2024년 제3회 전기기사 CBT

[제1과목 : 전기자기학]

01 반지름 r[m]인 무한장 원통형 도체에 전류가 균일하게 흐를 때 도체 내부에서 자계의 세기[AT/m]는?

① 원통 중심축으로부터 거리에 비례한다.
② 원통 중심축으로부터 거리에 반비례한다.
③ 원통 중심축으로부터 거리의 제곱에 비례한다.
④ 원통 중심축으로부터 거리의 제곱에 반비례한다.

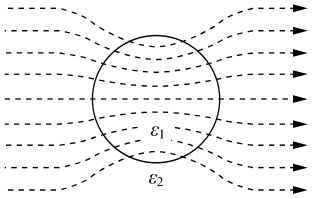
해설
$r < a$, 전류가 균일하게 흐르는 경우(내부에도 전류가 흐르는 경우)
내부 $H_i = \frac{I}{2\pi r} \times \frac{r^2}{a^2} = \frac{rI}{2\pi a^2}$[AT/m]

02 비투자율 $\mu_r = 800$, 원형 단면적이 $S = 10$[cm^2], 평균자로 길이 $l = 16\pi \times 10^{-2}$[m]의 환상철심에 600회의 코일을 감고 이 코일에 1[A]의 전류를 흘리면 환상철심 내부의 자속은 몇 [Wb]인가?

① 1.2×10^{-3}
② 1.2×10^{-5}
③ 2.4×10^{-3}
④ 2.4×10^{-5}

해설
$$\phi = BS = \mu H \cdot S = \mu \cdot \frac{NI}{2\pi r} \cdot S = \frac{\mu_0 \mu_s NIS}{l} [\mathrm{Wb}]$$
$$\therefore \ \phi = \frac{\mu_0 \mu_s NIS}{l} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 800 \times 600 \times 1 \times 10 \times 10^{-4}}{16\pi \times 10^{-2}} = 1.2 \times 10^{-3} [\mathrm{Wb}]$$

03 평등 전계 중에 유전체 구에 의한 전속 분포가 그림과 같이 되었을 때 ε_1과 ε_2의 크기 관계는?



① $\varepsilon_1 > \varepsilon_2$
② $\varepsilon_1 < \varepsilon_2$
③ $\varepsilon_1 = \varepsilon_2$
④ $\varepsilon_1 \leq \varepsilon_2$

해설
전속선은 유전율이 큰 쪽으로 모이므로 $\varepsilon_1 > \varepsilon_2$이다.

04 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 3.02×10^{-5} ② 3.02×10^{-4}

③ 1.44×10^{-5} ④ 1.44×10^{-4}

해설

쌍극자 모멘트 $M=ml[\mathrm{Wb\cdot m}]$ 대입

자성체의 회전력 $T=M\times H$

$T=MH\sin\theta=mlH\sin\theta[\mathrm{N\cdot m}]=8\times10^{-6}\times0.03\times120\times\sin30^\circ=1.44\times10^{-5}[\mathrm{N\cdot m}]$

05 정전용량이 C_0[F]인 평행판 공기콘덴서가 있다. 이것의 극판에 평행으로 판간격 d[m]의 $\frac{1}{2}$ 두께인 유리판을 삽입하였을 때의 정전용량[F]은?(단, 유리판의 유전율은 ε[F/m]이라 한다)

① $\dfrac{2C_0}{1+\dfrac{1}{\varepsilon}}$ ② $\dfrac{C_0}{1+\dfrac{1}{\varepsilon}}$

③ $\dfrac{2C_0}{1+\dfrac{\varepsilon_0}{\varepsilon}}$ ④ $\dfrac{C_0}{1+\dfrac{\varepsilon}{\varepsilon_0}}$

해설

공기 부분의 정전용량을 C_1이라 하면 $C_1=\dfrac{\varepsilon_0 S}{\frac{d}{2}}[\mathrm{F}]=\dfrac{2S\varepsilon_0}{d}[\mathrm{F}]$ 이고

유리판 부분의 정전용량을 C_2라 하면 $C_2=\dfrac{\varepsilon_r S}{\frac{d}{2}}=\dfrac{2S\varepsilon_r}{d}[\mathrm{F}]$ 이다.

그러므로, 극판 간 공극의 두께 $\frac{1}{2}$ 상당의 유리판을 넣는 경우 정전용량 C는

$$C=\frac{1}{\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}}=\frac{1}{\frac{d}{2S}\left(\frac{1}{\varepsilon_0}+\frac{1}{\varepsilon_r}\right)}=\frac{1}{\frac{d}{2\varepsilon_0 S}\left(1+\frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_r}\right)}=\frac{2C_0}{1+\frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_r}}=\frac{2C_0}{1+\frac{1}{\varepsilon_r}}[\mathrm{F}]$$

06 두 종류의 유전율(ε_1, ε_2)을 가진 유전체 경계면에 진전하가 존재하지 않을 때 성립하는 경계조건을 옳게 나타낸 것은?(단, θ_1, θ_2는 각각 유전체 경계면의 법선벡터와 E_1, E_2가 이루는 각이다)

① $E_1\sin\theta_1 = E_2\sin\theta_2,\ D_1\sin\theta_1 = D_2\sin\theta_2,\ \dfrac{\tan\theta_1}{\tan\theta_2} = \dfrac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}$

② $E_1\cos\theta_1 = E_2\cos\theta_2,\ D_1\sin\theta_1 = D_2\sin\theta_2,\ \dfrac{\tan\theta_1}{\tan\theta_2} = \dfrac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}$

③ $E_1\sin\theta_1 = E_2\sin\theta_2,\ D_1\cos\theta_1 = D_2\cos\theta_2,\ \dfrac{\tan\theta_1}{\tan\theta_2} = \dfrac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}$

④ $E_1\cos\theta_1 = E_2\cos\theta_2,\ D_1\cos\theta_1 = D_2\cos\theta_2,\ \dfrac{\tan\theta_1}{\tan\theta_2} = \dfrac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}$

해설

- 법선성분 : $D_1\cos\theta_1 = D_2\cos\theta_2$
- 접선성분 : $E_1\sin\theta_1 = E_2\sin\theta_2$
- 굴절의 법칙 : $\dfrac{\tan\theta_1}{\tan\theta_2} = \dfrac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}$
- 유전율이 큰 쪽으로 굴절
  $\varepsilon_1 > \varepsilon_2$: $\theta_1 > \theta_2,\ D_1 > D_2,\ E_1 < E_2$
  $\varepsilon_1 < \varepsilon_2$: $\theta_1 < \theta_2,\ D_1 < D_2,\ E_1 > E_2$
- 수직 입사 : $\theta_1 = 0$, 비굴절, 전속밀도 연속($D_1 = D_2,\ E_1 \neq E_2$)
- 수평 입사 : $\theta_1 = 90$, 전계 연속($D_1 \neq D_2,\ E_1 = E_2$)

07 다음 (가), (나)에 대한 법칙으로 알맞은 것은?

> 전자유도에 의하여 회로에 발생되는 기전력은 쇄교 자속수의 시간에 대한 감소비율에 비례한다는 (가)에 따르고 특히, 유도된 기전력의 방향은 (나)에 따른다.

① (가) 패러데이의 법칙 (나) 렌츠의 법칙
② (가) 렌츠의 법칙 (나) 패러데이의 법칙
③ (가) 플레밍의 왼손법칙 (나) 패러데이의 법칙
④ (가) 패러데이의 법칙 (나) 플레밍의 왼손법칙

해설

전자유도 법칙 : $e = -N\dfrac{d\phi}{dt}$

- 패러데이 법칙 : 유도기전력 크기$\left(e = N\dfrac{d\phi}{dt}\right)$ 결정
- 렌츠의 법칙 : 유도기전력 방향(–) 결정

08 자유공간 내 전자파의 진행에서 전계와 자계의 시간적인 위상관계는?

① 위상이 서로 같다.
② 전계가 자계보다 90° 빠르다.
③ 전계가 자계보다 90° 늦다.
④ 전계가 자계보다 45° 빠르다.

해설

전자파(평면파)의 특성
- 전계와 자계는 공존하면서 서로 직각 방향으로 진동한다.
- 전자파 진행방향은 $E\times H$이고 진행방향 성분은 E, H 성분이 없다.
- 진공 또는 완전 유전체에서 전파와 자파의 위상차가 없다.
- z방향에 미분 계수가 존재한다.
- 횡파이며 속도는 매질에 따라 다르다.
- 반사, 굴절현상이 있다.
- 완전 도체표면에서는 전부 반사된다.

09 N회 감긴 환상솔레노이드의 단면적이 S[m^2]이고 평균길이가 l[m]이다. 이 코일의 권수를 반으로 줄이고 인덕턴스를 일정하게 하려면?

① 길이를 $\frac{1}{2}$로 줄인다.
② 길이를 $\frac{1}{4}$로 줄인다.
③ 길이를 $\frac{1}{8}$로 줄인다.
④ 길이를 $\frac{1}{16}$로 줄인다.

해설

환상코일의 자기인덕턴스 L은 $L=\frac{\mu SN^2}{l}$[H]이므로 권수를 $\frac{1}{2}$로 하면

L은 $\left(\frac{1}{2}\right)^2=\frac{1}{4}$배로 되므로 S를 4배 또는 l을 $\frac{1}{4}$배로 하면 L은 일정하게 된다.

10 전계 및 자계의 세기가 각각 E, H일 때, 포인팅벡터 P의 표시로 옳은 것은?

