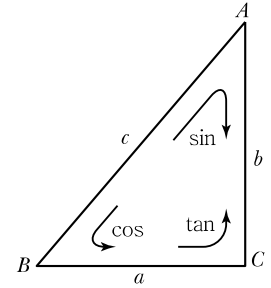


1. 삼각함수

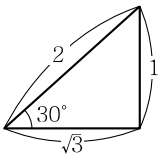
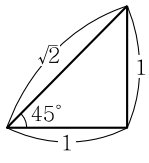
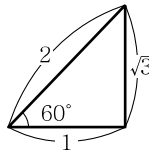
① 삼각비의 정의

직각삼각형에서 한 예각 ($\angle B$)이 결정되면 임의의 2변의 비는 삼각형의 크기에 관계없이 일정하다. 이들 비를 그 각의 삼각비라 한다.

- 사인(sine) : 빗변에 대한 높이의 비 $\sin B = \frac{\text{높이}}{\text{빗변}} = \frac{b}{c}$
- 코사인(cosine) : 빗변에 대한 밑변의 비 $\cos B = \frac{\text{밑변}}{\text{빗변}} = \frac{a}{c}$
- 탄젠트(tangent) : 밑변에 대한 높이의 비 $\tan B = \frac{\text{높이}}{\text{밑변}} = \frac{b}{a}$



② 특수각의 삼각비

삼각비 θ	0°	30°	45°	60°	90°
					
$\sin \theta$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1
$\cos \theta$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0
$\tan \theta$	0	$\frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{3}$	1	$\sqrt{3}$	∞

③ 삼각비의 상호관계

• 예각의 삼각비

$$\sin(90^\circ - A) = \cos A \quad \cos(90^\circ - A) = \sin A \quad \tan(90^\circ - A) = \frac{1}{\tan A}$$

• 보각의 삼각비

$$\sin(180^\circ - A) = \sin A \quad \cos(180^\circ - A) = -\cos A \quad \tan(180^\circ - A) = -\tan A$$

• 같은 각의 삼각비

$$\sin^2 A + \cos^2 A = 1 \quad \tan A = \frac{\sin A}{\cos A} \quad 1 + \tan^2 A = \frac{1}{\cos^2 A}$$

2. 제곱근 계산 $a > 0, b > 0$ 일 때

- $(\sqrt{a})^2 = a$ $\sqrt{a} \sqrt{b} = \sqrt{ab}$ $a \sqrt{b} = \sqrt{a^2 b}$
- $\frac{\sqrt{b}}{\sqrt{a}} = \sqrt{\frac{b}{a}}$ $\frac{\sqrt{b}}{\sqrt{a}} = \frac{\sqrt{ab}}{a}$ $\frac{1}{\sqrt{a} + \sqrt{b}} = \frac{\sqrt{a} - \sqrt{b}}{a - b}$
- $a > 0$ 일 때 $\sqrt{a^2} = a$, $a < 0$ 일 때 $\sqrt{a^2} = -a$

3. 지수법칙

- $a^m a^n = a^{m+n}$ $(a^m)^n = a^{mn}$ $(ab)^m = a^m b^m$
- $\frac{a^m}{a^n} = a^{m-n}$ $a^{-n} = \frac{1}{a^n}$ $a^0 = 1$

4. 곱셈공식, 인수분해 공식

- $m(a + b - c) = ma + mb - mc$ • $(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$
- $(a - b)^2 = a^2 - 2ab + b^2$ • $(a + b)(a - b) = a^2 - b^2$
- $(x + a)(x + b) = x^2 + (a + b)x + ab$ • $(ax + b)(cx + d) = acx^2 + (bc + ad)x + bd$

5. 분수식

- 약분 : $\frac{bc}{ac} = \frac{b}{a}$ • 통분 : $\frac{b}{a} + \frac{d}{c} = \frac{bc}{ac} + \frac{ad}{ac}$
- 덧셈, 뺄셈 : $\frac{b}{a} \pm \frac{d}{c} = \frac{bc \pm ad}{ac}$ • 곱셈 : $\frac{b}{a} \times \frac{d}{c} = \frac{bd}{ac}$
- 나눗셈 : $\frac{b}{a} \div \frac{d}{c} = \frac{b}{a} \times \frac{c}{d} = \frac{bc}{ad}$

6. 복소수

① 복소수의 정의

방정식 $x^2 + 1 = 0$ 의 근의 하나인 $\sqrt{-1}$ 을, 즉 제곱해서 -1 이 되는 수를 편의상 기호로서 $j = \sqrt{-1}$ 로 표시하며, 이것을 허수 단위(imaginary part)라고 한다.

일반적으로 복소수는 $a + jb$ 형으로 사용하는데 a 는 실수부(real part), b 는 허수부(imaginary part)라 한다.

② 복소수의 사칙연산

$Z_1 = a + jb$, $Z_2 = c + jd$ 라 하면

• 더하기, 빼기

$$Z_1 \pm Z_2 = (a + jb) \pm (c + jd) = (a \pm c) + j(b \pm d)$$

• 곱하기

$$Z_1 Z_2 = (a + jb)(c + jd) = (ac - bd) + j(ad + bc)$$

• 나누기

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{a + jb}{c + jd} = \frac{(a + jb)(c - jd)}{(c + jd)(c - jd)} = \frac{ac + bd}{c^2 + d^2} + j \frac{bc - ad}{c^2 + d^2} \quad (\text{단, } c^2 + d^2 \neq 0)$$

③ 공액복소수의 성질

$Z = a + jb$ 에 대하여 $\bar{Z} = a - jb$ 인 복소수를 Z 의 공액복소수라 하며, Z 와 \bar{Z} 는 서로 공액(conjugate)이라고 한다. 따라서, $Z = a + jb$, $\bar{Z} = a - jb$ 이다.

$$\bullet Z + \bar{Z} = \text{실수} \quad \because (a + jb) + (a - jb) = 2a$$

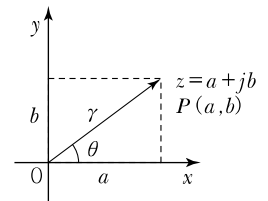
$$\bullet Z \cdot \bar{Z} = \text{실수} \quad \because (a + jb)(a - jb) = a^2 + b^2$$

④ 복소수의 극형식

복소수 $Z = a + jb$ 를 표시하는 점을 P 라하고,

$OP = r$, $\angle POA = \theta$ 라 하면, 다음과 같이 표시한다.

$$r = |Z| = \sqrt{a^2 + b^2} \quad \theta = \arg|Z| = \tan^{-1} \frac{b}{a}$$



위의 식에서 복소수 $Z = a + jb$ 는 r 의 θ 를 사용해서

$Z = a + jb = r \cos \theta + jr \sin \theta = r(\cos \theta + j \sin \theta)$ 로 된다. 이것을 복소수 Z 의 극형식(polar form)이라고 한다.

⑤ 지수함수

복소수 $Z = a + jb$ 에 대한 지수는 e^Z 로 나타내고 다음과 같이 표시한다.

$$e^Z = e^a (\cos y + j \sin y) = \exp Z$$

따라서, 복소수 $a + jb$ 의 극형식이 다음과 같이 표시됨을 알 수 있다.

$$Z = r(\cos \theta + j \sin \theta) = re^{j\theta}$$

그러므로, 공액복소수 Z 의 경우도 같은 방법에 의하여

$$\bar{Z} = a - jb = r(\cos \theta - j \sin \theta) = re^{-j\theta} \text{로 된다.}$$

7. 미분

- $y = C$ (C 는 상수) $\Rightarrow y' = 0$
- $y = x^m \Rightarrow y' = mx^{m-1}$
- $y = f(x)g(x) \Rightarrow y' = f'(x)g(x) + f(x)g'(x)$
- $y = \frac{f(x)}{g(x)} \Rightarrow y' = \frac{f'(x)g(x) - f(x)g'(x)}{g(x)^2}$
- $y = e^{ax} \Rightarrow y' = ae^{ax}$
- $y = \sin x \Rightarrow y' = \cos x$
- $y = \cos x \Rightarrow y' = -\sin x$
- $y = \tan x \Rightarrow y' = \sec^2 x = \frac{1}{\cos^2 x}$

8. 적분

- $n \neq -1$ 일 때 $\int x^n dx = \frac{1}{n+1}x^{n+1} + C$
- $n = -1$ 일 때 $\int x^{-1} dx = \int \frac{1}{x} dx = \ln x + C$
- $\int \sin x dx = -\cos x + C$
- $\int \sin ax dx = -\frac{1}{a}\cos ax + C$
- $\int \cos x dx = \sin x + C$
- $\int \cos ax dx = \frac{1}{a}\sin ax + C$
- $\int \sec^2 ax dx = \frac{1}{a}\tan ax + C$
- $\int kf(x) dx = k \int f(x) dx$
- $\int [f(x) \pm g(x)] dx = \int f(x) dx \pm \int g(x) dx$

9. 전기·자기의 단위

양	기호	단위의 명칭	단위 기호	양	기호	단위의 명칭	단위 기호
전압(전위, 전위차)	V, U	volt	V	유 전 율	ϵ	farad/meter	F/m
기 전 력	E	volt	V	전 기 량 (전하)	Q	coulomb	C
전 류	I	ampere	A	정 전 용 량	C	farad	F
전력 (유효전력)	P	watt	W	자 체 인덕턴스	L	henry	H
피 상 전 력	P_a	voltampere	VA	상 호 인덕턴스	M	henry	H
무 효 전 력	P_r	var	var	주 기	T	second	sec
전력량 (에너지)	W	joule, watt second	J, w · s	주 파 수	f	hertz	Hz
저 항 률	ρ	ohmmeter	$\Omega \cdot m$	각 속 도	ω	radian/second	rad/sec
전 기 저 항	R	ohm	Ω	임 피 던 스	Z	ohm	Ω
전 도 율	σ	mho/meter	\bar{U}/m	어 드 미 턴 스	Y	mho	\bar{U}
자 장 의 세 기	H	ampere – turn/meter	AT/m	리 액 턴 스	X	ohm	Ω
자 속	\oint	weber	Wb	컨 덕 턴 스	G	mho	\bar{U}
자 속 밀 도	B	weber/meter ²	Wb/m ²	서 셉 턴 스	B	mho	\bar{U}
투 자 율	μ	henry/meter	H/m	열 량	H	calorie	cal
자하	m	weber	Wb	힘	F	newton	N
전 장 의 세 기	E	volt/meter	V/m	토 크	T	newton meter	Nm
전 속	ψ	coulomb	C	회 전 속 도	N	revolution per minute	rpm
전 속 밀 도	D	coulomb/meter ²	C/m ²	마 력	P	horse power	HP

