

テレビセットを用いたオシロスコープ

福 間 彰・古 川 明 信

Akira FUKUMA and Akinobu FURUKAWA : AN OSCILLOSCOPE WITH
TV-CATHOD RAY TUBE

ABSTRACT : This is an oscilloscope which is provided for the middle school teacher, with his own estimate and as his ordinary teaching implement.

We get it from a used colourless television receiver. It is renewed to an oscilloscope. It comparatively holds linear amplification. On this case, the horizontal running can be varied 20-200Hz, and the frequency range of the vertical input is 10Hz-10kHz.

Especially it is as follows :

1. As the horizontal running is reduced from 60Hz to 20Hz, three waves of the commercial frequency appear on the same field.
2. Because of the wideness of the field, the apparatus is useful for the teacher and his many pupils.
3. The horizontal running and the observed wave is able to be easily synchronized each other.
4. We can get it with low cost.

I は じ め に

電気現象の測定や電気理論の学習に於て、オシロスコープによる波形観測は、その理解を早める点において重要な意義を持っている。

中学校の授業のように多数の生徒を対象とする場合、大型ブラウン管による学習指導は一層の効果があるものと期待される。

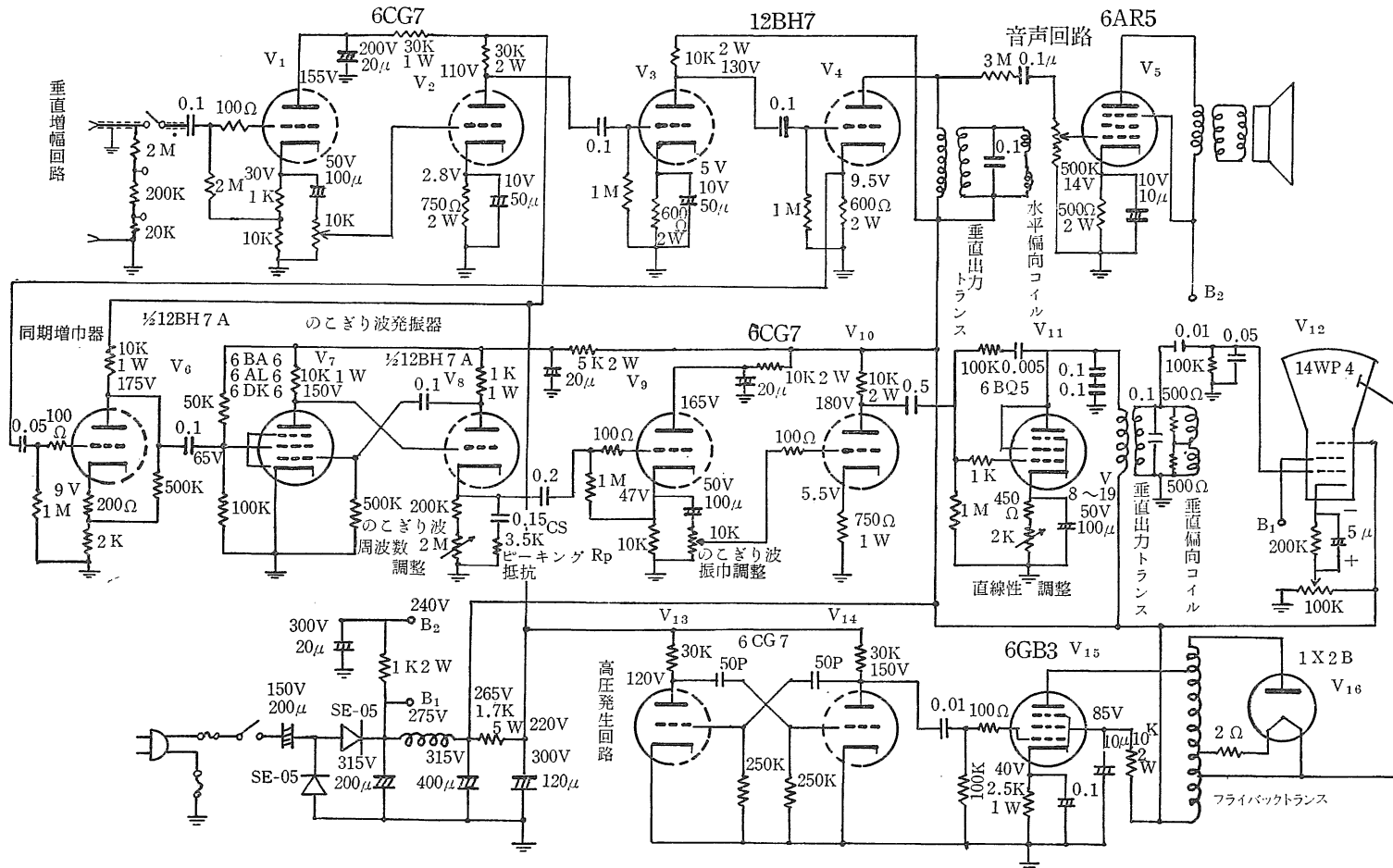
昨年の第16回島根県中学校技術・家庭科研究大会に於て、中学校の一教諭の方から、中古テレビでオシロスコープは作れないか、という質問が、本学教育学部神門顕教授に対してあったのを機に、その製作に取り組んできた。

