

受信機の回路 2

大井脩三

第 1 章 同調回路 (つづき)

第 2 節 複回路同調法

先月号¹(第 1 節) に於て述べた単回路同調法は、選択性が悪く混信を生じ易いのであまり実用にはならない。それで一般の受信機には、空中線回路と同調回路とを別にしたところの、所謂複回路方式が多く用いられる。

以下これにつき述ることとする。

1. 複回路同調法の動作

第 1 図は、一般に最も多く採用されている複回路同調方式であつて、 L_1 を空中線コイル又は一次コイル、 L_2 を同調コイル、又は二次コイルといい、これ等は電磁的に結合されて、一種の高周波変成器を形作つている。そしてこの回路の等価回路を画けば、第 2 図のようになる。図に於て L_a 、 C_a 、 R_a は、それぞれ空中線インダクタンス、空中線キャパシター、空中線抵抗であつて、 M は、 L_1 と L_2 間の相互インダクタンス、 R は二次コイルの実効抵抗である。

次に、この回路の動作を説明してみると、今、到来電圧によつて空中線に誘起された空中線入力電圧を e_1 ボルトとすれば、この電圧によつて空中線回路には、図示のように空中線電流 (I_1 アンペア) が流れる。これを式で表せば、

$$I_1 = \frac{e_1}{Z_a} \quad (1)$$

となる。上式の Z_a は空中線自体のインピーダンスと受信機の A、E 端子から受信機側を見たところのインピーダンスとの和である。

このようにして空中線電流 I_1 が空中線コイル L_1 内を通ずれば L_1 内に交番磁束を生じ、これが L_2 と鎖交するため、 L_1 と L_2 との相互誘導作用によつて、 L_2 、 C 等より成る二次側共振回路に誘起される電圧 (e ボルト) は

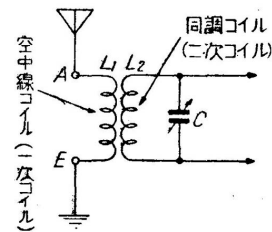
$$e = 2\pi f M I_1 \text{ ボルト} \quad (2)$$

となる。但し f は電波の周波数、 M は一次、二次コイル間の相互インダクタンスである。

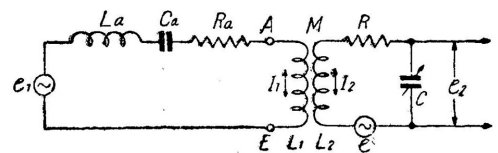
そこで、同調可変コンデンサー C を調節して同調を行えば、 C の端子電圧 e_2 は、二次回路に誘起した電圧 e の数十倍となるが、この値は、二次コイル L_2 の Q に比例し、

$$E_2 = e \times Q \text{ (ボルト)} \quad (3)$$

となる。故に、 e_2 を大きくして、検波管に加はる入力電圧を高めようとするには、この Q を出来るだけ大きくするように工夫することが必要である。また、この Q が大なる程共振曲線は尖鋭となつて選択性が良くなるものである。



第 1 図



第 2 図

¹ 『無線と実験』1947年8月号

2. Q の意味と単回路方式と複回路方式との比較

最近では、同調回路の良否を検討する場合に上述の如く Q という言葉を多く用いるから、先づこれについて説明し、しかる後に単回路方式と複回路方式とを比較しよう。

Q とは Quality factor の略字で、コイルの良否を表す場合の言葉である。今、第 3 図のような共振回路に於て、可変コンデンサー C を調節して電源の周波数 f に回路が共振した場合は、コイルのリアクタンスとコンデンサーのリアクタンスとは等しくなるため $(2\pi fL) \sim \left(\frac{1}{2\pi fC}\right)$ は零となり、回路には実効抵抗 R のみが存在する状態となつて、回路を通ずる電流 I は、 $I = \frac{e_1}{R}$ で最大となる。