10. 그리스 문자

대문자	소문자	명 칭	대문자	소문자	명 칭
Δ	δ	델타(delta)	P	ρ	로(rho)
E	ϵ	엡실론(epsilon)	Σ	σ	시그마(sigma)
H	η	이타(eta)	T	τ	타우(tau)
Θ	θ	시타(theta)	Φ	ϕ	파이(phi)
M	μ	뮤(mu)	Ψ	ψ	프사이(psi)
Π	π	파이(pi)	Ω	ω	오메가(omega)

11. 단위의 배수

기 호	읽는 법	양	기 호	읽는 법	양
G	giga	10 ⁹	m	milli	10 ⁻³
M	mega	10 ⁶	μ	micro	10 ⁻⁶
k	kilo	10 ³	n	nano	10 ⁻⁹

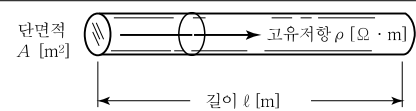
01 전기이론

01 직류회로

1. 전기의 본질

자유전자	물질 내에서 자유로이 움직일 수 있는 전자
전자의 전기량	$1.602 \times 10^{-19}[\text{C}]$
전자의 질량	$9.1 \times 10^{-31}[\text{kg}]$
전하	대전된 물체가 가지고 있는 전기
전기량(전하량) $Q[\text{C}]$	전하가 가지고 있는 전기의 양

2. 전류와 전압 및 저항

전류	$I = \frac{Q}{t}[\text{C/S}] ; [\text{A}]$	
전압	$V = \frac{W}{Q}[\text{J/C}] ; [\text{V}]$	
저항	$R = \rho \frac{\ell}{A}[\Omega]$	 <p>단면적 $A [\text{m}^2]$</p> <p>길이 $\ell [\text{m}]$</p> <p>고유저항 $\rho [\Omega \cdot \text{m}]$</p> <p>고유저항(specific resistance) : $\rho [\Omega \cdot \text{m}]$</p>

3. 전기회로의 회로해석

① 옴의 법칙 $V=IR[V]$

저항의 접속

접속	회로	합성저항(R)	전압(V)	전류(I)
직렬		$R = R_1 + R_2$	분배	일정
병렬		$R = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$	일정	분배

② 키르히호프의 법칙(Kirchhoff's law)

제1법칙(전류의 법칙)	$\Sigma \text{유입전류} = \Sigma \text{유출전류}, \Sigma I = 0$
제2법칙(전압의 법칙)	$\Sigma \text{기전력} = \Sigma \text{전압강하}, \Sigma V = \Sigma IR$

02 전류의 열작용과 화학작용

1. 전력과 전기회로 측정

전력(electric power)	$P = VI = I^2R = \frac{V^2}{R} [W] (\because V = IR)$
전력량	$W = VQ = VIt = Pt [W \cdot \text{sec}] (1[J] = 1[W \cdot \text{sec}])$
줄의 법칙(Joule's law)	도체에 흐르는 전류에 의하여 단위 시간 내에 발생하는 열량은 도체의 저항과 전류의 제곱에 비례한다.
줄열	$H = 0.24 I^2 R t = \frac{1}{4.2} I^2 R t [\text{cal}]$
휘트스톤 브리지의 평형회로	

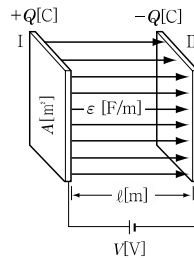
2. 전류의 화학작용과 열작용

패러데이 법칙 (Faraday's law)	전기분해에 의해서 전극에 석출되는 물질의 양은 전해액 속을 통과한 전기량과 전기화학당량에 비례한다. ($w = kIt [g]$)
국부작용	전극에 이물질로 인하여 기전력이 감소하는 현상
성극(분극)작용	전극에 수소기포로 인하여 기전력이 감소하는 현상

1. 정전기의 성질

대전(electrification)	물질이 전자가 부족하거나 남게 된 상태에서 양전기나 음전기를 띠게 되는 현상
쿨롱의 법칙 (Coulomb's law)	$F = \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{r^2} [\text{N}] = 9 \times 10^9 \cdot \frac{Q_1 Q_2}{r^2} [\text{N}]$ 유전율 $\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_s [\text{F/m}]$ (진공 중의 유전율 $\epsilon_0 = 8.855 \times 10^{-12} [\text{F/m}]$)
전기장의 세기 (intensity of electric field)	<ul style="list-style-type: none"> $E = \frac{F}{Q} [\text{N/C}] = \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{Q}{r^2} = 9 \times 10^9 \cdot \frac{Q}{r^2} = \frac{V}{r} [\text{V/m}]$ $F = QE [\text{N}]$ 전기장의 세기는 $+1[\text{C}]$가 있었을 때, 전하 Q와 작용하는 힘의 크기와 방향을 나타낸다.
가우스의 정리 (Gauss's theorem)	전기력선의 총수는 $\frac{Q}{\epsilon}$ 개다. 이것으로 전기력선 밀도(=전기장의 세기)를 알 수 있다.
전속밀도	$D = \frac{Q}{A} [\text{C/m}^2]$
전속밀도와 전기장의 세기와의 관계	$D = \epsilon E [\text{C/m}^2]$ (유전체 안에서)
전위	$Q[\text{C}]$ 의 전하에서 $r[\text{m}]$ 떨어진 점의 전위 $[V]$ $V = Er [\text{V}]$ (균일한 전장 내)



2. 정전용량과 정전에너지



콘덴서의 전하량	$Q = CV [\text{C}]$
평행판 도체의 정전용량	$C = \epsilon \frac{A}{\ell} [\text{F}]$
정전에너지 (electrostatic energy)	$W = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} CV^2 [\text{J}]$
유전체 내의 에너지	정전에너지는 $W = \frac{1}{2} \epsilon E^2 [\text{J/m}^3] (\because D = \epsilon E)$
정전 흡인력	$\therefore f \propto V^2$

3. 콘덴서

┃ 콘덴서의 접속 ┃

접속	회로	합성정전용량(C)	전압(V)	전하(Q)
직렬		$C = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$	분배	일정
병렬		$C = C_1 + C_2$	일정	분배

04 자기의 성질과 전류에 의한 자기장

1. 자석의 자기작용

쿨롱의 법칙 (Coulomb's law)	$F = \frac{1}{4\pi\mu} \cdot \frac{m_1 m_2}{r^2} = 6.33 \times 10^4 \times \frac{m_1 m_2}{r^2} [\text{N}]$ <p>투자율 $\mu = \mu_0 \times \mu_s [\text{H/m}]$ (진공 중의 투자율 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} [\text{H/m}]$)</p>
자장의 세기	$H = \frac{F}{m} = \frac{1}{4\pi\mu_0} \cdot \frac{m}{r^2} = \frac{NI}{\ell} [\text{AT/m}]$ $F = mH [\text{N}]$
가우스의 정리 (Gauss's theorem)	<p>자기력선의 총수는 $\frac{m}{\mu}$ 개다.</p> <p>이것으로 자기력선 밀도(=자기장의 세기)를 알 수 있다.</p>
자속밀도	$B = \frac{\Phi}{A} [\text{Wb/m}^2] ; [\text{T}]$
자속밀도와 자장의 세기와의 관계	$B = \mu H = \mu_0 \mu_s H [\text{Wb/m}^2]$ <p>비투자율이 큰 물질일수록 자속을 잘 통한다.</p>
기자력	$NI = H \cdot \ell [\text{AT}] (\ell : \text{자로의 길이})$

Ⅱ 전기와 자기의 비교 Ⅱ

전기	자기
전하 Q [C]	자하 m[Wb]
+, - 분리 가능	N, S 분리 불가
쿨롱의 법칙 $F = \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$ [N]	쿨롱의 법칙 $F = \frac{1}{4\pi\mu} \cdot \frac{m_1 m_2}{r^2}$ [N]
유전율 $\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_s$ [F/m]	투자율 $\mu = \mu_0 \cdot \mu_s$ [H/m]
전기장(전장, 전계)	자기장(자장, 자계)
전기장의 세기 $E = \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{Q}{r^2}$ [V/m]	자기장의 세기 $H = \frac{1}{4\pi\mu} \cdot \frac{m}{r^2}$ [AT/m]
$F = QE$ [N]	$F = mH$ [N]
전기력선	자기력선
가우스의 정리(전기력선의 수) $N = \frac{Q}{\epsilon}$ 개	가우스의 정리(자기력선의 수) $N = \frac{m}{\mu}$ 개
전속 ψ (= 전하) [C]	자속 ϕ (= 자하) [Wb]
전속밀도 $D = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{4\pi r^2}$ [C/m ²]	자속밀도 B[Wb/m ²] $B = \frac{\Phi}{A} = \frac{Q}{4\pi r^2}$ [Wb/m ²]
전속밀도와 전기장의 세기의 관계 $D = \epsilon E = \epsilon_0 \epsilon_s E$ [C/m ²]	자속밀도와 자기장의 세기의 관계 $B = \mu H = \mu_0 \mu_s H$ [Wb/m ²]

2. 전류에 의한 자기현상과 자기회로

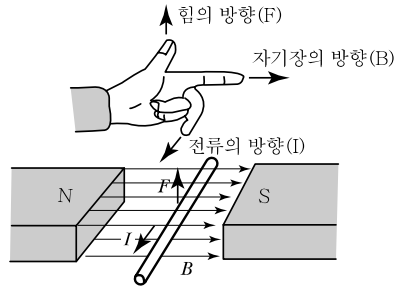
앙페르의 오른 나사의 법칙	전류에 의한 자기장의 방향을 결정
전류에 의한 자기장의 세기	<ul style="list-style-type: none"> 앙페르의 주회적분 법칙 $\sum H \Delta \ell = \sum I$ 비오-사바르의 법칙 $\Delta H = \frac{I \Delta \ell}{4\pi r^2} \sin \theta$ [AT/m]
무한 직선 전류에 의한 자장	$H = \frac{I}{2\pi r}$ [AT/m]
원형 코일 중심의 자장	$H = \frac{NI}{2r}$ [AT/m]

