

< FM放送用受信機 (その2) >

次に、図 1 のFM受信機の構成回路に従い、これらの回路の働きの概況を説明しましょう。ラジオ(中波)放送用受信機でも見られる回路は、要旨の記述にとどめます。

代表的なFM放送受信機の回路構成例図1を再掲します。

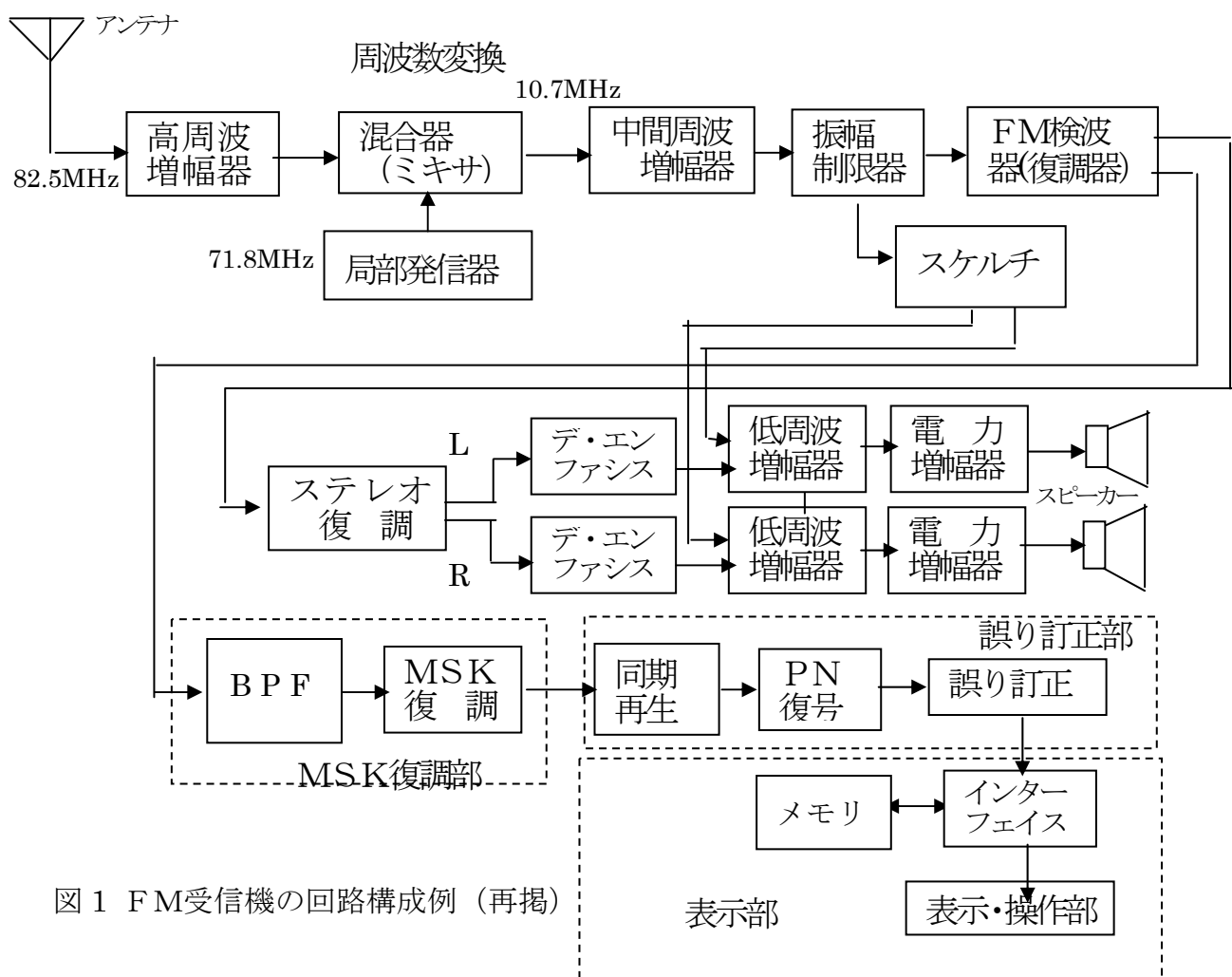


図1 FM受信機の回路構成例(再掲)

