의 법칙이 적용되는 경우는?

- ① 전압 강하를 감소시키고자 하는 경우
- ② 부하 배분의 균형을 얻고자 하는 경우
- ③ 전력 손실량을 축소시키고자 하는 경우
- ④ 경제적인 전선의 굵기를 선정하고자 하는 경우

전선의 가장 경제적인 굵기 결정식

켈빈의 법칙을 사용하면 임의의 선의 경제적 전류밀도를 전력대 전선비 및 금리, 감가상각비 등의 함수로 결정할 수 있다. 때문에 경제적인 전선의 굵기를 선정하고자 하는 경우 켈빈의 법칙을 적용한다.

16 보호계전기의 반한시·정한시 특성은?

- ① 동작전류가 커질수록 동작시간이 짧게 되는 특성
- ② 최소 동작전류 이상의 전류가 흐르면 즉시 동작하는 특성
- ③ 동작전류의 크기에 관계없이 일정한 시간에 동작하는 특성
- ④ 동작전류가 커질수록 동작시간이 짧아지며, 어떤 전류 이상이 되면 동작전류의 크기에 관계없이 일정한 시간에서 동작하는 특성

계전기의 한시특성

- (1) 순한시계전기 : 정정된 최소동작전류 이상의 전류가 흐르면 즉시 동작하는 계전기
- (2) 정한시계전기 : 정정된 값 이상의 전류가 흘렀을 때 동작 전류의 크기에는 관계없이 정해진 시간이 경과한 후에 동작하는 계전기
- (3) 반한시계전기 : 정정된 값 이상의 전류가 흘렀을 때 동작하는 시간과 전류값이 서로 반비례하여 동작하는 계전기
- (4) 정한시-반한시 계전기 : 어느 전류값까지는 반한시 계전기의 성질을 띠지만 그 이상의 전류가 흐르는 경우 정한시계전기의 성질을 띠는 계전기

17 단도체 방식과 비교할 때 복도체 방식의 특징이 아닌 것은?

- ① 안정도가 증가된다.
- ② 인덕턴스가 감소된다.
- ③ 송전용량이 증가된다.
- ④ 코로나 임계전압이 감소된다.

복도체의 특징

- (1) 주된 사용 목적 : 코로나 방지
- (2) 장점
 - ㉠ 등가반지름이 증가되어 L 이 감소하고 C 가 증가한다. - 송전용량이 증가하고 안정도가 향상된다.
 - ㉡ 전선 표면의 전위경도가 감소하고 코로나 임계전압이 증가하여 코로나 손실이 감소한다. - 송전효율이 증가한다.
 - ㉢ 통신선의 유도장해가 억제된다.
 - ㉣ 전선의 표면적 증가로 전선의 허용전류(안전전류)가 증가한다.

18 1선 지락 시에 지락전류가 가장 작은 송전계통은?

- ① 비접지식 ② 직접접지식
③ 저항접지식 ④ 소호리액터접지식

중성점 접지방식의 각 항목에 대한 비교표

종류 및 특징 항목	비접지	직접 접지	저항 접지	소호리액터 접지
지락사고시 건전상의 전위 상승	크다	최저	약간 크다	최대
절연레벨	최고	최저 (단절연)	크다	크다
지락전류	적다	최대	적다	최소
보호계전기 동작	곤란	가장 확실	확실	불확실
유도장해	작다	최대	작다	최소
안정도	크다	최소	크다	최대

19 수차의 캐비테이션 방지책으로 틀린 것은?

- ① 흡출수두를 증대시킨다.
② 과부하 운전을 가능한 한 피한다.
③ 수차의 비속도를 너무 크게 잡지 않는다.
④ 침식에 강한 금속재료로 러너를 제작한다.

캐비테이션의 방지대책

- (1) 수차의 비속도를 너무 크게 잡지 않을 것
(2) 흡출관의 높이(흡출 수두)를 너무 높게 취하지
않을 것
(3) 침식에 강한 재료(예. 스테인리스강)로 러너를 제작
하든지 부분적으로 보강할 것
(4) 러너 표면을 미끄럽게 가공 정도를 높일 것
(5) 과도한 부분 부하, 과부하 운전을 가능한 한 피할 것
(6) 토마계수를 크게 할 것
(7) 수차의 회전 속도를 적게 할 것

20 선간전압이 154[kV]이고, 1상당의 임피던스가 $j8[\Omega]$ 인 기기가 있을 때, 기준용량을 100[MVA]로 하면 % 임피던스는 약 몇 [%]인가?

- ① 2.75 ② 3.15
③ 3.37 ④ 4.25

%임피던스(%Z)

$V=154$ [kV], $Z=j8$ [Ω], $P=100$ [MVA]일 때

$$\%Z = \frac{P[\text{kVA}]Z[\Omega]}{10\{V[\text{kV}]\}^2} [\%] \text{ 식에서}$$

$$\therefore \%Z = \frac{100 \times 10^3 \times 8}{10 \times 154^2} = 3.37 [\%]$$

19

3. 전기기기

01 3상 비돌극형 동기발전기가 있다. 정격출력 5,000 [kVA], 정격전압 6,000[V], 정격역률 0.8이다. 여자를 정격상태로 유지할 때 이 발전기의 최대출력은 약 몇 [kW] 인가? (단, 1상의 동기리액턴스는 $0.8[P.U]$ 이며 저항은 무시한다.)

- ① 7,500 ② 10,000
③ 11,500 ④ 12,500

PU법을 이용한 동기발전기의 최대출력(P_m)

$$P = 5,000 \text{ [kVA]}, \quad V = 6,000 \text{ [V]}, \quad \cos \theta = 0.8,$$

$$\%x_s = 0.8 \text{ 이므로 } \sin \theta = \sqrt{1 - 0.8^2} = 0.6$$

$$P_m = \frac{E}{\%x_s [p.u]} P \text{ [kW] 식에서}$$

$$E = \sqrt{\cos^2 \theta + (\sin \theta + \%x_s [p.u])^2}$$

$$= \sqrt{0.8^2 + (0.6 + 0.8)^2} = 1.61 \text{ [V]}$$

$$\therefore P_m = \frac{E}{\%x_s [p.u]} P = \frac{1.61}{0.8} \times 5,000$$

$$\approx 10,000 \text{ [kW]}$$

02 직류기의 손실 중에서 기계손으로 옳은 것은?

- ① 풍손 ② 와류손
③ 표류 부하손 ④ 브러시의 전기손

직류기의 손실

(1) 고정손(무부하손) = 철손 + 기계손

여기서, 기계손은 마찰손과 풍손이 있다.

(2) 가변손(부하손) = 동손 + 표류부하손

03 다음 ()에 알맞은 것은?

직류발전기에서 계자권선이 전기자에 병렬로 연결된 직류기는 (㉠) 발전기라 하며, 전기자권선과 계자권선이 직렬로 접속된 직류기는 (㉡) 발전기라 한다.

- ① ㉠ 분권, ㉡ 직권
② ㉠ 직권, ㉡ 분권
③ ㉠ 복권, ㉡ 분권
④ ㉠ 자여자, ㉡ 타여자

직류발전기의 종류와 구조

(1) 분권발전기 : 계자권선이 전기자 권선과 병렬로 접속된 직류발전기

(2) 직권발전기 : 계자권선이 전기자 권선과 직렬로 접속된 직류발전기

04 1차 전압 6,600[V], 2차 전압 220[V], 주파수 60[Hz], 1차 권수 1,200회인 경우 변압기의 최대 자속[Wb]은?

- ① 0.36 ② 0.63
③ 0.012 ④ 0.021

변압기의 유기기전력(E)

$$E_1 = 6,600 \text{ [V]}, \quad E_2 = 220 \text{ [V]}, \quad f = 60 \text{ [Hz]},$$

$$N_1 = 1,200 \text{ 이므로 } E_1 = 4.44 f \phi_m N_1 \text{ [V] 식에서}$$

$$\therefore \phi_m = \frac{E_1}{4.44 f N_1} = \frac{6,600}{4.44 \times 60 \times 1,200} \\ = 0.021 \text{ [Wb]}$$

05 직류발전기의 정류 초기에 전류변화가 크며 이때 발생하는 불꽃정류로 옳은 것은?

- ① 과정류 ② 직선정류
③ 부족정류 ④ 정현과정류

정류특성의 종류

- (1) 직선정류 : 가장 이상적인 정류특성으로 불꽃없는 양호한 정류곡선이다.
(2) 정현과 정류 : 보극을 적당히 설치하면 전압정류로 유도되어 정현과 정류가 되며 평균리액턴스전압을 감소시키고 불꽃없는 양호한 정류를 얻을 수 있다.
(3) 부족정류 : 정류주기의 말기에서 전류변화가 급격해지고 평균리액턴스전압이 증가하며 정류가 불량해진다. 이 경우 불꽃이 브러시의 후반부에서 발생한다.
(4) 과정류 : 정류주기의 초기에서 전류변화가 급격해지고 불꽃이 브러시의 전반부에서 발생한다.

06 3상 유도전압조정기의 원리를 응용한 것은?

- ① 3상 변압기 ② 3상 유도전동기
③ 3상 동기발전기 ④ 3상 교류자전동기

유도전압 조정기의 원리

- (1) 단상 유도전압조정기 : 단권변압기의 원리
(2) 3상 유도전압조정기 : 3상 유도전동기의 원리

07 60[Hz]의 변압기에 50[Hz]의 동일전압을 가했을 때의 자속밀도는 60[Hz] 때와 비교하였을 경우 어떻게 되는가?

- ① $\frac{5}{6}$ 로 감소 ② $\frac{6}{5}$ 으로 증가
③ $\left(\frac{5}{6}\right)^{1.6}$ 로 감소 ④ $\left(\frac{6}{5}\right)^2$ 으로 증가

변압기의 유기기전력(E)

$E = 4.44f\phi_m N = 4.44fB_m SN$ [V] 식에서

자속밀도(B_m)와 주파수(f)는 반비례 관계에 있으므로

$$B_m' = \frac{f}{f'} B_m = \frac{60}{50} B_m \text{이다.}$$

$\therefore \frac{6}{5}$ 으로 증가한다.

08 2대의 변압기로 V결선하여 3상 변압하는 경우 변압기 이용률은 약 몇 [%]인가?

- ① 57.8 ② 66.6
③ 86.6 ④ 100

변압기 V결선의 출력비와 이용률

$$(1) \text{ 출력비} = \frac{V\text{결선의 출력}}{\Delta\text{결선의 출력}} = \frac{\sqrt{3} TR}{3TR} = \frac{1}{\sqrt{3}} \\ = 0.577 = 57.7 [\%]$$

$$(2) \text{ 이용률} = \frac{\sqrt{3} TR}{2TR} = \frac{\sqrt{3}}{2} = 0.866 = 86.6 [\%]$$

09 3상 유도전동기의 기동법 중 전전압 기동에 대한 설명으로 틀린 것은?

- ① 기동 시에 역률이 좋지 않다.
② 소용량으로 기동 시간이 길다.
③ 소용량 농형 전동기의 기동법이다.
④ 전동기 단자에 직접 정격전압을 가한다.

3상 유도전동기의 전전압 기동법

전전압 기동법은 3상 농형 유도전동기의 기동법으로서 다음과 같은 특성이 있다.

- (1) 5.5[kW] 이하의 소용량에 적용
(2) 기동시간이 매우 짧기 때문에 전동기 단자에 직접 정격전압을 공급한다.
(3) 기동시에 역률이 나쁘다.

10 동기발전기의 전기자 권선법 중 집중권인 경우 매극 매상의 홈(slot) 수는?

- ① 1개 ② 2개
③ 3개 ④ 4개

동기발전기의 집중권

동기발전기의 전기자 권선법 중 집중권이란 매극 매상의 홈(slot) 수를 1개로 하여 감는 권선법을 말한다. 집중권으로 한 경우 기전력의 파형이 정현파로 되지 않기 때문에 매극 매상의 홈(slot) 수를 2개 이상인 분포권을 주로 사용한다.

11 유도전동기의 속도제어를 인버터방식으로 사용하는 경우 1차 주파수에 비례하여 1차 전압을 공급하는 이유는?

- ① 역률을 제어하기 위해
- ② 슬립을 증가시키기 위해
- ③ 자속을 일정하게 하기 위해
- ④ 발생토크를 증가시키기 위해

유도전동기의 속도제어

$E_1 = 4.44 f_1 \phi n k_w$ [V] 식에서와 같이 유도전동기의 속도제어법 중 가변전압 가변주파수(VVVF) 제어법은 인버터를 사용하여 전원전압을 주파수에 비례한 값으로 공급하여 속도를 제어하는 방식인데 이는 자속을 일정하게 하기 위함이다. 자속이 증가할 경우 철손의 증가로 전동기가 소손될 우려가 있기 때문이다.

12 3상 유도전동기의 속도제어법으로 틀린 것은?

- ① 1차 저항법 ② 극수 제어법
- ③ 전압 제어법 ④ 주파수 제어법

유도전동기의 속도제어

- (1) 농형 유도전동기 : 극수 변환법, 주파수 변환법, 전압제어법
- (2) 권선형 유도전동기 : 2차 저항 제어법, 2차 여자법 (슬립 제어), 중속접속법(직렬중속법, 차동중속법)

13 정류회로에서 상의 수를 크게 했을 경우 옳은 것은?

- ① 맥동 주파수와 맥동률이 증가한다.
- ② 맥동률과 맥동 주파수가 감소한다.
- ③ 맥동 주파수는 증가하고 맥동률은 감소한다.
- ④ 맥동률과 주파수는 감소하나 출력이 증가한다.

정류상수에 따른 맥동주파수와 맥동률

상수	맥동주파수	맥동률
2	120	0.47
3	180	0.17
4	240	0.089
6	360	0.04
12	720	0.014

∴ 상수를 크게 하면 맥동주파수는 증가하고 맥동률은 감소한다.

14 동기전동기의 위상특성곡선(V곡선)에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 출력을 일정하게 유지할 때 부하전류와 전기자전류의 관계를 나타낸 곡선
- ② 역률을 일정하게 유지할 때 계자전류와 전기자전류의 관계를 나타낸 곡선
- ③ 계자전류를 일정하게 유지할 때 전기자전류와 출력사이의 관계를 나타낸 곡선
- ④ 공급전압 V와 부하가 일정할 때 계자전류의 변화에 대한 전기자전류의 변화를 나타낸 곡선

동기전동기의 위상특성곡선(V곡선)

공급전압(V)과 부하(P)가 일정할 때 계자전류(I_f)의 변화에 대한 전기자전류(I_a)와 역률의 변화를 나타낸 곡선을 의미한다. 그래프의 횡축(가로축)이 계자전류와 역률이고 종축(세로축)을 전기자전류로 표현한다. 또한 그래프가 위에 있을수록 부하가 큰 경우에 해당한다.

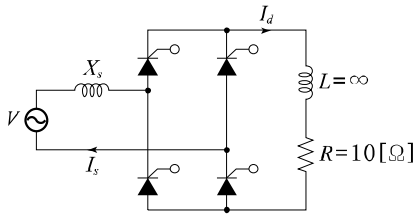
15 유도전동기의 기동 시 공급하는 전압을 단권변압기에 의해서 일시 강하시켜서 기동전류를 제한하는 기동방법은?

- ① Y-Δ기동
- ② 저항기동
- ③ 직접기동
- ④ 기동 보상기에 의한 기동

유도전동기의 기동법

- (1) 농형 유도전동기
 - ㉠ 전전압 기동법 : 5.5[kW] 이하에 적용
 - ㉡ Y-Δ 기동법 : 5.5[kW]~15[kW] 범위에 적용
 - ㉢ 리액터 기동법 : 감전압 기동법으로 15[kW] 넘는 경우에 적용
 - ㉣ 기동보상기법 : 단권변압기를 이용하는 방법으로 15[kW] 넘는 경우에 적용
- (2) 권선형 유도전동기
 - ㉠ 2차 저항 기동법(기동저항기법) : 비례추이원리 적용
 - ㉡ 게르게스법

- 16 그림과 같은 회로에서 V (전원전압의 실효치)=100[V], 점화각 $\alpha = 30^\circ$ 인 때의 부하 시의 직류전압 E_{da} [V]는 약 얼마인가? (단, 전류가 연속하는 경우이다.)



- ① 90 ② 86
③ 77.9 ④ 100

단상전파정류회로

위상제어가 되는 경우의 직류전압 E_{da} 는

$$E_d = \frac{2\sqrt{2}E}{\pi} \cos \alpha = 0.9E \cos \alpha \text{ [V] 식에서}$$

$E = 100 \text{ [V]}, \alpha = 30^\circ$ 일 때

$$\therefore E_d = 0.9E \cos \alpha = 0.9 \times 100 \times \cos 30^\circ = 77.9 \text{ [V]}$$

- 17 직류 분권전동기가 전기자 전류 100[A]일 때 50[kg·m]의 토크를 발생하고 있다. 부하가 증가하여 전기자 전류가 120[A]로 되었다면 발생 토크[kg·m]는 얼마인가?

- ① 60 ② 67
③ 88 ④ 160

직류 분권전동기의 토크(τ)

극수 p , 총 도체수 Z , 자속 ϕ , 전기자전류 I_a , 병렬회로수 a 라 할 때

$$\tau = \frac{pZ\phi I_a}{2\pi a} = k\phi I_a \text{ [N·m] 식에서}$$

$\tau \propto I_a$ 이므로

$I_a = 100 \text{ [A]}, \tau = 50 \text{ [kg·m]}, I_a' = 120 \text{ [A]}$ 일 때

$$\therefore \tau' = \frac{I_a'}{I_a} \cdot \tau = \frac{120}{100} \times 50 = 60 \text{ [kg·m]}$$

- 18 비례추이와 관계있는 전동기로 옳은 것은?

- ① 동기전동기 ② 농형 유도전동기
③ 단상정류자전동기 ④ 권선형 유도전동기

비례추이의 원리

전동기 2차 저항을 증가시키면 최대 토크는 변하지 않고 최대 토크가 발생하는 슬립이 증가하여 결국 기동토크가 증가하게 된다. 이것을 토크의 비례추이라 하며 2차 저항을 증감시키기 위해서 유도전동기의 2차 외부회로에 가변저항기(기동저항기)를 접속하게 되는데 이는 권선형 유도전동기의 토크 및 속도제어에 사용된다.

- 19 동기발전기의 단락비가 적을 때의 설명으로 옳은 것은?

- ① 동기 임피던스가 크고 전기자 반작용이 작다.
② 동기 임피던스가 크고 전기자 반작용이 크다.
③ 동기 임피던스가 작고 전기자 반작용이 작다.
④ 동기 임피던스가 작고 전기자 반작용이 크다.

“단락비가 크다”는 의미

- (1) 돌극형 철기계이다. - 수차 발전기
(2) 극수가 많고 공극이 크다.
(3) 계자 기자력이 크고 전기자 반작용이 작다.
(4) 동기 임피던스가 작고 전압 변동률이 작다.
(5) 안정도가 좋다.
(6) 선로의 충전용량이 크다.
(7) 철손이 커지고 효율이 떨어진다.
(8) 중량이 무겁고 가격이 비싸다.

- 20 3/4 부하에서 효율이 최대인 주상변압기의 전 부하 시 철손과 동손의 비는?

- ① 8 : 4 ② 4 : 4
③ 9 : 16 ④ 16 : 9

최대효율조건

철손 P_i , 동손 P_c 일 때 $\frac{1}{m}$ 부하시 최대효율조건은

$$P_i = \left(\frac{1}{m}\right)^2 P_c \text{ 이다. } \frac{1}{m} = \frac{3}{4} \text{ [p.u.] 일 때}$$

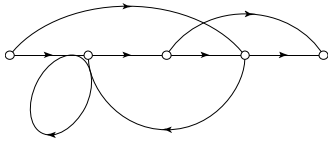
$$P_i = \left(\frac{3}{4}\right)^2 P_c = \frac{9}{16} P_c \text{ 이므로}$$

$$\therefore P_i : P_c = 9 : 16$$

19

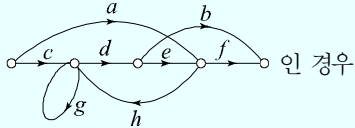
4. 회로이론 및 제어공학

- 01 다음의 신호흐름선도를 메이슨의 공식을 이용하여 전달함수를 구하고자 한다. 이 신호흐름선도에서 루프(Loop)는 몇 개인가?



- ① 0 ② 1
③ 2 ④ 3

신호흐름선도의 메이슨 정리



$$L_{11} = deh$$

$$L_{12} = g$$

$$\Delta = 1 - (L_{11} + L_{12}) = 1 - deh - g \text{ 이므로}$$

∴ 루프는 L_{11} , L_{12} 2개를 알 수 있다.

- 02 특성방정식 중에서 안정된 시스템인 것은?

- ① $2s^3 + 3s^2 + 4s + 5 = 0$
② $s^4 + 3s^3 - s^2 + s + 10 = 0$
③ $s^5 + s^3 + 2s^2 + 4s + 3 = 0$
④ $s^4 - 2s^3 - 3s^2 + 4s + 5 = 0$

안정도 필요조건

- (1) 특성방정식의 모든 계수는 같은 부호를 갖는다.
(2) 특성방정식의 계수가 어느 하나라도 없어서는 안된다. 즉, 모든 계수가 존재해야 한다.
∴ 보기 중에서 이 두 가지 조건을 모두 만족하는 경우는 ①이다.

- 03 타이머에서 입력신호가 주어지면 바로 동작하고, 입력신호가 차단된 후에는 일정시간이 지난 후에 출력이 소멸되는 동작형태는?

- ① 한시동작 순시복귀
② 순시동작 순시복귀
③ 한시동작 한시복귀
④ 순시동작 한시복귀

타이머의 동작형태

- (1) 한시동작 순시복귀 : 타이머의 입력신호가 주어지면 설정된 시간 후에 동작하고 입력신호가 차단되면 바로 복귀되는 방식
(2) 순시동작 한시복귀 : 타이머의 입력신호가 주어지면 바로 동작하고 입력신호가 차단되면 설정된 시간 후에 복귀되는 방식
(3) 한시동작 한시복귀 : 타이머의 입력신호가 주어지면 설정된 시간 후에 동작하고 입력신호가 차단되면 설정된 시간 후에 복귀되는 방식
(4) 순시동작 한시복귀 : 타이머의 입력신호가 주어지면 바로 동작하고 입력신호가 차단되면 설정된 시간 후에 복귀되는 방식

04 단위궤환 제어시스템의 전향경로 전달함수가

$G(s) = \frac{K}{s(s^2 + 5s + 4)}$ 일 때, 이 시스템이 안정하기 위한 K 의 범위는?

- ① $K < -20$ ② $-20 < K < 0$
 ③ $0 < K < 20$ ④ $20 < K$

안정도 판별법(루스 판정법)

개루프 전달함수(=전향경로 전달함수)가

$$G(s)H(s) = \frac{K}{s(s^2 + 5s + 4)} = \frac{B(s)}{A(s)} \text{ 이므로}$$

특성방정식

$$F(s) = A(s) + B(s) = s(s^2 + 5s + 4) + K = s^3 + 5s^2 + 4s + K = 0$$

s^3	1	4
s^2	5	K
s^1	$\frac{20-K}{5}$	0
s^0	K	0

제1열의 원소에 부호변화가 없어야 제어계가 안정할 수 있으므로 $20 - K > 0$, $K > 0$ 이어야 한다.

$$\therefore 0 < K < 20$$

05 $R(z) = \frac{(1 - e^{-aT})z}{(z-1)(z - e^{-aT})}$ 의 역변환은?

- ① te^{aT} ② te^{-aT}
 ③ $1 - e^{-aT}$ ④ $1 + e^{-aT}$

역 z 변환

$$R(z) = \frac{(1 - e^{-aT})z}{(z-1)(z - e^{-aT})} = \frac{A}{z-1} + \frac{B}{z - e^{-aT}} \text{ 일}$$

때 해비사이드 전개를 이용하여 A , B 를 구하면

$$A = z$$

$$B = \frac{(1 - e^{-aT})z}{z-1} \Big|_{z=e^{-aT}} = -z$$

$$R(z) = \frac{z}{z-1} - \frac{z}{z - e^{-aT}} \text{ 이므로 다음 표에 의해서}$$

$f(t)$	$\mathcal{L}$ 변환	z 변환
1	$\frac{1}{s}$	$\frac{z}{z-1}$
e^{-aT}	$\frac{1}{s+a}$	$\frac{z}{z - e^{-aT}}$

$$\therefore z^{-1}[R(z)] = 1 - e^{-aT}$$

06 시간영역에서 자동제어계를 해석할 때 기본 시험입력에 보통 사용되지 않는 입력은?

- ① 정속도 입력 ② 정현파 입력
 ③ 단위계단 입력 ④ 정가속도 입력

자동제어계에서 사용되는 입력

(1) 시간영역에서의 입력

제어계의 시간영역에서 사용되는 입력은 보통 제어계의 형태에 따라 결정된다.

- ① 0형 제어계 : 단위계단입력 또는 위치입력
 ② 1형 제어계 : 경사입력 또는 정속도 입력
 ③ 2형 제어계 : 포물선 입력 또는 정가속도 입력

(2) 주파수 영역에서의 입력

주파수 영역에서 사용되는 입력은 정현파 입력이 사용된다.

07 $G(s)H(s) = \frac{K(s-1)}{s(s+1)(s-4)}$ 에서 점근선의 교차점을 구하면?

- ① -1 ② 0
 ③ 1 ④ 2

점근선의 교차점(σ)

$$\sigma = \frac{\sum G(s)H(s) \text{의 유한극점} - \sum G(s)H(s) \text{의 유한영점}}{\text{극점수}(n) - \text{영점수}(m)}$$

$$\text{극점} : s=0, s=-1, s=4 \rightarrow n=3$$

$$\text{영점} : s=1 \rightarrow m=1$$

$$\sum G(s)H(s) \text{의 유한극점} = 0 - 1 + 4 = 3$$

$$\sum G(s)H(s) \text{의 유한영점} = 1$$

$$\therefore \sigma = \frac{3-1}{3-1} = 1$$

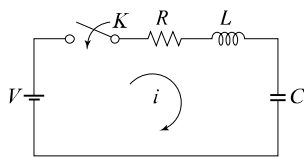
13 분포정수 선로에서 무왜형 조건이 성립하면 어떻게 되는가?

- ① 감쇠량이 최소로 된다.
- ② 전파속도가 최대로 된다.
- ③ 감쇠량은 주파수에 비례한다.
- ④ 위상정수가 주파수에 관계없이 일정하다.

무왜형선로의 특성

- (1) 조건 : $LG = RC$, 감쇠량이 최소일 것
- (2) 특성임피던스 : $Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} [\Omega]$
- (3) 전파정수 : $\gamma = \sqrt{RG} + j\omega L \sqrt{LC} = \alpha + j\beta$
 $\alpha = \sqrt{RG}$, $\beta = \omega \sqrt{LC}$
- (4) 전파속도 : $v = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \lambda f [\text{m/sec}]$

14 회로에서 $V = 10[\text{V}]$, $R = 10[\Omega]$, $L = 1[\text{H}]$, $C = 10[\mu\text{F}]$ 그리고 $V_C = 0$ 일 때 스위치 K 를 닫은 직후 전류의 변화율 $\frac{di(0^+)}{dt}$ 의 값[A/sec]은?



- ① 0
- ② 1
- ③ 5
- ④ 10

전류의 시간적 변화

$$e_L = L \frac{di}{dt} [\text{V}] \text{ 식에 의하여}$$

$$e_L = V = 10 [\text{V}], L = 1 [\text{H}] \text{ 이므로}$$

$$\therefore \frac{di(0^+)}{dt} = \frac{V}{L} = \frac{10}{1} = 10 [\text{A/sec}]$$

15 $F(s) = \frac{2s+15}{s^3+s^2+3s}$ 일 때 $f(t)$ 의 최종값은?

- ① 2
- ② 3
- ③ 5
- ④ 15

최종값 정리

$$f(\infty) = \lim_{t \rightarrow \infty} f(t) = \lim_{s \rightarrow 0} sF(s)$$

$$= \lim_{s \rightarrow 0} \frac{s(2s+15)}{s^3+s^2+3s} = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{2s+15}{s^2+s+3}$$

$$= \frac{15}{3} = 5$$

16 대칭 5상 교류 성형결선에서 선간전압과 상전압 간의 위상차는 몇 도인가?

- ① 27°
- ② 36°
- ③ 54°
- ④ 72°

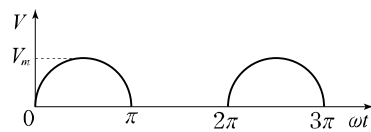
다상교류의 위상관계

대칭 n 상에서 선간전압과 상전압의 위상차는

$$\frac{\pi}{2} \left(1 - \frac{2}{n} \right) \text{ 이므로 대칭 5상은 } n=5 \text{ 일 때 이므로}$$

$$\therefore \frac{\pi}{2} \left(1 - \frac{2}{n} \right) = \frac{\pi}{2} \left(1 - \frac{2}{5} \right) = 54^\circ$$

17 정현파 교류 $V = V_m \sin \omega t$ 의 전압을 반파정류하였을 때의 실효값은 몇 [V]인가?

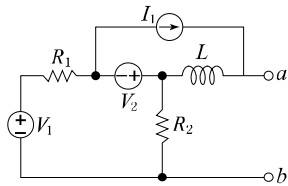


- ① $\frac{V_m}{\sqrt{2}}$
- ② $\frac{V_m}{2}$
- ③ $\frac{V_m}{2\sqrt{2}}$
- ④ $\sqrt{2} V_m$

반파정류파의 특성값

실효값	평균값	파고율	파형률
$\frac{V_m}{2}$	$\frac{V_m}{\pi}$	2	$\frac{\pi}{2}$

- 18 회로망 출력단자 a-b에서 바라본 등가 임피던스는? (단, $V_1 = 6[V]$, $V_2 = 3[V]$, $I_1 = 10[A]$, $R_1 = 15[\Omega]$, $R_2 = 10[\Omega]$, $L = 2[H]$, $j\omega = s$ 이다.)