전기회로와 자기회로 비교

전기회로	자기회로
기전력 $V[V]$	기자력 $F = NI[AT]$
전류 $I[A]$	자속 $\phi[Wb]$
전기저항 $R[\Omega]$	자기저항 $R[AT/Wb]$
옴의 법칙 $R = \frac{V}{I}[\Omega]$	옴의 법칙 $R = \frac{NI}{\phi}[AT/Wb]$

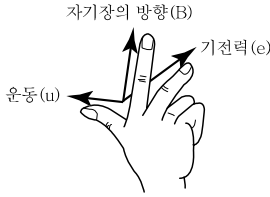
05 전자력과 전자유도

1. 전자력

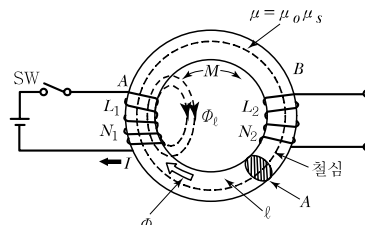


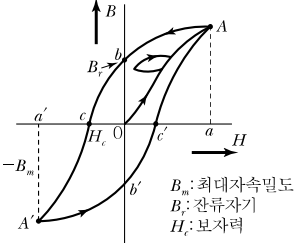
플레밍의 왼손 법칙	직류 전동기의 원리(회전방향)를 결정(엄지 : F , 검지 : B , 중지 : I)
전자력의 크기	$F = B I \ell \sin\theta[N]$
평행 도체 사이에 작용하는 힘의 방향	<ul style="list-style-type: none"> 같은 방향의 전류에 의한 흡인력 반대 방향의 전류에 의한 반발력 두 도체 사이에 작용하는 힘 F는 $F = \frac{2 I_1 I_2}{r} \times 10^{-7}[N/m]$

2. 전자유도

유도기전력의 방향	렌츠의 법칙(전자유도법칙) : 전자 유도에 의하여 발생한 기전력의 방향은 그 유도 전류가 만든 자속이 항상 원래의 자속의 증가 또는 감소를 방해하려는 방향이다.
유도기전력의 크기	패러데이 법칙(Faraday's law) $\mathcal{E} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} [\text{V}]$ (- : 유도기전력의 방향)
변압기의 원리	전자유도법칙
플레밍의 오른손 법칙	직류발전기의 유도기전력의 방향을 결정 (엄지 : u , 검지 : B , 중지 : e)
직선 도체에 발생하는 기전력	$\mathcal{E} = B l u \sin \theta [\text{V}]$ 

3. 인덕턴스와 전자에너지



자체 인덕턴스	$L = \frac{\mu A N^2}{\ell} [\text{H}] \quad \therefore L \propto N^2$
상호 인덕턴스	$M = k \sqrt{L_1 L_2} [\text{H}], \text{ 결합계수 } k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$ k : 1차 코일과 2차 코일의 자속에 의한 결합의 정도 ($0 < k \leq 1$) (누설자속이 없다는 것은 $k=1$ 임을 의미한다.)
합성 인덕턴스	$L_O = L_1 + L_2 \pm 2M [\text{H}]$ (+ : 가동, - : 차동)
코일에 축적되는 전자 에너지	$W = \frac{1}{2} L I^2 [\text{J}]$ $w = \frac{1}{2} \mu H^2 [\text{J/m}^3] (\because B = \mu H [\text{Wb/m}^2])$
히스테리시스 곡선 (Hysteresis Loop)	 <p> B_m: 최대자속밀도 B_r: 잔류자기 H_c: 보자력 </p>

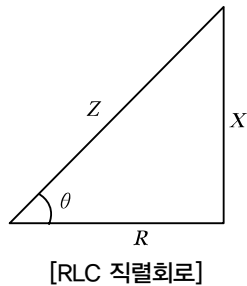
1. 교류회로의 기초

순시값	$v = V_m \sin \omega t [\text{V}], i = I_m \sin \omega t [\text{A}]$
(기본형)	여기서, 각속도 $\omega = 2\pi f [\text{rad/sec}]$
평균값	$V_a = \frac{2}{\pi} V_m [\text{V}]$
실효값	$V = \frac{1}{\sqrt{2}} V_m [\text{V}]$ (일반적인 교류의 전압, 전류를 표시)

2. 교류전류에 대한 RLC의 작용

구분	기본 회로	
	임피던스	위상
저항(R)만의 회로	R	전압과 전류는 동상이다.
인덕턴스(L)만의 회로	$X_L = \omega L = 2\pi f L$	전류는 전압보다 위상이 $\frac{\pi}{2} (=90^\circ)$ 뒤진다.
정전용량(C)만의 회로	$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$	전류는 전압보다 위상이 $\frac{\pi}{2} (=90^\circ)$ 앞선다.

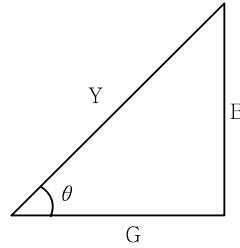
3. RLC 직렬회로



|| RLC 직렬회로 요약 정리 ||

구분	RLC 직렬회로			
	임피던스	위상각	역률	위상
$R-L$	$\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$	$\tan^{-1} \frac{\omega L}{R}$	$\frac{R}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}$	전류가 뒤진다.
$R-C$	$\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$	$\tan^{-1} \frac{1}{\omega CR}$	$\frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}}$	전류가 앞선다.
$R-L-C$	$\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$	$\tan^{-1} \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$	$\frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$	L이 크면 전류는 뒤진다. C가 크면 전류는 앞선다.

4. RLC 병렬회로



[RLC 병렬회로]

|| RLC 병렬회로 요약 정리 ||

구분	RLC 병렬회로			
	어드미턴스	위상각	역률	위상
$R-L$	$\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{\omega L}\right)^2}$	$\tan^{-1} \frac{R}{\omega L}$	$\frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{R}{\omega L}\right)^2}}$	전류가 뒤진다.
$R-C$	$\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + (\omega C)^2}$	$\tan^{-1} \omega CR$	$\frac{1}{\sqrt{1 + (\omega CR)^2}}$	전류가 앞선다.
$R-L-C$	$\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2}$	$\tan^{-1} R \cdot \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)$	$\frac{1}{\sqrt{1 + \left(\omega CR - \frac{R}{\omega L}\right)^2}}$	L이 크면 전류는 뒤진다. C가 크면 전류는 앞선다.

임피던스 및 어드미턴스

\dot{Z} (임피던스)	=	R (저항)	\pm	jX (리액턴스)	(+ : 유도성, - : 용량성)
\uparrow 역수		\uparrow 역수		\uparrow 역수	
\dot{Y} (어드미턴스)	=	G (컨덕턴스)	\mp	jB (서셉턴스)	(+ : 용량성, - : 유도성)

5. 공진회로

	직렬공진	병렬공진
조건	$\omega L = \frac{1}{\omega C}$	$\omega C = \frac{1}{\omega L}$
공진의 의미	<ul style="list-style-type: none"> 허수부가 0이다. 전압과 전류가 동상이다. 역률이 1이다. 임피던스가 최소이다. 흐르는 전류가 최대이다. 	<ul style="list-style-type: none"> 허수부가 0이다. 전압과 전류가 동상이다. 역률이 1이다. 어드미턴스가 최소이다. 흐르는 전류가 최소이다.
전류	$I = \frac{V}{R}$	$I = GV$
공진주파수	$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$	$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

6. 교류전력

유효전력	$P = VI\cos\theta [\text{W}]$ ($\cos\theta$ 역률) : 소비기기, 소비전력
무효전력	$P_r = VI\sin\theta [\text{Var}]$ ($\sin\theta$ 무효율)
피상전력	$P_a = VI [VA]$: 공급기기
역률	$\cos\theta = \frac{P}{P_a}$

07 3상 교류회로

대칭 3상 교류의 조건	<ul style="list-style-type: none"> 기전력의 크기가 같을 것 파형이 같을 것 	<ul style="list-style-type: none"> 주파수가 같을 것 위상차가 각각 $\frac{2}{3}\pi [\text{rad}]$일 것
3상 회로의 결선	Y결선 : 스타(성형) 결선	<ul style="list-style-type: none"> $V_\ell = \sqrt{3} V_P$ (30°, $\frac{\pi}{6}$ 위상이 앞섬) $I_\ell = I_P$
	Δ 결선 : 델타(삼각) 결선	<ul style="list-style-type: none"> $V_\ell = V_P$ $I_\ell = \sqrt{3} I_P$ (30°, $\frac{\pi}{6}$ 위상이 뒤짐)

부하 $Y \leftrightarrow \Delta$ 변환 $Z_{\Delta} = 3Z_Y$	
V결선	<ul style="list-style-type: none"> • 이용률 $\frac{\sqrt{3} P_1}{2P_1} = 86.6\%$ • 출력비 $\frac{\sqrt{3} P_1}{3P_1} = 57.7\%$
3상 전력	<ul style="list-style-type: none"> • 유효전력 : $P = \sqrt{3} V_{\ell} I_{\ell} \cos\theta [\text{W}]$ • 무효전력 : $P = \sqrt{3} V_{\ell} I_{\ell} \sin\theta [\text{Var}]$ • 피상전력 : $P_a = \sqrt{3} V_{\ell} I_{\ell} [\text{VA}]$

08 비정현파와 과도현상

비정현파	직류분 + 기본파 + 고조파
정현파의 파형률 및 파고율	<p>파형률 = $\frac{\text{실효값}}{\text{평균값}} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1.111$</p> <p>파고율 = $\frac{\text{최대값}}{\text{실효값}} = \sqrt{2} = 1.414$</p>
시정수	RL 직렬회로 $\tau = \frac{L}{R}$, RC 직렬회로 $\tau = RC$

02 전기기기

01 변압기

1. 변압기의 원리 : 전자유도작용(렌츠의 법칙)

