

テレビセットを用いたオシロスコープ(Ⅱ)

福 間 彰 ・ 古 川 明 信

Akira FUKUMA and Akinobu FURUKAWA :

An Oscilloscope with TV-Cathode Ray Tube (Ⅱ)

Abstract : This report presents a new and easier method in which an old TV-set can be remodeled into an oscilloscope. In this method a TV-set need not be pulled to pieces but we make the most of its circuits, and it will take only a few days for even a beginner to make this device.

The utmost effort has been made to linearize the low-frequency sawtooth waves and for 2 cycles of electric power wave and rectified wave to appear.

This paper also presents simple methods of making an audio-frequency oscillator and a variable voltage d-c power supply from TV-parts. These instruments as well as the above-mentioned oscilloscope will be of much use for the middle school teachers as teaching tools.

I は じ め に

電気事象の研究や、学習には、その波形を直視できる装置が不可欠のものとなっている。

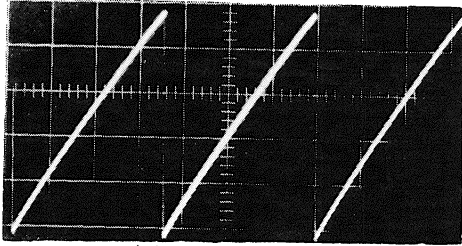
普通のオシロスコープはかなり高価でありブラウン管も小さく、多人数を対象とする授業の場合、制約を受ける。そこでテレビを用いた波形観測装置を発表し⁽¹⁾、中学校教諭の方々に製作して戴いたが、テレビセットを一応分解し、新しく回路を組み直して行くために分解作業に時間を取られ、慣れない人では完成するまでに約一週間を要した。

そこで、改造の目的を、電源周波数から 3kHz 位までの正弦波と半波整流波形の観測だけにしぼって、できるだけテレビの回路を分解せず、部品の追加程度でこの目的を果せるよう、考慮したものがこの報告である。

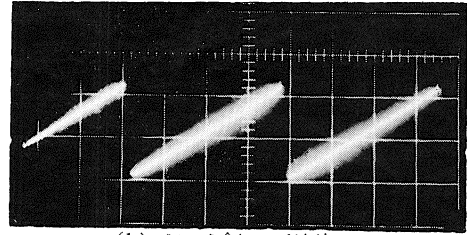
低域での、のこぎり波状電圧の直線性を改善するために IC を用いた回路と、テレビセットの中間周波増幅回路に少し手を加えて製作できる簡易 CR 低周波発振器も好結果を得たので併せて報告する。

II 改造オシロスコープの概要

電圧波形を観測するには、ブラウン管の螢光面上に焦点を結んだスポット（輝点）を水平方向に左から右へくり返し移動させるために、のこぎり波状の電圧（写真 1）を発振させねばな



(a) のこぎり波



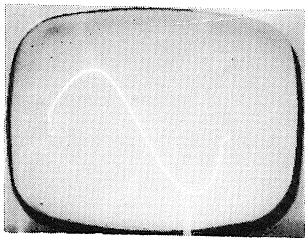
(b) パルスを含むのこぎり波

写真1 のこぎり波電圧

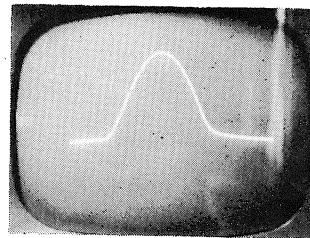
らない。この回路を時間軸とか水平軸回路と呼ぶ。被観測点の電圧を増幅し垂直方向に偏向させるための増幅器が垂直増幅器である。この両者の周期を適当に保つことにより波形を静止させることができる。(同期回路)

テレビをオシロスコープに改造するには、テレビに内蔵されている 60Hz ののこぎり波発振器(垂直発振器)を改造オシロスコープの水平軸に使用し、垂直増幅器はテレビの映像増幅回路を改造し、他のテレビに使用している垂直出力トランスを介し水平偏向コイルに電力を供給する。

即ちテレビの垂直軸が改造オシロでは水平軸となり、水平軸(水平偏向コイルに被観測信号を印加する)が垂直軸に入れ替ったことになる。テレビでは 60Hz ののこぎり波電圧のみ発



(a) 電源波形(1サイクル)

