1・2アマ無線工学　重要公式集

電 気 物 理

■ クーロンの法則 1・2アマ

$$F=\frac{Q_1Q_2}{4\pi\varepsilon_0r^2}=K\frac{Q_1Q_2}{r^2}=9\times10^9\times\frac{Q_1Q_2}{r^2}$$

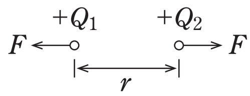
F：電荷に働く力の大きさ〔N：ニュートン〕

K：真空（≒空気）の比例定数

ε_0（イプシロン）：真空の誘電率〔F/m：ファラド毎メートル〕

Q_1、Q_2：点電荷の電気量〔C：クーロン〕

r：点電荷間の距離〔m〕



■ 磁気に関するクーロンの法則 1アマ

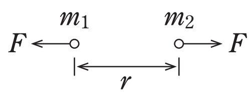
$$F=\frac{m_1m_2}{4\pi\mu_0r^2}$$

F：磁極に働く力の大きさ〔N〕

μ_0（ミュー）：真空の透磁率〔H/m：ヘンリー毎メートル〕

m_1、m_2：点磁極の強さ〔Wb：ウェーバ〕

r：点磁極間の距離〔m〕



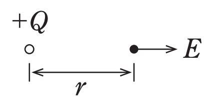
■ 電界の強さ E〔V/m〕 1アマ

$$E=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0r^2}=K\frac{Q}{r^2}=9\times10^9\times\frac{Q}{r^2}$$

