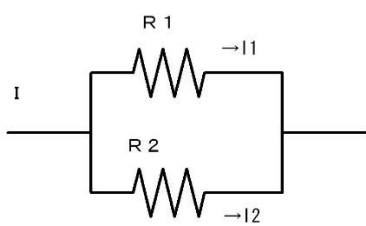
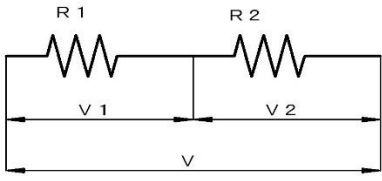
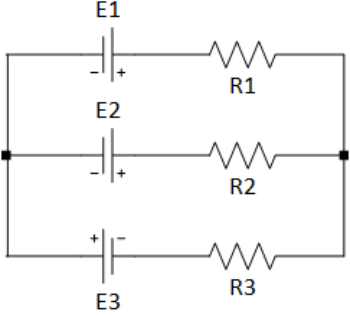


電気物理

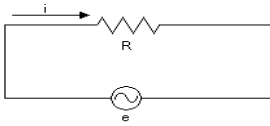
点電荷間に働く静電力[N]	$F[N] = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{Q_1 Q_2}{R^2}$ <p> <i>R</i> :距離[m] <i>Q</i> :点電荷[C] ϵ_0 :真空の誘電率[F/m] <i>F</i> :働く力[N] </p>
電界の強さ[V/m]	$E[V/m] = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{Q}{R^2}$ <p> <i>R</i> :距離[m] <i>Q</i> :点電荷[C] ϵ_0 :真空の誘電率[F/m] <i>F</i> :働く力[N] </p>
磁界の大きさ[H]	$H = \frac{m}{4\pi\mu_0 r^2}$ <p> <i>H</i> :磁界の大きさ[A/m] <i>m</i> :点磁極[Wb] μ_0 :真空中の透磁率 <i>r</i> :磁極からある点までの距離[m] </p>
磁界の大きさと磁束密度の関係	$B = \mu_0 H$
磁極から <i>r</i> [m] 離れた点の磁束密度[T]	$B = \frac{m}{4\pi r^2}$ <p> <i>B</i> :真空又は空気中の点磁界により磁束密度[T] <i>m</i> :磁極の強さ[Wb] <i>r</i> :磁極からある点までの距離[m] </p>
均一な電界中の点電荷に働く静電力[N]	$F = QE$ <p> <i>F</i> :点電荷に働く静電力[N] <i>E</i> :均一な電界の強さ[V/m] <i>Q</i> :電界中の点電荷[C] </p>
均一な電界中の2点間の電位差	$V[V] = E \times r$ <p> <i>V</i> :2点間の電位差[V] <i>E</i> :均一な電界の強さ[V/m] <i>r</i> :2点間の距離[m] </p>
平行板コンデンサの静電容量[F]	$C = \epsilon \frac{S}{d} = \epsilon_0 \epsilon_s \frac{S}{d}$ <p> <i>C</i> :静電容量[F] <i>d</i> :金属板間の距離[m] <i>S</i> :金属板の面積[m²] ϵ :金属板間の物質の誘電率[F/m] ϵ_0 :真空の誘電率[F/m] <i>d</i> :金属板間の物質の比誘電率 </p>
コンデンサに蓄えられる電荷[C]	$Q = CV \quad C = \frac{Q}{V}$ <p> <i>Q</i> :コンデンサに蓄えられる電荷[C] <i>C</i> :コンデンサの静電容量[F] <i>V</i> :コンデンサに加える電圧[V] </p>
コンデンサに蓄えられるエネルギー[J]	$W = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} CV^2$ <p> <i>W</i> :コンデンサに蓄えられるエネルギー[J] <i>V</i> :コンデンサに加える電圧[V] <i>Q</i> :コンデンサに蓄えられる電荷[C] </p>
無限長の直線導体に流れる電流による磁界[H]	$H = \frac{I}{2\pi r}$ <p> <i>I</i> :直線導線に流れる電流[A] </p>

	r :導線からの距離[m]
直線導線の微小部分に流れる電流が作る磁界 (ビオ・サバル法則)	$\Delta H = \frac{I[A] \times \Delta l}{4\pi r^2} \times \sin\theta$ ΔH :P 点に生ずる磁界の強さ[A/m] I :導線の微小部分 Δl を流れる電流[A] Δl :直線導線の微小部分[m] r : Δl から θ の方向の P 点までの距離[m] ΔH :P 点に生ずる磁界の強さ[A/m]
磁界中の磁力の強さ F[A/m]	$F = m[Wb] \times H[A/m]$
抵抗と面積、長さの関係	$R = \rho \times \frac{l}{S}$ R :抵抗[Ω] S :面積[m ²] l :長さ[m]
電磁力	$F = BIl \sin\theta$ F :電磁力[N] B :磁束密度[T](テスラ) I :電流[A] l :コイルの長さ[m]
起電力[V]	$e = Blv \sin\theta$ e :起電力[V] B :磁束密度[T](テスラ) l :長さ[m] v :速度[m/s] θ :角度
自己インダクタンス	$L = \frac{\mu n^2 \pi r^2}{l}$ L :自己インダクタンス[H] n :コイルの巻き数 r :半径 l :コイルの長さ[m] μ :透磁率[H/m]
結合係数 K	$K = \frac{M}{\sqrt{L_1[H] \times L_2[H]}}$ K :コイル間の結合係数 L_1, L_2 :コイルのインダクタンス[H]
コイル間の相互インダクタンス	$M = k \sqrt{L_1 \times L_2}$ k :コイル間の結合係数 L_1, L_2 :コイルのインダクタンス[H] M :コイル間の相互インダクタンス[H]
コイルを反対の向き直列接続 (差動接続)	$L = L_1[H] + L_2[H] - 2M$ M :コイル間の相互インダクタンス[H]
コイルを同じ向き直列接続 (和動接続)	$L = L_1[H] + L_2[H] + 2M$
ファラデーの法則	コイルと鎖交する磁束が変化すると、コイルに誘導起電力が生じ、その誘導起電力の大きさは、鎖交する磁束の時間に対する変化の割合に比例する。
レンツの法則	電磁誘導によって生ずる誘導起電力の方向は、その起電力による誘導電流の作る磁束が、もとの磁束の変化を妨げるような方向となる。