① $P=\frac{1}{2}E\times H$
② $P=E\mathrm{rot}H$
③ $P=E\times H$
④ $P=H\mathrm{rot}E$

해설

포인팅벡터 : 단위시간에 단위면적을 지나는 에너지
임의의 점을 통과할 때의 전력밀도 $P=E\times H=EH\sin\theta$[W/m^2]에서 자계와 전계는 수직이므로
$P=EH$[W/m^2]

11 내압이 1[kV]이고 용량이 각각 0.01[μF], 0.02[μF], 0.04[μF]인 콘덴서를 직렬로 연결했을 때 전체 콘덴서의 내압은 몇 [V]인가?

① 1,750 ② 2,000
③ 3,500 ④ 4,000

해설

최초로 파괴되는 콘덴서를 기준으로 전압을 인가한다. $C_1 = 0.01[\mu F]$이 최초로 파괴되므로 기준으로 한다.

• 직렬 연결에서 전하량 일정

$$V_1 : V_2 : V_3 = \frac{1}{0.01} : \frac{1}{0.02} : \frac{1}{0.04} = 100 : 50 : 25 = 4 : 2 : 1$$

• $V_1 = \frac{4}{7} V$에서 $V = \frac{7}{4} V_1 = \frac{7}{4} \times 1{,}000 = 1{,}750[V]$

12 내부 원통의 반지름이 a, 외부 원통의 반지름이 b인 동축원통 콘덴서의 내외 원통 사이에 공기를 넣었을 때 정전용량이 C_1이었다. 내외 반지름을 모두 3배로 증가시키고 공기 대신 비유전율이 3인 유전체를 넣었을 경우의 정전용량 C_2는?

① $C_2 = \frac{C_1}{9}$ ② $C_2 = \frac{C_1}{3}$
③ $C_2 = 3C_1$ ④ $C_2 = 9C_1$

해설

$$C_1 = \frac{2\pi\varepsilon_0}{\ln\frac{b}{a}} \qquad C_2 = \frac{2\pi \cdot 3\varepsilon_0}{\ln\frac{3 \cdot b}{3 \cdot a}} = 3C_1$$

13 길이가 10[cm]이고 단면의 반지름이 1[cm]인 원통형 자성체가 길이 방향으로 균일하게 자화되어 있을 때 자화의 세기가 0.5[Wb/m^2]이라면 이 자성체의 자기모멘트[Wb · m]는?

① 1.57×10^{-5} ② 1.57×10^{-4}
③ 1.57×10^{-3} ④ 1.57×10^{-2}

해설

자화의 세기 $J = \frac{M}{v}$에서 자기모멘트 $M = Jv = 0.5 \times (0.1 \times \pi \times 0.01^2) = 1.57 \times 10^{-5}[Wb \cdot m]$

14 미분방정식 형태로 나타낸 맥스웰의 전자계 기초 방정식에 해당하는 것은?

① $\mathrm{rot}\,E=-\frac{\partial B}{\partial t},\ \mathrm{rot}\,H=\frac{\partial D}{\partial t},\ \mathrm{div}\,D=0,\ \mathrm{div}\,B=0$

② $\mathrm{rot}\,E=-\frac{\partial B}{\partial t},\ \mathrm{rot}\,H=i+\frac{\partial D}{\partial t},\ \mathrm{div}\,D=\rho,\ \mathrm{div}\,B=H$

③ $\mathrm{rot}\,E=-\frac{\partial B}{\partial t},\ \mathrm{rot}\,H=i+\frac{\partial D}{\partial t},\ \mathrm{div}\,D=\rho,\ \mathrm{div}\,B=0$

④ $\mathrm{rot}\,E=-\frac{\partial B}{\partial t},\ \mathrm{rot}\,H=i,\ \mathrm{div}\,D=0,\ \mathrm{div}\,B=0$

해설

맥스웰의 전자방정식(미분형)

• 앙페르의 주회(적분) 법칙 : $\mathrm{rot}\,H=\nabla\times H=i_c+\frac{\partial D}{\partial t}$

• 패러데이 법칙 : $\mathrm{rot}\,E=\nabla\times E=-\frac{\partial B}{\partial t}$

• 가우스 법칙 : $\mathrm{div}D=\nabla\cdot D=\rho$

• 가우스 법칙 : $\mathrm{div}B=0$

15 평형 상태에서 도체의 전하 분포와 전계에 관한 성질 중 적합하지 않은 것은?

① 도체 내부에는 전계가 0이 아니다.

② 대전된 도체의 전하는 도체 표면에만 존재한다.

③ 대전된 도체 표면은 동일 전위에 있다.

④ 대전된 도체의 표면 각 점의 전기력선은 표면에 수직이다.

해설

도체의 성질과 전하분포

• 도체 내부 전계의 세기는 0이다.

• 도체 내부는 중성이라 전하를 띠지 않고 도체 표면에만 전하가 분포한다.

• 도체 면에서의 전계의 세기는 도체 표면에 항상 수직이다.

• 도체 표면에서 전하 밀도는 곡률이 클수록, 곡률 반지름은 작을수록 높다.

16 2장의 무한평판 도체를 4[cm]의 간격으로 놓은 후 평판 도체 간에 일정한 전계를 인가하였더니 평판 도체 표면에 2[μC/m^2]의 전하밀도가 생겼다. 이때 평행 도체 표면에 작용하는 정전응력은 약 몇 [N/m^2]인가?

① 0.057 ② 0.226

③ 0.57 ④ 2.26

해설

정전응력 $f=\frac{D^2}{2\varepsilon}=\frac{(2\times10^{-6})^2}{2\times\varepsilon_0}\fallingdotseq0.226[\mathrm{N/m^2}]$

여기서, ε_0 : 진공상태 유전율$=8.855\times10^{-12}$

17 전계 $E = \frac{2}{x}\hat{x} + \frac{2}{y}\hat{y}[\mathrm{V/m}]$에서 점(2, 4)[m]를 통과하는 전기력선의 방정식은?(단, $\hat{x}, \hat{y}$는 단위벡터이다)

① $x^2 + y^2 = 12$
② $y^2 - x^2 = 12$
③ $x^2 + y^2 = 16$
④ $y^2 - x^2 = 16$

해설

전기력선 방정식 $\frac{dx}{E_x} = \frac{dy}{E_y}$에서 $\frac{dx}{\frac{2}{x}} = \frac{dy}{\frac{2}{y}}$이다. 양변을 적분하면

$y^2 - x^2 = 4^2 - 2^2 = 12$

18 액체 유전체를 넣은 콘덴서의 용량이 20$[\mu\mathrm{F}]$이다. 여기에 500[V]의 전압을 가하면 누설전류$[\mathrm{mA}]$는? (단, 비유전율 $\varepsilon_r = 2.2$, 고유저항 $\rho = 10^{11}[\Omega \cdot \mathrm{m}]$이다)

① 4.2
② 5.13
③ 54.5
④ 61

해설

누설전류 $I_g = \frac{V}{R} = \frac{CV}{\rho\varepsilon} = \frac{20\times10^{-6}\times500}{10^{11}\times\varepsilon} \fallingdotseq 5.13\times10^{-3}[\mathrm{A}] = 5.13[\mathrm{mA}]$

여기서, ε : 유전율=진공상태유전율(ε_0)×비유전율(ε_r) = $8.855\times10^{-12}\times2.2$

19 평균 반지름(r)이 20[cm], 단면적(S)이 6[cm^2]인 환상 철심에서 권선수(N)가 500회인 코일에 흐르는 전류(I)가 4[A]일 때 철심 내부에서의 자계의 세기(H)는 약 몇 [AT/m]인가?

① 1,590
② 1,700
③ 1,870
④ 2,120

해설

자계의 세기 $H = \frac{NI}{l} = \frac{NI}{2\pi r} = \frac{500\times4}{2\pi\times0.2} \fallingdotseq 1{,}591.55[\mathrm{AT/m}]$

20 전위경도 V와 전계 E의 관계식은? [20기3]

① $E = \mathrm{grad}\, V$
② $E = \mathrm{div}\, V$
③ $E = -\mathrm{grad}\, V$
④ $E = -\mathrm{div}\, V$

해설

$E = -\mathrm{grad} V = -\nabla V[\mathrm{V/m}]$

[제2과목 : 전력공학]

21 어느 수용가의 부하설비는 전등설비가 500[W], 전열설비가 600[W], 전동기 설비가 400[W], 기타설비가 100[W]이다. 이 수용가의 최대수용전력이 1,200[W]이면 수용률은 몇 [%]인가?

① 55
② 65
③ 75
④ 85

해설

$$\text{수용률} = \frac{\text{최대전력[kW]}}{\text{설비용량[kW]}} \times 100[\%]$$

$$= \frac{1,200}{500+600+400+100} \times 100 = 75[\%]$$

22 다음 중 송전선의 1선 지락 시 선로에 흐르는 전류를 바르게 나타낸 것은?

① 영상전류만 흐른다.
② 영상전류 및 정상전류만 흐른다.
③ 영상전류 및 역상전류만 흐른다.
④ 영상전류, 정상전류 및 역상전류가 흐른다.

