

外部誘導雑音消去真空管素子平衡回路

大島 信太郎、岩井 章

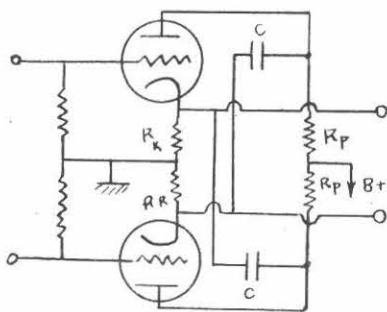
1 緒 言

真空管を使用した、増巾器を用ひて測定する場合に於て、測定物と増巾器入力端子間とを絡ぐ饋電線に誘導される雑音のために測定誤差が生ずる場合が甚だ多い。特に測定電圧が微小な時又は接続される饋電線が長い場合等に於ては測定電圧よりも誘導雑音の方が大きい事が屢々ある。これに対しては従來 push-pull amplifier で平衡させてゐたが測定電圧よりも雑音の方が大きいと高利得増巾器になると直線範囲を逸脱してしまふ結果となり、どうしても増巾器入力に於て雑音消去を必要とする様になる。

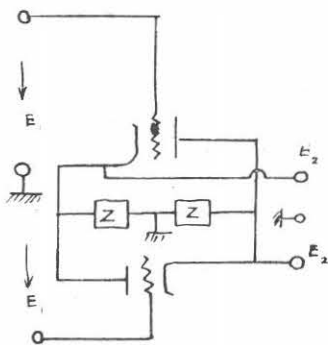
最近製作した空電方位測定機に於ても実効高 13cm の枠型空中線より増巾器への饋電線が垂直高 5m であり、若し饋電線の pick-up が問題となる程大きければ方位測定は不能になる。

この誤差を除くために真空管を用ひて誘導雑音のみ消去する事にした、これにより信号のみが取出され測定装置の精度を向上し得る、此の回路は唯空電測定機ばかりでなく真空管増巾器を用ひた測定に廣く使用し得る。

2 原 理



オ - 図



オ 2 図

回路は第 1 図の如くで真空管を回路の素子として使用し橋絡型に組合せてある。簡単な回路であるが feed back 回路であり、又入力端子と feed back 端子が異なるために取扱は甚だ面倒である。

先づ結合容量の C の impedance が他の impedance に比して無視し得るとすると此の回路は第 2 図の如くなり極めて簡単に

$$E_2 = \frac{gm Z (E_1 + E_1')}{1 + 2Z (gm + \frac{2}{r_p})}$$

となる、此処に E_1, E_1' は夫々の平衡入力電圧 E_2 は出力電圧 gm, r_p は両真空管の相互コンダクタンス及内部抵抗で兩者等しいとする。

$$Z = \frac{R_p R_k}{R_p + R_k} \quad \text{である。}$$

誘導雑音は $E_1 = -E_1'$, $E_1 + E_1' = 0$, 即ち同相に入るから $E_2 = 0$.

