



Title	1. 弾性波模型実験装置の改良
Author(s)	斎藤, 竜亀
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 16, 1-10
Issue Date	1966-08-10
DOI	10.14943/gbhu.16.1
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/13913
Type	bulletin (article)
File Information	16_p1-10.pdf



[Instructions for use](#)

1. 弾性波模型実験装置の改良

齊藤 竜 亀*

(北海道大学理学部地球物理学教室)

— 昭和 41 年 4 月受理 —

I. はじめに

弾性波動伝播の模型実験や岩石資料の速度測定において、理論及び実験が進展するにつれて、その実験装置は、従来用いられていた装置よりも高い精度をもつものが必要となって来た。

例えば、岩石資料の速度測定では、測定誤差が、その岩石の物性の解釈とか、あるいは地殻構造の解釈にまで影響を与えるおそれが生じて来た。

このような要求に応えるためには、従来使用されていた弾性波模型実験装置は、その部分的な改良によっては解決されないため今までとはその構成を全くかえ、水晶振動子を基準とし高精度、高信頼度の装置を新たに研究試作した。

II. 装置の構成

装置全体の Block Diagram を第 1 図に示す。

Wave Generator はこの系列の中で最も信頼性を要求されるわけだが、ここからは、正確な Time Mark と Trigger Pulse, それに模型を励振する矩形波あるいは有限長正弦波が出力として取り出される。この Generator の出力電圧は、数 Volt なので Exciter にチタン酸バリウムを使用する都合上、直接駆動するには電圧が不足なので、次の Power Amplifier で 200 数 10 Volt に電力増幅してやる。こうして Power Up された波で Exciter を駆動する。模型中を伝播した波動はもう 1 個のチタン酸バリウムによって Pick Up される。起電力は数 100 μ Volt なので Pre-amplifier によって数 Volt まで増幅し Wave Generator からの Time Mark と Mixing して Synchroscope の Vertical Input へ導く。

このようにして各種の弾性波模型中を伝播する波動の模型を Synchroscope 上に再現し、写真に記録して研究を進めている。

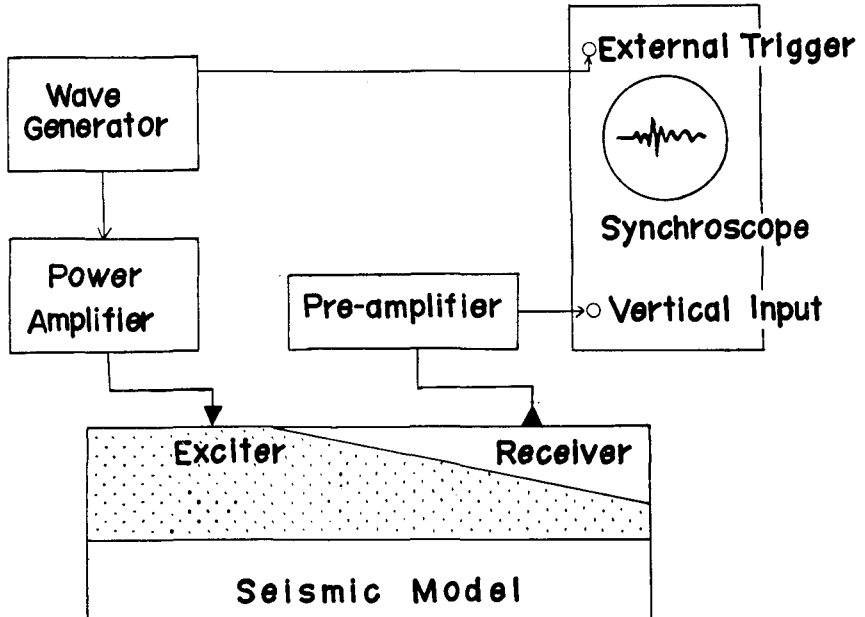
今回改良試作したのは Wave Generator と Power Amplifier である。

次に各 Block Diagram について具体的に述べる。

1. Wave Generator

100 kc の水晶振動子より得られる波を整形、微分して 10 μ s 間隔の Time Mark と Pip を得る。次にこの 100 kc の Pip を 1/5, 1/2 分周回路を縦接続してやることにより、50 pps

* 現在の勤務先 北海道大学工学部



第1図 弾性波模型実験装置の全構成

Fig. 1. Block-diagram of the equipment for model seismology.