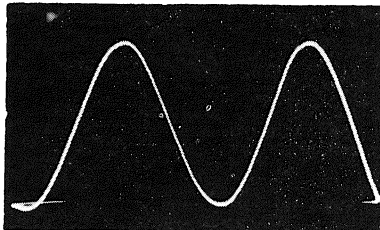


(b) 半波整流波形

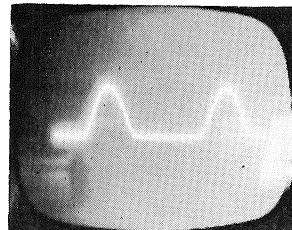
写真2 電源及半波整流の1サイクル波形

振させれば良いがそのまま電源波形や半波整流波形を観測すると写真2のように1サイクル波形しか観測できない。

交流とか整流作用の連続的な概念を学習する場合、2~3サイクルの波形を画かせることができればより効果的である。そのためには 20~30Hz ののこぎり波電圧を発振させねばならない。テレビののこぎり波発振器の自己発振周波数の幅は 20Hz~50Hz(メーカにより異なる)



(a) 電源波形(2サイクル)



(b) 半波整流波形

写真3 改造オシロスコープ波形

(1) 12BY7Aのプレートのコイル類を切り離し、他のテレビセットの垂直出力トランス

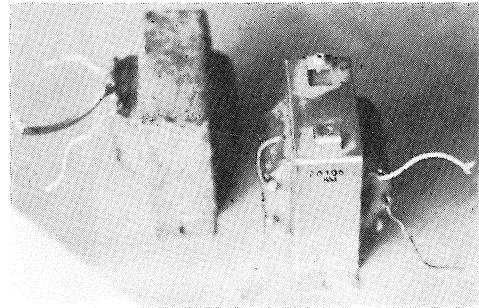
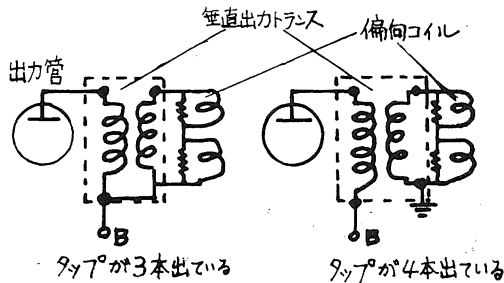


写真5 垂直出力トランス (両図共左側は単巻型・右側は複巻型)

(写真5) を接続する。

(2) 3~5 Kの負荷抵抗〔3W位のもが使用してある〕をB電圧の電圧降下用とし、 10μ ~ 20μ の電解コンデンサーの接続点を第1図のように変更する。

(3) コントラストの可変抵抗が単独で使用してあれば、 150Ω に取替えるか背面に取り付けその場所を新しく附加する可変抵抗の場所とする。

(4) 12BY7Aのプレートより入力増幅管のカソードにコンデンサ $0.22\mu\text{F}$ と抵抗 20~50

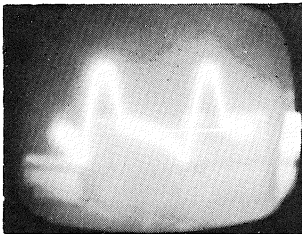


写真6 負帰還を加えないときの半波整流波形

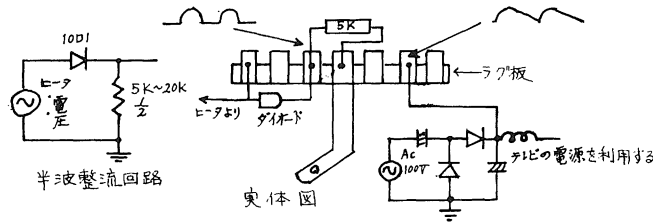
k Ω (整流波形を観測しながら可変抵抗で決めて行く)の負帰還回路を設ける。これがないと、整流波形が写真6のようになり整流の概念をつかみ難い。

(5) 入力回路として、 $500\text{k}\Omega$ の可変抵抗とグリッドをシールド線により接続する。この可変抵抗を取り付ける場所は、元のコントラストとか輝度の場所を利用する。

(6) 負帰還の直流阻止コンデンサー 0.22μ より1~3 Mの抵抗を介し音声増幅器の可変抵抗器 (音量調整) へ入力を供給する。(文献1参照)

