

6. フォルト・タンク回路

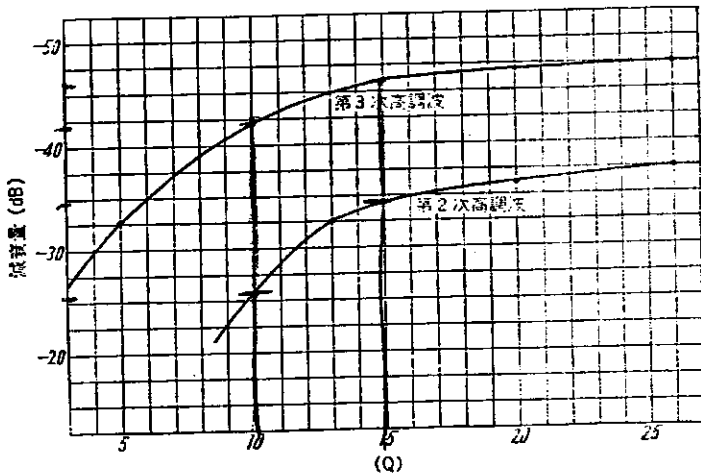
誠文堂の「リニアアンプ製作集」がFB,
表とグラフは同誌から引用。

- ① こまかなデータは成書で調べてください。
- ② 使用フォルトインピーダンスにあたる値を使用すること。
→ そうでない場合「同調」はとれども、 Q 設定が
データと異なります。 $D-Q \rightarrow$ スプリアス, $ハイQ \rightarrow$ 損失 \oplus

例) これまで フォルトインピーダンス $3K\Omega$ 、出力 50Ω に
設計された $リニアアンプ$ 、球を1本から2本パラに
変更した。28MHz帯のみ L を若干いじったが、他の
電圧、 C 容量、 L 分は変えず、 I_p のみ2倍にわた。

⇒ 改造後、この $リニアアンプ$ のタンクの最適負荷インピーダンスは
おおよそ前の $1/2$ で $1.5K\Omega$ となっております。タンク回路は
このとき、もともと $Q_1=12$ 、 $Q_2=2$ と考えられていた
回路だとすると、改造後は $Q_1=6$ となり、スプリ
アス対策として
大変ススイ機械ができてあがってしまいます。
ところが、タンクの能率は良く、パワーが出るので大問題!

[1-18 図] タンク回路の Q と高調波の減衰率



スプリアス抑圧度 (2nd高調波)

π	$\pi-L$	SWR
-32dB	-41dB	1.0
-30	-37	1.5
-28	-30	2.0
-25	-25	3.0

(3-5002 2パラ 誠文堂新光社
「リニアアンプ製作集」より。)

- ③ 最適負荷インピーダンスが $1/2$ になったとき、もとの回路の Q
と同じに保つたためにはそれぞれ
 $C \rightarrow 2$ 倍、 $L \rightarrow 1/2$ 倍 (f : 一定)

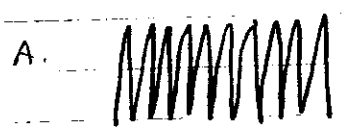
さらに、

④ Q $\geq n$ 倍したいとき, $C \rightarrow n$ 倍, $L \rightarrow 1/n$ 倍 (f : 一定)

⑤ Q 一定で f $\geq n$ 倍したいとき, $C \rightarrow 1/n$ 倍, $L \rightarrow 1/n$ 倍
< インダクタンス - 電

— 以上, 簡単な比例・反比例計算で決定できます。Good Luck。

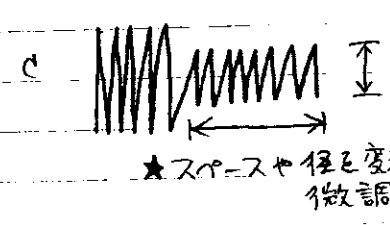
⑥ コイルの巻き方 (マルチバンドのために)



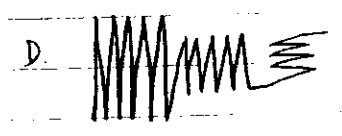
3.5~28MHzを一本のコイルで巻くとハイバンド・タップの決定がうまくゆかない。