然して、この最大電流 I がコイル及びコンデンサーを通ずるために、コイル端の電圧 E_L は

$$E_L = I \times X_L = \frac{e_1}{R} \times 2\pi fL \quad (4)$$

となり、またコンデンサー端の電圧 E_C は

$$E_C = I \times X_C = \frac{e_1}{R} \times \frac{1}{2\pi fC} \quad (5)$$

となる。そしてこれ等の端子電圧は値が等しく、最初回路に加えられた電源電圧 e_1 の数倍乃至数十倍となつて現れるのである。

故にこの場合、 $E_L = e_2$ として、 e_2 と e_1 との比をとれば

$$\frac{e_2}{e_1} = \frac{2\pi fL}{R} \quad (6)$$

となる、この (6) 式の $2\pi fL/R$ を Q というのである。故に

$$Q = \frac{e_2}{e_1} \quad (7)$$

となり、更にこの式を変化すれば

$$e_2 = Qe_1 \quad (8)$$

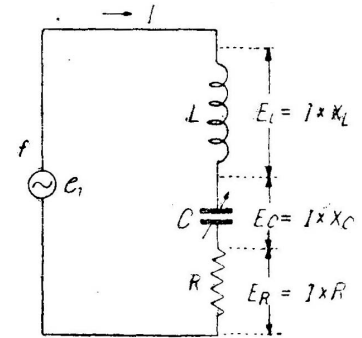
となる。上式でも判るように、同調回路が、入力電圧の周波数に共振している場合のコイル、又はコンデンサーの端子電圧は入力電圧 e_1 を Q 倍しただけ昇圧したこととなり、この Q の値が大きい程、共振曲線は尖鋭となるから、増幅度が大きくなり、選択性も増すわけである。

放送周波数範囲では、共振回路の Q は大体コイルの Q と見てよいから、同一のインダクタンスを有するコイルでも Q の大きい程良いコイルとなるわけである。そして、この Q は (6) 式に示すようにコイルのリアクタンス ($2\pi fL$) とコイルの実効抵抗 (R) との比であるから、インダクタンス及び周波数が定まっているときは、 Q はコイルの実効抵抗に逆比例するわけである。このコイルの実効抵抗とは (イ) 導線の抵抗、(ロ) 高周波電流が銅線を一様に流れないための抵抗の増加 (これを表皮作用という)、(ハ) 巻枠及び被覆に用いられた誘電体による抵抗の増加、(ニ) 遮蔽缶その他接近した金属体による抵抗の増加等である。

一般に、放送聴取用受信機では、同調コイルの Q は 75 乃至 150 程度であると考えてよい。

さて、第 1 節で述べたところの単回路同調法は、何故に選択性が悪いかというと、これは、空中線コイルの一端が接地されていて、回路中に大きな接地抵抗が含まれているため、結局コイルの実効抵抗が増加して Q が小さくなり同調が鋭敏に行はれないからである。

しかるに、複回路同調法では、同調回路が空中線回路から独立しているため、空中線コイルと同調コイルとの結合度を適当にすれば、 Q を大きくすることが出来て、選択性良好となるのである。

