

第三種電気主任技術者

試験対策公式集

BN0008-00 / 2025 年 11 月 29 日 / こがねさん (著)

<https://www.kumikomist.com/>

目次

1	基礎数学	1
2	理論	4
2.1	単位	4
2.2	電磁気	4
2.3	電気回路	6
2.4	電気計測	9
3	電力	11
3.1	水力発電	11
3.2	火力発電	12
3.3	原子力発電	12
3.4	変電所	12
3.5	送配電一般	12
3.6	電気的特性	13
3.7	機械的特性	13
4	機械	14
4.1	直流機	14
4.2	同期機	14
4.3	変圧器	14
4.4	誘導機	14
4.5	照明	14
4.6	電熱	15
4.7	電動機応用	15
5	法規	16
5.1	電気法規一般	16
5.2	電気設備技術基準・解釈	17
5.3	電気施設管理	20

1 基礎数学

展開公式

$$(a+b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$$

$$(a-b)^2 = a^2 - 2ab + b^2$$

$$(a+b)(a-b) = a^2 - b^2$$

平方根の計算

$$(\sqrt{a})^2 = \sqrt{a^2} = a$$

$$\sqrt{ab} = \sqrt{a} \cdot \sqrt{b}$$

$$\sqrt{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt{a}}{\sqrt{b}}$$

n 乗根の計算

$a > 0, b > 0$ のとき

$$(\sqrt[n]{a})^n = \sqrt[n]{a^n} = a$$

$$\sqrt[n]{a} \sqrt[n]{b} = \sqrt[n]{ab}$$

$$\frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}} = \sqrt[n]{\frac{a}{b}}$$

$$\sqrt[m]{\sqrt[n]{a^m}} = \sqrt[n]{a}$$

$$\sqrt[m]{\sqrt[n]{a}} = \sqrt[mn]{a}$$

指数法則

$$a^0 = 1$$

$$a^{-n} = \frac{1}{a^n}$$

$$\sqrt[n]{a} = a^{1/n}$$

複素数の加減算

$$(a+jb) + (c+jd) = (a+c) + j(b+d)$$

$$(a+jb) - (c+jd) = (a-c) + j(b-d)$$

複素数の乗算

$$\begin{aligned}(a+jb)(c+jd) &= ac + jad + jbc + j^2bd \\ &= (ac - bd) + j(ad + bc)\end{aligned}$$

複素数の除算

$$\begin{aligned}\frac{a+jb}{c+jd} &= \frac{(a+jb)(c-jd)}{(c+jd)(c-jd)} \\ &= \frac{ac - jad + jbc - j^2bd}{c^2 + d^2} \\ &= \left(\frac{ac + bd}{c^2 + d^2} \right) + j \left(\frac{bc - ad}{c^2 + d^2} \right)\end{aligned}$$

対数

$$y = \log_a x \iff x = a^y$$

対数の公式

$$\log_a 1 = 0$$

$$\log_a a = 1$$

$$\log_a xy = \log_a x + \log_a y$$

$$\log_a \frac{x}{y} = \log_a x - \log_a y$$

$$\log_a x^n = n \log_a x$$

三角比の公式	$\tan \theta = \frac{\sin \theta}{\cos \theta}$ $\sin^2 \theta + \cos^2 \theta = 1$
加法定理	$\cos(A \pm B) = \cos A \cos B \mp \sin A \sin B$ $\sin(A \pm B) = \sin A \cos B \pm \cos A \sin B$
三角関数その他	$\sin(-\theta) = -\sin \theta$ $\cos(-\theta) = \cos \theta$ $\tan(-\theta) = -\tan \theta$ $\sin(\pi - \theta) = \sin \theta$ $\cos(\pi - \theta) = -\cos \theta$ $\tan(\pi - \theta) = -\tan \theta$ $\sin(\pi + \theta) = -\sin \theta$ $\cos(\pi + \theta) = -\cos \theta$ $\tan(\pi + \theta) = \tan \theta$
正弦定理	$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C} = 2R \quad (R \text{は外接円の半径})$
余弦定理	$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos A$
複素数 1	$\dot{Z} = a + jb \quad \text{とすると}$
(ベクトルの大きさ)	$ \dot{Z} = a + jb = \sqrt{a^2 + b^2}$
(ベクトルの偏角)	$\theta = \tan^{-1} \frac{b}{a}$
複素数 2	$\dot{Z}_1 = a + jb \quad , \quad \dot{Z}_2 = c + jd \quad \text{とすると}$
(積の絶対値)	$ \dot{Z} = \dot{Z}_1 \cdot \dot{Z}_2 = \dot{Z}_1 \cdot \dot{Z}_2 $
(積の偏角)	$(a + jb)(c + jd) = (ac - bd) + j(ad + bc) \quad \text{より} \quad \theta = \tan^{-1} \frac{ad + bc}{ac - bd}$
(商の絶対値)	$ \dot{Z} = \left \frac{\dot{Z}_1}{\dot{Z}_2} \right = \frac{ \dot{Z}_1 }{ \dot{Z}_2 }$
(商の偏角)	$\frac{a + jb}{c + jd} = \left(\frac{ac + bd}{c^2 + d^2} \right) + j \left(\frac{bc - ad}{c^2 + d^2} \right) \quad \text{より} \quad \theta = \tan^{-1} \frac{\frac{bc - ad}{c^2 + d^2}}{\frac{ac + bd}{c^2 + d^2}} = \tan^{-1} \frac{bc - ad}{ac + bd}$
ド・モアブルの定理	$(\cos \theta + j \sin \theta)^n = \cos n\theta + j \sin n\theta$
オイラーの定理	$e^{\pm j\theta} = \cos \theta + j \sin \theta$
最小の定理	$ab = k \text{ (一定) であるとき、} a + b \text{ が最小になるのは } a = b \text{ のときである}$
最大の定理	$a + b = k \text{ (一定) であるとき、} ab \text{ が最大になるのは } a = b \text{ のときである}$