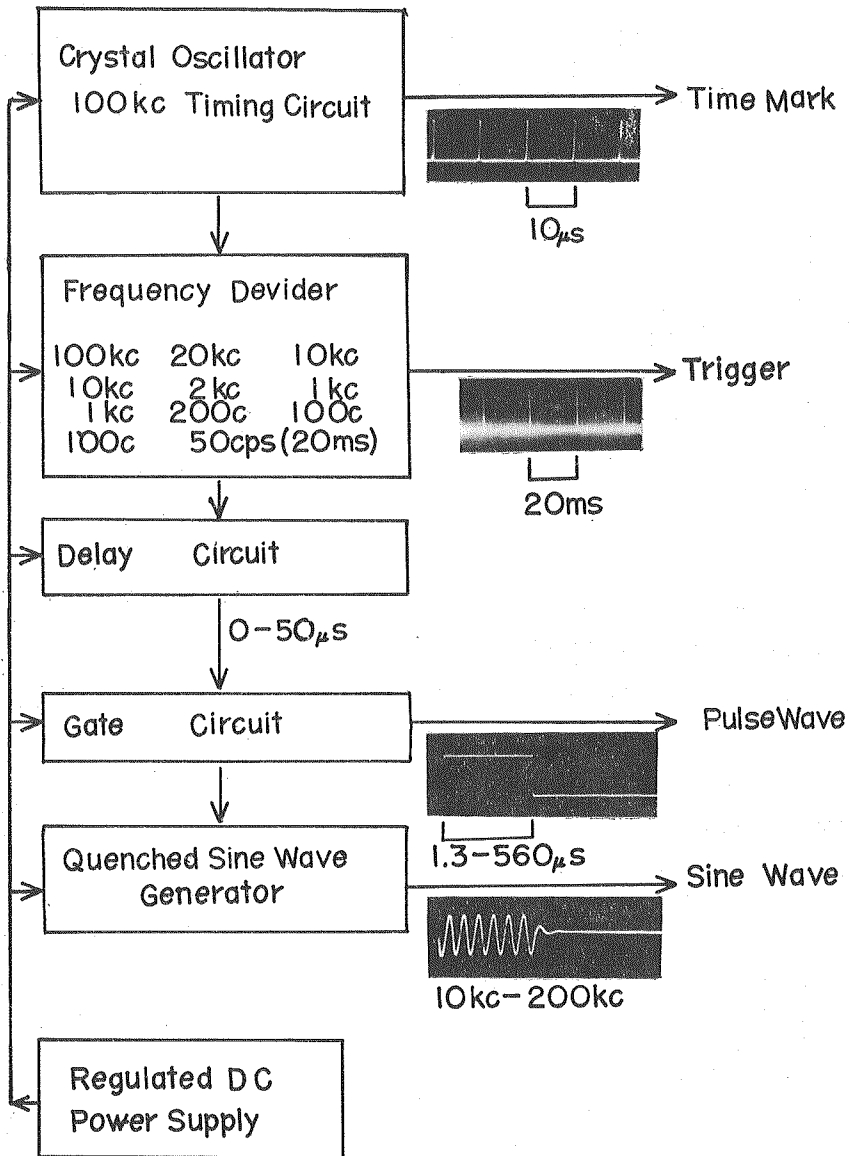
(20 ms) まで落し、Synchroscope の Sweep Trigger Pulse として一方を取り出す。他方は模型を Excite する波を発生させる Trigger Pulse として使用する。

つまり 20 ms の繰返し周期で Excite する。ここで繰返し周期を 20 ms とした理由は、反射による影響をのがれるためである。つまり使用している弾性体模型の最大長が 4 meter 位で一番遅い表面波の伝播速度が 500 m/s 位であるから、両端からの 1 回反射の影響が継続する時間は 16 ms 位となるため、余裕をみて 20 ms とした。これ以上長くすると Synchroscope 上の輝度が不足する一方で観察が困難になる。

このようにして 20 ms 毎の Trigger Pulse は遅延回路に入り、 $0\sim 50\ \mu\text{s}$ 遅延される。この回路は Excite の Shot Time と Time Mark を一致させるためである。