☆ 高周波増幅器

まず、アンテナで受信した電波を増幅する回路が高周波増幅回路です。特に、受信した電波が微弱な場合は、ここに低雑音増幅器を配置し増幅すると、感度が著しく向上します。また、なだらかな帯域特性（目的とする電波以外を抑圧する機能）をもっており、次の混合回路への不要な信号の伝達を軽減します。

つづいて、空間を飛び交っていた色々な周波数の信号の中から受信しようとする周波数の放送電波を同調回路にて選別し取り込みます。

なお、高周波増幅回路の隠れた役目として、アンテナから近隣への不要な電波の放射を抑える役目もあります。

☆ 周波数変換回路（局部発信器／混合器（ミキサ））

局部発信器と混合器（ミキサ）から構成されています。受信した電波を数 100 倍（40～50dB）に増幅するためには、受信した周波数のままでは非常に困難です。そこでスーパーヘテロダイン方式という受信しようとする全ての受信電波を、一旦、中間周波数という同じ周波数に変換し、共通の回路で大幅な増幅を実現しようというわけです。

そのためには、局部発信器で発生した局部発信周波数 f_L の信号と高周波増幅器から送られてきた受信電波の周波数 f_r の信号を混合器に入力し、ここで中間周波数の信号を作るのです。

FM受信機の局部発信周波数は、受信電波の中間周波数分だけ下側と決められており、また、中間周波数は 10.7 MHz と定められています。

例えば、NHK東京FM放送の f_r 82.5 MHz を受信しようとする場合、局部発信周波数 f_L は 71.8 MHz を発信し、混合器で

$f_L(71.8 \text{ MHz}) - f_r(82.5 \text{ MHz}) = 10.7 \text{ MHz}$ の中間周波数を発生させます。

混合器に 2 以上の周波数の信号が入ると、なぜ、各周波数の差の信号が発生するかは、前述のラジオ受信機（その 2）を参照してください。

☆ 中間周波数増幅器

この増幅器の目的は、まず、中間周波数の信号を次の検波器に復調可

能なレベルまで増幅して送り込むことです。また、中間周波数のみを増幅し通過させることにより隣接の不要な信号を除去するためのフィルターの機能やさらに受信した電波の強弱によって増幅度を自動的に可変して検波器への入力信号のレベルを一定に保つ、いわゆる、自動利得制御（AGC）機能もあります。

F M受信機の周波数ダイヤルを回したとき、目的の放送電波と目的外の電波との分離の度合いを表すのに、「選択度特性」があります。

図1にチャンネルプラン策定用受信機として定められている選択度特性を図示します。

この特性は、入力レベルを基準に±400 kHz 離調の妨害のレベルが 34dB 以下なら妨害の発生はなく、また、±200 kHz 離調の妨害のレベルが 14dB 以下なら妨害の発生はないという規定です。

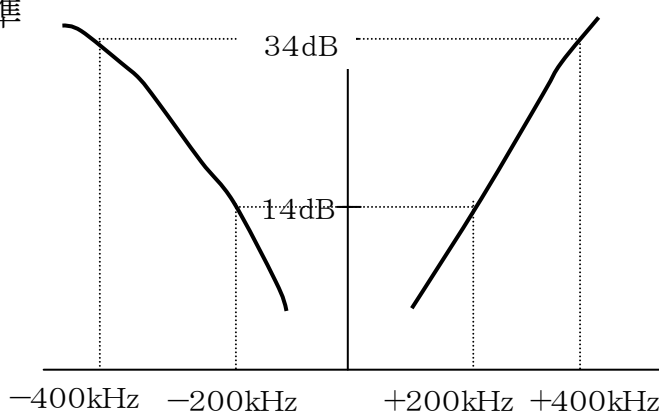


図1 離調周波数

☆ 振幅制限器

中間周波数増幅器の出力には、送信所からの伝ぱん経路等の状態により振幅の変化を受ける可能性があります。多くのFM検波器の出力には、程度は異なりますがFM信号の振幅の変化にも反応します。このため、振幅制限器を設け振幅変調による電圧変動分を取り除き、検波器には振幅が一定な完全な周波数変調電圧だけを送り込みます。