- ① $s + 15$ ② $2s + 6$
 ③ $\frac{3}{s + 2}$ ④ $\frac{1}{s + 3}$

테브난 정리를 이용한 등가 임피던스(Z)

테브난 정리를 이용하여 등가임피던스를 구할 때는 회로망에 있는 모든 전원은 제거해야 하므로 전압원은 단락시키고, 전류원은 개방시켜 a, b 단자에서 회로망을 바라본 임피던스를 구해야 한다.

$$\begin{aligned} \therefore Z &= j\omega L + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 2s + \frac{15 \times 10}{15 + 10} \\ &= 2s + 6[\Omega] \end{aligned}$$

- 19 대칭 상전압이 a상 V_a , b상 $V_b = a^2 V_a$, c상 $V_c = a V_a$ 일 때 a상을 기준으로 한 대칭분 전압 중 정상분 $V_1[V]$ 은 어떻게 표시되는가?

- ① $\frac{1}{3} V_a$ ② V_a
 ③ $a V_a$ ④ $a^2 V_a$

a상을 기준으로 해석한 대칭분

- (1) 영상분 전압 : $V_0 = 0[V]$
 (2) 정상분 전압 : $V_1 = V_a[V]$
 (3) 역상분 전압 : $V_2 = 0[V]$

- 20 다음과 같은 비정현파 기전력 및 전류에 의한 평균전력을 구하면 몇 [W]인가?

$$\begin{aligned} e &= 100\sin\omega t - 50\sin(3\omega t + 30^\circ) \\ &\quad + 20\sin(5\omega t + 45^\circ)[V] \\ i &= 20\sin\omega t + 10\sin(3\omega t - 30^\circ) \\ &\quad + 5\sin(5\omega t - 45^\circ)[A] \end{aligned}$$

- ① 825 ② 875
 ③ 925 ④ 1,175

비정현파의 소비전력(P)

전압의 주파수 성분은 기본파, 제3고조파, 제5고조파로 구성되어 있으며 전류의 주파수 성분도 기본파, 제3고조파, 제5고조파로 이루어져 있으므로 각 주파수 성분이 같은 경우의 소비전력을 구하면

$$\begin{aligned} V_{m1} &= 100 \angle 0^\circ [V], \quad V_{m3} = -50 \angle 30^\circ [V], \\ V_{m5} &= 20 \angle 45^\circ [V], \\ I_{m1} &= 20 \angle 0^\circ [A], \quad I_{m3} = 10 \angle -30^\circ [A], \\ I_{m5} &= 5 \angle -45^\circ [A] \\ \theta_1 &= 0^\circ - 0^\circ = 0^\circ, \quad \theta_3 = 30^\circ - (-30^\circ) = 60^\circ, \\ \theta_5 &= 45^\circ - (-45^\circ) = 90^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore P &= \frac{1}{2} (V_{m1} I_{m1} \cos \theta + V_{m3} I_{m3} \cos \theta_3 \\ &\quad + V_{m5} I_{m5} \cos \theta_5) \\ &= \frac{1}{2} (100 \times 20 \times \cos 0^\circ - 50 \times 10 \times \cos 60^\circ \\ &\quad + 20 \times 5 \times \cos 90^\circ) \\ &= 875 [W] \end{aligned}$$

19

5. 전기설비기술기준

2021년 7월 한국전기설비규정 개정에 따라 기출문제를 개정된 내용으로 반영하여 일부 삭제 및 변형하였습니다

01 지중전선로의 매설방법이 아닌 것은?

- ① 관로식 ② 인입식
③ 암거식 ④ 직접 매설식

지중전선로의 시설

지중전선로는 전선에 케이블을 사용하고 또한 관로식·암거식(暗渠式) 또는 직접매설식에 의하여 시설하여야 한다.

02 특고압용 변압기로서 그 내부에 고장이 생긴 경우에 반드시 자동 차단되어야 하는 변압기의 뱅크용량은 몇 [kVA] 이상인가?

- ① 5,000 ② 10,000
③ 50,000 ④ 100,000

특고압용 변압기의 보호장치

특고압용의 변압기에는 그 내부에 고장이 생겼을 경우에 보호하는 장치를 아래 표와 같이 시설하여야 한다. 다만, 변압기의 내부에 고장이 생겼을 경우에 그 변압기의 전원인 발전기를 자동적으로 정지하도록 시설한 경우에는 그 발전기의 전로부터 차단하는 장치를 하지 아니하여도 된다.

뱅크용량의 구분	동작조건	장치의 종류
5,000 [kVA] 이상 10,000 [kVA] 미만	변압기 내부고장	자동차단장치 또는 경보장치
10,000 [kVA] 이상	변압기 내부고장	자동차단장치
타냉식변압기(변압기의 권선 및 철심을 직접 냉각시키기 위하여 봉입한 냉매를 강제 순환시키는 냉각방식을 말한다)	냉각장치에 고장이 생긴 경우 또는 변압기의 온도가 현저히 상승한 경우	경보장치

삭제문제

03 옥내에 시설하는 관등회로의 사용전압이 12,000[V] 인 방전등 공사 시의 네온변압기 외함에는 몇 종 접지 공사를 해야 하는가?

- ① 제1종 접지공사
② 제2종 접지공사
③ 제3종 접지공사
④ 특별 제3종 접지공사

2021.1.1. 삭제된 기준임

변형문제

04 전력보안 가공통신선은 반드시 조가선에 시설하여야 한다. 이 때 조가선으로 사용하는 전선의 종류는 어떤 것인가?

- ① 금속으로 된 단선
② 강심 알루미늄 연선
③ 아연도강연선
④ 알루미늄으로 된 단선

전력보안 통신선의 조가선 시설기준

- (1) 조가선은 단면적 38 [mm²] 이상의 아연도강연선을 사용할 것.
(2) 조가선은 설비 안전을 위하여 전주와 전주 공간 중에 접촉하지 않아야 하며, 부식되지 않는 별도의 금속을 사용하고 조가선 끝단은 날카롭지 않게 할 것.
(3) 조가선은 2조까지만 시설하여야 하며, 조가선 간의 이격거리는 조가선 2개가 시설될 경우 0.3 [m]를 유지하여야 한다.
(4) 조가선은 과도한 장력에 의한 전주손상을 방지하기 위하여 전주경간 50 [m] 기준, 그리고 0.4 [m] 정도의 이도를 반드시 유지할 것.

삭제문제

05 특고압 전선로의 철탑의 가장 높은 곳에 220[V] 용 항공 장애등을 설치하였다. 이 등기구의 금속제 외함은 몇 종 접지공사를 하여야 하는가?

- ① 제1종 접지공사 ② 제2종 접지공사
③ 제3종 접지공사 ④ 특별 제3종 접지공사

2021.1.1. 삭제된 기준임

06 저고압 가공전선과 가공약전류 전선 등을 동일 지지물에 시설하는 기준으로 틀린 것은?

- ① 가공전선을 가공약전류전선 등의 위로하고 별개의 완금류에 시설할 것
② 전선로의 지지물로서 사용하는 목주의 풍압 하중에 대한 안전율은 1.5 이상일 것
③ 가공전선과 가공약전류전선 등 사이의 이격거리는 저압과 고압 모두 75 [cm] 이상일 것
④ 가공전선이 가공약전류전선에 대하여 유도작용에 의한 통신상의 장애를 줄 우려가 있는 경우에는 가공전선을 적당한 거리에서 연가할 것

저·고압 가공전선과 가공약전류전선 등의 공용설치(저·고압 공사)

- (1) 전선로의 지지물로서 사용하는 목주의 풍압하중에 대한 안전율은 1.5 이상일 것.
(2) 가공전선을 가공약전류전선 등의 위로하고 별개의 완금류에 시설할 것. 다만, 가공약전류전선로의 관리자의 승낙을 받은 경우에 저압 가공전선에 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블을 사용하는 때에는 그러하지 아니하다.
(3) 가공전선과 가공약전류전선 등 사이의 이격거리는 저압(다중 접지된 중성선을 제외한다)은 0.75 [m] 이상, 고압은 1.5 [m] 이상일 것. 다만, 가공약전류전선 등이 절연전선과 동등 이상의 절연효력이 있는 것 또는 통신용 케이블인 경우에 이격거리를 저압 가공전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에는 0.3 [m], 고압 가공전선이 케이블인 때에는 0.5 [m] 까지 감할 수 있다.(가공약전류전선로등의 관리자의 승낙을 얻은 경우에는 저압은 0.6 [m], 고압은 1 [m])
(4) 가공전선이 가공약전류전선에 대하여 유도작용에 의한 통신상의 장애를 줄 우려가 있는 경우에는 상호간의 이격거리를 증가시키거나 적당한 거리에서 연가하여 시설한다.

07 풀용 수중조명등에 사용되는 절연변압기의 2차측 전로의 사용전압이 몇 [V]를 초과하는 경우에는 그 전로에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 하여야 하는가?

- ① 30 ② 60
③ 150 ④ 300

수중조명등

- (1) 수중조명등에 전기를 공급하기 위해서는 절연변압기를 사용하고 그 사용전압은 절연변압기 1차측 전로 400 [V] 미만, 2차측 전로 150 [V] 이하로 하여야 한다. 또한 2차측 전로는 비접지로 하여야 한다.
(2) 수중조명등의 절연변압기의 2차측 전로에는 개폐기 및 과전류차단기를 각 극에 시설 하여야 한다.
(3) 수중조명등의 절연변압기는 그 2차측 전로의 사용전압이 30 [V] 이하인 경우는 1차 권선과 2차권선 사이에 금속제의 혼촉방지판을 설치하고 접지공사를 하여야 한다.
(4) 수중조명등의 절연변압기의 2차측 전로의 사용전압이 30 [V]를 초과하는 경우에는 그 전로에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 정격감도전류 30 [mA] 이하의 누전차단기를 시설하여야 한다.

08 석유류를 저장하는 장소의 전등배선에 사용하지 않는 공사방법은?

- ① 케이블공사 ② 금속관공사
③ 애자공사 ④ 합성수지관공사

위험물 등이 존재하는 장소

셀룰로이드·성냥·석유류 기타 타기 쉬운 위험한 물질(이하 “위험물”이라 한다)을 제조하거나 저장하는 곳에 시설하는 저압 옥내전기설비는 금속관공사, 케이블공사, 합성수지관공사(두께 2 [mm] 미만의 합성수지 전선관 및 난연성이 없는 콤팩트 덕트관을 사용하는 것을 제외한다)의 규정에 준하여 시설하고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.

09 사용전압이 154 [kV]인 가공 송전선의 시설에서 전선과 식물과의 이격거리는 일반적인 경우에 몇 [m] 이상으로 하여야 하는가?

- ① 2.8 ② 3.2
③ 3.6 ④ 4.2

가공전선과 식물의 이격거리

구분		이격거리
저·고압 가공전선		상시 부는 바람 등에 의하여 식물에 접촉하지 않도록 시설하여야 한다.
특 고 압 가 공 전 선	25 [kV] 이하 다중접지	1.5 [m] 이상 (특고압 절연전선이나 케이블인 경우 식물에 접촉하지 않도록 시설할 것)
	35 [kV] 이하	고압 절연전선을 사용할 경우 0.5 [m] 이상 (특고압 절연전선 또는 케이블을 사용하는 경우 식물에 접촉하지 않도록 시설하고, 특고압 수밀형 케이블을 사용하는 경우에는 접촉에 관계 없다.)
	60 [kV] 이하	2 [m]
	60 [kV] 초과	10,000 [V]마다 12 [cm] 가산하여 $2+(\text{사용전압[kV]} / 10 - 6)$ 소수점 절상 $\times 0.12$

$$\therefore 2 + (154/10 - 6) \times 0.12 = 2 + 10 \times 0.12 = 3.2 \text{ [m]}$$

삭제문제

10 과전류차단기로 저압전선에 사용하는 퓨즈를 수평으로 붙인 경우 이 퓨즈는 정격전류의 몇 배의 전류에 견딜 수 있어야 하는가?

- ① 1.1 ② 1.25
③ 1.6 ④ 2

2021.1.1. 삭제된 기준임

11 농사용 저압 가공전선로의 시설 기준으로 틀린 것은?

- ① 사용전압이 저압일 것
② 전선로의 경간은 40 [m] 이하일 것
③ 저압 가공전선의 인장강도는 1.38 [kN] 이상일 것
④ 저압 가공전선의 지표상 높이는 3.5 [m] 이상일 것

농사용 저압 가공전선로

- (1) 사용전압은 저압일 것.
(2) 전선은 인장강도 1.38 [kN] 이상의 것 또는 지름 2 [mm] 이상의 경동선일 것.
(3) 저압 가공전선의 지표상의 높이는 3.5 [m] 이상일 것. 다만, 저압 가공전선을 사람이 쉽게 출입하지 못하는 곳에 시설하는 경우에는 3 [m] 까지로 감할 수 있다.
(4) 목주의 굵기는 말구 지름이 0.09 [m] 이상일 것.
(5) 전선로의 지지점간 거리는 30 [m] 이하일 것.
(6) 다른 전선로에 접속하는 곳 가까이에 그 저압 가공전선로 전용의 개폐기 및 과전류 차단기를 각 극(과전류 차단기는 중성극을 제외한다)에 시설할 것.

변형문제

12 고압 가공전선으로부터 수전하는 수용가의 인입구에 시설하는 피뢰기의 접지공사에 있어서 접지선이 피뢰기 접지공사 전용의 것이면 접지저항 [Ω]은 얼마까지 허용되는가?

- ① 5 ② 10
③ 30 ④ 75

피뢰기의 시설

고압 및 특고압의 전선에 시설하는 피뢰기 접지저항 값은 10 [Ω] 이하로 하여야 한다. 다만, 고압 가공전선로에 고압 및 특고압 가공선로에 시설하는 피뢰기를 접지공사를 한 변압기에 근접하여 시설하는 경우로서, 고압 가공전선로에 시설하는 피뢰기의 접지도체가 그 접지공사 전용의 것인 경우에 그 접지공사의 접지저항 값이 30 [Ω] 이하인 때에는 예외이다.

13 고압 옥축전선로에 사용할 수 있는 전선은?

- ① 케이블 ② 나경동선
③ 절연전선 ④ 다심형 전선

고압 옥축전선로(전개된 장소에 시설하는 경우)

- (1) 전선은 케이블일 것.
(2) 케이블은 견고한 관 또는 트라프에 넣거나 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설할 것.
(3) 케이블을 조영재의 옆면 또는 아랫면에 따라 붙일 경우에는 케이블의 지지점간의 거리를 2 [m] (수직으로 붙일 경우에는 6 [m]) 이하로 하고 또한 피복을 손상하지 아니하도록 붙일 것.

14 발전기를 전로로부터 자동적으로 차단하는 장치를 시설하여야 하는 경우에 해당되지 않는 것은?

- ① 발전기에 과전류가 생긴 경우
② 용량이 5,000 [kVA] 이상인 발전기의 내부에 고장이 생긴 경우
③ 용량이 500 [kVA] 이상의 발전기를 구동하는 수차의 압유장치의 유압이 현저히 저하한 경우
④ 용량이 100 [kVA] 이상의 발전기를 구동하는 풍차의 압유장치의 유압, 압축공기장치의 공기압이 현저히 저하한 경우

발전기 등의 보호장치

발전기에는 다음의 경우에 자동적으로 이를 전로로부터 차단하는 장치를 시설하여야 한다.

- (1) 발전기에 과전류나 과전압이 생긴 경우
(2) 용량이 500 [kVA] 이상의 발전기를 구동하는 수차의 압유 장치의 유압 또는 전동식 가이드벤 제어장치, 전동식 니이트 제어장치 또는 전동식 디플렉터 제어장치의 전원전압이 현저히 저하한 경우
(3) 용량이 100 [kVA] 이상의 발전기를 구동하는 풍차(風車)의 압유장치의 유압, 압축 공기장치의 공기압 또는 전동식 브레이드 제어장치의 전원전압이 현저히 저하한 경우
(4) 용량이 2,000 [kVA] 이상인 수차 발전기의 스러스트 베어링의 온도가 현저히 상승한 경우
(5) 용량이 10,000 [kVA] 이상인 발전기의 내부에 고장이 생긴 경우
(6) 정격출력이 10,000 [kW] 초과하는 증기터빈은 그 스러스트 베어링이 현저하게 마모되거나 그의 온도가 현저히 상승한 경우

15 고압 옥내배선이 수관과 접근하여 시설되는 경우에는 몇 [cm] 이상 이격시켜야 하는가?

- ① 15 ② 30
③ 45 ④ 60

옥내배선과 타시설물(약전류 전선·수관·가스관·전력선 등)과 접근 또는 교차

고압 옥내배선이 다른 고압 옥내배선·저압 옥내전선·관동회로의 배선·약전류 전선 등 또는 수관·가스관이 나 이와 유사한 것과 접근하거나 교차하는 경우에는 고압 옥내배선과 다른 고압 옥내배선·저압 옥내전선·관동회로의 배선·약전류 전선 등 또는 수관·가스관이나 이와 유사한 것 사이의 이격거리는 0.15 [m] (애자공사에 의하여 시설하는 저압 옥내전선이 나전선인 경우에는 0.3 [m], 가스계량기 및 가스관의 이음부와 전력량계 및 개폐기와는 0.6 [m]) 이상이어야 한다. 다만, 고압 옥내배선을 케이블공사에 의하여 시설하는 경우에 케이블과 이들 사이에 내화성이 있는 견고한 격벽을 시설할 때, 케이블을 내화성이 있는 견고한 관에 넣어 시설할 때 또는 다른 고압 옥내배선의 전선이 케이블일 때에는 그러하지 아니하다.

16 최대사용전압이 22,900 [V]인 3상 4선식 중성선 다중접지식 전로와 대지 사이의 절연내력 시험 전압은 몇 [V]인가?

- ① 32,510 ② 28,752
③ 25,229 ④ 21,068

저·고압 및 특고압 전로의 절연내력시험

저·고압 및 특고압의 전로는 아래 표에서 정한 시험전압을 전로와 대지 사이(다심케이블은 심선 상호 간 및 심선과 대지 사이)에 연속하여 10분간 가하여 절연내력을 시험하였을 때에 이에 견디어야 한다.

전로의 최대사용전압	시험전압	최저시험전압
7 [kV] 이하	1.5배	—
7 [kV] 초과 60 [kV] 이하	1.25배	10.5 [kV]
7 [kV] 초과 25 [kV] 이하 중성점 다중접지	0.92배	—
60 [kV] 초과	비접지	1.25배
60 [kV] 초과	접지	1.1배
170 [kV] 이하	직접접지	0.72배
170 [kV] 초과	직접접지	0.64배

∴ 시험전압 = 22,900 × 0.92 = 21,068 [V]

17 라이팅덕트공사에 의한 저압 옥내배선 공사시 설 기준으로 틀린 것은?

- ① 덕트의 끝부분은 막을 것
- ② 덕트는 조영재에 견고하게 붙일 것
- ③ 덕트는 조영재를 관통하여 시설할 것
- ④ 덕트의 지지점 간의 거리는 2 [m] 이하로 할 것

라이팅덕트공사

- (1) 덕트 상호 간 및 전선 상호 간은 견고하고 또한 전기적으로 완전하게 접속할 것.
- (2) 덕트는 조영재에 견고하게 붙일 것.
- (3) 덕트의 지지점 간의 거리는 2 [m] 이하로 할 것.
- (4) 덕트의 끝부분은 막을 것.
- (5) 덕트의 개구부(開口部)는 아래로 향하여 시설할 것. 다만, 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없는 장소에서 덕트의 내부에 먼지가 들어가지 아니하도록 시설하는 경우에 한하여 옆으로 향하여 시설할 수 있다.
- (6) 덕트는 조영재를 관통하여 시설하지 아니할 것.
- (7) 덕트에는 합성수지 기타의 절연물로 금속재 부분을 피복한 덕트를 사용한 경우 이외에는 접지공사를 할 것. 다만, 대지전압이 150 [V] 이하이고 또한 덕트의 길이가 4 [m] 이하인 때는 그러하지 아니하다.
- (8) 덕트를 사람이 용이하게 접촉할 우려가 있는 장소에 시설하는 경우에는 전로에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설할 것.

18 금속덕트공사에 의한 저압 옥내배선에서, 금속덕트에 넣은 전선의 단면적의 합계는 일반적으로 덕트 내부 단면적의 몇 [%] 이하이어야 하는가? (단, 전광표시 장치 기타 이와 유사한 장치 또는 제어회로 등의 배선만을 넣는 경우에는 50 [%])

- ① 20 ② 30
- ③ 40 ④ 50

금속덕트배선

- (1) 전선은 절연전선(옥외용 비닐 절연전선을 제외한다) 일 것.
- (2) 금속덕트에 넣은 전선의 단면적(절연피복의 단면적을 포함한다)의 합계는 덕트의 내부 단면적의 20 [%] (전광표시장치 기타 이와 유사한 장치 또는 제어회로 등의 배선만을 넣는 경우에는 50 [%]) 이하 일 것.

- (3) 금속덕트 안에는 전선에 접속점이 없도록 할 것. 다만, 전선을 분기하는 경우에는 그 접속점을 쉽게 점검할 수 있는 때에는 그러하지 아니하다.
- (4) 폭이 40 [mm]를 초과하고 또한 두께가 1.2 [mm] 이상인 철판 또는 동등 이상의 세기를 가지는 금속제의 것으로 견고하게 제작한 것일 것.
- (5) 안쪽 면은 전선의 피복을 손상시키는 돌기(突起)가 없는 것이어야 하며 안쪽 면 및 바깥 면에는 산화방지를 위하여 아연도금 또는 이와 동등 이상의 효과를 가지는 도장을 한 것일 것.
- (6) 덕트를 조영재에 붙이는 경우에는 덕트의 지지점 간의 거리를 3 [m] (취급자 이외의 자가 출입할 수 없도록 설비한 곳에서 수직으로 붙이는 경우에는 6 [m]) 이하로 하고 또한 견고하게 붙일 것.
- (7) 덕트의 본체와 구분하여 뚜껑을 설치하는 경우에는 쉽게 열리지 아니하도록 시설할 것.
- (8) 덕트의 끝부분은 막을 것. 또한, 덕트 안에 먼지가 침입하지 아니하도록 할 것.
- (9) 덕트 상호간의 견고하고 전기적으로 완전하게 접속하여야 한다.
- (10) 덕트는 접지공사를 할 것.

19 지중전선로에 사용하는 지중함의 시설기준으로 틀린 것은?

- ① 조명 및 세척이 가능한 적당한 장치를 시설할 것
- ② 견고하고 차량 기타 중량물의 압력에 견디는 구조일 것
- ③ 그 안의 고인 물을 제거할 수 있는 구조로 되어 있는 것
- ④ 뚜껑은 시설자 이외의 자가 쉽게 열 수 없도록 시설할 것

지중함의 시설

지중전선로에 사용하는 지중함은 다음에 따라 시설하여야 한다.

- (1) 지중함은 견고하고 차량 기타 중량물의 압력에 견디는 구조일 것.
- (2) 지중함은 그 안의 고인 물을 제거할 수 있는 구조로 되어 있을 것.
- (3) 폭발성 또는 연소성의 가스가 침입할 우려가 있는 것에 시설하는 지중함으로서 그 크기가 1 [m³] 이상인 것에는 통풍장치 기타 가스를 방산시키기 위한 적당한 장치를 시설할 것.
- (4) 지중함의 뚜껑은 시설자 이외의 자가 쉽게 열 수 없도록 시설할 것.

20 철탑의 강도계산에 사용하는 이상 시 상정하중을 계산하는데 사용되는 것은?

- ① 미진에 의한 요동과 철탑구조물의 인장하중
- ② 뇌가 철탑에 가하여졌을 경우의 충격하중
- ③ 이상전압이 전선로에 내습하였을 때 생기는 충격하중
- ④ 풍압이 전선로에 직각방향으로 가하여지는 경우의 하중

철탑의 강도계산에 사용하는 이상시 상정하중

철탑의 강도계산에 사용하는 이상 시 상정하중은 풍압이 전선로에 직각방향으로 가하여지는 경우의 하중과 전선로의 방향으로 가하여지는 경우의 하중을 각각 다음에 따라 계산하여 각 부재에 대한 이들의 하중 중 그 부재에 큰 응력이 생기는 쪽의 하중을 채택한다.

- (1) 수직 하중 : 가설선·애자장치·지지물 부재 등의 중량에 의한 하중
- (2) 수평 횡하중 : 풍압하중, 전선로에 수평각도가 있는 경우의 가설선의 상정 최대장력에 의하여 생기는 수평 횡분력에 의한 하중 및 가설선의 절단에 의하여 생기는 비틀림 힘에 의한 하중
- (3) 수평 종하중 : 가설선의 절단에 의하여 생기는 불평균 장력의 수평 종분력(水平從分力)에 의한 하중 및 비틀림 힘에 의한 하중

19

1. 전기자기학

01 어떤 환상 솔레노이드의 단면적이 S 이고, 자로의 길이가 l , 투자율이 μ 라고 한다. 이 철심에 균등하게 코일을 N 회 감고 전류를 흘렸을 때 자기 인덕턴스에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 투자율 μ 에 반비례한다.
- ② 권선수 N^2 에 비례한다.
- ③ 자로의 길이 l 에 비례한다.
- ④ 단면적 S 에 반비례한다.

환상솔레노이드의 자기인덕턴스(L)

$$L = \frac{N^2}{R_m} = \frac{\mu S N^2}{2\pi r} \text{ [H] 이므로}$$

$\therefore$ 자기인덕턴스(L)는 투자율(μ)에 비례하고 단면적(S)에 비례하며 코일권수(N)의 제곱에 비례한다. 또한 자로의 길이(l)나 평균반지름(r)에 반비례한다.

02 상이한 매질의 경계면에서 전자파가 만족해야 할 조건이 아닌 것은? (단, 경계면은 두 개의 무손실 매질 사이이다.)

- ① 경계면의 양측에서 전계의 접선성분은 서로 같다.
- ② 경계면의 양측에서 자계의 접선성분은 서로 같다.
- ③ 경계면의 양측에서 자속밀도의 접선성분은 서로 같다.
- ④ 경계면의 양측에서 전속밀도의 법선성분은 서로 같다.

경계면의 조건

(1) 유전체체 내의 경계면의 조건

① 전계의 세기는 경계면의 접선성분이 서로 같다.

$$E_1 \sin \theta_1 = E_2 \sin \theta_2$$

② 전속밀도는 경계면의 법선성분이 서로 같다.

$$D_1 \cos \theta_1 = D_2 \cos \theta_2 \text{ 또는}$$

$$\epsilon_1 E_1 \cos \theta_1 = \epsilon_2 E_2 \cos \theta_2$$

(2) 자성체체 내의 경계면의 조건

① 자계의 세기는 경계면의 접선성분에서 연속이다.

$$H_1 \sin \theta_1 = H_2 \sin \theta_2$$

② 자속밀도는 경계면의 법선성분에서 연속이다.

$$B_1 \cos \theta_1 = B_2 \cos \theta_2 \text{ 또는}$$

$$\mu_1 H_1 \cos \theta_1 = \mu_2 H_2 \cos \theta_2$$

03 유전율이 ϵ , 도전율이 σ , 반경이 r_1, r_2 ($r_1 < r_2$), 길이가 l 인 동축케이블에서 저항 R 은 얼마인가?

- ① $\frac{2\pi r l}{\ln \frac{r_2}{r_1}}$
- ② $\frac{2\pi \epsilon l}{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}}$
- ③ $\frac{1}{2\pi \sigma l} \ln \frac{r_2}{r_1}$
- ④ $\frac{1}{2\pi r l} \ln \frac{r_2}{r_1}$

동심원통도체(=동축 케이블)의 저항(R)

내·외반지름이 각각 r_1, r_2 인 동심원통 도체의 정전용

량을 C 라 하면 $C = \frac{2\pi \epsilon l}{\ln \frac{r_2}{r_1}}$ [F]이다.

$RC = \frac{C}{G} = \rho \epsilon = \frac{\epsilon}{\sigma}$ 식에서 저항(R)을 유도하면

$$\therefore R = \frac{\epsilon}{C \sigma} = \frac{\epsilon}{2\pi \epsilon l \sigma} \ln \frac{r_2}{r_1} = \frac{1}{2\pi \sigma l} \ln \frac{r_2}{r_1} \text{ [\Omega]}$$

04 단면적 S , 길이 l , 투자율 μ 인 자성체의 자기 회로에 권선을 N 회 감아서 I 의 전류를 흐르게 할 때 자속은?

- ① $\frac{\mu SI}{Nl}$ ② $\frac{\mu NI}{Sl}$
 ③ $\frac{NI l}{\mu S}$ ④ $\frac{\mu SNI}{l}$

자기회로 내의 옴의 법칙

자기회로의 기자력을 F , 자기저항을 R_m , 코일권수를 N , 전류를 I , 투자율을 μ , 자기회로의 길이를 l 이라 하면 자속 ϕ 는 $F = NI = R_m \phi$ [AT], $R_m = \frac{l}{\mu S}$ [AT/Wb] 식에서
 $\therefore \phi = \frac{F}{R_m} = \frac{NI}{R_m} = \frac{\mu SNI}{l}$ [Wb]

05 30[V/m]의 전기장내의 80[V] 되는 점에서 1[C]의 전하를 전기 방향으로 80[cm] 이동한 경우, 그 점의 전위[V]는?