先づテレビに使用されている部品を活用すること、作り易い回路にすること、安価に製作できること等を目標に、試作してきたが、ここに或る程度の成果を得ることができたので、その設計例、製作上の疑問点等につき報告する。

II 回 路 構 成

ブラウン管オシロスコープの構成の概略について述べると、被観測電圧を増巾する垂直増巾

第1図 試作器の配線図



- 〔注〕
1. 供試テレビセットはNEC14T-563型
 2. W数の指定のない抵抗は1/2W又は1/4W型
 3. ヒーターはヒータートランスより供給

器，電子ビームを水平方向に掃引するための、のこぎり波発振器，のこぎり波増巾器，入力電圧に依りのこぎり波発振器を制御するための同期回路，電子ビームの軌跡を螢光面上に写し出すブラウン管より成り立っている。

ブラウン管の陰極から放射される電子は集束，加速され（電子銃）電子ビームとなり管面に焦点を結び螢光を発する。

電子銃と螢光面との途中に垂直・水平の偏向板を置き垂直偏向板には，被観測電圧，水平偏向板に垂直電圧の周期に応じたのこぎり波状電圧を印加し掃引すればブラウン管面上に被観測波形を描かせることができる。

一方テレビの場合はブラウン管のネック（頸）の部分に配置された垂直偏向コイルに 60Hz ののこぎり波状電流，水平偏向コイルに 15,750Hz ののこぎり波状電流を流し管面に四角なラスタを作る。ラスタを映像信号で，輝度変調し，画像を写し出している。

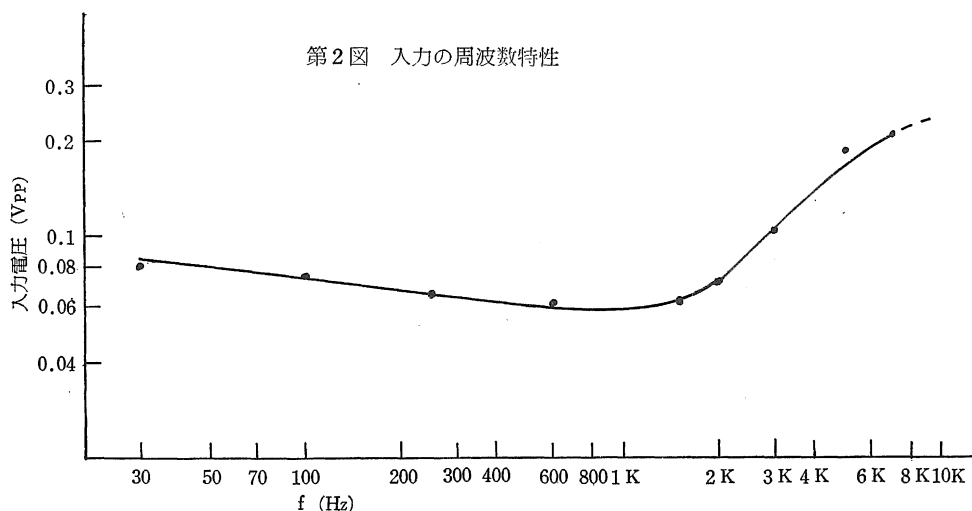
テレビをオシロスコープに改造するために筆者等はテレビの水平出力回路は，高圧発生機構のみを残しダンパ管回路，ブースト電圧回路等をのぞき回路を平易なものとした。