$$\left. \begin{array}{l} ax + by = A \\ cx + dy = B \end{array} \right\} \quad x = \frac{\begin{vmatrix} A & b \\ B & d \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a & b \\ c & d \end{vmatrix}} = \frac{Ad - Bb}{ad - bc} \quad y = \frac{\begin{vmatrix} a & A \\ c & B \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a & b \\ c & d \end{vmatrix}} = \frac{Ba - Ac}{ad - bc}$$

2 理論

2.1 単位

長さ	メートル	m	周波数	ヘルツ	Hz	s ⁻¹
質量	キログラム	kg	力	ニュートン	N	kg・m/s ²
時間	秒	s	エネルギー	ジュール	J	N・m
電流	アンペア	A	仕事率	ワット	W	J/s
熱力学温度	ケルビン	K	電気量	クーロン	C	A・s
物理量	モル	mol	電圧	ボルト	V	W/A
光度	カンデラ	cd	電気抵抗	オーム	Ω	V/A
			コンダクタンス	ジーメンズ	S	A/V
平面角	ラジアン	rad	磁束	ウェーバ	Wb	V・s
立体角	ステラジアン	sr	磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²
			インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A
			静電容量	ファラド	F	C/V

2.2 電磁気

電気力線の総数 $N = \frac{Q}{\varepsilon} = \frac{Q}{\varepsilon_0 \varepsilon_s}$ [本] Q : 点電荷 [C]、 ε : 誘電率 [F/m]
 $\varepsilon_0 = 8.855 \times 10^{-12}$ [F/m]

電界の強さ $E = \frac{N}{4\pi r^2} = \frac{Q/\varepsilon_0 \varepsilon_s}{4\pi r^2} = 9 \times 10^9 \frac{Q}{\varepsilon_s r^2}$ [V/m]

電位 $V = \frac{Q}{4\pi \varepsilon_0 \varepsilon_s r} = 9 \times 10^9 \frac{Q}{\varepsilon_s r}$ [V]

電位差 $V_{12} = V_1 - V_2 = \frac{Q}{4\pi \varepsilon_0 \varepsilon_s} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$ [V]

クーロン力 $F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi \varepsilon_0 \varepsilon_s r^2}$ [N]

静電容量 $C = \frac{Q}{V}$ [F]
 (導体球) $C = 4\pi \varepsilon_0 R$ [F] R : 半径
 (同心球導体間) $C = \frac{4\pi \varepsilon_0 ab}{b-a}$ [F] a : 内球半径、 b : 外球半径
 (平板電極) $C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_s S}{d}$ [F] d : 電極間隔 [m]、 S : 電極面積 [m²]

コンデンサーの並列接続 $Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n \Rightarrow C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$

コンデンサーの直列接続 $V = V_1 + V_2 + \dots + V_n \Rightarrow C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}}$

静電エネルギー	$W = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{Q^2}{2C} = \frac{QV}{2} \text{ [J]}$
磁界の強さ	$H = \frac{m}{4\pi\mu_0\mu_s r^2} = 6.33 \times 10^4 \frac{m}{\mu_s r^2} \text{ [A/m]}$ $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ [H/m]}$
周回積分の法則	$NI = Hl \text{ [A]}$ $N : \text{コイルの巻数、 } I : \text{電流 [A]、 } H : \text{磁界の強さ [A/m]、 } l : \text{周回路長 [m]}$
直線電流の周辺磁界	$H = \frac{I}{2\pi r} \text{ [A/m]}$
円形コイル中心磁界	$H = \frac{NI}{2r} \text{ [A/m]}$
磁束密度	$B = \mu H \text{ [T]}$
平行導体間の電磁力	$F = IBl \sin \theta = I_2 \left(\frac{\mu I_1}{2\pi d} \right) = \frac{2I_1 I_2 \mu_s}{d} \times 10^{-7} \text{ [N/m]}$ $I, I_1, I_2 : \text{電流 [A]、 } B : \text{磁束密度 [T]、 } l : \text{導体の長さ [m]、 } \theta : \text{磁束と導体のなす角}$
フレミングの左手の法則	中指：電流、 人指し指：磁束密度、 親指：電磁力
電磁力	$f = BLI \sin \theta \text{ [N]}$
フレミングの右手の法則	中指：起電力、 人差し指：磁束密度、 親指：導体の運動方向
誘導起電力	$e = Blv \cos \theta \text{ [V]}$
ファラデーの電磁誘導の法則	$e = N \frac{\phi_2 - \phi_1}{t_2 - t_1} = N \frac{\Delta \phi}{\Delta t} \text{ [V]}$
磁気回路のオームの法則	$\text{磁束 } \phi \text{ [Wb]} = \frac{\text{起磁力 } NI \text{ [A]}}{\text{磁気抵抗 } R_m \text{ [A/Wb]}}$
自己誘導起電力	$e = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \text{ [V]} \quad L : \text{自己インダクタンス [H]}$
自己インダクタンス	$L = \frac{N\phi}{I} = \frac{N(NI/R_m)}{I} = \frac{N^2}{R_m} = \frac{N^2}{l/\mu S} = \frac{\mu S N^2}{l} \text{ [H]}$
電磁エネルギー	$W = \frac{1}{2}LI^2 \text{ [J]}$
相互インダクタンス	$M = N_2 \frac{\phi_{21}}{I_1} = N_1 \frac{\phi_{12}}{I_2} \text{ [H]}$ $M = k\sqrt{L_1 L_2} \quad k : \text{結合係数}$
合成インダクタンス	$L_0 = L_1 + L_2 \pm 2M \text{ [H]}$