- ① 9 ② 24
 ③ 30 ④ 56

전위차 계산을 이용한 임의의 점의 전위

$E = 30$ [V/m], $V_A = 80$ [V], $Q = 1$ [C], $r = 80$ [cm]
 일 때 A, B점의 전위차 V_{AB} 는
 $V_{AB} = V_A - V_B = E \cdot r = 30 \times 0.8 = 24$ [V]
 $\therefore V_B = V_A - V_{AB} = 80 - 24 = 56$ [V]

06 도전율 σ 인 도체에서 전장 E 에 의해 전류밀도 J 가 흘렀을 때 이 도체에서 소비되는 전력을 표시한 식은?

- ① $\int_v E \cdot J dv$ ② $\int_v E \times J dv$
 ③ $\frac{1}{\sigma} \int_v E \cdot J dv$ ④ $\frac{1}{\sigma} \int_v E \times J dv$

전장 내에서의 소비전력(P)

도체의 길이 l [m], 도체의 전위 V [V], 도체의 단면적 S [m²], 전기장의 세기 E [V/m], 도체의 체적 v [m³], 전류 I [A], 전류밀도 J [A/m²]이라 할 때

$$E = \frac{V}{l} \text{ [V/m]}, J = \frac{I}{S} \text{ [A/m}^2\text{]}, v = Sl \text{ [m}^3\text{]} \text{ 식에서}$$

$P = V \cdot I = El \cdot JS = E \cdot JSl$ [W]임을 알 수 있다.
 따라서 전력은 전기장의 세기와 전류밀도를 곱에 대해서 체적 적분한 값과 같다.

$$\therefore P = \int_v E \cdot J dv \text{ [W]}$$

07 자극의 세기가 8×10^{-6} [Wb], 길이가 3[cm]인 막대자석을 120[AT/m]의 평등자계 내에 자력선과 30°의 각도로 놓으면 이 막대자석이 받는 회전력은 몇 [N·m]인가?

- ① 1.44×10^{-4} ② 1.44×10^{-5}
 ③ 3.02×10^{-4} ④ 3.02×10^{-5}

막대자석의 회전력(=토크: T)

$T = m l H \sin \theta$ [N·m] 식에서

$m = 8 \times 10^{-6}$ [Wb], $l = 3$ [cm], $H = 120$ [AT/m],
 $\theta = 30^\circ$ 일 때

$$\begin{aligned} \therefore T &= m l H \sin \theta \\ &= 8 \times 10^{-6} \times 3 \times 10^{-2} \times 120 \times \sin 30^\circ \\ &= 1.44 \times 10^{-5} \text{ [N·m]} \end{aligned}$$

08 정상전류계에서 옴의 법칙에 대한 미분형은? (단, i 는 전류밀도, k 는 도전율, ρ 는 고유저항, E 는 전기장의 세기이다.)

- ① $i = kE$ ② $i = \frac{E}{k}$
 ③ $i = \rho E$ ④ $i = -kE$

도체의 옴의 법칙

전계의 세기 E , 도전율 k , 고유저항 ρ 라 할 때 전류밀도 i 는

$$\therefore i = kE = \frac{E}{\rho} \text{ [A/m}^2\text{]}$$

09 자기인덕턴스의 성질을 옳게 표현한 것은?

- ① 항상 0 이다.
 ② 항상 정(正)이다.
 ③ 항상 부(負)이다.
 ④ 유도되는 기전력에 따라 정(正)도 되고 부(負)도 된다.

자기인덕턴스(L)

도선에 1[A] 전류를 흘릴 때 1[Wb]의 자속이 쇄교되는 경우 1[H]의 자기인덕턴스라 정의하며 이는 1[sec] 동안 1[A]의 비율로 변화시킬 때 코일에 나타나는 유도기전력의 크기와 같다. 자기인덕턴스는 항상 정(+)값을 갖는다.

10 4[A]전류가 흐르는 코일과 쇄교하는 자속수가 4[Wb]이다. 이 전류 회로에 축적되어 있는 자기에너지[J]는?

- ① 4 ② 2
 ③ 8 ④ 16

자기에너지(W)

$$W = \frac{1}{2} L I^2 = \frac{1}{2} \phi I = \frac{\phi^2}{2L} \text{ [J] 식에서}$$

$$I = 4 \text{ [A]}, \phi = 4 \text{ [Wb]} \text{ 일 때}$$

$$\therefore W = \frac{1}{2} \phi I = \frac{1}{2} \times 4 \times 4 = 8 \text{ [J]}$$

11 진공 중에서 빛의 속도와 일치하는 전자파의 전파속도를 얻기 위한 조건으로 옳은 것은?

- ① $\epsilon_r = 0, \mu_r = 0$ ② $\epsilon_r = 1, \mu_r = 1$
 ③ $\epsilon_r = 0, \mu_r = 1$ ④ $\epsilon_r = 1, \mu_r = 0$

전파속도(v)

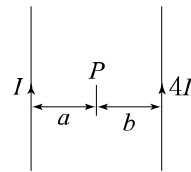
파장 λ , 주파수 f , 각속도 ω , 위상정수 β , 인덕턴스 L , 정전용량 C 라 하면

$$v = \lambda f = \frac{\omega}{\beta} = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0\mu_0}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\epsilon_s\mu_s}} = \frac{3 \times 10^8}{\sqrt{\epsilon_s\mu_s}} \text{ [m/sec]}$$

빛의 속도는 $3 \times 10^8 \text{ [m/sec]}$ 이므로 전파속도를 빛의 속도와 일치시키려면
 $\therefore \epsilon_s = 1, \mu_s = 1$

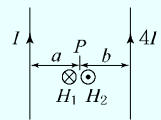
12 그림과 같이 평행한 무한장 직선도선에 I [A], $4I$ [A]인 전류가 흐른다. 두 선 사이의 점 P에서 자계의 세기가 0이라고 하면 $\frac{a}{b}$ 는?



- ① 2 ② 4
 ③ $\frac{1}{2}$ ④ $\frac{1}{4}$

직선도체에 의한 자계의 세기

오른쪽 그림에서와 같이 I [A]가 흐르는 도선에서 a [m] 떨어진 P점의 자계의 세기(H_1)와 $4I$ [A]가 흐르는 도선에서 b [m] 떨어진 P점의 자계의 세기(H_2)



가 서로 반대방향으로 작용하므로 P점의 자계의 세기가 0이 되기 위해서는 $H_1 = H_2$ 조건을 만족하여야 한다.

$$H_1 = \frac{I}{2\pi a} \text{ [AT/m]}, H_2 = \frac{4I}{2\pi b} \text{ [AT/m]} \text{ 이므로}$$

$$\frac{I}{2\pi a} = \frac{4I}{2\pi b} \text{ 일 때}$$

$$\therefore \frac{a}{b} = \frac{1}{4}$$

13 자기회로와 전기회로의 대응으로 틀린 것은?

- ① 자속 $\leftrightarrow$ 전류
 ② 기자력 $\leftrightarrow$ 기전력
 ③ 투자율 $\leftrightarrow$ 유전율
 ④ 자계의 세기 $\leftrightarrow$ 전계의 세기

전기회로와 자기회로의 대응관계

전기회로	자기회로
기전력 V [V]	기자력 F [AT]
전류 I [A]	자속 ϕ [Wb]
전기저항 R [Ω]	자기저항 R_m [AT/Wb]
도전율 k [S/m]	투자율 μ [H/m]
전류밀도 i [A/m ²]	자속밀도 B [Wb/m ²]
전계의 세기 E [V/m]	자계의 세기 H [AT/m]
콘덕턴스 [S]	퍼미언스 [Wb/AT]

14 자속밀도가 $0.3[\text{Wb}/\text{m}^2]$ 인 평등자계 내에 $5[\text{A}]$ 의 전류가 흐르는 길이 $2[\text{m}]$ 인 직선도체가 있다. 이 도체를 자계 방향에 대하여 60° 의 각도로 놓았을 때 이 도체가 받는 힘은 약 몇 N인가?

- ① 1.3 ② 2.6
③ 4.7 ④ 5.7

자계 내에 흐르는 전류에 의한 작용력(F): 플레밍의 왼손법칙

$$F = Idl \times B = IBl \sin \theta [\text{N}] \text{ 일 때}$$

$$B = 0.3 [\text{Wb}/\text{m}^2], I = 5 [\text{A}],$$

$$l = 2 [\text{m}], \theta = 60^\circ \text{ 이므로}$$

$$\therefore F = IBl \sin \theta = 5 \times 0.3 \times 2 \times \sin 60^\circ = 2.6 [\text{N}]$$

15 진공 중에서 한 변이 $a[\text{m}]$ 인 정사각형 단일 코일이 있다. 코일에 $I[\text{A}]$ 의 전류를 흘릴 때 정사각형 중심에서 자계의 세기는 몇 $[\text{AT}/\text{m}]$ 인가?

- ① $\frac{2\sqrt{2}I}{\pi a}$ ② $\frac{I}{\sqrt{2}a}$
③ $\frac{I}{2a}$ ④ $\frac{4I}{a}$

정 n 변형 회로의 중심 자계의 세기(H)

반지름이 $r[\text{m}]$ 정 n 변형 중심 자계의 세기와 한 변의 길이가 $a[\text{m}]$ 인 정 n 변형 중심 자계의 세기를 H_0 라 하면

$$H_0 = \frac{nI \tan \frac{\pi}{n}}{2\pi r} = \frac{nI}{\pi a} \sin \frac{\pi}{n} \tan \frac{\pi}{n} [\text{AT}/\text{m}] \text{ 이므로}$$

한 변의 길이가 a 인 정사각형은 $n=4$ 일 때이며

$$\begin{aligned} \therefore H_0 &= \frac{4I}{\pi a} \sin \frac{\pi}{4} \tan \frac{\pi}{4} = \frac{4I}{\pi a} \times \frac{1}{\sqrt{2}} \times 1 \\ &= \frac{2\sqrt{2}I}{\pi a} [\text{AT}/\text{m}] \end{aligned}$$

16 진공내의 점(3, 0, 0)[m]에 $4 \times 10^{-9}[\text{C}]$ 의 전하가 있다. 이 때 점(6, 4, 0)[m]의 전기장의 크기는 약 몇 $[\text{V}/\text{m}]$ 이며, 전기장의 방향을 표시하는 단위벡터는 어떻게 표시되는가?

- ① 전기장의 크기 : $\frac{36}{25}$, 단위벡터 : $\frac{1}{5}(3a_x + 4a_y)$
② 전기장의 크기 : $\frac{36}{125}$, 단위벡터 : $3a_x + 4a_y$
③ 전기장의 크기 : $\frac{36}{25}$, 단위벡터 : $a_x + a_y$
④ 전기장의 크기 : $\frac{36}{125}$, 단위벡터 : $\frac{1}{5}(a_x + a_y)$

점전하에 의한 전기장의 세기(E)

Q 점에 $4 \times 10^{-9}[\text{C}]$ 의 전하가 있고 P 점에 단위전하가 있으므로 QP 의 거리 r 은

$$r = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 [\text{m}] \text{ 이다.}$$

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{Q}{r^2} [\text{V}/\text{m}] \text{ 이므로}$$

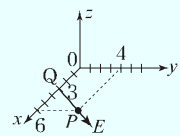
$$E = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-9}}{5^2} = \frac{36}{25} [\text{V}/\text{m}] \text{ 이다.}$$

또한 전기장 방향의 단위 벡터 $\hat{n}$ 은

$$\hat{A} = 3a_x + 4a_y = |A| \cdot \hat{n} \text{ 에서 } |A| = r [\text{m}] \text{ 이므로}$$

$$\hat{n} = \frac{\hat{A}}{|A|} = \frac{1}{5}(3a_x + 4a_y) \text{ 이다.}$$

$$\therefore E = \frac{36}{25} [\text{V}/\text{m}], \hat{n} = \frac{1}{5}(3a_x + 4a_y)$$



17 전속밀도 $D = X^2i + Y^2j + Z^2k$ [C/m²]를 발생시키는 점(1, 2, 3)에서의 체적 전하밀도는 몇 [C/m³]인가?

- ① 12 ② 13
③ 14 ④ 15

가우스의 발산정리

$$\int_s D \cdot ds = \int_v \text{div } D \, dv = Q = \Psi$$

$$\text{div } D = \frac{Q}{v} = \rho_v$$

여기서, ρ_v 는 체적전하밀도로서 자유공간 내에 전하가 존재하는 경우 전속밀도의 발산은 체적전하밀도와 같다는 것을 가우스의 발산정리라 한다.

$$\rho_v = \text{div } D$$

$$= \left(\frac{\partial}{\partial x} i + \frac{\partial}{\partial y} j + \frac{\partial}{\partial z} k \right) \cdot (X^2 i + Y^2 j + Z^2 k)$$

$$= \frac{\partial X^2}{\partial x} + \frac{\partial Y^2}{\partial y} + \frac{\partial Z^2}{\partial z} = 2X + 2Y + 2Z$$

식에서 $X=1, Y=2, Z=3$ 이므로

$$\therefore \rho_v = \text{div } D$$

$$= 2 \times 1 + 2 \times 2 + 2 \times 3 = 12 \text{ [C/m}^3\text{]}$$

18 다음 식 중에서 틀린 것은?

- ① $E = -\text{grad } V$
② $\int_s E \cdot n ds = \frac{Q}{\epsilon_o}$
③ $\text{grad } V = i \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + j \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + k \frac{\partial^2 V}{\partial z^2}$
④ $V = \int_p^\infty E \cdot dl$

전위경도($\nabla V = \text{grad } V$)

$\text{grad } V$ 는 전위의 기울기인 전위경도를 의미하며 ∇V 로 표기하기도 한다. 또한 전위는 스칼라 값이기 때문에 미분연산자(∇)에 곱하여 표현한다.

$$\therefore \nabla V = \text{grad } V = i \frac{\partial V}{\partial x} + j \frac{\partial V}{\partial y} + k \frac{\partial V}{\partial z}$$

19 어떤 대전체가 진공 중에서 전속이 Q [C]이었다. 이 대전체를 비유전율 10인 유전체 속으로 가져갈 경우에 전속[C]은?

- ① Q ② $10Q$
③ $\frac{Q}{10}$ ④ $10\epsilon_0 Q$

유전체 내의 전기력선 수(N)와 전속선 수(Ψ)

$$(1) \text{ 전기력선의 수 : } N = \frac{Q}{\epsilon} = \frac{Q}{\epsilon_0 \epsilon_s}$$

$$(2) \text{ 전속선의 수 : } \Psi = Q$$

20 다음 중 스토크스(stokes)의 정리는?

- ① $\oint H \cdot ds = \int \int_s (\nabla \cdot H) \cdot ds$
② $\int B \cdot ds = \int_s (\nabla \times H) \cdot ds$
③ $\oint_c H \cdot ds = \int (\nabla \cdot H) \cdot dl$
④ $\oint_c H \cdot dl = \int_s (\nabla \times H) \cdot ds$

벡터의 스토크스 정리

$$\begin{aligned} \oint_c \dot{H} \cdot dl &= \int_s \text{rot } \dot{H} \, ds = \int_s \text{curl } \dot{H} \, ds \\ &= \int_s (\nabla \times \dot{H}) \, ds \end{aligned}$$

19

2. 전력공학

01 직류 송전방식에 관한 설명으로 틀린 것은?

- ① 교류 송전방식보다 안정도가 낮다.
- ② 직류계통과 연계 운전 시 교류계통의 차단 용량은 작아진다.
- ③ 교류 송전방식에 비해 절연계급을 낮출 수 있다.
- ④ 비동기 연계가 가능하다.

직류송전방식의 장점

- (1) 절연계급을 낮출 수 있다.
- (2) 송전효율이 좋다.
- (3) 안정도가 좋다.
- (4) 직류에 의한 계통 연계는 단락용량이 증대하지 않기 때문에 교류계통의 차단용량이 작아도 된다.
- (5) 비동기 연계가 가능하므로 주파수가 다른 계통간의 연계가 가능하다.

02 유효낙차 100[m], 최대사용수량 20[m³/s], 수차효율 70[%]인 수력발전소의 연간 발전전력량은 약 몇 [kWh]인가? (단, 발전기의 효율은 85[%]라고 한다.)

- ① 2.5×10^7 ② 5×10^7
- ③ 10×10^7 ④ 20×10^7

연간부하율(F)

$$F = \frac{\text{연간발생전력량}(A)}{\text{최대출력}(P) \times \text{연간시간수}(T)} \times 100[\%] \text{ 식에서}$$

$$H = 100 [\text{m}], Q = 20 [\text{m}^3/\text{sec}], \eta_t = 70 [\%],$$

$$\eta_g = 85 [\%] \text{ 일 때}$$

$$P = 9.8 Q H \eta_0 = 9.8 Q H \eta_t \eta_g$$

$$= 9.8 \times 20 \times 100 \times 0.7 \times 0.85 = 11,662 [\text{kW}]$$

$$T = 365 \times 24 = 8,760 [\text{H}] \text{ 이므로}$$

부하율(F)을 100[%]로 보면

$$\therefore A = \frac{FPT}{100} = \frac{100 \times 11,662 \times 8,760}{100} \\ = 10 \times 10^7 [\text{kWh}]$$

03 일반 회로정수가 A, B, C, D이고 송전단 전압이 E_S인 경우 무부하시 수전단 전압은?

- ① $\frac{E_S}{A}$ ② $\frac{E_S}{B}$
- ③ $\frac{A}{C} E_S$ ④ $\frac{C}{A} E_S$

무부하시 수전단 전압(E_R)

중거리 송전선로의 특성을 4단자 정수로 표현하면

$$\begin{bmatrix} E_S \\ I_S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_R \\ I_R \end{bmatrix} \text{ 식에서}$$

$$E_S = A E_R + B I_R, I_S = C E_R + D I_R \text{ 이다.}$$

이 때 무부하시 I_R = 0이므로

$$\therefore E_R = \frac{E_S}{A} [\text{V}]$$

04 한 대의 주상변압기에 역률(뒤짐) $\cos\theta_1$, 유효 전력 P_1 [kW]의 부하와 역률(뒤짐) $\cos\theta_2$, 유효 전력 P_2 [kW]의 부하가 병렬로 접속되어 있을 때 주상변압기 2차 측에서 본 부하의 종합역률은 어떻게 되는가?

- ① $\frac{P_1 + P_2}{\frac{P_1}{\cos\theta_1} + \frac{P_2}{\cos\theta_2}}$
 ② $\frac{P_1 + P_2}{\frac{P_1}{\sin\theta_1} + \frac{P_2}{\sin\theta_2}}$
 ③ $\frac{P_1 + P_2}{\sqrt{(P_1 + P_2)^2 + (P_1 \tan\theta_1 + P_2 \tan\theta_2)^2}}$
 ④ $\frac{P_1 + P_2}{\sqrt{(P_1 + P_2)^2 + (P_1 \sin\theta_1 + P_2 \sin\theta_2)^2}}$

종합역률($\cos\theta$)

유효전력

$$P = P_1 + P_2 \text{ [W]}$$

무효전력

$$Q = Q_1 + Q_2 = P_1 \tan\theta_1 + P_2 \tan\theta_2 \text{ [Var]}$$

피상전력

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \\ = \sqrt{(P_1 + P_2)^2 + (P_1 \tan\theta_1 + P_2 \tan\theta_2)^2} \text{ [VA]}$$

$$\therefore \cos\theta = \frac{P}{S}$$

$$= \frac{P_1 + P_2}{\sqrt{(P_1 + P_2)^2 + (P_1 \tan\theta_1 + P_2 \tan\theta_2)^2}}$$

05 옥내배선의 전선 굵기를 결정할 때 고려해야 할 사항으로 틀린 것은?

- ① 허용전류 ② 전압강하
 ③ 배선방식 ④ 기계적강도

전선의 굵기 결정 3요소

(1) 허용전류

(2) 전압강하

(3) 기계적 강도

이 중에서 우선적으로 고려해야 할 사항은 허용전류이다.

06 선택 지락 계전기의 용도를 옳게 설명한 것은?

- ① 단일 회선에서 지락고장 회선의 선택 차단
 ② 단일 회선에서 지락전류의 방향 선택 차단
 ③ 병행 2회선에서 지락고장 회선의 선택 차단
 ④ 병행 2회선에서 지락고장의 지속시간 선택 차단

선택지락계전기(=선택접지계전기)

다회선 사용시 지락고장회선만을 선택하여 신속히 차단할 수 있도록 하는 계전기

07 3.3[kV] 이하의 단거리 송배전선로에 적용되는 비접지 방식에서 지락전류는 다음 중 어느 것을 말하는가?

- ① 누설전류 ② 충전전류
 ③ 뒤진전류 ④ 단락전류

비접지방식

이 방식은 Δ 결선 방식으로 단거리, 저전압 선로에만 적용하며 우리나라 계통에서는 3.3[kV]나 6.6[kV]에서 사용되었다. 1선 지락시 지락전류는 대지 충전전류로써 대지정전용량에 기인한다. 또한 1선 지락시 건전상의 전위상승이 $\sqrt{3}$ 배 상승하기 때문에 기기나 선로의 절연레벨이 매우 높다.

08 터빈(turbine)의 임계속도란?

- ① 비상조속기를 동작시키는 회전수
 ② 회전자의 고유 진동수와 일치하는 위험 회전수
 ③ 부하를 급히 차단하였을 때의 순간 최대 회전수
 ④ 부하 차단 후 자동적으로 정정된 회전수

터빈의 임계속도

회전날개를 포함한 회전자 전체의 고유진동수와 터빈의 회전속도에 따른 진동수가 일치하게 되면 진동이 급격히 상승하게 되는데 이 때의 터빈의 위험속도를 임계속도라 한다.

09 공통 중성선 다중 접지방식의 배전선로에서 Recloser(R), Sectionalizer(S), Line fuse(F)의 보호협조가 가장 적합한 배열은? (단, 보호협조는 변전소를 기준으로 한다.)

- ① S - F - R ② S - R - F
③ F - S - R ④ R - S - F

보호협조

피보호물에 사고가 발생했을 때 피보호물의 주보호장치가 동작하여 고장이 제거되고 피보호물의 후비보호장치는 동작하지 않도록 하여 보호장치간에 시간협조를 시키는 것을 보호협조라 한다. 부하말단에 라인퓨즈(cos)를 설치하고 선로 중간에 리클로저와 섹쇼너라이저를 조합한 재폐로차단기와 선로개폐기를 설치하며 변전소에 차단기를 두어서 보호협조가 되도록 한다.
∴ 변전소차단기 - 리클로저 - 섹쇼너라이저 - 라인퓨즈

10 송전선의 특성임피던스와 전파정수는 어떤 시험으로 구할 수 있는가?

- ① 뇌파시험
② 정격부하시험
③ 절연강도 측정시험
④ 무부하시험과 단락시험

특성임피던스(Z_0)와 전파정수(γ)

송전단 전압 V_s , 송전단 전류 I_s , 수전단 전압 V_R , 수전단 전류 I_R 라 하면

$$V_s = \cos h \gamma l V_R + Z_0 \sinh \gamma l I_R [V]$$

$$I_s = \frac{1}{Z_0} \sinh \gamma l V_R + \cosh \gamma l I_R [A] \quad \text{식에서 무부하}$$

시험으로 $I_R = 0$ 으로 하고, 단락시험으로 $V_R = 0$ 으로 취하면

$$Z_0 = \sqrt{\frac{Z}{Y}} [\Omega], \quad \gamma = \sqrt{ZY} \text{를 얻을 수 있다.}$$

∴ 특성임피던스와 전파정수는 무부하시험과 단락시험으로부터 얻을 수 있다.

11 단도체 방식과 비교하여 복도체 방식의 송전선로를 설명한 것으로 틀린 것은?

- ① 선로의 송전용량이 증가된다.
② 계통의 안정도를 증진시킨다.
③ 전선의 인덕턴스가 감소하고, 정전용량이 증가된다.
④ 전선 표면의 전위경도가 저감되어 코로나 임계전압을 낮출 수 있다.

복도체의 특징

(1) 주된 사용 목적 : 코로나 방지

(2) 장점

- ㉠ 등가반지름이 증가되어 L 이 감소하고 C 가 증가한다. - 송전용량이 증가하고 안정도가 향상된다.
㉡ 전선 표면의 전위경도가 감소하고 코로나 임계전압이 증가하여 코로나 손실이 감소한다. - 송전효율이 증가한다.
㉢ 통신선의 유도장해가 억제된다.
㉣ 전선의 표면적 증가로 전선의 허용전류(안전전류)가 증가한다.

12 10,000[kVA] 기준으로 등가 임피던스가 0.4[%]인 발전소에 설치될 차단기의 차단용량은 몇 [MVA]인가?

- ① 1,000 ② 1,500
③ 2,000 ④ 2,500

차단기 용량(P_s)

$$P_s = \frac{100}{\%Z} P_n [kVA] = \frac{0.1}{\%Z} P_n [MAV] \quad \text{식에서}$$

$$P_n = 10,000 [kVA], \quad \%Z = 0.4 [\%] \text{일 때}$$

$$\therefore P_s = \frac{0.1}{\%Z} P_n = \frac{0.1}{0.4} \times 10,000 = 2,500 [MVA]$$

13 고압 배전선로 구성방식 중, 고장 시 자동적으로 고장개소의 분리 및 건전선로에 폐로하여 전력을 공급하는 개폐기를 가지며, 수요 분포에 따라 임의의 분기선으로부터 전력을 공급하는 방식은?

- ① 환상식 ② 망상식
③ 뱅킹식 ④ 가지식(수지식)

배전방식의 구분

- (1) 환상식(루프식) : 배전 간선이 하나의 환상선으로 구성되고 수요분포에 따라 임의의 분기선으로부터 전력을 공급하는 방식
(2) 망상식(네트워크식) : 배전간선을 망상으로 접속하고 이 망상 계통 내의 수 개소의 접속점에 급전선을 연결한 것으로서 무정전 전원공급이 가능하여 신뢰도가 한층 높아진 배전방식으로 대도시에 적합하다.
(3) 뱅킹식 : 하나의 동일 고압 배전선로에 접속되어 있는 2대 이상의 배전용 변압기의 저압측 간선을 병렬로 접속하는 방식으로 부하가 밀집된 시가지에 적합하다.
(4) 가지식(수지식) : 부하의 분포에 따라 수지상으로 분기선을 내는 방식으로 농어촌 지역에 주로 적용되었던 방식이다.

14 중거리 송전선로의 T형 회로에서 송전단 전류 I_s 는? (단, Z , Y 는 선로의 직렬 임피던스와 병렬 어드미턴스이고, E_r 은 수전단 전압, I_r 은 수전단 전류이다.)

- ① $E_r \left(1 + \frac{ZY}{2}\right) + ZI_r$
② $I_r \left(1 + \frac{ZY}{2}\right) + E_r Y$
③ $E_r \left(1 + \frac{ZY}{2}\right) + ZI_r \left(1 + \frac{ZY}{4}\right)$
④ $I_r \left(1 + \frac{ZY}{2}\right) + E_r Y \left(1 + \frac{ZY}{4}\right)$

T형 선로의 4단자 정수

$$\begin{bmatrix} E_s \\ I_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_r \\ I_r \end{bmatrix} \quad \text{식에서 T형 선로의 4단자 정수는}$$

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 + \frac{ZY}{2} & Z \left(1 + \frac{ZY}{4}\right) \\ Y & 1 + \frac{ZY}{2} \end{bmatrix} \quad \text{이므로}$$

$$\therefore I_s = CE_r + DI_r = I_r \left(1 + \frac{ZY}{2}\right) + YE_r$$

15 전력계통 연계 시의 특징으로 틀린 것은?

- ① 단락전류가 감소한다.
② 경제 급전이 용이하다.
③ 공급신뢰도가 향상된다.
④ 사고 시 다른 계통으로의 영향이 과급될 수 있다.

전력계통 연계의 특징

- (1) 전력의 융통성이 향상되어 설비용량이 저감된다.
(2) 첨두부하가 시간대마다 다르기 때문에 부하율이 향상된다.
(3) 안정된 주파수 유지가 가능하여 계통운영상 전력공급 신뢰도가 향상된다.
(4) 경제적인 전력배분이 가능하다.
(5) 전력공급에비력이 절감된다.
(6) 배후전력이 커져서 단락용량이 증가한다.
(7) 사고시 타계통에 사고과급효과가 미칠 수 있다.

16 아킹혼(Arcing Horn)의 설치 목적은?

- ① 이상전압 소멸
② 전선의 진동방지
③ 코로나 손실방지
④ 섬락사고에 대한 애자보호

초호각(=아킹혼)

전선 주위에서 발생하는 코로나 방전이나 직격뇌나 역섬락으로부터 애자련에 이상전압이 가해져서 아크로 인한 애자의 자기부 또는 유리부와 전선에 손상을 주는 경우가 있다. 이 경우 애자련 상하부에 아크유도장비를 설치하여 아크의 진행 또는 발생을 애자련에 직접 향하지 않도록 하고 있다. 이 설비를 아킹혼이라 한다. 아킹혼은 애자련을 보호하거나 전선을 보호할 목적으로 사용된다.

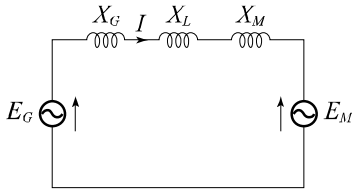
17 변전소에서 접지를 하는 목적으로 적절하지 않은 것은?

- ① 기기의 보호
- ② 근무자의 안전
- ③ 차단 시 아크의 소호
- ④ 송전시스템의 중성점 접지

변전소에서 접지를 하는 목적

- (1) 기기의 보호
- (2) 송전 시스템의 중성점 접지
- (3) 근무자 및 공중의 안전 등

18 그림과 같은 2기 계통에 있어서 발전기에서 전동기로 전달되는 전력 P 는? (단, $X = X_G + X_L + X_M$ 이고 E_G, E_M 은 각각 발전기 및 전동기의 유효기전력, δ 는 E_G 와 E_M 간의 상차각이다.)