電気回路

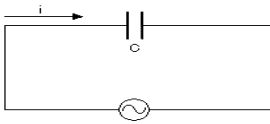
オームの法則	$E = IR$	$I = \frac{E}{R}$	$R = \frac{E}{I}$
電力	$P = IE = I^2R = \frac{E^2}{R}$		
交流の大きさ	$\text{平均値} = \frac{2}{\pi} \times \text{最大値}$ $\text{実効値} = \frac{1}{\sqrt{2}} \times \text{最大値}$		
波形率	$\text{波形率} = \frac{\text{実効値}}{\text{平均値}}$		
電流の分流		$I_1 = I \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ $I_2 = I \times \frac{R_1}{R_1 + R_2}$	V :回路両端における電圧[V] $R_{1,2}$:抵抗 $I_{1,2}$:それぞれの抵抗における電流
電圧の分流		$V_1 = V \times \frac{R_1}{R_1 + R_2}$ $V_2 = V \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$	V :回路両端における電圧[V] $R_{1,2}$:抵抗 $V_{1,2}$:それぞれの抵抗における電圧
ミルマンの定理		$V = \frac{\frac{E_1}{R_1} + \frac{E_2}{R_2} - \frac{E_3}{R_3}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$	V :回路両端における電圧[V] $R_{1,2,3}$:抵抗 $E_{1,2,3}$:それぞれの抵抗における電圧

抵抗だけの交流回路



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

コンデンサだけの交流回路



リアクタンス

$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

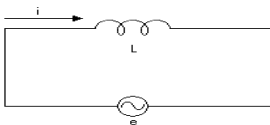
X_c :リアクタンス[H]
 f :周波数[Hz]
 ω :角速度[rad/s]

周波数 f が高くなるほど、また、静電容量 C が大きくなるほど、容量性リアクタンス X_c は小さくなる。

流れる電流

$$I = \frac{E}{\frac{1}{\omega C}} = \omega C E = 2\pi f C E$$

コイルだけの交流回路



リアクタンス

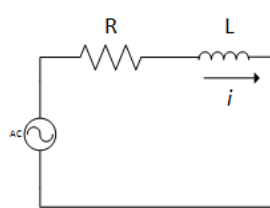
$$X_L = \omega L = 2\pi f L$$

周波数 f が高くなるほど、また自己インダクタンス L が大きくなるほど、誘導性リアクタンス X_L は大きくなります。

流れる電流

$$I = \frac{E}{\omega L} = \frac{E}{2\pi f L}$$

RL 直列回路



リアクタンス

$$X_L = \omega L = 2\pi f L$$

回路全体の電圧

$$E = I \times \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$$

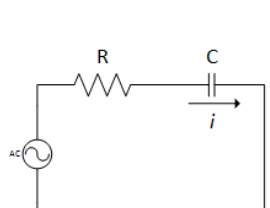
回路全体のインピーダンス

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$$

消費電力

$$P = I^2 R = \left(\frac{E}{\sqrt{R^2 + X_L^2}} \right)^2 \times R$$

RC 直列回路



リアクタンス

$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

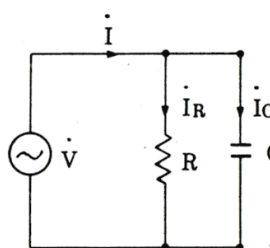
回路全体の電圧

$$E = I \times \sqrt{R^2 + X_c^2} = I \times \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

回路全体のインピーダンス

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

RC 並列回路



回路全体のインピーダンス

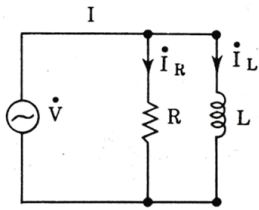
$$Z = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_c}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + (\omega C)^2}}$$

回路全体の電流

$$I = \sqrt{I_R^2 + I_C^2} = \sqrt{\left(\frac{E}{R}\right)^2 + (E\omega C)^2}$$

$$= E \times \sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + (\omega C)^2}$$

RL 並列回路



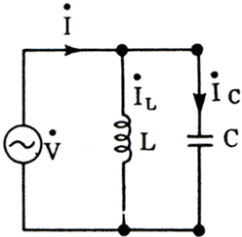
回路全体のインピーダンス

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

回路全体の電流

$$\begin{aligned} I &= \sqrt{I_R^2 + I_L^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{E}{R}\right)^2 + \left(\frac{E}{\omega L}\right)^2} \\ &= E \times \sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{\omega L}\right)^2} \end{aligned}$$

LC 並列回路



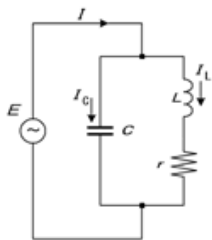
回路全体のインピーダンス

$$Z = \frac{E}{I} = \frac{1}{\frac{1}{\omega L} \sim \omega C}$$

回路全体の電流

$$I = I_L \sim I_C = \frac{E}{\omega L} \sim \omega C E$$

共振したときのインピーダンス、周波数



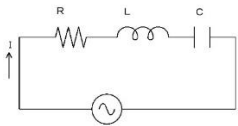
回路が共振したときのインピーダンスは、 $Z = \frac{L}{CR}$

共振周波数の計算

$$f_r \doteq \frac{160}{\sqrt{LC}}$$

RLC 直列回路

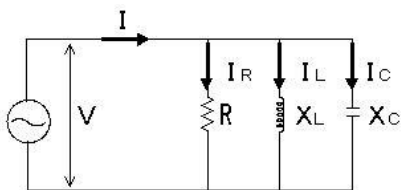
RLC 直列回路



共振時は、流れる電流が最大

回路全体のインピーダンス	$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$ $\dot{Z} = \frac{\dot{E}}{I} = R + j(X_L - X_C) = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)$
電圧	$E = \sqrt{E_R^2 + (E_L \sim E_C)^2}$ $= I \times \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$ $\dot{E} = \dot{E}_R + \dot{E}_L + \dot{E}_C$ $= RI + jX_L I - jX_C I$ $= I \times \{j(X_L - X_C)\}$
回路に流れる電流	$I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$
共振周波数	$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ <p style="color: red;">インピーダンスは、最小</p>
共振するときの角周波数(ω_0)	$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 2\pi f_0$

RLC 並列回路



回路全体のインピーダンス	$Z = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2}}$ $\dot{Z} = \frac{\dot{E}}{I} = \frac{1}{\frac{1}{R} + j\left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L}\right)}$ $= \frac{1}{\frac{1}{R} - j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)}$ $\dot{Y} = \frac{1}{\dot{Z}} = \frac{1}{R} - j\frac{1}{\omega L} + j\omega C$
回路全体の電流	$I = \sqrt{I_R^2 + (I_C \sim I_L)^2}$ $= \sqrt{\left(\frac{E}{R}\right)^2 + \left(E\omega C - \frac{E}{\omega L}\right)^2}$ $= E \times \sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2}$
共振周波数	$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ <p style="color: red;">インピーダンスは、最大</p>
	$I = X_R + X_L + X_C = \frac{\dot{E}}{R} - j\frac{\dot{E}}{X_L} + j\frac{\dot{E}}{X_C}$ $= \dot{E} \left\{ \frac{1}{R} - j\left(\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}\right) \right\}$

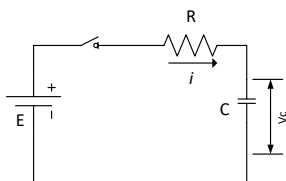
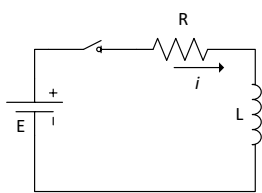
回路の良さ、尖鋭度 Q