一方垂直出力回路は垂直偏向コイルを 90° 回転させ水平軸として使用した。（偏向コイルはブラウン管のネックの部分で取付ネジをゆるめ容易に回転できる）フライバックトランスに結合されていた水平偏向コイルの接続をはずし新しく設けた垂直増巾器の電力を，他のテレビセットに使用されていた垂直出力トランスを介して供給する。試作器の配線図を第 1 図に示す。

III 各回路の設計

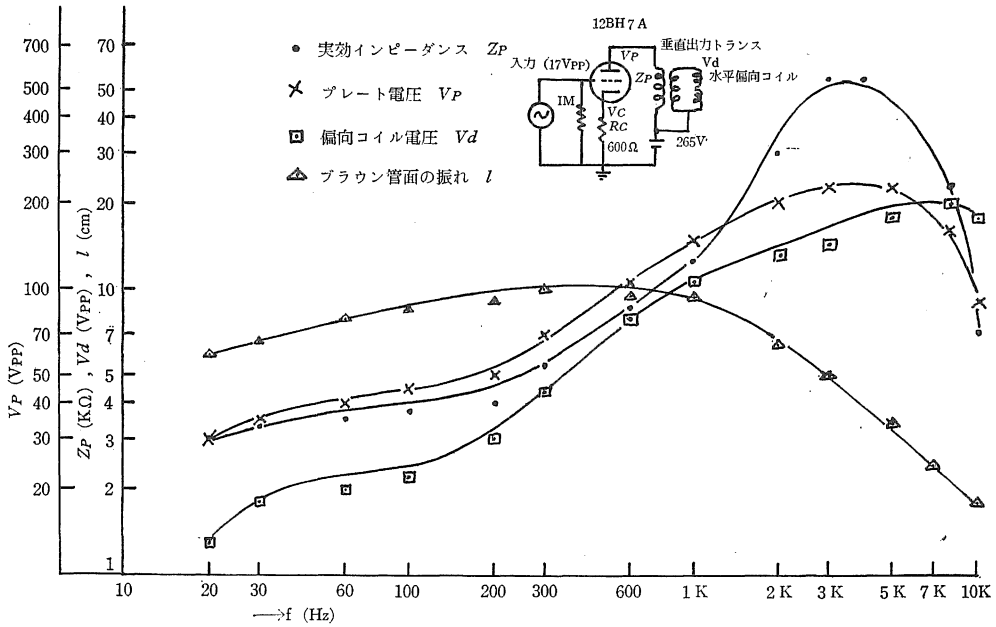
3.1 垂直増幅回路

垂直増幅器の入力回路は，被測定回路に影響を与えないために高入力インピーダンス，低出力インピーダンスのカソードフォロア回路を採用する。高電圧の場合は減衰器を通す。減衰比

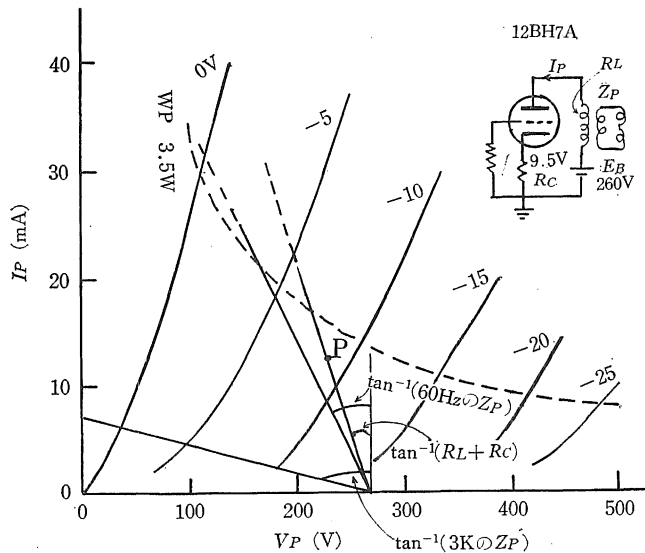


は $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{2}$ の3通りとする。この増幅器の利得は約61.5dbであり、管面上で光点を5cm振らすのに必要な入力電圧と周波数との関係を第2図に示す。