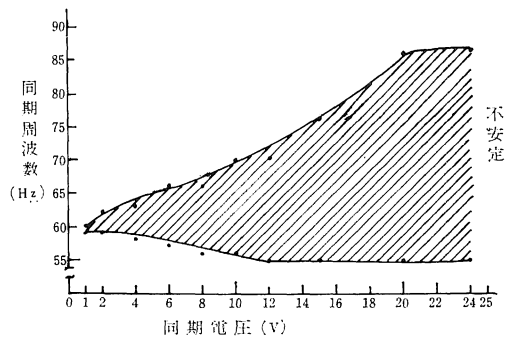
3.2 水平軸回路——テレビの垂直出力管は三極管を用いたものと五極管によるものと大別されるが、いずれの場合も、出力管のバイアスを深くすることと、発振周波数を低くすることにより、発振出力は増大するが直線性は悪くなるので時定数を大とし、30Hzにおける振幅制限と直線性の向上を計らねばならない。——発振管のプレートに直列に $500\text{k}\Omega$ ~ $5\text{M}\Omega$ の抵抗を追加する。セットにより異なるので実験的に決める。このプレート電圧の上昇と、出力管のバイアスの減少は共に発振周波数を高めるので、場合によっては垂直同期に直列に $500\text{k}\Omega$ ~ $1\text{M}\Omega$ の抵抗をそう入する。低域での直線性を向上させるためカップリングコンデンサーに 0.1μ ~ 0.2μ 位を並列に接続し好結果を得る場合もある。(第3図(2))

出力管に3極管 (12BH7A) を使用している NEC14-L17の例 ——カソード抵抗 (垂直直線性) $3\text{k}\Omega$ を $10\text{k}\Omega$ に取り替え、並列に入っている $8.2\text{k}\Omega$ を切離し、カソード電圧が



第4図 波形被観測用整流回路

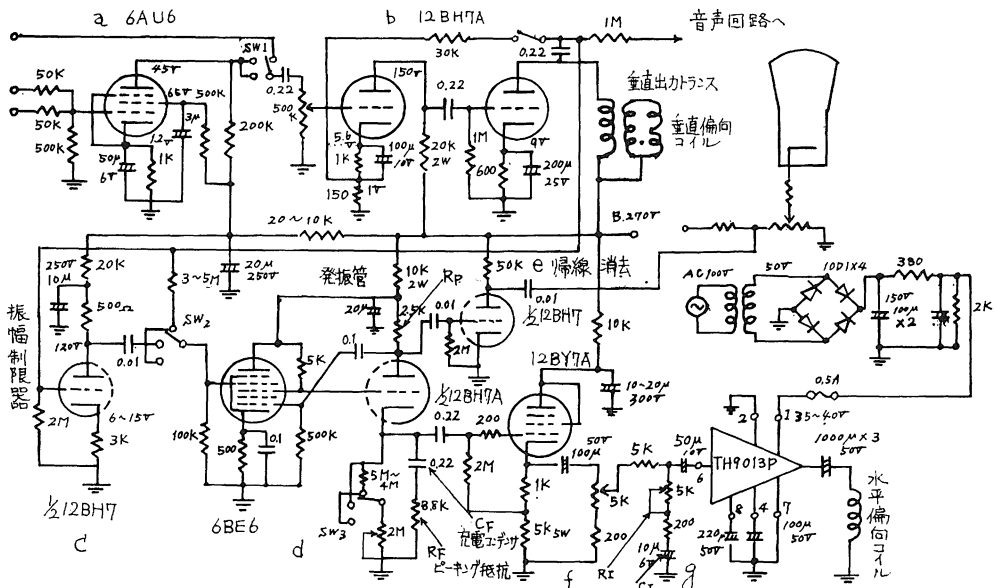
り波は 30Hz を発振させねばならない。ここで、自己発振周波数を 30Hz とし、同期信号を 60Hz 附近とした場合、図に示すように同期信号電圧が大きい程波形の静止する周波数範囲は広がるが或る点 (25V) を超えると不安定領域に入る。



第5図 同期安定領域

ブラウン管を垂直方向に 5~10cm 振らすためには、垂直出力管の電圧は 50~100V 必要であるからこの電圧を 1MΩ と 100kΩ で分圧し、適当な同期電圧とした。(第3図(1))