RLC 直列回路	$Q = \frac{\omega L}{R} = \frac{1}{\omega CR} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$ $Q = \frac{2\pi f L}{R}$ $Q = \frac{1}{2\pi f CR}$
RLC 並列回路	$Q = \frac{R}{\omega L} = \omega CR = R \sqrt{\frac{C}{L}}$ $Q = \frac{R}{2\pi f L} = 2\pi f CR$

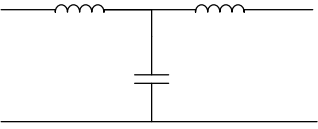
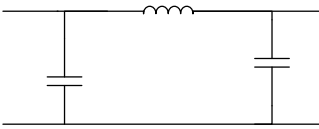
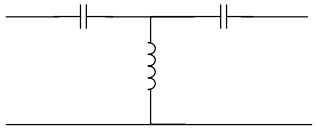
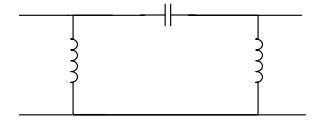
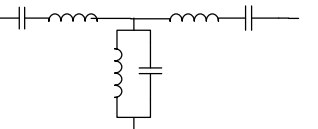
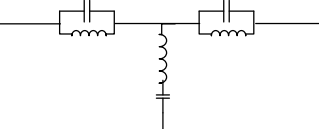
変圧器

	$Z = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \times R$
---	---

過渡現象

<p>RC 直列回路</p>  <p>v_Cが E[V]の 63.2%になるまでの時間 時定数 τ[秒] = $R[\Omega] \times C[F]$</p>	<p>抵抗 R を流れる電流</p> $i = \frac{R}{E} e^{-\frac{t}{CR}}$
	<p>抵抗 R の端子電圧</p> $v_R = Ri = R \times \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{CR}} = E e^{-\frac{t}{CR}}$
	<p>コンデンサ C の端子電圧</p> $v_C = E - v_R = E(1 - e^{-\frac{t}{CR}})$
	<p>$T = CR$ <i>T</i> : 時定数[S(sec)] <i>C</i> : コンダクタンス[C] <i>R</i> : 抵抗[Ω]</p>
<p>RL 直列回路</p> 	<p>抵抗 R を流れる電流</p> $i = \frac{E}{R} \left(1 - e^{-\frac{R}{L}t}\right)$
	<p>回路電流 i が定常状態の 63.2%になるまでの時間</p> $T = \frac{L}{R}$ <p><i>T</i> : 時定数[S(sec)] <i>L</i> : インダクタンス[H] <i>R</i> : 抵抗[Ω]</p>

フィルタ

<p>低域フィルタ (T型)</p> 	<p>低域フィルタ (π型)</p> 
<p>高域フィルタ (T型)</p> 	<p>高域フィルタ (π型)</p> 
<p>帯域フィルタ (T型)</p> 	<p>帯域消去フィルタ (T型)</p> 

現象、効果一覧

効果・現象	説明
ホール効果	電流に流れている半導体に、電流と直角に磁界を加えると、両側に直角の方向に起電力が現れる。
ピンチ効果	電流が流体を流れる場合、電気炉やアークの電流が通過する液体や気体導電体内で同方向に流れる電流相互間に吸引力が働き、流体誘電体が中心に収縮する。

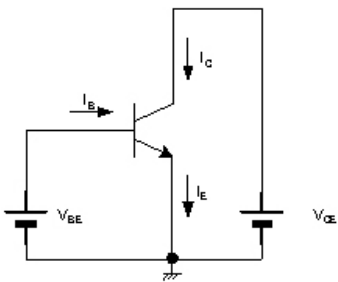
ダイオード一覧

アノード (P型側)、カソード (N型側)

種類	説明	電圧、電流の方向
ツェナーダイオード	逆方向に電圧を加えていくと、ある限界を超えると電流が流れる。	逆方向
可変ダイオード (バラクタダイオード)	加える逆方向の電圧により静電容量が変化する半導体素子。	逆方向
ホトダイオード	PN 接合ダイオードに逆方向に電圧を加えると、受光量に応じて流れる電流が変わる。	逆方向
トンネルダイオード (エサキダイオード)	不純物の濃度が他の一般のダイオードに比べて極めて高いP型半導体とN型半導体を接合した 負性抵抗特性 を利用する半導体。逆方向バイアスでも大きな電流が流れる。SHFの発信素子としても使用される。	順方向 逆方向
発光ダイオード	順方向に電流を流したときに接合面で発行する。	順方向
サイリスタ	PとN型半導体を交互に4層接合した素子。電圧又は電流で制御する半導体スイッチとして用いられる。	順方向
ガンダイオード	順方向に電圧を徐々に加えると比例して電流が流れる。ある電圧以上になると電流が減少し、 負性抵抗特性 を示す。SHF (マイクロ波) の発信素子などに使用される。	順方向
インパットダイオード	逆方向電圧を加えていくと、あるレベルでいきなり電流が増加する。	逆方向

トランジスタ

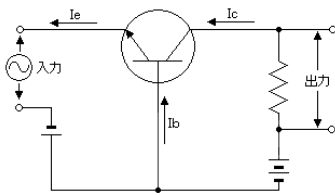
	エミッタ接地	ベース接地	コレクタ接地
入力インピーダンス	低い	非常に低い	高い
出力インピーダンス	高い	非常に高い	低い
電圧増幅度	大きい	エミッタ接地と ほぼ同じ	ほぼ1
電流増幅度	大きい	ほぼ1	エミッタ接地と ほぼ同じ
電力増幅度	大きい	エミッタ接地より小さい	
入力電圧と出力電圧の位相関係	逆位相	同位相	
周波数特性	普通	エミッタ接地より良い	



$$I_B = I_E - I_C$$

$$I_E = I_B + I_C$$

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$$



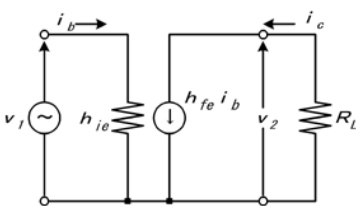
$$\alpha = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E}$$

$$I_B = I_E - I_C$$

$$I_E = I_B + I_C$$

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E - \Delta I_C} = \frac{\frac{\Delta I_C}{\Delta I_E}}{\frac{\Delta I_E}{\Delta I_E} - \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E}} = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