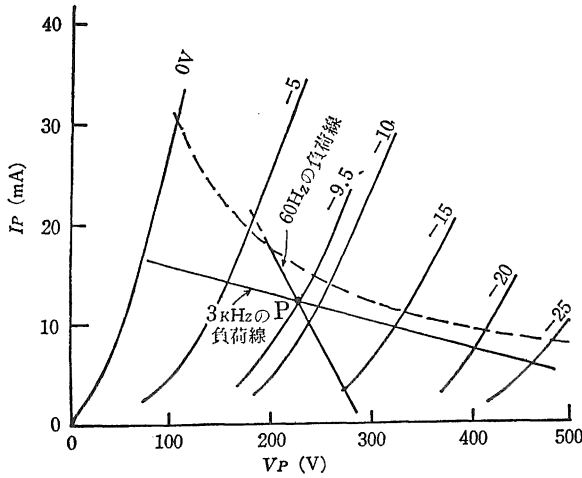
又出力トランスの実効インピーダンス(z_p)は第3図において、 V_c , V_p を測定し、 $I_p = V_c / R_c$, $z_p = V_p / I_p$ の両式から計算により求めたものである。10kHzのとき管面で最大無歪4cmの



第3図 周波数特性



第4図 インダクタンス負荷の動作特性



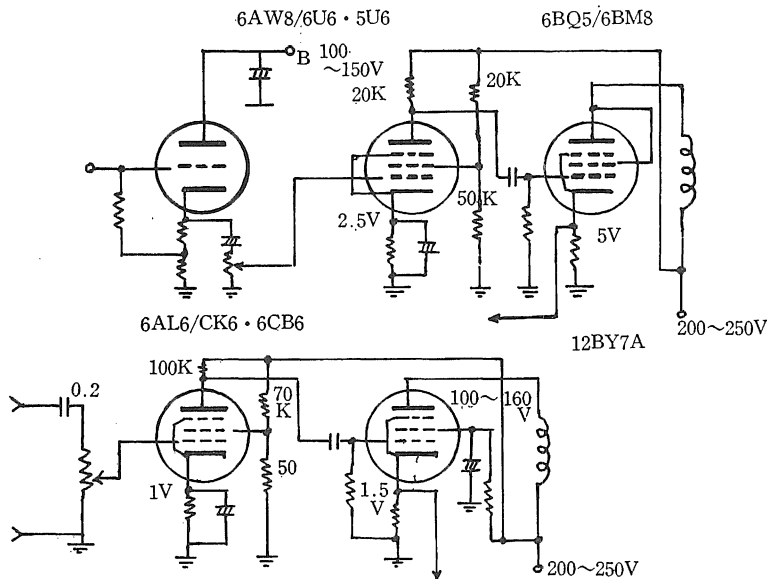
第5図 周波数と負荷線との関係

振幅を得る。同様な測定を垂直偏向コイルについても行なってみたが 3 kHz 以上になると ϵ_p の増大により管面の振幅が減少し 7 kHz では最大 3 cm の振幅しか得られなかった。

出力管の設計例を第4図・第5図に示す。出力管の負荷はインダクタンス負荷であるから負荷特性は $R_C + R_L$ の負荷線と定バイアス電圧曲線 (-9.5V) との交点 P を基準に第5図のよ

うに ϵ_p によっていろいろな傾きをとるが 60Hz のように低い周波数では負荷線が立ってくる。許容プレート損失を超えないためにはあまり大きい入力を加えることができない。3kHz ではその心配がない。もう少しプレート損失の大きい真空管を使用するか、低い周波数では切替スイッチにより B 電圧を下げて使うようにする。