- ① $P = \frac{E_G}{XE_M} \sin \delta$
- ② $P = \frac{E_G E_M}{X} \sin \delta$
- ③ $P = \frac{E_G E_M}{X} \cos \delta$
- ④ $P = X E_G E_M \cos \delta$

정태안정극한전력

송전전압 E_s , 수신전압 E_R , 계통의 리액턴스 X , 송수전단 사이의 상차각 δ 일 때

$$\therefore P = \frac{E_s E_R}{X} \sin \delta = \frac{E_G E_M}{X} \sin \delta$$

19 변전소, 발전소 등에 설치하는 피뢰기에 대한 설명 중 틀린 것은?

- ① 방전전류는 뇌충격전류의 파괴값으로 표시한다.
- ② 피뢰기의 직렬갭은 속류를 차단 및 소호하는 역할을 한다.
- ③ 정격전압은 상용주파수 정현파 전압의 최고 한도를 규정한 순시값이다.
- ④ 속류란 방전현상이 실질적으로 끝난 후에도 전력계통에서 피뢰기에 공급되어 흐르는 전류를 말한다.

피뢰기의 특징

- (1) 정격전압은 속류가 차단되는 순간 최고의 교류전압
- (2) 공칭전압은 상용주파 정현파 전압의 허용단자전압
- (3) 방전전류는 뇌충격전류의 파괴값
- (4) 속류란 충격파가 방전되고 난 후에도 지속적으로 피뢰기를 통해 대지로 흐르는 전류
- (5) 종류는 갭 저항형, 밸브형, 저항밸브형으로 구별되고 일반적으로 직렬갭은 저항으로 되어 있다.

20 부하역률이 $\cos \theta$ 인 경우 배전선로의 전력손실은 같은 크기의 부하전력으로 역률이 1인 경우의 전력손실에 비하여 어떻게 되는가?

- ① $\frac{1}{\cos \theta}$
- ② $\frac{1}{\cos^2 \theta}$
- ③ $\cos \theta$
- ④ $\cos^2 \theta$

역률($\cos \theta$)에 따른 전력손실(P_l)

$$P_l = 3I^2 R = \frac{P^2 R}{V^2 \cos^2 \theta} [\text{W}] \text{이므로}$$

$$P_l \propto \frac{1}{\cos^2 \theta} \text{임을 알 수 있다.}$$

$$\cos \theta_1 = \cos \theta, \cos \theta_2 = 1, P_{l1} = P_l, P_{l2} = P_l' \text{ 일 때}$$

$$P_l = \left(\frac{\cos \theta_2}{\cos \theta_1} \right)^2 P_l' = \frac{1}{\cos^2 \theta} P_l' \text{ 이므로}$$

$$\therefore \frac{1}{\cos^2 \theta} \text{ 배이다.}$$

19

3. 전기기기

01 100[V], 10[A], 1,500[rpm]인 직류 분권발전기의 정격 시의 계자전류는 2[A]이다. 이때 계자 회로에는 10[Ω]의 외부저항이 삽입되어 있다. 계자 권선의 저항[Ω]은?

- ① 20 ② 40
③ 80 ④ 100

분권발전기의 단자전압(V)

단자전압 V , 계자저항 R_f , 계자전류 I_f , 계자회로 외 부저항 R_{f0} 라 하면 분권발전기는 전기자권선과 계자권 선이 병렬접속의 되어 있기 때문에 단자전압과 계자권 선에 걸리는 전압은 같게 된다.

$$V = (R_f + R_{f0}) I_f [V]$$

$$V = 100 [V], I_f = 10 [A], N = 1,500 [rpm],$$

$$I_f = 2 [A], R_{f0} = 10 [\Omega] \text{ 일 때}$$

$$\therefore R_f = \frac{V}{I_f} - R_{f0} = \frac{100}{2} - 10 = 40 [\Omega]$$

02 직류발전기의 외부 특성곡선에서 나타내는 관계로 옳은 것은?

- ① 계자전류와 단자전압
② 계자전류와 부하전류
③ 부하전류와 단자전압
④ 부하전류와 유기기전력

직류발전기의 특성곡선

- (1) 무부하포화곡선 : 횡축에 계자전류, 종축에 유기기전력(단자전압)을 취해서 그리는 특성곡선
(2) 외부특성곡선 : 횡축에 부하전류, 종축에 단자전압을 취해서 그리는 특성곡선
(3) 부하특성곡선 : 횡축에 계자전류, 종축에 단자전압을 취해서 그리는 특성곡선
(4) 계자조정곡선 : 횡축에 부하전류, 종축에 계자전류를 취해서 그리는 특성곡선

03 가정용 재봉틀, 소형공구, 영사기, 치과의료용, 엔진 등에 사용하고 있으며, 교류, 직류 양쪽 모두에 사용되는 만능전동기는?

- ① 전기 동력계
② 3상 유도전동기
③ 차동 복권전동기
④ 단상 직권정류자전동기

교류 정류자 전동기(=교류 단상 직권정류자 전동기)의 특징

- (1) 교류 및 직류 양용으로 만능전동기라 칭한다.
(2) 와전류를 적게 하기 위하여 고정자 및 회전자 철심을 전부 성층 철심으로 한다.
(3) 효율이 높고 연속적인 속도 제어가 가능하다.
(4) 회전자는 정류자를 갖고 고정자는 집중분포 권선으로 한다.
(5) 기동 브러시를 이동하면 기동 토크를 크게 할 수 있다.

04 동기발전기에 회전자형을 사용하는 경우에 대한 이유로 틀린 것은?

- ① 기전력의 파형을 개선한다.
② 전기자가 고정자이므로 고압 대전류용에 좋고, 절연하기 쉽다.
③ 계자가 회전자지만 저압 소용량의 직류이므로 구조가 간단하다.
④ 전기자보다 계자극을 회전자로 하는 것이 기계적으로 튼튼하다.

회전자형을 채용하는 이유

- (1) 계자는 전기자보다 철의 분포가 크기 때문에 기계적으로 튼튼하다.
(2) 계자는 전기자보다 결선이 쉽고 구조가 간단하다.
(3) 고압이 걸리는 전기자보다 저압인 계자가 조작하는 데 더 안전하다.
(4) 고압이 걸리는 전기자를 절연하는 데는 고정자로 두어야 용이해진다.

05 전력용 변압기에서 1차에 정현파 전압을 인가하였을 때, 2차에 정현파 전압이 유기되기 위해서는 1차에 흘러들어가는 여자전류는 기본파 전류 외에 주로 몇 고조파 전류가 포함되는가?

- ① 제2고조파 ② 제3고조파
③ 제4고조파 ④ 제5고조파

전력용 변압기 2차측에 정현파 전압이 유기되기 위해서는 2차측에는 고조파가 나타나지 않아야 한다. 그러기 위해서는 몇 가지 조건이 필요하다. 먼저 변압기 1차측 결선은 Δ 결선으로 하여야 하며 1차측에 나타난 고조파 전류는 3고조파 전류가 포함되어 있어야 한다는 것이다. 3고조파 전류는 상회전 방향이 없으므로 변압기 1차측 Δ 결선 내부에서 순환전류로 흐르게 되며 2차측에는 영향을 주지 않게 된다. 따라서 변압기 2차측 유기전압이 정현파가 될 수 있다.

06 동기발전기의 병렬 운전 중 위상차가 생기면 어떤 현상이 발생하는가?

- ① 무효 횡류가 흐른다.
② 무효 전력이 생긴다.
③ 유효 횡류가 흐른다.
④ 출력이 요동하고 권선이 가열된다.

동기발전기의 병렬운전조건

- (1) 기전력의 크기가 같을 것 : 각 발전기의 여자전류가 다르면 기전력의 크기가 달라져서 무효순환전류(=무효횡류)가 흐르게 되며 이를 방지하기 위해서는 각 발전기의 계자저항을 적당히 조정하여 여자전류를 같게 해준다.
(2) 기전력의 위상이 같을 것 : 각 발전기의 원동기 출력이 다르면 기전력의 위상이 달라져서 유효순환전류(=동기화전류 또는 유효횡류)가 흐르게 되며 이를 방지하기 위해서는 각 발전기의 원동기 출력을 조정하여 같게 해준다.
(3) 기전력의 주파수가 같을 것
(4) 기전력의 파형이 같을 것
(5) 상회전이 일치할 것

07 변압기에서 사용되는 변압기유의 구비 조건으로 틀린 것은?

- ① 점도가 높을 것
② 응고점이 낮을 것
③ 인화점이 높을 것
④ 절연 내력이 클 것

변압기 절연유의 특징

- (1) 절연내력이 큰 것
(2) 절연재료 및 금속에 화학작용을 일으키지 않을 것
(3) 인화점이 높고 응고점이 낮을 것
(4) 점도가 낮고(유동성이 풍부) 비열이 커서 냉각효과가 클 것
(5) 고온에 있어서 석출물이 생기거나 산화하지 않을 것
(6) 증발량이 적을 것

08 상전압 200[V]의 3상 반파정류회로의 각 상에 SCR을 사용하여 정류제어 할 때 위상각을 $\frac{\pi}{6}$ 로 하면 순 저항부하에서 얻을 수 있는 직류전압[V]은?

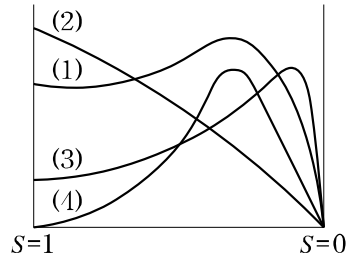
- ① 90 ② 180
③ 203 ④ 234

SCR을 이용한 위상제어

3상 반파 정류회로의 직류와 교류의 전압비는 $\frac{E_d}{E_a} = 1.17$
이므로 위상제어를 할 경우 제어각 α 일 때
 $\therefore E_d = 1.17 E_a \cos \alpha = 1.17 \times 200 \times \cos 30^\circ$
 $= 203 \text{ [V]}$

09 그림은 전원전압 및 주파수가 일정할 때의 다상 유도전동기의 특성을 표시하는 곡선이다. 1차 정류를 나타내는 곡선은 몇 번 곡선인가?

- ① (1)
② (2)
③ (3)
④ (4)



유도전동기의 특성곡선

- (1)번 곡선 : 비례추이가 적용된 3상 유도전동기의 토크 특성곡선
(2)번 곡선 : 일반적인 유도전동기의 1차 공급전류 곡선
(3)번 곡선 : 일반적인 3상 유도전동기의 토크 특성곡선
(4)번 곡선 : 단상 유도전동기의 토크 특성곡선

10 동기전동기가 무부하 운전 중에 부하가 걸리면 동기전동기의 속도는?

- ① 정지한다.
② 동기속도와 같다.
③ 동기속도보다 빨라진다.
④ 동기속도 이하로 떨어진다.

동기전동기의 무부하 운전 중의 속도변동

동기전동기를 무부하로 운전 중 부하를 걸면 순간적으로 속도가 떨어져 회전자계보다 뒤지지만, 곧 부하각을 일정하게 유지하여 동기속도로 회전한다.

11 직류기발전기에서 양호한 정류(整流)를 얻는 조건으로 틀린 것은?

- ① 정류주기를 크게 할 것
② 리액턴스 전압을 크게 할 것
③ 브러시의 접촉저항을 크게 할 것
④ 전기자 코일의 인덕턴스를 작게 할 것

직류기의 양호한 정류를 얻는 방법

- (1) 평균리액턴스전압을 줄인다.
① 보극을 설치한다.(전압정류 : 정현파 정류)
② 단절권을 채용한다.(인덕턴스 감소)
③ 정류주기를 길게 한다.(회전속도 감소)
(2) 브러시 접촉저항을 크게 하여 접촉면 전압강하를 크게 한다.(탄소 브러시 채용)
(3) 보극과 보상권선을 설치한다.
(4) 양호한 브러시를 채용하고 전기자 공극의 길이를 균등하게 한다.

12 스텝각이 2° , 스텝핑주파수(pulse rate)가 1,800 [pps]인 스텝핑모터의 축속도[rps]는?

- ① 8 ② 10
③ 12 ④ 14

스텝핑 모터의 속도(=축속도 : n)

스텝핑 전동기의 축속도는 스텝각(β)과 스텝핑주파수(또는 펄스레이트 : f_p)의 함수로서

$$n = \frac{\beta \times f_p}{360^\circ} \text{ [rps]} \text{ 이다.}$$

$$\beta = 2^\circ, f_p = 1,800 \text{ [pps]} \text{ 이므로}$$

$$\therefore n = \frac{\beta \times f_p}{360} = \frac{2 \times 1,800}{360} = 10 \text{ [rps]}$$

13 직류기에 관련된 사항으로 잘못 짝지어진 것은?

- ① 보극 - 리액턴스 전압 감소
② 보상권선 - 전기자 반작용 감소
③ 전기자 반작용 - 직류전동기 속도 감소
④ 정류기간 - 전기자 코일이 단락되는 기간

직류기의 전기자반작용

직류기의 전기자반작용이란 전기자 전류에 의한 자속이 계자극에 의한 주자속에 영향을 주어 자속 분포가 흐트러지는 현상으로 주자속이 감소한다. 주자속의 감소로 인하여 발전기는 유기기전력이 감소하고 전동기는 토크가 감소, 속도는 증가하게 되는 특성을 갖게 된다.

14 단상 변압기의 병렬운전 시 요구사항으로 틀린 것은?

- ① 극성이 같을 것
- ② 정격출력이 같을 것
- ③ 정격전압과 권수비가 같을 것
- ④ 저항과 리액턴스의 비가 같을 것

변압기 병렬운전 조건

- (1) 극성이 일치할 것
- (2) 권수비 및 1차, 2차 정격전압이 같을 것
- (3) 각 변압기의 저항과 리액턴스비가 일치할 것
- (4) %저항 강하 및 %리액턴스 강하가 일치할 것. 또는 %임피던스 강하가 일치할 것
- (5) 각 변위가 일치할 것(3상 결선일 때)
- (6) 상회전 방향이 일치할 것(3상 결선일 때)

15 변압기의 누설리액턴스를 나타낸 것은? (단, N 은 권수이다.)

- ① N 에 비례 ② N^2 에 반비례
- ③ N^2 에 비례 ④ N 에 반비례

변압기 권수비(a)

$$a = \frac{N_1}{N_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{I_2}{I_1} = \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}}$$

$$= \sqrt{\frac{r_1}{r_2}} = \sqrt{\frac{x_1}{x_2}} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}} \quad \text{식에서}$$

$$\left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 = \frac{x_1}{x_2} \quad \text{이므로}$$

$\therefore$ 변압기 누설리액턴스는 권수비 제곱에 비례한다.

16 3상 동기발전기의 매극 매상의 슬롯수를 30이라 할 때 분포권 계수는?

- ① $6\sin\frac{\pi}{18}$ ② $3\sin\frac{\pi}{36}$
- ③ $\frac{1}{6\sin\frac{\pi}{18}}$ ④ $\frac{1}{12\sin\frac{\pi}{36}}$

분포권 계수(k_d)

$$m=3, q=3 \text{이므로 } k_d = \frac{\sin\frac{\pi}{2m}}{q\sin\frac{\pi}{2mq}} \quad \text{식에}$$

대입하여 풀면

$$\therefore k_d = \frac{\sin\frac{\pi}{2 \times 3}}{3\sin\frac{\pi}{2 \times 3 \times 3}} = \frac{\frac{1}{2}}{3\sin\frac{\pi}{18}} = \frac{1}{6\sin\frac{\pi}{18}}$$

17 정격전압 220[V], 무부하 단자전압 230[V], 정격출력이 40[kW]인 직류 분권발전기의 계자저항이 22[Ω], 전기자 반작용에 의한 전압강하가 5[V]라면 전기자 회로의 저항[Ω]은 약 얼마인가?

- ① 0.026 ② 0.028
- ③ 0.035 ④ 0.042

분권발전기의 부하특성

$V=220$ [V], $E=230$ [V], $P=40$ [kW],
 $R_f=22$ [Ω], $e_a=5$ [V]일 때 분권발전기의 부하특성에서 부하전류(I), 전기자전류(I_a), 계자전류(I_f)

관계식은

$$I_f = \frac{V}{R_f} \text{ [A]}, \quad I = \frac{P}{V} \text{ [A]}, \quad I_a = I + I_f \text{ [A]} \quad \text{이다.}$$

$$I_a = I + I_f = \frac{P}{V} + \frac{V}{R_f}$$

$$= \frac{40 \times 10^3}{220} + \frac{220}{22} = 191.82 \text{ [A]} \quad \text{이므로}$$

$E = V + R_a I_a + e_a$ [V] 식에서 전기자저항(R_a)을 정리하여 풀면

$$\therefore R_a = \frac{E - V - e_a}{I_a} = \frac{230 - 220 - 5}{191.82} = 0.026 \text{ [Ω]}$$

18 유도전동기로 동기전동기를 기동하는 경우, 유도전동기의 극수는 동기전동기의 극수보다 2극 적은 것을 사용하는 이유로 옳은 것은? (단, s 는 슬립이며 N_s 는 동기속도이다.)

- ① 같은 극수의 유도전동기는 동기속도보다 sN_s 만큼 늦으므로
- ② 같은 극수의 유도전동기는 동기속도보다 sN_s 만큼 빠르므로
- ③ 같은 극수의 유도전동기는 동기속도보다 $(1-s)N_s$ 만큼 늦으므로
- ④ 같은 극수의 유도전동기는 동기속도보다 $(1-s)N_s$ 만큼 빠르므로

유도전동기로 동기전동기를 기동하는 경우 유도전동기의 극수를 동기기의 극수보다 2극을 적게 하는 이유는 다음과 같다.

유도전동기 회전자 속도를 N , 동기속도를 N_s 라 하면

$$N = (1-s)N_s \text{ [rpm]}, \quad N_s = \frac{120f}{p} \text{ [rpm]} \text{ 이므로}$$

$$N_s = sN_s + (1-s)N_s = sN_s + N \text{ [rpm]} \text{ 이 성립한다.}$$

$\therefore$ 같은 극수로는 유도기가 동기속도보다 sN_s 만큼 늦기 때문이다.

19 50[Hz]로 설계된 3상 유도전동기를 60[Hz]에 사용하는 경우 단자전압을 110[%]로 높일 때 일어나는 현상으로 틀린 것은?

- ① 철손불변
- ② 여자전류감소
- ③ 온도상승증가
- ④ 출력이 일정하면 유효전류 감소

유도전동기의 주파수와 단자전압에 따른 변화

(1) 철손

$$P_i = k_1 f B_m^2 \propto \frac{V_1^2}{f} = \frac{1.1^2}{1.2} \times 100 = 100.83 \text{ [%]}$$

이므로 거의 불변

(2) 여자전류

$$I_o = \frac{V_1}{x_s} \propto \frac{V_1}{f} = \frac{1.1}{1.2} \times 100 = 91.67 \text{ [%]}$$

(3) 온도상승은 철손이 불변이므로 거의 일정

(4) 유효전류

$$I_w = \frac{P}{V_1} \propto \frac{1}{V_1} = \frac{1}{1.1} \times 100 = 90.91 \text{ [%]}$$

20 단상 유도전동기의 토크에 대한 2차 저항을 어느 정도 이상으로 증가시킬 때 나타나는 현상으로 옳은 것은?

- ① 역회전 가능
- ② 최대토크 일정
- ③ 기동토크 증가
- ④ 토크는 항상 (+)

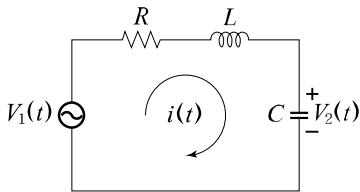
전항 정답임

19

4. 회로이론 및 제어공학

01 다음 회로망에서 입력전압을 $V_1(t)$, 출력전압을

$V_2(t)$ 라 할 때, $\frac{V_2(s)}{V_1(s)}$ 에 대한 고유주파수 ω_n 과
제동비 ζ 의 값은? (단, $R=100[\Omega]$, $L=2[\text{H}]$,
 $C=200[\mu\text{F}]$ 이고, 모든 초기전하는 0이다.)



- ① $\omega_n = 50$, $\zeta = 0.5$
- ② $\omega_n = 50$, $\zeta = 0.7$
- ③ $\omega_n = 250$, $\zeta = 0.5$
- ④ $\omega_n = 250$, $\zeta = 0.7$

2차 제어계의 전달함수

2차 제어계의 전달함수는 $G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$

이므로 그림의 회로망의 전달함수를 구하면

$$G(s) = \frac{V_2(s)}{V_1(s)} = \frac{\frac{1}{Cs}}{R + Ls + \frac{1}{Cs}} = \frac{1}{LCs^2 + RCs + 1} \text{ 이다.}$$

지문에서 제시된 조건 값을 대입하여 전개하면

$$LC = 2 \times 200 \times 10^{-6} = \frac{1}{2500} = \left(\frac{1}{50}\right)^2$$

$$RC = 100 \times 200 \times 10^{-6} = \frac{1}{50} \text{ 일 때}$$

$$G(s) = \frac{1}{\left(\frac{1}{50}\right)^2 s^2 + \frac{1}{50} s + 1} = \frac{50^2}{s^2 + 50s + 50^2} \text{ 이다.}$$

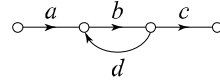
위의 2차 제어계의 전달함수와 비교하면

$2\zeta\omega_n = 50$, $\omega_n^2 = 50^2$ 이므로 $\omega_n = 50$ 이다.

$$\text{그리고 } \zeta = \frac{50}{2\omega_n} = \frac{50}{2 \times 50} = 0.5 \text{ 이다.}$$

$$\therefore \omega_n = 50, \zeta = 0.5$$

02 다음 신호흐름선도의 일반식은?



- ① $G = \frac{1-bd}{abc}$
- ② $G = \frac{1+bd}{abc}$
- ③ $G = \frac{abc}{1+bd}$
- ④ $G = \frac{abc}{1-bd}$

신호흐름선도의 전달함수(메이슨 정리)

$L_{11} = d \times b = bd$ 이므로

$\Delta = 1 - L_{11} = 1 - bd$ 이다.

$M_1 = a \times b \times c = abc$, $\Delta_1 = 1$ 일 때

$$\therefore G(s) = \frac{M_1 \Delta_1}{\Delta} = \frac{abc}{1-bd}$$

03 페루프 전달함수 $\frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)}$ 의 극의 위치를 개루프 전달함수 $G(s)H(s)$ 의 이득상수 K 의 함수로 나타내는 기법은?

- ① 근궤적법
- ② 보드 선도법
- ③ 이득 선도법
- ④ Nyquist 판정법

근궤적법

근궤적은 계통파라미터가 변할 때 특성방정식 근의 궤적이다. 개루프 전달함수 $G(s)H(s)$ 의 이득상수 K 에 대한 함수로 변환하여 구간 $-\infty < K < \infty$ 까지 범위에서 완전근궤적을 그리게 된다.

04 2차계 과도응답에 대한 특성방정식의 근은 s_1 ,

$s_2 = -\zeta\omega_n \pm j\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}$ 이다. 감쇠비 ζ 가 $0 < \zeta < 1$ 사이에 존재할 때 나타나는 현상은?

- ① 과제동 ② 무제동
③ 부족제동 ④ 임계제동

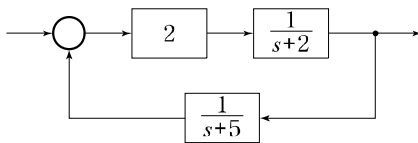
감쇠비 = 제동비(ζ)

감쇠비란 제어계의 응답이 목표값을 초과하여 진동을 오래하지 못하도록 제동을 걸어주는 값으로서 제동비라고도 한다.

$\zeta = \frac{\text{제2오버슈트}}{\text{최대오버슈트}}$ 식으로 표현하며 $\zeta = 1$ 을 기준으로 하여 다음과 같이 구분한다.

- (1) $\zeta > 1$: 과제동 → 비진동 곡선을 나타낸다.
(2) $\zeta = 0$: 무제동 → 무제동진동곡선을 나타낸다.
(3) $\zeta < 1$: 부족제동 → 감쇠진동곡선을 나타낸다.
(4) $\zeta = 1$: 임계제동 → 임계진동곡선을 나타낸다.

05 다음의 블록선도에서 특성방정식의 근은?



- ① -2, -5 ② 2, 5
③ -3, -4 ④ 3, 4

블록선도의 특성방정식

폐루프의 종합 전달함수 $G(s)$ 를 구하여 분모항을 특성방정식으로 취한 후 방정식의 근을 구하여야 하므로

$$G(s) = \frac{2 \times \frac{1}{s+2}}{1 + 2 \times \frac{1}{s+2} \times \frac{1}{s+5}} \\ = \frac{2(s+5)}{(s+2)(s+5)+2} = \frac{2(s+5)}{s^2+7s+12}$$

따라서 특성방정식은

$$s^2 + 7s + 12 = (s+3)(s+4) = 0 \text{ 이므로} \\ \therefore s = -3, s = -4$$

06 다음 중 이진 값 신호가 아닌 것은?

- ① 디지털 신호
② 아날로그 신호
③ 스위치의 On-Off 신호
④ 반도체 소자의 동작, 부동작 상태

이진값 신호

이진값 신호란 신호로 전달되는 값이 0과 1로만 표현되는 신호를 말하며 스위치 동작의 ON과 OFF, 또는 회로 소자의 동작과 부동작의 두가지 상태만 표현하는 것을 의미한다. 그리고 2진 신호로 동작되도록 설계된 회로를 디지털회로라 한다.

$\therefore$ 아날로그 신호란 디지털 신호 이외의 신호로서 전압과 전류의 정현파 모양과 같은 연속적인 신호이다.

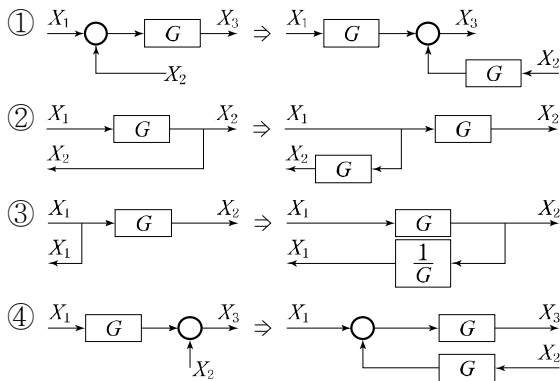
07 보드 선도에서 이득여유에 대한 정보를 얻을 수 있는 것은?

- ① 위상곡선 0° 에서의 이득과 0[dB]과의 차이
② 위상곡선 180° 에서의 이득과 0[dB]과의 차이
③ 위상곡선 -90° 에서의 이득과 0[dB]과의 차이
④ 위상곡선 -180° 에서의 이득과 0[dB]과의 차이

보드선도의 이득여유와 위상여유

- (1) 이득여유 : 위상선도가 -180° 축과 교차하는 점(위상교차점)에서 수직으로 그은 선이 이득선도와 만나는 점과 0[dB] 사이의 이득[dB] 값을 이득여유라 한다.
(2) 위상여유 : 이득선도가 0[dB] 축과 교차하는 점(이득교차점)에서 수직으로 그은 선이 위상선도와 만나는 점과 -180° 사이의 위상값을 위상여유라 한다.

08 블록선도 변환이 틀린 것은?



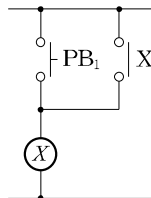
블록선도의 전달함수

보기	좌향	우향
①	$X_3 = (X_1 + X_2)G$	$X_3 = X_1G + X_2G$
②	$X_2 = X_1G$	$X_2 = X_1G$
③	$X_1 = X_1,$ $X_2 = X_1G$	$X_1 = X_1, X_2 = X_1G$
④	$X_3 = X_1G + X_2$	$X_3 = (X_1 + X_2)G$

∴ 보기 ④는 좌향과 우향의 출력이 서로 다르다.

09 그림의 시퀀스 회로에서 전자접촉기 X에 의한 A접점(Normal open contact)의 사용 목적은?

- ① 자기유지회로
- ② 지연회로
- ③ 우선 선택회로
- ④ 인터록(interlock) 회로



자기유지회로

푸시버튼 PB1을 누르면 계전기 X 출력이 여자되어 계전기 내부접점인 A접점이 닫히게 된다. 이 후에 푸시버튼에서 손을 떼면 PB1 접점은 원래대로 복구되어 열리게 되는데 이 때 계전기의 A접점은 닫힌 상태를 유지하여 계전기 X 출력이 계속 여자상태를 유지할 수 있게 된다. 이처럼 출력의 상태를 계속 여자 상태로 유지할 수 있는 A접점을 자기유지접점이라 하며, 이러한 회로를 자기유지회로라 한다.

10 단위 폐환제어계의 개루프 전달함수가

$$G(s) = \frac{K}{s(s+2)} \text{ 일 때, } K \text{가 } -\infty \text{로부터 } +\infty$$

까지 변하는 경우 특성방정식의 근에 대한 설명으로 틀린 것은?

- ① $-\infty < K < 0$ 에 대하여 근은 모두 실근이다.
- ② $0 < K < 1$ 에 대하여 2개의 근은 모두 음의 실근이다.
- ③ $K = 0$ 에 대하여 $s_1 = 0, s_2 = -2$ 의 근은 $G(s)$ 의 극점과 일치한다.
- ④ $1 < K < \infty$ 에 대하여 2개의 근은 음의 실수부 중근이다.

개루프 전달함수의 특성방정식

개루프 전달함수 $GH = G(s)$ 이므로 특성방정식은 $1 + GH = 1 + G(s) = 0$ 이다. 이 조건을 만족하기 위한 방정식은 개루프 전달함수의 분모항과 분자항을 합해준 방정식으로 유도된다. 따라서 특성방정식은 $s(s+2) + K = s^2 + 2s + K = 0$ 임을 알 수 있다. 2차 방정식의 근의 공식에 적용하면

$$s = -1 \pm \sqrt{(-1)^2 - K} = -1 \pm \sqrt{1 - K} \text{이다.}$$

∴ $1 < K < \infty$ 에 대한 근의 특성은 제곱근 값이 허수 근으로 표현되기 때문에 서로 다른 두 개의 공액복소근을 갖게 된다.