電界の強さ $E = \frac{V}{d}$ [V/m] d : 平行板電極間の距離 [m]
 $F = eE$ [N] F : 電界中に電子を置いた時にかかる力 [N]

電子の運動エネルギー $W = eV = \frac{1}{2}mv^2$ [J]

磁界中の電子に働く力 $F_1 = Bev$ [N] $F_2 = \frac{mv^2}{r}$ [N] F_2 : 遠心力
 $F_1 = F_2 \Rightarrow r = \frac{mv}{eB}$ [m]

2.3 電気回路

電気抵抗 $R = \rho \frac{l}{S}$ [Ω] ρ : 抵抗率 [$\Omega \cdot \text{m}$]

導電率 $\sigma = \frac{1}{\rho}$ [S/m]

導体の質量 $W = \alpha Sl$ [kg] α : 導体の比重 [kg/m^3]

抵抗の温度変化 0 $R_t = R_0(1 + \alpha_0 t)$ [Ω]

抵抗の温度変化 $R_2 = R_1 \{1 + \alpha_1(t_2 - t_1)\}$ [Ω]
 $R_1 : t_1$ [$^{\circ}\text{C}$]の時の抵抗 [Ω]、 $\alpha_1 : t_1$ [$^{\circ}\text{C}$]の時の温度係数

温度係数 $\alpha_1 = \frac{\alpha_0}{1 + \alpha_0 t_1}$ [$1/^{\circ}\text{C}$] $\alpha_0 : 0$ [$^{\circ}\text{C}$]の時の温度係数

合成抵抗 (直列) $R = R_1 + R_2$ [Ω]

合成抵抗 (並列) $R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ [Ω]

オームの法則 $I = \frac{V}{R}$ [A]

電力 $P = RI^2$ [W]

電力量 $W = Pt$ [W $\cdot$ s = J]

ジュールの法則 $H = RI^2 t$ [J] = $0.24RI^2 t$ [cal]

キルヒホッフ第一 回路中の任意の接続点に流入する電流の代数和はゼロである

キルヒホッフ第二 回路網中の任意の閉回路において、電圧効果の代数和は、起電力の代数和に等しい

重ね合わせの理

回路に複数の起電力が加わる場合、ある岐路に流れる電流は、
各起電力が個別に加わったときの電流に等しい

テブナンの定理

$$I = \frac{E_0}{R_0 + R_1} \text{ [A]}$$

R_1 : 2点間の抵抗、 I : R_1 に流れる電流、 E_0 : R_1 を接続する前の2点間の電位差

帆足・ミルマンの定理

$$V_0 = \frac{\frac{E_1}{R_1} + \frac{E_2}{R_2} + \frac{E_3}{R_3} + \cdots + \frac{E_n}{R_n}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_n}} \text{ [V]}$$

交流の実効値

実効値 = $\sqrt{\text{瞬時値の2乗の平均}}$

$$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} \text{ [V]} \quad E_m : \text{正弦波交流電圧の最大値}$$

交流の平均値

平均値 = 瞬時値の半周期の平均

$$E_a = \frac{2E_m}{\pi} \text{ [V]}$$

波形率

$$\text{波形率} = \frac{\text{実効値}}{\text{平均値}}$$

$$\text{正弦波の波形率} = \frac{E}{E_a} = \frac{E_m/\sqrt{2}}{2E_m/\pi} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} \simeq 1.11$$

波高率

$$\text{波高率} = \frac{\text{最大値}}{\text{実効値}}$$

$$\text{正弦波の波高率} = \frac{E_m}{E_m/\sqrt{2}} = \sqrt{2} \simeq 1.41$$

正弦波交流の瞬時値

$$e = E_m \sin \theta = E_m \sin \omega t = E_m \sin 2\pi ft \text{ [V]}$$

正弦波交流の合成

$$e = e_1 + e_2 = \sqrt{2}E \sin(\omega t + \theta) \text{ [V]}$$

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cos(\theta_1 - \theta_2)} \text{ [V]}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{E_1 \sin \theta_1 + E_2 \sin \theta_2}{E_1 \cos \theta_1 + E_2 \cos \theta_2} \text{ [rad]}$$

ひずみ波

$$\text{実効値} = \sqrt{\text{直流分}^2 + \sum \text{各調波の実効値}^2}$$

$$\text{ひずみ率} = \frac{\text{全高調波の実効値}}{\text{基本波の実効値}}$$

正弦波交流印加時の

インピーダンス

抵抗 $\dot{Z} = R$ (電圧・電流は同位相)

インダクタンス $\dot{Z} = j\omega L$ (電流は $\pi/2$ 遅れる)

静電容量 $\dot{Z} = \frac{1}{j\omega C}$ (電流は $\pi/2$ 進む)

