

反射地震探査用増幅器の自動利得調整 (A.G.C.) に関する実験

森 喜 義* 南 雲 昭 三 郎*

Résumé

Some Experiments on the "A.G.C." using Amplifier
for Seismic Prospecting

by

Kiyoshi Mori & Shōzaburō Nagumo

In recent reflection seismic exploration, amplifiers provided with "A.G.C." have been used. In order to obtain good reflection records in the "difficult areas", some trials must be done frequently on the shot depth, charge amount, spread, setting of geophones, filter adjustment etc. In these controls, operators always meet the problem, "how the A.G.C. deforms the true seismic waves, and how the A.G.C. has influence on the detection of reflection waves". To get enough information about this problem, writers tried, as the first attack, some experiments on the *transient characteristics* of the A.G.C. amplifier and discussed about their influence on the detection of reflection waves.

The methods of experiments and the results are summarized as follows:

- (1) The static characteristics of the diode shunting system, being adopted as the "A.G.C.", were measured in detail.

They are presented in figures 5, 6, 14—19.

- (2) The writers obtained the transient characteristics of the A.G.C. amplifier by applying step waves with various step ratios.

Some examples of experimental records are shown in fig. 8, 9, and the transient output characteristics are shown in fig. 11. It is well known that the "A.G.C." can not follow closely the sudden change of input voltage owing to its time constant. But from these transient characteristics it becomes evident that, at the changing moment of the input voltage, the A.G.C. amplifier acts on the gain determined by the foregoing voltage, and the gain changes to a steady state with a certain time constant. These relations are illustrated in fig. 7.

In case of detecting the reflection phases from the field records, the transient characteristics will take important roles. When reflection signals of same energies are put into the A.G.C. amplifier, the output voltage of these signals become different depending upon the energies of their foregoing ground noise waves. And the output of a signal, whose foregoing noise waves are larger, becomes smaller than the one whose foregoing noise waves are smaller. While the output voltages of their foregoing ground noises are same amplitude due to A.G.C. when they are almost regarded as steady states. These effects are examined by a field record as shown fig. 13.

- (3) The variation of time constant of A.G.C. is obtained under various conditions, from the same records described above.

* 物理探査部

The results are :

- 1) The smaller voltage of the A.G.C. bias cell becomes, the smaller the time constant becomes. (fig. 20)
- 2) And the compression time constant is longer than the restoration one. (fig. 23, 24)
- 3) When the first voltage of a step wave does not bring A.G.C. into action, the compression time constant is longer than the one when it has brought A.G.C. into action. (table 2)
- 4) When the 1st voltage of a step wave has brought A.G.C. into action; the compression time constant does not change by step ratio. (table 3)

From these results it becomes clear that there are some differences of the A.G.C. action between the first break part and the following reflection detectable part.

要 約

調査記録を見る場合、特に A. G. C. の動作状態において機械的な原因によるものか、地動そのものの影響によるものか判断に苦しむことがしばしば経験される。これらの点を判然とさせるために S.S.C. 型増幅器について次の如き測定を行った。

- 1) 入出力静特性
- 2) 過度特性
- 3) Diode shunt 部分の電流および電圧の相互関係
- 4) 抑制電池電圧と時定数の関係
- 5) Step wave を与えた場合、Step(up および down) ratio と時定数の関係
- 6) Step ratio 一定の場合、最初の入力電圧と時定数の関係

これらの測定から

- 1) A.G.C. のかゝり始めおよび不動作状態になる入力電圧の関係
- 2) 反射波に対する A.G.C. の動作および S-N 比の関係 (すなわち signal に先立つ noise level の大きいほど、true picture と比較した場合見易さの低下の割合が大きいこと)。
- 3) 抑制電池電圧を小さくした場合の時定数の低下の状態
- 4) signal に先立つ noise level による時定数の変化の状態 (これから時定数は初動部分において大きく、観測部分において小さいことが量的にわかった)。

この種の研究を進めることにより A.G.C. 装置を持った機械を用いて得られた記録からも、ある程度、記録上の現象を解析することができる。

1. 緒 言

反射法による地震探鉱においては、もとより調査の方法、爆発の方法等にも多くの問題があろうし、またこれらに關してはすでに多くの研究者から発表されているが、一方、探鉱機自体にもますます高度の性能が要求されている。