Q：点電荷の電気量〔C〕

ε_0：真空の誘電率〔F/m〕

r：点電荷からの距離〔m〕

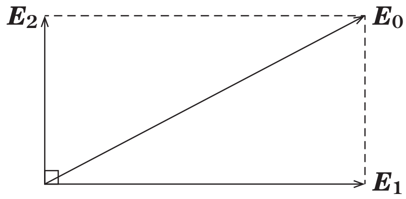


■ 二つの電荷による合成電界の強さ E_0〔V/m〕 1アマ

$$E_0 = \sqrt{E_1{}^2 + E_2{}^2}$$

E_1：Q_1 による電界の強さ〔V/m〕

E_2：Q_2 による電界の強さ〔V/m〕



$\boldsymbol{E_1}$と$\boldsymbol{E_2}$の電界の成す角が直角のときの合成電界のベクトル和

■ 均一な電界中の電荷に働く力の大きさ F〔N〕 1アマ

$$F = QE$$

F：電荷に働く力の大きさ〔N〕

Q：点電荷の電気量〔C〕

E：電界の強さ〔V/m〕

■ 均一な電界中の電位差 V〔V〕 1アマ

$$V = Er$$

E：電界の強さ〔V/m〕

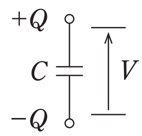
r：2 点間の距離〔m〕

■ コンデンサに蓄えられる電荷 Q〔C〕 1·2アマ

$$Q = CV$$

C：コンデンサの静電容量〔F：ファラド〕

V：コンデンサに加わる電圧〔V：ボルト〕



■ コンデンサの静電容量 C〔F〕 1·2アマ

$$C = \varepsilon \frac{S}{d}$$

$$\varepsilon = \varepsilon_r \varepsilon_0$$

C：コンデンサの静電容量〔F〕

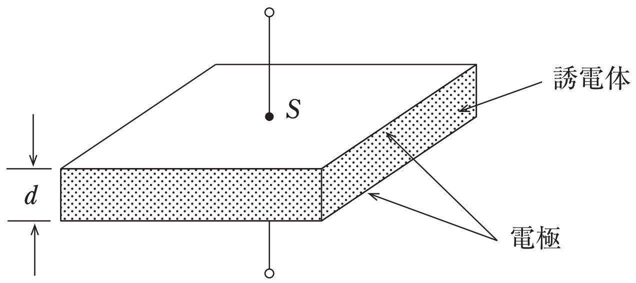
d：電極間の距離〔m〕

S：電極の面積〔m^2〕

ε：誘電体の誘電率〔F/m〕

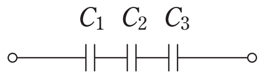
ε_r：誘電体の比誘電率

ε_0：真空の誘電率〔F/m〕



■ コンデンサの直列接続 1·2アマ

$$\frac{1}{C_S}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}$$

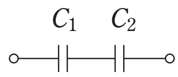


C_S：合成静電容量〔F〕

C_1、C_2、C_3：静電容量〔F〕

■ 二つのコンデンサの直列接続 1·2アマ

$$C_S=\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}$$

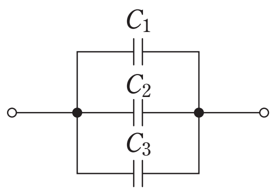


C_S：合成静電容量〔F〕

C_1、C_2：静電容量〔F〕

■ コンデンサの並列接続 1·2アマ

$$C_P=C_1+C_2+C_3$$

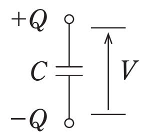


C_P：合成静電容量〔F〕

C_1、C_2、C_3：静電容量〔F〕

■ コンデンサに蓄えられるエネルギー W〔J：ジュール〕 1·2アマ

$$W=\frac{1}{2}QV=\frac{1}{2}CV^2=\frac{1}{2}\times\frac{Q^2}{C}$$



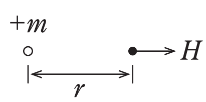
V：コンデンサに加わる電圧〔V〕

Q：コンデンサに蓄えられる電荷の電気量〔C〕

C：コンデンサの静電容量〔F〕

■ 磁界の強さ H〔A/m〕 1アマ

$$H=\frac{m}{4\pi\mu_0r^2}$$



μ_0：真空の透磁率〔H/m〕

m：点磁極の強さ〔Wb〕

r：点磁極からの距離〔m〕

■ 磁束密度B〔T：テスラ〕 1アマ

$$B=\frac{m}{4\pi r^2}=\mu_0 H$$

μ_0：真空の透磁率〔H/m〕

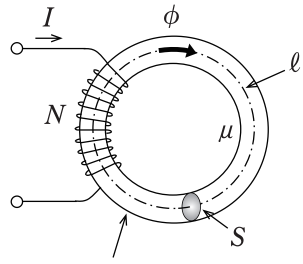
m：点磁極の強さ〔Wb〕

r：点磁極からの距離〔m〕

H：磁界の強さ〔A/m：アンペア毎メートル〕

■ 環状鉄心Mの内部に生ずる磁束ϕ（ファイ）〔Wb〕 1アマ

$$\phi=\frac{\mu NIS}{\ell}$$



N：コイルの巻数

I：コイルに流す直流電流〔A〕

ℓ：Mの平均磁路長〔m〕

S：Mの断面積〔m^2〕

μ：Mの透磁率〔H/m〕

■ 磁束ϕ〔Wb〕 1アマ

$$\phi=BS$$

B：磁束密度〔T〕

S：断面積〔m^2〕

■ アンペアの法則 1アマ

$$\ell H=NI$$

H：磁界の強さ〔A / m〕

ℓ：一定な磁界を1周する経路の長さ〔m〕

N：経路の内部の電流の数

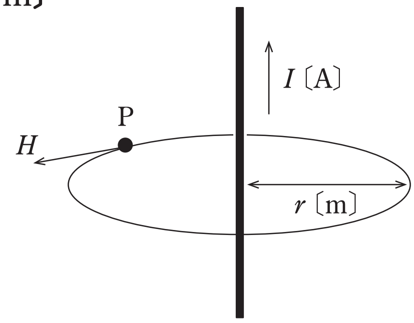
I：電流〔A〕

■ 無限長直線導体を流れる電流による磁界の強さ H〔A/m〕 2アマ

$$H=\frac{I}{2\pi r}$$

r：直線導体からの距離〔m〕

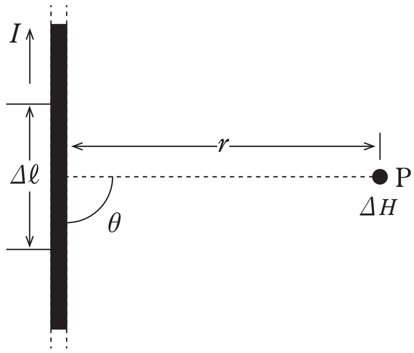
I：電流〔A〕



■ ビオ・サバールの法則 1アマ

導線の微小部分$\Delta\ell$〔m〕を流れる電流I〔A〕によって$\Delta\ell$と成す角がθで、r〔m〕の距離にある点に生じる磁界の強さΔH〔A / m〕は、

$$\Delta H=\frac{I\Delta\ell}{4\pi r^2}\sin\theta$$



$$\sin 90^\circ=1$$

$$\sin 60^\circ=\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\sin 45^\circ=\frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\sin 30^\circ=\frac{1}{2}$$

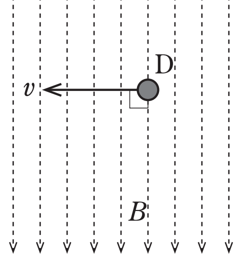
■ 電磁誘導起電力 e〔V〕 2アマ

$$e=B\ell v$$

B：磁束密度〔T〕

ℓ：直線導体D の長さ〔m〕

v：直角方向の速度〔m/s〕



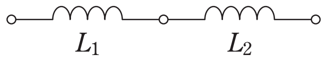
■ 二つのコイルの直列接続のときの合成インダクタンス L〔H〕 1·2アマ

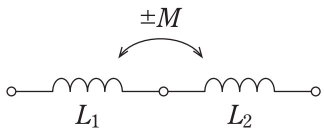
二つのコイル間に電磁結合のない場合

$$L = L_1 + L_2$$

L：コイルの合成インダクタンス〔H：ヘンリー〕

L_1、L_2：それぞれのコイルの自己インダクタンス〔H〕





二つのコイルの磁束が加わる場合（和動接続）

$$L = L_1 + L_2 + 2M$$

二つのコイルの磁束が打ち消し合う場合（差動接続）

$$L = L_1 + L_2 - 2M$$

L_1、L_2：それぞれのコイルの自己インダクタンス〔H〕

M：L_1、L_2 間の相互インダクタンス〔H〕

■ コイルの間の結合係数 k 1アマ

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$$

k：二つのコイル間の結合係数

L_1、L_2：それぞれのコイルの自己インダクタンス〔H〕

M：L_1、L_2 間の相互インダクタンス〔H〕

電気回路

■ 導体の抵抗 R〔Ω〕 1·2アマ

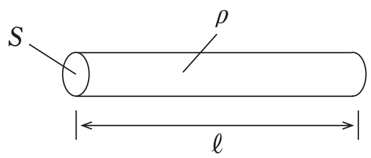
$$R = \rho \frac{\ell}{S}$$

R：導体の抵抗〔Ω：オーム〕

ℓ：導体の長さ〔m〕

S：導体の断面積〔m^2〕

ρ（ロー）：導体の抵抗率〔Ω・m〕



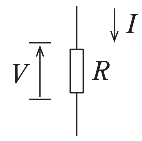
■ オームの法則 1·2アマ

$$I = \frac{V}{R}$$

I：電流〔A〕

V：電圧〔V〕

R：抵抗〔Ω〕

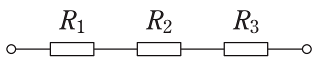


■ 抵抗の直列接続 1·2アマ

$$R_S = R_1 + R_2 + R_3$$

R_S：合成抵抗〔Ω〕

R_1、R_2、R_3：抵抗〔Ω〕

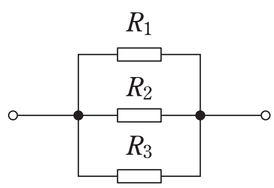


■ 抵抗の並列接続 1·2アマ

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

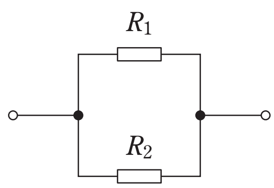
R_P：合成抵抗〔Ω〕

R_1、R_2、R_3：抵抗〔Ω〕



■ 二つの抵抗の並列接続 1·2アマ

$$R_P = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$



■ キルヒホッフの法則 1·2アマ

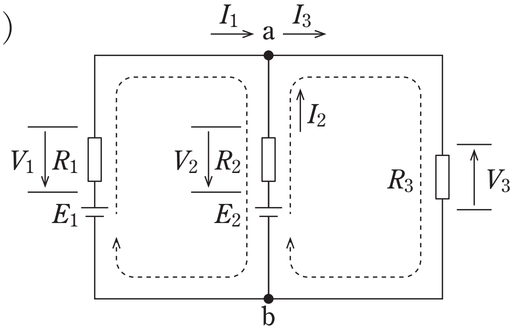
第1法則（流入電流の和と流出電流の和は等しい）

$$I_1 + I_2 = I_3$$

第2法則（電圧降下の和は起電力の和に等しい）

$$V_1 - V_2 = R_1 I_1 - R_2 I_2 = E_1 - E_2$$

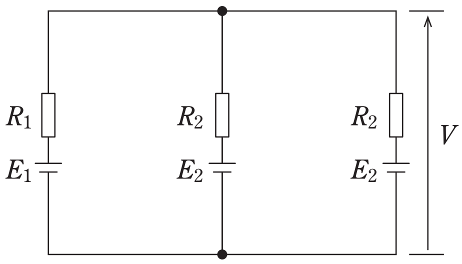
$$V_2 + V_3 = R_2 I_2 + R_3 I_3 = E_2$$



■ ミルマンの定理 1アマ

$$V = \frac{\dfrac{E_1}{R_1} + \dfrac{E_2}{R_2} + \dfrac{E_3}{R_3}}{\dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_2} + \dfrac{1}{R_3}}$$