- 11 길이에 따라 비례하는 저항 값을 가진 어떤 전열선에 $E_0[V]$ 의 전압을 인가하면 $P_0[W]$ 의 전력이 소비된다. 이 전열선을 잘라 원래 길이의 $\frac{2}{3}$ 로 만들고 $E[V]$ 의 전압을 가한다면 소비전력 $P[W]$ 는?

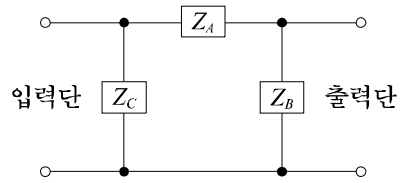
- ① $P = \frac{P_0}{2} \left(\frac{E}{E_0} \right)^2$
 ② $P = \frac{3P_0}{2} \left(\frac{E}{E_0} \right)^2$
 ③ $P = \frac{2P_0}{3} \left(\frac{E}{E_0} \right)^2$
 ④ $P = \frac{\sqrt{3}P_0}{2} \left(\frac{E}{E_0} \right)^2$

소비전력

전열선의 저항을 R 이라 하면 $P_0 = \frac{E_0^2}{R} [W]$ 이다. 이 때 전열선의 길이를 $\frac{2}{3}$ 로 줄이면 저항은 $\frac{2R}{3}$ 로 변하게 되어 전력은 $P = \frac{E^2}{\frac{2R}{3}} = \frac{3E^2}{2R} [W]$ 로 변하게 된다.

$$\begin{aligned} \text{이 때 } R &= \frac{E_0^2}{P_0} \text{이므로 변화한 전력에 대입하면} \\ \therefore P &= \frac{3E^2}{2R} = \frac{3E^2}{2 \cdot \frac{E_0^2}{P_0}} = \frac{3P_0}{2} \left(\frac{E}{E_0} \right)^2 \end{aligned}$$

- 12 회로에서 4단자 정수 A, B, C, D 의 값은?



- ① $A = 1 + \frac{Z_A}{Z_B}, B = Z_A, C = \frac{1}{Z_A}, D = 1 + \frac{Z_B}{Z_A}$
 ② $A = 1 + \frac{Z_A}{Z_B}, B = Z_A, C = \frac{1}{Z_B}, D = 1 + \frac{Z_A}{Z_B}$
 ③ $A = 1 + \frac{Z_A}{Z_B}, B = Z_A, C = \frac{Z_A + Z_B + Z_C}{Z_B Z_C}, D = \frac{1}{Z_B Z_C}$
 ④ $A = 1 + \frac{Z_A}{Z_B}, B = Z_A, C = \frac{Z_A + Z_B + Z_C}{Z_B Z_C}, D = 1 + \frac{Z_A}{Z_C}$

4단자 정수의 회로망 특성

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 + \frac{Z_A}{Z_B} & Z_A \\ \frac{1}{Z_B} + \frac{1}{Z_C} + \frac{Z_A}{Z_B Z_C} & 1 + \frac{Z_A}{Z_C} \end{bmatrix}$$

$$A = 1 + \frac{Z_A}{Z_B}$$

$$B = Z_A$$

$$C = \frac{1}{Z_B} + \frac{1}{Z_C} + \frac{Z_A}{Z_B Z_C} = \frac{Z_A + Z_B + Z_C}{Z_B Z_C}$$

$$D = 1 + \frac{Z_A}{Z_C}$$

13 어떤 콘덴서를 300[V]로 충전하는데 9[J]의 에너지가 필요하였다. 이 콘덴서의 정전용량은 몇 [μ F]인가?

- ① 100 ② 200
③ 300 ④ 400

콘덴서의 충전에너지(=정전에너지 : W)

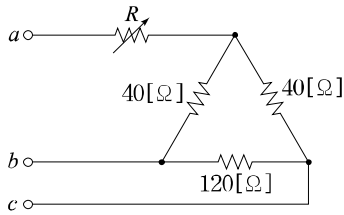
콘덴서 C , 전압 V , 전하량 Q 라 하면

$$W = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} QV = \frac{Q^2}{2C} \text{ [J] 식에서}$$

$V = 300 \text{ [V]}$, $W = 9 \text{ [J]}$ 일 때

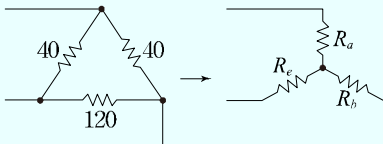
$$\therefore C = \frac{2W}{V^2} = \frac{2 \times 9}{300^2} = 200 \times 10^{-6} \text{ [F]} = 200 \text{ [\mu F]}$$

14 그림과 같은 순저항 회로에서 대칭 3상 전압을 가할 때 각 선에 흐르는 전류가 같으려면 R 의 값은 몇 [Ω]인가?



- ① 8 ② 12
③ 16 ④ 20

Δ 결선된 저항을 Y결선으로 변경하면



$$R_a = \frac{40 \times 40}{40 + 40 + 120} = 8 \text{ [\Omega]},$$

$$R_b = \frac{40 \times 120}{40 + 40 + 120} = 24 \text{ [\Omega]},$$

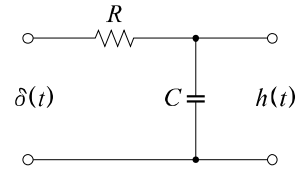
$$R_c = \frac{40 \times 120}{40 + 40 + 120} = 24 \text{ [\Omega]}$$

각 상이 평형을 유지하기 위해서는

$R + R_a = R_b = R_c$ 이어야 하므로 $R + R_a = 24$ 이다.

$$\therefore R = 24 - R_a = 24 - 8 = 16 \text{ [\Omega]}$$

15 그림과 같은 RC 저역통과 필터회로에 단위 임펄스를 입력으로 가했을 때 응답 $h(t)$ 는?



- ① $h(t) = RCe^{-\frac{t}{RC}}$
② $h(t) = \frac{1}{RC}e^{-\frac{t}{RC}}$
③ $h(t) = \frac{R}{1 + j\omega RC}$
④ $h(t) = \frac{1}{RC}e^{-\frac{C}{R}t}$

저역 필터회로의 임펄스 응답

먼저 전달함수 $G(s)$ 를 구하면

$$G(s) = \frac{V_2(s)}{V_1(s)} = \frac{\frac{1}{Cs}}{R + \frac{1}{Cs}} = \frac{1}{RCs + 1} \text{ 이다.}$$

입력이 임펄스 함수이므로 $V_1(s) = \mathcal{L}[\delta(t)] = 1$ 임을 알 수 있으며, 이 때 응답 $h(t)$ 는 $V_2(s)$ 의 역 라플라스 변환으로 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \therefore h(t) &= \mathcal{L}^{-1}[V_2(s)] = \mathcal{L}^{-1}\left[\frac{1}{RC} \times \frac{1}{s + \frac{1}{RC}}\right] \\ &= \frac{1}{RC} e^{-\frac{t}{RC}} \end{aligned}$$

16 전류 $I = 30\sin\omega t + 40\sin(3\omega t + 45^\circ)$ [A]의 실효값[A]은?

- ① 25 ② $25\sqrt{2}$
③ 50 ④ $50\sqrt{2}$

비정현파 실효값

$I_{m1} = 30 \text{ [A]}$, $I_{m3} = 40 \text{ [A]}$ 이므로

$$\begin{aligned} \therefore I &= \sqrt{\left(\frac{I_{m1}}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{I_{m3}}{\sqrt{2}}\right)^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{30}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{40}{\sqrt{2}}\right)^2} \\ &= \frac{\sqrt{30^2 + 40^2}}{\sqrt{2}} = 25\sqrt{2} \text{ [A]} \end{aligned}$$

17 평형 3상 3선식 회로에서 부하는 Y결선이고, 선간전압이 $173.2 \angle 0^\circ$ [V]일 때 선전류는 $20 \angle -120^\circ$ [A]이었다면, Y결선된 부하 한상의 임피던스는 약 몇 [Ω]인가?

- ① $5 \angle 60^\circ$ ② $5 \angle 90^\circ$
 ③ $5\sqrt{3} \angle 60^\circ$ ④ $5\sqrt{3} \angle 90^\circ$

Y결선의 전압, 전류 특성

선간전압 V_L , 상전압 V_P , 선전류 I_L , 상전류 I_P , 한상의 임피던스 Z 라 하면

$$V_L = \sqrt{3} V_P \angle +30^\circ \text{ [V]}, I_L = I_P \text{ 이므로}$$

$$Z = \frac{V_P}{I_P} = \frac{V_L}{\sqrt{3} I_L} \angle -30^\circ \text{ [}\Omega\text{]} \text{이다.}$$

$$V_L = 173.2 \angle 0^\circ \text{ [V]}, I_L = 20 \angle -120^\circ \text{ [A]} \text{ 일 때}$$

$$\begin{aligned} \therefore Z &= \frac{V_L}{\sqrt{3} I_L} \angle -30^\circ \\ &= \frac{173.2 \angle 0^\circ}{\sqrt{3} \times 20 \angle -120^\circ} \angle -30^\circ \\ &= 5 \angle 90^\circ \text{ [}\Omega\text{]} \end{aligned}$$

18 2전력계법으로 평형 3상 전력을 측정하였더니 한쪽의 지시가 500[W], 다른 한쪽의 지시가 1,500[W]이었다. 피상전력은 약 몇 [VA]인가?

- ① 2,000 ② 2,310
 ③ 2,646 ④ 2,771

2전력계법

$$(1) \text{ 전전력 : } P = W_1 + W_2 \text{ [W]}$$

$$(2) \text{ 무효전력 : } Q = \sqrt{3} (W_1 - W_2) \text{ [Var]}$$

$$(3) \text{ 피상전력 : } S = 2\sqrt{W_1^2 + W_2^2 - W_1 W_2} \text{ [VA]}$$

$$(4) \text{ 역률 : } \cos \theta = \frac{W_1 + W_2}{2\sqrt{W_1^2 + W_2^2 - W_1 W_2}}$$

$$W_1 = 500 \text{ [W]}, W_2 = 1,500 \text{ [W]} \text{ 이므로}$$

$$\begin{aligned} \therefore S &= 2\sqrt{W_1^2 + W_2^2 - W_1 W_2} \\ &= 2\sqrt{500^2 + 1,500^2 - 500 \times 1,500} \\ &= 2,646 \text{ [VA]} \end{aligned}$$

19 1[km]당 인덕턴스 25[mH], 정전용량 0.005[μ F]의 선로가 있다. 무손실 선로라고 가정한 경우 진행파의 위상(전파) 속도는 약 몇 [km/s]인가?

- ① 8.95×10^4 ② 9.95×10^4
 ③ 89.5×10^4 ④ 99.5×10^4

위상속도(v)

$$\text{인덕턴스 } L = 25 \text{ [mH/km]},$$

$$\text{정전용량 } C = 0.005 \text{ [}\mu\text{F/km]} \text{ 일 때}$$

$$\begin{aligned} \therefore v &= \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{25 \times 10^{-3} \times 0.005 \times 10^{-6}}} \\ &= 8.94 \times 10^4 \text{ [km/sec]} \end{aligned}$$

20 $f(t) = e^{j\omega t}$ 의 라플라스 변환은?

- ① $\frac{1}{s - j\omega}$ ② $\frac{1}{s + j\omega}$
 ③ $\frac{1}{s^2 + \omega^2}$ ④ $\frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$

라플라스 변환표

$f(t)$	$F(s)$
e^{at}	$\frac{1}{s - a}$
e^{-at}	$\frac{1}{s + a}$

$$\therefore \mathcal{L}[f(t)] = \mathcal{L}[e^{j\omega t}] = \frac{1}{s - j\omega}$$

19

5. 전기설비기술기준

2021년 7월 한국전기설비규정 개정에 따라 기출문제를 개정된 내용으로 반영하여 일부 삭제 및 변형하였습니다.

01 저압 옥상전선로의 시설에 대한 설명으로 틀린 것은?

- ① 전선은 절연전선을 사용한다.
- ② 전선은 지름 2.6 [mm] 이상의 경동선을 사용한다.
- ③ 전선은 상시 부는 바람 등에 의하여 식물에 접촉하지 않도록 시설한다.
- ④ 전선과 옥상전선로를 시설하는 조영재와의 이격거리를 0.5 [m]로 한다.

저압 옥상전선로

- (1) 저압 옥상전선로는 전개된 장소에 다음에 따르고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.
- ㉠ 전선은 인장강도 2.30 [kN] 이상의 것 또는 지름 2.6 [mm] 이상의 경동선을 사용할 것.
 - ㉡ 전선은 절연전선(OW전선을 포함한다.) 또는 이와 동등 이상의 절연효력이 있는 것을 사용할 것.
 - ㉢ 전선은 조영재에 견고하게 붙인 지지주 또는 지지대에 절연성·난연성 및 내수성이 있는 애자를 사용하여 지지하고 또한 그 지지점 간의 거리는 15 [m] 이하일 것.
 - ㉣ 전선과 그 저압 옥상 전선로를 시설하는 조영재와의 이격거리는 2 [m] (전선이 고압절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에는 1 [m]) 이상일 것.
- (2) 저압 옥상전선로의 전선은 상시 부는 바람 등에 의하여 식물에 접촉하지 아니하도록 시설하여야 한다.

02 사용전압 66 [kV]의 가공전선로를 시가지에 시설할 경우 전선의 지표상 최소 높이는 몇 [m]인가?

- ① 6.48 ② 8.36
③ 10.48 ④ 12.36

특고압 가공전선의 높이

구분	시설장소	전선의 높이	
특별고압	35[kV] 이하	① 지표상 10 [m]	② 특별고압 절연전선 사용시 8 [m]
	35[kV] 초과 170[kV] 이하	10,000 [V]마다 12 [cm] 가산하여 ①, ②항 + (사용전압[kV]/10-3.5) × 0.12 소수점 절상	

$\therefore 10 + (66/10 - 3.5) \times 0.12 = 10 + 4 \times 0.12$
 $= 10.48 \text{ [m] 이상}$

03 가공전선로의 지지물에 시설하는 지선의 시설 기준으로 옳은 것은?

- ① 지선의 안전율은 2.2 이상이어야 한다.
- ② 연선을 사용할 경우에는 소선(素線) 3가닥 이상이어야 한다.
- ③ 도로를 횡단하여 시설하는 지선의 높이는 지표상 4 [m] 이상으로 하여야 한다.
- ④ 지중부분 및 지표상 20 [cm]까지의 부분에는 내식성이 있는 것 또는 아연도금을 한다.

지선의 시설

- (1) 가공전선로의 지지물로 사용하는 철탑은 지선을 사용하여 그 강도를 분담시켜서는 안된다.
- (2) 가공전선로의 지지물에 시설하는 지선은 다음에 따라야 한다.
 - ㉠ 지선의 안전율은 2.5 이상일 것. 이 경우에 허용인장하중의 최저는 4.31 [kN]으로 한다.

- ㉔ 지선에 연선을 사용할 경우에는 다음에 의할 것.
- 소선(素線) 3가닥 이상의 연선일 것.
 - 소선의 지름이 2.6 [mm] 이상의 금속선을 사용한 것일 것.
 - 지중부분 및 지표상 30 [cm]까지의 부분에는 내식성이 있는 것 또는 아연도금을 한 철봉을 사용하고 쉽게 부식하지 아니하는 근간에 견고하게 붙일 것.
 - 지선근거는 지선의 인장하중에 충분히 견디도록 시설할 것.

(3) 지선의 높이

- ㉕ 도로를 횡단하여 시설하는 경우에는 지표상 5 [m] 이상으로 하여야 한다. 다만, 기술상 부득이한 경우로서 교통에 지장을 초래할 우려가 없는 경우에는 지표상 4.5 [m] 이상으로 할 수 있다.
- ㉖ 보도의 경우에는 2.5 [m] 이상으로 할 수 있다.

04 무선용 안테나 등을 지지하는 철탑의 기초 안전율은 얼마 이상이어야 하는가?

- ① 1.0 ② 1.5
③ 2.0 ④ 2.5

각종 안전율에 대한 종합 정리

- (1) 지지물 : 기초 안전율 2(이상시 상정하중에 대한 철탑의 기초에 대하여는 1.33)
- (2) 목주
- ㉑ 저압 : 1.2(저압 보안공사로 한 경우 1.5)
 - ㉒ 고압 : 1.3(고압 보안공사로 한 경우 1.5)
 - ㉓ 특고압 : 1.5(제2종 특고압 보안공사로 한 경우 2)
 - ㉔ 저·고압 가공전선의 공가 : 1.5
 - ㉕ 저·고압 가공전선이 교류전차선 위로 교차 : 2
- (3) 전선 : 2.5(경동선 또는 내열 동합금선은 2.2)
- (4) 지선 : 2.5
- (5) 특고압 가공전선을 지지하는 애자장치 : 2.5
- (6) 무선용 안테나를 지지하는 지지물, 케이블 트레이 : 1.5

삭제문제

05 전기집진장치에 특고압을 공급하기 위한 전기설비로서 변압기로부터 정류기에 이르는 케이블을 넣는 방호장치의 금속제 부분에 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우 제 몇 종 접지공사로 할 수 있는가?

- ① 제1종 접지공사
② 제2종 접지공사
③ 제3종 접지공사
④ 특별 제3종 접지공사

2021.1.1. 삭제된 기준임

06 가공전선로의 지지물에 취급자가 오르고 내리는데 사용하는 발판 볼트 등은 지표상 몇 [m] 미만에 시설하여서는 아니 되는가?

- ① 1.2 ② 1.8
③ 2.2 ④ 2.5

가공전선로의 지지물의 철탑오름 및 전주오름 방지

가공전선로의 지지물에 취급자가 오르고 내리는데 사용하는 발판 볼트 등을 지표상 1.8 [m] 미만에 시설하여서는 아니 된다.

07 특고압 가공전선로의 지지물로 사용하는 B종 철주에서 각도형은 전선로 중 몇 도를 넘는 수평각도를 이루는 곳에 사용되는가?

- ① 1 ② 2
③ 3 ④ 5

특고압 가공전선로의 B종 철주 · B종 철근 콘크리트주 또는 철탑의 종류

- (1) 직선형 : 전선로의 직선부분(3도 이하인 수평각도를 이루는 곳을 포함한다)에 사용하는 것.
- (2) 각도형 : 전선로중 3도를 초과하는 수평각도를 이루는 곳에 사용하는 것.
- (3) 인류형 : 전가접선을 인류하는 곳에 사용하는 것.
- (4) 내장형 : 전선로의 지지물 양쪽의 경간의 차가 큰 곳에 사용하는 것.
- (5) 보강형 : 전선로의 직선부분에 그 보강을 위하여 사용하는 것.

08 빙설의 정도에 따라 풍압하중을 적용하도록 규정하고 있는 내용 중 옳은 것은? (단, 빙설이 많은 지방 중 해안지방 기타 저온계절에 최대풍압이 생기는 지방은 제외한다.)

- ① 빙설이 많은 지방에서는 고온계절에는 갑종 풍압하중, 저온계절에는 을종풍압하중을 적용한다.
- ② 빙설이 많은 지방에서는 고온계절에는 을종 풍압하중, 저온계절에는 갑종풍압하중을 적용한다.
- ③ 빙설이 적은 지방에서는 고온계절에는 갑종 풍압하중, 저온계절에는 을종풍압하중을 적용한다.
- ④ 빙설이 적은 지방에서는 고온계절에는 을종 풍압하중, 저온계절에는 갑종풍압하중을 적용한다.

풍압하중의 적용

- (1) 빙설이 많은 지방 이외의 지방에서는 고온계절에는 갑종풍압하중, 저온계절에는 병종풍압하중
- (2) 빙설이 많은 지방(③의 지방은 제외한다)에서는 고온계절에는 갑종풍압하중, 저온계절에는 을종풍압하중
- (3) 빙설이 많은 지방 중 해안지방 기타 저온계절에 최대풍압이 생기는 지방에서는 고온계절에는 갑종풍압하중, 저온계절에는 갑종풍압하중과 을종풍압하중 중 큰 것.
- (4) 인가가 많이 연결되어 있는 장소에 시설하는 가공전선로의 구성재 중 다음의 풍압하중에 대하여는 병종 풍압하중을 적용할 수 있다.
 - ㉠ 저압 또는 고압 가공전선로의 지지물 또는 가설선
 - ㉡ 사용전압이 35 [kV] 이하의 전선에 특고압 절연전선 또는 케이블을 사용하는 특고압 가공전선로의 지지물, 가설선 및 특고압 가공전선을 지지하는 애자장치 및 완금류

09 조상설비의 조상기(調相機) 내부에 고장이 생긴 경우에 자동적으로 전로부터 차단하는 장치를 시설해야 하는 뱅크용량[kVA]으로 옳은 것은?

- ① 1,000 ② 1,500
- ③ 10,000 ④ 15,000

무효전력 보상장치의 보호장치

무효전력 보상장치에는 그 내부에 고장이 생긴 경우에 보호하는 장치를 아래 표와 같이 시설하여야 한다.

설비 종별	뱅크용량의 구분	자동적으로 전로부터 차단하는 장치
전력용 커패시터 및 분로 리액터	500[kVA] 초과 15,000[kVA] 미만	내부에 고장이 생긴 경우에 동작하는 장치 또는 과전류가 생긴 경우에 동작하는 장치
	15,000[kVA] 이상	내부에 고장이 생긴 경우에 동작하는 장치 및 과전류가 생긴 경우에 동작하는 장치 또는 과전압이 생긴 경우에 동작하는 장치
조상기 (調相機)	15,000[kVA] 이상	내부에 고장이 생긴 경우에 동작하는 장치

10 고압 가공전선로에 사용하는 가공지선으로 나경동선을 사용할 때의 최소 굵기[mm]는?

- ① 3.2 ② 3.5
- ③ 4.0 ④ 5.0

가공전선로의 지지물에 시설하는 가공지선

사용 전압	가공지선의 규격
고압	인장강도 5.26 [kN] 이상의 것 또는 지름 4 [mm] 이상의 나경동선
특고압	인장강도 8.01 [kN] 이상의 것 또는 지름 5 [mm] 이상의 나경동선, 22 [mm ²] 이상의 나경동연선이나 아연도강연선, OPGW(광섬유 복합 가공지선) 전선

삭제문제

11 440[V]용 전동기의 외함을 접지할 때 접지저항 값은 몇 [Ω] 이하로 유지하여야 하는가?

- ① 10 ② 20
- ③ 30 ④ 100

2021.1.1. 삭제된 기준임

삭제문제

12 전로에 시설하는 고압용 기계기구의 철대 및 금속 제 외함에는 제 몇 종 접지공사를 하여야 하는가?

- ① 제1종 접지공사
- ② 제2종 접지공사
- ③ 제3종 접지공사
- ④ 특별 제3종 접지공사

2021.1.1. 삭제된 기준임

규정변경

13 차량 기타 중량물의 압력을 받을 우려가 있는 장소에 지중전선로를 직접매설식으로 시설하는 경우 매설깊이는 몇 [m] 이상이어야 하는가?

- ① 0.8 ② 1.0
- ③ 1.2 ④ 1.5

지중전선로의 시설

지중전선로를 직접매설식에 의하여 시설하는 경우에는 매설 깊이를 차량 기타 중량물의 압력을 받을 우려가 있는 장소에는 1.0 [m] 이상, 기타 장소에는 0.6 [m] 이상으로 하고 또한 지중전선을 견고한 트라프 기타 방호물에 넣어 시설하여야 한다. 다만, 저압 또는 고압의 지중전선에 콤팩트 케이블을 사용하여 시설하는 경우에는 지중전선을 견고한 트라프 기타 방호물에 넣지 아니하여도 된다.

※ KEC 규정 변경으로 답이 ②번으로 수정됨.

삭제문제

14 저압 옥내배선의 사용전압이 400[V] 미만인 경우 버스덕트 공사는 몇 종 접지공사를 하여야 하는가?

- ① 제1종 접지공사
- ② 제2종 접지공사
- ③ 제3종 접지공사
- ④ 특별 제3종 접지공사

2021.1.1. 삭제된 기준임

15 고압용 기계기구를 시설하여서는 안 되는 경우는?

- ① 시가지 외로서 지표상 3 [m]인 경우
- ② 발전소, 변전소, 개폐소 또는 이에 준하는 곳에 시설하는 경우
- ③ 옥내에 설치한 기계기구를 취급자 이외의 사람이 출입할 수 없도록 설치한 곳에 시설하는 경우
- ④ 공장 등의 구내에서 기계기구의 주위에 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 적당한 울타리를 설치하는 경우

고압용 기계기구의 시설

고압용 기계기구는 다음의 어느 하나에 해당하는 경우와 발전소·변전소·개폐소 또는 이에 준하는 곳에 시설하는 경우 이외에는 시설하여서는 아니 된다.

- (1) 기계기구의 주위에 발전소 등의 울타리·담 등의 시설 규정에 준하여 울타리·담 등을 시설하는 경우
- (2) 기계기구 이에 부속하는 전선에 케이블(또는 고압 인하용 절연전선을 사용하는 것에 한한다)을 지표상 4.5 [m] (시가지 외에는 4 [m]) 이상의 높이에 시설하고 또한 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우(단, 특고압용 기계기구는 지표상 5 [m] 이상)
- (3) 공장 등의 구내에서 기계기구의 주위에 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 적당한 울타리를 설치하는 경우
- (4) 옥내에 설치한 기계 기구를 취급자 이외의 사람이 출입할 수 없도록 설치한 곳에 시설하는 경우
- (5) 기계 기구를 콘크리트제의 함 또는 접지공사를 한 금속제함에 넣고 또한 충전부분이 노출하지 아니하도록 시설하는 경우
- (6) 충전부분이 노출하지 아니하는 기계 기구를 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우
- (7) 충전부분이 노출하지 아니하는 기계 기구를 온도상승에 의하여 또는 고장시 그 근처의 대지와의 사이에 생기는 전위차에 의하여 사람이나 가축 또는 다른 시설물에 위험의 우려가 없도록 시설하는 경우

16 특고압용 변압기의 보호장치인 냉각장치에 고장이 생긴 경우 변압기의 온도가 현저하게 상승한 경우에 이를 경보하는 장치를 반드시 하지 않아도 되는 경우는?

- ① 유입 풍냉식 ② 유입 자냉식
③ 송유 풍냉식 ④ 송유 수냉식

특고압용 변압기의 보호장치

특고압용의 변압기에는 그 내부에 고장이 생겼을 경우에 보호하는 장치를 아래 표와 같이 시설하여야 한다. 다만, 변압기의 내부에 고장이 생겼을 경우에 그 변압기의 전원인 발전기를 자동적으로 정지하도록 시설한 경우에는 그 발전기의 전로부터 차단하는 장치를 하지 아니하여도 된다.

뱅크용량의 구분	동작조건	장치의 종류
5,000 [kVA] 이상 10,000 [kVA] 미만	변압기 내부고장	자동차단장치 또는 경보장치
10,000 [kVA] 이상	변압기 내부고장	자동차단장치
타냉식변압기(변압기의 권선 및 철심을 직접 냉각시키기 위하여 봉입한 냉매를 강제 순환시키는 냉각방식을 말한다)	냉각장치에 고장이 생긴 경우 또는 변압기의 온도가 현저히 상승한 경우	경보장치

17 옥내에 시설하는 전동기가 소손되는 것을 방지하기 위한 과부하 보호 장치를 하지 않아도 되는 것은?

- ① 정격 출력이 7.5 [kW] 이상인 경우
② 정격 출력이 0.2 [kW] 이하인 경우
③ 정격 출력이 2.5 [kW]이며, 과전류 차단기가 없는 경우
④ 전동기 출력이 4 [kW]이며, 취급자가 감시할 수 없는 경우

저압전로 중의 전동기 보호용 과전류 보호장치의 시설

옥내에 시설하는 전동기(정격 출력이 0.2 [kW] 이하인 것을 제외한다)에는 전동기가 손상될 우려가 있는 과전류가 생겼을 때에 자동적으로 이를 저지하거나 이를 경보하는 장치를 하여야 한다. 다만, 다음의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.

- (1) 전동기를 운전 중 상시 취급자가 감시할 수 있는 위치에 시설하는 경우
(2) 전동기의 구조나 부하의 성질로 보아 전동기가 손상될 수 있는 과전류가 생길 우려가 없는 경우
(3) 단상전동기로서 그 전원측 전로에 시설하는 과전류 차단기의 정격전류가 16 [A] (배선용차단기는 20 [A]) 이하인 경우

삭제문제

18 가공 직류 전차선의 레일면상의 높이는 일반적인 경우 몇 [m] 이상이어야 하는가?

- ① 4.3 ② 4.8
③ 5.2 ④ 5.8

2021.1.1. 삭제된 기준임

삭제문제

19 저압전로에서 그 전로에 지락이 생겼을 경우에 0.5초 이내에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설 시 자동차단기의 정격감도전류가 100[mA] 이면 제3종 접지공사의 접지저항 값은 몇 [Ω] 이하로 하여야 하는가? (단, 전기적 위험도가 높은 장소인 경우이다.)

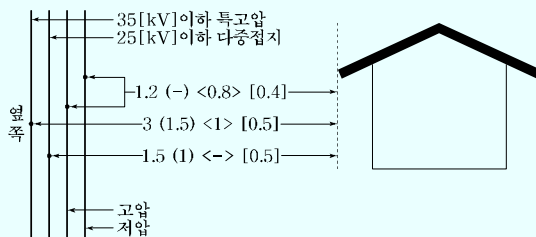
- ① 50 ② 100
③ 150 ④ 200

2021.1.1. 삭제된 기준임

20 어떤 공장에서 케이블을 사용하는 사용전압이 22 [kV]인 가공전선을 건물 옆쪽에서 1차 접근상태로 시설하는 경우, 케이블과 건물의 조영재 이격거리는 몇 [cm] 이상이어야 하는가?