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



A_v : 電圧増幅度

A_i : 電流増幅率

A_p : 電力増幅率

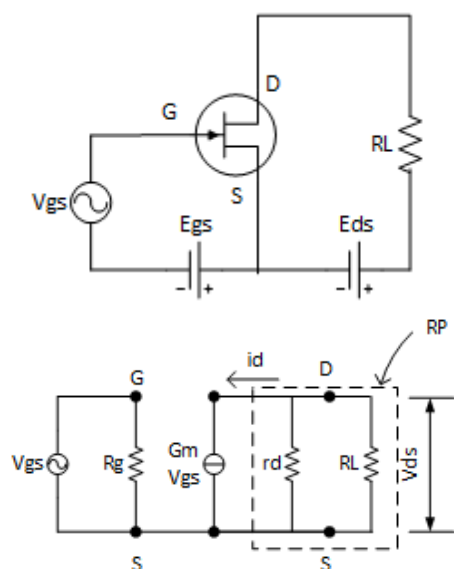
$$A_v = \frac{-V_2}{V_1} = -\frac{h_{fe} R_L}{h_{ie}}$$

$$A_i = \frac{i_c}{i_b} = \frac{h_{fe} i_b}{i_b} = h_{fe}$$

$$A_p = \frac{P_c}{P_b} = A_v A_i$$

FET

	ソース接地	ドレイン接地	ゲート接地
入力インピーダンス	高い	高い	低い
出力インピーダンス	低い	低い	高い
電圧増幅度	1より大きい	ほぼ1	ソース接地と ほぼ同じ
入力電圧と出力電圧の位相関係	逆位相	同位相	逆位相



$$A_v = \frac{V_{ds}}{V_{gs}} = \frac{i_d R_P}{V_{gs}} = g_m \times R_P$$

$$R_P = \frac{r_d \times R_L}{r_d + R_L}$$

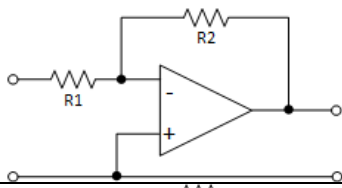
$$g_m = \frac{V_d}{V_{gs}}$$

A_v : 電圧増幅度の大きさ
 g_m : 相互コンダクタンス[S](ジーメンズ)
 V_{gs} : ゲート電圧[V]
 V_{ds} : ドレイン電圧[V]
 i_d : ドレイン電流[A]

$$r_d \gg R_L \text{ の場合 } \frac{1}{r_d} \gg \frac{1}{R_L}$$

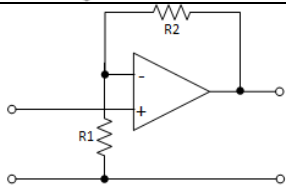
$$A_v = \frac{V_{ds}}{V_{gs}} = \frac{i_d R_P}{V_{gs}} = g_m \times R_L$$

OP アンプ増幅回路



反転増幅回路

$$A_v = \frac{V_2}{V_1} = \frac{R_2}{R_1}$$

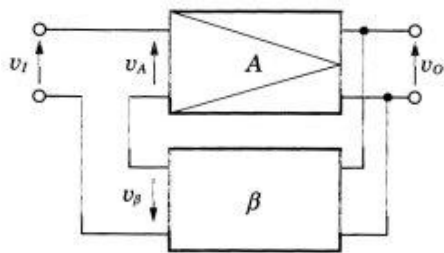


非反転増幅回路

$$A_v = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

負帰還増幅回路

直列注入 ● 入力インピーダンスが増加	並列注入 ● 入力インピーダンスが低下	
		並列（電圧）帰還 ● 出力インピーダンスは低下
		直列（電流）帰還 ● 出力インピーダンスは増加



増幅器 A の増幅度 $A = \frac{v_o}{v_A}$

増幅器 β の帰還率 $\beta = \frac{v_B}{v_o}$

$$v_i = v_A + v_B = v_A + \beta v_o = v_A \left(1 + \frac{\beta v_o}{v_A} \right)$$

負帰還回路全体の増幅度 A_F

$$A_F = \frac{v_o}{v_i} = \frac{v_o}{v_A(1 + A\beta)} = \frac{A}{1 + A\beta}$$

A_F

: 電圧増幅度

A

: 負帰還をかけないときの電圧増幅度

β

: 負帰率[%]

デシベル

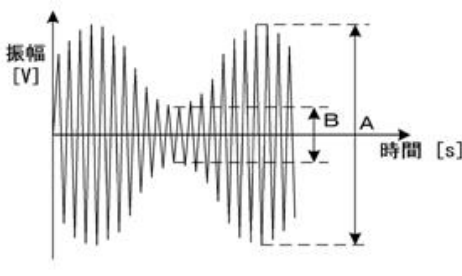
電力増幅度
 $G_{dB} = 10 \log_{10} G [dB]$

電圧増幅度
 $A_{dB} = 20 \log_{10} A_v [dB]$

電力非	デシベル
2	3dB
3	4.77dB
4	6dB
10	10dB
100	20dB

電圧非	デシベル
2	6dB
3	9.54dB
4	12dB
10	20dB
100	40dB

振幅変調



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

変調度 m

$$\begin{aligned} V_{AM} &= V_c(1 + m \cos pt) \cos \omega t \\ &= V_c \cos \omega t + m V_c \times \cos \omega t \times \cos pt \\ &= V_c \cos \omega t + \frac{m V_c}{2} \{ \cos(\omega + p)t + \cos(\omega - p)t \} \end{aligned}$$

振幅変調波の電力 P_{AM}

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

P_{AM} : 振幅変調波の平均電力[W]
 m : 変調度
 P_C : 搬送波の平均電力[W]

振幅変調波の電圧 E_M

$$E_M = E_C \sqrt{1 + \frac{m^2}{2}}$$

E_M : 振幅変調波の電圧(実効値)[V]
 m : 変調度
 E_C : 搬送波の電圧(実効値)[V]

送受信機回路用語

AFC	LC(自励)発振器などの発信周波数の安定度を良好にするための回路(Auto Frequency Control)
IDC	最大周波数偏移が規定値以内となるようにする働きをします。(FM 送信機)
AGC	DSB(A3E)受信機の入力レベルが変動しても、出力をほぼ一定にする回路を Auto Gain Control, AGC といいます。
ALC	音声入力レベルが高い部分でひずみが発生しないように増幅器の利得を制御する回路(Auto Level Control)
ディエンファシス	復調された信号派において、送信側で協調された高い周波数の成分を減衰させるとともに、高い周波数成分の雑音も減衰させ、信号対雑音比(S/N)を改善するための 積分回路 です。

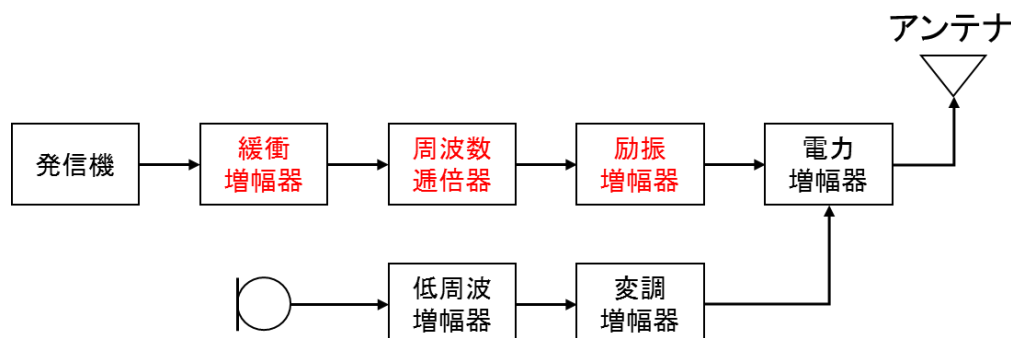
受信機

高周波増幅器	<ul style="list-style-type: none"> ● 選択度が向上する ● 映像周波数が軽減される。 ● 帯域フィルタ(BPF)として働く ● 受信機の感度が向上する ● 局部発振器の出力がアンテナから漏れるのを防ぐ
中間周波増幅器	<ul style="list-style-type: none"> ● 忠実度が向上 ● 近接周波数妨害を除去 ● 周波数特性は、平坦なことが望ましい ● 中間周波変成器には、復同調形が用いられる