電圧源E_1、E_2、E_3〔V〕と抵抗R_1、R_2、R_3〔Ω〕の直列回路が並列に接続された回路の端子電圧V〔V〕



■ 電力P〔W〕 1·2アマ

$$P = VI$$

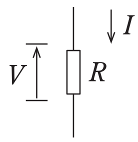
$$= \frac{V^2}{R}$$

$$= I^2 R$$

V：電圧〔V〕

I：電流〔A〕

R：抵抗〔Ω〕



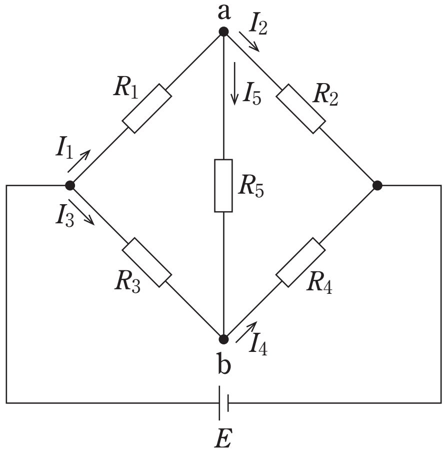
■ 直流ブリッジ回路の平衡条件 1·2アマ

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

あるいは

$$R_1 R_4 = R_2 R_3$$

R_1 ～ R_5：各辺に接続された抵抗〔Ω〕



平衡すると、
$I_1 = I_2$
$I_3 = I_4$
$I_5 = 0$
となる

■ 正弦波交流電圧の実効値 V_e〔V〕、平均値 V_a〔V〕 1·2アマ

$$V_e = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \fallingdotseq \frac{V_m}{1.41} \fallingdotseq 0.71V_m$$

$$V_a = \frac{2V_m}{\pi} \fallingdotseq \frac{2V_m}{3.14} \fallingdotseq 0.64V_m$$

V_m：交流電圧の最大値〔V〕

■ 正弦波交流電圧の位相差 θ〔rad：ラジアン〕 1アマ

$$\theta = \omega t = 2\pi f t$$

t：時間差〔s〕

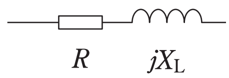
f：周波数〔Hz〕

ω（オメガ）：角周波数〔rad/s〕

θ（シータ）＝ ϕ〔°〕$\times \pi/180$〔rad〕

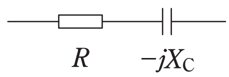
■ 抵抗 R とリアクタンス X_L のコイルの直列回路の合成インピーダンス $\dot{Z}$〔Ω〕 1·2アマ

$\dot{Z} = R + jX_L$　　その大きさ　$Z = |\dot{Z}| = \sqrt{R^2 + X_L^2}$



■ 抵抗 R とリアクタンス X_C のコンデンサの直列回路の合成インピーダンス $\dot{Z}$〔Ω〕 1·2アマ

$\dot{Z} = R - jX_C$　　その大きさ　$Z = |\dot{Z}| = \sqrt{R^2 + X_C^2}$



$\dot{Z}$：直列回路の合成インピーダンス〔Ω〕

R：抵抗〔Ω〕

X_L：コイルのリアクタンス（$X_L = \omega L = 2\pi f L$）〔Ω〕

X_C：コンデンサのリアクタンス（$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$）〔Ω〕

■ 抵抗 R とリアクタンス X_L のコイルの並列回路の合成電流 I〔A〕 1·2アマ

$$I = \sqrt{I_R^2 + I_L^2}$$

■ 抵抗 R とリアクタンス X_C のコンデンサの並列回路の合成電流 I〔A〕 1·2アマ

$$I = \sqrt{I_R^2 + I_C^2}$$

I_R：抵抗 R に流れる交流電流〔A〕

I_L：コイル L に流れる交流電流〔A〕

I_C：コンデンサ C に流れる交流電流〔A〕

■　交流の電力 1アマ

抵抗 R〔Ω〕とリアクタンス X〔Ω〕の直列回路の電力

$$P=VI$$

P：皮相電力〔VA：ボルトアンペア〕

V：電圧〔V〕

I：電流〔A〕

$$P_{\mathrm{r}}=RI^2$$

P_{r}：有効電力〔W〕

$$P_{\mathrm{q}}=XI^2$$

P_{q}：無効電力〔var：バール〕

$$\cos\theta=\frac{P_{\mathrm{r}}}{P}\times 100$$

$\cos\theta$：力率〔%〕

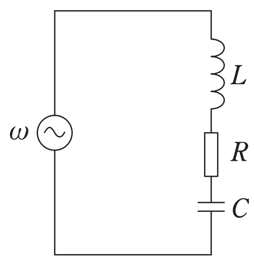
■　抵抗 R、コイル L、コンデンサ C の直列回路の合成インピーダンス Z〔Ω〕 1アマ

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

R：抵抗〔Ω〕

$\omega L=2\pi fL$：コイルのリアクタンス〔Ω〕

$\dfrac{1}{\omega C}=\dfrac{1}{2\pi fC}$：コンデンサのリアクタンス〔Ω〕



■　抵抗 R、コイル L、コンデンサ C の直列共振回路の共振周波数 f_{r}〔Hz〕 1・2アマ

$$f_{\mathrm{r}}=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

L：コイルのインダクタンス〔H〕

C：コンデンサの静電容量〔F〕

■ コイル L とコンデンサ C の並列共振回路の共振したときのインピーダンス Z〔Ω〕 1･2アマ

$$Z=\frac{L}{Cr}$$ 最大となる

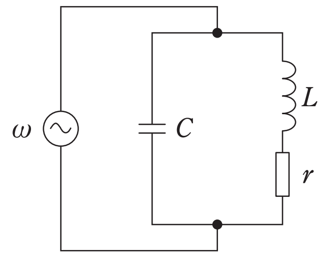
共振周波数 f_r〔Hz〕は、

$$f_r=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

r：コイルの直列（実効）抵抗〔Ω〕

L：コイルのインダクタンス〔H〕

C：コンデンサの静電容量〔F〕



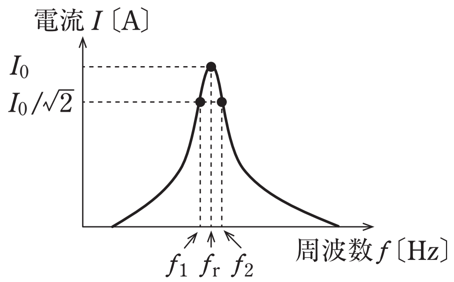
■ 直列共振回路の尖鋭度 Q 1アマ

$$Q=\frac{\omega_r L}{R} \qquad Q=\frac{1}{\omega_r CR}$$

$$Q=\frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$$

$\omega_r=2\pi f_r$：共振角周波数〔rad/s〕

R：直列抵抗〔Ω〕



$$Q=\frac{f_r}{B}=\frac{f_r}{f_2-f_1}$$

B：帯域幅〔Hz〕

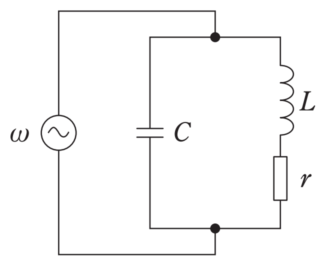
■ 並列共振回路の尖鋭度 Q 1アマ

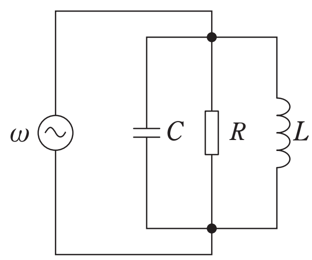
$$Q=\frac{R}{\omega_r L} \qquad Q=\omega_r CR$$