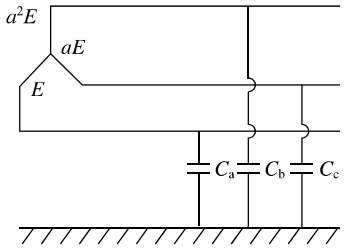
해설

고장별 대칭분 및 전류의 크기

고장종류	대칭분	전류의 크기
1선 지락	정상분, 역상분, 영상분	$I_0 = I_1 = I_2 \neq 0$
선간 단락	정상분, 역상분	$I_1 = -I_2 \neq 0,\ I_0 = 0$
3상 단락	정상분	$I_1 \neq 0,\ I_0 = I_2 = 0$

1선 지락전류 $I_g = 3I_0 = \dfrac{3E_a}{Z_0 + Z_1 + Z_2}$

23 3상 송전선로의 각 상의 대지 정전용량을 C_a, C_b 및 C_c라 할 때, 중성점 비접지 시의 중성점과 대지 간의 전압은?(단, E는 상전압이다)



① $(C_a + C_b + C_c)E$

② $\dfrac{\sqrt{C_aC_b + C_bC_c + C_cC_a}}{C_a + C_b + C_c}E$

③ $\dfrac{\sqrt{C_a(C_a - C_b) + C_b(C_b - C_c) + C_c(C_c - C_a)}}{C_a + C_b + C_c}E$

④ $\dfrac{\sqrt{C_a(C_b - C_c) + C_b(C_c - C_a) + C_c(C_a - C_b)}}{C_a + C_b + C_c}E$

해설

중성점과 대지 간의 전압

$$V_n = \frac{\sqrt{C_a(C_a - C_b) + C_b(C_b - C_c) + C_c(C_c - C_a)}}{C_a + C_b + C_c} \times E$$

24 500[kVA]의 단상 변압기 상용 3대(결선 △−△), 예비 1대를 갖는 변전소가 있다. 부하의 증가로 인하여 예비 변압기까지 동원해서 사용한다면 응할 수 있는 최대부하[kVA]는 약 얼마인가?

① 2,000
② 1,730
③ 1,500
④ 830

해설

$P_V = \sqrt{3}\, V_P I_P = \sqrt{3} \times 500 \fallingdotseq 866$

$P = 2P_V = 2 \times 866 = 1,732[\text{kVA}]$

25 한류리액터를 사용하는 가장 큰 목적은?

① 충전전류의 제한
② 접지전류의 제한
③ 누설전류의 제한
④ 단락전류의 제한

해설

- △결선방식 : 제3고조파 제거
- 직렬리액터 : 제5고조파 제거
- 한류리액터 : 단락사고 시 단락전류 제한
- 소호리액터 : 지락 시 지락전류 제한
- 분로리액터 : 페란티 방지

26 초고압용 차단기에서 개폐저항기를 사용하는 이유 중 가장 타당한 것은?

① 차단전류의 역률 개선
② 차단전류 감소
③ 차단속도 증진
④ 개폐서지 이상전압 억제

해설

내부적인 요인	외부적인 요인
개폐서지	뇌서지(직격뢰, 유도뢰)
대책 : 개폐저항기	대책 : 서지흡수기

27 피뢰기의 제한전압이란?

① 상용주파 전압에 대한 피뢰기의 충격방전 개시전압
② 충격파 침입 시 피뢰기의 충격방전 개시전압
③ 피뢰기가 충격파 방전 종료 후 언제나 속류를 확실히 차단할 수 있는 상용주파 최대전압
④ 충격파 전류가 흐르고 있을 때의 피뢰기 단자전압

해설

제한전압 : 피뢰기 동작 중에 계속해서 걸리고 있는 단자전압의 파고값

28 동일한 부하전력에 대하여 전압을 2배로 승압하면 전압강하, 전압강하율, 전력손실률은 각각 어떻게 되는지 순서대로 나열한 것은?

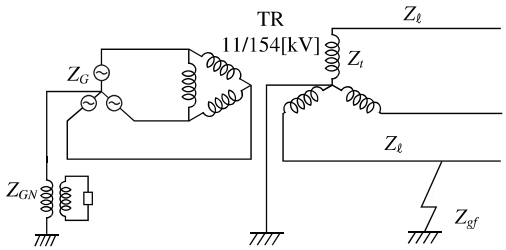
① $\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}$
② $\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{1}{4}$
③ $\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}$
④ $\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}$

해설

전압을 n배로 승압 시

항 목	송전전력	전압강하	단면적 A	총중량 W	전력손실 P_l	전압강하율 ε
관 계	$P \propto V^2$	$e \propto \frac{1}{V}$	$[A,\ W,\ P_l,\ \varepsilon] \propto \frac{1}{V^2}$			

29 그림과 같은 전력계통의 154[kV] 송전선로에서 고장 지락 임피던스 Z_{gf}를 통해서 1선 지락 고장이 발생되었을 때 고장점에서 본 영상 %임피던스는?(단, 그림에 표시한 임피던스는 모두 동일 용량, 100[MVA] 기준으로 환산한 %임피던스임)



① $Z_0 = Z_l + Z_t + Z_G$
② $Z_0 = Z_l + Z_t + Z_{gf}$
③ $Z_0 = Z_l + Z_t + 3Z_{gf}$
④ $Z_0 = Z_l + Z_t + Z_{gf} + Z_G + Z_{GN}$

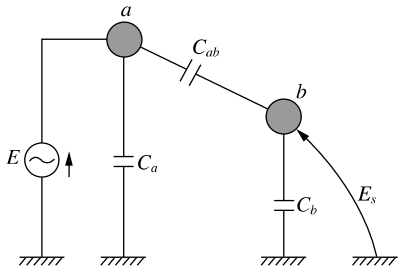
해설
$V = I_g Z_{gf} = 3I_0 Z_{gf} = I_0 3Z_{gf}$
$Z_0 = Z_l + Z_t + 3Z_{gf}$

30 전력계통에 과도안정도 향상대책과 관련 없는 것은?

① 빠른 고장 제거
② 속응여자시스템 사용
③ 큰 임피던스의 변압기 사용
④ 병렬 송전선로의 추가 건설

해설
안정도 향상대책
• 발전기
– 동기리액턴스 감소(단락비 크게, 전압변압률 작게)
– 속응여자방식 채용
– 제동권선 설치(난조 방지)
– 조속기 감도 둔감
• 송전선
– 리액턴스 감소
– 복도체(다도체) 채용
– 병행 2회선 방식
– 중간조상방식
– 고속도 재폐로방식 채택 및 고속 차단기 설치

31 전력선 a의 충전전압을 E, 통신선 b의 대지정전용량을 C_b, $a-b$ 사이의 상호정전용량을 C_{ab}라고 하면 통신선 b의 정전유도전압 E_s는?



① $\frac{C_{ab}+C_b}{C_b}\times E$ ② $\frac{C_{ab}+C_b}{C_{ab}}\times E$

③ $\frac{C_b}{C_{ab}+C_b}\times E$ ④ $\frac{C_{ab}}{C_{ab}+C_b}\times E$

해설

C_a에 충전전압 E가 인가, 정전용량 C_{ab}와 C_b의 직렬회로이므로 전압이 분배된다.

정전유도전압 $E_s=\frac{C_{ab}}{C_{ab}+C_b}\times E$

32 변압기의 결선 중에서 1차에 제3고조파가 있을 때 2차에 제3고조파 전압이 외부로 나타나는 결선은?

① Y-Y ② Y-△

③ △-Y ④ △-△

해설

△결선은 제3고조파를 제거

33 어느 화력발전소에서 40,000[kWh]를 발전하는 데 발열량 860[kcal/kg]의 석탄이 60톤 사용된다. 이 발전소의 열효율[%]은 약 얼마인가?

① 56.7 ② 66.7

③ 76.7 ④ 86.7

해설

$\eta=\frac{860W}{mH}\times 100=\frac{860\times 40{,}000}{60\times 10^3\times 860}\times 100\fallingdotseq 66.67[\%]$

34 모선 보호에 사용되는 계전방식이 아닌 것은?

① 선택접지 계전방식 ② 방향거리 계전방식

③ 위상 비교방식 ④ 전류차동 보호방식

해설

모선 보호용 계전기의 종류 : 전류차동 계전방식, 전압차동 계전방식, 위상비교 계전방식, 방향거리 계전방식

35 송전단 전압 161[kV], 수전단 전압 155[kV], 상차각 40°, 리액턴스가 49.8[Ω]일 때 선로손실을 무시한다면 전송전력은 약 몇 [MW]인가?

① 289
② 322
③ 373
④ 869

해설

$$P_S = \frac{E_S E_R}{X}\sin\delta = \frac{161\times 155}{49.8}\sin 40° \fallingdotseq 322.1[\mathrm{MW}]$$

36 보일러에서 절탄기의 용도는?

① 증기를 과열한다.
② 공기를 예열한다.
③ 보일러 급수를 데운다.
④ 석탄을 건조한다.

해설

보일러의 부속 설비

- 과열기 : 건조포화증기를 과열증기로 변환하여 터빈에 공급
- 재열기 : 터빈 내에서의 증기를 뽑아내어 다시 가열하는 장치
- 절탄기 : 배기가스의 여열을 이용하여 보일러 급수 예열
- 공기예열기 : 절탄기를 통과한 여열공기를 예열한다(연도의 맨 끝에 위치).

37 중성점 직접접지방식에서 변압기에 단절연이 가능한 이유는 무엇인가?

① 지락 전류가 저역률이다.
② 고장 전류가 크다.
③ 중성점의 전위가 낮다.
④ 보호계전기 동작이 확실하다.

해설

중성점접지방식

방 식	보호계전기 동작	지락전류	전위상승	과도 안정도	유도 장해	특 징
직접접지 22.9, 154, 345[kV]	확 실	크다.	1.3배	작다.	크다.	중성점 영전위 단절연 가능
저항접지	↓	↓	$\sqrt{3}$ 배	↓	↓	
비접지 3.3, 6.6[kV]	×	↓	$\sqrt{3}$ 배	↓	↓	저전압 단거리
소호리액터접지 66[kV]	불확실	0	$\sqrt{3}$ 배 이상	크다.	작다.	병렬 공진

38 유효낙차가 40[%] 저하되면 수차의 효율이 20[%] 저하된다고 할 경우 이때의 출력은 원래의 약 몇 [%]인가?(단, 안내날개의 열림은 불변인 것으로 한다)

① 37.2　② 48.0
③ 52.7　④ 63.7

해설

$P \propto QH\eta$에서 낙차에 의한 수차의 특성변화에서 $P \propto H^{\frac{3}{2}} \times \eta$

$P = (0.6^{\frac{3}{2}} \times 0.8) \times 100 = 37.18 \fallingdotseq 37.2[\%]$

39 배전선로용 퓨즈(Power Fuse)는 주로 어떤 전류의 차단을 목적으로 사용하는가?