2. 변압기의 구조 : 규소강판을 성층한 철심에 2개의 권선

변압기의 분류	내철형, 외철형, 권철심형
변압기의 재료	규소강판을 성층하여 사용 → 철손 감소
권선법	<ul style="list-style-type: none"> 직권 : 철심에 직접권선을 감는 방법(주상변압기) 형권 : 권형에 코일을 감은 방법, 중대형
부싱	기기의 구출선을 외함에 끌어내는 절연단자(콤파운드 부싱이 주로 사용)

3. 변압기유

구비조건	변압기유의 열화방지대책
<ul style="list-style-type: none"> 절연 내력이 클 것 비열이 클 것 인화점이 높고, 응고점이 낮을 것 절연재료와 화학작용을 일으키지 않을 것 고온에서도 산화하지 않을 것 	<ul style="list-style-type: none"> 브리더 → 산소와 습기 차단 콘서베이터 → 질소로 봉입 부호흡식 계전기 → 기름흐름이나 기포감지 차동계전기, 비율차동계전기(변압기 내부고장 검출)

4. 변압기의 이론

권수비	변압기여자 전류가 비정현파(첨두파)가 되는 현상
$a = \frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1}$ $a^2 = \frac{Z_{12}}{Z_{21}} = \frac{1\text{차를 } 2\text{차로 환산한 } Z}{2\text{차를 } 1\text{차로 환산한 } Z}$	변압기 철심의 자기포화현상과 히스테리시스 현상

5. 변압기의 특성

전압 변동률	$\varepsilon = \frac{V_{2O} - V_{2n}}{V_{2n}} \times 100 [\%] \approx p \cos \theta + q \sin \theta [\%]$ $\varepsilon_{\max} = \sqrt{p^2 + q^2} [\%] (\% \text{저항강하 } p, \% \text{리액터스강하 } q)$
손실	<ul style="list-style-type: none"> • 무부하손(철손) : $P_i = P_h + P_e$ <ul style="list-style-type: none"> - 히스테리시스 손 : $P_h \propto f B_m^{1.6} [\text{W/kg}]$ (50[%] 이상) - 맴돌이손(와류손) : $P_e \propto (t f B_m)^2 [\text{W/kg}]$ • 부하손(동손) : $P_c = (r_1 + a^2 r_2) \cdot I_1^2 [\text{W}]$
규약효율	$\eta = \frac{\text{출력}}{\text{출력} + \text{손실}} \times 100 [\%]$
최대 효율 조건	철손과 동손이 같을 때의 부하

6. 변압기의 극성 : 감극성과 가극성 중 감극성이 표준

7. 단상변압기로 3상 결선

$\Delta - \Delta$ 결선	<ul style="list-style-type: none"> • 제3고조파가 발생하지 않음 • V결선 운전가능 • 중성점 접지할 수 없음
$Y - Y$ 결선	<ul style="list-style-type: none"> • 중성점을 접지 • 절연이 용이 • 제3고조파 발생
$\Delta - Y$ 결선	승압용 변압기
$Y - \Delta$ 결선	강압용 변압기
$V - V$ 결선	$\text{출력비} = \frac{P_V}{P_\Delta} = \frac{\sqrt{3}P}{3P} = 0.577$ $\text{이용률} = \frac{\sqrt{3}P}{2P} = 0.866$

8. 병렬운전 조건

- 극성이 같을 것
- 정격전압이 같을 것
- 백분율 임피던스 강하가 같을 것
- r/x 비율이 같을 것

9. 3상 변압기군의 병렬운전 조건

(“Δ”나 “Y”가 짝수－가능, 홀수－불가능)

10. 변압기의 시험

온도시험	<ul style="list-style-type: none"> • 반환부하법 • 단락시험법
절연내력시험	<ul style="list-style-type: none"> • 변압기유 절연파괴 전압시험 • 가압시험(절연저항 확인) • 유도시험(충간절연 확인) • 충격전압시험(절연파괴 확인)

11. 특수 변압기

3권선 변압기	1개의 철심에 3권선이 감겨 있는 변압기	<ul style="list-style-type: none"> • 선로조상기 • 구내전력 공급용 • 전력계통의 연계용
단권 변압기	권선 하나의 도중에 탭을 만들어 사용한 것	
계기용 변성기	높은 전압과 전류를 측정하기 위한 변압기	<ul style="list-style-type: none"> • 계기용 변압기(PT) : 전압 측정용(2차측 110V) • 계기용 변류기(CT) : 전류 측정용(2차측 5A) <p>⇒ 2차측 개방 시 고압이 유기되어 위험함</p>
누설변압기	용접용 변압기에 이용	

1. 직류발전기의 원리 : 플레밍의 오른손 법칙

2. 직류발전기의 구조 : 계자, 전기자, 정류자 구성

계자	철손(히스테리시스손과 와류손)을 줄이기 위해 규소강판을 성층
전기자	전기자 철심과 도체
공극	공극이 넓으면 효율이 낮아짐
정류자	가장 중요한 부분으로 교류를 직류로 변환
브러시	정류자면에 접촉하여 전기자 권선과 외부회로를 연결하는 것 → 전기 흑연 브러시 (가장 많이 사용)
전기자 권선법	<ul style="list-style-type: none"> • 중권(병렬권 $I \uparrow$) : $P=a$, 균압결선 필요 • 파권(직렬권 $V \uparrow$) : $a=2$, (a : 병렬회로수, P : 극수)

3. 직류발전기의 이론

유도기전력	$E = \frac{p}{a} \phi Z \frac{N}{60} [V]$ (전기자 총 도체수 Z)
전기자 반작용	부하전류에 의한 기자력이 주자속 분포에 영향을 주는 작용 <ul style="list-style-type: none"> • 전기자 반작용에 나타나는 현상 <ul style="list-style-type: none"> – 중성축 이동(편자작용) : 브러시에 불꽃을 발생 – 자속이 감소되어 유도기전력이 감소(감자작용) • 전자기 반작용을 없애는 방법 <ul style="list-style-type: none"> – 보상권선 설치(가장 유효한 방법) – 보극 설치(경감법) – 브러시 위치를 전기적 중성점으로 이동
정류를 좋게 하는 방법	<ul style="list-style-type: none"> • 저항 정류 : 접촉저항이 큰 브러시 사용 • 전압 정류 : 보극 설치(또 다른 역할) • 정류 : 전기자 코일에 유도되는 교류를 직류로 변환

4. 직류발전기의 종류

여자방식에 따른 분류	영구자석G / 타여자G / 자여자G
계자 권선의 접속방법에 의한 분류	<ul style="list-style-type: none"> • 직권G : 계자권선과 전기자를 직렬연결 • 분권G : 계자권선과 전기자를 병렬연결 • 복권G : 분권 + 직권 / 가동과 차동

5. 직류발전기의 특성

- 무부하 포화곡선 : 계자전류 I_f - 유도기전력 E
- 부하 포화곡선 : 계자전류 I_f - 단자전압 V
- 외부 특성곡선 : 부하전류 I - 단자전압 V

타여자 발전기	전압강하가 적고, 전압을 광범위하게 조정하는 용도
분권 발전기	<ul style="list-style-type: none"> • 잔류자기가 반드시 있어야 함(전압의 확립) • 전압변동률이 적음 • 운전 중 무부하가 되면 계자권선에 큰 전류가 흘러서 계자권선 고전압 유지됨(권선소손)
직권 발전기	무부하 상태에서는 발전 불가능
복권 발전기	차동복권발전기 - 수하특성으로 용접기용 전원으로 사용

6. 직류발전기의 운전

기동법	계자저항을 최대한으로 하고 운전시작
전압 조정	$E = \frac{p}{a} \phi Z \frac{N}{60} [V]$ 에서 자속을 조정
병렬운전 조건	<ul style="list-style-type: none"> • 유도기전력이 같을 것 • 외부 특성곡선이 일치할 것 • 수하 특성일 것 → 직권, 복권G : 수하특성이 없으므로 균압모선 사용

7. 직류전동기의 원리 : 플레밍의 왼손 법칙

8. 직류전동기의 이론

회전수	$N = \frac{V - r_a I_a}{K \phi}$
토크	$T \propto \phi \cdot I_a$
기계적 출력	$P_o = 2\pi \frac{N}{60} T [W]$

9. 직류전동기의 종류 및 구조 : 직류발전기와 똑같다.

10. 직류전동기의 특성

타여자 전동기	운전 중 계자전류가 0이 되면 위험속도가 되므로 계자회로에 퓨즈 사용 금지
분권 전동기	정속도 특성
직권 전동기	<ul style="list-style-type: none"> • 운전 중 무부하가 되면, 회전속도가 상승하여 위험하므로 무부하 운전이나 벨트운전 금지 • 부하 증가에 따라서 속도가 급격히 상승하는 특성이므로 기동이 잦은 부하에 적합
복권 전동기	분권과 직권의 중간특성

11. 직류전동기의 운전

기동	기동전류를 낮추기 위해 전기자에 직렬로 기동저항 연결 → 기동 시 기동저항은 최대, 계자저항은 최소로 하여 기동토크 유지
속도제어	$N = K \frac{V - I_a R_a}{\phi}$ <ul style="list-style-type: none"> • 계자제어 : 자속 ϕ를 계자저항으로 조정 → 정출력 제어 • 저항제어 : R_a 값을 조정(전력소모와 속도조정범위 좁음) • 전압제어 : V 값을 조정(워드레오너드방식) → 정토크 제어
제동	<ul style="list-style-type: none"> • 발전제동 : 제동 시 발전된 전력을 저항으로 소비 • 회생제동 : 발전된 전력을 다시 전원으로 환원 • 역전제동(플러깅) : 역회전으로 제동 → 급정지에 사용