- ① 50 ② 80
③ 100 ④ 120

가공전선과 건조물의 조영재 사이의 이격거리



<기호 설명>

() : 저압선에 DV전선 또는 450/750 [V] 일반용 단심 비닐절연전선을 사용하고, 고압선에 고압 절연전선을 사용하거나 특고압선에 특고압 절연전선을 사용하는 경우
[] : 저압선에 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블을 사용하거나 고압과 특고압선에 케이블을 사용하는 경우

< > : 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우

19

1. 전기자기학

01 원통 좌표계에서 일반적으로 벡터가

$A = 5r \sin \phi a_z$ 로 표현될 때 점 $(2, \frac{\pi}{2}, 0)$ 에서 $\text{curl} A$ 를 구하면?

- ① $5a_r$ ② $5\pi a_\phi$
 ③ $-5a_\phi$ ④ $-5\pi a_\phi$

원통좌표계 해석

$\dot{A} = A_r a_r + A_\phi a_\phi + A_z a_z = 5r \sin \phi a_z$ 에서
 $A_r = 0, A_\phi = 0, A_z = 5r \sin \phi$ 이므로

$$\begin{aligned} \text{curl} \dot{A} &= \frac{1}{r} \begin{vmatrix} a_r & r a_\phi & a_z \\ \frac{\partial}{\partial r} & \frac{\partial}{\partial \phi} & \frac{\partial}{\partial z} \\ 0 & 0 & 5r \sin \phi \end{vmatrix} \\ &= \frac{1}{r} \left\{ \frac{\partial(5r \sin \phi)}{\partial \phi} a_r + \left(-\frac{\partial(5r \sin \phi)}{\partial r} \right) r a_\phi \right\} \\ &= 5 \cos \phi a_r - 5 \sin \phi a_\phi \text{이다.} \end{aligned}$$

$r=2, \phi = \frac{\pi}{2}, z=0$ 일 때

$\cos \frac{\pi}{2} = 0, \sin \frac{\pi}{2} = 1$ 이므로

$\therefore \text{curl} \dot{A} = -5a_\phi$

02 전하 q [C]가 진공 중의 자계 H [AT/m]에 수직 방향으로 v [m/s]의 속도로 움직일 때 받는 힘은 몇 [N]인가? (단, 진공 중의 투자율은 μ_o 이다.)

- ① qvH ② $\mu_o qH$
 ③ πqvH ④ $\mu_o qvH$

로렌츠의 힘(F)

$F = q(E + v \times B)$ [N] 식에서 전계 E 가 주어지지 않는 경우이므로 $F = q(v \times B)$ [N]이다.

수직방향은 $\theta = 90^\circ$ 이며, $B = \mu_o H$ [Wb/m²]이므로

$F = qv \times B = qvB \sin \theta$ [N]일 때

$\therefore F = qv \mu_o H \sin 90^\circ = \mu_o qvH$ [N]

03 환상철심의 평균 자계의 세기가 3,000[AT/m]이고, 비투자율이 600인 철심 중의 자화의 세기는 약 몇 [Wb/m²]인가?

- ① 0.75 ② 2.26
 ③ 4.52 ④ 9.04

자화의 세기(J)

$H = 3,000$ [AT/m], $\mu_s = 600$ 이므로

$$\begin{aligned} \therefore J &= \mu_o(\mu_s - 1)H \\ &= 4\pi \times 10^{-7} \times (600 - 1) \times 3,000 \\ &= 2.26 \text{ [Wb/m}^2\text{]} \end{aligned}$$

04 강자성체의 세 가지 특성에 포함되지 않는 것은?

- ① 자기포화 특성 ② 와전류 특성
 ③ 고투자율 특성 ④ 히스테리시스 특성

강자성체의 성질

강자성체의 성질은 비투자율과 자화율이 모두 매우 커야 하며 히스테리시스특성(자기이력특성=포화특성)과 자구를 가지는 자성체라야 한다.

05 전기 저항에 대한 설명으로 틀린 것은?

- ① 저항의 단위는 옴[Ω]을 사용한다.
 ② 저항률(ρ)의 역수를 도전율이라고 한다.
 ③ 금속선의 저항 R 은 길이 l 에 반비례한다.
 ④ 전류가 흐르고 있는 금속선에 있어서 임의 두 점간의 전위차는 전류에 비례한다.

도체의 전기저항(R)

반지름을 a [m]라 할 때 도체의 단면적 $S = \pi a^2$ [m²]

이므로 도체의 길이를 l [m]이라 하면 도체의 저항

$$R = \rho \frac{l}{S} = \rho \frac{l}{\pi a^2} \text{ [}\Omega\text{]} \text{이다.}$$

따라서 저항은 단면적에 반비례하고 길이에 비례하며 도체 반지름의 제곱에 반비례한다.

06 변위전류와 가장 관계가 깊은 것은?

- ① 도체 ② 반도체
③ 유전체 ④ 자성체

변위전류

변위전류란 유전체 내에 흐르는 전류로서 전속밀도의 시간적 변화에 의해서 정해진다. 따라서 변위전류와 가장 관계가 깊은 것은 보기 중 유전체이다.

07 전자파의 특성에 대한 설명으로 틀린 것은?

- ① 전자파의 속도는 주파수와 무관하다.
② 전파 E_x 를 고유임피던스로 나누면 자파 H_y 가 된다.
③ 전파 E_x 와 자파 H_y 의 진동방향은 진행 방향에 수평인 종파이다.
④ 매질이 도전성을 갖지 않으면 전파 E_x 와 자파 H_y 는 동위상이 된다.

전자파의 특성

(1) 고유임피던스(=특성임피던스)

$$\eta = \frac{E}{H} = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} [\Omega] \text{이므로 } H = \frac{E}{\eta} \text{이다.}$$

(2) 전계와 자계가 만드는 파를 전자파라 하며 전계와 자계는 같은 위상으로 동시에 존재하며 전계와 자계 모두 진행방향에 대하여 수직을 이룬다.

(3) 전파속도

$$v = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}} [\text{m/s}] \text{이므로 주파수에 무관하다.}$$

08 도전도 $k = 6 \times 10^{17} [\text{U/m}]$, 투자율

$\mu = \frac{6}{\pi} \times 10^{-7} [\text{H/m}]$ 인 평면도체 표면에 $10 [\text{kHz}]$ 의 전류가 흐를 때, 침투깊이 $\delta [\text{m}]$ 은?

- ① $\frac{1}{6} \times 10^{-7}$ ② $\frac{1}{8.5} \times 10^{-7}$
③ $\frac{36}{\pi} \times 10^{-6}$ ④ $\frac{36}{\pi} \times 10^{-10}$

표피효과에 의한 침투깊이(δ)

각주파수 ω , 도전율 k , 고유저항 ρ , 투자율 μ ,

주파수 f 라 하면 $\omega = 2\pi f [\text{rad/sec}]$, $k = \frac{1}{\rho}$

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega k \mu}} = \sqrt{\frac{1}{\pi f k \mu}} = \sqrt{\frac{2\rho}{\omega \mu}} = \sqrt{\frac{\rho}{\pi f \mu}} \text{이므로}$$

$$k = 6 \times 10^{17} [\text{U/m}], \mu = \frac{6}{\pi} \times 10^{-7} [\text{H/m}],$$

$$f = 10 [\text{kHz}], \omega = 2\pi f [\text{rad/sec}] \text{일 때}$$

$$\therefore \delta = \sqrt{\frac{1}{\pi f k \mu}}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{\pi \times 10 \times 10^3 \times 6 \times 10^{17} \times \frac{6}{\pi} \times 10^{-7}}}$$

$$= \frac{1}{6} \times 10^{-7} [\text{m}]$$

09 평행판 콘덴서의 극간 전압이 일정한 상태에서

극간에 공기가 있을 때의 흡인력을 F_1 , 극판 사이에 극판 간격의 $\frac{2}{3}$ 두께의 유리판($\epsilon_r = 10$)을 삽입

할 때의 흡인력을 F_2 라 하면 $\frac{F_2}{F_1}$ 은?

- ① 0.6 ② 0.8
③ 1.5 ④ 2.5

평행판 콘덴서의 정전흡인력(F)

정전용량 C , 전하량 Q , 전위차 V , 정전에너지 W , 정전흡인력 F 의 관계는

$$W = \frac{1}{2} C V^2 = \frac{1}{2} Q V = \frac{Q^2}{2C} [\text{J}] \quad F = \frac{\partial W}{\partial d} [\text{N}]$$

전압이 일정할 때 $W = \frac{1}{2} C V^2 [\text{J}]$ 이므로

$F \propto W \propto C$ 임을 알 수 있다.

평행판 공기콘덴서의 정전용량 C_0 , 유전체가 채워진 경우를 C 라 하면

$$C_0 = \frac{\epsilon_0 S}{d} [\text{F}]$$

$$C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}} = \frac{1}{\frac{\frac{1}{3}d}{\epsilon_0 S} + \frac{\frac{2}{3}d}{\epsilon_0 \epsilon_r S}} = \frac{3\epsilon_0 \epsilon_r S}{\epsilon_r d + 2d}$$

$$= \frac{3\epsilon_r}{\epsilon_r + 2} \cdot \frac{\epsilon_0 S}{d} = \frac{3\epsilon_r}{\epsilon_r + 2} C_0 [\text{F}]$$

비유전율 $\epsilon_r = 10$ 일 때

$$C = \frac{3\epsilon_r}{\epsilon_r + 2} C_0 = \frac{3 \times 10}{10 + 2} C_0 = 2.5 C_0 [\text{F}]$$

$\therefore$ 정전흡인력, 정전에너지, 정전용량이 모두 2.5배 증가한다.

10 자계의 벡터포텐셜을 A 라 할 때 자계의 시간적 변화에 의하여 생기는 전기의 세기 E 는?

- ① $E = \text{rot}A$ ② $\text{rot}E = A$
 ③ $E = -\frac{\partial A}{\partial t}$ ④ $\text{rot}E = -\frac{\partial A}{\partial t}$

자기벡터포텐셜(A)

패러데이법칙에 의한 맥스웰 방정식은

$$\text{rot} E = -\frac{\partial B}{\partial t} \text{이고 자기벡터포텐셜}(A) \text{과 자속밀도}(B)$$

관계는 $B = \text{rot}A$ 이므로

$$\text{rot} E = -\frac{\partial B}{\partial t} = \text{rot} \left(-\frac{\partial A}{\partial t} \right) \text{임을 알 수 있다.}$$

$$\therefore E = -\frac{\partial A}{\partial t} \text{이다.}$$

11 무한장 직선형 도선에 I [A]의 전류가 흐를 경우 도선으로부터 R [m] 떨어진 점의 자속밀도 B [Wb/m²]는?

- ① $B = \frac{\mu I}{2\pi R}$ ② $B = \frac{I}{2\pi\mu R}$
 ③ $B = \frac{\mu I}{4\pi R}$ ④ $B = \frac{I}{4\pi\mu R}$

직선도체에 의한 자계의 세기(H) 및 자속밀도(B)

$$H = \frac{NI}{l} = \frac{NI}{2\pi R} \text{ [AT/m] 이므로}$$

$N=1$ 일 때 자속밀도 B 는

$$\therefore B = \mu H = \frac{\mu I}{l} = \frac{\mu I}{2\pi R} \text{ [Wb/m}^2\text{]}$$

12 송전선의 전류가 0.01초 사이에 10[kA] 변화될 때 이 송전선에 나란한 통신선에 유도되는 유도전압은 몇 [V]인가? (단, 송전선과 통신선 간의 상호유도계수는 0.3[mH]이다)

- ① 30 ② 300
 ③ 3,000 ④ 30,000

유도기전력(e_2)

$$e_2 = M \frac{di_1}{dt} \text{ [V] 식에서 } dt = 0.01 \text{ [sec],}$$

$di_1 = 10 \text{ [kA], } M = 0.3 \text{ [mH]}$ 이므로

$$\therefore e_2 = M \frac{di_1}{dt} = 0.3 \times 10^{-3} \times \frac{10 \times 10^3}{0.01} = 300 \text{ [V]}$$

13 단면적 15[cm²]의 자석 근처에 같은 단면적을 가진 철편을 놓을 때 그 곳을 통하는 자속이 3×10^{-4} [Wb]이면 철편에 작용하는 흡인력은 약 몇 [N]인가?

- ① 12.2 ② 23.9
 ③ 36.6 ④ 48.8

자기에너지

자속밀도 B , 투자율 μ 라 하면 체적 내의 자기에너지 W 와 면적 내의 전자력 F 는

$$W = w \times \text{체적} = \frac{B^2}{2\mu} \times \text{체적} \text{ [J]}$$

$$F = f \times \text{면적} = \frac{B^2}{2\mu} \times \text{면적} \text{ [N]이다.}$$

$S = 15 \text{ [cm}^2\text{]}, \phi = 3 \times 10^{-4} \text{ [Wb]}$ 일 때

$$B = \frac{\phi}{S} = \frac{3 \times 10^{-4}}{15 \times 10^{-4}} = 0.2 \text{ [Wb/m}^2\text{]}$$

$$\therefore F = \frac{B^2}{2\mu_0} \times S = \frac{0.2^2}{2 \times 4\pi \times 10^{-7}} \times 15 \times 10^{-4} = 23.9 \text{ [N]}$$

14 길이 l [m]인 동축 원통 도체의 내외 원통에 각각 $+\lambda, -\lambda$ [C/m]의 전하가 분포되어 있다. 내외 원통 사이에 유전율 ϵ 인 유전체가 채워져 있을 때, 전기의 세기[V/m]은? (단, V 는 내외 원통 간의 전위차, D 는 전속밀도이고, a, b 는 내외 원통의 반지름이며, 원통 중심에서의 거리 r 은 $a < r < b$ 인 경우이다.)

- ① $\frac{V}{r \cdot \ln \frac{b}{a}}$ ② $\frac{V}{\epsilon \cdot \ln \frac{b}{a}}$
 ③ $\frac{D}{r \cdot \ln \frac{b}{a}}$ ④ $\frac{D}{\epsilon \cdot \ln \frac{b}{a}}$

동심원통도체에 의한 전기의 세기와 전위

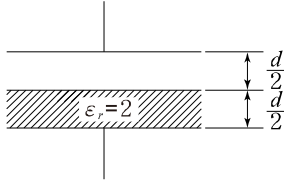
동심원통도체의 내, 외부에 $+\lambda, -\lambda$ [C/m]의 전하가 분포되어 있는 경우 내, 외부 사이의 전기의 세기(E) 및 전위(V)는

$$E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon r} \text{ [V/m], } V = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon} \ln \frac{b}{a} \text{ [V]이다.}$$

$$\frac{\lambda}{2\pi\epsilon} = \frac{V}{\ln \frac{b}{a}} \text{ 이므로}$$

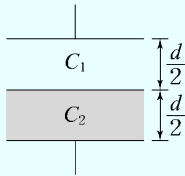
$$\therefore E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon r} = \frac{V}{r \cdot \ln \frac{b}{a}} \text{ [V/m]}$$

- 15 정전용량이 $1[\mu\text{F}]$ 이고 판의 간격이 d 인 공기 콘덴서가 있다. 두께 $\frac{1}{2}d$, 비유전율 $\epsilon_r = 2$ 유전체를 그 콘덴서의 한 전극면에 접촉하여 넣었을 때 전체의 정전용량 $[\mu\text{F}]$ 은?



- ① 2 ② $\frac{1}{2}$
 ③ $\frac{4}{3}$ ④ $\frac{5}{3}$

정전용량



공기콘덴서의 정전용량 $C_0 = \frac{\epsilon_0 S}{d} = 1[\mu\text{F}]$ 일 때

$$C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{\frac{d}{2}} = \frac{2\epsilon_0 S}{d}, \quad C_2 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{\frac{d}{2}} = \frac{2\epsilon_0 \epsilon_r S}{d}$$

C_1 과 C_2 는 직렬접속되어 있으므로

$$C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}} = \frac{1}{\frac{d}{2\epsilon_0 S} + \frac{d}{2\epsilon_0 \epsilon_r S}} = \frac{2\epsilon_0 \epsilon_r S}{(\epsilon_r + 1)d}$$

$$= \frac{2\epsilon_r}{\epsilon_r + 1} \cdot \frac{\epsilon_0 S}{d} = \frac{2\epsilon_r}{\epsilon_r + 1} C_0$$

$\epsilon_r = 2$ 일 때

$$\therefore C = \frac{2 \times 2}{2 + 1} \times 1 = \frac{4}{3} [\mu\text{F}]$$

- 16 정전용량이 각각 C_1, C_2 , 그 사이의 상호 유도계수가 M 인 절연된 두 도체가 있다. 두 도체를 가는 선으로 연결할 경우, 정전용량은 어떻게 표현되는가?

- ① $C_1 + C_2 - M$ ② $C_1 + C_2 + M$
 ③ $C_1 + C_2 + 2M$ ④ $2C_1 + 2C_2 + M$

용량계수(q_{11}, q_{22})와 유도계수(q_{12}, q_{21})

$$Q_1 = q_{11} V_1 + q_{12} V_2 = C_1 V_1 + M V_2$$

$$Q_2 = q_{21} V_1 + q_{22} V_2 = C_2 V_2 + M V_1$$

두 도체를 가는 선으로 연결하면 두 도체는 병렬접속되어 전위가 같게 되므로

$$Q_1 + Q_2 = C V = (C_1 + 2M + C_2) V \text{ [C]이다.}$$

$$\therefore C = C_1 + C_2 + 2M \text{ [F]}$$

- 17 진공 중에서 점 P(1, 2, 3) 및 점 Q(2, 0, 5)에 각각 $300[\mu\text{C}]$, $-100[\mu\text{C}]$ 인 점전하가 놓여 있을 때 점전하 $-100[\mu\text{C}]$ 에 작용하는 힘은 몇 [N]인가?

- ① $10i - 20j + 20k$
 ② $10i + 20j - 20k$
 ③ $-10i + 20j + 20k$
 ④ $-10i + 20j - 20k$

쿨롱의 법칙

P점의 전하는 정(+)전하이므로 Q점의 전하는 부(-)전하이므로 두 전하 사이에는 정전 흡인력이 작용하여 Q점의 전하는 P점으로 향하는 힘이 작용한다. 따라서 작용력의 단위벡터 $\vec{n}$ 을 구하여 보면

$$\vec{n} = \frac{(1-2)\vec{i} + (2-0)\vec{j} + (3-5)\vec{k}}{\sqrt{(1-2)^2 + (2-0)^2 + (3-5)^2}}$$

$$= \frac{1}{3}(-\vec{i} + 2\vec{j} - 2\vec{k}) \text{ 이다.}$$

또한 $r = 3 \text{ [m]}$ 떨어진 두 전하 사이의 작용력 F 는

$$F = 9 \times 10^9 \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{300 \times 10^{-6} \times 100 \times 10^{-6}}{3^2} = 30 \text{ [N]}$$

$$\therefore \vec{F} = F \vec{n} = 30 \times \frac{1}{3}(-\vec{i} + 2\vec{j} - 2\vec{k})$$

$$= -10\vec{i} + 20\vec{j} - 20\vec{k}$$

18 단면적이 $s[\text{m}^2]$, 단위 길이에 대한 권수가 n [회/m]인 무한히 긴 솔레노이드의 단위 길이당 자기인덕턴스[H/m]는?

- ① $\mu \cdot s \cdot n$ ② $\mu \cdot s \cdot n^2$
 ③ $\mu \cdot s^2 \cdot n$ ④ $\mu \cdot s^2 \cdot n^2$

무한장 솔레노이드의 자기인덕턴스(L)

$$L = \mu S n^2 [\text{H/m}]$$

19 반지름 $a[\text{m}]$ 의 구 도체에 전하 $Q[\text{C}]$ 가 주어질 때 구 도체 표면에 작용하는 정전응력은 몇 $[\text{N/m}^2]$ 인가?

- ① $\frac{9Q^2}{16\pi^2\epsilon_0 a^6}$ ② $\frac{9Q^2}{32\pi^2\epsilon_0 a^6}$
 ③ $\frac{Q^2}{16\pi^2\epsilon_0 a^4}$ ④ $\frac{Q^2}{32\pi^2\epsilon_0 a^4}$

유전체 내의 정전력(f)

단위 면적당 정전력 f 는 단위체적당 정전에너지 w 와 같으며

$$f = \frac{\rho_s^2}{2\epsilon} = \frac{D^2}{2\epsilon} = \frac{1}{2}\epsilon E^2 = \frac{1}{2}ED [\text{N/m}^2]$$

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 a^2} [\text{V/m}] \text{이므로}$$

$$\begin{aligned} \therefore f &= \frac{1}{2}\epsilon_0 E^2 = \frac{1}{2}\epsilon_0 \left(\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 a^2} \right)^2 \\ &= \frac{Q^2}{32\pi^2\epsilon_0 a^4} [\text{N/m}^2] \end{aligned}$$

20 다음 금속 중 저항률이 가장 작은 것은?

- ① 은 ② 철
 ③ 백금 ④ 알루미늄

금속의 저항률

금속	저항률 $[\mu\Omega \cdot \text{cm}]$
은	1.62
구리	1.7241
금	2.4
알루미늄	2.72
순철	9.8
강철	10~20
백금	10.6
주석	11.4

19

2. 전력공학

01 플리커 경감을 위한 전력 공급측의 방안이 아닌 것은?

- ① 공급전압을 낮춘다.
- ② 전용 변압기로 공급한다.
- ③ 단독 공급계통을 구성한다.
- ④ 단락용량이 큰 계통에서 공급한다.

플리커의 경감대책

- (1) 전원측에서 실시하는 방법
 - ㉠ 전용 계통으로 공급한다.
 - ㉡ 단락용량이 큰 계통에서 공급한다.
 - ㉢ 전용 변압기로 공급한다.
 - ㉣ 공급전압을 증압한다.
- (2) 부하측에서 실시하는 방법
 - ㉠ 전원 계통에 리액터분을 보상하는 방법
 - 직렬콘덴서 방식
 - 3권선 보상변압기 방식
 - ㉡ 전압강하를 보상하는 방법
 - 부스터 방식
 - 상호보상리액터 방식
 - ㉢ 부하의 무효전력 변동분을 흡수하는 방법
 - 동기조상기와 리액터 방식
 - 사이리스터 이용 콘덴서 개폐 방식
 - 사이리스터용 리액터
 - ㉣ 플리커 부하전류의 변동분을 억제하는 방법
 - 직렬리액터 방식
 - 직렬리액터 가포화방식

02 수력발전설비에서 흡출관을 사용하는 목적으로 옳은 것은?

- ① 압력을 줄이기 위하여
- ② 유효낙차를 늘리기 위하여
- ③ 속도변동률을 적게 하기 위하여
- ④ 물의 유선을 일정하게 하기 위하여

흡출관이란 러너 출구로부터 방수면까지의 사이를 관으로 연결하고 여기에 물을 충만시켜서 흘러넘으로써 낙차를 유효하게 늘리는 것을 의미하며 저낙차에 이용하는 카플란 수차에 필요하다.

03 원자로에서 중성자가 원자로 외부로 유출되어 인체에 위험을 주는 것을 방지하고 방열의 효과를 주기 위한 것은?

- ① 제어재 ② 차폐재
- ③ 반사체 ④ 구조재

원자로의 구성 재료

- (1) 제어재 : 원자로 내에서 핵분열시 연쇄반응을 제어하고 증배율을 변화시키기 위한 재료
- (2) 차폐재 : γ 선이나 중성자가 노 외부로 유출되어 인체에 위험을 주는 것을 방지하고 방열효과를 주기 위한 재료
- (3) 반사체 : 노(爐) 밖으로 누설하는 중성자를 적게 하여 핵연료의 소요량을 감소시키기 위한 재료
- (4) 구조재 : 주요 구조재로는 철강이 사용된다. 탄소강은 압력용기로 쓰이며 스텐강은 노심부 용기, 연료 피복, 열교환기, 기타의 도관류에 쓰인다.

04 역률 80[%], 500[kVA]의 부하설비에 100[kVA]의 진상용 콘덴서를 설치하여 역률을 개선하면 수전점에서의 부하는 약 몇 [kVA]가 되는가?

- ① 400 ② 425
- ③ 450 ④ 475

진상용콘덴서(Q_c)

역률 개선 전의 부하의 유효분과 무효분 전력은

$$P = S \cos \theta = 500 \times 0.8 = 400 \text{ [kW]}$$

$$Q = S \sin \theta = 500 \times 0.6 = 300 \text{ [kVar]} \text{ 이므로}$$

진상용콘덴서를 설치하게 되면 무효분 전력이 감소하여 역률이 개선된다. 따라서 역률이 개선된 후의 무효전력은 $Q' = Q - Q_c = 300 - 100 = 200 \text{ [kVar]}$ 가 된다.

역률이 개선된 후의 새로운 피상전력 S' 는

$$\begin{aligned} \therefore S' &= \sqrt{P^2 + (Q')^2} = \sqrt{400^2 + 200^2} \\ &\approx 450 \text{ [kVA]} \end{aligned}$$

05 변성기의 정격부담을 표시하는 단위는?

- ① W ② S
③ dyne ④ VA

변성기의 정격부담(P)

계기용변성기는 2차측에 계기나 계전기를 부하로 두고 있으며 이들 계기나 계전기는 매우 작은 전력을 소모하는 임피던스를 내부에 두고 있다. 이때 임피던스에 나타나는 전력을 변성기의 정격부담이라 한다. 또한 수식으로는

$$P = I^2 Z = \frac{V^2}{Z} \text{ [VA]로 표현한다.}$$

06 같은 선로와 같은 부하에서 교류 단상 3선식은 단상 2선식에 비하여 전압강하와 배전효율이 어떻게 되는가?

- ① 전압강하는 적고, 배전효율은 높다.
② 전압강하는 크고, 배전효율은 낮다.
③ 전압강하는 적고, 배전효율은 낮다.
④ 전압강하는 크고, 배전효율은 높다.

배전방식의 전기적 특징

전압강하 V_d , 전력손실 P_l , 공급전압 V 라 할 때 단상 3선식은 단상 2선식에 비해 공급전압을 2배 크게 할 수 있으므로 $V_d \propto \frac{1}{V}$, $P_l \propto \frac{1}{V^2}$ 식에서 전압강하는 감소하고 전력손실도 감소한다.

∴ 전압강하 감소, 전력손실 감소, 배전효율 증가

07 부하전류의 차단에 사용되지 않는 것은?

- ① DS ② ACB
③ OCB ④ VCB

단로기(DS)

단로기는 고압선로에 사용하는 선로개폐기로서 소호장치가 없어 고장전류나 부하전류를 개폐하거나 차단할 수 없으며 오직 무부하시에만 무부하전류(충전전류와 여자전류)를 개폐할 수 있는 설비이다. 또한, 기기 점검 및 수리를 위해 회로를 분리하거나 계통의 접속을 바꾸는 데 사용된다.

08 인터록(interlock)의 기능에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 조작자의 의중에 따라 개폐되어야 한다.
② 차단기가 열려 있어야 단로기를 닫을 수 있다.
③ 차단기가 닫혀 있어야 단로기를 닫을 수 있다.
④ 차단기와 단로기를 별도로 닫고, 열 수 있어야 한다.

인터록

차단기(CB)와 단로기(DS)는 전원을 투입할 때나 차단할 때 조작하는데 일정한 순서로 규칙을 정하였다. 이는 고장전류나 부하전류가 흐르고 있는 경우에는 단로기로 선로를 개폐하거나 차단이 불가능하기 때문이다. 따라서 어떤 경우에도 무부하상태의 조건을 만족하게 되면 단로기는 조작이 가능하게 되며 그 이외에는 단로기를 조작할 수 없도록 시설하는 것을 인터록이라 한다.

∴ 차단기가 열려있어야만 단로기를 개폐할 수 있다.

09 각 전력계통을 연계선으로 상호 연결하였을 때 장점으로 틀린 것은?

- ① 건설비 및 운전경비를 절감하므로 경제급전이 용이하다.
② 주파수의 변화가 작아진다.
③ 각 전력계통의 신뢰도가 증가된다.
④ 선로 임피던스가 증가되어 단락전류가 감소된다.

전력계통 연계의 특징

- (1) 전력의 융통성이 향상되어 설비용량이 저감된다.
(2) 침투부하가 시간대마다 다르기 때문에 부하율이 향상된다.
(3) 안정된 주파수 유지가 가능하여 계통운영상 전력공급 신뢰도가 향상된다.
(4) 경제적인 전력배분이 가능하다.
(5) 전력공급에비력이 절감된다.
(6) 배후전력이 커져서 단락용량이 증가한다.
(7) 사고시 타계통에 사고파급효과가 미칠 수 있다.

14 다음 중 송전선로의 코로나 임계전압이 높아지는 경우가 아닌 것은?

- ① 날씨가 맑다.
- ② 기압이 높다
- ③ 상대공기밀도가 낮다.
- ④ 전선의 반지름과 선간거리가 크다.

코로나 임계전압(E_0)

코로나 방전이 개시되는 전압으로 코로나 임계전압이 높아야 코로나 방전을 억제할 수 있다.

$$E_0 = 24.3 m_0 m_1 \delta d \log_{10} \frac{D}{r} \text{ [kV]}$$

여기서, m_0 는 전선의 표면계수, m_1 은 날씨계수, δ 는 상대공기밀도, d 는 전선의 지름, D 는 선간거리, r 은 도체의 반지름이다.

$\therefore$ 코로나 임계전압이 높아지는 경우는 새 전선을 사용하는 경우나 맑은 날씨인 경우, 상대공기밀도가 높은 경우, 전선의 지름이 큰 경우, 선간거리가 큰 경우 등에 속한다.