3.3 水平出力回路に IC を使用した場合——テレビでは垂直のこぎり波周波数が 60Hz と一定であるため、出力トランスが 60Hz に適合するよう設計されている。不整合を承知でこの出力トランスを介し、偏向コイルにのこぎり波を供給できる低域の周波数は 30Hz が限



第6図 ICを使用した回路

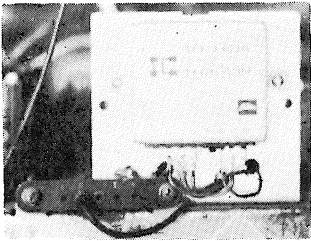


写真9 ICを取付けたところ

偏向コイルのインピーダンスは、スピーカーのボイスコイル負荷の数倍(20~25Ω)であるため必要な電流(300~500mA)を流すためには、高い電源電圧が必要である。それに耐えるものとしてこのICを採用した。

偏向コイルに流すには、偏向コイルにインダクタンス成分があるため、写真10のような電圧が必要である⁽¹⁾。この波形を得るには、普通第6図dのピーキング抵抗値は、充電コンデンサ C_F との相対関係で決まり、20Hz を発振させ、そののこぎり波電流の直線性の最良点を求めて決めれば、高い周波数においても

3.3.1 のこぎり波電圧—のこぎり波電流

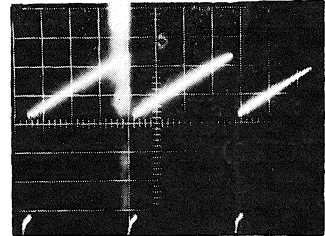


写真10 パルスを含むのこぎり波

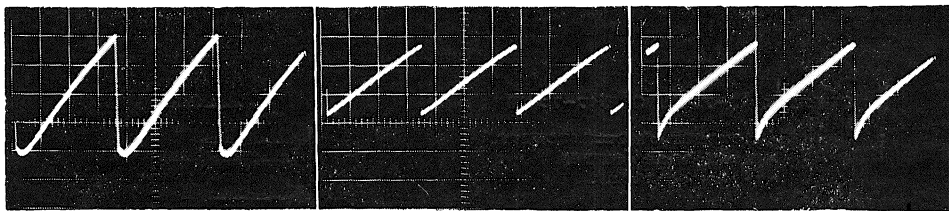
(a)ピーキング抵抗2.8K
過少(b)ピーキング抵抗3.8K
適正(c)ピーキング抵抗4.8K
過大

写真11 ピーキング抵抗と電流波形

電流波形は偏向コイルとアース間に0.3Ωの抵抗を接続しその両端をシンクロで観測した。

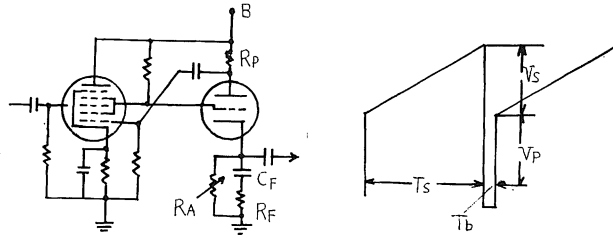
良好な直線性が得られる。

この発振回路において、三極管のプレート負荷 R_P 、充電コンデンサー C_F が発振周波数、電圧、帰線時間に及ぼす影響について調べたものが第1表である。

この表から帰線時間 (T_b) が短かく、発振電圧 (V_s) も高く、周波数調整用抵抗 (R_A) も小さくてすむものとして、充電コンデンサ $0.22\mu F$ 、ピーキング抵抗 $3.9k\Omega$ 、三極管負荷 $2.5k\Omega$ を選んだ。この型の発振器で R_P に $2k\Omega$ を使用している場合があるが、 $2k$ では発振電圧の、のこぎり波の頂部に飽和部分を生じ、直線性が悪くなるので $2.5k\Omega$ 以上のものを使用する。

3.3.2 同期回路—観測対象の一つである音声波形を静止させるために、同期電圧と同期範囲(波形の静止)の関係を調べたものを第2表に示す。同期電圧が高い程、同期幅も広がるが、あまり高いと他の周波数で同期が取れる。その傾向は、静止波形(サイクル数)を多くする程、強くなることを示している。これらを基に、音声の母音の連続音を表示させるための回路が、第6図cである。