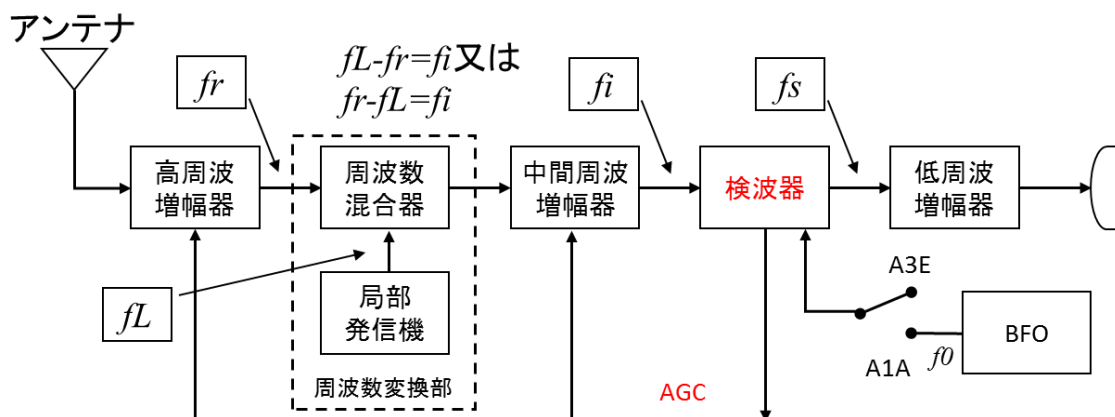
送受信機

AM

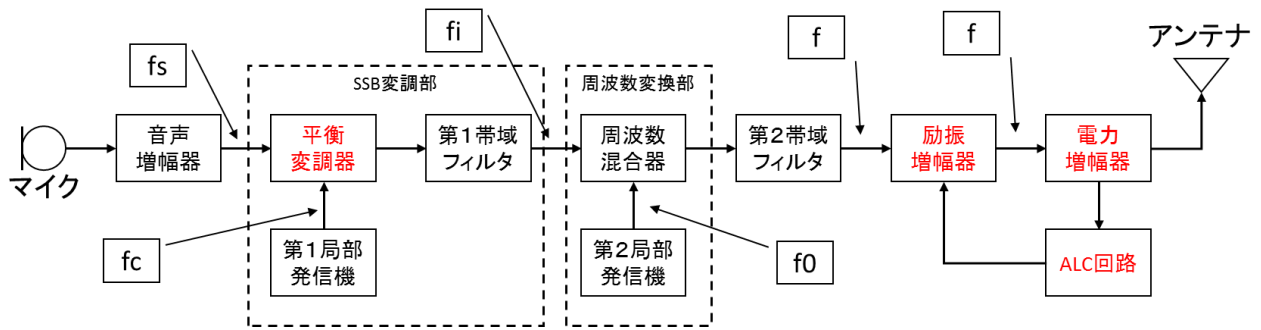
AM(A3E)送信機



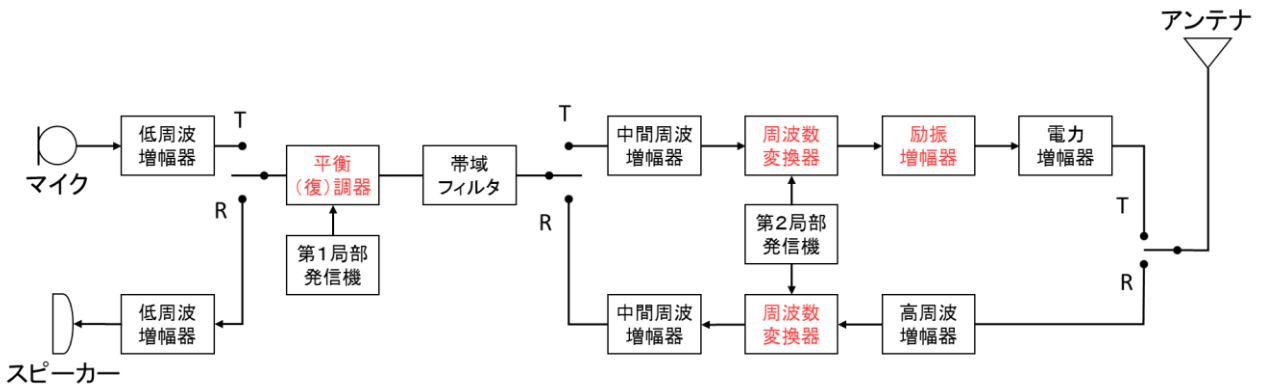
AM(A1A、A3E)受信機の構成例



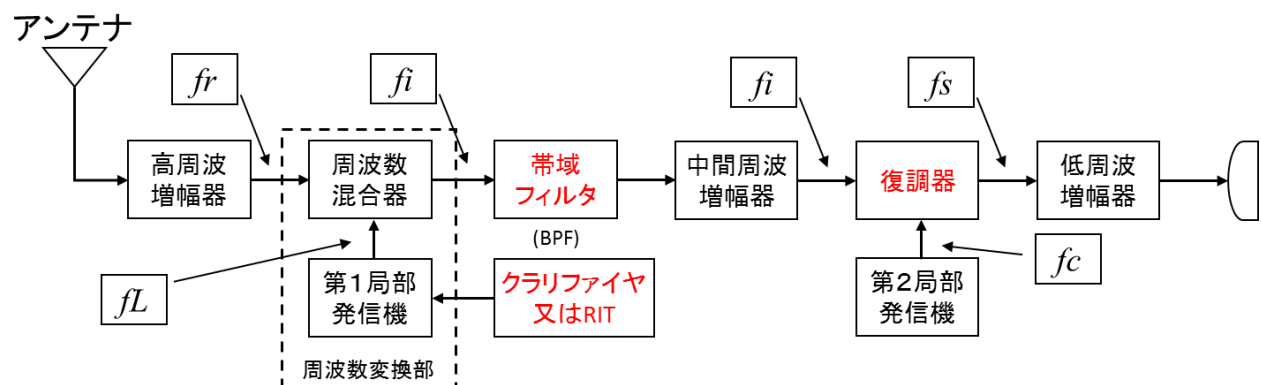
SSB(J3E)送信機



SSB(J3E)送受信機

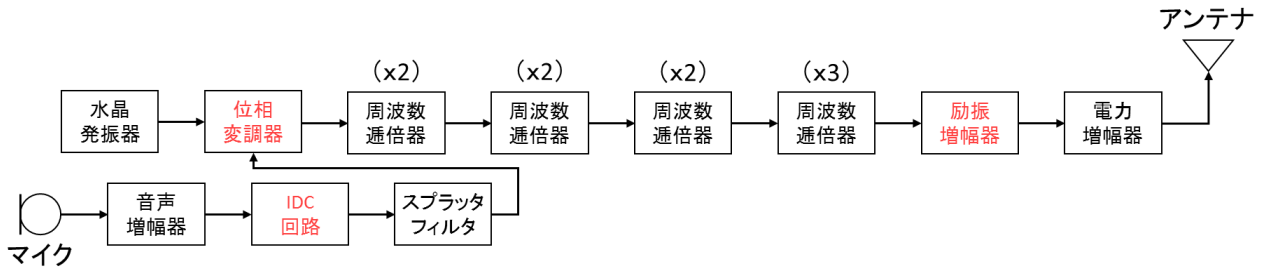
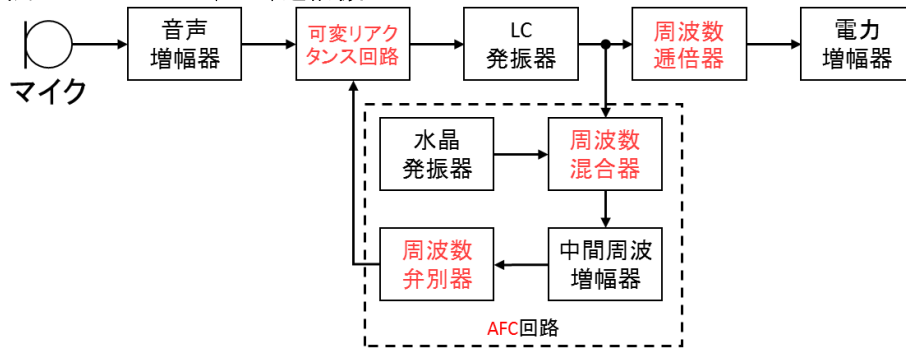


SSB(J3E)受信機の構成例



FM

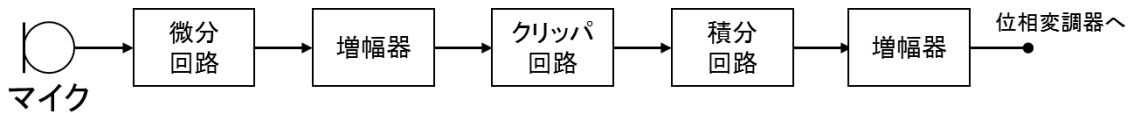
直接周波数変調方式による FM(F3E)送信機



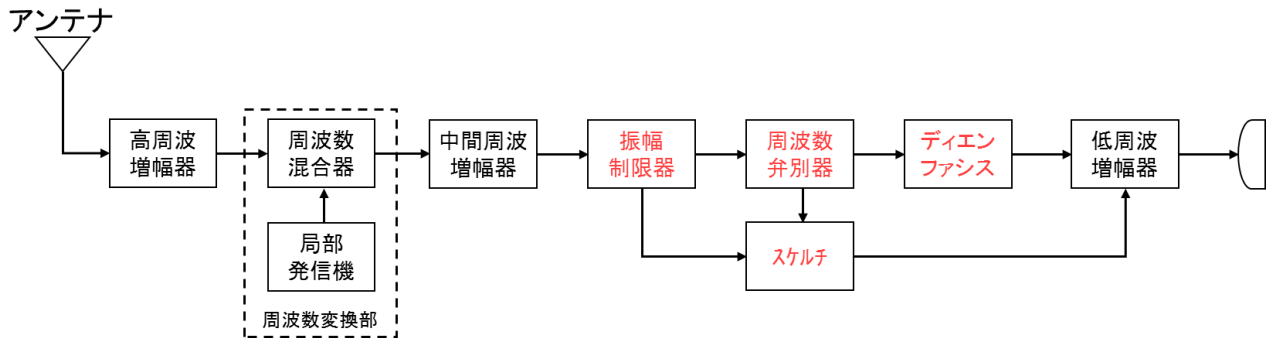