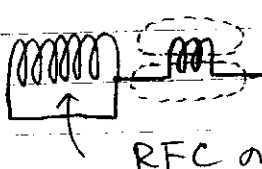
ローバンドを密, ハイバンドを疎に巻く。疎にすると1ターンあたりのインダクタンスが低下。



ローバンドを大径, ハイバンドを小径とする。小径なら, 同じインダクタンスでも巻数を多くとれるので, きぬこまかなタップ調整が可能。



28~21のみ別軸のコイルとする。こうすると, ハイバンド運用時に, ローバンドコイル(ショートされた回路)に基本波や高調波が乗って障害が起きるのを低減できる。全体のLは減少。(Qが↓)



RFCの両端をショートして共振点を読んだこと思い出そう。

⑦ 材料

A 銅パイプ。最も使い勝手が良いでしょう。ローバンド分は3x4φ。ハイバンド用6φ~8φのやわらかい肉薄のものが向きます。クルマのオイル・フルーキのパイプ(解体屋さんで入手可), 温熱機器の部品(6φなど, 材料屋か金物屋または町工場で購入), ガスパイプ: 8φなどが利用できます。

表面のキスはさして重要ではない。巻く時, パイプの中に水を入れて冷凍させてから(またはこまかい

* HF帯の問題にすべきなのは、表面積。(断面積ではない)
→ P.65 参照! →パイプで充分!



砂を入れたから)巻くと潰れないといわれています。
入れたくても、さして心配ナシ。

B. 銅帯・角銅線 — 入手できれば、使えます。ただし、肉厚は
数kW までは 2-3mm あれば十分です。

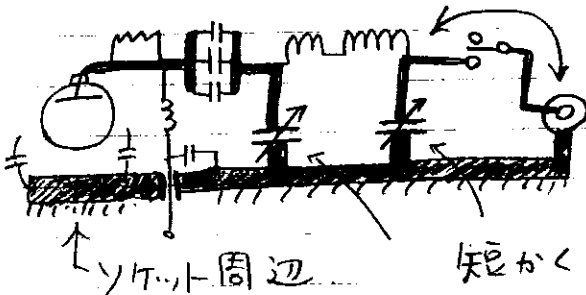
C. テフロン線 — 線間耐圧がとれるので、ローバンド用に密着巻きが
可能です。入手は、オヤイト電気などで。(各種)
発熱しても、耐えます。

D. スズメッキ線 — HF帯 2kW では、2φのスズメッキ線は、まっ黒に
なります。(πマフ) エアタック入などスチロール棒
の支持体は、やわらかくなる? オヨソ 2" NG。

E. ホルマル線 — タイト・ホビンなどにスライス巻きして使います。
3.5~7MHz コイルなどなら、3.2φで 4~5kW 耐える、
という人もいます。オヤイトで 10m 切売り。

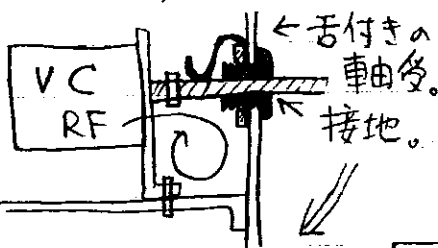
⑧ 取付け、調整

実際と同じ位置に取付けられないと、タマ。 太く短く配面
することをお忘れな! アースの長さ(距離)も影響大だよ。



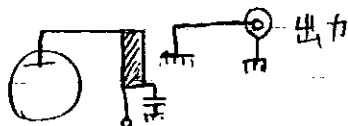
長くなるときは、太い同軸で。なるべく
直線的に配面する。(位相の問題)
← RFが通る赤いジョウタン (幅広い銅)
一点アースにすれば理想です。(板を敷く。)

短かく太い足が Beautiful!