次に Gate 回路に入り Gate 幅 $1.3\sim 560\ \mu\text{s}$ までの矩形波が得られる。このままで Power Amplifier への矩形波出力となる場合と、次の有限長正弦波発振回路を開閉させる Gate Pulse となる。

最終段の有限長正弦波発振回路は $10\sim 200\ \text{kc}$ の正弦波を任意の波数だけ間歇的に、発振させるものである。一定時間のみ発振させる方式として、その時間のみ正帰還をかけてやるのとあらかじめ正帰還をかけておき、その時間以外のみ負帰還をかけてやる方式等が考えられるが今回試作した回路では前者の方式をとり、第3図のように負帰還側に周波数特性を持たせてやり、一定時間のみ正帰還をかける方式である。

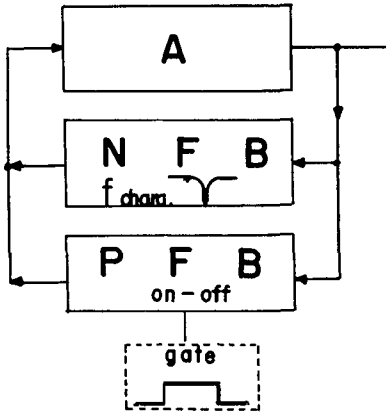


第2図 Wave Generator の構成及び出力波形
 Fig. 2. Block diagram of wave generator and output wave form.

なお、これらの Wave Generator の全回路は Transistor を使用しているため従来電源として、蓄電池を使用していたが、操作を簡便にするため、これも Transistor による安定化電源を Generator の本体に内蔵することにした。各回路について説明すると

1-1 Timing Circuit

100 kc の K 型水晶振動子を使用した (偏差は -0.003%)。LC 発振回路により 100 kc の正



第3図 有限長正弦波発振回路の動作原理

Fig. 3. Oscillational principle of quenched sine wave generator.

弦波が得られる。この部分は出力電圧が、4~15 Volt で安定した発振をする。Tr 3は Buffer, Tr 5, 6は Schmitt 回路, Tr 7, 8 で構成 Plus, Minus, Trigger の双安定 Multivibrator により 10 μ s の矩形波が得られる。D 1, 2は Trigger Diode, Tr 9, 10は Buffer で, Tr 10の Emitter から取り出された波は 0.01 μ F, 3 k Ω の C, R によって微分され, D 3 によって Plus Pip のみが Time Mark として得られる。

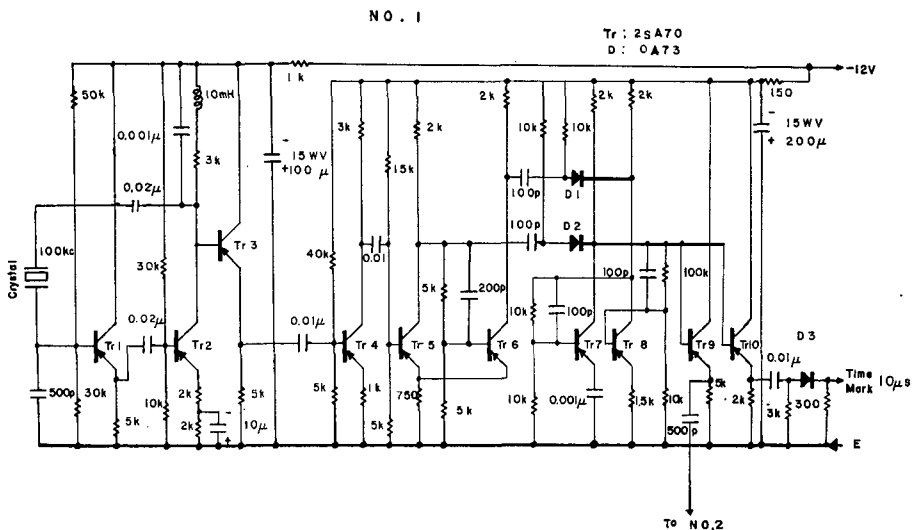
他方 Tr 9 の Emitter から 500 pF を通って 100 kc の Plus, Minus の Pip が No. 2 の Frequency Divider へ。