① 충전전류　② 단락전류
③ 부하전류　④ 과도전류

해설

전력 퓨즈(Power Fuse)는 특고압 기기의 단락전류 차단을 목적으로 설치한다.
• 장점 : 소형 및 경량, 차단용량이 큼, 고속 차단, 보수가 간단, 가격이 저렴, 정전용량이 작음
• 단점 : 재투입이 불가능

40 송전선의 특성임피던스를 Z_0, 전파속도를 V라 할 때, 이 송전선의 단위길이에 대한 인덕턴스 L은?

① $L = \frac{V}{Z_0}$　② $L = \frac{Z_0}{V}$
③ $L = \frac{Z_0^2}{V}$　④ $L = \sqrt{Z_0}\, V$

해설

특성임피던스 $Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$, $V = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

$\therefore\ L = \frac{Z_0}{V}$

[제3과목 : 전기기기]

41 A, B 2대의 동기발전기를 병렬 운전 중 계통 주파수를 바꾸지 않고 B기의 역률을 좋게 하는 방법은?

① A기의 여자전류를 증대
② A기의 원동기 출력을 증대
③ B기의 여자전류를 증대
④ B기의 원동기 출력을 증대

해설

동기발전기의 병렬운전

- 유기기전력이 높은 발전기(여자전류가 높은 경우) : 90° 지상전류가 흘러 역률이 저하된다.
- 유기기전력이 낮은 발전기(여자전류가 낮은 경우) : 90° 진상전류가 흘러 역률이 상승된다.

42 동기전동기의 공급전압과 부하를 일정하게 유지하면서 역률을 1로 운전하고 있는 상태에서 여자전류를 증가시키면 전기자전류는?

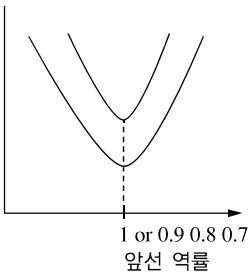
① 앞선 무효전류가 증가
② 앞선 무효전류가 감소
③ 뒤진 무효전류가 증가
④ 뒤진 무효전류가 감소

해설

위상 특성곡선(V곡선 $I_a - I_f$ 곡선, P 일정) : 계자전류의 변화에 대한 전기자전류의 변화를 나타낸 곡선(동기조상기로 조정)

- 과여자(진역률) : 콘덴서 C 로 작용
- 부족여자(지역률) : 인덕턴스 L로 작용

가로축 I_f	최저점 $\cos\theta = 1$	세로축 I_a
감 소	계자전류 I_f	증 가
증 가	전기자전류 I_a	증 가
뒤진 역률(지상)	역 률	앞선 역률(진상)
L	작 용	C
부족여자	여 자	과여자
$\cos\theta = 1$에서 전력 비교 $P \propto I_a$, 위 곡선의 전력이 크다.		



43 3[kVA], 3,000/200[V]의 변압기의 단락시험에서 임피던스 전압 120[V], 동손 150[W]라 하면 %저항강하는 몇 [%]인가?

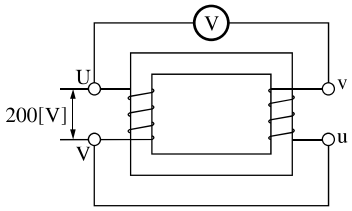
① 1
② 3
③ 5
④ 7

해설

%저항강하

$$p = \frac{I_{2n} r_{21}}{V_{2n}} \times 100 = \frac{I_{1n} r_{12}}{V_{1n}} \times 100 = \frac{I_{1n}^2 r_{12}}{V_{1n} I_{1n}} \times 100 = \frac{P_s}{P_n} \times 100[\%] = \frac{150}{3 \times 10^3} \times 100 = 5[\%]$$

44 210/105[V]의 변압기를 그림과 같이 결선하고 고압 측에 200[V]의 전압을 가하면 전압계의 지시는 몇 [V]인가?(단, 변압기는 가극성이다)



① 100
② 200
③ 300
④ 400

해설

$V_2 = V_1 \times \frac{1}{a} = 200 \times \frac{1}{2} = 100[\mathrm{V}]$

$V_3 = V_1 + V_2 = 200 + 100 = 300[\mathrm{V}]$

45 일반적인 DC 서보모터의 제어에 속하지 않는 것은?

① 역률제어
② 토크제어
③ 속도제어
④ 위치제어

해설

역률제어와는 관계가 없다.

46 3,300/220[V] 변압기 A, B의 정격용량이 각각 400[kVA], 300[kVA]이고, %임피던스강하가 각각 2.4[%]와 3.6[%]일 때 그 2대의 변압기에 걸 수 있는 합성부하용량은 몇 [kVA]인가?

① 550
② 600
③ 650
④ 700

해설

$\frac{P_b}{P_a} = \frac{\%Z_a}{\%Z_b} \times \frac{P_B}{P_A} = \frac{2.4}{3.6} \times \frac{300}{400} = \frac{1}{2}$

$P_a = 400[\mathrm{kVA}]$

$P_b = \frac{1}{2} P_a = \frac{1}{2} \times 400 = 200[\mathrm{kVA}]$

$\therefore$ 합성부하용량 $= P_a + P_b = 400 + 200 = 600[\mathrm{kVA}]$

47 3상 유도전동기의 원선도 작성 시 필요한 시험이 아닌 것은?

① 슬립측정
② 무부하시험
③ 구속시험
④ 고정자권선의 저항측정

해설

Heyland 원선도

유도전동기 1차 부하전류의 선단 부하의 증감과 더불어 그리는 그 궤적이 항상 반원주상에 있는 것을 이용하여 여러 가지 값을 구하는 곡선

작성에 필요한 값	저항 측정	무부하시험	구속시험
		철손, 여자전류	동손, 임피던스 전압, 단락전류
구할 수 있는 값	1차 입력, 2차 입력(동기와트), 철손, 슬립 1차 저항손, 2차 저항손, 출력, 효율, 역률		
구할 수 없는 값	기계적 출력, 기계손		

48 사이리스터에서의 래칭(Latching)전류에 관한 설명으로 옳은 것은?

① 게이트를 개방한 상태에서 사이리스터 도통 상태를 유지하기 위한 최소의 순전류
② 게이트 전압을 인가한 후에 급히 제거한 상태에서 도통 상태가 유지되는 최소의 순전류
③ 사이리스터의 게이트를 개방한 상태에서 전압이 상승하면 급히 증가하게 되는 순전류
④ 사이리스터가 턴온하기 시작하는 순전류

해설

SCR의 특징

- 정류기능을 가진 단일 방향성 3단자 소자이다.
- 과전압에 약하고 열용량이 적어 고온에 약하다.
- 아크가 생기지 않으므로 열의 발생이 적다.
- 역방향 내전압이 크고, 전압강하가 작다.
- Turn On 조건은 양극과 음극 간에 브레이크 오버전압 이상의 전압을 인가하고, 게이트에 래칭전류 이상의 전류를 인가한다.
- Turn Off 조건은 애노드의 극성을 부(−)로 한다.
- 래칭전류는 사이리스터가 Turn On하기 시작하는 순전류이다.
- 이온이 소멸되는 시간이 짧다.
- 직류 및 교류 전압제어를 하며 스위칭 소자이다.

49 3상 권선형 유도전동기의 기동 시 2차 측 저항을 2배로 하면 최대 토크값은 어떻게 되는가?

① 3배로 된다.
② 2배로 된다.
③ 1/2로 된다.
④ 변하지 않는다.

해설

비례추이의 원리(권선형 유도전동기)

$$\frac{r_2}{s_m}=\frac{r_2+R_s}{s_t}$$

- 최대토크가 발생하는 슬립점이 2차 회로의 저항에 비례해서 이동한다.
- 슬립은 변화하지만 최대토크$\left(T_{\max}=K\frac{{E_2}^2}{2r_2}\right)$는 불변한다.
- 2차 저항을 크게 하면 기동전류는 감소하고 기동토크는 증가한다.

50 변압기 단락시험에서 변압기의 임피던스 전압이란?

① 1차 전류가 여자전류에 도달했을 때의 2차 측 단자전압
② 1차 전류가 정격전류에 도달했을 때의 2차 측 단자전압
③ 1차 전류가 정격전류에 도달했을 때의 변압기 내의 전압강하
④ 1차 전류가 2차 단락전류에 도달했을 때의 변압기 내의 전압강하

해설

임피던스 전압($V_{1s}=I_{1n}\cdot Z_{21}$)

- 정격전류가 흐를 때 변압기 내 임피던스 전압강하
- 변압기 2차 측을 단락한 상태에서 1차 측에 정격전류(I_{1n})가 흐르도록 1차 측에 인가하는 전압

51 동기발전기 분포권의 특징이 아닌 것은?

① 권선의 누설 리액턴스가 감소한다.
② 집중권에 비해 합성 유기기전력이 증가한다.
③ 집중권에 비해 전기자권선의 열방산이 효과적이다.
④ 고조파를 제거해서 집중권에 비해 기전력의 파형이 좋아진다.

해설

분포권의 특징

- 분포권은 집중권에 비하여 합성유기기전력이 감소한다.
- 기전력의 고조파가 감소하여 파형이 좋아진다.
- 권선의 누설리액턴스가 감소한다.
- 전기자권선에 의한 열을 고르게 분포시켜 과열을 방지한다.

52 정격운전 중인 직류전동기의 토크가 감소하는 경우로 옳은 것은?