R：並列抵抗〔Ω〕

$$Q=\frac{\omega_r L}{r} \qquad Q=\frac{1}{\omega_r Cr}$$

r：コイルの直列（実効）抵抗〔Ω〕





■ 直列共振回路の共振したときの各部の電圧 1アマ

$$V_L = V_C = QV$$

V_L：コイルの両端の交流電圧〔V〕

V_C：コンデンサの両端の交流電圧〔V〕

Q：共振回路の尖鋭度

V：回路に加える交流電圧〔V〕

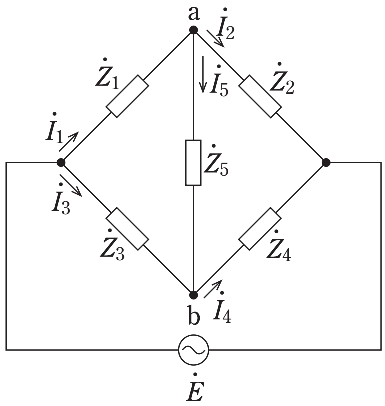
■ 交流ブリッジ回路の平衡条件 1アマ

$$\frac{\dot{Z}_1}{\dot{Z}_2} = \frac{\dot{Z}_3}{\dot{Z}_4}$$

あるいは

$$\dot{Z}_1\dot{Z}_4 = \dot{Z}_2\dot{Z}_3$$

$\dot{Z}_1 \sim \dot{Z}_5$：各辺に接続されたインピーダンス〔Ω〕



平衡すると、
$\dot{I}_1 = \dot{I}_2$
$\dot{I}_3 = \dot{I}_4$
$\dot{I}_5 = 0$
となる

■ 変成器結合回路の入力インピーダンス 1・2アマ

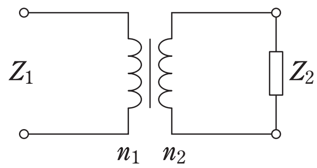
$$Z_1 = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 Z_2$$