垂直増幅回路を簡単にする場合は第6図の回路を用いても良いであろう。



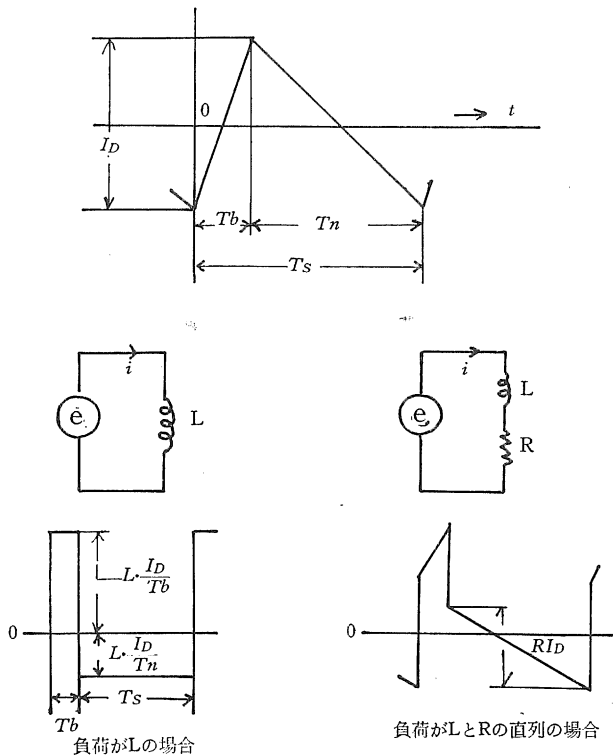
第6図 垂直増幅器例

3.2 水平軸回路

テレビの垂直偏向回路をこの装置では水平軸回路として用いている。テレビの場合、一定の

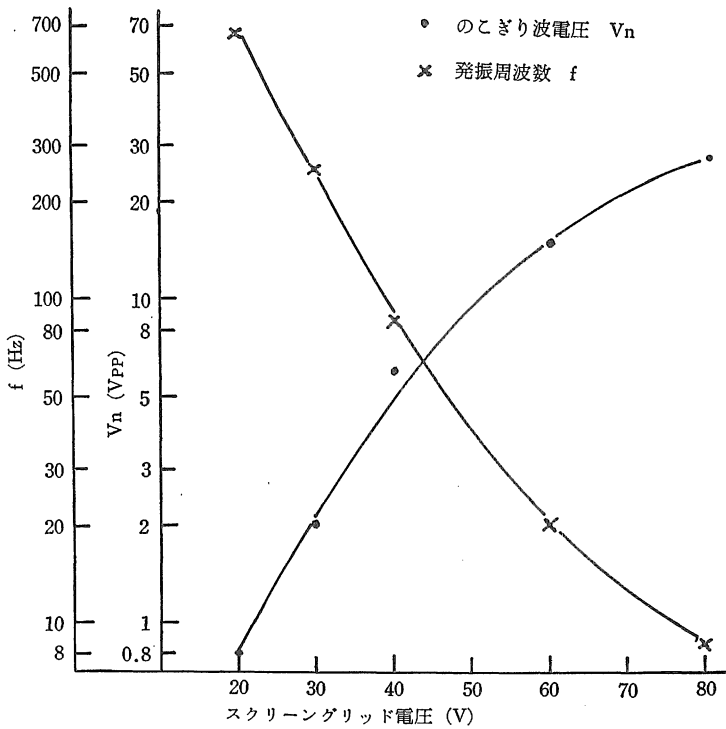
周波数 (60Hz) のみを対象に回路や部品が設計されているが、オシロスコープでは被観測波形の周波数に応じ、発振周波数を変化させねばならない。特に電源周波数を2~3サイクル観測するには 20Hz 又は 30Hz を発振させねばならない。このような低い周波数では水平出力回路の実効インピーダンスが低下し、又、不整合の度も強まり、直線状ののこぎり波電流を偏向コイルに流すことが困難となる。そこでこのこぎり波の振幅を大きくとり立ち上り部分の非直線部分を管面よりはみ出させ、直線部分での掃引波形を観測するようにする。そのため出力管はプレート損失の大きい真空管を使用する (10W以上)。

正弦波電圧と電流の関係は、その負荷が抵抗、容量、インダクタンスのいずれであっても両者共に正弦波であるが (位相は異なる)、このこぎり波のような電圧では負荷の性質により両者の波形が異ってくる。インダクタンス負荷では端子電圧と電流の間に $e=L \cdot di/dt$ の関係があるから第7図に示すようになり、²⁾ 偏向コイルにこのこぎり波状電流を流すための端子電圧はこのこぎり波に矩形波を加へた形のものとなる。このような電圧はこのこぎり波発生コンデンサに直列に抵抗を接続し (ピーキング抵抗 R_p) アースすることにより発生させる。第1図の V_6 は同期電圧増幅管であり、その同期入力は垂直出力管のカソード電圧を用いた。 $V_7 \cdot V_8$ はこのこぎり波発生回路である。この回路はマルチバイブレータ回路の一種であり、このこぎり波発生コンデンサ (c_2) の充電回路として動作する。そのスイッチ作用は同期電圧により制御され、観測波形を静止させる。発振周波数を決定する因子としては c_2 の容量、 $V_7 \cdot V_8$ のB電圧、 $V_7 \cdot V_8$ のプレート抵抗、 V_7 の