音声の同期を容易にするため、電圧振幅の高くなる部分を圧縮し、静止波形のサイクルが変



第1表 各素子と出力波形との関係 T_s, T_b [ms] V_s, V_p [V] R_A [M Ω]

発振周波数 T_s (ms)	$C_F = 0.022 \mu F, R_F = 3.9 K\Omega$											
	$R_P = 2K\Omega$				$R_P = 2.5K\Omega$				$R_P = 3K\Omega$			
	T_b	V_s	V_p	R_A	T_b	V_s	V_p	R_A	T_b	V_s	V_p	R_A
50	0.25	3.8	14	8.4	0.35	5	12	5.8	0.5	7	10	4.2
40	"	"	"	6.7	"	"	"	4.5	"	"	"	3.4
30	"	"	"	5.1	"	"	"	3.7	"	"	"	2.45
20	"	"	"	3.25	"	"	"	2.3	"	"	"	1.7
10	0.28	4	14	1.6	"	5.6	13	1.05	0.5	"	"	0.8
5	0.4	5	15	0.9	0.45	6	13	0.45	0.7	9	10	0.35
発振周波数 T_s (ms)	$C_F = 0.27 \mu F, R_F = 3.1 K\Omega$											
	$R_P = 2K\Omega$				$R_P = 2.5K\Omega$				$R_P = 3K\Omega$			
	T_b	V_s	V_p	R_A	T_b	V_s	V_p	R_A	T_b	V_s	V_p	R_A
50	0.3	4.8	12	5.05	0.45	6	10	3.8	0.6	8	10	3
40	"	"	"	4.3	"	"	"	3.1	"	"	"	2.35
30	"	"	"	3.3	"	"	"	2.2	"	"	"	1.85
20	"	"	"	2.2	0.5	6	9	1.5	"	"	"	1.2
10	"	"	"	1M	0.5	6	9	0.9	0.7	10	9	0.55
5	0.35	5.5	12	0.5	0.6	9	9	0.7	0.9	11.5	9	0.2
発振周波数 T_s (ms)	$C_F = 0.33 \mu F, R_F = 3.1 K\Omega$											
	$R_P = 2K\Omega$				$R_P = 2.5K\Omega$				$R_P = 3K\Omega$			
	T_b	V_s	V_p	R_A	T_b	V_s	V_p	R_A	T_b	V_s	V_p	R_A
50	0.3	4	12	5.2	0.45	6	10	3.8	0.63	8	8	2.9
40	"	"	"	4.3	"	"	"	3	"	"	"	2.35
30	"	"	"	3.2	"	"	"	2	"	"	"	1.85
20	"	"	"	2.2	"	"	"	1.45	"	9	8	1.2
10	"	"	"	1.1	0.52	6.5	10	0.7	0.7	9	8	0.6
5	0.48	5.5	12	0.48	0.6	8	10	0.25	0.7	12	9	0.3

第2表 のこぎり波周波数60,100,200Hzにおける同期電圧と同期周波数範囲〔Hz〕との関係

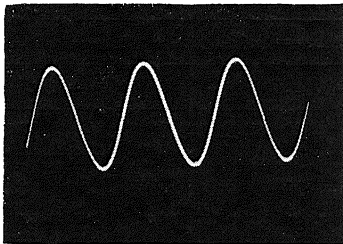
のこぎり波発振 周波数〔Hz〕	60			100			200		
	60 1サイクル ル	120 2サイクル ル	180 3サイクル ル	100 1サイクル ル	200 2サイクル ル	300 3サイクル ル	200 1サイクル ル	400 2サイクル ル	600 3サイクル ル
同期中心周波数 正弦波〔Hz〕									
同期電圧〔V〕									
1	56~60	100~125	175~200	90~110	185~220	280~330	190~225	375~445	560~665
2	48~68	110~140	180~220	85~115	180~250	280~360	180~245	350~495	550~780
4	46~78	120~160	200~260	80~150	200~300	350~440	170~300	355~610	630~1,000
6	48~100	140~220	250~330	80~190	245~410	450~600	165~270	420~800	800~1,350
8	56~140	190~300	370~500	90~280	355~610	570~760	160~570	520~110	1,900~ 1,350
10	60~170	240~380	450~600	95~330	400~620	750~ 1,000	175~680	700~ 1,800	2,700~ 3,200
20	70~180	310~440							
30	87~180	300~450							
50	86~145	250~500							