RLC 直列回路

(インピーダンス)

$$\dot{Z} = R + j \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) [\Omega]$$

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2} [\Omega]$$

(位相角)

$$\begin{cases} \theta = \tan^{-1} \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} & \left(\text{誘導性の場合: } \omega L > \frac{1}{\omega C} \right) \\ \theta = -\tan^{-1} \frac{\frac{1}{\omega C} - \omega L}{R} & \left(\text{容量性の場合: } \frac{1}{\omega C} > \omega L \right) \end{cases}$$

(電圧)

$$\dot{V} = \dot{V}_R + \dot{V}_L + \dot{V}_C = \dot{Z} \dot{I} = \left\{ R + j \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \right\} \dot{I} [\text{V}]$$

(電流)

$$\dot{I} = \frac{\dot{V}}{\dot{Z}} = \frac{\dot{V}}{R + j \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)} [\text{A}]$$

$$I = \frac{V}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}} [\text{A}]$$

(力率)

$$\cos \theta = \frac{V_R}{V} = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}}$$

RLC 並列回路

(アドミタンス)

$$\dot{Y} = G \pm jB = \frac{1}{R} + \frac{1}{j\omega L} + j\omega C [\text{S}]$$

$$Y = \frac{1}{Z} = \sqrt{\left(\frac{1}{R} \right)^2 + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L} \right)^2} [\text{S}]$$

(位相角)

$$\theta = \tan^{-1} R \left(\omega C - \frac{1}{\omega L} \right) \quad (\text{容量性})$$

(電流)

$$\dot{I} = \dot{I}_R + \dot{I}_L + \dot{I}_C = \frac{\dot{E}}{R} + \frac{\dot{E}}{j\omega L} + j\omega C \dot{E} = \dot{Y} \dot{E} [\text{A}]$$

(電圧)

$$\dot{E} = \frac{\dot{I}}{\dot{Y}} = \frac{\dot{I}}{\frac{1}{R} + \frac{1}{j\omega L} + j\omega C} [\text{V}]$$

$$E = \frac{I}{\sqrt{\left(\frac{1}{R} \right)^2 + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L} \right)^2}} [\text{V}]$$

(力率)

$$\cos \theta = \frac{I_R}{I} = \frac{Z}{R}$$

共振状態

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

共振周波数

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} [\text{Hz}]$$

先鋭度 (直列)

$$Q = \frac{V_L}{V_R} = \frac{V_C}{V_R} = \frac{\omega LI}{RI} = \frac{\omega L}{R} = \frac{(1/\omega C)I}{RI} = \frac{1}{\omega CR}$$

$$\text{先鋭度 (並列)} \quad Q = \frac{I_L}{I_R} = \frac{I_C}{I_R} = \frac{E/\omega L}{E/R} = \frac{R}{\omega L} = \frac{\omega C E}{E/R} = \omega C R$$

$$\begin{aligned} \text{単層交流回路の電力} \quad & \dot{P} = \bar{\dot{V}} \dot{I} = \dot{V} \bar{\dot{I}} \\ \text{(有効電力)} \quad & P = RI^2 = VI \cos \theta \text{ [W]} \\ \text{(無効電力)} \quad & Q = XI^2 = VI \sin \theta \text{ [var]} \\ \text{(皮相電力)} \quad & S = ZI^2 = VI = \sqrt{P^2 + Q^2} \text{ [V} \cdot \text{A]} \\ \text{(力率)} \quad & \cos \theta = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{抵抗の Y} \rightarrow \Delta \text{変換} \quad & r_1 = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_3} \\ & r_2 = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1} \\ & r_3 = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{抵抗の } \Delta \rightarrow \text{Y 変換} \quad & R_1 = \frac{r_1 r_3}{r_1 + r_2 + r_3} \\ & R_2 = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2 + r_3} \\ & R_3 = \frac{r_2 r_3}{r_1 + r_2 + r_3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{三相交流回路 Y 結線} \quad & \\ \text{(電圧)} \quad & \text{線間電圧} = \sqrt{3} \text{相電圧} \quad \text{位相30度進み} \\ \text{(電流)} \quad & \text{線間電流} = \text{相電流} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{三相交流回路 } \Delta \text{ 結線} \quad & \\ \text{(電圧)} \quad & \text{線間電圧} = \text{相電圧} \\ \text{(電流)} \quad & \text{線間電流} = \sqrt{3} \text{相電流} \quad \text{位相30度遅れる} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{三相交流回路の電力} \quad & \\ \text{(Y 結線)} \quad & P = 3 \left(\frac{V}{\sqrt{3}} I \cos \theta \right) = \sqrt{3} V I \cos \theta = 3 R I^2 \text{ [W]} \\ & Q = 3 \left(\frac{V}{\sqrt{3}} I \sin \theta \right) = \sqrt{3} V I \sin \theta = 3 X I^2 \text{ [var]} \\ \text{(} \Delta \text{ 結線)} \quad & P = 3 \left(V \frac{I}{\sqrt{3}} \cos \theta \right) = \sqrt{3} V I \cos \theta = 3 R I_P^2 \text{ [W]} \\ & Q = 3 \left(V \frac{I}{\sqrt{3}} \sin \theta \right) = \sqrt{3} V I \sin \theta = 3 X I_P^2 \text{ [var]} \end{aligned}$$