シールド Box から出る金属シャフトの接地も
忘れるな。サボると、これは、出力リンク
回路と思ったら良い。

ヘッドフォンシャフト
が使える(6.2φ)



→ VHF・UHF リニアの記事を
読んでください。4:2は、
これが、リンク回路のものですよ。

あらかじめ標準C (100pF マイカ など) と ティップ X-A-2[°] タップ位置の見当を見つけます。インダクタンス・ブリッジも有用。

★ タップの位置決定は、シャーシに入る前に バラックで組んでみる。

- (1) まず最低バンドで充分LやCが足りることを確認。
- (2) タップ位置とコイルの微調整(ピッチ・径)は、1バンドから始める。
- (3) ある程度いい値になる位置(取付けやすい位置)

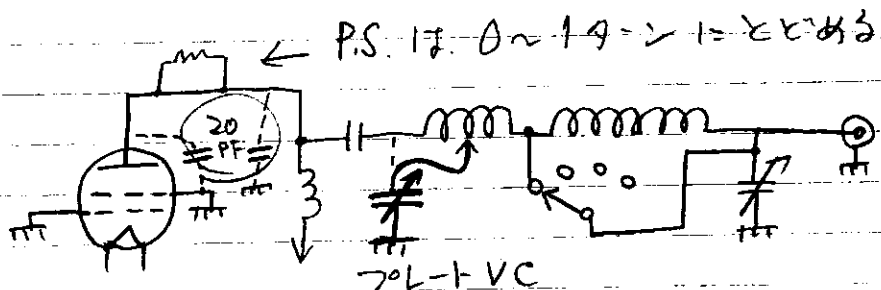
←AAA→ が決まったら、コイル(そのバンド分)を伸縮、あるいは
MM↓ 太くしたり、しぼって細くしたりでおいこみます。

- (4) タップ位置は、21-28MHzでは、外径50φのコイルでも、1/2~1/3周単位で追っていきたいもの。

* 直径100ミリのコイル1本だけ、なんて、ローバンド専用機を作るなら話はわかりますが、ハイバンド(14~)に不適。

- (5) 最終決定は、よくマッチングのとれた実際のプリントで確認してから決めるものです。タミ-ロードのためのL=2.2"は、ありませんので。(SWR計で1.0でも、ホントのZ_{in}は、7kΩ~30kΩ!)
↳ 太い±0jとか。 ↳ 40Ω±0jとか。 60Ω±0jとか。

- (6) ハイバンドで、Cが大きすぎる場合、この手で解決。



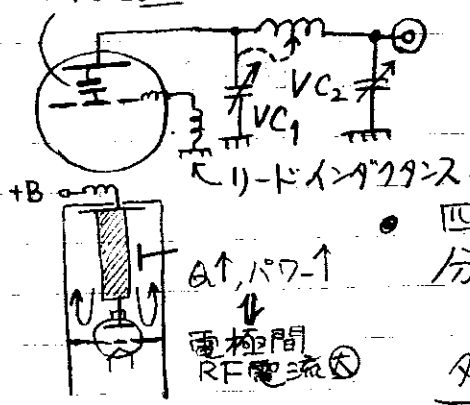
- (例) 70L-VCの容量
- 設計値 = 30pF
 - 実際のVC最小容量が30p, ストレ-20pのキド-スル?!

- ◎ 70L-VCの位置を、そのバンドのコイル上でロード側へタップダウンします。コイルのインダクタンスは、設計と同じまま使えます。30S-1でもやります。私も、やります。

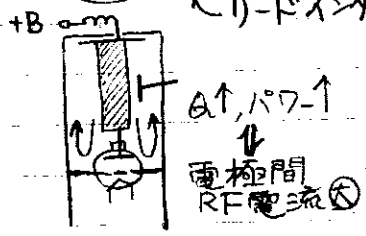
- ◎ 「70L-VC」は、
 - 70L-VCとして、球の出力容量+ストレ-Cと合成された値で動作。ただし、
 - コイルの半分の位置まで(上図)タップダウンすれば、設計値の2~4倍近くのVC容量で「70L-VC」として動作するようになります。これで解決です。