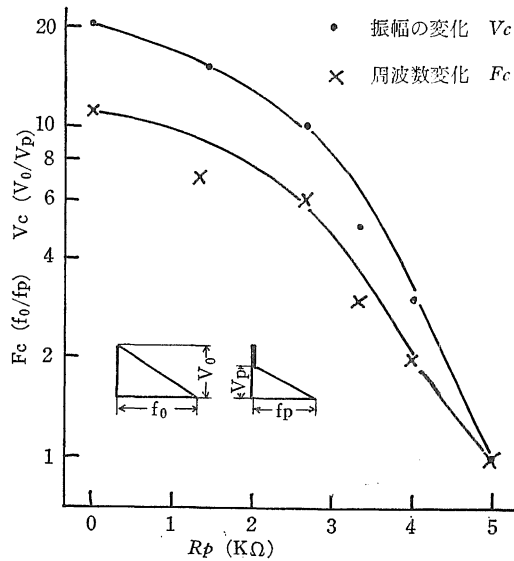


第7図 のこぎり波電圧と電流の関係

スクリーングリッド電圧、ピーキング抵抗の値等があるが、両者のプレート抵抗の増大と共に周期が長くなる。ピーキング抵抗及びスクリーングリッド電圧と発振周波数との関係を第8図・第9図に示す。6U6、5U6等の真空管でのこぎり波の立ち上り部分の直線性が悪くなる場合があるが、両者の抵抗を変化させ補正する。 V_{10} のカソードフォロア回路は電圧・電力



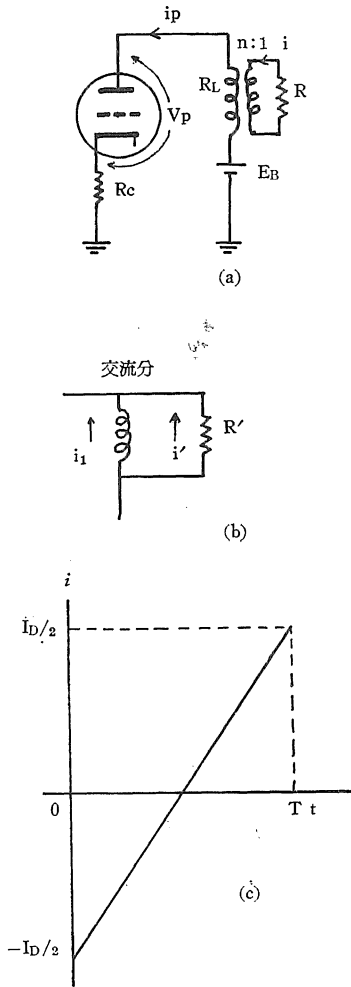
第8図 スクリーングリッド電圧と発振周波数及振巾との関係



第9図 ピーキング抵抗と周波数・振巾の関係

増幅部との緩衝作用と、のこぎり波振幅調整による発振周波数の変動を防止するためのものである。

出力回路におけるのこぎり波の解析は次のようになる。



第10図

出力トランスの1次巻線抵抗 R_L $[\Omega]$

巻数比 $n : 1$

偏向コイルの抵抗 R $[\Omega]$

出力トランスの自己インダクタンス L_p $[\text{H}]$

第10図(a)で $i_p = \bar{i}_p + i_1 + i'$ (1)

i_p : プレート電流 $[\text{A}]$

\bar{i}_p : プレート電流の平均値=直流分 $[\text{A}]$

i_1 : 出力トランスの励磁電流 $[\text{A}]$

i' : 出力トランスの1次負荷電流 $[\text{A}]$

i : 偏向コイル電流 $[\text{A}]$

R' : 出力トランスの1次に換算した負荷抵抗

$i' = i / n$ (2)

$R' = n^2 R$ (3)

$v_p = E_B - (R_c + R_L) i_p - R' i'$ (4)

(b) 図で $R' i' = L_p \frac{di_1}{dt}$ (5)

(c) 図より $i = I_D \left(\frac{t}{T} - \frac{1}{2} \right)$ (6)