2.4 電気計測

$$\text{倍率器の抵抗} \quad R_m = (n-1)R \quad n: \text{倍率、} R: \text{電圧計の内部抵抗 } [\Omega]$$

$$\text{分流器の抵抗} \quad R_s = \frac{R}{n-1} \quad n: \text{倍率、} R: \text{電流計の内部抵抗 } [\Omega]$$

$$\text{三電圧計法} \quad P = \frac{1}{2R}(V_3^2 - V_1^2 - V_2^2)$$

三電流計法 $P = \frac{R}{2}(I_3^2 - I_1^2 - I_2^2)$

3 電力

3.1 水力発電

ベルヌーイの定理 $h + \frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\rho g} = \text{一定}$
 h : 位置 [m]、 v : 流速 [m/s]、 p : 水圧 [Pa]、 ρ : 水の密度 [kg/m³]

水の噴出速度 $v = k\sqrt{2gh}$ [m/s] k : ノズル係数

河川流量 $Q_a = \frac{(a/1000) \times A \times (10^3)^2}{365 \times 24 \times 60 \times 60} \cdot \alpha$
 a : 年間降水量 [mm]、 α : 流出係数、 A : 流域面積 [km²]

力発電所の出力
(理論出力) $P = 9.8QH$ [kW] Q : 使用水量 [m³/s]
 H : 有効落差 [m] = $H_0 - h$ = (総落差 - 損失落差)
(水車出力) $P_T = P\eta_T = 9.8QH\eta_T$ [kW] η_T : 水車効率 [pu]
(出力) $P_G = P_T\eta_G = 9.8QH\eta_T\eta_G = 9.8QH\eta_0$ [kW] η_G : 発電機効率 [pu]、 η_0 : 総合効率

揚水発電所
(揚水電力) $P_M = \frac{9.8QH_M}{\eta_P\eta_M}$ [kW] Q : 揚水量 [m³/s]
 H_M : 有効揚程 [m] = $H_0 + h$ = (総揚程 + 損失揚程)
 η_P : ポンプ効率 [pu]、 η_M : 電動機効率 [pu]
(出力) $P_G = 9.8QH\eta_T\eta_G$ [kW]
(総合効率) $\eta_0 = \frac{P_G}{P_M} \times 100 = \left(\frac{H_0 - h}{H_0 + h} \right) \eta_P \cdot \eta_M \cdot \eta_T \cdot \eta_G \times 100$ [%]

水車出力の落差変化 水車出力 P_T は落差 H の3/2乗に比例する

水車の比速度 $N_S = N \times \frac{P_T^{1/2}}{H^{5/4}}$ [m · kW] N : 回転数 [1/s]
 P_T : ランナ1箇所当たり、 ノズル1箇所当たりの水車出力 [kW]

回転数 $N = \frac{120f}{p}$ f : 周波数 [Hz]、 p : 磁極数 [極]

速度変動率 $\delta = \frac{N_m - N_N}{N_N} \times 100$ [%] N_N : 定格回転数、 N_m : 無負荷時の回転数

3.2 火力発電

火力発電所の熱効率

(ボイラ効率)
$$\eta_B = \frac{(\text{タービンに送り出された熱量})}{(\text{ボイラに供給された熱量})} = \frac{Z(i_s - i_w)}{B \cdot H} [\text{pu}]$$

i_s : 加熱器出口の蒸気エンタルピー [kJ/kg]

i_w : 節炭器入口の給水エンタルピー [kJ/kg]

Z : 蒸気発生量 [kg/h]、 B : 燃料消費量 [kg]、 H : 燃料発熱量 [kJ/kg]

(タービン室効率)
$$\eta_T = \frac{(\text{タービン出力})}{(\text{タービンに入った熱量})} = \frac{3600 \cdot P_t}{Z(i_s - i_w)} [\text{pu}] \quad P_t : \text{タービン出力 [kW]}$$

(熱消費率)
$$k_H = \frac{(\text{熱消費量})}{(\text{発電電力量})} = \frac{3600}{(\text{発電端熱効率})} = \frac{B \cdot H}{W_G} = \frac{3600}{\eta_P} [\text{kJ/kWh}]$$

W_G : 発生電力量 [kWh]、 η_P : 発電端熱効率 [pu]

(燃料消費率)
$$k_F = \frac{(\text{燃料消費量})}{(\text{発電電力量})} = \frac{B}{W_G} = \frac{k_H}{H} = \frac{3600 W_G}{\eta_P \cdot H} [\text{kg/kWh}]$$

(発電端熱効率)
$$\eta_P = \frac{3600 \cdot (\text{発電電力量})}{(\text{ボイラに供給された熱量})} = \frac{3600 W_G}{B \cdot H} = \eta_B \cdot \eta_T \cdot \eta_G [\text{pu}] \quad \eta_G : \text{発電機効率 [pu]}$$

(所内比率)
$$L = \frac{(\text{所内消費電力量})}{(\text{発生電力量})} = \frac{w}{W_G} [\text{pu}] \quad w : \text{所内消費電力量 [kWh]}$$

(送電端熱効率)
$$\eta'_P = \frac{3600 W'_G}{B \cdot H} = \frac{3600 (W_G - w)}{B \cdot H} = \frac{3600 W_G}{B \cdot H} \left(1 - \frac{w}{W_G}\right) = \eta_P (1 - L) [\text{pu}]$$

W'_G : 送電端電力量 [kWh]

コンバインドサイクル

発電の効率
$$\eta = \eta_{GT} + (1 - \eta_{GT})\eta_{ST} \quad \eta_{GT} : \text{ガスタービンの効率、} \quad \eta_{ST} : \text{蒸気タービンの効率}$$