動するのを防止した。(同期電圧の低い部分では3波形が2波形に変動するといったようなことはない)

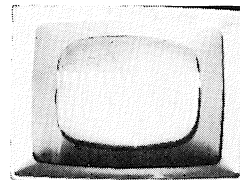
第6図eの三極管は、帰線消去回路で、のこぎり波のパルスを増幅し、ブラウン管のカソードに加えたものである。

IV 低周波発振器

中間周波増幅管を2本使用して第8図の回路を第9図の回路に改造する。ヒーター回路、B電源回路がそのまま使用できるので製作は容易である。普通のCR発振器では、初段のカソ



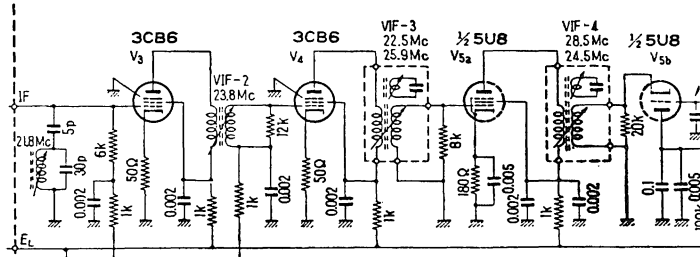
(a) 350Hz 波形



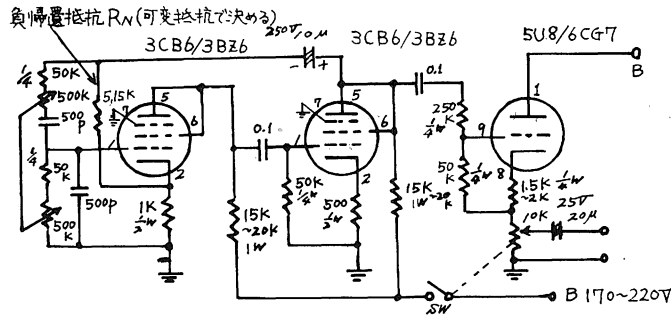
(b) 1kHz 波形

写真12 低周波発振器出力波形

ド抵抗や、負帰還抵抗にサーミスターや、豆電球等の非直線素子を使用するが、発振周波数範囲を限定すれば、抵抗を使用しても良い。この回路での発振周波数は330Hz~3kHzまで可変できる。可変抵抗を固定抵抗に置き替えれば単一の発振器となる。発振周波数は、 $f = \frac{1}{2\pi CR}$