- 球の出力容量が大きすぎると、これでも設計C値におさまらないときは、これしかない。
 - (1) ハイQ回路として使う。
 - ⇒ R-L, ハイC, 高損失 (= 発熱 ⊕)
 - (2) R-インピーダンス化する
 - ⇒ E_p を下げる, I_p を大きくする。
 R_p が $1/2$ なら、同じQでも、 $C \rightarrow 2$ 倍, $L \rightarrow 1/2$ 倍。
 - (3) π (または π -L や 並列共振回路) をやめ、 $V \sim$ UHF帯の直列共振回路や分布定数回路にする。(モバント ⊕)
 - (4) ハイパワーをあきらめる。
 - (5) 球を別の種類のものにする。
 - (6) ハイバンドをやめる。

注意! このタップダウン方式や分布定数方式では、通常の「 VC_1 にRF電流を流す」やり方よりもさらに、



球の電極間にRF大電流が流れることになるのだ。タンクQが大なら電流も大。(例: 500V)



● 四極管ならスクリーンへ、三極管ならグリッドへ分担されたRFタンク電流(出力RF電流 $\times Q$ 倍)が流れます。

↓

$$\text{タンク } C_1 \text{ 設計値} = \frac{\text{球 } C_{out}}{\text{(一定)}} + \text{VC}_1 \text{ 容量}$$

- ★ 常に球の出力容量 C_{out} (実際には C_{p-sg} か C_{p-g} (GG時)) はタンクの一部。周波数が上がると、相対的に $C_{out}/\text{タンク } C_1$ の比率は ⊕ (球の負担 ⊕)
- このため、スクリーンやグリッド回路のアースがまたまたクロスアップをさせていただきます。下手すると、GGアンプも発振器に!?
↳ やりとすくに、たります。
- また、UHFでは、球壁や絶縁部分での損失熱が無視できないので、球の定格をデレーティング (derating) して使用します。あるいは、風量を大きくします。
- しかし、いずれにしても、これは大変便利で有効な手法です。

ある。どうしてもシャーンを流れなければならないのである。これがストレーキャパシティにより、シャーンとか筐体を通る電流である。

5.5 ストレージキャパシティによる電流 (2)

「なるほど分った。ストレージキャパシティを通過していやでもシャーンに電流が5.5mAも流れるのだ」「だからストレージキャパシティを減らしさえすればシャーンを流れる電流も少なくすることができるのだね?」「正にその通り」というわけで図5.6でトランジスタから同調回路までの配線を極力短くするよう努力するわけである。

しかし「図5.6などまだ序のロだ」というすごいやつが次の図5.8。これは

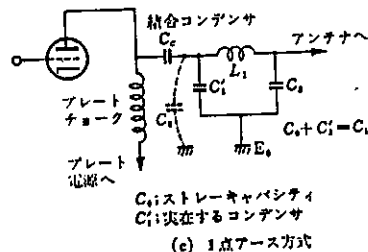
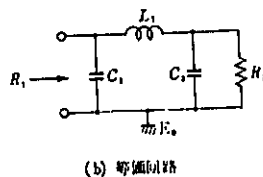
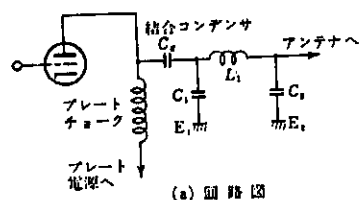


図5.8 大型ラジオ放送機のπ型出力回路

図1.1 (p. 3) に載せた 500kW ラジオ放送機と同調回路。ただし1台で500kW出す方式だとちょっとした故障でもそれがそのまま停波となり放送がとまってしまう。放送関係では停波が一番恐ろしい。“0か1では困る”というわけで採用されているのが並列運転方式といって250kWのものを2台並列にして運転する。すると1台が故障しても残りの1台で放送を続けることができるわけである。といっても1台で250kWなどというとても大きく大きい送信電力を取り出すためにそこに使用する真空管は陽極直流電圧は12kV、直流電流は30Aというトランジスタとは比較にならない怪物。

出力回路は図5.8(a)(b)のよ

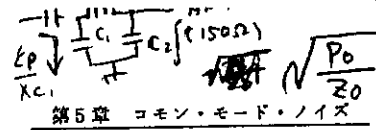
表5.1 π型出力回路の計算例 (図5.8による)