3.3 原子力発電

核分裂エネルギー
$$E = mc^2 [\text{J}]$$

m : 質量欠損 [kg]、 c : 光の速度 3×10^8 [m/s]、 $1 [\text{kW} \cdot \text{h}] = 3600 [\text{kJ}]$

3.4 変電所

短絡電流
$$I_S = I_N \times \frac{100}{\%Z} [\text{A}] \quad I_N : \text{定格電流 [A]}$$

力率改善用コンデンサー容量
$$Q_C = P (\tan \theta_1 - \tan \theta_2) = P \left(\frac{\sqrt{1 - \cos^2 \theta_1}}{\cos \theta_1} - \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \theta_2}}{\cos \theta_2} \right) [\text{kVA}]$$

3.5 送配電一般

公称電圧と最高電圧
$$\text{最高電圧} = \text{公称電圧} \times \frac{1.15}{1.1}$$

三相 3 線式電路の

送電電力と送電電圧 $P = \sqrt{3}VI \cos \theta$

$$p_0 = \frac{3I^2 R}{P} = \frac{3I^2 R}{\sqrt{3}VI \cos \theta} = \frac{\sqrt{3}IR}{V \cos \theta}$$

$$R = \frac{p_0 V \cos \theta}{\sqrt{3}I} = \frac{p_0 V^2 \cos^2 \theta}{\sqrt{3}VI \cos \theta} = \frac{p_0 V^2 \cos^2 \theta}{P}$$

$$A = \rho \frac{l}{R} = \frac{\rho l P}{p_0 V^2 \cos^2 \theta}$$

$$W = 3lA\sigma = \frac{3\sigma \rho l^2 P}{p_0 V^2 \cos^2 \theta}$$

$$P = \frac{W p_0 V^2 \cos^2 \theta}{3\rho \sigma l^2} = \frac{(3lA\sigma)p_0 V^2 \cos^2 \theta}{3\rho \sigma l^2} = \frac{p_0 A V^2 \cos^2 \theta}{\rho l}$$

V : 線間電圧、 I : 線路電流、 P : 送電電力、 p_0 : 送電損失率、 l : 送電距離

R : 電線1条の抵抗、 A : 電線の断面積、 ρ : 低効率、 σ : 電線の比重、 W : 所要電線重量

3.6 電气的特性

充電電流 $I_c = 2\pi f C \frac{V}{\sqrt{3}}$ [A]

V : 線間電圧 [V]、 f : 周波数 [Hz]、 C : 作用静電容量 [F]

充電容量 $Q_c = \sqrt{3}VI_c$ [var]

3.7 機械的特性

電線のたるみ $D = \frac{WS^2}{8T}$ [m]

W : 単位長当たりの合成加重 [N/m]、 S : 径間 [m]、 T : 最低点における電線への水平張力 [N]

電線の実長 $L = S + \frac{8D^2}{3S}$ [m]

4 機械

4.1 直流機

誘導起電力 $E = \frac{Z}{a}e = \frac{Z}{a}p\phi n$
 Z : 電機子総導体数、 a : 並列分路数、 e : 1本の電機子巻線に誘導する起電力
 p : 磁極数、 ϕ : 1極当たりの磁束 [Wb]

出力とトルクの関係 $P = \omega T$ [W] ω : 角速度 $= 2\pi n$ 、 n : 回転数 [1/s]、 T : トルク [N・m]

効率

(実効効率) 実効効率 $= \frac{\text{実効出力}}{\text{実効入力}} \times 100$ [%]

(電動機の規約効率) $\frac{\text{入力} - \text{損失}}{\text{入力}} \times 100$ [%]

(発電機の規約効率) $\frac{\text{出力}}{\text{出力} + \text{損失}} \times 100$ [%]

4.2 同期機

回転数 $N = \frac{120f}{p}$ [1/min]

誘導起電力の実効値 $E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} N = \frac{2\pi f \phi}{\sqrt{2}} N = 4.44fN\phi$ [V] N : 巻数

電圧変動率 $\varepsilon = \frac{V_0 - V_n}{V_n} \times 100$ [%]

4.3 変圧器

巻き数比 $a = \frac{E_1}{E_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}$

4.4 誘導機

すべり $s = \frac{N_s - N}{N_s}$ [pu] N_s : 同期速度 [1/min]、 N : 回転子の回転速度 [1/min]

4.5 照明

可視光の波長 380~760 [nm]

ステファン・ボルツマンの法則 $W = \sigma T^4$ [W/m²] T : 絶対温度

ウィーンのもとの法則 $\lambda_m = k/T$ [nm] T : 絶対温度

光度 $I = \frac{F}{\omega}$ [cd] F : 光束 [lm]、 ω : 立体角 [sr]

輝度 $L = \frac{I}{A \cos \theta}$ [cd/m²] A : 面積 [m²]

4.6 電熱

熱量 $Q = cM(t_2 - t_1)$ [J] c : 比熱 [J/kg · K]、 M : 質量 [kg]

熱回路のオームの法則 $\theta = IR$ [K] θ : 温度差、 I : 熱流 [J/s = W]、 R : 熱抵抗 [K/W]

熱抵抗 $R = \frac{l}{\lambda A}$ [K/W] l : 長さ [m]、 λ : 熱伝導率 [W/m · K]

4.7 電動機応用

揚水ポンプ用電動機の出力 $P = k \frac{9.8QH}{\eta}$ [W] Q : 揚水量 [m³/s]、 H : 揚程 [m]、 η : ポンプ効率 [pu]