となり、出力端子には表はれて来ない、一方信号入力は $E_1 = E_1'$, $E_1 + E_1' = 2E_1$

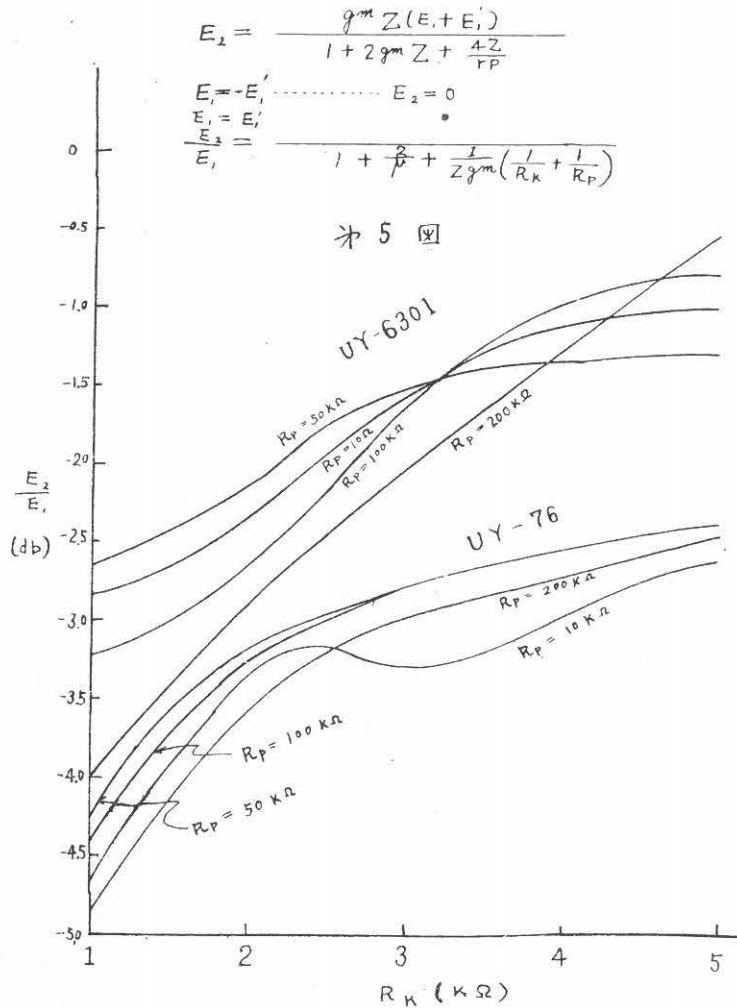
$$E_2 = \frac{2 g_m Z E_1}{1 + 2 Z (g_m + \frac{2}{r_p})}$$

なる信号出力が得られる。

これは Cathode follower の feed back circuit であるから勿論、negative gainで、そのgainは

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{1}{1 + \frac{2}{\mu} + \frac{1}{2g_m} (\frac{1}{R_k} + \frac{1}{R_p})}$$

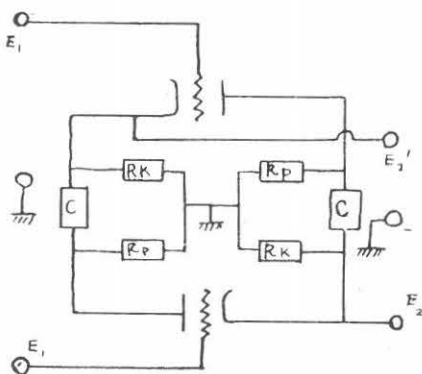
これを UY-6301 と UY-76 について測定した結果が第5図である。これを見ると実に複雑な変化をするのであるが、これは R_p , R_k を変化さす事により g_m の値が著しく変動するためであり、特に UY-6301 は high gm tube であるのでその変化の度は甚しい。



3 周波数特性

結合容量の impedance が無視出来ないときは此の回路は第3図であるが、このπ型の部分をT型に変換すると第4図の様になる。

此処に、



* 3 図

となり完全に雑音は消去し得る、これは前の結合容量を無視した結果と一致する。

この第4図について計算するとその出力電圧 E_2 は、

$$E_2 = \frac{E_1 g_m \left\{ 2g_m Z_a Z_c + g_m Z_c^2 + \frac{1}{r_p} (3Z_a Z_c + Z_b Z_c + Z_a Z_b + Z_c^2) + Z_a + Z_c \right\}}{\left\{ g_m Z_c + \frac{1}{r_p} (Z_b + Z_c) + 1 \right\} \left\{ g_m (2Z_a + Z_c) + \frac{1}{r_p} (4Z_a + Z_b + Z_c) + 1 \right\}}$$

$$+ \frac{E_1' g_m \left\{ \frac{1}{r_p} (Z_a Z_b - Z_a Z_c) + Z_a \right\}}{\left\{ g_m Z_c + \frac{1}{r_p} (Z_b + Z_c) + 1 \right\} \left\{ g_m (2Z_a + Z_c) + \frac{1}{r_p} (4Z_a + Z_b + Z_c) + 1 \right\}}$$

此れを一般的に解くのは複雑であるから

雑音電圧、即ち $E_1 = -E_1'$ の場合について計算すると

$$E_2 = \frac{g_m Z_c E}{g_m Z_c + \frac{1}{r_p} (Z_b + Z_c) + 1}$$

微小項を無視すると

$$\frac{E_2}{E_1} = g_m \frac{R_k}{R_p} \frac{1}{\frac{1}{r_p} + j\omega C} \approx g_m \frac{R_k}{R_p j\omega C}$$

$$\left| \frac{E_2}{E_1} \right| = g_m \frac{R_k}{R_p} \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{r_p^2} + \omega^2 C^2}} \approx \frac{g_m R_k}{\omega C R_p}$$