① 전기자 전류의 증가
② 극수 증가
③ 병렬회로수의 감소
④ 회전수의 증가

해설

직류 직권전동기

관계 / 자기포화	토크와 회전수
자기포화 전	$T = kI_a^2[\mathrm{N \cdot m}],\ T \propto I_a^2 \propto \frac{1}{N^2}$
자기포화 시	$T = kI_a[\mathrm{N \cdot m}],\ T \propto I_a \propto \frac{1}{N}$

53 돌극형 회전자를 가진 동기발전기는 부하각(δ)이 몇 도일 때 최대출력을 낼 수 있는가?

① 0°
② 30°
③ 60°
④ 90°

해설

철극형과 비철극형

구 분	철극형	비철극형
극 수	16~32	2~4
회전속도	저 속	고 속
크 기	D대, l소	D소, l대
단락비	0.9~1.2	0.6~1.0
리액턴스	직축>횡축	직축=횡축
최대출력 부하각	60°	90°
설 치	수직형	수평형

54 단상 전파정류회로의 정류효율은?

① 20.6[%]
② 40.6[%]
③ 61.1[%]
④ 81.1[%]

해설

정류회로의 특성

구 분		반파정류	전파정류
다이오드		$E_d = \frac{\sqrt{2}E}{\pi} = 0.45E$	$E_d = \frac{2\sqrt{2}E}{\pi} = 0.9E$
SCR	단 상	$E_d = \frac{\sqrt{2}E}{\pi}\left(\frac{1+\cos\alpha}{2}\right)$	$E_d = \frac{2\sqrt{2}E}{\pi}\left(\frac{1+\cos\alpha}{2}\right)$
	3상	$E_d = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi}E\cos\alpha$	$E_d = \frac{3\sqrt{2}}{\pi}E\cos\alpha$
효 율		40.6[%]	81.1[%]
PIV		PIV = $E_d \times \pi$, 브리지 PIV = $0.5E_d \times \pi$	

※ SCR은 항상 부하 역률각보다 큰 범위에서만 제어가 가능하다(제어각>역률각).

55 전원 주파수와 다른 주파수의 전력으로 변환하는 장치는?

① 초 퍼
② 인버터
③ 정류기
④ 사이클로 컨버터

해설

전력변환기기

인버터	초 퍼	정 류	사이클로 컨버터 (주파수 변환)
직류-교류	직류-직류	교류-직류	교류-교류

56 주파수가 60[Hz]인 유도전동기의 주파수가 50[Hz]로 변화하였을 때 감소하는 것은?

① 여자전류
② 철 손
③ 온 도
④ 역 률

해설

주파수 변환 : 60[Hz]에서 50[Hz]

구 분	자 속	자속밀도	여자전류	철 손	리액턴스	온도상승	속 도
주파수	반비례 $\frac{6}{5}$	반비례 $\frac{6}{5}$	반비례 $\frac{6}{5}$	반비례 $\frac{6}{5}$	비례 $\frac{5}{6}$	반비례 $\frac{6}{5}$	비례 $\frac{5}{6}$

57 역기전력 200[V], 전기자전류 100[A], 1,500[rpm]으로 회전하고 있는 직류전동기의 발생 토크는 약 몇 [kg · m]인가?

① 5 ② 8
③ 11 ④ 13

해설

토크 $T = 0.975\frac{P}{N} = 0.975\frac{EI_a}{N} = 0.975 \times \frac{200 \times 100}{1,500} = 13[\text{kg} \cdot \text{m}]$

58 자극수 4, 전기자 도체수 50, 전기자저항 0.1[Ω]의 중권 타여자전동기가 있다. 정격전압 105[V], 정격전류 50[A]로 운전하던 것을 전압 106[V] 및 계자회로를 일정하게 하고 무부하로 운전했을 때 전기자전류가 10[A]이라면 속도변동률[%]은?(단, 매극의 자속은 0.05[Wb]라 한다)

① 3 ② 5
③ 6 ④ 8

해설

$E = V - I_a R_a = 105 - 50 \times 0.1 = 100[\text{V}]$

유도기전력 $E = \frac{PZ}{a}\phi\frac{N}{60}[\text{V}]$ 에서

$N = \frac{aE \times 60}{PZ\phi} = \frac{4 \times 100 \times 60}{4 \times 50 \times 0.05} = 2,400[\text{rpm}]$, $E' = V' - I_a' R_a = 106 - 10 \times 0.1 = 105[\text{V}]$

$N_0 = \frac{105}{100} \times 2,400 = 2,520[\text{rpm}]$

속도변동률 $= \frac{N_0 - N}{N} \times 100[\%] = \frac{2,520 - 2,400}{2,400} \times 100 = 5[\%]$

59 상전압 220[V]인 3상 반파정류회로에 SCR을 사용하여 위상제어를 할 때 제어각이 10°이면 직류출력전압은 약 몇 [V]인가?

① 117 ② 146
③ 216 ④ 253

해설

3상 반파(SCR) $E_d = 1.17E_a\cos\alpha = 1.17 \times 220 \times \cos 10^\circ \fallingdotseq 253.49[\text{V}]$

60 정격용량 10,000[kVA], 정격전압 6,000[V], 극수 12, 주파수 60[Hz], 1상의 동기 임피던스가 2[Ω]인 3상 동기 발전기가 있다. 이 발전기의 단락비는 얼마인가?

① 1.0 ② 1.2
③ 1.4 ④ 1.8

해설

단락비 $K_s = \frac{1}{\%Z} = \frac{9}{5} = 1.8$

임피던스 $\%Z = \frac{I_n Z_s}{E_n} = \frac{\frac{10,000 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 6,000} \times 2}{\frac{6,000}{\sqrt{3}}} = \frac{5}{9}$

[제4과목 : 회로이론 및 제어공학]

61 PID 동작에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 사이클링은 제거할 수 있으나 오프셋은 생긴다.
② 오프셋은 제거되나 제어동작에 큰 부동작 시간이 있으면 응답이 늦어진다.
③ 응답속도는 빨리 할 수 있으나 오프셋은 제거되지 않는다.
④ 사이클링과 오프셋이 제거되고 응답속도가 빠르며 안정성도 있다.

해설

PID동작(비례적분미분동작) : 정상특성과 응답 속응성을 동시에 개선한다.

62 다음과 같은 전류의 초깃값 $i(0^+)$를 구하면?

$$I(s) = \frac{12(s+8)}{4s(s+6)}$$

① 1
② 2
③ 3
④ 4

해설

$$\lim_{s\to\infty} s \cdot \frac{12(s+8)}{4s(s+6)} = \lim_{s\to\infty} \frac{12s+96}{4s+24} = \lim_{s\to\infty} \frac{12+\frac{96}{s}}{4+\frac{24}{s}} = 3$$

63 다음 방정식으로 표시되는 제어계가 있다. 이 계를 상태방정식 $\dot{x}(t)=Ax(t)+Bu(t)$로 나타내면 계수 행렬 A는?

$$\frac{d^3c(t)}{dt^3}+5\frac{d^2c(t)}{dt^2}+\frac{dc(t)}{dt}+2c(t)=r(t)$$

① $\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -2 & -1 & -5 \end{bmatrix}$

② $\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 5 & 1 & 2 \end{bmatrix}$

③ $\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 5 & 2 \end{bmatrix}$

④ $\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -2 & -1 & 0 \end{bmatrix}$

해설

$x_1(t)=c(t)$

$x_2(t)=\frac{d}{dt}c(t)$

$x_3=\frac{d^2}{dt^2}c(t)$

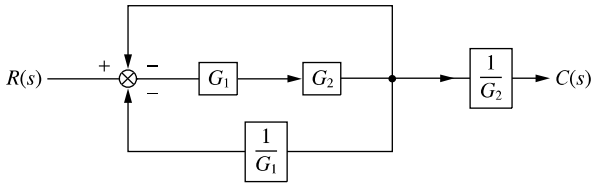
$x_2(t)=\dot{x}_1(t)$

$x_3(t)=\dot{x}_2(t)$

$\dot{x}_3(t)=r(t)-2x_1(t)-x_2(t)-5x_3(t)$

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1(t) \\ \dot{x}_2(t) \\ \dot{x}_3(t) \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -2 & -1 & -5 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ x_3(t) \end{bmatrix}+\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}r(t)$$

64 다음 블록선도에서 입력이 $R(s)$, 출력이 $C(s)$일 때 $G(s)=\frac{C(s)}{R(s)}$를 구하시오.



① $G(s)=\frac{G_1G_2}{1+G_1+G_1G_2}$

② $G(s)=\frac{G_1}{1+G_1+G_1G_2}$

③ $G(s)=\frac{G_1}{1+G_2+G_1G_2}$

④ $G(s)=\frac{G_1G_2}{1+G_2+G_1G_2}$

해설

$P=G_1\times G_2\times\frac{1}{G_2}=G_1$

$L_2=-G_1G_2$

$L_1=-G_1\times G_2\times\frac{1}{G_1}=-G_2$

$G(s)=\frac{P}{1-L_1-L_2}=\frac{G_1}{1+G_2+G_1G_2}$

65 전달함수가 $\frac{C(s)}{R(s)}=\frac{25}{s^2+6s+25}$인 2차 제어시스템의 감쇠진동주파수($\omega_d$)는 몇 [rad/s]인가?

① 3
② 4
③ 5
④ 6

해설

$s^2+6s+25=0$

$s^2+2\delta\omega_n s+\omega_n^2=0$

$\omega_n^2=25 \rightarrow \omega_n=5$

$2\cdot\delta\cdot 5=6 \rightarrow \delta=\frac{6}{10}=0.6$

감쇠진동주파수 $\omega_d=\omega_n\sqrt{1-\delta^2}=5\sqrt{1-0.6^2}=4$

66 개루프 전달함수 $G(s)H(s)=\frac{K}{s(s+3)^2}$의 이탈점에 해당되는 것은?