従つて機械も往年のものに比べてますます複雑化し、これが操作にあつても十分な理解なしでは、完全に機能を発揮することはできないであろう。

筆者等が S.S.C. 型探鉱機 (1949年製) によつて調査をする場合も、調査記録をみくらべて、地動そのものによるものか、機械的な原因によるものか、機械はどんな状態で働いているのか、A.G.C. はどんなかゝり方をしているのか、しばしば考えさせられることがある。

S.S.C. 製探鉱機は、いわゆる最新型と呼ばれている機械が持っている性能の全部を備えているわけではないが、その A.G.C. の方式は大部分の最新型においても用いられており、その意味では歴史的な型ともいえよう。

またこの型については、いままでの断片的な測定は行つてきたが、増幅器 A.G.C. 部分についてののみ、あまり纏つた測定はなされてこなかつたが、たまたま最近調査方法に關連した2,3のフィールド実験を行うにあたり、特にこの部分の定量的な測定の必要を痛感し、本実験を行つた次第である。

なお本実験は鈴木実・須田芳郎も担当した。

2. S.S.C. 型地震計の概要

本実験に用いた S.S.C. (Seismograph Service Corporation) 型地震計の全体の構成としては12成分の受振計、増幅器と camera box および control box からなつている。camera box にはガルバノメーター、音叉

による刻時装置、光源部および camera box が收容されており、control box には増幅器および光源部の電源装置、同指示装置および電話回路等が組込まれている。

次に簡単に以上の主要部の特性を挙げれば次の通りである。

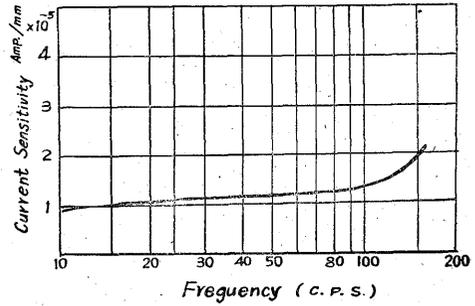
2.1 ガルバノメーター

可動線輪型

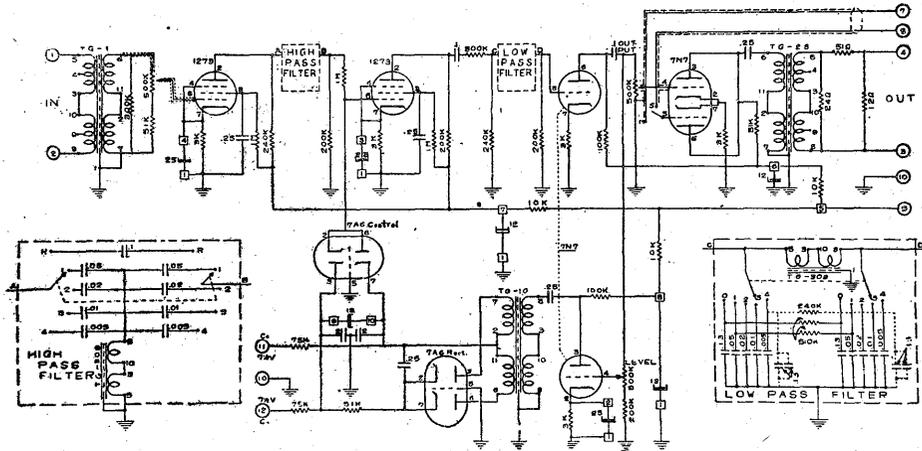
直流抵抗 4 Ω

電磁制動型で減衰系数 $h=0.42$

また感度調整用として 30 Ω の potentiometer が直列に挿入されている。



第1図 S.S.C. オシログラフの電流感度
Fig. 1. Current Sensitivity of S. S. C. oscillograph.



第2図 配線図
Fig. 2. Circuit diagram of S. S. C. amplifier.