1-2 Frequency Divider

この回路は単安定 Multivibrator によって 1/5, 双安定 Multivibrator によって 1/2 に分周する回路から成っている。Tr 11, 12 が単安定で, 70 k Ω の R で τ を変える。Tr 13, 14 が双安定, D 4, 5 はその Trigger Diode, 以下同様の回路が第 5 図 (No. 2), 第 6 図 (No. 3) と続く。第 6 図の Tr 25, 26 は Buffer, Tr 26 の Emitter からの 20 ms 矩形波は 0.005 μ F, 10 k Ω の C, R によって微分され D 13 によって整流されて Plus の Pip のみが Synchroscope の Extra Sweep Trigger として取り出される。

1-3 Delay Circuit

Top の 0.02 μ F, 2 k Ω の C, R で微分され, D 14 で整流された Plus の Pip を, Tr 27, 28



第4図 水晶振動子による計時回路

Fig. 4. Timing circuit.

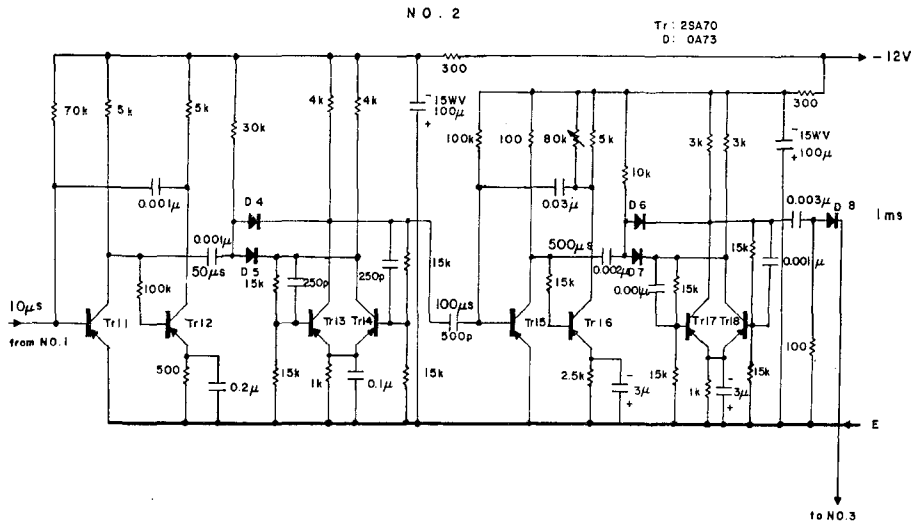
の Schmitt 回路で Slice する。10 k Ω の VR によって Slice Level を変えることによって遅延時間を変化させる。Tr 29 は Buffer, Tr 31, 32 は単安定 Multivibrator, Tr 33 は Buffer である。

1-4 Gate Circuit

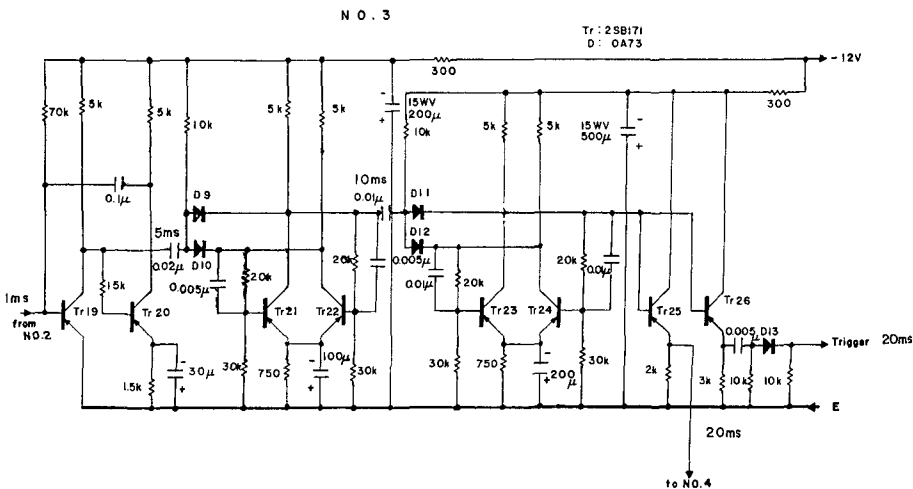
Topにある微分、整流回路より得られた Plus の Pip を Tr 34, 35 の Schmitt 回路で、Slice する 10 k Ω の VR で Slice Level を変えることにより τ を変化させる。つまり Gate 幅が変えられる。

1-5 Quenched Sine Wave Generator

この回路は発振条件が Critical なので安定した発振をさせるのに一番苦労した。



第5図 分周回路 その1 (100 kc \rightarrow 1 kc)
Fig. 5. Frequency divider No. 1 (100 kc-1 kc).