① -2.5
② -2
③ -1
④ -0.5

해설

근궤적의 이탈점

개루프 전달함수 $G(s)H(s)=\frac{K}{s(s+3)^2}$에서

$1+G(s)H(s)=\frac{s(s+3)^2+K}{s(s+3)^2}=0$

특성방정식 $F(s)=s(s+3)^2+K=0$

$K=-s(s+3)^2=-s(s^2+6s+9)=-s^3-6s^2-9s$

$\frac{dK}{ds}=-3s^2-12s-9=0$에서 $s=-3,-1$

이탈점 $a=-3,\ b=-1$이 된다.

67 다음의 상태방정식으로 표현되는 시스템의 상태천이행렬은?

$$\begin{bmatrix} \frac{d}{dt}x_1 \\ \frac{d}{dt}x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -3 & -4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

① $\begin{bmatrix} 1.5e^{-t} - 0.5e^{-3t} & -1.5e^{-t} + 1.5e^{-3t} \\ 0.5e^{-t} - 0.5e^{-3t} & -0.5e^{-t} + 1.5e^{-3t} \end{bmatrix}$

② $\begin{bmatrix} 1.5e^{-t} - 0.5e^{-3t} & 0.5e^{-t} - 0.5e^{-3t} \\ -1.5e^{-t} + 1.5e^{-3t} & -0.5e^{-t} + 1.5e^{-3t} \end{bmatrix}$

③ $\begin{bmatrix} 1.5e^{-t} - 0.5e^{-4t} & 0.5e^{-t} - 0.5e^{-4t} \\ -1.5e^{-t} + 1.5e^{-4t} & -0.5e^{-t} + 1.5e^{-4t} \end{bmatrix}$

④ $\begin{bmatrix} 1.5e^{-t} - 0.5e^{-4t} & -1.5e^{-t} + 1.5e^{-4t} \\ 0.5e^{-t} - 0.5e^{-4t} & -0.5e^{-t} + 1.5e^{-4t} \end{bmatrix}$

해설

$\phi(t) = \mathcal{L}^{-1}[SI - A]^{-1}$

$\begin{bmatrix} s & 0 \\ 0 & s \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -3 & -4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s & -1 \\ 3 & s+4 \end{bmatrix}$

$\begin{bmatrix} s & -1 \\ 3 & s+4 \end{bmatrix}^{-1} = \frac{1}{s(s+4)+3} \begin{bmatrix} s+4 & 1 \\ -3 & s \end{bmatrix} = \frac{1}{(s+1)(s+3)} \begin{bmatrix} s+4 & 1 \\ -3 & s \end{bmatrix}$ 에서

$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix}$ 중 B를 구하면

$\frac{1}{(s+1)(s+3)} = \frac{K_1}{s+1} + \frac{K_2}{s+3}$

$K_1 = \frac{1}{s+3}\Big|_{s=-1} = \frac{1}{2}$

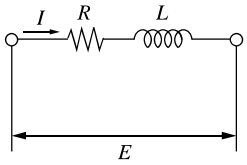
$K_2 = \frac{1}{s+1}\Big|_{s=-3} = -\frac{1}{2}$

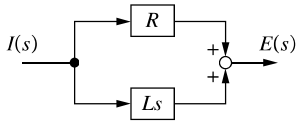
$\frac{1}{2}\frac{1}{s+1} - \frac{1}{2}\frac{1}{s+3}$ 을 역라플라스 변환을 하면

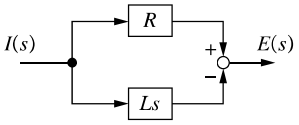
$0.5e^{-t} - 0.5e^{-3t}$ 이므로

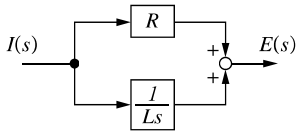
B값 중에서 찾으면 ②번이 답이다.

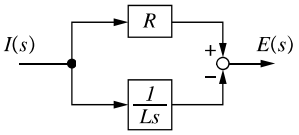
68 다음의 회로를 블록선도로 그린 것 중 옳은 것은?



① 

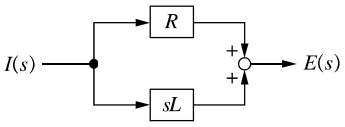
② 

③ 

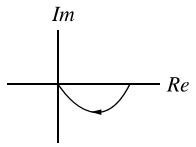
④ 

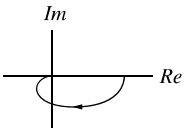
해설

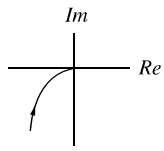
$E(s) = I(s)R + sLI(s) = (R + sL)I(s)$

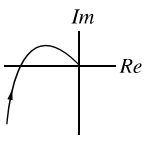


69 $G(j\omega)=\dfrac{K}{j\omega(j\omega+1)}$ 의 나이퀴스트선도를 도시한 것은?(단, $K>0$이다)

① 

② 

③ 

④ 

해설

나이퀴스트선도에서 주파수 전달함수

$G(s) = \dfrac{K}{j\omega(j\omega+1)}$

$\lim_{\omega\to 0}|G(j\omega)| = \lim_{\omega\to 0}\left|\dfrac{K}{j\omega(j\omega+1)}\right| = \lim_{\omega\to 0}\left|\dfrac{K}{j\omega}\right| = \infty$

$\lim_{\omega\to 0}\angle G(j\omega) = \lim_{\omega\to 0}\angle\dfrac{K}{j\omega(j\omega+1)} = \lim_{\omega\to 0}\angle\dfrac{K}{j\omega} = -90°$

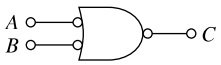
$\lim_{\omega\to \infty}|G(j\omega)| = \lim_{\omega\to \infty}\left|\dfrac{K}{j\omega(j\omega+1)}\right| = \lim_{\omega\to \infty}\left|\dfrac{K}{(j\omega)^2}\right| = 0$

$\lim_{\omega\to \infty}\angle G(j\omega) = \lim_{\omega\to \infty}\angle\dfrac{K}{j\omega(j\omega+1)} = \lim_{\omega\to \infty}\angle\dfrac{K}{(j\omega)^2} = -180°$

1형시스템으로 $-90°$에서 시작하여 (분모차수 − 분자차수) $=1$

$\therefore$ $-180°$에서 종착하는 궤적이 된다.

70 다음 그림이 나타내는 논리회로는?



① OR회로
② AND회로
③ Exclusive OR회로
④ NAND회로

해설

$C=\overline{\overline{A}+\overline{B}}=\overline{\overline{A}}\cdot\overline{\overline{B}}=A\cdot B$

∴ AND회로

71 RL 직렬회로에 직류전압 5[V]를 $t=0$에서 인가하였더니 $i(t)=50\left(1-e^{-20\times10^{-3}t}\right)$[mA]$(t\geq0)$이었다. 이 회로의 저항을 처음 값의 2배로 하면 시정수는 얼마가 되겠는가?

① 10[ms]
② 40[ms]
③ 5[s]
④ 25[s]

해설

$R-L$ 직렬회로, 직류인가

회로방정식 $RI(s)+\frac{1}{Cs}I(s)=\frac{E}{s}$

전류 $i(t)=\frac{E}{R}\left(1-e^{-\frac{R}{L}t}\right)$

시정수 $T=\frac{L}{R}=\frac{1}{20\times10^{-3}}=50[\mathrm{s}]$

∴ 저항 2배인 경우 시정수

$T\propto\frac{1}{R},\ T'=\frac{1}{2}T=\frac{1}{2}\times50=25[\mathrm{s}]$

72 대칭 n상 환상결선에서 선전류와 상전류 사이의 위상차는 어떻게 되는가?

① $\frac{\pi}{2}\left(1-\frac{2}{n}\right)$
② $2\left(1-\frac{2}{n}\right)$
③ $\frac{n}{2}\left(1-\frac{\pi}{2}\right)$
④ $\frac{\pi}{2}\left(1-\frac{n}{2}\right)$

해설

대칭 n상 Y결선(성형결선)

선간전압과 상전압 간의 위상차 $\theta=\frac{\pi}{2}\left(1-\frac{2}{n}\right)$만큼 앞선다.

73 2전력계법으로 평형 3상 전력을 측정하였더니 각각의 전력계가 500[W], 300[W]를 지시하였다면 전 전력[W]은?

① 200
② 300
③ 500
④ 800

해설

유효전력 $P = P_1 + P_2 = 500 + 300 = 800[\mathrm{W}]$

무효전력 $P = \sqrt{3}(P_1 - P_2)[\mathrm{Var}]$

피상전력 $P_a = 2\sqrt{P_1^2 + P_2^2 - P_1 P_2}[\mathrm{VA}]$

74 3상 불평형 회로의 전압에서 불평형률[%]은?

① $\frac{\text{영상전압}}{\text{정상전압}} \times 100[\%]$
② $\frac{\text{정상전압}}{\text{역상전압}} \times 100[\%]$
③ $\frac{\text{정상전압}}{\text{영상전압}} \times 100[\%]$
④ $\frac{\text{역상전압}}{\text{정상전압}} \times 100[\%]$

해설

3상 불평형률 $= \frac{\text{역상전압}}{\text{정상전압}} \times 100[\%]$

75 어느 소자에 전압 $e = 125\sin 377t[\mathrm{V}]$를 가했을 때 전류 $i = 50\cos 377t[\mathrm{A}]$가 흘렀다. 이 회로의 소자는 어떤 종류인가?