送風機用電動機の出力 $P = \frac{kQH}{60000\eta}$ [W] Q : 風量 [m³/min]、 H : 風圧 [Pa]、 η : 送風機効率 [pu]

巻上機用電動機の出力 $P = \frac{k9.8Wv}{\eta}$ [kW] W : 巻上荷重 [kg]、 v : 巻上速度 [m/s]、 η : 巻上機効率 [pu]

5 法規

5.1 電気法規一般

電気工事士法

一般需要家の屋内配線、その他の電気工作物の工事が適正に行われ電気工事の施工上の欠陥により発生する感電や火災を防止する

第二種電気工事士：一般用電気工作物

第一種電気工事士：最大電力 500kW 未満の自家用電気工作物、一般用電気工作物。ネオン工事、非常用予備発電装置はできない (特殊電気工事士)

電気用品安全法 電気用品の製造・販売等を規制するとともに、電気用品の安全性の確保につき民間事業者の自主的な活動を促進することにより、電気用品による危険および障害の発生を防止する

特定電気用品：111 品目、危険度の高い用品 (ひし形で PSE と書かれている)

特定以外の電気用品：343 品目 (丸形で PSE と書かれている)

電気工作物

発電、変電、送電、もしくは配電または電気の使用のために設置する機械、器具、ダム、水路、貯水池、電線路その他の工作物 (船舶、車輛または航空機に設置されるもの、その他の政令で定めるものは除く)

自家用電気工作物

600V 超過で受動するもの、または低圧受電 (600V 以下) で、

- (a) 小出力発電設備以外の発電設備を有するもの
- (b) 構外にわたる電線路を有するもの
- (c) 爆発性、引火性の物が存在する場所に設置されるもの

小出力発電設備

電圧 600V 以下の発電用の電気工作物で、

- (a) 太陽電池発電設備であって出力 20kW 未満のもの
- (b) 風力発電設備であって出力 20kW 未満のもの
- (c) 水力発電設備であって出力 10kW 未満のもの (ダムを伴うものを除く)
- (d) 内燃力を原動力とする火力発電設備であって出力 10kW 未満のもの
- (e) 燃料電池発電設備 (固体高分子型のものであって、最高使用圧力が 0.1MPa 未満のものに限る) であって出力 10kW 未満のもの

ただし、同一の構内に設置する他の小型出力発電設備と電氣的に接続され、それらの設備の出力の合計が 20kW 以上のものは除かれている

電気事故報告

電圧 3,000V 以上の電気工作物の損壊等により、一般電気業者に供給支障を発生させた場合、所轄産業保安監督部長に報告しなければならない。

速報：48 時間以内、 詳細：30 日以内

5.2 電気設備技術基準・解釈

電圧の区分

低圧：交流の場合は 600V 以下、直流の場合は 750V 以下

高圧：低圧を超え 7,000V 以下

特別高圧：7,000V を超えるもの

標準電圧

100V：101V±6V 以内

200V：202V±20V 以内

最大使用電圧

公称電圧が 1,000V 以下の電路は、その電路の公称電圧の 1.15 倍

公称電圧が 1,000V を超え 500kV 未満の電路は、その電路の公称電圧の (1.15/1.1) 倍

低圧配線の絶縁

300V 以下で対地電圧が 150V 以下の場合は 0.1M Ω以上

300V 以下で上記以外の場合は 0.2M Ω以上

300V を超える場合は 0.4M Ω以上

低圧電線路の絶縁

最大供給電流の 1/2,000 を超えないように保たなければならない

高圧及び特別高圧電路の絶縁

最大使用電圧が 7,000V 以下の電路の場合は最大使用電圧の 1.5 倍

最大使用電圧が 7,000V を超え 15,000V 以下の中性点設置電路の場合は最大使用電圧の 0.92 倍

最大使用電圧が 7,000V を超え 60,000V 以下の電路の場合は最大使用電圧の 1.25 倍 (10,500V 未満の場合は 10,500V)

上記電圧を電路-大地間に 10 分間連続して印加試験したとき、これに耐えなければならない

ただし、電線にケーブルを使用する場合、上記の各試験電圧の 2 倍の直流電圧を加えることとしてもよい

接地工事の接地抵抗値

A 種接地工事：10 Ω以下

B 種接地工事：150/1 線地絡電流 A、1～2 秒の間に遮断する装置を設けている場合は 300/1 線地絡電流 A、1 秒以内に遮断する装置を設けている場合は 600/1 線地絡電流 A

C 種接地工事：10 Ω以下、0.5 秒以内に電路を自動遮断する場合は 500 Ω以下

D 種接地工事：100 Ω以下、0.5 秒以内に電路を自動遮断する場合は 500 Ω以下

接地線の太さ

A 種接地工事：引張り強さ 1.04kN 以上の金属線、または直径 2.6mm 以上の軟銅線

B 種接地工事：引張り強さ 2.46kN 以上の金属線、または直径 4mm 以上の軟銅線

C 種接地工事：引張り強さ 0.39kN 以上の金属線、または直径 1.6mm 以上の軟銅線

D 種接地工事：引張り強さ 0.39kN 以上の金属線、または直径 1.6mm 以上の軟銅線

過電流遮断器

電路に過電流を生じたときに自動的に電路を遮断する装置
(ヒューズ、配線用遮断器)