第1図にその電流感度を示す。

2.2 受振器

可動線輪型

固有周期 約 30 \sim

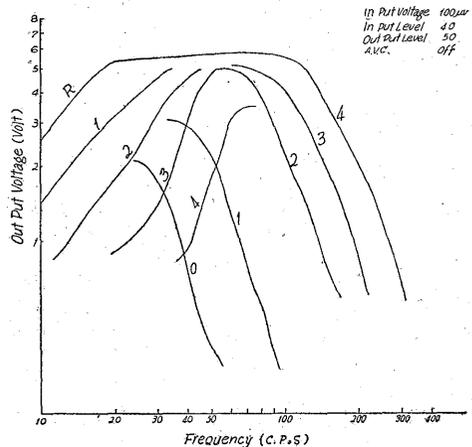
減衰系数 約 0.5

2.3 増幅器

増幅器は抵抗結合式4段増幅の主増幅部および A.G.C. (Automatic Gain Control) 部からなり、第2図に1成分の配線図を示す。

終段には双3極管 7N7 を用いて、通常は2つの3極管部は並列に接続されているが、switch の切換により任意に相隣る増幅器と電子結合式に mixing が行われる。また段間には high-pass および low-pass filter が挿入されており、これらの定数はそれぞれ5段の切換が可能で、おのおの組み合わせにより第3図の如き特性が得られる。

なおこの増幅器に用いられている各種のトランスおよび



第3図 フィルターの特性
Fig. 3. Filter amplitude frequency response curve.

びチャークの特性を第1表に示す。

3. A.V.C. 部分の測定

3.1 Diode Shunting System の動作

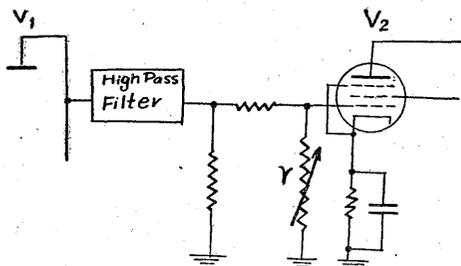
1) これらに関する概要は地質調査所月報第3巻第12号、飯田波事・村岡秀記：新潟縣別山油田における地震調査、を参照されたい。

第1表 使用トランスおよびチョークの特性 Transformers and choke characteristics.

	Primary Impedance	Secondary Impedance	Primary Inductance		D.C. Resistance		Turn Ratio	Shielding
			1 mV.	100 mV.	Pri.	Sec.		
Input Transformer	500*-333-250-200* 125-50 Ohms	Single or P.P. Grids 157,000* Ohms	8 h.	10.8 h.	90 Ω	9,250 Ω	1/17.7	Sextuple
Out-put Transformer	Single Triode 18,000*/4,500 Ohms	18*-12-8*-6-4-2 Oems	1,070 h.	1,300 h.	3,000 Ω	3.1 Ω	33.5/1	Double
Interstage Transformer	Triode 6C5 etc. 10,000*/2,500 Ohms	Single or P.P. Grids 110,000* Ohms	345 h.	380 h.	2,800 Ω	9,000 Ω	1/3.32	Sextuple
Choke	Inductance		Q=ωL/R		D. C. Resistance			
	100 mV.	1 volt						
	470/118 h.	500/125 h.	12		10,000/2,500 Ohms		Double	

第2図下部の部分が A. G. C. (Automatic Gain Control) 回路で (第14図参照), 今増幅器にある入力を与えられれば, これは V_1, V_2, \dots と順次に増幅されてゆくが, V_3 の出力電圧の一部は可変抵抗を経てこの部分に導かれ, V_5 によりさらに一段増幅されたうえ V_6 により両波整流される。従つてこの整流電圧はある範囲内では入力電圧と比例する量である。

一方 V_2 の grid 回路には漏洩抵抗と並列に V_7 が挿入されていて, その P_1 および K_2 極は図の如く抑制電圧 E_D によりそれぞれ負および正の電圧が与えられている。従つて入力電圧の小さい範囲では, V_7 の内部抵抗は非常に高い状態にあるが, ある程度増加してくると前記の整流電圧は抑制電圧を打消す極性にあるので, V_7 の内部抵抗は低下して導電的になる。これはあたかも第



第4図 制御管部分の等価回路

Fig. 4. Simplified equivalent circuit of variable impedance control tube.