① 순저항
② 용량리액턴스
③ 유도리액턴스
④ 저항과 유도리액턴스

해설

$e = 125\sin 377t$

$i = 50\cos 377t = 50\sin(377t + 90°)$

C만의 회로의 특징

- 전류는 전압보다 90° 빠르다(진상, 앞선 전류)
- 용량성

76 내부 임피던스가 $0.3+j2[\Omega]$인 발전기에 임피던스가 $1.1+j3[\Omega]$인 선로를 연결하여 어떤 부하에 전력을 공급하고 있다. 이 부하의 임피던스가 몇 $[\Omega]$일 때 발전기로부터 부하로 전달되는 전력이 최대가 되는가?

① $1.4-j5$ ② $1.4+j5$
③ 1.4 ④ $j5$

해설

$Z=0.3+j2+1.1+j3$

$Z=1.4+j5$

최대전력 전달조건

$Z_L=\overline{Z_g}$

$Z=1.4-j5$

77 무손실 선로에 있어서 감쇠정수 α, 위상정수를 β라 하면 α와 β의 값은?(단, R, G, L, C는 선로 단위길이당의 저항, 컨덕턴스, 인덕턴스, 커패시턴스이다)

① $\alpha=\sqrt{RG},\ \beta=0$ ② $\alpha=0,\ \beta=\dfrac{1}{\sqrt{LC}}$
③ $\alpha=0,\ \beta=\omega\sqrt{LC}$ ④ $\alpha=\sqrt{RG},\ \beta=\omega\sqrt{LC}$

해설

전파정수 $\gamma=\sqrt{ZY}=\alpha+j\beta=\sqrt{ZY}$
$=\sqrt{(R+j\omega L)(G+j\omega C)}=j\omega\sqrt{LC}$

조건 : $R=G=0$일 때 무손실 선로

$\therefore$ 감쇠정수 $\alpha=0$, 위상정수 $\beta=\omega\sqrt{LC}$가 된다.

78 임피던스 함수 $Z(s)=\dfrac{s+50}{s^2+3s+2}[\Omega]$으로 주어지는 2단자 회로망에 100[V]의 직류 전압을 가했다면 회로의 전류는 몇 [A]인가?

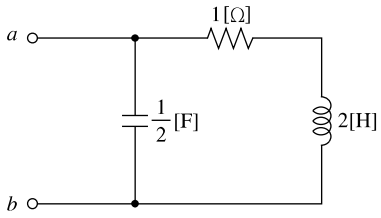
① 4
② 6
③ 8
④ 10

해설

$Z(s)=\dfrac{50}{2}=25$

$I=\dfrac{V}{Z}=\dfrac{100}{25}=4[\mathrm{A}]$(직류는 $j\omega=s=0$으로 놓고 계산 : 무효분이 존재하지 않음)

79 그림과 같은 회로의 구동점 임피던스 Z_{ab}는?



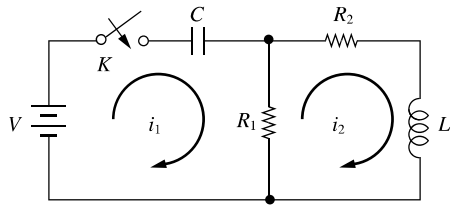
① $\frac{2(2s+1)}{2s^2+s+2}$ ② $\frac{2s+1}{2s^2+s+2}$

③ $\frac{2(2s-1)}{2s^2+s+2}$ ④ $\frac{2s^2+s+2}{2(2s+1)}$

해설

$$Z_{ab}=\frac{(1+2s)\left(\frac{1}{\frac{1}{2}s}\right)}{1+2s+\frac{1}{\frac{1}{2}s}}=\frac{\frac{(1+2s)2}{s}}{1+2s+\frac{2}{s}}=\frac{\frac{4s+2}{s}}{\frac{2s^2+s+2}{s}}=\frac{2(2s+1)}{2s^2+s+2}$$

80 다음 회로에서 $t=0$일 때 스위치 K를 닫았다. $i_1(0^+)$, $i_2(0^+)$의 값은?(단, $t<0$에서 C 전압과 L전압은 각각 0[V]이다)



① $\frac{V}{R_1}$, 0 ② 0, $\frac{V}{R_2}$ ③ 0, 0 ④ $-\frac{V}{R_1}$, 0

해설

***R-L(R-C)* 직렬회로의 해석**

구 분	과도($t=0$)	정상($t=\infty$)
$X_L=\omega L=2\pi fL$	개 방	단 락
$X_C=\frac{1}{\omega C}=\frac{1}{2\pi fC}$	단 락	개 방

초기 저항에 흐르는 전류 $i_1(0^+)=\frac{V}{R_1}$

초기 인덕턴스에 흐르는 전류 $i_2(0^+)=0$

[제5과목 : 전기설비기술기준]

81 뱅크용량이 몇 [kVA] 이상인 무효 전력 보상 장치에는 그 내부에 고장이 생긴 경우에 자동적으로 이를 전로로부터 차단하는 보호장치를 하여야 하는가?

① 10,000　　② 15,000
③ 20,000　　④ 25,000

해설

KEC 351.5(조상설비의 보호장치)

설비종별	뱅크용량의 구분	자동적으로 전로로부터 차단하는 장치
전력용 커패시터 및 분로리액터	500[kVA] 초과 15,000[kVA] 미만	내부고장이나 과전류가 생긴 경우에 동작하는 장치
	15,000[kVA] 이상	내부고장이나 과전류 및 과전압이 생긴 경우에 동작하는 장치
무효 전력 보상 장치	15,000[kVA] 이상	내부고장이 생긴 경우에 동작하는 장치

82 고압 가공전선로의 가공지선으로 나경동선을 사용하는 경우의 지름은 몇 [mm] 이상이어야 하는가?

① 3.2　　② 4.0
③ 5.5　　④ 6.0

해설

KEC 332.6(고압 가공전선로의 가공지선), 332.4(고압 가공전선의 안전율), 333.6(특고압 가공전선의 안전율), 333.8(특고압 가공전선로의 가공지선)

가공지선 : 직격뢰로부터 가공전선로를 보호하기 위한 설비

구 분		특 징
지 선	고 압	5.26[kN] 이상, 4.0[mm] 이상 나경동선
	특고압	8.01[kN] 이상, 5.0[mm] 이상 나경동선, 22[mm^2] 이상의 나경동연선, 아연도강연선 또는 OPGW전선
안전율		경동선 2.2 이상, 기타 2.5

83 옥내에 시설하는 저압 전선에 나전선을 사용할 수 있는 경우는?

① 버스덕트공사에 의하여 시설하는 경우
② 금속덕트공사에 의하여 시설하는 경우
③ 합성수지관공사에 의하여 시설하는 경우
④ 후강전선관공사에 의하여 시설하는 경우

해설

KEC 231.4(나전선의 사용 제한)

다음 경우를 제외하고 나전선을 사용하여서는 아니 된다.

- 애자공사(전개된 곳)
  - 전기로용 전선로
  - 절연물이 부식하기 쉬운 곳
  - 취급자 이외의 자가 출입할 수 없도록 시설한 곳
- 접촉전선을 사용한 곳
- 라이팅덕트공사 또는 버스덕트공사

84 하나 또는 복합하여 시설하여야 하는 접지극의 방법으로 틀린 것은?

① 지중 금속구조물
② 토양에 매설된 기초 접지극
③ 케이블의 금속외장 및 그 밖에 금속피복
④ 대지에 매설된 강화콘크리트의 용접된 금속보강재

해설

접지극의 시설
- 콘크리트에 매입된 기초 접지극
- 토양에 매설된 기초 접지극
- 토양에 수직 또는 수평으로 직접 매설된 금속전극(봉, 전선, 테이프, 배관, 판 등)
- 케이블의 금속외장 및 그 밖에 금속피복
- 지중 금속구조물(배관 등)
- 대지에 매설된 철근콘크리트의 용접된 금속 보강재(다만, 강화콘크리트는 제외한다)

85 주택 등 저압수용장소에서 고정전기설비에 TN-C-S 접지방식으로 접지공사 시 중성선 겸용 보호도체(PEN)를 알루미늄으로 사용할 경우 단면적은 몇 [mm^2] 이상이어야 하는가?

① 2.5
② 6
③ 10
④ 16

해설

KEC 142.4(전기수용가 접지)
주택 등 저압수용장소 접지
중성선 겸용 보호도체(PEN)는 고정 전기설비에만 사용할 수 있고, 그 도체의 단면적이 구리는 10[mm^2] 이상, 알루미늄은 16[mm^2] 이상이어야 하며, 그 계통의 최고전압에 대하여 절연되어야 한다.

86 최대사용전압이 220[V]인 전동기의 절연내력 시험을 하고자 할 때 시험전압은 몇 [V]인가?

① 300
② 330
③ 450
④ 500

해설

KEC 133(회전기 및 정류기의 절연내력)

종 류			시험전압(최대X)	최저시험전압	시험방법
회전기	발전기 전동기 무효 전력 보상 장치	최대사용전압 7[kV] 이하	1.5배	500[V]	권선-대지 간
		최대사용전압 7[kV] 초과	1.25배	10.5[kV]	
	회전변류기		1배	500[V]	

시험전압 = 220 × 1.5 = 330[V]
최저시험전압 500[V]

87 저압 가공전선이 건조물의 상부 조영재 옆쪽으로 접근하는 경우 저압 가공전선과 건조물의 조영재 사이의 간격은 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

해설

KEC 222.11/332.11(저·고압 가공전선과 건조물의 접근)

구 분		저압 가공전선			고압 가공전선		
		일 반	절 연	케이블	일 반	절 연	케이블
상부 조영재	상 방	2[m]	1[m]	1[m]	2[m]	–	1[m]
	측·하방 기타 조영재	1.2[m]	0.4[m]	0.4[m]	1.2[m]	–	0.4[m]
		인체 비접촉 시 0.8[m]					

88 고압 가공전선으로 경동선을 사용하는 경우 안전율은 얼마 이상이 되는 처짐 정도로 시설하여야 하는가?