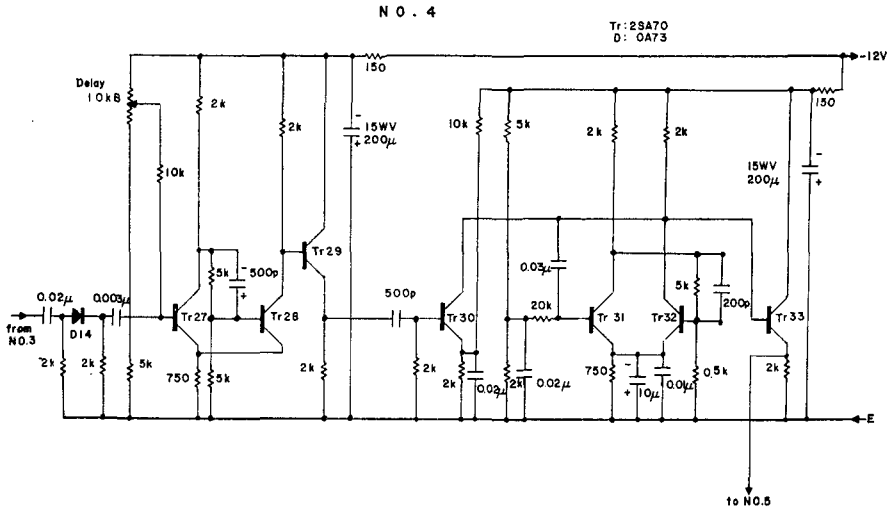


第6図 分周回路 その2 (1 kc \rightarrow 50 pps)
Fig. 6. Frequency divider No. 2 (1 kc-50 pps).

Tr 42, 43, 44 が正帰還の Loop で Tr 43 の Base と Tr 44 の Emitter 間の S, T の部分を Gate Pulse によって On-off させる。Tr 44, 41 が負帰還 Loop で、2 連 VC 及び R によって 発振周波数を定める。

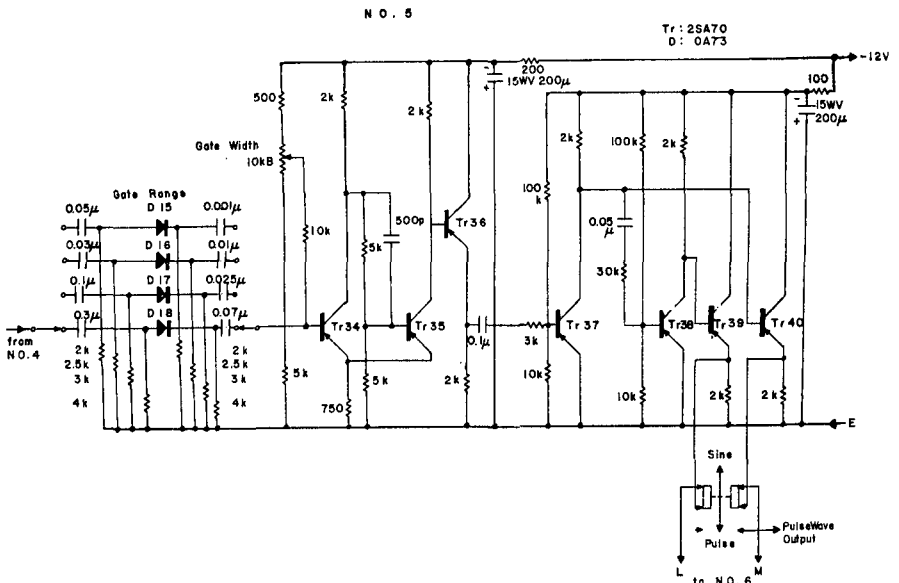
1-6 Regulated DC Power Supply

D 22~25 による Bridge 全波整流, 3 kΩ の Breeder は Pilot Lamp 兼用, 安定化回路は 並列形で負荷 0 の時は Tr 50, 51 を全電流が通り 100% 負荷になれば Transistor には殆んど電