Z_1：一次側から見たインピーダンス〔Ω〕

Z_2：二次側に接続したインピーダンス〔Ω〕

n_1：一次側の変成器の巻数〔回〕

n_2：二次側の変成器の巻数〔回〕



■ $C-R$ 回路の過渡現象 1アマ

$$i=\frac{E}{R}e^{-t/\tau}$$

$$v_{\mathrm{C}}=E(1-e^{-t/\tau})$$

i：時間とともに変化する電流〔A〕

v_{C}：時間とともに変化する電圧〔V〕

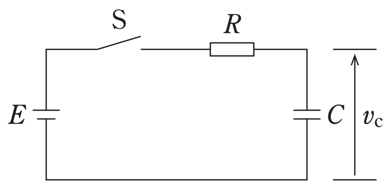
E：起電力〔V〕

R：抵抗〔Ω〕

e：自然対数の底（$e=2.718\cdots$）

τ（タウ）：時定数〔s：秒〕（$\tau=CR$）

C：静電容量〔F〕



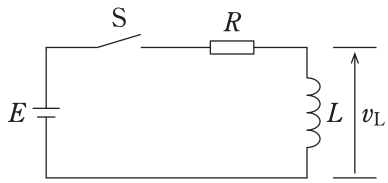
■ $L-R$ 回路の過渡現象 1アマ

$$i=\frac{E}{R}(1-e^{-t/\tau})$$

$$v_{\mathrm{L}}=Ee^{-t/\tau}$$

τ：時定数〔s〕$\left(\tau=\dfrac{L}{R}\right)$

L：インダクタンス〔H〕



電子回路

■ エミッタ接地電流増幅率 β（ベータ）とベース接地電流増幅率 α（アルファ）との関係 1・2アマ

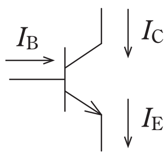
$$\beta=\frac{\alpha}{1-\alpha}$$

■ エミッタ接地電流増幅率 β（$=h_{\mathrm{FE}}$） 1・2アマ

$$\beta=\frac{\Delta I_{\mathrm{C}}}{\Delta I_{\mathrm{B}}}$$

ΔI_{C}：コレクタ電流の微小変化〔A〕

ΔI_{B}：ベース電流の微小変化〔A〕



■ h パラメータ 1·2アマ

$$h_{\mathrm{ie}}=\frac{\Delta V_{\mathrm{BE}}}{\Delta I_{\mathrm{B}}}$$

h_{ie}：入力インピーダンス〔Ω〕

$$h_{fe}=\frac{\Delta I_{\mathrm{C}}}{\Delta I_{\mathrm{B}}}$$

h_{fe}：電流増幅率

$$h_{\mathrm{oe}}=\frac{\Delta I_{\mathrm{C}}}{\Delta V_{\mathrm{CE}}}$$

h_{oe}：出力アドミタンス〔S〕

$$h_{\mathrm{re}}=\frac{\Delta V_{\mathrm{BE}}}{\Delta V_{\mathrm{CE}}}$$

h_{re}：電圧帰還率

V_{BE}：ベース・エミッタ間電圧〔V〕

V_{CE}：コレクタ・エミッタ間電圧〔V〕

I_{B}：ベース電流〔A〕

I_{C}：コレクタ電流〔A〕

Δ：微小変化

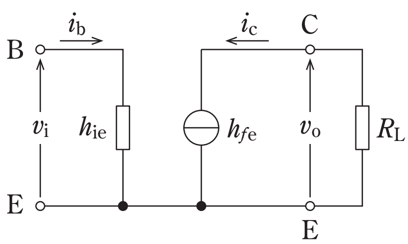
■ エミッタ接地増幅器の電圧増幅度 A 1アマ

$$A=-\frac{h_{fe}R_{\mathrm{L}}}{h_{\mathrm{ie}}}$$

h_{ie}：入力インピーダンス〔Ω〕

h_{fe}：電流増幅率

R_{L}：負荷抵抗〔Ω〕



B：ベース
C：コレクタ
E：エミッタ
i_{b}：ベース電流
i_{c}：コレクタ電流
v_{i}：入力電流
v_{o}：出力電流

■ エミッタ接地増幅器の電力増幅度A_P 1アマ

$$A_P = \frac{{h_{fe}}^2 R_L}{h_{ie}}$$

h_{ie}：入力インピーダンス〔Ω〕

h_{fe}：電流増幅率

R_L：負荷抵抗〔Ω〕

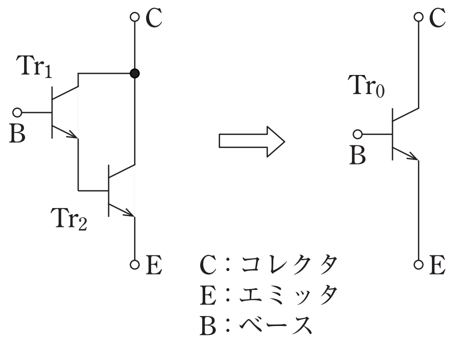
■ ダーリントン接続の直流電流増幅率 1アマ

$$h_{FE0} \fallingdotseq h_{FE1} h_{FE2}$$

h_{FE0}：ダーリントン接続したTr_0の直流電流増幅率

h_{FE1}：Tr_1の直流電流増幅率

h_{FE2}：Tr_2の直流電流増幅率



■ 低周波増幅器のひずみ率K〔%〕 2アマ

$$K = \frac{\sqrt{{V_2}^2 + {V_3}^2 + \cdots + {V_n}^2}}{V_1} \times 100$$

V_1：基本波の電圧（実効値）〔V〕

V_2：第2高調波の電圧（実効値）〔V〕

V_3：第3高調波の電圧（実効値）〔V〕

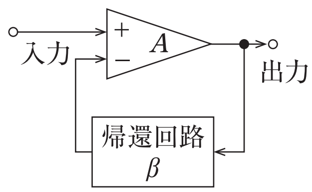
V_n：第n高調波の電圧（実効値）〔V〕

■ 負帰還増幅器の電圧増幅度A_F 1アマ

$$A_F = \frac{A}{1 - A\beta}$$

一般にβは－の符号を持つので、

$$A_F = \frac{A}{1 + A\beta}$$



A：負帰還を掛けないときの電圧増幅度

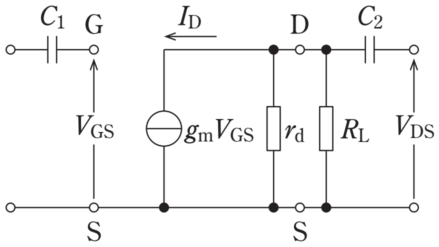
β：帰還率

■ FET の相互コンダクタンス g_m〔S：ジーメンス〕 1·2アマ

$$g_m = \frac{\Delta I_D}{\Delta V_{GS}}$$

ΔI_D：ドレイン電流の微小変化〔A〕

ΔV_{GS}：ゲート・ソース間の電圧の微小変化〔V〕



G：ゲート
D：ドレイン
S：ソース
V_{GS}：入力交流電圧
V_{DS}：出力交流電圧

■ FET のソース接地増幅回路の電圧増幅度 A_V 1·2アマ

$$A_V = g_m \frac{r_d R_L}{r_d + R_L} \qquad r_d \gg R_L \text{ のとき} \qquad A_V = g_m R_L$$

ただし、電圧の向きを考えると－(マイナス) となる。

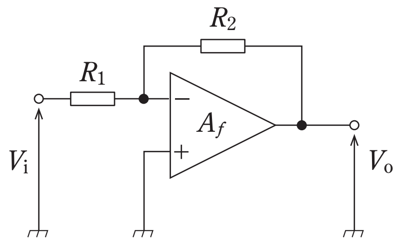
g_m：相互コンダクタンス〔S〕

r_d：ドレイン (出力) 抵抗〔Ω〕

R_L：負荷抵抗〔Ω〕

■ 反転形電圧増幅器の電圧増幅度 A_f 1アマ

$$A_f = \frac{R_2}{R_1}$$



V_i：入力電圧
V_o：出力電圧

■ 増幅器の電力利得 G〔dB〕 1アマ

$$G = 10 \log_{10} \frac{P_O}{P_I}$$

P_O：出力電力〔W〕

P_I：入力電力〔W〕

■ 雑音指数F 1アマ

$$F=\frac{\dfrac{S_{\mathrm{I}}}{N_{\mathrm{I}}}}{\dfrac{S_{\mathrm{O}}}{N_{\mathrm{O}}}}$$

S_{I}：入力の信号電力〔W〕

N_{I}：入力の雑音電力〔W〕

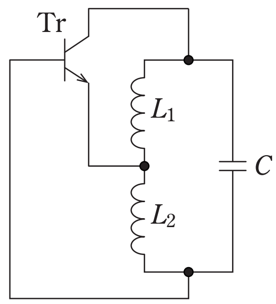
S_{O}：出力の信号電力〔W〕

N_{O}：出力の雑音電力〔W〕

■ ハートレー発振回路の発振周波数f〔Hz〕 1·2アマ

$$f=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$L=L_1+L_2$$

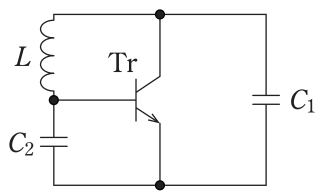


Tr：トランジスタ
C：コンデンサ〔F〕
L_1、L_2：コイル〔H〕

■ コルピッツ発振回路の発振周波数f〔Hz〕 1·2アマ

$$f=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

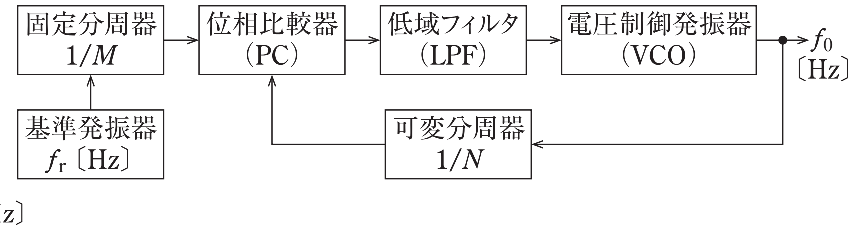
$$C=\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}$$



L：コイル〔H〕
C_1、C_2：コンデンサ〔F〕

■ 位相同期ループ（PLL）発振回路の発振周波数f_0〔Hz〕 1アマ

$$f_0=\frac{N}{M}\times f_{\mathrm{r}}$$



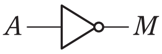
f_0：出力周波数〔Hz〕

f_{r}：基準発振器の出力周波数〔Hz〕

M：固定分周器の分周比

N：可変分周器の分周比

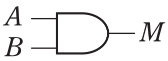
■ 基本論理回路 1·2アマ



NOT

$M=\overline{A}$

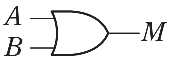
A	M
0	1
1	0



AND

$M=A\cdot B$

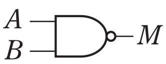
A	B	M
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