間接周波数変調方式による FM(F3E)送信機の構成例

※ IDC回路は、最大周波数偏移が規定値以内となるようにする働きをします。

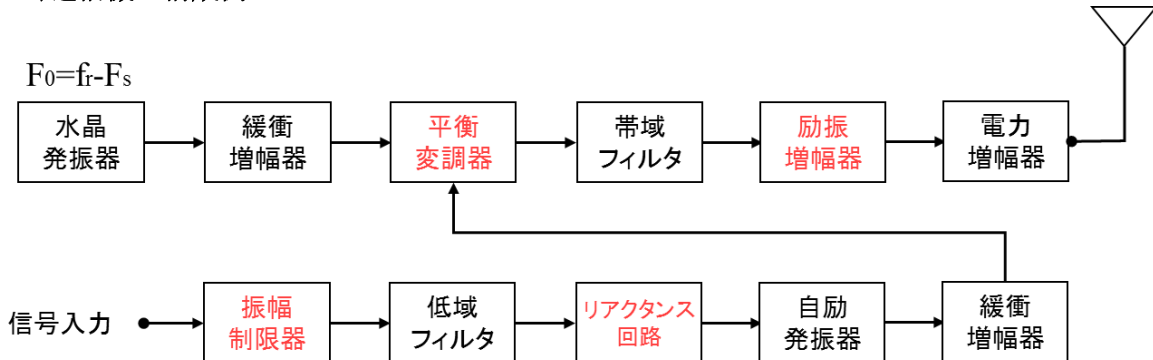
IDC回路の構成例



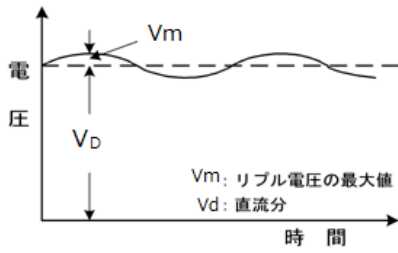
FM(F3E)受信機の構成例



FS(F1B)送信機の構成例



リップル率



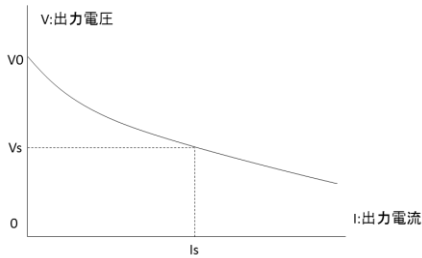
V_e は交流分の実効値

$$V_e = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

$$\gamma = \frac{V_e(\text{実効値})}{V_D} \times 100[\%]$$

γ :リップル率[%]
 V_e :交流分(リップル分)の実効値[V]
 V_D :直流電圧[V]