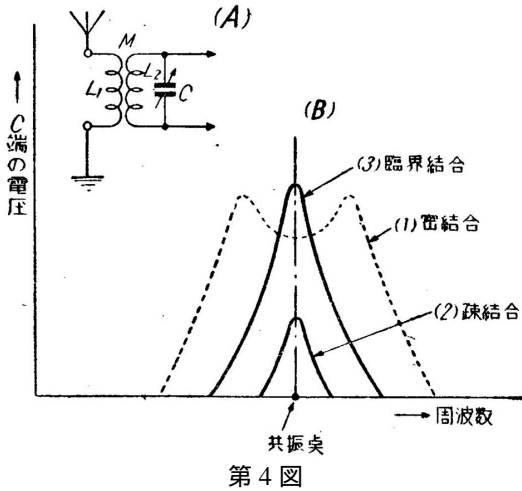


第 3 図

3. 低インピーダンス空中線コイルを用いた場合

第1図のような結合の複回路方式に於て L_1 のインダクタンスを $10 \sim 30 \mu\text{H}$ として、空中線回路の共振周波数を受信周波数帯の上方に置く方法と、 L_1 に 1mH 位の大きなものを使用して空中線回路の共振周波数を受信周波数帯の下方に置く方法とがある。この場合前者を低インピーダンス空中線コイルといい後者を高インピーダンス空中線コイルという。そして一般の受信機には、このうちの低インピーダンスのものが多く用いられているから、先づこの方法から検討して見よう。

現在我が国に於て標準空中線として取扱はれている高さ 8m 水平部 12m の逆L型空中線は $L_a = 14 \mu\text{H}$ 、 $C_a = 150 \mu\text{F}$ 、 $R_a = 50 \Omega$ である。



今、この空中線を使用して、第4図のような複回路とし、 L_1 に数10マイクロヘンリ程度の低インピーダンスコイルを用いたときを考えてみると、この場合一次回路 (L_1) と二次回路 (L_2) の結合を密にする程、一次回路から二次回路に誘起される電圧が大となり感度が増大するわけであるが、しかし、これには或る限度があつて、余りこの結合を密にし過ぎて、 L_1, L_2 間の相互インダクタンス M を大きくすると、一次回路の負荷効果のために二次回路の抵抗が増加したこととなり、これがため二次回路の Q が小さくなって同調可変コンデンサーの端子電圧が低くなり、感度が低下するばかりでなく、選択性も悪くなる。更に一層密結合とした場合は、第4図(B)の(1)の曲線のように共振点の周波数を中心としてその左右に二つの共振峰を生じ、このために受信周波数帯にずれを生じ、同調ダイヤルが周波数目盛となつているときは、ダイヤル

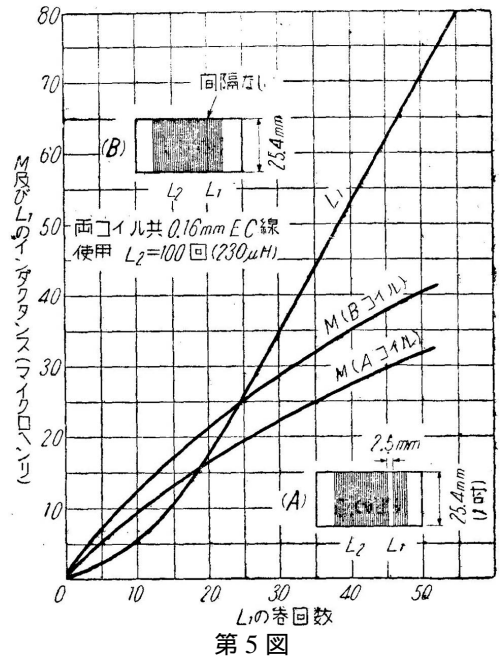
の目盛と実際の放送電波の周波数とが合はぬし、又受信周波数帯の両端に於て希望電波の受信が出来ぬようになる外、高周波増幅附加の受信機やスーパーヘテロダイン受信機等で単一調整を行つているようなときは、空中線の大小によつて調整に狂いを生ずるようなこともある。

今度は、これと反対に一次回路と二次回路との結合を疎にし過ぎると第4図(B)の(2)のような共振曲線となり、同調は鋭敏に行われて選択性は良くなるが、 M が小さくなるため、二次回路に誘起される電圧が小さくなって感度が悪くなるのである。

故に、以上の諸点を考慮に入れて、その受信しようとする周波数に対して結合度を適当に定むべきであつて、この最適結合を臨界結合といい、一次回路と二次回路をこの臨界結合とした場合の共振曲線は第4図(B)の(3)で示すような尖鋭なものとなる。