項目	記号	計算値	備考並びに使用した計算式
直流陽極電圧	E_p	12 kV	真空管の特性から
電圧利用率	η	95%	仮定
陽極電圧(尖頭値)	e_p	11.4 kV	$e_p = \eta E_p$
陽極電圧(実効値)	e_p	8.06 kV	$e_p = \frac{e_p}{\sqrt{2}}$
出力(10% 余裕を見て)	W_o	275 kW	$= 250 \text{ kW} \times 110\%$
陽極電流(尖頭値)	i_p	48.2 A	$i_p = \frac{2W_o}{e_p}$
陽極電流(実効値)	I_p	34.1 A	$I_p = \frac{i_p}{\sqrt{2}}$
陽極負荷抵抗	R_1	236 Ω	$R_1 = \frac{e_p}{I_p}$
出力抵抗	R_2	150 Ω	使用ケーブルのサージインピーダンス
コンデンサ C_1 のインピーダンス	X_{C1}	52.5 Ω	$X_{C1} = \frac{R_1}{S_1}$ (S_1 は 4.5 と仮定) $\rightarrow \pm 0.1 f^2$
コンデンサ C_2 のインピーダンス	X_{C2}	42.4 Ω	$R = \frac{R_1}{1+S_1^2}; S_2 = \sqrt{\frac{R_2}{R} - 1}; X_{C2} = \frac{R_2}{S_2}$
コイル L_1 のインピーダンス	X_L	89.3 Ω	$X_L = R(S_1 + S_2)$; R は計算途中に出てくるパラメータ
使用周波数	f	830 kHz	電波監理局よりの指示
C_1 に流れ込む電流	I_{C1}	154 A	$I_{C1} = \frac{e_p}{X_{C1}}$

周波数	830 kHz	1500 kHz	3 MHz	5 MHz	備考
	(使用周波数)				
C_1 の容量	3650 pF	2020 pF	1010 pF	606 pF	$\frac{1}{2\pi f C_1} = X_{C1}$
C_2 の容量	4520 pF	2500 pF	1250 pF	750 pF	$\frac{1}{2\pi f C_2} = X_{C2}$
L_1 の大きさ	17.1 μH	9.48 μH	4.74 μH	2.84 μH	$2\pi f L_1 = X_L$
参考のため計算した設計値					

使用公式 (図5.8(b)による)

$$\begin{cases} X_{C1} = 1/j\omega C_1 \\ X_{C2} = 1/j\omega C_2 \\ X_L = j\omega L_1 \end{cases} \quad \begin{cases} S_1 = R_1/X_{C1} \\ S_2 = R_2/X_{C2} \end{cases} \quad \begin{cases} R = R_1/(1+S_1^2) = R_2/(1+S_2^2) \\ X_L = R(S_1 + S_2) \end{cases}$$



うなπ型回路で、コイルに流れる電流は200Aにもなる。こんな大きな電流をきちんと流してやるために図(b)のようにタンク電流の流れる道を作り1点E₀でアースするのが常套手段。ということで、この図(b)を設計した結果を表5.1にまとめてあるが830kHzの場合 C₁=3650pF, C₂=4520pF, L₁=17.1μH というのがπ型回路の設計値だ。

ここまでは話はトントンだが、実はこれからがやっかい。それは250kWともなるとC₀とかC₁とかいうコンデンサもとてつもなく大きいし、また、真空管の出力キャパシタも200pFなどという大きさ。このため図(c)に示すようにC₁に並列に入るとストレーキャパシタC₀は真空管の出力キャパシタなども含めると全部で800pFにもなってしまう。

さあこうなると「計算上のC₁」は3650pFだが、このうちの800pFはストレーキャパシタ。残りの3650-800=2850pFが「実際の物」として入れなければならないコンデンサなのである。

大切な点なのでもう一度繰り返して説明すると、C₁のうち2850pFは「実在する部品」残りの800pFがストレーキャパシタというわけで回路図に書いてない部品。一方、C₁に流れる電流は表5.1によると154Aであるが、さてその154Aという大電流の流れ行く先は？ と計算してみると