12. 직류기의 손실

동손(P_c)	부하전류에 의한 권선에서 생기는 줄열
철손(P_i)	히스테리시스손 + 와류손

13. 직류기 효율

발전기, 변압기 규약효율 $\eta_G = \frac{\text{출력}}{\text{출력} + \text{손실}} \times 100[\%]$

전동기 규약효율 $\eta_M = \frac{\text{입력} - \text{손실}}{\text{입력}} \times 100[\%]$

1. 유도전동기 원리 : 아라고 원판

$$\text{회전자계의 속도 } N_s = \frac{120f}{P} [\text{rpm}]$$

2. 3상 유도전동기의 구조

고정자	프레임, 철심, 권선(대부분이 2층권)	
회전자	규소강판을 성층하여 제작	<ul style="list-style-type: none"> • 농형 회전자 : 회전자 둘레의 홈에 구리 막대를 넣어서 원통모양으로 접속한 것. 축방향에 비뚤어져 있는데, 소음방생을 억제하는 효과 • 권선형 회전자 : 회전자 둘레의 홈에 3상 권선을 넣어서 결선한 것. 슬립 링을 통해 기동 저항기와 연결하여 기동전류 감소와 속도조정 용이
공극	공극이 크면 기계적으로 안전하지만 역률이 낮아짐	

3. 3상 유도 전동기의 이론

회전수와 슬립	<ul style="list-style-type: none"> • 슬립은 동기속도와 회전자 속도의 차에 대한 비 $\text{슬립 } S = \frac{N_s - N}{N_s} = 1 - \frac{N}{N_s}$ <ul style="list-style-type: none"> • 슬립 $s=1$이면 정지상태이고, $s=0$이면 동기속도로 회전
2차 회로 주파수	$f_{2s} = s f_1 [\text{Hz}]$
전력의 변환	$P_2 : P_{\text{e2}} : P_o = 1 : S : (1-S)$ $\eta_2 = \frac{P_o}{P_2} \quad \eta = \frac{P_o}{P_1}$
토크	$P_o = \omega T = 2\pi \cdot \frac{N}{60} T [\text{W}]$ $T = \frac{60}{2\pi} \cdot \frac{P_o}{N} [\text{N} \cdot \text{m}]$

4. 비례추이

권선형 유도전동기에서 2차 저항의 변화에 따라 슬립이 비례해서 변화하는 것

$$\frac{r_2}{S} = \frac{mr_2}{mS} = \frac{r_2 + R}{S'}$$

5. 기동방법

농형 유도전동기의 기동법	<ul style="list-style-type: none"> • 전전압 기동 : 소용량에 채용 → 직입기동 • 리액터 기동 : 소용량에 채용 • Y-Δ기동법 : 중용량에 쓰이며, 기동전류가 1/3로 감소하지만, 기동 토크도 1/3로 감소 • 기동 보상기법 : 대용량 전동기에 채용
권선형 유도전동기의 기동법(2차 저항법)	2차 회로에 가변저항을 접속하고 비례추이의 원리에 의하여 큰 토크로 기동하고 기동전류도 억제

6. 속도제어

2차 저항 가감법	권선형 유도 전동기에서 비례추이를 이용
주파수 변환법	주파수를 변화시켜 동기속도를 바꾸는 방법(VVVF제어)
극수 변환법	권선의 접속을 바꾸어 극수를 바꾸면 단계적이지만 속도를 바꿀 수 있다.
2차 여자제어	2차 저항제어를 발전시킨 형태로 저항에 의한 전압강하 대신에 반대의 전압을 가하여 전압강하가 일어나도록 한 것으로 효율이 좋음

7. 제동법

발전제동/역상제동(플러깅)/회생제동/단상제동/직류제동

8. 단상 유도전동기

※ 기동토크의 크기에 따라 성능이 결정됨

※ 기동토크가 큰 순서 : 반발형 → 콘덴서형 → 분상형 → 셰이딩형

분상 기동형	기동권선은 주권선보다 가는 코일을 적은 권수로 감은 형태로 기동
콘덴서 전동기	<ul style="list-style-type: none"> • 콘덴서 기동형 : 기동권선에 직렬로 콘덴서를 넣은 형태로 큰 시동 토크를 얻을 수 있음 • 영구 콘덴서형 : 가격이 싸고, 선풍기, 냉장고, 세탁기 등에 사용
셰이딩 코일형	고정자에 일부에 틈을 만들어 여기에 셰이딩 코일이라는 단락 코일을 끼워 넣은 형태. 극소형 기기로 회전방향을 바꿀 수 없음
반발형 전동기	회전자에 정류자를 갖고 있고 브러시를 단락하면 기동 시에 큰 토크가 생김

1. 동기발전기의 원리

회전전자자형	플레밍의 오른손 법칙
회전계자형	렌츠의 전자유도법칙(주로 사용됨)
동기속도	$N_s = \frac{120f}{P} [\text{rpm}] (P : \text{극수})$

2. 동기발전기의 구조

회전 계자형	고정자 → 전기자, 회전자 → 계자
수소냉각	<p>전폐 냉각형으로 냉각매체로 수소를 사용</p> <ul style="list-style-type: none"> 밀도가 공기의 약 7[%]이므로 풍손이 1/10으로 감소 열전도율이 공기의 약 6.7배로 출력 25[%] 정도 증대 불활성기체, 소음이 적어짐(전폐형) 단점으로 설비 비용이 높아짐
전기자 권선법	<ul style="list-style-type: none"> 분포권 : 1극 1상당 슬롯 수가 2개 이상인 것 기전력의 파형이 좋아지고, 열이 분산됨 단절권 : 코일간격을 자극간격보다 작게 하는 것 파형이 좋아지고, 동량이 적어짐 권선계수 = 분포계수 × 단절계수

3. 동기발전기의 이론

유도기전력	$E = 4.44 f N \phi [V]$
전기자 반작용	<p>부하전류에 의한 자속이 주자속에 영향을 주는 작용</p> <ul style="list-style-type: none"> 교차자화작용 : 저항부하, 주자속과 부하전류에 의한 자속이 직각 감자작용 : 리액터부하, 부하전류에 의한 자속이 주자속을 감소시키는 작용 증자작용 : 콘덴서부하, 부하전류에 의한 자속이 주자속을 증가시키는 작용 → 자기여자현상
동기 발전기의 출력	$P_s = \frac{VE}{x_s} \sin \delta [W] (\text{기전력 } E, \text{ 단자전압 } V \text{의 부하각 } \delta)$

4. 동기 발전기의 특성

단락비	무부하포화곡선과 3상 단락곡선에서 구함 → 동기임피던스의 역수
단락비가 큰 발전기	<ul style="list-style-type: none"> 전기자 반작용이 작아서 전압 변동률도 작다. 공극이 큼 : 중량이 무겁고, 비싸다. 기계적 안정성 확보 기계에 여유가 있으며 과부하내량이 크다.

5. 동기발전기의 병렬운전

- 기전력의 크기가 같을 것
- 기전력의 위상이 같을 것(동기검정기로 확인)
- 기전력의 주파수가 같을 것
- 기전력의 파형이 같을 것

6. 난조의 발생과 대책

난조	부하가 갑자기 변하면 동기화력에 의해 진동이 발생하여 계속 진동하는 현상
원인 → 방지법	<ul style="list-style-type: none"> • 조속기 감도가 예민한 경우 → 조속기를 둔하게 함 • 원동기에 고조파토크가 포함 → 고조파 토크를 제거함 • 전기자저항이 큰 경우 → 전기자저항을 작게 함
방지법	제동권선을 설치

7. 동기 전동기 원리

회전자계에 의한 자기적인 이끌림

8. 위상특성곡선(V 곡선)

동기전동기에 여자전류를 가변하여, 전류의 위상차를 변화시킬 수 있다. 전력계통에서 동기조상기로 이용

부족여자	지상 전류가 증가하여 리액터의 역할
과여자	진상 전류가 증가하여 콘덴서 역할

9. 동기전동기의 기동법

동기전동기는 동기속도로 회전하고 있을 때만 토크를 발생하므로 기동토크는 0이다.

자기 시동법	기동 권선을 이용함 → 기동방법이 복잡함
타 기동법	유도전동기를 사용할 경우 극수가 2극 작은 것 사용 → 기동용 전동기가 더 빨라야 하기 때문

10. 동기전동기의 특징

장점	<ul style="list-style-type: none"> • 속도 불변 • 역률을 조정할 수 있다. → 동기조상기 • 공극이 넓으므로 기계적으로 견고하다.
단점	<ul style="list-style-type: none"> • 직류 전원장치가 필요하고, 가격이 비싸다. • 난조가 발생하기 쉽다.

1. 반도체

- PN접합과 정류 : PN접합 반도체는 정류작용을 함
- 온도특성 : 소자의 온도를 높이면, 순 · 역방향 전류가 증가하는 성질이 있음

2. 단상 정류회로

- 반파 정류 평균치 $V_a = \frac{1}{\pi} V_m = \frac{\sqrt{2}}{\pi} V[V]$
- 전파 정류 평균치 $V_a = \frac{2}{\pi} V_m = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V[V]$

3. 맥동률 : 정류된 직류 속에 포함되어 있는 교류성분의 정도

- 맥동률이 작을수록 좋은 직류파형
- 맥동률이 작은 순서
3상전파정류 → 3상반파정류 → 단상전파정류 → 단상반파정류

4. SCR(사이리스터)

- PNPN의 4층 구조를 기본구조로 하는 반도체 소자
- 순방향 전압을 가한 상태에서 게이트에 전압을 걸면 통전

5. 트라이액(TRIAC)

2개의 SCR를 역병렬로 연결한 것

6. GTO : 초퍼제어에 사용

7. 전력 변환기

- 컨버터 회로(교류 → 직류 전력 변환기)
- 초퍼 회로(직류 → 직류 전력 변환기)
- 인버터(직류 → 교류 전력 변환기)

PART 03 전기설비

01 배선재료 및 공구

1. 전선 및 케이블

1) 전선

전선의 구비조건	<ul style="list-style-type: none"> • 도전율이 크고, 기계적 강도가 클 것 • 신장률이 크고, 내구성이 있을 것 • 비중(밀도)이 작고, 가선이 용이할 것 • 가격이 저렴하고, 구입이 쉬울 것
연선	<ul style="list-style-type: none"> • 총 소선수 : $N = 3n(n+1) + 1$ • 연선의 바깥지름 : $D = (2n+1)d$

2) 전선의 종류와 용도

명칭	약호
450/750V 일반용 단심 비닐 절연전선	NR
450/750V 일반용 유연성 비닐절연전선	NF
300/500V 기기 배선용 단심 비닐절연전선(70℃)	NRI(70)
300/500V 기기 배선용 유연성 단심 비닐절연전선(70℃)	NFI(70)
300/500V 기기 배선용 단심 비닐절연전선(90℃)	NRI(90)
300/500V 기기 배선용 유연성 단심 비닐절연전선(90℃)	NFI(90)
750V 내열성 고무 절연전선(110℃)	HR(0.75)
300/500V 내열 실리콘 고무 절연전선(180℃)	HRS
옥외용 비닐 절연전선	OW
인입용 비닐 절연전선	DV
형광방전등용 비닐전선	FL

비닐절연 내온전선	NV
6/10kV 고압 인하용 가교 폴리에틸렌 절연전선	PDC
6/10kV 고압 인하용 가교 EP 고무절연전선	PDP

3) 허용전류

전류의 줄열로 절연체 절연이 악화되기 때문에 전선에 흐르는 한계전류

동일 관 내의 전선수	전류 감소계수
3 이하	0.70
4	0.63
5 또는 6	0.56
7 이상 15 이하	0.49

2. 배선재료 및 기구

1) 플러그

명칭	용도
멀티 탭	하나의 콘센트에 2~3가지의 기구를 사용
테이블 탭	코드의 길이가 짧을 때 연장하여 사용

2) 과전류 차단기

① 과전류 차단기의 시설 금지 장소

- 접지공사의 접지선
- 다선식 전로의 중성선
- 제2종 접지공사를 한 저압가공전로의 접지 측 전선

② 과전류 차단기용 배선용 차단기 동작특성 : 정격전류의 1배의 전류로 자동적으로 동작하지 않도록 해야 한다.