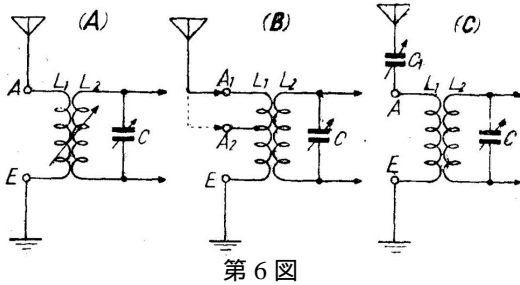
次に、上記のような標準空中線を用いたときの臨界結合に於ける M の値を計算によつて求めて見ると約 $21 \mu\text{H}$ となり、この場合の L_1 の巻回数と相互インダクタンスの関係を図示すれば、第5図のようになる。

即ち、図は直径 25.4mm (1 吋) の円筒に 0.16mm エナメル線を L_2 として 100 回巻いた場合であつて、たとえば、(A) コイルのように L_1 と L_2 の間隔を 2.5mm としたとき、 M の値を $21 \mu\text{H}$ とするには、 L_1 を何回とすればよいかを調べてみると、点線をたどつて約 26 回となる。更にこの 26 回巻いた場合のインダクタンスは $25 \mu\text{H}$ となることが判る。



4. 一次回路の結合度を変える方法

上述のように二次回路(空中線回路)と二次回路(同調回路)間には最適の結合度即ち臨界結合度があり、この結合度が得られれば、一次回路による負荷効果のために二次回路の Q の低下も殆んどなく、従つて、感度と選択性を良好にすることが出来るのである。



第6図

しかし、実際に使用されている空中線は多種多様であつて、その電氣的定数も異なるから、これに応じて、 L_1, L_2 間の結合度を多少変化することが必要であつて、このために種々の方法が行われているが、その代表的なものを挙げれば第6図(A)(B)(C)に示すようなものがある。

このうち、図の(A)は L_1, L_2 にスパイダーコイルのようなものを用いて L_1, L_2 の間隔を加減して結合度を変えるか、又はバリオメーターを使用して L_1 を L_2 内で回転し、その回転角度の変化によつて結合度を変化するようにするのである。

(B)は最も多く用いられている方法であつて、空中線の長短に応じて L_1 のタップを切替えて適当に結合度を変化する方法である。

(C)は、空中線回路と直列に $C_1(200\mu\text{F}$ 内外)をつなぎ、一次回路のインピーダンスを変えて適当な結合度を得ようとする方法である。

5. 電灯線空中線を用いた場合

現在では資材の入手難、その他の関係で正規の空中線を架設することが困難な為、電灯線空中線を使用する向が非常に多くなつて来たようである。

この電灯線空中線の1例は、第7図の如く交流受信機の場合、空中線を使用せずに、空中線端子(A)にアース線を接続し、電灯線に誘起された高周波電流が電源トランスの一次線と二次線間の静電容量を通じて空中線コイル L_1 のアース側から空中線端子に流る方式である。

電灯線空中線は、上記の如く空中線を架設する必要が無いので手数と費用が省けて便利ではあるが、次のような欠点がある。

- (1) 一般の空中線と比較して感度が悪く選択性が劣ること
- (2) 再生検波の受信機に於ては、再生作用を効かせ難いこと
- (3) 雑音が多いこと

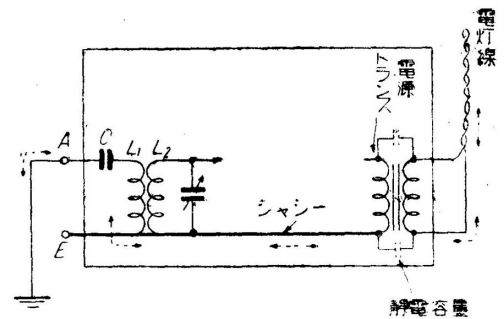
等であるが、次にこのうち(1)と(2)の原因と対策に就て述べてみよう。

先づ(1)の問題は、吾々が日常^{しばしば}経験するところであつて、^{たしか}確かに電灯線空中線を用いると、正規の空中線を用いたときよりも、選択性が悪く混信を生じ、又感度も劣る場合が多いのである。その理由は、前述のように一般の空中線では抵抗が 50Ω 程度であるのに電灯線空中線では 300Ω 位となる、^{しか}而もリアタンス部分が電灯線空中線は、一般の空中線よりも小さい為、そのインピーダンスが著しく低下する場合が多いのである。