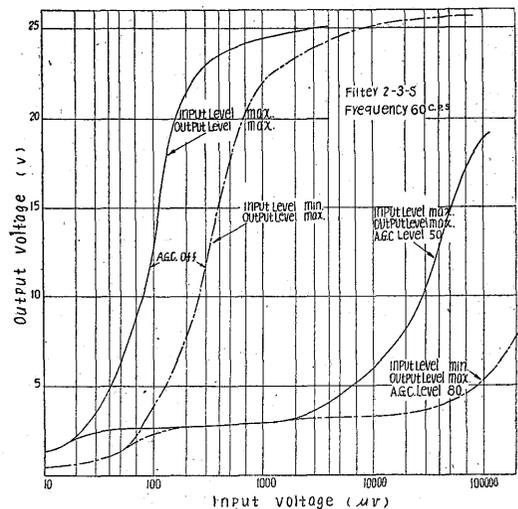
4図の如く V_2 の grid 回路に入力によりその値を変化する variable impedance を挿入したと同じことになる。従つて入力がある程度増加すると, r の値が前記の如く低下して, この段における gain が低下する。入力がさらに大きくなると r の値はますます小さくなつて gain はさらに低下し, 結局入力電圧のある範囲内では出

力電圧は一定となつて A. G. C. の目的が達せられるわけである。

このような方式による A. G. C. のかけ方は, 普通 diode shunting system と呼ばれている。

3.2 入出力特性 (静特性)

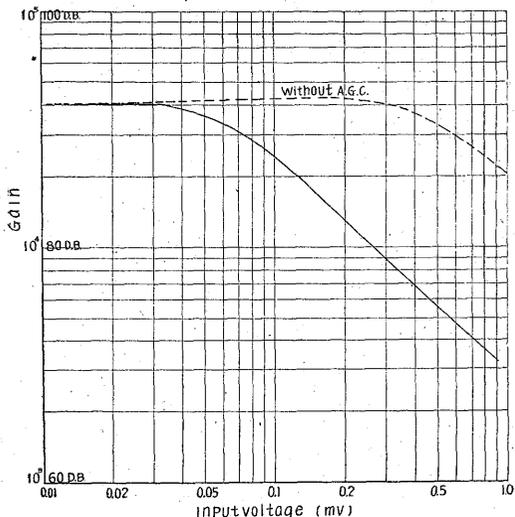
以上簡単に入力電圧のある範囲内では, 出力電圧は一定となると述べたが, この点について実際に測定した結果を第5図に示す。ただし第5図は filter 2-3-S の場合



第5図 A.G.C. の入出力静特性

Fig. 5. A. G. C. characteristic for steady state signal.

で, 使用周波数は 60 である。これより入力電圧 20~30 μV 附近から A. G. C. が利き始め (A. G. C. 動作開始電圧), ほとんど出力電圧一定で入力 10 mV にまで達していることがわかる。第6図は入力電圧に対する gain の関係を出したもので, A. G. C. を用いない場合は入力



6 図 入力電圧の増加に伴う増幅率の変化
Fig. 6. Amplitude response as a function of input voltage.

1 mV 位までは gain 約 90 D.B. でほとんど一定であるのに対して、A.G.C. を動作させた場合は、入力増加に対してほぼ直線的に低下し、入力 10 μ V で約 90 D.B. であつたものが、入力 1 mV まで増加すると約 20 D.B. 降下していることがわかる。

3.3 過渡特性(動特性)

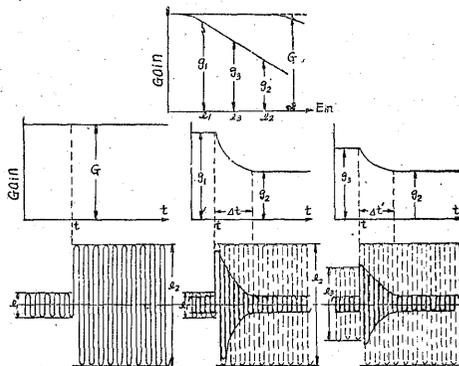
前述までの入出力特性(第5図)はいわば静的なものであつて、これまでは過渡的な現象は考えていない。もし静特性だけを考えると、A.G.C. の動作範囲では、signal が到来しても出力電圧は一定であるから、record にはなにも書かないことになる。このことは次の如く過渡現象を考えることにより説明がつく。