この様子を図2に示します。

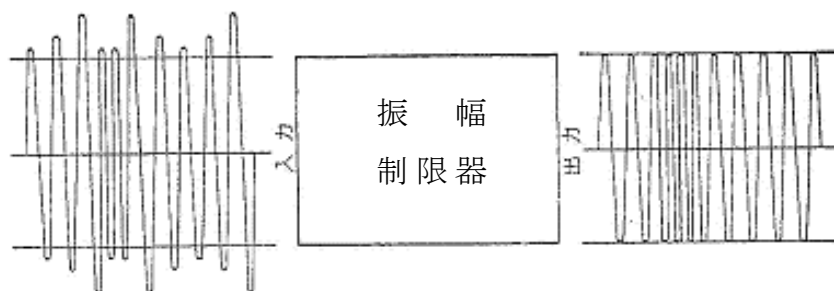


図2 振幅制限器の働き

入力の不揃いの信号は、振幅制限器を通過後は振幅は一定に揃えられています。

図3に振幅を揃えるための動作原理を示します。振幅制限器としては、このような入力電圧と出力電圧の特性曲線を持つ一種の増幅回路を使用します。出力がほとんど一定になる増幅曲線上の領域はBから始まってそれから右の領域です。入力電圧がBより左の領域では、一般的な増幅器として働きます。振幅制限器としてうまく動作させるためには、いつも振幅制限器はB以上で動作するように入力信号を十分増強しておく必要があります。

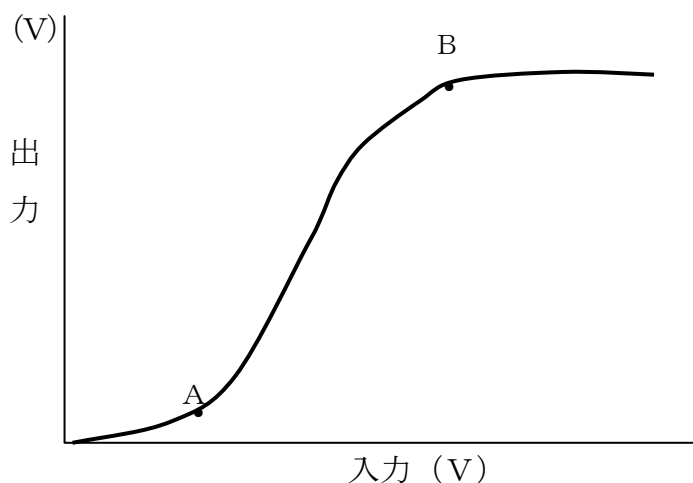


図3 振幅制限器の動作曲線

☆ FM検波器（FM復調器／FM弁別器）

中間周波数増幅回路で 不要な電波を除去し十分に増幅し、さらに、振幅制限器にて振幅変動分を矯正した高周波信号から、被変調波すなわち希望する音声信号ならびにFM多重信号を再生することを検波あるいは周波数弁別や復調といいます。

FM検波器には、ホスター・シーレー形検波器や比（レシオ）検波器等があります。

ここでは、振幅制限作用機能をも備えた比（レシオ）検波器の動作について簡単に説明します。

代表的な回路を図4に示します。

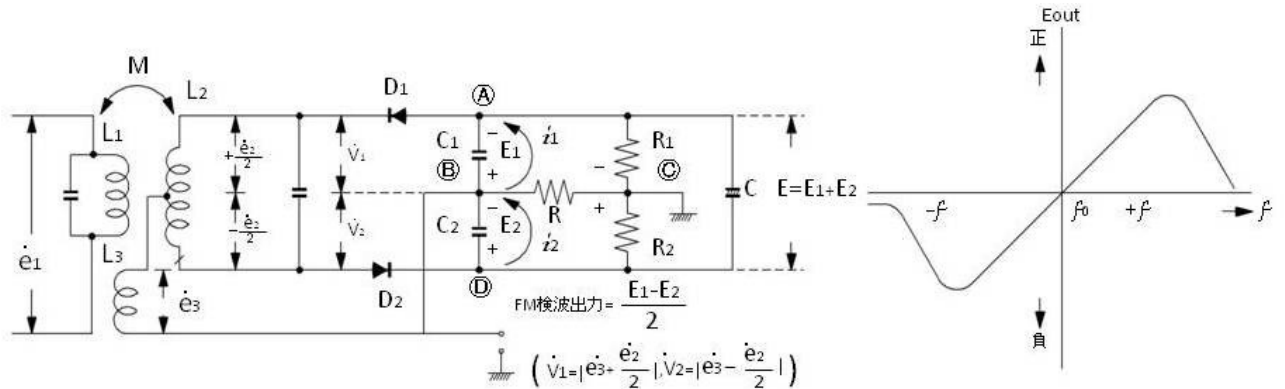
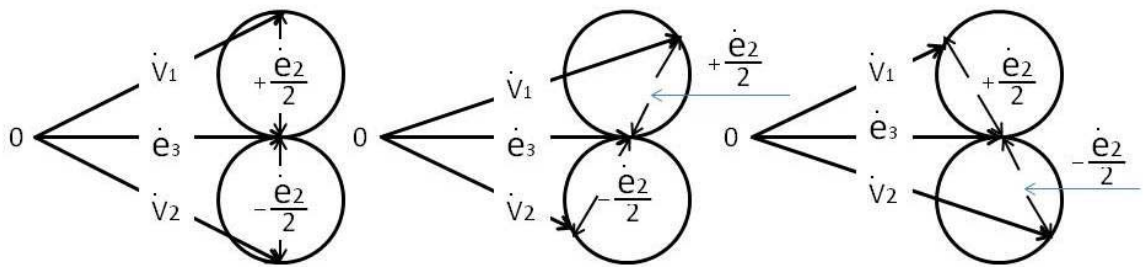