③ 차단기의 정격용량 : $(\sqrt{3} : 3\text{상}) \times \text{정격차단전압} \times \text{정격차단전류}$

④ 과전류 차단기용 퓨즈

- 저압퓨즈는 정격전류 1.1배의 전류에 견디고, 1.6배 및 2배의 과전류가 흐를 때는 정해진 표에 의한다.
- 고압퓨즈 특성
 - 비포장 퓨즈는 정격전류 1.25배에 견디고, 2배의 전류로는 2분 안에 용단
 - 포장 퓨즈는 정격전류 1.3배에 견디고, 2배의 전류로는 120분 안에 용단

3) 누전 차단기(ELB)

누전이 발생했을 때 이를 감지하고, 자동적으로 회로를 차단하는 장치

3. 전기공사용 공구

1) 게이지

마이크로미터	전선의 굵기, 철판, 구리판 등의 두께를 측정하는 것
와이어 게이지	전선의 굵기를 측정하는 것
버니어 캘리퍼스	등근 물건의 외경이나 파이프 등의 내경과 깊이를 측정하는 것

2) 공구

와이어 스트리퍼	절연 전선의 피복 절연물을 벗기는 자동공구
토치 램프	전선 접속의 납땜과 합성 수지관의 가공에 열을 가할 때 사용하는 것
펌프 플라이어	금속관 공사의 로크너트를 쥘 때 사용
플레셔 톨	솔더리스 커넥터 또는 솔더리스 터미널을 압착하는 공구
벤더 및 히키	금속관을 구부리는 공구
오스터	금속관 끝에 나사를 내는 공구
녹아웃 펀치	캐비닛에 구멍을 뚫을 때 필요한 공구
리머	금속관을 쇠톱이나 커터로 끊은 다음, 관 안에 날카로운 것을 다듬는 공구
드라이브이트	화약의 폭발력을 이용하여 철근 콘크리트에 드라이브이트 핀을 박을 때 사용
홀소	녹아웃 펀치와 같은 용도로 배 · 분전반 등의 캐비닛에 구멍을 뚫을 때 사용
피시테이프	전선관에 전선을 넣을 때 사용되는 평각 강철선
철망 그림	여러 가닥의 전선을 전선관에 넣을 때 사용하는 공구

02 전선의 접속

1. 전선의 각종 접속방법

- 접속 시 전기적 저항을 증가시키지 않는다.
- 접속부위의 기계적 강도를 20% 이상 감소시키지 않는다.
- 접속점의 절연이 약화되지 않도록 테이핑 또는 와이어 커넥터로 절연한다.
- 전선의 접속은 박스 안에서 하고, 접속점에 장력이 가해지지 않도록 한다.

1) 직선접속

단선의 직선접속	<ul style="list-style-type: none"> • 6[mm²] 이하의 가는 단선 : 트위스트 접속 • 3.2[mm] 이상의 굵은 단선 : 브리타니아 접속
연선의 접속	<ul style="list-style-type: none"> • 권선 접속 : 접속선을 사용하여 접속 • 단권 접속 : 소선 자체를 감아서 접속하는 방법 • 복권 접속 : 소선 자체를 전부 한꺼번에 감는 방법

2) 종단접속

쥐꼬리 접속(박스 안에 가는 전선을 접속할 때)

2. 납땜과 테이프

1) 납땜 : 슬리브나 커넥터를 쓰지 않고 전선을 접속했을 때에는 반드시 납땜한다.

2) 테이프

면 테이프	가제 테이프에 검은색 점착성의 고무 혼합물을 양면에 함침시킨 것
고무 테이프	테이프를 2.5배로 늘려가면서 테이프 폭이 반 정도가 겹치도록 감는다.
비닐 테이프	테이프 폭의 반씩 겹치게 하고, 다시 반대방향으로 4겹 이상 감는다.
리노 테이프	점착성은 없으나 절연성, 내온성 및 내유성이 있으므로 연피 케이블 접속에는 반드시 사용한다.
자기 융착 테이프	내오존성, 내수성, 내약품성, 내온성이 우수해서 오래도록 열화하지 않기 때문에 비닐 외장 케이블 및 클로로프렌 외장 케이블의 접속에 사용된다.

03 옥내배선공사

1. 애자 사용 배선

- 1) 애자는 절연성, 난연성 및 내수성이 있는 재질을 사용
- 2) 지지점 간의 거리는 2[m] 이하
- 3) 전선의 이격거리

구분	400[V] 미만	400[V] 이상
전선 상호 간의 거리	6[cm] 이상	6[cm] 이상
전선과 조영재의 거리	2.5[cm] 이상	4.5[cm] 이상(건조 2.5[cm] 이상)

2. 몰드 배선공사 : 사용 전압은 400[V] 미만

1) 합성수지 몰드 배선

홈의 폭과 깊이가 3.5[cm] 이하, 두께는 2[mm] 이상

(사람이 쉽게 접촉될 우려가 없을 때 폭 5[cm] 이하, 두께 1[mm] 이상)

2) 금속 몰드 배선(1종 금속 몰드)

지지점의 거리 1.5[m] 이하

3) 레이스 웨이 배선(2종 금속 몰드)

전선은 몰드 내 단면적의 20% 이하

3. 합성수지관 배선

1) 합성수지관의 특징

- ① 절연성과 내부식성이 우수하고, 재료가 가볍기 때문에 시공이 편리
- ② 관이 비자성체이므로 접지할 필요가 없고, 피뢰기 · 피뢰침의 접지선 보호에 적당
- ③ 열에 약할 뿐 아니라, 충격 강도가 떨어짐

2) 합성수지관의 종류

경질비닐 전선관	<ul style="list-style-type: none"> • 관의 굵기를 안지름의 크기에 가까운 짝수로 표시 • 지름 14~82mm으로 9종(14, 16, 22, 28, 36, 42, 54, 70, 82mm) • 한 본의 길이는 4[m]로 제작
폴리에틸렌 전선관(PE관)	배관작업에 토치램프로 가열할 필요가 없다.
합성수지제 가요전선관(CD관)	<ul style="list-style-type: none"> • 가요성이 뛰어나므로 굴곡된 배관작업에 공구가 필요없고 배관작업 용이 • 관의 내면이 파부형이므로 마찰계수가 적어 굴곡이 많은 배관 시에도 전선의 인입 용이

3) 합성수지관의 시공

- ① 관의 지지점 간의 거리는 1.5m 이하
- ② 단선은 지름 10mm²(알루미늄선은 16mm²) 이하를 사용
- ③ L형 곡률 반지름은 관 안지름의 6배 이상
- ④ 관 접속 시 들어가는 관의 길이는 관바깥지름의 1.2배 이상(접착제를 사용할 때는 0.8배 이상)

4) 합성수지관(금속전선관)의 굵기 선정

배선 구분	전선관 굵기 선정
동일 굵기의 전선을 동일관 내에 넣을 경우	전선관 내단면적의 48% 이하 선정
굵기가 다른 전선을 동일관 내에 넣는 경우	전선관 내단면적의 32% 이하 선정

4. 금속전선관 배선

1) 금속전선관의 특징

- ① 전선이 기계적으로 완전히 보호된다.
- ② 단락 사고, 접지 사고 등에 있어서 화재의 우려가 적다.
- ③ 접지공사를 완전히 하면 감전의 우려가 없다.
- ④ 방습장치를 할 수 있으므로, 전선을 내수적으로 시설할 수 있다.
- ⑤ 전선이 노후되었을 경우나 배선방법을 변경할 경우 전선의 교환이 쉽다.