いま、増幅器入力に、初め e_1 なる電圧が与えられており、これが突然ある瞬間(t_1)に e_2 に増加した場合を考える(第7図参照)。

第6図の結果から e_1, e_2 に対する gain はそれぞれ g_1, g_2 であり、また A.G.C. を用いない場合はほぼ一定値 G であることがわかる。従つて A.G.C. を用いない場合は入力の増加にかかわらず gain 一定であるため、オシログラフの damping を critical とすれば(減衰係数は 0.42 であるが実際には大差ない(第8図参照)。第7図(1)の如き波形を画く。これに対し A.G.C. を用いた場合は、入力の増加に伴つて gain は g_1 から g_2 に変動するが、この場合 t_1 において瞬間に移行するものではない。なんとすれば入力電圧が突然増加すれば当然第2図 V_6 による整流電圧は増加するが、この電圧は瞬間に V_7 の P_1, K_2 極に電圧を与えるものではなく、その間にある C_1, R_1 等がある時定数を持つているので、時間

の遅れ($4t$)が生ずることになる。

前述の如く gain は E_{p-k} によつて制御されるものであるから、当然 gain の移行にも $4t$ なる時間の遅れを生じ、第7図(2)の上図の如く指数函数的な変化をたどる(この時定数は突然増加するかあるいは減少するかによつて異なり、また増減の仕方、初めの条件等によつても異なるが、このことに関しては後記する)。従つて時間 $4t$ なる範囲では入力が増加した後にもかかわらず gain は静特性から示される値 g_2 よりも高い状態にあるので第7図(2)の下のような波形を画く。また時刻 t_1 なる瞬間においては入力電圧 e_1 なる初めの状態の gain, すなわち g_1 に近い値で働くと考えられる。



第7図 Step wave に対する A.G.C. の動作
Fig. 7. The response of A. G. C. to a step wave.

このことを調査記録と対応させて e_1 を noise, e_2 を signal と考えれば、signal が到来した瞬間の gain は、signal に先立つ noise の大きさにより定まり、noise の大きいほど gain が低いということになる。

このことは当然のようなことではあるが重要なことであろう。

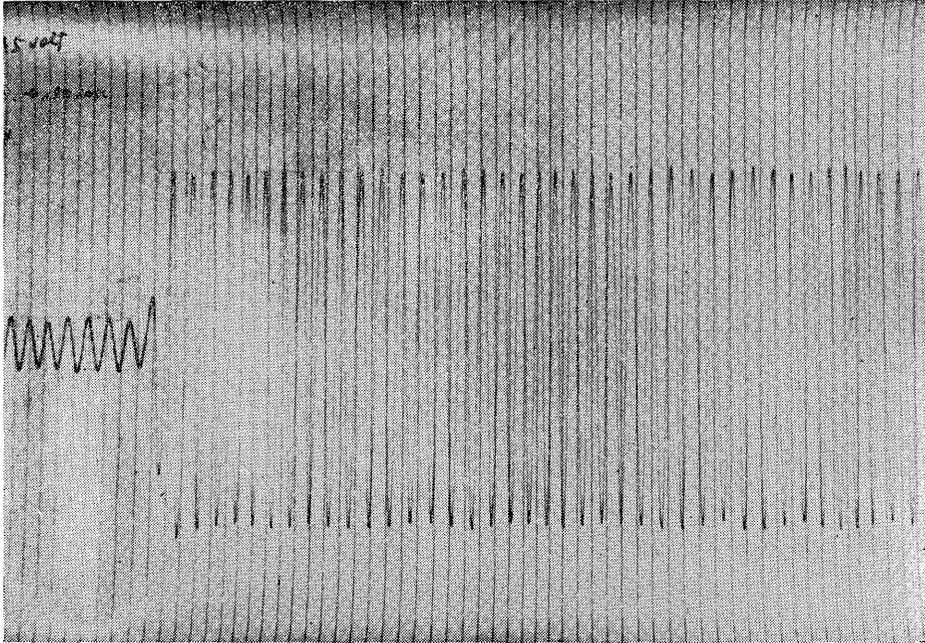
さて以上のようなことを種々なる e_1 において、増加の倍数をいろいろ変えて測定を行つた。