OR

$M=A+B$

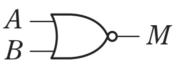
A	B	M
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



NAND

$M=\overline{A\cdot B}$

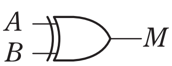
A	B	M
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0



NOR

$M=\overline{A+B}$

A	B	M
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0



EX－OR

$M=A\oplus B$

A	B	M
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

送 信 機

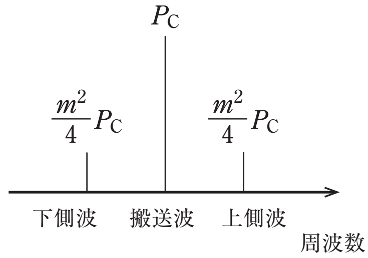
■ 振幅変調波の電力 P_{AM}〔W〕 1·2アマ

$$P_{AM} = P_C\left(1 + \frac{m^2}{2}\right)$$

P_{AM}：振幅変調された振幅変調波の電力〔W〕

P_C：搬送波電力〔W〕

m：変調度



■ 電力増幅器の電力効率 $\overset{\text{イータ}}{\eta}$〔%〕 2アマ

$$\eta = \frac{P_O}{P} \times 100$$

P_O：高周波出力電力〔W〕

P：電源から供給される直流電力〔W〕

■ 振幅変調波電圧の実効値 V_{AM}〔V〕 1アマ

$$V_{AM} = V_C\sqrt{1 + \frac{m^2}{2}}$$

V_C：搬送波電圧の実効値〔V〕

m：変調度

■ FM電波の占有周波数帯域幅 B〔Hz〕 1アマ

$$B = 2(f_S + f_d)$$

f_S：最高変調周波数〔Hz〕

f_d：最大周波数偏移〔Hz〕

■ RTTYの通信速度 b〔ボー〕 1アマ

$$b = \frac{1}{T}$$

T：符号の1単位の長さ〔s〕

■ ビットレート B〔bps〕 1アマ

$B = nf_S$

n：量子化ビット数

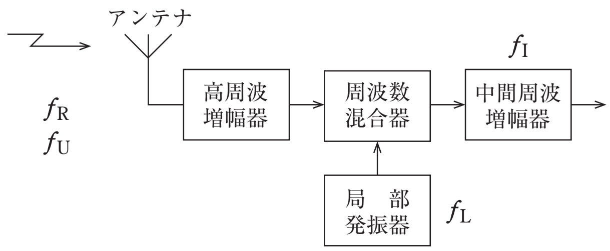
f_S：標本化周波数〔Hz〕

受 信 機

■ スーパヘテロダイン受信機の影像周波数 f_U〔Hz〕 1・2アマ

$f_L > f_R$ の場合（$f_I = f_L - f_R$）

$f_U = f_R + 2f_I = f_L + f_I$



$f_L < f_R$ の場合（$f_I = f_R - f_L$）

$f_U = f_R - 2f_I = f_L - f_I$

f_R：受信周波数〔Hz〕

f_I：中間周波数〔Hz〕

f_L：局部発振周波数〔Hz〕

■ 雑音電力 P_N〔W〕 1アマ

$P_N = kTB$

k：ボルツマン定数〔J/K〕

T：絶対温度〔K〕

B：周波数帯域幅〔Hz〕

電　　源

■ 変圧器の効率 η〔%〕 1アマ

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100$$

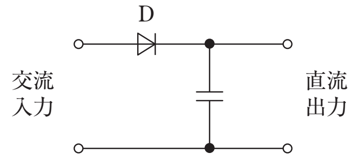
P_1：一次側の電力〔W〕

P_2：二次側の電力〔W〕

■ ダイオードに加わる逆電圧の最大値 V_D〔V〕 1·2アマ

$$V_D = 2\sqrt{2} \times V_e$$

V_e：ダイオードに加える交流電圧の実効値〔V〕



■ 整流回路の直流出力（平均値）電圧 V_a〔V〕 1·2アマ

単相半波整流回路

$$V_a = \frac{1}{\pi} V_m$$

単相全波整流回路、ブリッジ整流回路

$$V_a = \frac{2}{\pi} V_m$$

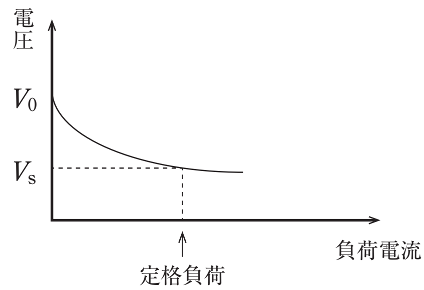
V_m：整流出力（脈流）電圧の最大値〔V〕

■ 電源の電圧変動率 ε〔%〕 1·2アマ

$$\varepsilon = \frac{V_0 - V_S}{V_S} \times 100$$

V_0：無負荷時の出力電圧〔V〕

V_S：定格負荷時の出力電圧〔V〕



■ 整流回路のリプル率 γ（ガンマ）〔%〕 1アマ

$$\gamma = \frac{V_e}{V_a} \times 100$$

V_e：リプル電圧の実効値〔V〕

V_a：出力の平均電圧〔V〕

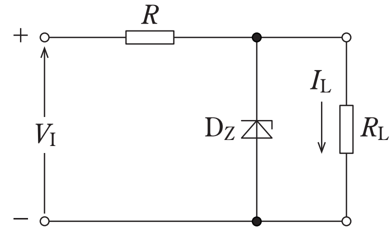
■ ツェナーダイオードの安定抵抗 R〔Ω〕 1アマ

$$R = \frac{V_I - V_Z}{I_{Lmax}}$$

V_I：入力電圧〔V〕

V_Z：ツェナー電圧〔V〕

I_{Lmax}：負荷抵抗 R_L に流すことのできる最大電流〔A〕



R、R_L：抵抗
D_Z：ツェナーダイオード

空中線及び給電線

■ 電波の波長 λ（ラムダ）〔m〕と周波数 f〔Hz〕の関係 1・2アマ

$$\lambda = \frac{3\times10^8}{f}$$

周波数 f の単位を MHz とすれば、

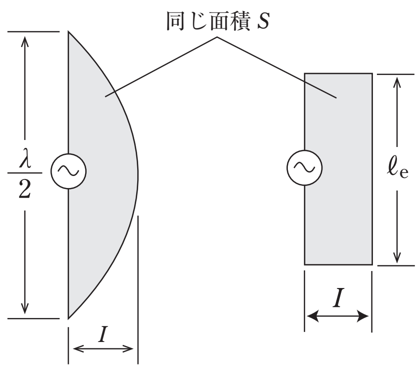
$$\lambda = \frac{300}{f\,\text{〔MHz〕}}$$