2) 금속전선관 종류

구분	후강 전선관	박강 전선관
관의 호칭	안지름의 크기에 가까운 짝수	바깥 지름의 크기에 가까운 홀수
관의 종류[mm]	16, 22, 28, 36, 42, 54, 70, 82, 92, 104(10종류)	15, 19, 25, 31, 39, 51, 63, 75(8종류)
특징	두께가 2.3mm 이상으로 두꺼운 금속관	두께가 1.2mm 이상으로 얇은 금속관

- ① 한 본의 길이 : 3.66[m]
- ② 관의 두께와 공사
 - 콘크리트에 매설하는 경우 : 1.2[mm] 이상
 - 기타의 경우 : 1[mm] 이상

3) 금속 전선관의 시공

- ① L형 곡률 반지름은 관 안지름의 6배 이상
- ② 지지점 간의 거리는 2m 이하

4) 금속 전선관 시공용 부품

로크 너트	전선관과 박스를 죄기 위하여 사용
절연 부싱	전선의 절연 피복을 보호하기 위하여 금속관 끝에 취부
엔트레스 캡	저압가공 인입선의 인입구에 사용
유니온 커플링	관 상호 접속용으로 관이 고정되어 있을 때 사용
노멀 밴드	매입 배관의 직각 굴곡 부분에 사용
유니버설 엘보	노출 배관공사에서 관을 직각으로 굽히는 곳에 사용
링리듀서	박스의 녹아옴 지름이 관 지름보다 클 때 사용

5) 금속전선관의 굵기 선정

- ① 전선은 단면적 6mm²(알루미늄선은 16mm²) 이하 사용
- ② 교류회로에서는 1회로의 전선 모두를 동일관 내에 넣는 것이 원칙

6) 금속전선관의 접지

- ① 강·약전류 전선을 관에 시공할 때는 특별 제3종 접지공사 이외는 제3종 접지공사
- ② 접지공사 생략하는 경우(사용전압이 400[V] 미만)
 - 건조하거나 사람이 접촉할 우려가 없는 장소의 대지전압이 150[V] 이하, 8[m] 이하의 금속관
 - 건조한 장소에 대지전압 150[V]를 초과하고 4[m] 이하인 전선관

5. 가요전선관 배선

- 1) 작은 증설 배선, 안전함과 전동기 사이의 배선, 엘리베이터, 기차나 전차 안의 배선 등의 시설
- 2) 금속제 가요전선관의 종류
 - ① 제1종 금속제 가요전선관 : 플렉시블 콘딧
 - ② 제2종 금속제 가요 전선관 : 플리커 튜브
 - ③ 호칭 : 안지름에 가까운 홀수
- 3) 시공
 - ① 지지점 간의 거리는 1[m] 이하
 - ② L형 곡률 반지름은 관 안지름의 6배 이상
- 4) 부속품
 - ① 가요전선관 상호의 접속 : 스플릿 커플링
 - ② 가요전선관과 금속관의 접속 : 콤비네이션 커플링
 - ③ 가요전선관과 박스와의 접속 : 스트레이트 박스 커넥터, 앵글 박스 커넥터

6. 덕트 배선

금속덕트	① 폭 5[cm]를 넘고 두께 1.2[mm] 이상인 철판으로 제작 ② 지지점 간의 거리는 3[m] 이하 ③ 덕트의 끝부분은 막는다. ④ 전선은 단면적의 총합이 금속 덕트 내 단면적의 20[%] 이하 (전광사인 장치, 출퇴 표시등, 기타 이와 유사한 장치 또는 제어회로 등의 배선에 사용하는 전선만을 넣는 경우에는 50[%] 이하)
버스덕트	나도체를 절연물로 지지하고, 강판 또는 알루미늄으로 만든 덕트 내에 수용한 것
플로어덕트	마루 밑에 매입하는 배선용의 덕트로 사용전압 400[V] 미만에서 사용

7. 케이블 배선

- 1) 케이블을 구부리는 경우 굴곡부의 곡률 반지름
 - ① 연피가 없는 케이블 : 케이블 바깥지름의 6배(단심인 것은 8배) 이상
 - ② 연피가 있는 케이블 : 케이블 바깥지름의 12배(금속관 사용 시 15배) 이상
- 2) 케이블 지지점 간의 거리
 - ① 수직방향 : 2[m] 이하(단, 캡타이어 케이블은 1[m])
 - ② 수평방향 : 1[m] 이하

1. 전압

1) 전압의 종류

저압	교류는 600[V] 이하, 직류는 750[V] 이하
고압	교류는 600[V]를 넘고 7,000[V] 이하 직류는 750[V]를 넘고 7,000[V] 이하
특고압	7,000[V]를 넘는 것

2) 옥내배선선로의 대지전압 제한 : 대지전압은 300[V] 이하

- ① 사용전압은 400[V] 미만일 것
- ② 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 할 것
- ③ 전로 인입구에는 누전차단기를 시설할 것
- ④ 백열전등 및 형광등 안정기는 옥내배선과 직접 접속하여 시설할 것
- ⑤ 전구소켓은 키나 점멸기구가 없는 것일 것
- ⑥ 2[kW] 이상의 부하는 옥내배선과 직접 시설하고, 전용의 개폐기 및 과전류 차단기를 시설할 것

3) 불평형 부하의 제한

- ① 단상 3선식 : 40[%] 이하
- ② 3상 3선식 또는 3상 4선식 : 30[%] 이하

4) 전압강하의 제한

표준전압의 2[%] 이하로 하는 것이 원칙(변압기에서 공급되는 경우에는 3[%] 이하)

2. 간선

1) 간선의 굵기 결정 : 허용전류, 전압강하 및 기계적 강도를 고려하여 선정

전동기 정격전류	허용전류 계산
50[A] 이하	정격전류 합계의 1.25배
50[A] 초과	정격전류 합계의 1.1배

2) 수용률과 역률을 고려하여 수정된 부하 전류값 이상의 허용전류를 갖는 전선을 선정

건물의 종류	간선의 수용률[%]	
	10kVA 이하	10kVA 초과
주택, 아파트, 기숙사, 여관, 호텔, 병원	100	50
사무실, 은행, 학교	100	70

3) 간선의 보안

과전류 차단기 정격 : [전동기 정격전류 합계의 3배 + 일반부하의 정격전류의 합]과 [간선의 허용전류의 2.5배 한 값] 중 작은 값으로 선정

3. 분기회로

건물 종류 및 부분	표준부하밀도[VA/m ²]
공장, 공회장, 교회, 극장, 영화관	10
기숙사, 여관, 호텔, 병원, 음식점	20
주택, 아파트, 사무실, 은행, 백화점	30
계단, 복도, 세면장, 창고	5
강당, 관람석	10

4. 변압기 용량 산정

1) 부하설비 용량 산정

$$\text{수용률} = \frac{\text{최대수용전력}}{\text{총 부하설비용량 합계}} \times 100[\%]$$

$$\text{부등률} = \frac{\text{각 부하의 최대수용전력의 합계}}{\text{합성최대수용전력}}$$

$$\text{부하율} = \frac{\text{부하의 평균전력}}{\text{최대수용전력}} \times 100[\%]$$

2) 변압기 용량 산정

(합성)최대수용전력을 변압기 용량으로 산정

5. 전로의 절연

1) 저압 전선로의 절연

① 옥내의 신규로 공사한 초기값은 1[MΩ] 이상

전로의 사용 전압의 구분	절연 저항 값
대지전압이 150V 이하의 경우	0.1MΩ
대지전압이 150V를 넘고 300V 이하인 경우	0.2MΩ
사용전압이 300V를 넘고 400V 미만인 경우	0.3MΩ
사용전압이 400V 이상 저압인 경우	0.4MΩ

② 옥외의 절연저항은 최대공급전류의 1/2,000을 초과하지 않도록 해야 한다.

$\text{누설전류} \leq \frac{\text{최대공급전류}}{2,000}$	$\text{옥외배선의 절연저항} \geq \frac{\text{사용전압}}{\text{누설전류}} [\Omega]$
--	---

2) 고압, 특고압 전로 및 기기의 절연

① 고압 및 특고압 전로의 절연내력 시험전압

- 시험전압을 전로와 대지 간에 10분간 연속적으로 가하여 견디어야 한다.

(다만, 케이블 시험에서는 시험전압 2배의 직류전압을 10분간 가하여 시험)

구분	시험전압 배율	시험 최저전압[V]
7kV 이하	1.5	500

6. 접지공사

1) 접지의 목적

- ① 누설 전류로 인한 감전을 방지
- ② 고저압 혼촉사고 시 높은 전류를 대지로 흐르게 하기 위함
- ③ 뇌해로 인한 전기설비나 전기기기 등을 보호하기 위함
- ④ 전로에 지락사고 발생시 보호계전기를 신속하고, 확실하게 작동하도록 하기 위함
- ⑤ 이상 전압이 발생하였을 때 대지전압을 억제하여 절연강도를 낮추기 위함

2) 접지공사 종류

접지종별	접지저항값	접지선의 굵기	적용기기
제1종 접지공사	10[Ω] 이하	6mm ² 이상의 연동선 10mm ² 이상(이동용)	피뢰기, 피뢰침 특고압 계기용 변성기 고압 이상 기계기구의 외함
제2종 접지공사	$\frac{150}{1\text{선지락전류}} [\Omega]$ 이하 ^{주1)}	특고압에서 저압변성 : 16mm ² 이상 10mm ² 이상(이동용) 고압, 22.9[kV-Y] ^{주2)} 에서 저압변성 : 6mm ² 이상 10mm ² 이상(이동용)	변압기 2차측 중성점 또는 1단자 (고저압 혼촉으로 인한 사고방지)
제3종 접지공사	100[Ω] 이하	2.5mm ² 이상 연동선 0.75mm ² (이동용)	고압용 계기용 변성기 400[V] 미만의 기기외함, 철대 금속제 전선관(400[V] 미만)
특별 제3종 접지공사	10[Ω] 이하	2.5mm ² 이상 연동선 1.5mm ² (이동용)	400[V] 이상 기기 외함, 철대수중용 조명등

주1) 변압기의 혼촉 발생 시 1초를 넘고 2초 이내에 자동으로 전로를 차단하는 장치를 설치할 때는 $\frac{300}{I_g}$, 1초 이내에 자동으로

차단하는 장치를 설치할 때는 $\frac{600}{I_g}$

주2) 22.9[kV-Y] : 22.9kV 중성점 다중접지식 전로

- 3) 0.5초 이내에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설한 경우의 제3종과 특별 제3종 접지공사의 접지 저항치

정격감도 전류	접지저항치
30mA	500Ω
50mA	300Ω
100mA	150Ω
200mA	75Ω
300mA	50Ω
500mA	30Ω

4) 접지선의 시설기준

- ① 접지극은 지하 75cm 이상의 깊이로 매설할 것
- ② 접지극을 지중에서 철주 등의 금속체로부터 1m 이상 떼어 매설할 것
- ③ 접지선은 지표상 60cm까지의 부분에는 절연전선, 케이블을 사용할 것
- ④ 지하 75cm로부터 지표상 2m까지의 부분을 두께 2mm 이상의 합성수지관으로 덮을 것
- ⑤ 수도관 접지극 사용 : 3Ω 이하의 접지저항을 가지고 있을 것
- ⑥ 철골 등 금속체를 접지극으로 사용 : 2Ω 이하의 접지저항을 가지고 있을 것