① 2.0 ② 2.2
③ 2.5 ④ 4.0

해설

KEC 222.6/332.4(저·고압 가공전선의 안전율) – 고압 가공전선의 안전율
- 경동선, 내열 동합금선 : 2.2 이상
- 기타 전선 : 2.5 이상

89 저압 옥내배선의 사용전압이 220[V]인 제어회로를 금속관공사에 의하여 시공하였다. 여기에 사용되는 배선은 단면적이 몇 [mm^2] 이상의 연동선을 사용하여도 되는가?

① 1.5 ② 2.0
③ 2.5 ④ 3.0

해설

KEC 231.3(저압 옥내배선의 사용전선 및 중성선의 굵기)
- 단면적 2.5[mm^2] 이상의 연동선 또는 이와 동등 이상의 강도 및 굵기의 것
- 400[V] 이하인 경우
  - 전광표시장치 기타 이와 유사한 장치 또는 제어회로 등에 사용하는 배선에 단면적 1.5[mm^2] 이상의 연동선을 사용하고 이를 합성수지관·금속관·금속몰드·금속덕트·플로어덕트공사 또는 셀룰러덕트공사에 의하여 시설하는 경우
  - 전광표시장치 기타 이와 유사한 장치 또는 제어회로 등의 배선에 단면적 0.75[mm^2] 이상인 다심케이블 또는 다심캡타이어케이블을 사용하고 또한 과전류가 생겼을 때에 자동적으로 전로에서 차단하는 장치를 시설하는 경우
  - 단면적 0.75[mm^2] 이상인 코드 또는 캡타이어케이블을 사용하는 경우
  - 리프트케이블을 사용하는 경우

90 주택의 전기저장장치의 축전지에 접속하는 부하 측 옥내배선을 사람이 접촉할 우려가 없도록 케이블 배선에 의하여 시설하고 전선에 적당한 방호장치를 시설한 경우 주택의 옥내전로의 대지전압은 직류 몇 [V]까지 적용할 수 있는가?(단, 전로에 지락이 생겼을 때 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설한 경우이다)

① 150 ② 300
③ 400 ④ 600

해설

KEC 511.3(옥내전로의 대지전압 제한)
주택의 전기저장장치의 축전지에 접속하는 부하 측 옥내배선을 시설하는 경우에 주택의 옥내전로의 대지전압은 직류 600[V]까지 적용할 수 있다.

91 합성수지관공사 시 관 상호 간 및 박스와의 접속은 관에 삽입하는 깊이를 관 바깥지름의 몇 배 이상으로 하여야 하는가?(단, 접착제를 사용하지 않는 경우이다)

① 0.5　　② 0.8
③ 1.2　　④ 1.5

해설

KEC 232.11(합성수지관공사)
- 전선은 절연전선(옥외용 비닐절연전선을 제외한다)일 것
- 연선일 것(단, 전선관이 짧거나 10[mm^2](알루미늄은 16[mm^2]) 이하일 때 예외)
- 관의 두께는 2[mm] 이상일 것
- 지지점 간의 거리 : 1.5[m] 이하
- 전선관 상호 간 삽입 깊이 : 관 바깥지름의 1.2배(접착제 0.8배)
- 습기가 많거나 물기가 있는 장소는 방습장치를 할 것

92 일반인이 접촉할 우려가 있는 세대 내 분전반 및 이와 유사한 장소에는 어떠한 차단기를 시설하여야 하는가?

① 주택용 누전차단기
② 산업용 누전차단기
③ 주택용 배선차단기
④ Fuse

해설

KEC 211.2(전원의 자동차단에 의한 보호대책)
누전차단기를 저압전로에 사용하는 경우 일반인이 접촉할 우려가 있는 장소(세대 내 분전반 및 이와 유사한 장소)에는 주택용 누전차단기를 시설하여야 한다.

93 두 개 이상의 전선을 병렬로 사용하는 경우에 대한 시설기준으로 틀린 것은?

① 병렬로 사용하는 전선에는 각각에 퓨즈를 설치할 것
② 같은 극의 각 전선은 동일한 터미널러그에 완전히 접속할 것
③ 같은 극인 각 전선의 터미널러그는 동일한 도체에 2개 이상의 리벳 또는 2개 이상의 나사로 접속할 것
④ 교류회로에서 병렬로 사용하는 전선은 금속관 안에 전지적 불평형이 생기지 않도록 시설할 것

해설

KEC 123(전선의 접속)
- 전선의 전기저항을 증가시키지 아니하도록 접속
- 전선의 세기(인장하중)를 20[%] 이상 감소시키지 아니할 것
- 도체에 알루미늄 전선과 동 전선을 접속하는 경우에는 접속 부분에 전기적 부식이 생기지 아니하도록 할 것
- 접속 부분을 그 부분의 절연전선 절연물과 동등 이상의 절연성능이 있는 것으로 피복할 것
- 두 개 이상의 전선을 병렬로 사용하는 경우 : 각 전선의 굵기는 구리선 50[mm^2] 이상 또는 알루미늄 70[mm^2] 이상
- 병렬로 사용하는 전선에는 각각에 퓨즈를 설치하지 말 것

94 고압 가공전선을 시가지 외에 시설할 때 사용되는 경동선의 굵기는 지름 몇 [mm] 이상인가?

① 2.6　　② 3.2
③ 4.0　　④ 5.0

해설

전선 굵기

구 분	전선 굵기	보안공사
저압 400[V] 이하	3.2[mm] 경동선(2.6[mm] 절연전선)	4.0[mm]
400[V] 초과 저압 또는 고압	시가지 5.0[mm] 경동선 시가지 외 4.0[mm] 경동선	5.0[mm]
특고압 가공전선	22[mm^2] 경동연선 이상 시가지 내 : 100[kV] 미만 – 55[mm^2] 100[kV] 이상 – 150[mm^2]	

※ 동복강선 : 3.5[mm]

95 전기설비의 보호를 위해 설치해야 하는 계측장치가 아닌 것은?

① 과전류 보호장치
② 과전압 보호장치
③ 지락(누전) 보호장치
④ 전력량계

해설

전기설비를 보호하기 위해서는 과전류, 과전압, 지락(누전) 등에 대한 보호장치를 설치하여야 한다.

96 TN 접지 시스템 내에서 사용되는 상세 분류로 틀린 것은?

① TN-C 시스템
② TN-S 시스템
③ TN-C-S 시스템
④ TN-S-C 시스템

해설

KEC 203.1(계통접지 구성)

• 저압전로의 보호도체 및 중성선의 접속 방식에 따라 접지계통은 다음과 같이 분류한다.
  – TN 계통
  – TT 계통
  – IT 계통
• 계통접지에서 사용되는 문자의 정의는 다음과 같다.
  – 제1문자 – 전원계통과 대지의 관계
    T : 한 점을 대지에 직접 접속
    I : 모든 충전부를 대지와 절연시키거나 높은 임피던스를 통하여 한 점을 대지에 직접 접속
  – 제2문자 – 전기설비의 노출도전부와 대지의 관계
    T : 노출도전부를 대지로 직접 접속. 전원계통의 접지와는 무관
    N : 노출도전부를 전원계통의 접지점(교류 계통에서는 통상적으로 중성점, 중성점이 없을 경우는 선도체)에 직접 접속
  – 그 다음 문자(문자가 있을 경우) – 중성선과 보호도체의 배치
    S : 중성선 또는 접지된 선도체 외에 별도의 도체에 의해 제공되는 보호 기능
    C : 중성선과 보호 기능을 한 개의 도체로 겸용(PEN 도체)

97 건조한 장소로서 전개된 장소에 한하여 시설할 수 있는 고압 옥내배선의 방법은?

① 금속관공사
② 애자사용공사
③ 가요전선관공사
④ 합성수지관공사

해설

KEC 342.1(고압 옥내배선 등의 시설)
• 애자사용공사(건조한 장소로서 전개된 장소에 한한다)
• 케이블공사
• 케이블트레이공사

98 전력보안통신설비의 조가선은 단면적 몇 [mm^2] 이상의 아연도강연선을 사용하여야 하는가?

① 16
② 38
③ 50
④ 55

해설

전력보안통신설비의 조가선은 단면적 38[mm^2] 이상일 것

99 수뢰부시스템의 배치방식이 아닌 것은?

① 보호각법
② 보호구체법
③ 그물망법
④ 회전구체법

해설

KEC 152.1(수뢰부시스템)
보호각법, 회전구체법, 그물망법 중 하나 또는 조합된 방법으로 배치

100 주택용 배선차단기의 부동작전류와 동작전류가 맞는 것은?

① 1.05배, 1.13배
② 1.13배, 1.45배
③ 1.13배, 2.1배
④ 1.05배, 1.6배

해설

KEC 212.3(보호장치의 종류 및 특성)
과전류트립 동작시간 및 특성(주택용 배선차단기)

정격전류의 구분	시 간	정격전류의 배수(모든 극에 통전)	
		부동작전류	동작전류
63[A] 이하	60분	1.13배	1.45배
63[A] 초과	120분	1.13배	1.45배

[정답]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
①	①	①	③	③	③	①	①	②	③	①	③	①	③	①	②	②	②	①	③
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
③	④	③	②	④	④	④	③	③	③	④	①	②	①	②	③	③	①	②	②
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
①	①	③	③	①	②	①	④	④	③	②	④	③	④	④	④	④	②	④	④
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
④	③	①	③	②	③	②	①	③	②	④	①	④	④	②	①	③	①	①	①
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
②	②	①	④	④	④	③	②	①	④	③	①	①	③	④	④	②	②	②	②