第7図 遅延回路

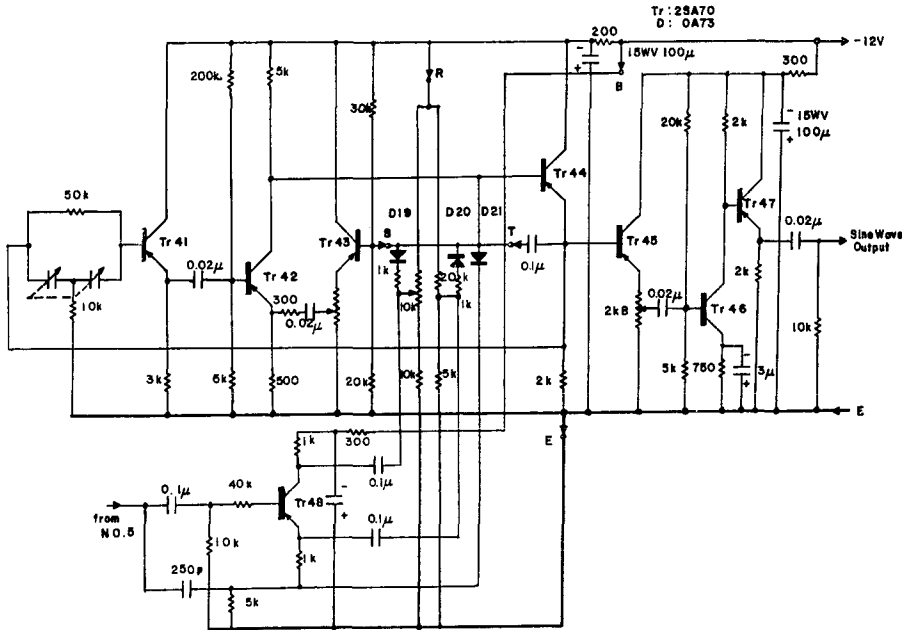
Fig. 7. Delay circuit.



第8図 Gate 回路

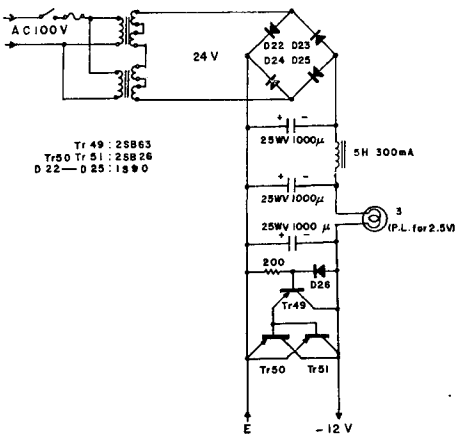
Fig. 8. Gate circuit.

N O . 6



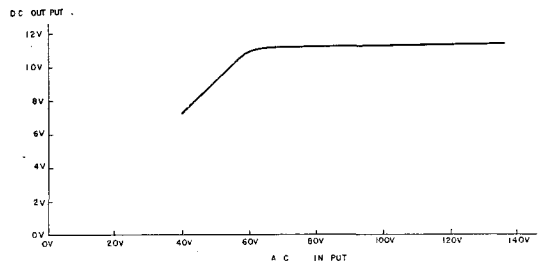
第9図 有限長正弦波回路

Fig. 9. Circuit of quenched sine wave generator.



第10図 直流定電圧電源回路

Fig. 10. Circuit of regulated DC power supply.



