発振回路の解析

佐藤 武治・大島 静夫

Analysis of Oscillators

Takeji SATO and Shizuo Ohshima

（昭和49年10月31日受理）

1. まえがき

発振回路を帰還回路と同じように取扱って，その入力インピーダンスの値が負値をとることから，その発振を解析するという考え方は，ほとんどとられていない。これまでの発振回路の取扱いの大部分は，電圧増巾度 $\dot{A}$ なる増巾回路における電圧伝送比 $\dot{B}$ なる反結合回路を考え

$$\dot{A}\dot{B}=1 \qquad (1)$$

をもって，その回路の発振条件としている。

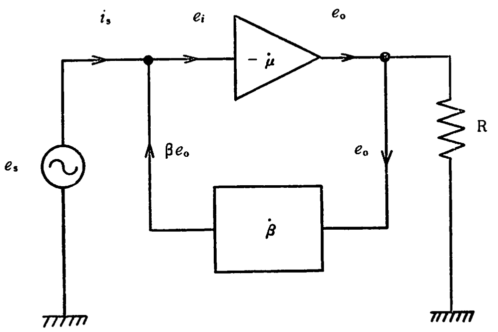
本論文はこれまでのかかる解析の方法とは異なった角度から，発振回路へのアプローチを試みたものであり，あらゆる発振回路をその入力インピーダンスの負値なることから把えようとし，まず試みとしてCR回路について検討し，明確な結論が得られたので報告する。

2. 帰還回路の一般理論

図1は帰還増巾回路を示したものであり，この場合，μ 増巾器の入力インピーダンスを $hi>0$，出力インピーダンス Z_0 を無限大と仮定する。複素数 $\dot{\beta}$ を考え，$\dot{\beta}$ 回路を含まない増巾回路の電流利得を μ とすると，図1から次式が得られる。

$$e_0=-\mu i_s h_j \qquad (2)$$

$$i_s=\frac{\beta e_0+e_s}{h_i} \qquad (3)$$



図—1 帰還増巾回路

$$=\frac{-\beta\mu h_i i_s+e_s}{hi} \qquad (4)$$

$$Zi=\frac{e_s}{i_s} \qquad (5)$$

式(5)に式，(2)，(3)，(4)を代入して整理すると，

$$Zi=hi(1+\mu\beta) \qquad (9)$$

となる。

この式は帰還増巾回路の電圧増巾度として，

$$G=\frac{\mu}{1-\mu\beta} \qquad (7)$$

で示される式に極めて類似しており

$$G\gtrless 0 \qquad (8)$$

にしたがって，負帰還と正帰還の解析に式(7)は使用されるが，ここでは特にこのことについては触れない。

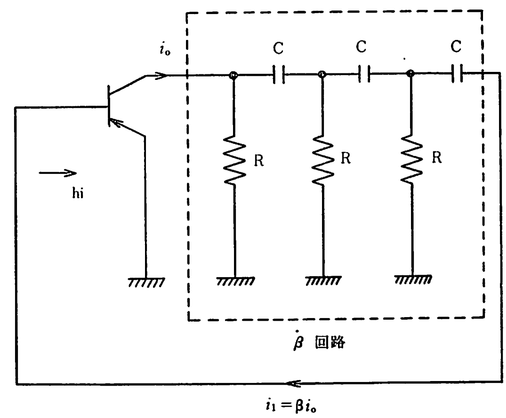
3. トランジスタCR発振回路

コンデンサCと抵抗Rの組合せを用いたCR発振回路には多くの種類があるが，ここではまず図2に示した回路について考察する。

任意の角周波数を ω とし，

$$y=\frac{1}{\omega CR} \qquad (9)$$

とおけば，



図—2 CR発振回路

$$\dot{\beta}=\frac{1}{(1-5y^2)-jy(6-y^2)} \quad (10)$$

が得られる。

$$Zin=hie(1+\mu\beta)$$

$$=hie\{1+\frac{\mu}{(1-5y^2)-jy(6-y^2)}\}$$

$$=\frac{hie}{\varDelta}\{y^2(6-y^2)^2+(1-5y^2)^2+\mu(1-5y^2)\}$$

$$+j\frac{hie}{\varDelta}\{\mu y(6-y^2)\} \quad (11)$$

$$=h_R+jhi \quad (12)$$

ただし

$$\varDelta=(1-5y^2)^2+y^2(6-y^2)^2$$

$$h_R=\frac{hie}{\varDelta}\{(1-5y^2)^2+y^2(6-y^2)^2+\mu(1-5y^2)\}$$

$$hi=\frac{hie}{\varDelta}\{\mu y(6-y^2)\}$$

CR発振回路を今の場合，帰還増巾回路の1例として取り上げその入力インピーダンスが負値なることから，発振振回路を解析しようと試みた。したがって振動がビルドアップするための条件としては，

$$h_R\leqq 0 \quad (13)$$

すなわち

$$\mu(1-5y^2)\leqq 0 \quad (14)$$

なることが十分条件となる。

4. 考　　察

式(11)は複雑な形であるから，これを詳細に解析するには，それなりの計算は必要と思うが，この回路が発振するかどうかを Zin の式から検討してみると，その代表周波数として，$y=0$, $\sqrt{6}$, $1/\sqrt{5}$, ∞，があげられる。しかしながら，この場合の発振周波数は，

$$\omega=\frac{1}{CR\sqrt{6}} \quad (15)$$

で与えられ，$\mu\geqq 29$ なることが確められている。トランジスタとしては，このような移相回路の損失を補償し得る電流利得さえあればよいから，計算上は $h_{fe}\geqq 29$ が発振条件である。そこで我々の解析した結論を，これらの数値により，たしかめてみると $y^2=6$ なることから虚数部分が消え，この条件を Zin の実数部に代入してみると，

$$R(Zin)=0 \quad (16)$$

なることが確められる。

5. む　す　び

発振回路へのアプローチとして入力インピーダンスが負値をとることから考察し，一応の結論は得たものの，果してこのような結果が実験的にも得られるかどうかについては，時間の都合上，まだ検討していない。もちろん例としてCR発振回路をとり上げ検討しただけであって，例えばハートレー回路とか，コルピッツ回路，あるいは水晶発振回路については，どのような値をとるのかについては今後あらためて検討するつもりである。

文　　献

1) Robert E. Sentz, Robert A. Bartkowiak "Feedback Amplifier and Oscillators" 1970, Holt, Rinehart and Winston, Lnc.