位相特性は

$$\phi = \tan^{-1} \omega C r_p \approx \frac{\pi}{2}$$

即ち 結合容量の impedance により位相推移のため完全には消去出来なくなり、その不平衡は ωC に逆比例する、そして略々 90° の位相廻轉を伴ふ。

次に測定信号入力に対しては $E_1 = E_1'$ であり、出力電圧 E_2 は

$$E_2 = \frac{g_m (2Z_a + Z_c)}{g_m (2Z_a + Z_c) + \frac{1}{r_p} (4Z_a + Z_b + Z_c) + 1}$$

即ち利得は

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{1}{1 + \frac{2}{\mu} + \frac{1}{2g_m} \left(\frac{1}{R_k} + \frac{1}{R_p} \right) - j \frac{1 + \frac{r_p}{2R_p}}{2\mu \omega C R_k}}$$

$$\left| \frac{E_2}{E_1} \right| = \frac{1}{\left\{ 1 + \frac{2}{\mu} + \frac{1}{2g_m} \left(\frac{1}{R_k} + \frac{1}{R_p} \right) \right\}} \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{\left(1 + \frac{r_p}{2R_p} \right)^2}{4 \left\{ 1 + \frac{2}{\mu} + \frac{1}{2g_m} \left(\frac{1}{R_k} + \frac{1}{R_p} \right) \right\} (\mu \omega C R_k)^2}}}}$$

即ち結合容量のために上式の√の factor だけ利得が減少してゆく、これは普通の増巾器の低周波部に於て利得が低下してゆくのと同様であり、真空管を回路素子として使つてゐるので真空管常数が関係してゐる。

此の時の所謂切斷周波数 ω_c は

$$\omega_c = \frac{1 + \frac{r_p}{2R_p}}{2\mu C R_k \left\{ 1 + \frac{2}{\mu} + \frac{1}{2g_m} \left(\frac{1}{R_k} + \frac{1}{R_p} \right) \right\}}$$

此の ω_c に比較すれば遙かに $E_1 = -E_1'$ 即ち誘導雑音の方が問題になるのであつて $E_1 = -E_1'$ に於て、雑音に対し必要な減衰を與へるために択ばれた回路定数を以つてしてはこの信号入力に対する低周波特性を考慮する必要のない場合が通常である。

又高周波特性も必然的に問題になるが、低周波の場合により類推される様に、普通の増巾器の高周波特性の低下と同じであり、唯真空管定数が関係してゐるのみである。

$R_k = 1k \sim 5k\Omega$ 位のものであるから、分路容量が $30 \sim 40pF$ あつても問題になるのは数 $M C/s$ 位である、然しこの時は誘導雑音に対しては出力電圧は零であり、唯測定信号出力が分路容量により利得の低下を招くのみである。

4 回路設計

実際に使用する場合

1. 先づ使用される最低周波数を決定する。
 2. 最低周波数に於て測定電圧に対し誘導電圧を何 d. b. に抑へるべきかを決定する。
 3. 次に測定電圧に対し何 d. b. の利得の低下を許すかを第 5 図により求めて R_k , R_p を決定する。
 4. この R_p , R_k を対照して第 6 図より C を決定する。
- かくする事により此の回路は設計が可能である。

5 実 例

今実例として空電方位測定機をとると

$$R_k = 3k\Omega$$

$$R_p = 100k\Omega$$

$$C = 0.1 \mu F$$

双三極管 6S N7 を使用してゐるが、これは U Y-76 と大差のない球なので、これにより験べると使用周波数 10KC/S に於ては $\omega C = 2\pi \times 10^{-3}$ である。

雑音に対しては

$$\left| \frac{E_2}{E_1} \right| \approx -40 \text{ d. b.}$$

信号に対しては

$$\left| \frac{E_2}{E_1} \right| \approx -3 \text{ d. b.}$$

即ち誘導雑音は 1% に減衰されてしまふが、測定電圧は單に 70.7% に減衰されるに過ぎない。本回路を使用する事により 13cm の実効高の棒型空中線を 5m の高さの処より垂下して受信機に挿入してゐるにも拘らず饋電線自身及相互間の誘導は全然検出されなかつた。