第8図はその測定記録の一例である。第9図は同様な意味で突然減少した時の測定記録の一例である。

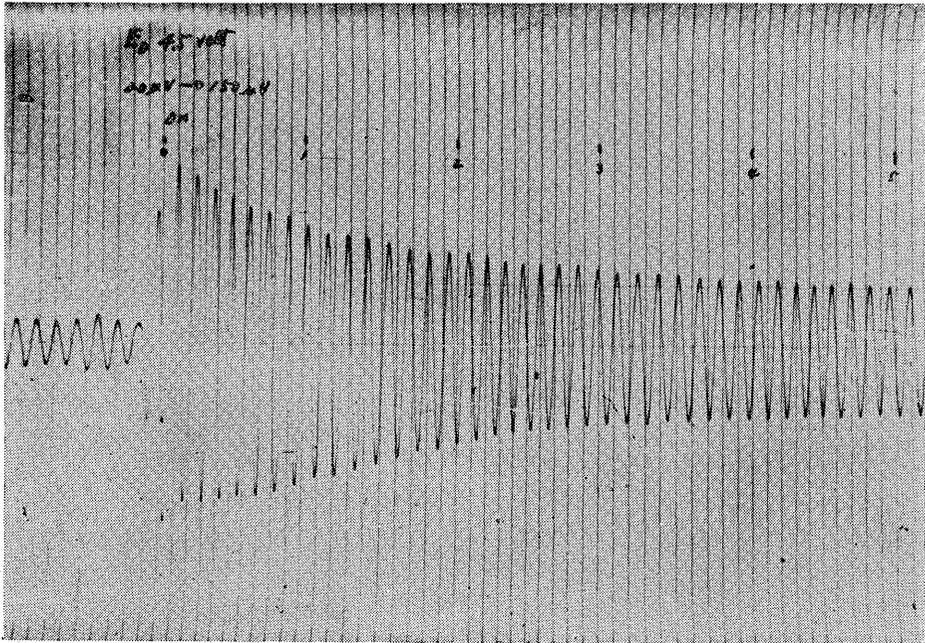
ガルバノメーターの振幅と増幅器の出力電圧との関係を第10図の如く求めておけば、最初の山の過渡振幅 E に相当する増幅器出力を知ることができる。

これより第11図の如き過渡的な特性を求め得た。

すなわちこの図より、例えば入力が 150 μ V より突然 300 μ V に増加した時の過渡的な増幅器出力は 4.3 V でさらに第10図からこれに相当するオシログラフ振幅は 49 mm であることがわかる。またこの特性をみると動作点(最初の入力電圧、第7図の e_1)が右に移るに従い、



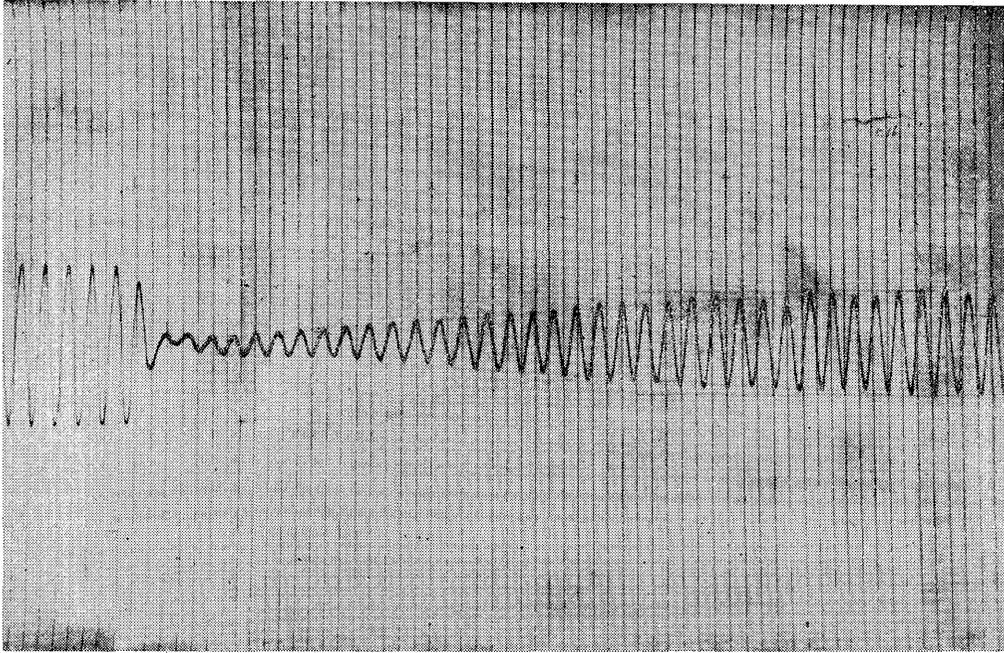
(a)