7. 피뢰기 설치공사

1) 피뢰기가 구비해야 할 성능

- ① 이상전압이 침입할 때 파괴값을 감소시키기 위해 방전특성을 가질 것
- ② 이상전압 방전 완료 이후 속류를 차단하여 절연의 자동회복능력을 가질 것
- ③ 방전 개시 이후 이상전류 통전 시의 단자전압을 일정전압 이하로 억제할 것
- ④ 반복동작에 대하여 특성이 변화하지 않을 것

2) 피뢰기의 구비조건

- ① 충격방전 개시전압이 낮을 것
- ② 제한전압이 낮을 것
- ③ 뇌전류 방전능력이 클 것
- ④ 속류차단을 확실하게 할 수 있을 것
- ⑤ 반복동작이 가능하고, 구조가 견고하며 특성이 변화하지 않을 것

3) 피뢰기의 시설장소

- ① 발전소, 변전소 또는 이에 준하는 장소의 가공전선 인입구 및 인출구
- ② 가공전선로에 접속하는 특고압 배전용 변압기의 고압 측 및 특고압 측
- ③ 고압 또는 특고압 가공전선로로부터 공급을 받는 수용장소의 인입구
- ④ 가공전선로와 지중전선로가 접속되는 곳

1. 가공인입선 공사

1) 가공인입선

- ① 가공 전선로의 지지물에서 분기하여 다른 지지물을 거치지 아니하고 수용 장소의 붙임점에 이르는 가공전선을 말한다.
- ② 인입선
 - 지름 2.6[mm](경간 15[m] 이하는 2[mm])의 경동선을 사용할 것
 - 옥외용 비닐전선(OW), 인입용 절연전선(DV) 또는 케이블일 것
 - 길이는 50m 이하로 할 것(고압 및 특고압 길이는 30m를 표준)

2) 연접인입선

- ① 한 수용 장소의 인입선에서 분기하여 다른 지지물을 거치지 아니하고 다른 수용가의 인입구에 이르는 부분의 전선을 말한다.
- ② 시설제한 규정
 - 인입선에서의 분기하는 점에서 100[m]를 넘지 않도록 한다.
 - 폭 5[m]를 넘는 도로를 횡단 금지
 - 옥내 관통 금지
 - 고압 연접인입선은 시설 금지

2. 전주, 장주 및 가선

1) 전주

- ① 지지물을 땅에 세우는 공정
- ② 전주가 땅에 묻히는 깊이
 - 전주의 길이 15[m] 이하 : 전주 길이의 1/6 이상
 - 전주의 길이 15[m] 초과 : 2.5[m] 이상
 - 철근콘크리트 전주로서 길이가 14m 이상 20m 이하이고, 설계하중이 6.8kN 초과 9.8kN 이하인 것은 위의 ①, ②의 깊이에 30cm를 가산

2) 지선

- ① 지선의 시공
 - 지선밴드로 설치하고, 장력의 합성점에 가깝게 설치
 - 지선애자는 감전을 방지하기 위하여 지표상 2.5m 되는 곳에 설치
 - 지선의 부착 각도는 30~45°로 하되 60° 이하로 설치
 - 지선용 철선은 4.0mm 아연도금 철선 3조 이상 또는 7/2.6[선/mm] 아연도금 철선을 사용하며, 안전율 2.5 이상, 허용 인장 하중 값은 440kg 이상으로 한다.
 - 도로 횡단 시 지선의 높이는 5m 이상

② 지선의 종류

보통지선	일반적인 것으로 전주길이의 약 1/2 거리에 지선용 근가를 매설하여 설치
수평지선	보통지선을 시설할 수 없을 때 전주와 전주 간, 또는 전주와 지주 간에 설치
공동지선	두 개의 지지물에 공동으로 시설하는 지선
Y지선	다단 완금일 경우, 장력이 클 경우, H주일 경우에 보통지선을 2단으로 설치하는 것
궁지선	장력이 적고 타 종류의 지선을 시설할 수 없는 경우에 설치

3) 장주

지지물에 전선 그 밖의 기구를 고정시키기 위하여 완금, 완목, 애자 등을 장치하는 공정

완금 고정	I볼트, U볼트, 압밴드를 사용하여 고정
암타이	완금이 상하로 움직이는 것을 방지
암타이 밴드	암타이를 고정

4) 래크(rack) 배선

저압선의 경우에 전주에 수직방향으로 애자를 설치하는 배선

5) 주상기구의 설치

- ① 주상 변압기 설치 : 행거 밴드를 사용하여 고정
- ② 변압기의 보호
 - 컷아웃 스위치(COS) : 변압기의 1차 측에 시설하여 변압기의 단락을 보호
 - 캐치홀더 : 변압기의 2차 측에 시설하여 변압기를 보호
- ③ 구분개폐기 : 전력계통의 사고 발생 시에 구분개폐를 위해 2km 이하마다 설치

6) 가선공사

- ① 합성 연선 : 두 종류 이상의 금속선을 꼬아 만든 전선으로 강심 알루미늄 연선(ACSR)
- ② 중공연선 : 초고압 송전 선로에서는 코로나의 발생을 방지하기 위하여 단면적은 증가시키지 않고 전선의 바깥지름만 필요한 만큼 크게 만든 전선
- ③ 저·고압 가공 전선의 최소 높이
 - ㉠ 도로를 횡단하는 경우 : 지표상 6[m] 이상
 - ㉡ 철도를 횡단하는 경우 : 레일면상 6.5[m] 이상
 - ㉢ 횡단보도교 위에 시설하는 경우
 - 저압 : 노면상 3[m] 이상(절연 전선, 케이블 사용 경우)
 - 고압 : 노면상 3.5[m] 이상
 - ㉣ 그 밖의 장소 : 지표상 5[m] 이상

1. 배전반공사

1) 폐쇄식 배전반(큐비클형)

점유면적이 좁고 운전, 보수에 안전하므로 공장, 빌딩 등에 많이 사용

2) 배전반 설치기기

① 차단기(CB)

구분	특징
유입차단기(OCB)	절연유를 이용
자기차단기(MBB)	자계를 주어 아크전압을 증대시켜, 냉각하여 소호작용
공기차단기(ABB)	압축공기를 이용
진공차단기(VCB)	진공도가 높은 상태에서 아크가 분산되는 원리를 이용
가스차단기(GCB)	불활성인 6불화유황(SF6) 가스를 사용
기중차단기(ACB)	자연공기 내에서 자연소호에 의한 소호방식

② 계기용 변성기(MOF, PCT)

• 계기용 변류기(CT)

- 전류를 측정하기 위한 변압기로 2차 전류는 5[A]가 표준이다.
- 2차 측이 개방되면, 매우 높은 기전력이 유기되므로 2차 측을 절대로 개방해서는 안 된다.

• 계기용 변압기(PT)

- 전압을 측정하기 위한 변압기로 2차측 정격전압은 110[V]가 표준이다.
- 변성기 용량은 2차 회로의 부하를 말하며 2차 부담이라고 한다.

2. 분전반공사

1) 배선기구 시설

① 점멸용 스위치는 전압 측 전선에 시설

② 리셉터클에 전압 측 전선은 중심 접촉면에, 접지 측 전선을 속 베이스에 연결

③ 상별 전선 색표시

- R상(A상) : 흑색
- S상(B상) : 적색
- T상(C상) : 청색
- N상(중성선) : 흰색 또는 회색
- G상(접지선) : 녹색

3. 보호계전기

1) 보호계전기의 종류 및 기능

명칭	기능
과전류계전기(O.C.R)	일정값 이상의 전류가 흘렀을 때 동작
과전압계전기(O.V.R)	일정값 이상의 전압이 걸렸을 때 동작
부족 전압계전기(U.V.R)	전압이 일정값 이하로 떨어졌을 때 동작
비율차동계전기	고장에 의하여 생긴 불평형의 전류차가 기준치 이상으로 되었을 때 동작
선택계전기	2회선 중에 고장이 발생하는가를 선택하는 계전기
방향계전기	고장점의 방향을 아는 데 사용하는 계전기
거리계전기	고장점까지의 전기적 거리에 비례하여 한시로 동작하는 계전기
지락 과전류계전기	지락보호용으로 과전류 계전기의 동작전류를 작게 한 계전기
지락 방향계전기	지락 과전류 계전기에 방향성을 준 계전기
지락 회선선택계전기	지락보호용으로 선택 계전기의 동작전류를 작게 한 계전기

2) 동작시간에 의한 분류

명칭	기능
순한시 계전기	동작시간이 0.3초 이내인 계전기
정한시 계전기	일정 시간으로 동작하는 계전기
반한시 계전기	동작 시간이 동작 전류의 값이 커질수록 짧아지는 계전기
반한시－정한시 계전기	어느 한도까지는 반한시성이고, 그 이상에서는 정한시성의 특성

1. 특수장소의 배선

구분		금속관	케이블	합성수지관	금속제 가요전선관	덕트	애자	비고
먼지	폭발성	○	○	×	×	×	×	콘센트 및 플러그를 사용금지 기구는 5터 이상의 나사 조임접속
	가연성	○	○	○	×	×	×	
	불연성	○	○	○	○	○	○	합성수지관(두께 2mm 이상)
가연성 가스		○	○	×	×	×	×	
위험물		○	○	○	×	×	×	합성수지관(두께 2mm 이상)
화약류		○	○	×	×	×	×	300V 미만 조명배선만 가능
부식성 가스		○	○	○	○ (2종만)	×	○	
습기 있는 장소		○	○	○	○ (2종만)	×	×	
홍행장		○	○	○	×	×	×	400V 미만 합성수지 전선관(두께 2mm 이상) 전용개폐기 및 과전류차단기를 설치
광산, 터널, 갱도		○	○	○	○	×	○	

2. 조명배선

1) 조명기구의 배광에 의한 분류

조명방식	직접조명	반직접조명	전반확산조명	반간접조명	간접조명
상향광속[%]	0~10	10~40	40~60	60~90	90~100
하향광속[%]	100~90	90~60	60~40	40~10	10~0

2) 조명기구의 배치

① 광원 상호 간 간격 : $S \leq 1.5H$

② 벽과 광원 사이의 간격

벽측 사용 안 할 때 : $S_0 \leq \frac{H}{2}$, 벽측 사용할 때 : $S_0 \leq \frac{H}{3}$