- ・「実在する部品」に流れる電流は 154A × 2850/3650 = 120A
- ・「回路図に書いてない部品」すなわち、ストレーキャパシタを流れる電流は残りの 154A × 800/3650 = 34A

もちろんこの両方を合計すれば154Aで理屈にあうわけである。

だが、問題は34Aというこんな大きな電流は「いったいどこに流れていってしまうのであろうか？」……どう考えてもそれは筐体に流れ込んでいるのである。さあこうなると1点アースなどとうるさくしているのに154Aのうち78%の120Aしか正規のコンデンサに流れてくれない。「残りの22%に相当する34Aは筐体に」ということなのである。

事実、図5.8(c)の1点アースにしたら発振して困ったが、C₁とC₂をいきなり筐体におとしたらかえって発振しないことがよくある。しかしこの場合でもC₁とC₂とをベタッとアースしたのではなく、筐体には幅が100mm、場

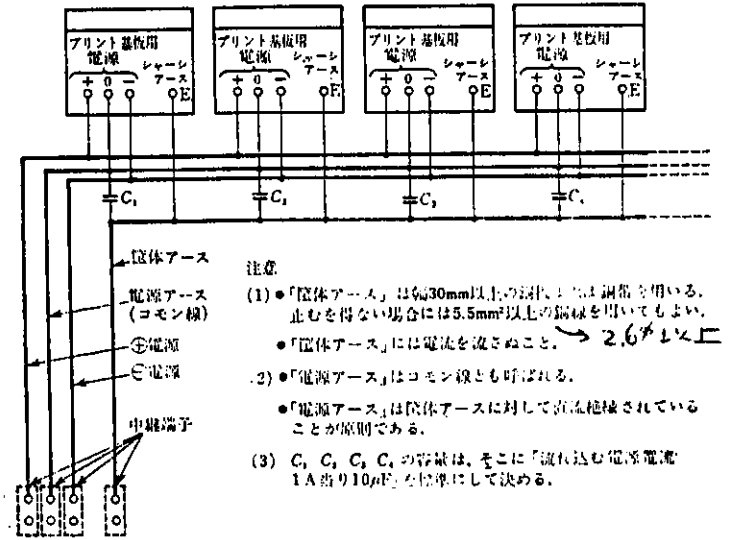
合によっては200mmもある銅板を張り一生懸命鉄でできている筐体のインピーダンスを下げる努力が必要である。よく高周波大電力の機器で「銅板をはれ」「なぜ銅板を敷かないのか？」と声を大にしていうのは

重要!!

- (1) ストレージキャパシタを通して筐体を流れる電流がかなり大きく、しかも原理的に小さくできない。
- (2) それならいっそのこと思い切って筐体自体を導体とし、そのインピーダンスをできる限り下げるためなのである。

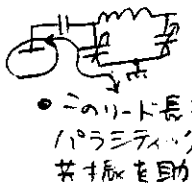
“銅板をはれ”といえば図5.5を思い出す。この場合船は海水に浮んでいる。船の外側の「海水が銅板の役割」と考えればコモン・モード・ノイズが発電所などと比較して小さいことも何となく説明がつくような気がするが数値的裏付けも理論的根拠もないのが残念である。

また表5.1で3MHzの場合を見るとC₁=1010pF、ストレーキャパシタC₀は周波数に無関係に800pF。すると「実在する部品」は1010-800=210pF。もし5MHzで使うとすると、C₁は606pF。しかしC₀は、800pFだ



- 注意
- (1) ●「筐体アース」は幅30mm以上の銅板または銅箔を用いる。止むを得ない場合には5.5mm以上の銅線を用いてもよい。
●「筐体アース」には電流を流さぬこと。→ 2.6mm以上
 - (2) ●「電源アース」はコモン線とも呼ばれる。
●「電源アース」は筐体アースに対して逆流絶縁されていることが原則である。
 - (3) C₁, C₂, C₃, C₄の容量は、そこに「流れ込む電源電流1A当り10μF」を標準にして決める。