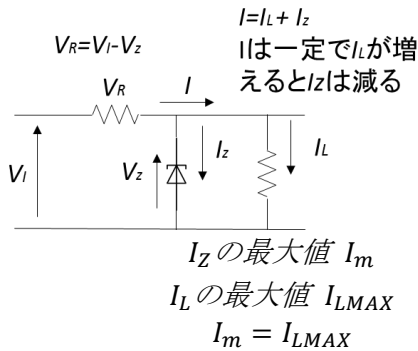
電圧変動率



$$\delta = \frac{V_0 - V_S}{V_S} \times 100[\%]$$

δ :電圧変動率[%]
 V_0 :出力電圧[V]
 V_S :負荷時の出力電圧[V]

定電圧電源

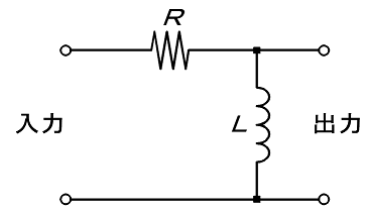
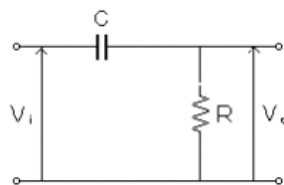


$$I_m = \frac{P_D[\text{許容電力}]}{V_Z[\text{ツェナーダイオードの定格電圧}]} [A]$$

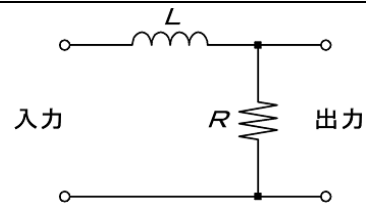
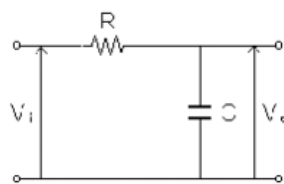
$$R = \frac{V_R}{I_m} = \frac{V_I - V_Z}{I_{LMAX}} [\Omega]$$

波形変換回路

微分回路



積分回路



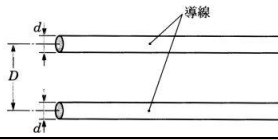
アンテナ

波長 λ [m]	電波の速度 c [m/s]、周波数 f [Hz]とした場合の波長 λ [m]	
	$\lambda = \frac{c}{f} \approx \frac{3 \times 10^8}{f} \text{ [m]} \quad \lambda \approx \frac{300}{f \text{ [MHz]}} \text{ [m]}$	
半波長ダイポール・アンテナ (1/2 波長)	$Z_D = R_r + jX = 73.13 + j42.55 \text{ } [\Omega]$	
垂直設置アンテナ (1/4 波長)	$Z_H = R_r + jX = 36.57 + j21.28 \text{ } [\Omega]$	
折り返し半波長ダイポール・アンテナ	約 292 Ω	
1/4 波長ホイップアンテナ	約 36 Ω	
スリーブアンテナ	73 Ω より少し小さい	
ブラウンアンテナ (グラウンドプレーンアンテナ)	約 21 Ω	
ロンビックンテナ	進行波アンテナ	
コリニアアレーナアンテナ	定在波アンテナ	
放射効率	$\eta = \frac{P_r}{P} = \frac{I^2 R_r}{I^2 R} = \frac{R_r}{R} = \frac{R_r}{R_r + R_l} \times 100\%$ <p> η : アンテナの放射効率[%] P_r : アンテナからの放射電力 P : アンテナに供給する電力 R_r : 放射抵抗[Ω] R_l : 損失抵抗[Ω] I : アンテナ電流 </p>	
利得	受信電界強度が同じ場合	$G = \frac{P_0}{P}$ $G_{dB} = 10 \log_{10} \frac{P_0}{P} \text{ [dB]}$ <p> G : アンテナの利得 G_{dB} : アンテナの利得のデシベル値 P_0 : 基準アンテナの電力 P : 試験するアンテナの電力 </p>
	送信電力が同じ場合	$G = \left(\frac{E}{E_0} \right)^2$ $G_{dB} = 20 \log_{10} \frac{E}{E_0} \text{ [dB]}$ <p> G : アンテナの利得 G_{dB} : アンテナの利得のデシベル値 E_0 : 基準アンテナからの電界強度[V/m] E : 試験するアンテナからの電界強度[V/m] </p>

電界強度[E] (相対利得/絶対利得)	絶対利得	$E = \frac{\sqrt{30G_I P}}{d} \quad [V/m]$ G_I : 絶対利得[dB] P : 放射電力(W) d : 距離[m]
	相対利得	$E = \frac{7\sqrt{G_D P}}{d} \quad [V/m]$ G_D : 相対利得[dB] P : 放射電力(W) d : 距離[m]
半波長ダイポール・アンテナの実効長		$l_e = \frac{\lambda}{\pi} \quad [m]$
受信アンテナの誘起電圧[V/m]		<p>アンテナに誘起する起電力 e、電界強度 E[V/m]</p> $e = E l_e \quad [V]$ e : アンテナに誘起する起電力[V] E : 電界強度[V/m] l_e : 実行長 [m]
スタック配置[G_{sdB}]		<p>M 段 N 列のアンテナが 1 本のアンテナに対して増加する利得 G_{sdB}</p> $G_{sdB} = 10 \log_{10}(M \times N) \quad [dB]$
ループアンテナの実効高[m]		$h_e = \frac{2\pi A n}{\lambda} = \frac{2\pi A n f}{3 \times 10^8} \quad [m]$ h_e : ループアンテナの実効高[m] A : ループ面の面積 [m ²] λ : 使用する電波の波長[m] n : 巻き数[n] f : 周波数[Hz]

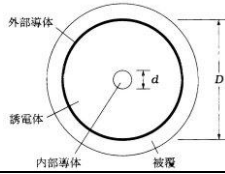
給電線

特性インピーダンス



$$Z_0 = 277 \log_{10} \frac{2D}{d} \quad [\Omega]$$

d [mm] : 導線の直径
 D [mm] : 導線の中心間の距離



$$Z_0 = \frac{138}{\sqrt{\epsilon_s}} \log_{10} \frac{D}{d} \quad [\Omega]$$

d [mm] : 中心導体の直径
 D [mm] : 外部導体の内側の直径
 ϵ_s : 誘電体の非誘電率

電圧反射係数

$$\Gamma = \frac{\dot{V}_r}{\dot{V}_f} = \frac{R - Z_0}{R + Z_0}$$

Γ : 電圧反射係数
 \dot{V}_r : 反射電圧[V]
 \dot{V}_f : 進行電圧[V]
 R : 受端の抵抗値

$$|\Gamma| = \sqrt{\frac{P_r}{P_f}}$$

Γ : 電圧反射係数
 P_r : 反射波電力[W]
 P_f : 進行波電力[W]

電圧定在波比(SWR)