■ 1/4 波長接地アンテナの実効高 h_e〔m〕 1アマ

$$h_e = \frac{\lambda}{2\pi}$$

■ 半波長ダイポールアンテナの実効長 ℓ_e〔m〕 1アマ

$$\ell_e = \frac{\lambda}{\pi}$$



■ 円形ループアンテナの実効高 h_e〔m〕 1・2アマ

$$h_e = \frac{2\pi AN}{\lambda}$$

A：円形ループの面積〔m^2〕

N：巻数〔回〕

λ：波長〔m〕

■ アンテナの放射電力 P〔W〕 1·2アマ

$$P = I_a^2 R_r$$

I_a：アンテナ電流〔A〕

R_r：放射抵抗〔Ω〕

1/4 波長垂直接地アンテナの放射抵抗：約 36〔Ω〕

半波長ダイポールアンテナの放射抵抗：約 73〔Ω〕

■ アンテナの放射効率 η〔%〕 1アマ

$$\eta = \frac{P_r}{P} \times 100$$

P_r：アンテナから放射される電力〔W〕

P：アンテナに供給される電力〔W〕

■ アンテナの利得 1·2アマ

被測定アンテナ（試験アンテナ）及び基準アンテナに異なる電力を加えて、同一場所におけるそれぞれの電界強度を同じにした場合

$$G_{dB} = 10 \log_{10} \frac{P_0}{P}$$

G_{dB}：アンテナの利得〔dB：デシベル〕

P：被測定アンテナに加える電力〔W〕

P_0：基準アンテナに加える電力〔W〕

被測定アンテナ及び基準アンテナに同じ電力を加えて、同一場所におけるそれぞれの電界強度を比較した場合

$$G_{dB} = 20 \log_{10} \frac{E}{E_0}$$

G_{dB}：アンテナの利得〔dB〕

E：被測定アンテナの電界強度〔V/m〕

E_0：基準アンテナの電界強度〔V/m〕

■ 受信アンテナの誘起電圧V〔V〕 1アマ

$$V = E\ell_{\mathrm{e}}$$

E：電界強度〔V/m〕

ℓ_{e}：アンテナの実効長〔m〕

■ 八木アンテナの放射器の長さℓ〔m〕 2アマ

$$\ell = \frac{\lambda}{2}(1-k)$$

λ：波長〔m〕

k：アンテナの短縮率（真数）

■ 相対利得G_{D}のアンテナの電界強度E〔V/m〕 1アマ

$$E = \frac{7\sqrt{G_{\mathrm{D}}P}}{d}$$

G_{D}：アンテナの相対利得（真数）

P：アンテナの放射電力〔W〕

d：アンテナからの距離〔m〕

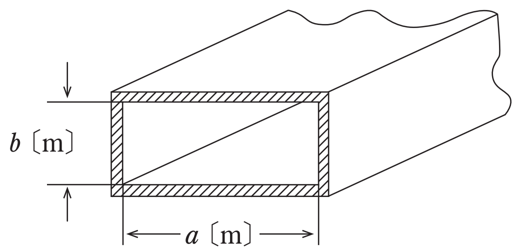
■ 方形導波管のTE$_{10}$波の遮断周波数f_{C}〔Hz〕 1アマ

$$f_{\mathrm{C}} = \frac{3\times10^{8}}{\lambda_{\mathrm{C}}}$$

$$\lambda_{\mathrm{C}} = 2a$$

λ_{C}：遮断波長〔m〕

a：長辺の長さ〔m〕

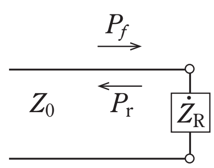


■ アンテナに供給される電力P〔W〕 1アマ

$$P = P_f - P_{\mathrm{r}}$$

P_f：進行波電力〔W〕

P_{r}：反射波電力〔W〕

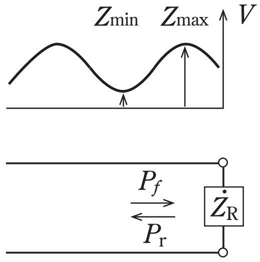


■ 電圧定在波比（VSWR）S 1·2アマ

$$S=\frac{\sqrt{P_f}+\sqrt{P_r}}{\sqrt{P_f}-\sqrt{P_r}}$$

$$S=\frac{V_{max}}{V_{min}}$$

$$S=\frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|}=\frac{1+\sqrt{\dfrac{P_r}{P_f}}}{1-\sqrt{\dfrac{P_r}{P_f}}}$$



V_{max}：給電線上の電圧最大点の電圧〔V〕

V_{min}：給電線上の電圧最小点の電圧〔V〕

Γ（ガンマ）：電圧反射係数

■ 受端が抵抗負荷の場合の電圧定在波比（VSWR）S 1アマ

$$S=\frac{R}{Z_0}\qquad R>Z_0\text{ のとき}$$

$$S=\frac{Z_0}{R}\qquad Z_0>R\text{ のとき}$$

Z_0：給電線の特性インピーダンス〔Ω〕

R：抵抗〔Ω〕

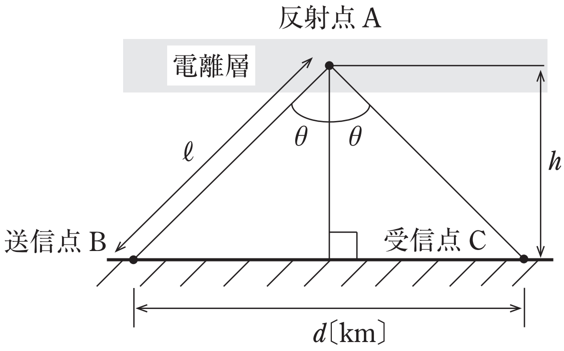
電波の伝わり方

■ 電離層で反射される最高使用可能周波数（MUF）f_{m}〔MHz〕（セカント法則） 1·2アマ

$$f_{\mathrm{m}}=f_{\mathrm{c}}\sec\theta$$

f_{c}：電離層の臨界周波数〔MHz〕

θ：電波の電離層への入射角〔度〕



$$f_{\mathrm{m}}=f_{\mathrm{c}}\frac{\ell}{h}=f_{\mathrm{c}}\sqrt{1+\left(\frac{d}{2h}\right)^2}$$