低圧ヒューズ

定格電流の 1.1 倍の電流に耐えること

定格電流の区分に応じ、定格電流の 1.6 倍及び 2 倍の電流を通じた場合に規定時間内に溶断すること (例：30A 以下では 60 分と 2 分、600A を超えるものでは 240 分と 20 分)

配線用遮断器

定格電流の 1 倍の電流時で動作しないこと

定格電流の区分に応じ、定格電流の 1.25 倍及び 2 倍の電流を通じた場合に規定時間内に自動的に動作すること (例：30A 以下では 60 分と 2 分、50A を超え 100A 以下では 120 分と 6 分)

高圧ヒューズ

包装ヒューズは定格電流の 1.3 倍の電流に耐え、かつ、2 倍の電流で 120 分以内に溶断するもの

非包装ヒューズは定格電流の 1.25 倍の電流に耐え、かつ、2 倍の電流で 2 分以内に溶断するもの

地絡遮断装置

電路に地気を生じたときに自動的に電路を遮断する装置

低圧電路

金属製外箱を有する使用電圧 60V を超える低圧の機械器具であって、人が容易に触れるおそれがある場所に施設するものに電気を供給する電路

特別高圧又は高圧電路と変圧器により結合される 300V を超える低圧電路

高圧及び特別高圧電路

発電所又は変電所若しくはこれに準ずる場所の引出口

他のものから供給を受ける受電点

配電用変圧器 (単巻変圧器を除く) の負荷側

発電所

発電機、原動機、燃料電池、太陽電池その他の機械器具 (電気事業法に規定する小出力発電設備、非常用予備電源を得る目的で施設するもの及び電気用品安全法の適用を受ける携帯用発電機を除く) を施設して電気を発生させる所

変電所

構外から伝送される電気を構内に施設した変圧器、回転変流機、整流器その他の電気機械器具により変成する所であって、変成した電気をさらに構外に伝送するものをいう

電線路

発電所、変電所、開閉所及びこれらに順ずる場所並びに電気使用場所相互間の電線並びにこれを支持し、又は保蔵する工作物

支持物

木柱、鉄柱、鉄筋コンクリート柱及び鉄塔並びにこれらに類する工作物であって、電線又は弱電流電線若しくは光ファイバーケーブルを支持することを目的とするもの

風圧荷重

甲種風圧荷重：高温季において風速 40m/s の風があるものと仮定した場合に生ずる荷重

乙種風圧荷重：氷雪の多い地方における低温季において、架渉線に氷雪が附着した状態で、甲種風圧荷重の 1/2 の風圧を受けるものと仮定した場合に生ずる荷重

丙種風圧荷重：氷雪の多くない地方における低温季人家が多く連なっている場所等において、甲種の場合の 1/2 の風圧を受けるものと仮定した場合に生ずる荷重

計算： $P=980 \times$ 単位長電線路の面積 乙種では氷雪が附着し、電線路の径に 12mm 加算して計算する

ただし、冬季最大風圧を生ずる地方では甲種と乙種の大きい方を採用する

支線の工事方法

支線の安全率は 2.5 以上であること（一部例外で 1.5 以上の場合あり）

許容引張荷重の最低は 4.31kN とする

素線 3 条以上をより合わせたものであること

素線に直径 2mm 以上及び引張強さが 0.69kN/mm^2 以上の金属線を用いること

地中の部分及び地上 30cm までの部分には、耐食性のあるもの又は亜鉛めっきを施した鉄棒を使用すること

電線の種類と太さ

低圧架空電線は絶縁電線、多心型電線又はケーブルを、高圧架空電線には高圧絶縁電線、特別高圧絶縁電線またはケーブルを使用しなければならない

使用電圧が 300V 以下の低圧架空電線は、引張り強さ 3.41kN 以上の強さのもの又は直径 3.2mm(絶縁電線の場合 2.6mm) 以上の硬銅線であること

使用電圧が 300V を超える低圧架空電線又は高圧架空電線は、市街地の場合引張り強さ 8.01kN 以上の強さのもの又は直径 5mm 以上の硬銅線、市街地以外の場合引張り強さ 5.26kN 以上の強さのもの又は直径 4mm 以上の硬銅線であること

電線の安全率

使用電圧が 300V を超える又は多心型電線を使用する低圧架空電線及び高圧架空電線を使用する場合、硬銅線又は耐熱銅合金線では安全率 2.2 以上、その他の電線では 2.5 以上とする

高圧又は低圧架空電線の高さ

道路横断の場合地表上 6.0m 以上

鉄道又は軌道横断の場合レール面上 5.5m 以上

横断歩道橋の上の場合路面上、高圧 3.5m 以上、低圧 3.0m 以上

上記以外の場合の場合 5.0m 以上（低圧架空電線の道路以外は 4m 以上）

直接埋設式の埋設深さ

重圧を受ける場合 1.2m 以上

重圧を受けない場合 0.6m 以上

5.3 電気施設管理

$$\text{需要率 } D_f = \frac{\text{最大需要電力 [kW]}}{\text{需要設備の定格容量の合計 [kW]}} \times 100 [\%]$$

$$\text{不等率 } D_{if} = \frac{\text{負荷各個の最大需要電力の和 [kW]}}{\text{各負荷を総合した最大電力 [kW]}} \geq 1$$

$$\text{負荷率 } L \cdot F = \frac{\text{ある期間中の負荷の平均電力 [kW]}}{\text{ある期間中の負荷の最大電力 [kW]}} \times 100 [\%]$$