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

$$S = \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{|\dot{V}_f| + |\dot{V}_r|}{|\dot{V}_f| - |\dot{V}_r|} = \frac{1 + \frac{|\dot{V}_r|}{|\dot{V}_f|}}{1 - \frac{|\dot{V}_r|}{|\dot{V}_f|}} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

$$P_f = \frac{|\dot{V}_f|^2}{Z_0} \quad [W]$$

$R > Z_0$ の時

$$S = \frac{R}{Z_0}$$

S : 電圧定在波比
 R : 受端の抵抗[Ω]
 Z_0 : 給電線の特性インピーダンス

$Z_0 > R$ の時

$$S = \frac{Z_0}{R}$$

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

真空中の電波の速度 c [m/s]とすると

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

ただし、 $c=2.99792458 \times 10^8 \approx 3 \times 10^8$ [m/s]

ϵ_0 : 真空の誘電率 / μ_0 : 真空の透磁率

誘電率 $\epsilon = \epsilon_s \epsilon_0$

透磁率 $\mu = \mu_s \mu_0$

電波の速度 $v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon \mu}} = 1/\sqrt{\epsilon_s \mu_s} c$

ϵ_s : 比誘電率

電波の伝わり方

地上での見通し距離	電波の見通し距離	$d = 4.12(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})$ d : 電波の見通し距離[km] h_1, h_2 : アンテナの高さ[m]
平面台地上の電界強度	E : 直接波と反射波の合成電界強度[V/m] E_0 : 直接波の合成電界強度[V/m] h_1, h_2 : アンテナの地上高 d : 送受信点間の距離[m]	$E = E_0 \frac{4\pi h_1 h_2}{\lambda d}$
電離層伝搬	最高使用可能周波数 (MUF)	$f_M = f_c \sec \theta$ [MHz] ($f_M = f_c \frac{1}{\cos \theta}$ [MHz]) $f_M = f_c \frac{1}{h} \sqrt{d_h^2 + h^2}$ f_M : 最高使用可能周波数[MHz] f_c : 電離層の臨界周波数[MHz] d_h : 電離層までの地上での距離[km] θ : 電離層への入射角 h : 電離層のみかけの高さ[km] d : 送受信点間の距離[km]
	最適使用可能周波数 (FOT)	$f_F = 0.85 \times f_M$ [MHz] f_M : 最高使用可能周波数[MHz] f_F : 最適使用可能周波数[MHz]

フェージング

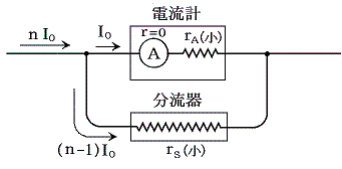
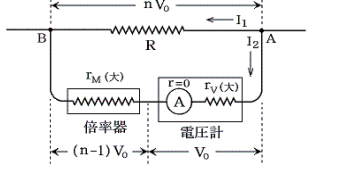
干渉性フェージング	送信点から放射された電波が2つ以上の異なった通路を通して受信点に達することにより、それぞれの電波の位相が変動し、合成電界強度が変動する。
K型フェージング	主に超短波(VHF)、及び極超短波(UHF)において、気象状況の影響で、大気屈折率の高さによる減少割合の変動に伴う、電波の通路の変化。
偏波性フェージング	地球磁界の影響を受けて楕円偏波となつて地上に到達する。時間とともに偏波が変わる。
跳躍性フェージング	電波が電離層を突き抜れたり、反射したりすることにより、電波が入感したり消滅したりする。
吸収性フェージング	<ul style="list-style-type: none"> ● 電離層における電波の第一種減衰が時間とともに変化するために生じる ● 電波がD層およびE層を突き抜けるときおよびF層で反射するときに減衰を受ける。
デリンジャー現象	太陽面での爆発によりX線、紫外線が下部電離層に異常電離を引き起こすため、太陽に照らされている地球の反面で通信が突然不良となる。数分から数十分継続する。D層を中心とする電離層での電子密度が急上昇し、電波の吸収が増加する。
ラジオダクト	上層の大気の状態が高温低湿、下層の大気はその逆(低温高湿)の状態になったとき、超短波(VHF 30MHz-300MHz)を見通し外の遠距離に伝搬伝搬。
同期生フェージング	変調波の全帯域が同じように変化するフェージング。AGCの動作が十分であれば相当軽減可能。
選択性フェージング	変調波の帯域の部分によってフェージングの状態が異なる。AGCの動作で

は軽減できない。電話(A3E)電波を受信するとき、忠実度が下がる

電波の強度に対する安全施設及び電波の強度の算出方法

電力束密度 [mW/cm ²]	S	: 電力束密度 [mW/cm ²]	$S = \frac{E^2}{3770}$
	E	: 電界強度 [V/m]	
電界束密度 [V/m]	P	: 空中線入力電力 [W]	$S = \frac{PG}{40\pi R^2}$
	G	: 空中線の主放射方向の絶対利得 (真数)	
	R	: 空中線からの距離 [m]	

測定

分流器		$R = \frac{r}{N-1}$
	R	: 分流器の抵抗 [Ω]
	r	: 電流計の内部抵抗
	N	: 測定範囲の倍率
倍率器		$R = (N-1)r$
	R	: 分流器の抵抗 [Ω]
	r	: 電流計の内部抵抗
	N	: 測定範囲の倍率
整流形電流計の指示値		$I_e = 1.11I_a$
	I_e	: 稼働コイル計電流計の指示値 (実効値)
	I_a	: 正弦波交流を全波整流した脈流電流の平均値
接地抵抗の測定		$R_1 = \frac{R_{12} + R_{13} - R_{23}}{2}$
	R_1	: 設置版の設置抵抗
	R_{12}, R_{13}, R_{23}	: 各端子間の抵抗値

簡易数値、公式

$\frac{1}{2\pi} = 0.16$	$\frac{1}{\pi} = 0.318$	$\frac{2}{\pi} = 0.637$
$\frac{1}{\sqrt{2}} = 0.707$	$\sqrt{2} = 1.41$	
$e = 2.716$		

虚数

$j = \sqrt{-1}$	$j^2 = -1$	$\frac{1}{j} = \frac{j}{j \times j} = -j$
-----------------	------------	---

対数

$\log_{10} 2 = 0.301$ (みかんをひとつ)	$\log_{10} 10 = 1$
$\log_{10} 3 = 0.4771$ (しなない)	$\log_{10} 100 = \log_{10} 10^2 = 2$
$\log_{10} 4 = \log_{10} 2 \times \log_{10} 2 = .. 0.6$	
$\log_{10} 5 = 0.6989$ (ごむくやく)	

三角関数

$\cos A \cos B = \frac{1}{2} \{ \cos(A+B) + \cos(A-B) \}$	$\sin A \sin B = \frac{1}{2} \{ \cos(A-B) - \cos(A+B) \}$
$\sin(A+B) = \sin A \cos B + \cos A \sin B$	$\sin(A-B) = \sin A \cos B - \cos A \sin B$
$\cos(A+B) = \cos A \cos B - \sin A \sin B$	$\cos(A-B) = \cos A \cos B + \sin A \sin B$