d：送受信地点間の距離〔km〕

h：電離層の見かけの高さ〔km〕

$$\ell=\sqrt{h^2+\left(\frac{d}{2}\right)^2}$$

■ 最適使用周波数（FOT）f_f〔MHz〕 1·2アマ

$$f_f=0.85\times f_{\mathrm{m}}$$

f_{m}：最高使用可能周波数〔MHz〕

■ 平面大地上の電界強度 E〔V/m〕 1アマ

$d\gg h_1$、$d\gg h_2$ の条件では、

$$E=E_0\frac{4\pi h_1h_2}{\lambda d}$$

$$\fallingdotseq\frac{88h_1h_2\sqrt{G_{\mathrm{D}}P}}{\lambda d^2}$$

E：直接波と反射波の合成電界強度〔V/m〕

E_0：直接波の電界強度〔V/m〕

d：送受信点間の距離〔m〕

h_1、h_2：送信、受信アンテナの地上高〔m〕

G_{D}：相対利得（真数）

P：放射電力〔W〕

■ 電波の見通し距離 d〔km〕 1アマ

$$d=4.12(\sqrt{h_1}+\sqrt{h_2})$$

h_1、h_2：送信、受信アンテナの地上高〔m〕

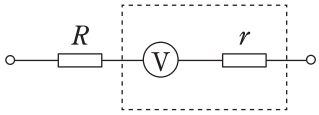
測　定

■ 電圧計の倍率器 R〔Ω〕 1·2アマ

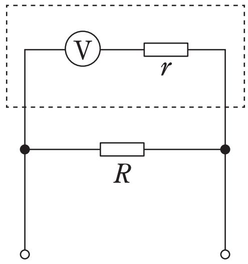
$$R = (m-1)r$$

m：測定倍率

r：電圧計の内部抵抗〔Ω〕



■ 電流計の分流器 R〔Ω〕 1·2アマ



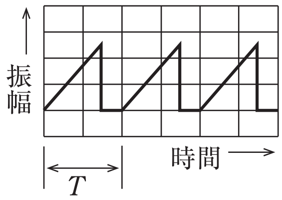
$$R = \frac{r}{m-1}$$

m：測定倍率

r：電流計の内部抵抗〔Ω〕

■ パルスの繰り返し周波数 f〔Hz〕 1·2アマ

$$f = \frac{1}{T}$$



f：パルスの繰り返し周波数〔Hz〕

T：パルスの繰り返し周期〔s〕

■ 振幅変調波の変調率 m〔%〕 1·2アマ

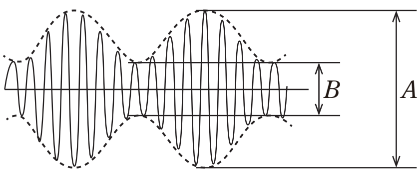
$$m = \frac{b}{a} \times 100$$

a：搬送波の振幅の最大値〔V〕

b：信号波の振幅の最大値〔V〕

出力の波形から求める場合

$$m = \frac{A-B}{A+B} \times 100$$



A：振幅変調波の最大値

B：振幅変調波の最小値

■ 測定の誤差 ε 1アマ

$$\varepsilon = M - T$$

M：測定値

T：真値

■ 測定の誤差率 ε〔%〕 1アマ

$$\varepsilon = \frac{M-T}{T} \times 100$$

■ 正弦波交流電流の波形率 1アマ

$$I_{\mathrm{e}} = \frac{I_{\mathrm{m}}}{\sqrt{2}} \fallingdotseq 0.71 I_{\mathrm{m}}$$

$$I_{\mathrm{a}} = \frac{2I_{\mathrm{m}}}{\pi} \fallingdotseq 0.64 I_{\mathrm{m}}$$

$$波形率 = \frac{実効値}{平均値}$$

$$= \frac{I_{\mathrm{e}}}{I_{\mathrm{a}}} \fallingdotseq \frac{0.71 I_{\mathrm{m}}}{0.64 I_{\mathrm{m}}} \fallingdotseq 1.11$$

I_{m}：最大値〔A〕

I_{e}：実効値〔A〕

I_{a}：平均値〔A〕

数学の公式集及び数値

■ 指数の計算

$$X^{m} \times X^{n} = X^{m+n} \qquad X_{m} \div X_{n} = \frac{X^{m}}{X^{n}} = X^{m-n}$$

$$\frac{1}{X^{n}} = X^{-n} \qquad X^{0} = 1$$

■ $\sqrt{\ }$ と π の数値

X	1	2	3	5	4	16	10	100
$\sqrt{X}$	1	1.41	1.73	2.24	2	4	3.16	10

$$\pi \fallingdotseq 3.14 \qquad \frac{1}{\pi} \fallingdotseq 0.318 \qquad \frac{1}{2\pi} \fallingdotseq 0.159 \qquad \frac{1}{\sqrt{2}} \fallingdotseq 0.707$$

■ log

$$\log_{10} ab = \log_{10} a + \log_{10} b$$

$$\log_{10} a^{b} = b \log_{10} a$$

$$\log_{10} \frac{a}{b} = \log_{10} a - \log_{10} b$$

X	1/2	1	2	3	4	5	10	20	100
$\log_{10} X$	−0.301	0	0.301	0.477	0.602	0.699	1	1.301	2

■ デシベル

電圧比のデシベル　$A_{\mathrm{dB}} = 20 \log_{10} A_{\mathrm{V}}$〔dB〕

電力比のデシベル　$G_{\mathrm{dB}} = 10 \log_{10} G$〔dB〕

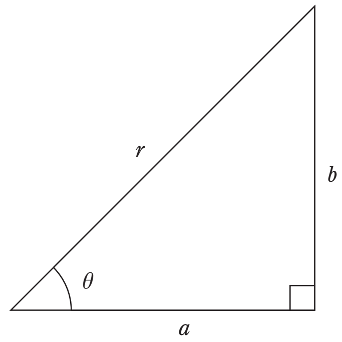
比	1/2	1	2	3	4	5	10	20	100
電力	−3	0	3	4.8	6	7	10	13	20
電圧	−6	0	6	9.6	12	14	20	26	40

■ 三角関数

$$\sin\theta = \frac{b}{r} \qquad \cos\theta = \frac{a}{r}$$

$$\tan\theta = \frac{b}{a} \qquad \sec\theta = \frac{1}{\cos\theta} = \frac{r}{a}$$

θ〔°〕	0	30	45	60	90
θ〔rad〕	0	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$
$\sin\theta$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1
$\cos\theta$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\frac{1}{2}$	0
$\tan\theta$	0	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	1	$\sqrt{3}$	∞



■ 複素数

$$j = \sqrt{-1}$$

$$j^2 = j \times j = -1$$

$$\frac{1}{j} = \frac{j}{j \times j} = \frac{j}{-1} = -j$$

$$\frac{1}{1+j} = \frac{1 \times (1-j)}{(1+j) \times (1-j)} = \frac{1-j}{1^2 - j^2} = \frac{1-j}{1-(-1)} = \frac{1}{2} - j\frac{1}{2}$$

■ 単位の接頭語

名称	テラ	ギガ	メガ	キロ	センチ	ミリ	マイクロ	ピコ
記号	T	G	M	k	c	m	μ	p
数値	10^{12}	10^{9}	10^{6}	10^{3}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-6}	10^{-12}