15 가공선 계통은 지중선 계통보다 인덕턴스 및 정전용량이 어떠한가?

- ① 인덕턴스, 정전용량이 모두 작다.
- ② 인덕턴스, 정전용량이 모두 크다.
- ③ 인덕턴스는 크고, 정전용량은 작다.
- ④ 인덕턴스는 작고, 정전용량은 크다.

가공전선로는 지중전선로에 비해서 선간거리(D)가 매우 크기 때문에 인덕턴스(L)와 정전용량(C)은 다음 식에 의해서 정의할 수 있게 된다.

$$L = 0.05 + 0.4605 \log_{10} \frac{D}{r} \text{ [mH/km]}$$

$$C = \frac{0.02413}{\log_{10} \frac{D}{r}} \text{ [\mu F/km]}$$

D 가 증가하면 L 은 증가하고 C 는 감소하기 때문에 $\therefore$ 인덕턴스는 크고, 정전용량은 작다.

16 3상 무부하 발전기의 1선 지락 고장 시에 흐르는 지락 전류는? (단, E 는 접지된 상의 무부하 기전력이고, Z_o, Z_1, Z_2 는 발전기의 영상, 정상, 역상 임피던스이다.)

- ① $\frac{E}{Z_o + Z_1 + Z_2}$
- ② $\frac{\sqrt{3} E}{Z_o + Z_1 + Z_2}$
- ③ $\frac{3E}{Z_o + Z_1 + Z_2}$
- ④ $\frac{E^2}{Z_o + Z_1 + Z_2}$

1선 지락사고 및 지락전류(I_g)

a 상이 지락한 경우

$$I_a = I_g, I_b = I_c = 0, V_a = 0 \text{ 이므로}$$

$$I_0 = I_1 = I_2 = \frac{1}{3} I_a = \frac{1}{3} I_g = \frac{E_a}{Z_0 + Z_1 + Z_2} \text{ [A]}$$

$$I_0 = I_1 = I_2 \neq 0 \text{ 이며}$$

$$\therefore I_g = I_a = 3I_0 = \frac{3E_a}{Z_0 + Z_1 + Z_2} \text{ [A]}$$

17 송전선의 특성임피던스는 저항과 누설 컨덕턴스를 무시하면 어떻게 표현되는가? (단, L 은 선로의 인덕턴스, C 는 선로의 정전용량이다.)

- ① $\sqrt{\frac{L}{C}}$
- ② $\sqrt{\frac{C}{L}}$
- ③ $\frac{L}{C}$
- ④ $\frac{C}{L}$

특성임피던스(Z_0)

$$Z_0 = \sqrt{\frac{Z}{Y}} = \sqrt{\frac{r + j\omega L}{g + j\omega C}} \text{ [\Omega] 식에서}$$

$r = 0, g = 0$ 으로 하면

$$\therefore Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} \text{ [\Omega]}$$

18 전력 원선도에서는 알 수 없는 것은?

- ① 송수전할 수 있는 최대전력
- ② 선로 손실
- ③ 수전단 역률
- ④ 코로나손

전력원선도

전력원선도로 알 수 있는 사항

- (1) 송·수전단 전압간의 위상차
- (2) 송·수전할 수 있는 최대전력(=정태안정극한전력)
- (3) 송전손실 및 송전효율
- (4) 수전단의 역률
- (5) 조상용량

19 수력발전소의 분류 중 낙차를 얻는 방법에 의한 분류 방법이 아닌 것은?

- ① 댐식 발전소
- ② 수로식 발전소
- ③ 양수식 발전소
- ④ 유역 변경식 발전소

수력발전소의 종류

- (1) 낙차를 얻는 방법 : 수로식, 댐식, 댐·수로식, 유역변경식
- (2) 유량을 얻는 방법 : 유입식, 저수지식, 양수식, 조정지식, 조력식

20 어느 수용가의 부하설비는 전등설비가 500[W], 전열설비가 600[W], 전동기 설비가 400[W], 기타 설비가 100[W]이다. 이 수용가의 최대수용전력이 1,200[W]이면 수용률은 몇 [%]인가?

- ① 55 ② 65
- ③ 75 ④ 85

수용률

$$\text{수용률} = \frac{\text{최대수용전력}}{\text{수용설비용량}} \times 100[\%] \text{ 식에서}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{수용률} &= \frac{1,200}{500 + 600 + 400 + 100} \times 100 \\ &= 75 [\%] \end{aligned}$$

19

3. 전기기기

01 터빈 발전기의 냉각을 수소냉각방식으로 하는 이유로 틀린 것은?

- ① 풍손이 공기 냉각 시의 양 1/10로 줄어든다.
- ② 열전도율이 좋고 가스냉각기의 크기가 작아진다.
- ③ 절연물의 산화작용이 없으므로 절연열화가 작아서 수명이 길다.
- ④ 반폐형으로 하기 때문에 이물질의 침입이 없고 소음이 감소한다.

수소냉각발전기의 특징

(1) 장점

- ㉠ 수소의 비중이 작기 때문에 풍손은 $\frac{1}{10}$ 배 정도 줄일 수 있다.
- ㉡ 냉각 효과가 좋기 때문에 용량이 증가한다.
- ㉢ 열전도율이 좋고 가스냉각기의 크기가 작아진다.
- ㉣ 코로나가 발생하지 않아 케이블에 손상이 없고 권선의 수명이 길어진다.
- ㉤ 운전 중에 소음이 거의 없다.

(2) 단점

- ㉠ 수소의 순도와 압력을 유지하기 위해서 냉각 및 제어설비가 필요하므로 설비가 복잡해진다.
- ㉡ 보수·점검 시 작업 시간이 오래 걸린다.
- ㉢ 공기와 혼합할 때 수소의 용적비가 80[%] 이하에서 폭발성으로 되기 때문에 방폭 구조의 전폐형으로 해야 한다.

02 전력변환기기로 틀린 것은?

- ① 컨버터 ② 정류기
- ③ 인버터 ④ 유도전동기

전력변환기기

- (1) 변압기 : 고전압을 저전압으로 또는 저전압을 고전압으로 변압하는 기기
- (2) 정류기 : 교류를 직류로 변환하는 기기
- (3) 인버터 : 직류를 교류로 변환하는 기기
- (4) 쇼퍼 : 직류를 직류로 변환하는 기기
 $\therefore$ 유도전동기는 동력을 발생시키는 부하이다.

03 동기발전기의 돌발 단락 시 발생하는 현상으로 틀린 것은?

- ① 큰 과도전류가 흘러 권선 소손
- ② 단락전류는 전기자 저항으로 제한
- ③ 코일 상호간 큰 전자력에 의한 코일 파손
- ④ 큰 단락전류 후 점차 감소하여 지속 단락전류 유지

돌발단락전류(I_s')와 지속단락전류(I_s'')

동기리액턴스 x_s , 전기자 반작용 리액턴스 x_a , 누설리액턴스 x_l 이라 할 때

(1) 돌발단락전류(I_s')

$$I_s' = \frac{E}{x_l} [A]$$

돌발단락전류(순간단락전류)를 제한하는 성분은 누설리액턴스뿐이다.

(2) 지속단락전류(I_s'')

$$I_s'' = \frac{E}{x_s} = \frac{E}{x_a + x_l} [A]$$

04 정류자형 주파수변환기의 회전자에 주파수 f_1 의 교류를 가할 때 시계방향으로 회전자계가 발생하였다. 정류자 위의 브러시 사이에 나타나는 주파수 f_c 를 설명한 것 중 틀린 것은? (단, n : 회전자의 속도, n_s : 회전자계의 속도, s : 슬립이다.)

- ① 회전자를 정지시키면 $f_c = f_1$ 인 주파수가 된다.
- ② 회전자를 반시계방향으로 $n = n_s$ 의 속도로 회전시키면, $f_c = 0$ [Hz]가 된다.
- ③ 회전자를 반시계방향으로 $n < n_s$ 의 속도로 회전시키면, $f_c = sf_1$ [Hz]가 된다.
- ④ 회전자를 시계방향으로 $n < n_s$ 의 속도로 회전시키면, $f_c < f_1$ 인 주파수가 된다.

정류자형 주파수변환기

회전자에 공급된 주파수 f_1 , 브러시 사이의 2차 주파수 f_c 라 하면 $f_c = sf_1$ 식에서 슬립 $s = \frac{n_s - n}{n_s}$ 이므로

- (1) 회전자를 정지시키면 $n=0$ 일 때 $s=1$ 이므로 $f_c = f_1$ 이다.
- (2) 회전자를 반시계 방향으로 $n=n_s$ 의 속도로 회전시키면 $s=0$ 이 되어 $f_c=0$ 이 된다.
- (3) 회전자를 반시계 방향으로 $n < n_s$ 의 속도로 회전시키면 $1 > s > 0$ 이 되어 $f_c = sf_1$ 이 된다.
- (4) 회전자를 시계 방향으로 $n < n_s$ 의 속도로 회전시키면 $2 > s > 1$ 이 되어 $f_c > f_1$ 이 된다.

05 E 를 전압, r 을 1차로 환산한 저항, x 를 1차로 환산한 리액터라고 할 때 유도전동기의 원선도에서 원의 지름을 나타내는 것은?

- ① $E \cdot r$ ② $E \cdot x$
 ③ $\frac{E}{x}$ ④ $\frac{E}{r}$

원선도의 지름

$I_1 = \frac{E_1}{Z_1} = \frac{E_1}{X_1 + X_2'} \sin \theta$ [A] 식에서 원선도의 지름은 $\frac{E_1}{X_1 + X_2'}$ 이다. 여기서, $x = X_1 + X_2'$ 일 때 원선도의 지름은 $\frac{E}{x}$ 로 표현할 수 있다.

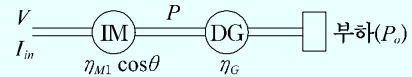
06 변압기의 백분율 저항강하가 3[%], 백분율 리액턴스 강하가 4[%]일 때 뒤진 역률 80[%]인 경우의 전압변동률[%]은?

- ① 2.5 ② 3.4
 ③ 4.8 ④ -3.6

변압기의 전압변동률(ϵ) $\epsilon = p \cos \theta + q \sin \theta$ [%] 식에서 $p = 3$ [%], $q = 4$ [%], $\cos \theta = 0.8$ (지상)일 때 $\therefore \epsilon = p \cos \theta + q \sin \theta = 3 \times 0.8 + 4 \times 0.6 = 4.8$ [%]

07 직류발전기에 직결한 3상 유도전동기가 있다. 발전기의 부하 100[kW], 효율 90[%]이며 전동기 단자전압 3,300[V], 효율 90[%], 역률 90[%]이다. 전동기에 흘러들어가는 전류는 약 몇 [A]인가?

- ① 2.4 ② 4.8
 ③ 19 ④ 24

전동기의 입력 전류(I_{in})

$P_0 = 100$ [kW], $\eta_G = 90$ [%], $V = 3,300$ [V],
 $\eta_M = 90$ [%], $\cos \theta = 90$ [%]일 때
 발전기의 입력이며 전동기의 출력인 P 는

$P = \frac{P_0}{\eta_G} = \sqrt{3} V I_{in} \cos \theta \eta_M$ [W] 이므로

$I_{in} = \frac{P_0}{\sqrt{3} V \cos \theta \eta_M \eta_G}$ [A] 식에서

$\therefore I_{in} = \frac{100 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 3,300 \times 0.9 \times 0.9 \times 0.9} = 24$ [A]

08 농형 유도전동기에 주로 사용되는 속도제어법은?

- ① 극수 변환법
 ② 종속 접속법
 ③ 2차 저항제어법
 ④ 2차 여자제어법

유도전동기의 속도제어

(1) 농형 유도전동기 : 극수 변환법, 주파수 변환법, 전압제어법

(2) 권선형 유도전동기 : 2차 저항 제어법, 2차 여자법 (슬립 제어), 종속접속법(직렬종속법, 차동종속법)

09 단상 유도전동기의 특징을 설명한 것으로 옳은 것은?

- ① 기동 토크가 없으므로 기동장치가 필요하다.
- ② 기계손이 있어도 무부하 속도는 동기속도보다 크다.
- ③ 권선형은 비례추이가 불가능하며, 최대 토크는 불변이다.
- ④ 슬립은 $0 > S > -1$ 이고, 2보다 작고 0이 되기 전에 토크가 0이 된다.

단상 유도전동기

3상 유도전동기에서는 1차 여자에 의한 자계가 회전자계를 만들고 2차 권선에 유기된 전류와의 사이에 회전자계와 같은 방향으로 토크가 생기지만 단상 유도전동기는 교번자계로서 2차에 전류를 유기하여도 토크가 발생하지 않게 된다. 따라서 단상 유도전동기를 가동시키기 위해서 기동장치가 필요하며 기동장치로 기동토크를 발생시킨다.

10 유도전동기의 회전속도를 N [rpm], 동기속도를 N_s [rpm]이라하고 순방향 회전자계의 슬립을 s 라고 하면, 역방향 회전자계에 대한 회전자 슬립은?

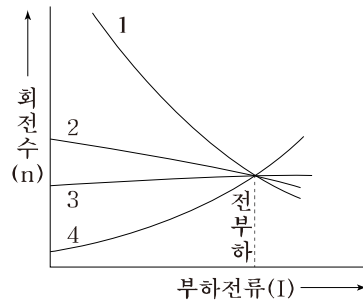
- ① $s - 1$ ② $1 - s$
- ③ $s - 2$ ④ $2 - s$

유도전동기의 회전자 슬립(s)

순방향 회전자계의 슬립은 $s = \frac{N_s - N}{N_s}$ 일 때 회전자 속도 N 은 $N = (1 - s)N_s$ [rpm] 이므로 역방향 회전자계의 슬립은

$$\therefore s = \frac{N_s + N}{N_s} = 1 + \frac{N}{N_s} = 1 + \frac{(1 - s)N_s}{N_s} = 2 - s$$

11 그림은 여러 직류전동기의 속도 특성곡선을 나타낸 것이다. 1부터 4까지 차례로 옳은 것은?



- ① 차동복권, 분권, 가동복권, 직권
- ② 직권, 가동복권, 분권, 차동복권
- ③ 가동복권, 차동복권, 직권, 분권
- ④ 분권, 직권, 가동복권, 차동복권

직류전동기의 속도특성곡선

속도변동이 가장 심한 것부터 가장 작은 순서로 나열하면 다음과 같다.

※ ㉠권전동기 - ㉡동복권전동기 - ㉢권전동기 - ㉣동복권전동기 - ㉤여자전동기

직류전동기의 속도특성곡선 중 변화율이 가장 심한 ①번 곡선이 직권전동기이며 ①-②-③-④ 차례대로 위에 나열된 전동기 순서와 같다.

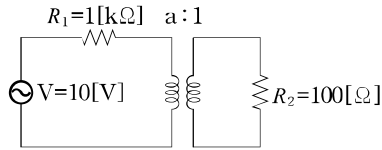
12 동기발전기의 3상 단락곡선에서 단락전류가 계자전류에 비례하여 거의 직선이 되는 이유로 가장 옳은 것은?

- ① 무부하 상태이므로
- ② 전기자 반작용으로
- ③ 자기포화가 있으므로
- ④ 누설 리액턴스가 크므로

단락곡선

단락전류는 지상전류로서 감자작용인 전기자반작용에 의해서 자속이 감소하고 불포화상태에서 단자전압이 감소한다. 단락된 상태에서 여자가 증가하면 단자전압도 비례하여 증가하게 되므로 단락곡선은 직선이 된다.

- 13 그림과 같은 변압기 회로에서 부하 R_2 에 공급되는 전력이 최대가 되는 변압기의 권수비 a 는?



- ① $\sqrt{5}$ ② $\sqrt{10}$
 ③ 5 ④ 10

변압기 권수비(a)

$$a = \frac{n_1}{n_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} = \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}} = \sqrt{\frac{R_1}{R_2}} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}}$$

이므로

$n_1 = a$, $n_2 = 1$, $R_1 = 1 \text{ [k}\Omega\text{]}$, $R_2 = 100 \text{ [}\Omega\text{]}$ 일 때

$$\therefore n = \sqrt{\frac{R_1}{R_2}} = \sqrt{\frac{1 \times 10^3}{100}} = \sqrt{10}$$

- 14 1차 전압 V_1 , 2차 전압 V_2 인 단권변압기를 Y결선했을 때, 등가용량과 부하용량의 비는? (단, $V_1 > V_2$ 이다.)

- ① $\frac{V_1 - V_2}{\sqrt{3} V_1}$ ② $\frac{V_1 - V_2}{V_1}$
 ③ $\frac{V_1^2 - V_2^2}{\sqrt{3} V_1 V_2}$ ④ $\frac{\sqrt{3}(V_1 - V_2)}{2 V_1}$

단권변압기 용량

(1) 단상 또는 3상 Y결선인 경우

$$\text{자기용량(등가용량)} = \frac{V_1 - V_2}{V_1} \times \text{부하용량}$$

(2) 3상 V결선인 경우

$$\text{자기용량(등가용량)} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{V_1 - V_2}{V_1} \times \text{부하용량}$$

(3) 3상 Δ 결선인 경우

$$\text{자기용량(등가용량)} = \frac{V_1^2 - V_2^2}{\sqrt{3} V_1 V_2} \times \text{부하용량}$$

- 15 몰드변압기의 특징으로 틀린 것은?

- ① 자기 소화성이 우수하다.
 ② 소형 경량화가 가능하다.
 ③ 건식변압기에 비해 소음이 적다.
 ④ 유입변압기에 비해 절연레벨이 낮다.

몰드변압기의 특징

- (1) 절연강도가 매우 높아 유입변압기에 비해 절연레벨이 높다.
 (2) 건식변압기에 비해 소음이 적다.
 (3) 소형, 경량이다.
 (4) 난연성과 비폭발성이 뛰어나고 자기 소화성이 우수하다.
 (5) 전력손실이 작고 보수점검이 간단하다.
 (6) 내전압 성능이 낮으므로 VCB 차단기를 사용하는 경우 서지흡수기를 필요로 한다.

- 16 정격전압 100[V], 정격전류 50[A]인 분권발전기의 유기기전력은 몇 [V]인가? (단, 전기자 저항 0.2[Ω], 계자전류 및 전기자 반작용은 무시한다.)

- ① 110 ② 120
 ③ 125 ④ 127.5

분권발전기의 부하특성

$V = 100 \text{ [V]}$, $I = 50 \text{ [A]}$, $R_a = 0.2 \text{ [}\Omega\text{]}$ 일 때

$E = V + R_a I_a \text{ [V]}$ 식에서

$$\therefore E = V + R_a I_a = 100 + 0.2 \times 50 = 110 \text{ [V]}$$

17 단상 변압기를 병렬 운전하는 경우 각 변압기의 부하분담이 변압기의 용량에 비례하려면 각각의 변압기의 %임피던스는 어느 것에 해당되는가?

- ① 어떠한 값이라도 좋다.
- ② 변압기 용량에 비례하여야 한다.
- ③ 변압기 용량에 반비례하여야 한다.
- ④ 변압기 용량에 관계없이 같아야 한다.

변압기 병렬운전시 부하 분담

변압기 2대가 병렬운전하는 경우 부하 분담은 용량에 비례하고 %임피던스 강하에 반비례하며 변압기 용량을 초과하지 않아야 한다. 따라서 %임피던스는 변압기의 용량에 반비례하여야 한다.

18 SCR의 특징으로 틀린 것은?

- ① 과전압에 약하다.
- ② 열용량이 적어 고온에 약하다.
- ③ 전류가 흐르고 있을 때의 양극 전압강하가 크다.
- ④ 게이트에 신호를 인가할 때부터 도통할 때까지의 시간이 짧다.

반도체 정류기(실리콘 정류기 : SCR)의 특징

- (1) 대전류 제어 정류용으로 이용된다.
- (2) 정류효율 및 역내전압은 크고 도통시 양극 전압강하는 작다.
- (3) 교류, 직류 전압을 모두 제어한다.
- (4) 아크가 생기지 않으므로 열의 발생이 적다.
- (5) 게이트 전류의 위상각으로 통전 전류의 평균값을 제어할 수 있다.
- (6) 게이트에 신호를 인가할 때부터 도통할 때까지의 시간이 짧다.
- (7) 과전압에 약하다.
- (8) 열용량이 적어 고온에 약하다.

19 유도발전기의 동작특성에 관한 설명 중 틀린 것은?

- ① 병렬로 접속된 동기발전기에서 여자를 취해야 한다.
- ② 효율과 역률이 낮으며 소출력의 자동수력발전기와 같은 용도에 사용된다.
- ③ 유도발전기의 주파수를 증가하려면 회전속도를 동기속도 이상으로 회전시켜야 한다.
- ④ 선로에 단락이 생긴 경우에는 여자가 상실되므로 단락전류는 동기발전기에 비해 적고 지속시간도 짧다.

유도발전기의 특성

유도발전기의 단자전압 및 주파수는 전원전압 및 주파수와 같고 속도와는 무관하다. 따라서 회전속도를 동기속도 이상으로 회전시켜도 주파수는 변하지 않는다.

20 변압기의 보호에 사용되지 않는 것은?

- ① 온도계전기 ② 과전류계전기
- ③ 임피던스계전기 ④ 비율차동계전기

변압기 보호계전기

- (1) 차동계전기 또는 비율차동계전기(=전류차동계전기)
- (2) 부호홀츠 계전기
- (3) 과전류계전기
- (4) 압력계전기
- (5) 온도계전기
- (6) 가스계전기

19

4. 회로이론 및 제어공학

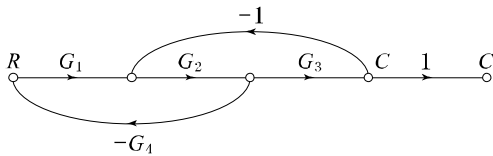
01 함수 e^{-at} 의 z 변환으로 옳은 것은?

- ① $\frac{z}{z - e^{-aT}}$ ② $\frac{z}{z - a}$
 ③ $\frac{1}{z - e^{-aT}}$ ④ $\frac{1}{z - a}$

z 변환과 라플라스 변환과의 관계

$f(t)$	$\mathcal{L}$ 변환	z 변환
$u(t) = 1$	$\frac{1}{s}$	$\frac{z}{z-1}$
e^{-aT}	$\frac{1}{s+a}$	$\frac{z}{z-e^{-aT}}$
$\delta(t)$	1	1

02 신호흐름선도의 전달함수 $T(s) = \frac{C(s)}{R(s)}$ 로 옳은 것은?



- ① $\frac{G_1 G_2 G_3}{1 - G_2 G_3 + G_1 G_2 G_4}$
 ② $\frac{G_1 G_2 G_3}{1 + G_1 G_2 G_4 + G_2 G_3}$
 ③ $\frac{G_1 G_2 G_3}{1 + G_1 G_3 - G_1 G_2 G_4}$
 ④ $\frac{G_1 G_2 G_3}{1 - G_1 G_3 - G_1 G_2 G_4}$

신호흐름선도의 전달함수(메이슨 정리)

$$L_{11} = -G_1 G_2 G_4, \quad L_{12} = -G_2 G_3$$

$$\Delta = 1 - (L_{11} + L_{12}) = 1 + G_1 G_2 G_4 + G_2 G_3$$

$$M_1 = G_1 G_2 G_3, \quad \Delta_1 = 1$$

$$\therefore G(s) = \frac{M_1 \Delta_1}{\Delta} = \frac{G_1 G_2 G_3}{1 + G_1 G_2 G_4 + G_2 G_3}$$

03 상태공간 표현식 $\begin{matrix} \dot{x} = Ax + Bu \\ y = Cx \end{matrix}$ 로 표현되는

선형 시스템에서 $A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -2 & -9 & -8 \end{bmatrix}$, $B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 5 \end{bmatrix}$,

$C = [1 \ 0 \ 0]$, $D = 0$, $x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}$ 이면 시스템 전달

함수 $\frac{Y(s)}{U(s)}$ 는?

- ① $\frac{1}{s^3 + 8s^2 + 9s + 2}$
 ② $\frac{1}{s^3 + 2s^2 + 9s + 8}$
 ③ $\frac{5}{s^3 + 8s^2 + 9s + 2}$
 ④ $\frac{5}{s^3 + 2s^2 + 9s + 8}$

상태방정식에 의한 전달함수

$$x_1(t) = x(t)$$

$$x_2(t) = \dot{x}_1(t) = \dot{x}(t)$$

$$x_3(t) = \dot{x}_2(t) = \ddot{x}(t)$$

$$\dot{x}_3(t) = \ddot{\ddot{x}}(t) \text{라 하면}$$

$$\dot{x}_3(t) = -2x_1(t) - 9x_2(t) - 8x_3(t) + 5u(t)$$

$$x'''(t) + 8x''(t) + 9x'(t) + 2x(t) = 5u(t)$$

$$s^3 X(s) + 8s^2 X(s) + 9s X(s) + 2X(s) = 5u(s)$$

$$Y(s) = X(s) \text{이므로}$$

$$(s^3 + 8s^2 + 9s + 2) Y(s) = 5u(s)$$

$$\therefore G(s) = \frac{Y(s)}{u(s)} = \frac{5}{s^3 + 8s^2 + 9s + 2}$$

04 Routh-Hurwitz 표에서 제 1열의 부호가 변하는 횟수로부터 알 수 있는 것은?

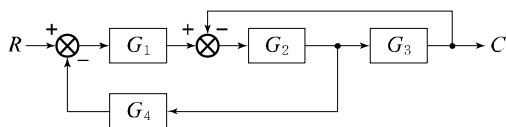
- ① s-평면의 좌반면에 존재하는 근의 수
- ② s-평면의 우반면에 존재하는 근의 수
- ③ s-평면의 허수축에 존재하는 근의 수
- ④ s-평면의 원점에 존재하는 근의 수

루스(Routh) 판별법

루프 판별법은 정해진 루스 수열을 작성하여 제1열의 원소로 안정도를 판별하며 제1열의 원소가 모두 동일 부호이면 안정하며, 원소의 부호가 변화하면 불안정이 된다. 또한 부호가 변화한 개수는 불안정한 근의 수를 나타낸다.

∴ s-평면의 우반면이 불안정 영역이므로 불안정근의 수는 s-평면의 우반면에 존재하는 근의 수이다.

05 그림의 블록선도에 대한 전달함수 $\frac{C}{R}$ 는?



- ① $\frac{G_1 G_2 G_3}{1 + G_1 G_2 + G_1 G_2 G_4}$
- ② $\frac{G_1 G_2 G_4}{1 + G_1 G_2 + G_1 G_2 G_3}$
- ③ $\frac{G_1 G_2 G_3}{1 + G_2 G_3 + G_1 G_2 G_4}$
- ④ $\frac{G_1 G_2 G_4}{1 + G_2 G_3 + G_1 G_2 G_3}$

블록선도의 전달함수 : $G(s)$

$$\begin{aligned} C(s) &= \left\{ \left(R - \frac{C}{G_3} G_4 \right) G_1 - C \right\} G_2 G_3 \\ &= G_1 G_2 G_3 R - G_1 G_2 G_4 C - G_2 G_3 C \\ (1 + G_2 G_3 + G_1 G_2 G_4) C &= G_1 G_2 G_3 R \\ \therefore G(s) &= \frac{C}{R} = \frac{G_1 G_2 G_3}{1 + G_2 G_3 + G_1 G_2 G_4} \end{aligned}$$

06 부울 대수식 중 틀린 것은?

- ① $A \cdot \bar{A} = 1$
- ② $A + 1 = 1$
- ③ $A + A = A$
- ④ $A \cdot A = A$

부울 대수식

$$A + A = A, A \cdot A = A, A + 1 = 1, A + 0 = A, A \cdot 1 = A, A \cdot 0 = 0, A + \bar{A} = 1, A \cdot \bar{A} = 0$$

07 특성방정식 $s^2 + Ks + 2K - 1 = 0$ 인 계가 안정하기 위한 K 의 범위는?

- ① $K > 0$
- ② $K > \frac{1}{2}$
- ③ $K < \frac{1}{2}$
- ④ $0 < K < \frac{1}{2}$

안정도 판별법(루스 판정법)

특성방정식이 2차방정식인 경우 제어계가 안정하기 위해서는 특성방정식의 모든 계수가 영(0)보다 큰 양(+)의 실수이면 된다.

따라서, $K > 0, 2K - 1 > 0$ 이어야 하므로

$$K > 0, K > \frac{1}{2}$$

∴ 위 두 조건을 모두 만족하는 범위는 $K > \frac{1}{2}$ 이다.

08 근궤적에 관한 설명으로 틀린 것은?

- ① 근궤적은 실수축에 대하여 상하 대칭으로 나타난다.
- ② 근궤적의 출발점은 극점이고 근궤적의 도착점은 영점이다.
- ③ 근궤적의 가지 수는 극점의 수와 영점의 수 중에서 큰 수와 같다.
- ④ 근궤적이 s 평면의 우반면에 위치하는 K 의 범위는 시스템이 안정하기 위한 조건이다.

근궤적의 성질

- (1) 근궤적은 극점에서 출발하여 영점에서 도착한다.
- (2) 근궤적의 가지수(지루수)는 다항식의 차수와 같다. 또는 특성방정식의 차수와 같다. 근궤적의 가지수(지루수)는 특성방정식의 근의 수와 같거나 개루프 전달함수 $G(s)H(s)$ 의 극점과 영점 중 큰 개수와 같다.
- (3) 근궤적인 실수축에 대하여 대칭이다.
- (4) 근궤적의 복소수근은 공액복소수쌍을 이루게 된다.
- (5) 근궤적은 개루프 전달함수 $G(s)H(s)$ 의 절대치가 1인 점들의 집합이다. $\rightarrow |G(s)H(s)|=1$
- (6) s -평면의 우반면에 위치하는 K 의 범위는 시스템이 불안정하기 위한 조건이다.