(2)(3)(5)(6)より

$$\frac{di_1}{dt} = \frac{nRI_D}{L_p} \left(\frac{t}{T} - \frac{1}{2} \right)$$

$$\therefore i_1 = \frac{nRI_D}{L_p} \left(\frac{t^2}{2T} - \frac{t}{2} + c \right) \dots\dots\dots(7)$$

c : 積分定数

i_1 は直流分を含まないものとするれば

$$\int_0^T i_1 dt = 0$$

すなわち(7)は

$$\frac{nRI_D}{L_p} \left[\frac{t^3}{6T} - \frac{t^2}{4} + ct \right]_0^T = 0 \quad \therefore c = \frac{T}{12}$$

$$\therefore i_1 = \frac{nRI_D T}{2L_p} \left\{ \left(\frac{t}{T} \right)^2 - \frac{t}{T} + \frac{1}{6} \right\} \dots\dots\dots(8)$$

(2), (6)より

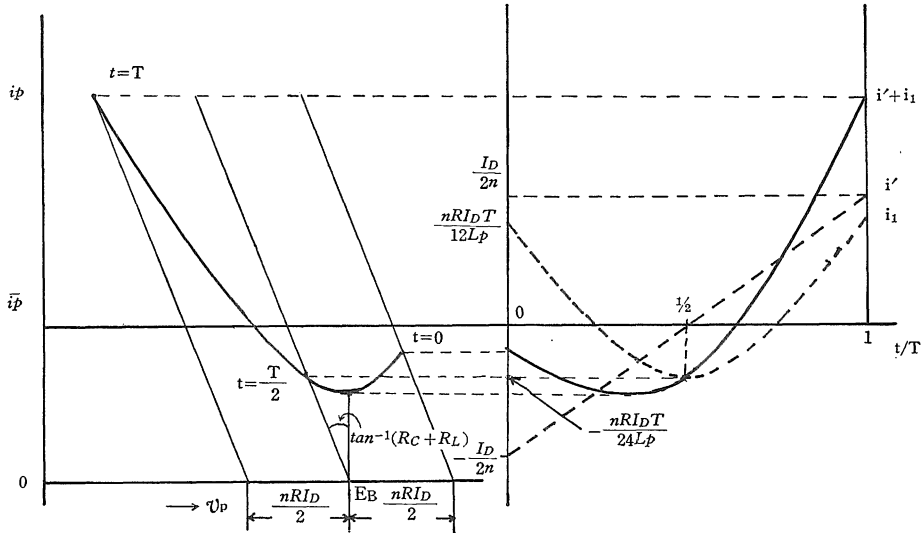
$$i' = \frac{I_D}{n} \left(\frac{t}{T} - \frac{1}{2} \right) \dots\dots\dots(9)$$

(8), (9)を(1)に代入

$$i_p = \bar{i}_p + \frac{I_D}{n} \left(\frac{t}{T} - \frac{1}{2} \right) + \frac{nRI_D T}{2L_p} \left\{ \left(\frac{t}{T} \right)^2 - \left(\frac{t}{T} \right) + \frac{1}{6} \right\} \dots\dots\dots(10)$$

(3), (4), (9)から

$$v_p = E_B - (R_c + R_L) i_p - nRI_D \left(\frac{t}{T} - \frac{1}{2} \right) \dots\dots\dots(11)$$



第11図 出力管の v_p-i_p 特性曲線

第11図の右半分は(10)式を図示したものであり左半分はこれを利用し(11)式の関係を表わしたものである。左図の電圧曲線は三極管の場合、入力に直線状に変化する電圧を加へることによりこれに近い波形を得ることができる。しかし適用周波数範囲につきこのような波形をうることは容易でない。試作器では五極管を使用した(ダンパ管回路、ブースト電圧回路、等を省略できる利点がある) 60Hz 以上では、良質なこぎり波を得ることができた。出力管のプレートからグリッド負帰還をかけた。又帰線期間に生ずる高圧パルスを除くためにコンデンサを並列に付加した。ピーキング抵抗は偏向コイル電圧を観測しながら 60Hz における振動電圧を除くことができる値のものを用いた。