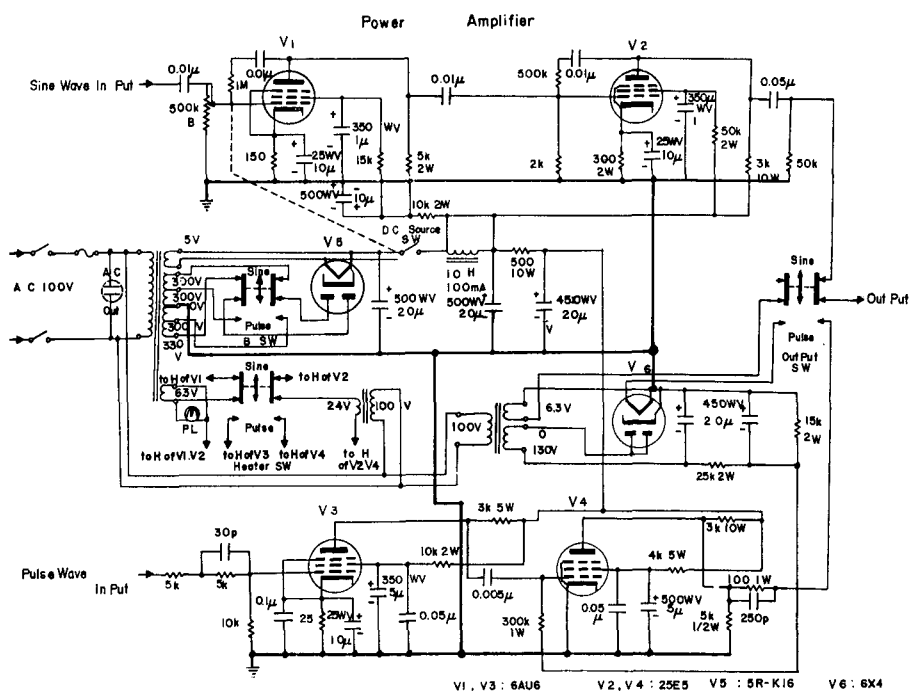
第11図 直流定電圧電源回路の入力交流電圧の変動に対する出力直流電圧の安定度

Fig. 11. Stability of regulated DC power supply.

流は流れない。D 26 は定電圧 Diode, この回路の実測結果を第 11 図に示す。Wave Generator を接続使用した状態 (160 mA 消費) で入力交流電圧 60 Volt の時の出力直流電圧は 11.0 Volt, 130 Volt の時 11.4 Volt とその差 0.4 Volt で, 変動率は 0.53% であった。なお Ripple 率は無視できる値である。

2. Power Amplifier

圧電体を十分な Power で駆動するには数 100 Volt の高電圧が必要なので, この部分のみ



第12図 Power Amplifier の回路

Fig. 12. Circuit of power amplifier.