第 8 図 中間周波増幅回路



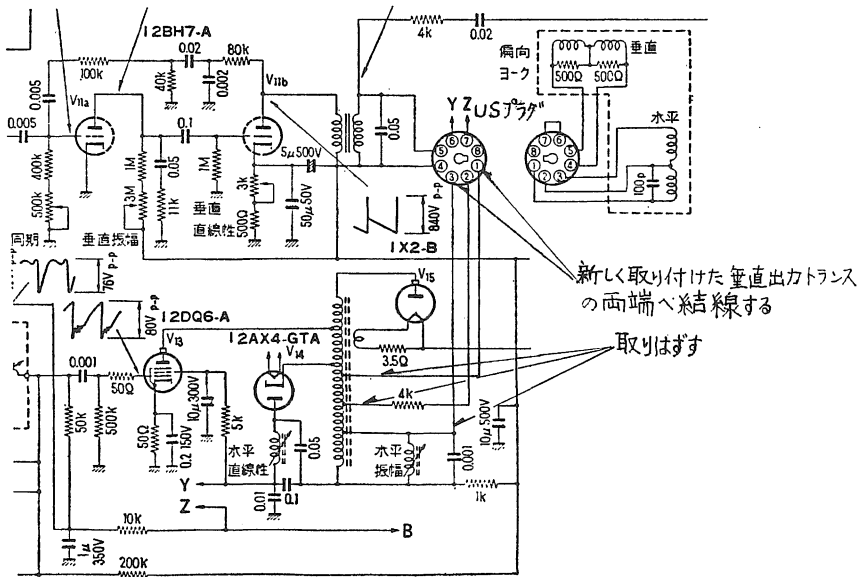
第 9 図 低周波発振器

で与えられる。この回路で調整を必要とする点は、負帰還抵抗 R_N である。出力波形を観測（改造オシロでも観測できる）しながら、 $10k\Omega$ 位の可変抵抗で、最低発振周波数において、発振可能な範囲で、できるだけ小さい発振出力となるよう調整する。（歪が小さい）この抵抗は数%の違いでも、発振不能となったり、波形が歪んだりするので固定抵抗に変える場合は、抵抗値をできるだけ正確に読むようにする。（普通の抵抗では許容誤差が10%もある）。

この発振器を使って、周波数と音質の関係、聴覚との関係等が観測できるので、理科の教具としても活用できるし、又低周波増幅器の信号源として有効である。出力を較正しておけば増幅度の測定等、いろいろな使用法が考えられる。出力段にカソードフォロア（5U8の三極部）回路を設け、低インピーダンス回路（トランジスタ回路）への接続もできるようにした。絶えずこの発振器を動作させていると、他の波形を観測する場合、重畳して、波形を見づらくするので、スイッチを設けて切っておく。（第9図SW、 $10k\Omega$ と連動）

V 製作上の留意点と操作

5.1 改造するテレビは、古い型の方が、トランス付が多く、プリント配線でないので改造し易い。ナショナル、ビクター製品は改造が困難な場合が多い。電源の電解コンデンサーは劣化している場合が多いので取り替える。（第10図）前面又は側面に、入力調整（被観測電圧）、垂直同期（V・HOLD、既存で、波形静止に利用）、低周波出力端子（イヤホン端子や、ミニプラグジャックを利用）、低周波出力調整、低周波発振周波数調整、音量調整（既存）、垂直直線性（V・LINEA）と垂直振幅（V・HEIGHT）は背面より、前又は側面に移す。



第12図 偏向コイルの結線図

各入出力端子，新しく追加した可変抵抗等はできるだけシャーシー上に取り付け，前面つまみ等が多くなるので，この部分はベニヤ板のパネルを取り付けた方が良い。

5.2 操作——入力調整で垂直振幅の調整を行い，V・HOLDで波形を静止させる。V・LINEAとV・HIGHTで水平方向の振幅を調整し，表示波形の左右が対称になるようにする。V・LINEAで水平方向の振幅を減少させた場合，水平振幅が消滅したり，不安定になったりすることがあるので，その以前の状態で使用する。この両者を調整すると，波形は流れるので，V・HOLDを再調整する。半波整流波形，電源波形，低周波発振器波形，これらの入力における上記三調整器の最適値が異なるのでそれぞれについて，つまみに，印を記入しておけば便利である。2サイクル波形の右と左の波形がやや異なる場合があるが（垂直出力管に五極管を使用したものに多い。）これは，のこぎり波の直線性に起因するもので，学習の場合，同形であることを説明する必要がある。

VI 可変電源装置

テレビセット（東芝製品の古い型のもの）に使用されている電源を改造すれば，真空管関係の可変電源（140V～300V， $I_{max} = 150\text{mA}$ ）と低圧用（トランジスタ用電源，5.5V（無負荷7V）～20V， $I_{max} = 1.25\text{A}$ ）の電源装置ができるので，その1例を第13図に示す。

使用部品には，テレビ用真空管，又は，入手し易く，安価なトランジスタ，整流器等を，考慮した。

さらに検討を続けたい所である。発声音の観測については、連続母音が表示できたが、子音観測を行なうためには、瞬時音を問題とせねばならないので、今後の大きな課題といえよう。

この小論では、主として製作上の具体的な点につき、記述したので改造に当っては文献⁽¹⁾と共に参考にして戴ければ幸である。

この装置が、電気振動、音声波形、楽器音等の観測に使用され、理科、技術科の学習指導に役立つことを期待し、特に、中学校技術科の新指導要領によれば、三学年における三球受信機が廃止され、増幅器となったが、その信号源や調整、測定に充分活用できることを願うものである。

参 考 文 献

- 1) 福間彰・古川明信：テレビセットを用いたオシロスコープ，島根大学教育学部紀要（教育科学）第3巻，1970
- 2) 中林忠志：オーディオ用測定器，誠文堂新光社，1943