この為、電灯線空中線を使用する場合に一般の空中線を用いた時と同様に M を定めて置くとインピーダンスが低いので、二次側と与える負荷効果が非常に大きく、その為二次回路の抵抗が増加したこととなり、回路の Q が小さくなつて、選択性と感度が低下するようになるのである。

それ故に、この対策としては、第7図の如く、空中線コイル L_1 と直列に蓄電器 $C(200\mu\text{F}$ 位)を挿入し、空中線回路のインピーダンスを大きくしてやれば良いのである。

次に、(2)の問題は、これも(1)の問題と同様空中線回路のインピーダンスが低いために、二次回路の抵抗増加によつて再生作用が起き難くなるのであるから、 L_1 と L_2 の間隔を遠ざけるとか、 L_1 に直列に蓄電器を挿入するとかする。又再生コイルの巻回数を多くすることや、再生用コンデンサーの容量を大きくすることなども一つの方法であらう。



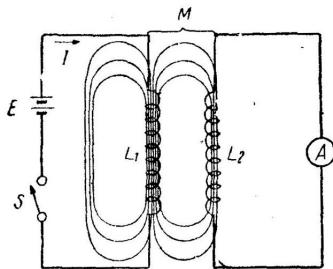
第7図

6. 高インピーダンス空中線コイルを用いた場合

1mH 程度の蜂巣^{ハニカム}コイルを空中線コイルとして使用する場合は、空中線回路のインピーダンスが大きくなるから、上記の低インピーダンスコイルを用いた時のように、二次回路に及ぼす負荷効果の影響が少く、このために、空中線の大きさが変化しても受信周波数帯にずれを生ずることが無いから、高級受信機で単一調整を行ふような場合に屢々用いられている。

第 8 図 (A)(B) は、 L_1 として 1mH 程度のコイルを用いた場合を示すものであつて、(B) 図のように L_1 を L_2 の高圧側におくと、 L_1, L_2 間の静電容量のために、容量による結合も考えなければならないこととなるから注意を要する。

術語の解説

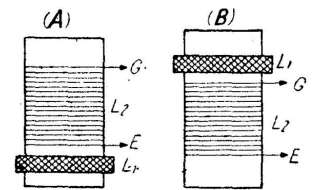


第 9 図

相互インダクタンスとは 第 9 図のように L_1 と L_2 を接近させ、スイッチ S を開閉して L_1 内に時間的に変化する電流を通ずれば、これによつて生ずる磁束の変化が L_2 と鎖交するために L_2 内に起電力を誘発し電流が通ずるようになる。これを相互誘導作用という。そしてこの相互誘導の度合は L_1 と L_2 との接近距離、巻回数、大きさ、空間の物質等によつて異なるものであつて、その程度を現すものを相互インダクタンスといい、記号に M を用い、単位には自己インダクタンスと同様ヘンリを使用する。

表皮作用とは ある導体を高周波電流が流れる場合は直流の如く、導体の断面に一様に分布して流れず、導体の表面を流れる傾向がある。従つて直流を流す場合細い線を使用すれば抵抗が増大すると同様、高周波電流に対して抵抗分が増大し、恰も導体が抵抗体^{あたか}の如き働きをするようになる。この現象を表皮作用という。

(『無線と実験』1947年9月号。旧漢字は新漢字に変更した。仮名遣いは原文のまま。読みにくい漢字には振仮名をつけた。)



第 8 図