全部真空管を使用した。また矩形波増幅回路と正弦波増幅回路とを独立させて2系統とし、効率を高めた。

2-1 Sine Wave Power Amplifier

V1のPから G_1 へ、V2のPから G_1 へそれぞれ負帰還をかけて歪のない波形が得られるようにした。V2はPlate最大定格で使用している。

2-2 Pulse Wave Amplifier

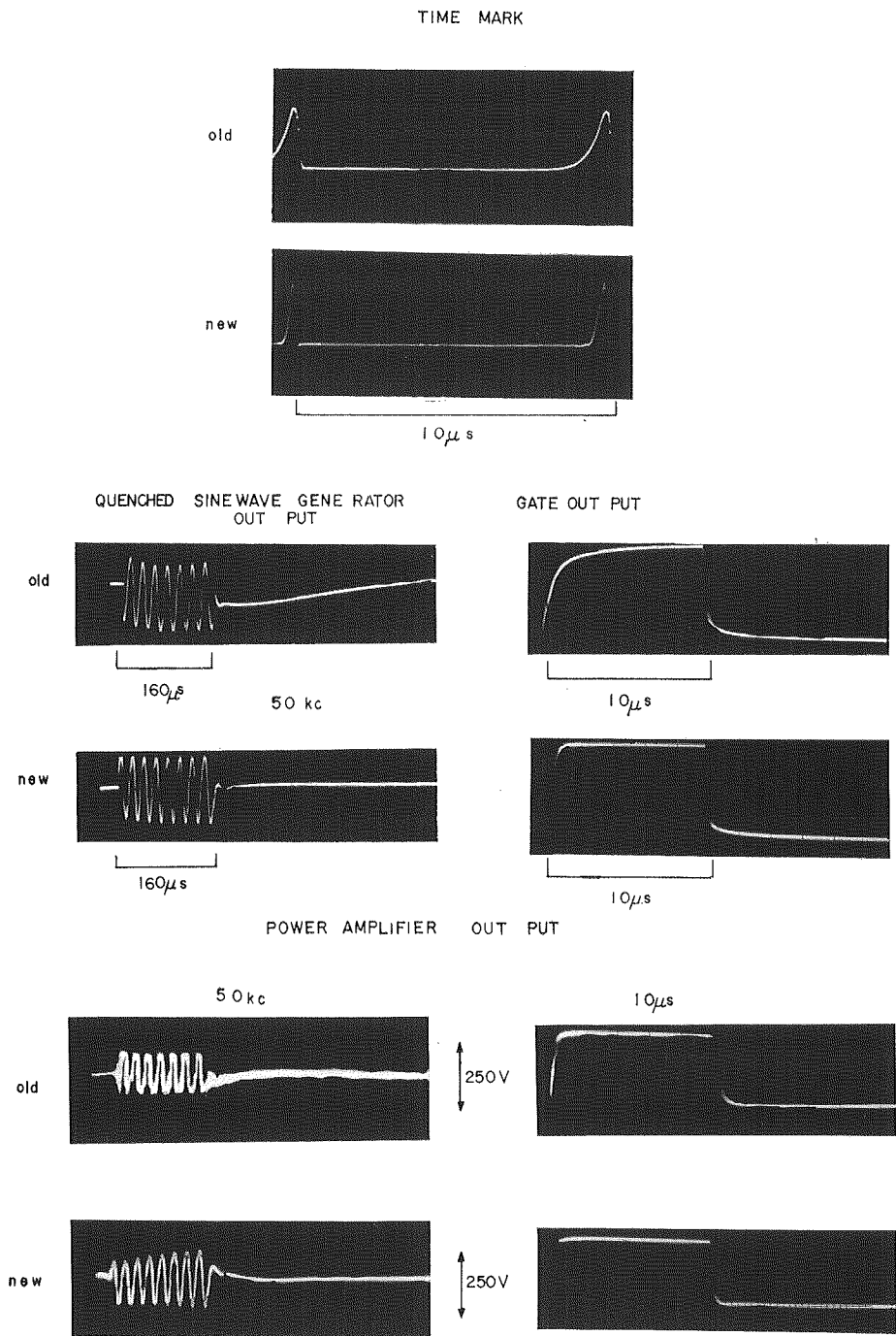
V4もPlate最大定格で使用。

2-3 Power Supply

正弦波を増幅する時は電圧降下が大きいので電源Transeの2次電圧を300 VoltにUpするようにした。またV2、V4は最大定格で使用しているため、Heaterを予熱してからB電源をOnにするようにしてある。なおV6はV4の G_1 に深いBiasを与えるための電源である。

III. 性能結果

従来使用していた装置ではTime MakerとしてMultivibratorを使用していたため電源電圧や温度の変動により誤差を生ずる危険があったが、水晶振動子の使用により、それらの問題が解決された。また従来使用していたTime Markの検定の結果、 -1.2% の誤差があることが



第 13 図 新旧装置による各波形及び出力電圧の比較

Fig. 13. Comparison of the old equipment and improved equipment in out put wave form out put voltage (Old one is upper, respectively).

判明した。新旧の波形の比較を示すと第 13 図のようになる。いずれも歪が少なくなっているのが判る。但し Power Amplifier の矩形波出力のみ少し Gain が劣化している。この原因として Plate 電圧の降下が考えられる。

このような結果が得られたが、この装置により時間精度が高く、安定した模型実験が行えるようになった。装置に関しての今後の課題としては高耐圧 Transistor を利用した Power Amplifier の試作や Pre-amplifier の Transistor 化が考えられるがそれらが実現すれば便利になろう。

今回の試作研究にあたり、当教室の田望助教授、本山満雄氏および中里良子氏から多大の協力を得た。ここに謝意を表する。

IV. Improvements on the Equipment for Model Seismology

By Tatsuki SAITO*

(Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University)

Improvements are made on the wave generator as well as the power amplifier. The wave generator is designed basing upon a crystal oscillator, in place of the multi-vibrator, whose natural frequency is 100 kc. That frequency is utilized for 10 μ s time marks on one hand. On the other hand, it is reduced by the frequency divider to 50 pps. The pips of 50 pps are used for the trigger to sweep the synchroscope and the delayed pips are used for the trigger to generate signals. Delay circuit is put into the generator for the purpose of coinciding the shot time with anyone of time marks. The generator is so designed as to get rectangular waves as well as quenched sine waves.

The voltage-stabilized power supply is also included in the generator. Signals from the generator are amplified as far as several hundreds volts by the vacuum-tube power amplifier. This is divided into two systems; one for rectangular waves and the other for sine waves. The new equipment has been found by several tests to be very good in comparison with the previous one.

* At present, Faculty of Engineering, Hokkaido University