図4 比（レシオ）検波器回路図

この回路の特徴は検波出力は R_1 、 R_2 の midpoint から取り、振幅制限作用を持たせるため大容量のコンデンサが付いています。こうすることによって、衝撃的な振幅変化の早い雑音等に対して、出力電圧が変動しないようにしています。

入力端子に接続した検波トランス L_1 、 L_2 、 L_3 の電圧・電流の位相関係は、図5のようになりますが、ダイオード D_1 、 D_2 にはそれぞれ合成電圧 V_1 、 V_2 が加わり、直線検波された出力電圧は C_1 、 C_2 の両端の電圧 E_1 、 E_2 になります。



① $f = f_0$ のとき
 $\dot{V}_1 = \dot{V}_2$ 、 $E_{out} = 0$

② $f > f_0$ のとき
 $\dot{V}_1 > \dot{V}_2$ 、 $E_{out} > 0$

③ $f < f_0$ のとき
 $\dot{V}_1 < \dot{V}_2$ 、 $E_{out} < 0$

図5 比（レシオ）検波器回路の位相関係図

そして、負荷抵抗Rには、 E_1 と E_2 の差の $1/2$ の電圧がFM検波出力として取り出されます。

周波数変調された高周波信号がこの検波器に入力されると、変調信号がない場合は、周波数偏移が 0kHz ですので出力は図のS字カーブの中央になり出力電圧は 0 です。変調信号の大きさが+方向に大きい場合は、周波数偏移は+方向に大きく、すなわち周波数は高くなりますので、出力電圧はS字カーブの右の山部分に相当する+電圧になります。同様に変調信号の大きさが-方向に大きい場合は、左の谷部分の相当する-電圧になります。

このようにして、このFM検波器では高周波信号の周波数の偏移（変化）に対応した出力信号が得られます。

この動作を詳しく知りたい方のために、比（レシオ）検波器の動作の詳細を末尾に参考資料として掲載します。

[参考資料 もっと詳しく知りたい方のために]