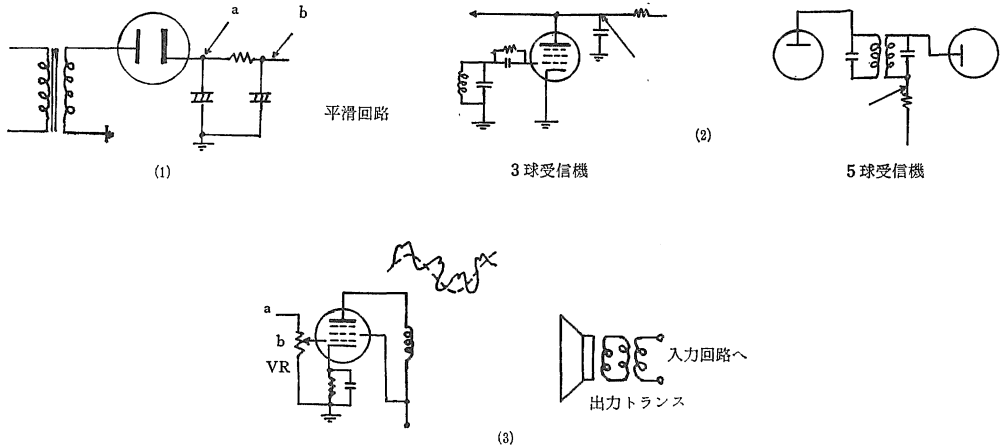
3.3 高圧発生回路

テレビの水平出力回路は偏向コイルにのこぎり波状電流を流すと共に、帰線期間に生ずる高電圧をフライバックトランスにより昇圧し 13kV 位の高電圧を発生させている。この試作器では垂直出力管に五極管を使用したためブースト電圧も不必要となりダンパ管をはずし回路を単純化させ、又、出力管のカソード抵抗も増やし、消費電力の軽減を計った。尚カソード抵抗をあまり増大させると輝度が減少するから輝点との関係から決定する。発振器は最も製作し易い非安定マルチバイブレータ回路を用いた。この回路は矩形波発振回路であり、発生電圧は急激な立ち上り、立ち下り部分を持っている。この急激な電圧変化を利用し、のこぎり波電圧と同

V 応 用 例

5.1 a 電源回路

100V 電源，トランスの二次側の高圧部，ヒータ電圧等は減衰器の減衰比を最大にして測定する。この場合試作器のアース端子を大地から浮かせて使用した方がきれいであった。第13図(1)の平滑回路の a 点，b 点では交流分が $\frac{1}{10}$ 位になるのが良く理解できる。



第13図

5.1 b 検波回路

第13図(2)の各点で低周波信号が観測できる。

5.1 c 低周波増幅回路

第13図(3)において電力増幅管のグリッドに接続される音量調整器 (VR) の a 端子の電圧の有無から高周波部の正常か否かを知ることができる。b 点を測定して VR の変化による振幅の増減，雑音の有無を観測することにより VR の不良を診断できる。電力増幅管のプレート電圧には B 電源のリプル電圧が相当残っており，このリップルに重畳して入力電圧が観測されるのでリップルを静止させないと見づらくなる。入力電圧を観測するにはグリッド電圧を測定した方がよい。いづれにしてもリップルが含まれるのでこれに同期させておいた方が観測し易い。

5.2 音声波形

第13図(3)のようにスピーカをマイクロホン代りにして出力トランスの一次側の両端を入力端子に接続し音声波形を観測する。同一発音を連続させてのこぎり波の周波数を調整し適当な数の波形を静止させる。

その他の応用例としていろいろな使用方法があると思うが，CR 発振器を組み込んで周波数と人間の聴覚との関係を調べることもできるしアンプの飽和特性やバイアスの最良点を求めるの

に利用することも考えられる。観測波形としては正弦波に近いものであって、矩形波等の急激な変化部分をもつ波は垂直出力トランスの特性により偏向コイルに入力信号と同様な電流を流すことができない。

VI む す び

この装置は可聴周波範囲の波形観測に使用できるもので、中学校の技術科・理科の学習に活用できるものとする。中古のテレビが2～3台あれば、費用もあまりかからず、回路もできるだけ製作し易いように配慮した。目に見えぬ電気現象を、視覚に訴えることにより、少しでも学習に役立てば幸である。垂直軸の掃引方式をシンクロスコープのようなトリガ方式に変更すれば、波形は常に静止し観測し易くなる。この方法についても試作したいと考えている。

参 考 文 献

- 1) 藤巻安次：オシロスコープの設計と取扱い，誠文堂新光社，1960。
- 2) 山下彰・川上正光・山崎考編集：最新テレビ受像機同期偏向編，共立出版株式会社，1968。