図5.9 筐体アースと電源アース



- ・このリード長がパラメタック共鳴板を助長。
- ・無理に「点」にこだわるよりも、近いグラウンドに良好な（大型パーツ、球の物理的大きさにより、近いグラウンドに良好な）アースをとるほうがよい。→（つまり、「点」にするには無理がある）

から $606-800=-194\text{pF}$ ……さてどうするか？ どうしようもないのであってこの真空管は 5MHz では使えないのである。→ 逃げ切る手は有る。

図5-9は電力関係で用いられるデジタル機器のアースのやり方の一例である。電力関係で筐体に電流が流れる原因は本節で説明したストレーキャパシタではなく、第5-2節で説明した $j\omega M$ の誘導電流であるが筐体に電流が流れることについてはストレーキャパシタの場合と全く同じである。そこで筐体アースとして銅板を敷いて筐体を電流が流れてもできる限り電圧差を生じないようにインピーダンスを下げるやり方をとっているのである。図5-9の注意(1)の意味をとくと味わっていただきたい。

第5-1節で述べたように、 $V=RI$ という電圧に対し、せめても R を小さくしようという涙ぐましい努力をしているわけである。

5-6 コモン・モード・ノイズは地震だ

「足が地についでいない」などと仕事に身が入っていない時よくおこられる。それほどわれわれは大地をあてにしている。アースとて同じだ。「アースだから電圧はない。ゼロだ」と考えている。いや、そう信じている。ところがその「頼りにしている筐体」に電圧があるとのこと。おどろきである。だが、いくらおどろいても始まらない。現実には電流が流れているのだから。

こう考えていくとコモン・モード・ノイズは地震みたいなものだ。なにしろたよりにしている大地の電圧がゆらゆらうごいているのだから!! その原因は「筐体に流れる電流」。では「なぜ筐体に電流が流れるか？」という、大切なことなのでもう一度繰り返して書いてみると次の3通り。

- (1) たれ流し
- (2) 誘導電流の $j\omega M$
- (3) ストレーキャパシタによる電流

これと筐体のもっている抵抗 R とで、 $V=RI$ という大きさの電圧が生ずる。これがコモン・モード・ノイズだ。

「さて大地震がおきたらどうするか?」「ストップを消しなさい、ガスの元

栓を閉めて」などといっても、ビルが倒れるのを防げるわけでもあるまいし、とにかく「だめだ」というのが常識。

一方、コモン・モード・ノイズは電気的な地震。だから「だめだ」「あきらめだ」なのである。要するにコモン・モード・ノイズがあると「お手あげのパンザイ」なのである。だが、幸いなことに本物の地震と違ってちょっとは対策があるのである。

次節以下で説明しよう。

5-7 変圧器がよい

一口でいえば「別のアース」に移り移るのである。ちょうど、地震の時、船や航空機にのっているようなものだ。

具体的には図5-10(b)のように変圧器を用いる。すると信号は伝わるが、雑音は伝わらない。たとえば、図5-10

(a) の場合 E_1 と E_2 間に電圧差があってはまずいことは図1-5(p.9)で既に説明したことだが、図(b)のように変圧器を使用すると、地震すなわちコモン・モード・ノイズが除去できるのである。

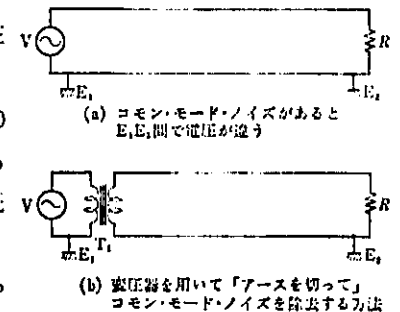


図5-10 変圧器を使用してコモン・モード・ノイズを削ぐ方法

5-8 平衡回路を用いよ——コモン・モード・

ノイズから生れるノルマル・モード・ノイズ——

“おかしな回路だが”といいながら取り出したのが図5-11。わざわざ変圧器 T_1 でコモン・モード・ノイズを作って変圧器 T_2 に加えようというわけである。

注目していただきたいのは T_1 の出力; 1つはアースされているが残りの1