09 제어시스템에서 출력이 얼마나 목표값에 잘 추종하는지를 알아볼 때, 시험용으로 많이 사용되는 신호로 다음 식의 조건을 만족하는 것은?

$$u(t-a)=\begin{cases} 0, & t < a \\ 1, & t \geq a \end{cases}$$

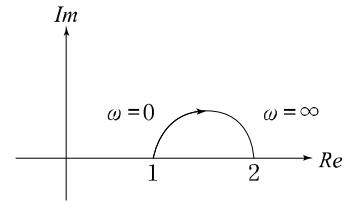
- ① 사인함수 ② 임펄스함수
- ③ 램프함수 ④ 단위계단함수

단위계단응답

제어시스템에서 출력이 얼마나 목표값에 잘 추종하는지의 특성을 응답특성이라 하며, 이 때 입력에 단위계단함수로 주어질 때의 응답을 단위계단응답이라 한다. 단위계단함수는 시험용 입력으로 많이 사용하는데 그 이유는 이 신호의 초기 순간적인 크기의 변화는 급격한 입력의 변화에 대한 계통의 속응성을 다루는 데 큰 역할을 하기 때문이다.

10 그림의 벡터 궤적을 갖는 계의 주파수 전달함수는?

- ① $\frac{1}{j\omega + 1}$
- ② $\frac{1}{j2\omega + 1}$
- ③ $\frac{j\omega + 1}{j2\omega + 1}$
- ④ $\frac{j2\omega + 1}{j\omega + 1}$



벡터궤적

$G(j\omega) = \frac{1+j\omega T_2}{1+j\omega T_1}$ 라 가정하면

(1) $\omega=0$ 일 때 $|G(j0)|=1$, $\phi=0^\circ$

(2) $\omega=\infty$ 일 때 $|G(j\omega)|=2=\frac{T_2}{T_1}$, $\phi=0^\circ$ 이므로

$T_2=2T_1$ 인 조건을 만족하는 전달함수는

$$\therefore G(j\omega) = \frac{j2\omega + 1}{j\omega + 1}$$

11 3상 불평형 전압 V_a , V_b , V_c 가 주어진다면, 정상분 전압은? (단, $a = e^{j2\pi/3} = 1 \angle 120^\circ$ 이다.)

- ① $V_a + a^2 V_b + a V_c$
- ② $V_a + a V_b + a^2 V_c$
- ③ $\frac{1}{3}(V_a + a^2 V_b + a V_c)$
- ④ $\frac{1}{3}(V_a + a V_b + a^2 V_c)$

대칭분 전압(V_0 , V_1 , V_2)

(1) 영상전압

$$V_0 = \frac{1}{3}(V_a + V_b + V_c)$$

(2) 정상전압

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{1}{3}(V_a + a V_b + a^2 V_c) \\ &= \frac{1}{3}(V_a + \angle 120^\circ V_b + \angle -120^\circ V_c) \end{aligned}$$

(3) 역상전압

$$\begin{aligned} V_2 &= \frac{1}{3}(V_a + a^2 V_b + a V_c) \\ &= \frac{1}{3}(V_a + \angle -120^\circ V_b + \angle 120^\circ V_c) \end{aligned}$$

12 송전선로가 무손실 선로일 때, $L = 96[\text{mH}]$ 이고 $C = 0.6[\mu\text{F}]$ 이면 특성임피던스 $[\Omega]$ 는?

- ① 100 ② 200
③ 400 ④ 600

특성 임피던스(Z_0)

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{96 \times 10^{-3}}{0.6 \times 10^{-6}}} = 400 [\Omega]$$

13 비정현파 전류가

$$i(t) = 56\sin\omega t + 20\sin 2\omega t + 30\sin(3\omega t + 30^\circ) + 40\sin(4\omega t + 60^\circ)$$

로 표현될 때, 왜형률은 약 얼마인가?

- ① 1.0 ② 0.96
③ 0.55 ④ 0.11

비정현파의 왜형률(ϵ)

파형에서 기본파, 제2고조파, 제3고조파, 제4고조파의 최대치를 각각 I_{m1} , I_{m2} , I_{m3} , I_{m4} 라 하면

$$I_{m1} = 56 [\text{A}], I_{m2} = 20 [\text{A}], I_{m3} = 30 [\text{A}],$$

$$I_{m4} = 40 [\text{A}] \text{이며}$$

각 고조파의 왜형률을 ϵ_2 , ϵ_3 , ϵ_4 라 하면

$$\epsilon_2 = \frac{I_{m2}}{I_{m1}} = \frac{20}{56}, \quad \epsilon_3 = \frac{I_{m3}}{I_{m1}} = \frac{30}{56}, \quad \epsilon_4 = \frac{I_{m4}}{I_{m1}} = \frac{40}{56}$$

이므로

$$\begin{aligned} \therefore \epsilon &= \sqrt{\epsilon_2^2 + \epsilon_3^2 + \epsilon_4^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{20}{56}\right)^2 + \left(\frac{30}{56}\right)^2 + \left(\frac{40}{56}\right)^2} = 0.96 \end{aligned}$$

14 커패시터와 인덕터에서 물리적으로 급격히 변화할 수 없는 것은?

- ① 커패시터와 인덕터에서 모두 전압
② 커패시터와 인덕터에서 모두 전류
③ 커패시터에서 전류, 인덕터에서 전압
④ 커패시터에서 전압, 인덕터에서 전류

(1) 인덕턴스 L에서 시간에 따른 변화량은 전류이며 코

일에 기전력이 유기되는 조건식은 $e_L = L \frac{di}{dt} [\text{V}]$ 로서 시간에 따른 전류의 변화율에 비례하여 기전력이 유도된다. 따라서 코일에서 급격히 변화할 수 없는 성분은 전류이다.

(2) 커패시턴스 C에서 시간에 따른 변화량은 전압이며 콘덴서에 전류가 충·방전이 이루어질 수 있는 조건

식은 $i_C = C \frac{de}{dt} [\text{A}]$ 로서 시간에 따른 전압의 변화율에 비례하여 전류가 증감하게 된다. 따라서 콘덴서에서 급격히 변화할 수 없는 성분은 전압이다.

∴ 코일에서 급격히 변화할 수 없는 성분은 전류이며, 콘덴서에서 급격히 변화할 수 없는 성분은 전압이다.

15 RL 직렬회로에서 $R = 20[\Omega]$, $L = 40[\text{mH}]$ 일 때, 이 회로의 시정수 $[\text{sec}]$ 는?

- ① 2×10^3 ② 2×10^{-3}
③ $\frac{1}{2} \times 10^3$ ④ $\frac{1}{2} \times 10^{-3}$

시정수(τ)

R-L 과도현상에서 시정수 τ 는

$$\therefore \tau = \frac{L}{R} = \frac{40 \times 10^{-3}}{20} = 2 \times 10^{-3} [\text{sec}]$$

16 2전력계법을 이용한 평형 3상 회로의 전력이 각각 500[W] 및 300[W]로 측정되었을 때, 부하의 역률은 약 몇 [%]인가?

- ① 70.7 ② 87.7
③ 89.2 ④ 91.8

2전력계법에서 역률

$$\begin{aligned} \cos \theta &= \frac{W_1 + W_2}{2\sqrt{W_1^2 + W_2^2 - W_1 W_2}} \\ &= \frac{500 + 300}{2\sqrt{500^2 + 300^2 - 500 \times 300}} \\ &= 0.918 [\text{p.u.}] = 91.8 [\%] \end{aligned}$$

17 대칭 6상 성형(star)결선에서 선간전압 크기와 상전압 크기의 관계로 옳은 것은? (단, V_l : 선간전압 크기, V_p : 상전압 크기)

- ① $V_l = V_p$ ② $V_l = \sqrt{3} V_p$
 ③ $V_l = \frac{1}{\sqrt{3}} V_p$ ④ $V_l = \frac{2}{\sqrt{3}} V_p$

대칭 6상 전압관계

대칭 n 상 성형결선에서 선간전압(V_L)과 상전압(V_P)

과의 관계는 $V_L = 2 \sin \frac{\pi}{n} V_P [V]$ 이므로 $n=6$ 일 때

$$\therefore V_L = 2 \sin \frac{\pi}{6} V_P = V_P [V]$$

18 4단자 회로망에서 4단자 정수가 A, B, C, D 일 때, 영상 임피던스 $\frac{Z_{01}}{Z_{02}}$ 은?

- ① $\frac{D}{A}$ ② $\frac{B}{C}$
 ③ $\frac{C}{B}$ ④ $\frac{A}{D}$

영상임피던스(Z_{01}, Z_{02})

4단자정수를 A, B, C, D 라 하면

$$Z_{01} = \sqrt{\frac{AB}{CD}} [\Omega], Z_{02} = \sqrt{\frac{DB}{CA}} [\Omega] \text{이므로}$$

$$\therefore \frac{Z_{01}}{Z_{02}} = \sqrt{\frac{\frac{AB}{CD}}{\frac{DB}{CA}}} = \frac{A}{D}$$

19 $f(t) = \delta(t - T)$ 의 라플라스변환 $F(s)$ 는?

- ① e^{Ts} ② e^{-Ts}
 ③ $\frac{1}{s} e^{Ts}$ ④ $\frac{1}{s} e^{-Ts}$

시간추이정리 라플라스 변환

단위 임펄스함수의 라플라스 변환은

$\mathcal{L}[f(t)] = \mathcal{L}[\delta(t)] = 1$ 이고,

시간추이정리는 $\mathcal{L}[f(t \pm T)] = F(s) e^{\pm Ts}$ 이므로

$$\therefore \mathcal{L}[\delta(t - T)] = e^{-Ts}$$

20 인덕턴스가 0.1[H]인 코일에 실효값 100[V], 60[Hz], 위상 30도인 전압을 가했을 때 흐르는 전류의 실효값 크기는 약 몇 [A]인가?

- ① 43.7 ② 37.7
 ③ 5.46 ④ 2.65

인덕턴스에 흐르는 전류 I 는

$L = 0.1 [H], V = 100 [V], f = 60 [Hz]$ 일 때

$$I = \frac{V}{X_L} = \frac{V}{\omega L} = \frac{V}{2\pi f L} [A] \text{이므로}$$

$$\therefore I = \frac{V}{2\pi f L} = \frac{100}{2 \times 3.14 \times 60 \times 0.1} = 2.65 [A]$$

19

5. 전기설비기술기준

2021년 7월 한국전기설비규정 개정에 따라 기출문제를 개정된 내용으로 반영하여 일부 삭제 및 변형하였습니다

변형문제

01 저압 옥내전로의 인입구에 가까운 곳으로서 쉽게 개폐할 수 있는 곳에 개폐기를 시설하여야 한다. 그러나 사용전압이 400 [V] 이하인 옥내전로로서 다른 옥내전로에 접속하는 길이가 몇 [m] 이하인 경우는 개폐기를 생략할 수 있는가?(단, 정격전류가 16 [A] 이하인 과전류 차단기 또는 정격전류가 16 [A]를 초과하고 20 [A] 이하인 배선용 차단기로 보호되고 있는 것에 한한다.)

- ① 15 ② 20
③ 25 ④ 30

저압 옥내전로 인입구에서의 개폐기의 시설

- (1) 저압 옥내전로에는 인입구에 가까운 곳으로서 쉽게 개폐할 수 있는 곳에 개폐기(개폐기의 용량이 큰 경우에는 적정 회로로 분할하여 각 회로별로 개폐기를 시설할 수 있다. 이 경우에 각 회로별 개폐기는 집합하여 시설하여야 한다)를 각 극에 시설하여야 한다.
(2) 사용전압이 400 [V] 이하인 옥내 전로로서 다른 옥내전로(정격전류가 16 [A] 이하인 과전류차단기 또는 정격전류가 16 [A]를 초과하고 20 [A] 이하인 배선용차단기로 보호되고 있는 것에 한한다)에 접속하는 길이 15 [m] 이하의 전로에서 전기의 공급을 받는 것은 (1)의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

02 저압 또는 고압의 가공전선로와 기설 가공약전류 전선로가 병행할 때 유도작용에 의한 통신상의 장애가 생기지 않도록 전선과 기설 가공약전류전선간의 이격거리는 몇 [m] 이상이어야 하는가?(단, 전기철도용 급전선로는 제외한다.)

- ① 2 ② 3
③ 4 ④ 6

유도장애 방지

저·고압 가공전선로

- (1) 저압 가공전선로 또는 고압 가공전선로와 기설 가공약전류전선로가 병행하는 경우에는 유도작용에 의하여 통신상의 장애가 생기지 않도록 전선과 기설 약전류전선간의 이격거리는 2 [m] 이상이어야 한다.
(2) (1)에 따라 시설하더라도 기설 가공약전류전선로에 장애를 줄 우려가 있는 경우에는 다음 중 한 가지 또는 두 가지 이상을 기준으로 하여 시설하여야 한다.
① 가공전선과 가공약전류전선간의 이격거리를 증가시킬 것.
② 교류식 가공전선로의 경우에는 가공전선을 적당한 거리에서 연가할 것.
③ 가공전선과 가공약전류전선 사이에 인장강도 5.26 [kN] 이상의 것 또는 지름 4 [mm] 이상인 경동선의 금속선 2가닥 이상을 시설하고 접지공사를 할 것.

03 방전등에 전기를 공급하는 옥내전로의 대지전압은 몇 [V] 이하를 원칙으로 하는가?

- ① 300 [V] ② 380 [V]
③ 440 [V] ④ 600 [V]

옥내전로의 대지전압의 제한

백열전등 또는 방전등에 전기를 공급하는 옥내의 전로(주택의 옥내전로를 제외한다)의 대지전압은 300 [V] 이하여야 하며 다음에 따라 시설하여야 한다. 다만, 대지전압 150 [V] 이하의 전로인 경우에는 다음에 따르지 않을 수 있다.

- (1) 백열전등 또는 방전등 및 이에 부속하는 전선은 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설하여야 한다.
- (2) 백열전등(기계장치에 부속하는 것을 제외한다) 또는 방전등용 안정기는 저압의 옥내배선과 직접 접속하여 시설하여야 한다.
- (3) 백열전등의 전구소켓은 키나 그 밖의 점멸기구가 없는 것이어야 한다.

04 폭연성 분진 또는 화약류의 분말이 존재하는 곳의 저압 옥내배선은 어느 공사에 의하는가?

- ① 금속관공사
② 애자공사
③ 합성수지관공사
④ 캡타이어케이블공사

폭연성 분진 위험장소

폭연성 분진(마그네슘·알루미늄·티탄·지르코늄 등의 먼지가 쌓여있는 상태에서 불이 붙었을 때에 폭발할 우려가 있는 것을 말한다. 이하 같다) 또는 화약류의 분말이 전기설비가 발화원이 되어 폭발할 우려가 있는 곳에 시설하는 저압 옥내 전기설비(사용전압이 400 [V] 이상인 방전등을 제외한다)는 다음에 따르고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.

- (1) 저압 옥내배선, 저압 관등회로 배선, 소세력 회로의 전선(이하 “저압 옥내배선 등”이라 한다)은 금속관공사 또는 케이블공사(캡타이어케이블을 사용하는 것을 제외한다)에 의할 것.

(2) 금속관공사에 의하는 때에는 박강 전선관(薄鋼電線管) 또는 이와 동등 이상의 강도를 가지는 것이어야 하며, 박스 기타의 부속품 및 폴박스는 쉽게 마모·부식 기타의 손상을 일으킬 우려가 없는 패킹을 사용하여 먼지가 내부에 침입하지 아니하도록 시설할 것. 또한 관 상호 간 및 관과 박스 기타의 부속품·폴박스 또는 전기기계기구와는 5터 이상 나사조임으로 접속하는 방법 기타 이와 동등 이상의 효력이 있는 방법에 의하여 견고하게 접속하고 또한 내부에 먼지가 침입하지 아니하도록 접속할 것.

(3) 케이블공사에 의하는 때에는 개장된 케이블 또는 미네랄인슈레이션 케이블을 사용하는 경우 이외에는 관 기타의 방호 장치에 넣어 사용할 것.

05 사용전압 35,000 [V]인 기계기구를 옥외에 시설하는 개폐소의 구내에 취급자 이외의 자가 들어가지 않도록 울타리를 설치할 때 울타리와 특고압의 충전부분이 접근하는 경우에는 울타리의 높이와 울타리로부터 충전부분까지의 거리의 합은 최소 몇 [m] 이상이어야 하는가?

- ① 4 ② 5
③ 6 ④ 7

발전소 등의 울타리·담 등의 시설

울타리·담 등은 다음에 따라 시설하여야 한다.

- (1) 울타리·담 등의 높이는 2 [m] 이상으로 하고 지표면과 울타리·담 등의 하단 사이의 간격은 0.15 [m] 이하로 할 것.
- (2) 울타리·담 등과 고압 및 특고압의 충전부분이 접근하는 경우에는 울타리·담 등의 높이와 울타리·담 등으로부터 충전부분까지 거리의 합계는 아래 표에서 정한 값 이상으로 할 것.

사용전압	울타리·담 등의 높이와 울타리·담 등으로부터 충전부분까지 거리의 합계
35 [kV] 이하	5 [m]
35 [kV] 초과 160 [kV] 이하	6 [m]
160 [kV] 초과	10 [kV] 초과마다 12 [cm] 가산하여 $6 + (\text{사용전압}[\text{kV}] / 10 - 16) \times 0.12$

삭제문제

06 특고압 전로에 사용하는 수밀형 케이블에 대한 설명으로 틀린 것은?

- ① 사용전압이 25[kV] 이하일 것
- ② 도체는 경알루미늄선을 소선으로 구성된 원형 압축 연선일 것
- ③ 내부 반도체층은 절연층과 완전 밀착되는 압출 반도체층으로 두께의 최소값은 0.5[mm] 이상일 것
- ④ 외부 반도체층은 절연층과 밀착되어야 하고, 또한 절연층과 쉽게 분리되어야 하며, 두께의 최소값은 1[mm] 이상일 것

2021.1.1. 삭제된 기준임

07 일반주택 및 아파트 각 호실의 현관등은 몇 분 이내에 소등되는 타임스위치를 시설하여야 하는가?

- ① 1분 ② 3분
- ③ 5분 ④ 10분

점멸기의 시설

조명용 전등을 설치할 때에는 다음에 의하여 타임스위치를 시설하여야 한다.

- (1) 「관광 진흥법」과 「공중위생법」에 의한 관광숙박업 또는 숙박업(여인숙업을 제외한다)에 이용되는 객실의 입구등은 1분 이내에 소등되는 것.
- (2) 일반주택 및 아파트 각 호실의 현관등은 3분 이내에 소등되는 것.

08 폭발성 또는 연소설의 가스가 침입할 우려가 있는 것에 시설하는 지중함으로서 그 크기가 몇 [m³] 이상의 것은 통풍장치 기타 가스를 방산시키기 위한 적당한 장치를 시설하여야 하는가?

- ① 0.9 ② 1.0
- ③ 1.5 ④ 2.0

지중함의 시설

지중전선로에 사용하는 지중함은 다음에 따라 시설하여야 한다.

- (1) 지중함은 견고하고 차량 기타 중량물의 압력에 견디는 구조일 것.
- (2) 지중함은 그 안의 고인 물을 제거할 수 있는 구조로 되어 있을 것.
- (3) 폭발성 또는 연소성의 가스가 침입할 우려가 있는 것에 시설하는 지중함으로서 그 크기가 1 [m³] 이상인 것에는 통풍장치 기타 가스를 방산시키기 위한 적당한 장치를 시설할 것.
- (4) 지중함의 뚜껑은 시설자 이외의 자가 쉽게 열 수 없도록 시설할 것.

09 지중전선로는 기설 지중약전류전선로에 대하여 다음의 어느 것에 의하여 통신상의 장애를 주지 아니하도록 기설 지중약전류전선로로부터 충분히 이격시키는가?

- ① 충전전류 또는 표피작용
- ② 충전전류 또는 유도작용
- ③ 누설전류 또는 표피작용
- ④ 누설전류 또는 유도작용

지중약전류전선의 유도장애 방지

지중전선로는 기설 지중약전류전선로에 대하여 누설전류 또는 유도작용에 의하여 통신상의 장애를 주지 않도록 기설 지중약전류전선로로부터 충분히 이격시키거나 기타 적당한 방법으로 시설하여야 하다.

10 발전소에서 장치를 시설하여 계측하지 않아도 되는 것은?

- ① 발전기의 회전자 온도
- ② 특고압용 변압기의 온도
- ③ 발전기의 전압 및 전류 또는 전력
- ④ 주요 변압기의 전압 및 전류 또는 전력

계측장치

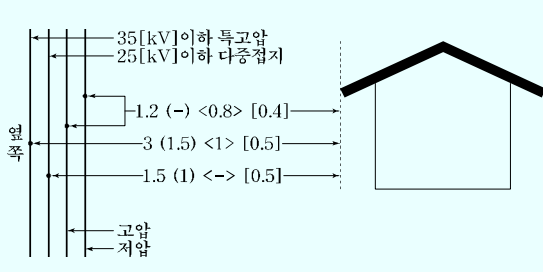
발전소에서는 다음의 사항을 계측하는 장치를 시설하여야 한다. 다만, 태양전지 발전소는 연계하는 전력계통에 그 발전소 이외의 전원이 없는 것에 대하여는 그러하지 아니하다.

- (1) 발전기·연료전지 또는 태양전지 모듈(복수의 태양전지 모듈을 설치하는 경우에는 그 집합체)의 전압 및 전류 또는 전력
- (2) 발전기의 베어링(수증 메탈을 제외한다) 및 고정자(固定子)의 온도
- (3) 정격출력이 10,000 [kW]를 초과하는 증기터빈에 접속하는 발전기의 진동의 진폭(정격출력이 400,000 [kW] 이상의 증기터빈에 접속하는 발전기는 이를 자동적으로 기록하는 것에 한한다)
- (4) 주요 변압기의 전압 및 전류 또는 전력
- (5) 특고압용 변압기의 온도

11 저압 가공전선이 건조물의 상부 조영재 옆쪽으로 접근하는 경우 저압 가공전선과 건조물의 조영재 사이의 이격거리는 몇 [m] 이상이어야 하는가? (단, 전선에 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설한 경우와 전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우는 제외한다.)

- ① 0.6 ② 0.8
- ③ 1.2 ④ 2.0

가공전선과 건조물의 조영재 사이의 이격거리



<기호 설명>

() : 저압선에 DV전선 또는 450/750 [V] 일반용 단심 비닐절연전선을 사용하고, 고압선에 고압 절연전선을 사용하거나 특고압선에 특고압 절연전선을 사용하는 경우
[] : 저압선에 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블을 사용하거나 고압과 특고압선에 케이블을 사용하는 경우

< > : 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우

변형문제

12 변압기의 고압측 전로와의 혼촉에 의하여 저압측 전로의 대지전압이 150 [V]를 넘는 경우에 2초 이내에 고압전로를 자동 차단하는 장치가 되어 있는 6,600/200 [V] 배전선로에 있어서 1선 지락전류가 2 [A]이면 변압기 중성점 접지저항 값의 최대는 몇 [Ω]인가?

- ① 50 ② 75
- ③ 150 ④ 300

변압기 중성점 접지

변압기의 중성점접지 저항 값은 다음에 의한다.

- (1) 일반적으로 변압기의 고압·특고압측 전로 1선 지락전류로 150을 나눈 값과 같은 저항 값 이하로 한다.
- (2) 변압기의 고압·특고압측 전로 또는 사용전압이 35 [kV] 이하의 특고압 전로가 저압측 전로와 혼촉하고 저압전로의 대지전압이 150 [V]를 초과하는 경우의 저항 값은 1초 초과 2초 이내에 고압·특고압 전로를 자동으로 차단하는 장치를 설치할 때는 300을 나눈 값 이하 또는 1초 이내에 고압·특고압 전로를 자동으로 차단하는 장치를 설치할 때는 600을 나눈 값 이하로 한다.

$$\therefore \text{접지저항} = \frac{300}{2} = 150 [\Omega]$$

13 저압 옥내간선은 특별한 경우를 제외하고 다음 중 어느 것에 의하여 그 굵기가 결정되는가?

- ① 전기방식 ② 허용전류
③ 수전방식 ④ 계약전력

옥내배선의 굵기 결정 3요소

- (1) 허용전류
(2) 전압강하
(3) 기계적 강도

변형문제

14 지중전선로를 직접매설식에 의하여 시설하는 경우에는 매설 깊이를 차량 기타 중량물의 압력을 받을 우려가 있는 장소에서는 몇 [cm] 이상으로 하면 되는가?

- ① 40 ② 60
③ 80 ④ 100

지중전선로의 시설

지중전선로를 직접매설식에 의하여 시설하는 경우에는 매설 깊이를 차량 기타 중량물의 압력을 받을 우려가 있는 장소에는 1.0 [m] 이상, 기타 장소에는 0.6 [m] 이상으로 하고 또한 지중전선을 견고한 트라프 기타 방호물에 넣어 시설하여야 한다. 다만, 저압 또는 고압의 지중전선에 콤팩트 케이블을 사용하여 시설하는 경우에는 지중전선을 견고한 트라프 기타 방호물에 넣지 아니하여도 된다.

변형문제

15 66,000 [V] 가공전선과 6,000 [V] 가공전선을 동일 지지물에 병가하는 경우 특고압 가공전선은 케이블인 경우를 제외하고는 단면적이 몇 [mm²] 이상인 경동연선을 사용하여야 하는가?

- ① 22 ② 38
③ 50 ④ 100

특고압과 저·고압 가공전선 또는 전차선 등의 병행설치 (특고압과 저·고압 병가)

사용전압이 35 [kV]를 초과하고 100 [kV] 미만인 특고압 가공전선과 저압 또는 고압의 가공전선을 동일 지지물에 시설하는 경우에는 다음에 따라야 한다.

- (1) 특고압 가공전선로는 제2종 특고압 보안공사에 의할 것.
(2) 특고압 가공전선과 저압 또는 고압 가공전선 사이의 이격거리는 2 [m] 이상일 것. 다만, 특고압 가공전선이 케이블이고 저압 가공전선이 절연전선 혹은 케이블인 때 또는 고압 가공전선이 절연전선 혹은 케이블인 때에는 1 [m] 까지 감할 수 있다.
(3) 특고압 가공전선은 케이블인 경우를 제외하고는 인장강도 21.67 [kN] 이상의 연선 또는 단면적이 50 [mm²] 이상인 경동연선일 것.
(4) 특고압 가공전선로의 지지물은 철주·철근 콘크리트 주 또는 철탑일 것.

16 가공전선로의 지지물에 하중이 가하여지는 경우에 그 하중을 받는 지지물의 기초 안전율은 특별한 경우를 제외하고 최소 얼마 이상인가?

- ① 1.5 ② 2
③ 2.5 ④ 3

가공전선로 지지물의 기초 안전율

가공전선로의 지지물에 하중이 가하여지는 경우에 그 하중을 받는 지지물의 기초의 안전율은 2(이상 시 상정 하중이 가하여지는 경우의 그 이상시 상정하중에 대한 철탑의 기초에 대하여는 1.33) 이상이어야 한다.

삭제문제

17 강제방식에 의하여 시설하는 직류식 전기 철도용 전차 선로는 전차선의 높이가 지표상 몇 [m] 이상인가?

- ① 3 ② 4
③ 5 ④ 7

2021.1.1. 삭제된 기준임

18 고압 가공전선로의 지지물로 철탑을 사용한 경우 최대경간은 몇 [m] 이하이어야 하는가?

- ① 300 ② 400
③ 50 ④ 600

가공전선로의 경간

구분 지지물종류	A종주, 목주	B종주	철탑
표준경간	150[m]	250[m]	600[m] ㉠ 400[m]
저·고압 보안공사	100[m]	150[m]	400[m]
25[kV] 이하 다중접지	100[m]	150[m]	400[m]
170 [kV] 이하 특고압 시가지	75[m] 목주 사용불가	150[m]	400[m] ㉡ 250[m]
1종 특고압 보안공사	사용불가	150[m]	400[m] ㉠ 300[m]
2, 3종 특고압 보안공사	100[m]	200[m]	400[m] ㉠ 300[m]

㉠ 특고압 가공전선로의 경간으로 철탑이 단주인 경우에 적용한다.

㉡ 전선이 수평으로 2 이상 있는 경우에 전선 상호 간의 간격이 4 [m] 미만인 때에 적용한다.

삭제문제

19 휴대용 또는 이동용의 전력보안 통신용 전화설비를 시설하는 곳은 특고압 가공전선로 및 선로길이가 몇 [km] 이상의 고압 가공전선로인가?

- ① 2 ② 5
③ 10 ④ 15

2021.1.1. 삭제된 기준임

20 다음의 ㉠, ㉡에 들어갈 내용으로 옳은 것은?

과전류차단기로 시설하는 퓨즈 중 고압전로에 사용하는 비포장퓨즈는 정격전류의 (㉠)배의 전류에 견디고 또한 2배의 전류로 (㉡)분 안에 용단되는 것이어야 한다.

- ① ㉠ 1.1, ㉡ 1 ② ㉠ 1.2, ㉡ 1
③ ㉠ 1.25, ㉡ 2 ④ ㉠ 1.3, ㉡ 2

고압 및 특고압 전로 중의 과전류차단기의 시설

- (1) 과전류차단기로 시설하는 퓨즈 중 고압전로에 사용하는 포장 퓨즈(퓨즈 이외의 과전류차단기와 조합하여 하나의 과전류 차단기로 사용하는 것을 제외한)는 정격전류의 1.3배의 전류에 견디고 또한 2배의 전류로 120분 안에 용단되는 것이어야 한다.
(2) 과전류차단기로 시설하는 퓨즈 중 고압전로에 사용하는 비포장 퓨즈는 정격전류의 1.25배의 전류에 견디고 또한 2배의 전류로 2분 안에 용단되는 것이어야 한다.