図4、図5を再掲します。

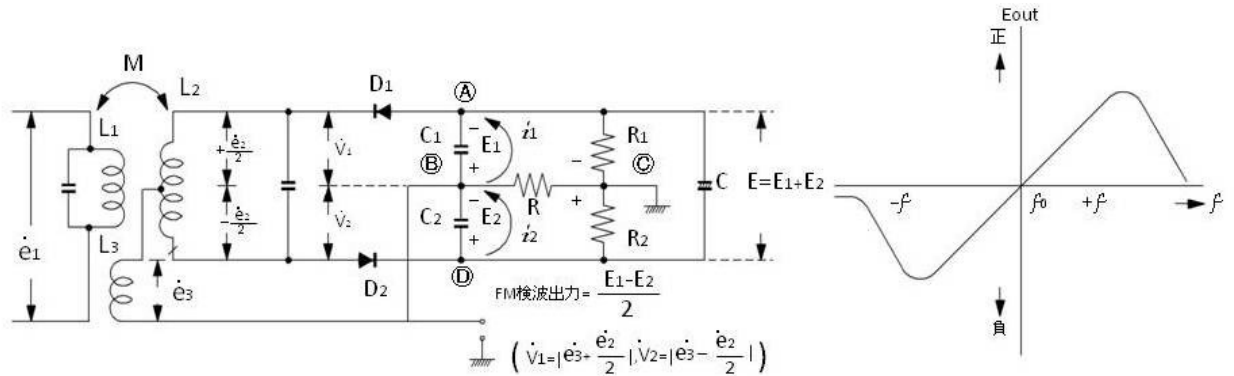
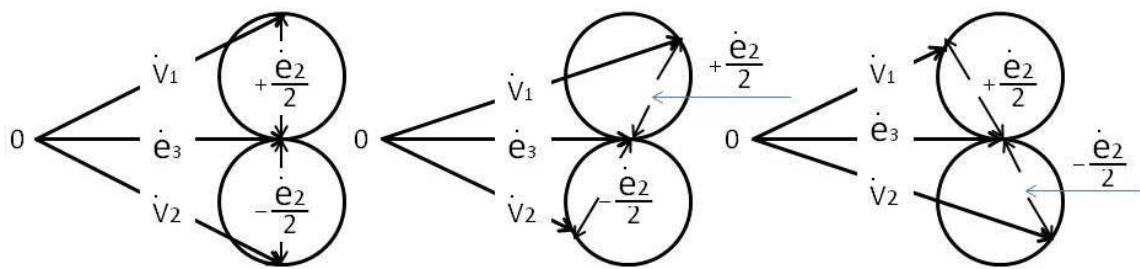


図4 比（レシオ）検波器回路図（再掲）



② $f = f_0$ のとき

$\dot{V}_1 = \dot{V}_2$, $E_{out} = 0$

② $f > f_0$ のとき

$\dot{V}_1 > \dot{V}_2$, $E_{out} > 0$

③ $f < f_0$ のとき

$\dot{V}_1 < \dot{V}_2$, $E_{out} < 0$

図5 比（レシオ）検波器回路の位相関係図

FM検波出力を取り出すまでの回路動作を式で表すと次のようになります。

負荷の各端子間の電圧関係から

$$\left. \begin{aligned} E_1 &= E_{BC} + E_{CA} \\ E_2 &= E_{DC} + E_{CB} \end{aligned} \right\} \text{-----} \quad (1)$$

また、 R_1 と R_2 が等しい値ですので

$$E_{CA} = E_{DC} = \frac{E_{AD}}{2} = \frac{E_1 + E_2}{2} \quad (2)$$

となります。(2)式を(1)式に代入して、端子[B]～[C]間の電圧 E_{BC} ま

たは E_{CB} を求めますと

$$E_{BC} = E_1 - \frac{E_1 + E_2}{2} = \frac{E_1 - E_2}{2}$$
$$E_{CB} = \frac{E_1 + E_2}{2} - E_1 = - \left[\frac{E_1 - E_2}{2} \right]$$

となります。 E_{BC} と E_{CB} は、極性が逆ですが、その絶対値がFM検波器出力電圧 E_{out} となりますから

$$E_{out} = \eta \left| \frac{E_1 - E_2}{2} \right| \text{-----} \quad (3)$$

で表すことができます。

ここで、 η は、検波効率といって回路の各部品の数値によって決まる定数です。

FM検波回路への入力信号の周波数 f に対する動作は、図5から、たとえば、 f が2次側の同調周波数 f_0 と等しい場合、ダイオード D_1 に加わる電圧 $\dot{V}_1 = |\dot{e}_3 + (\dot{e}_2/2)|$ と、ダイオード D_2 に加わる電圧 $\dot{V}_2 = |\dot{e}_3 - (\dot{e}_2/2)|$ が等しく、これに比例した直流出力 $E_1 \cdot E_2$ も等しくなります。したがって、(3)式から E_{out} は零になります。

$f > f_0$ では、 $V_1 > V_2$ となりますので、 $E_1 > E_2$ から E_{out} は正になります。

逆に、 $f < f_0$ のときは、 $V_1 < V_2$ となり、 $E_1 < E_2$ から E_{out} は負になります。

なお、ダイオード D_1 、 D_2 の接続を逆にしますと、 E_{out} の極性が逆になり、FM検波特性(S字特性)も逆になります。