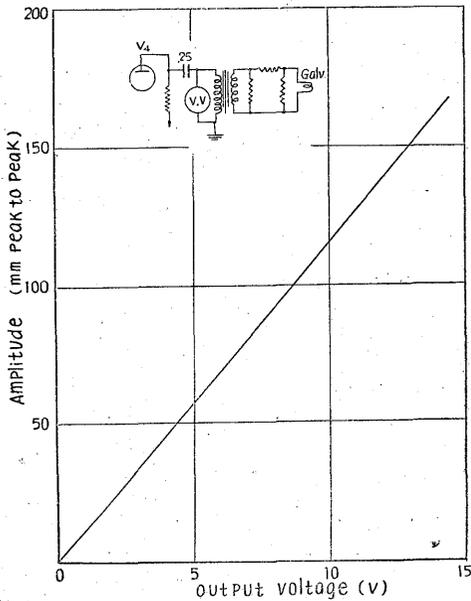
(b)

第8圖 實驗記録の一例 (a) A.G.C. を用いない場合 (b) (a) の波形に對し A.G.C. を用いた場合
Fig. 8. Example of the experimental records.

- (a) An applied Step wave (Without A.G.C.)
- (b) A Response of A.G.C. for the above wave.

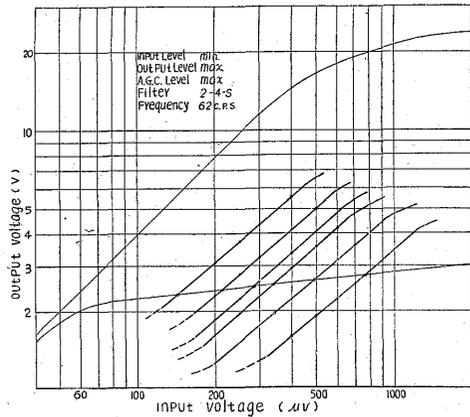


第9圖 實驗記録の一例 Step-down した場合
Fig. 9. A Example of the experimental records. A response of A.G.C. for a step-down wave.



第10圖 ガルヴァノメーター振幅と増幅器出力電圧の関係
Fig. 10. Relation between amplitude of galvanometer and output (volts on last plate)

曲線の傾度が小さくなっている (第12図参照)。前述の如く入力の変化する瞬間は、変化する直前の入力に対応する gain (すなわちこの図の動作点の gain でこれは $\cot \theta$ にほかならない) で動作するのだから、動作点の



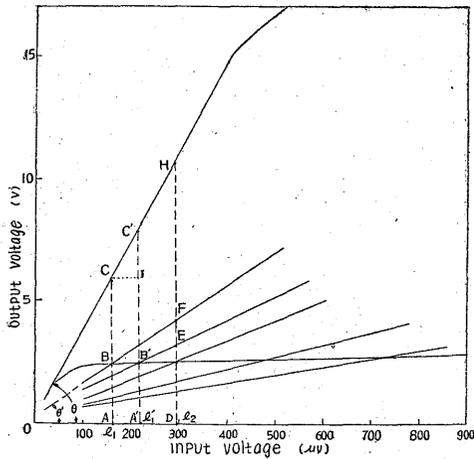
第11圖 A.G.C. の過渡特性
Fig. 11. Transient characteristics of A. G. C.

移行に伴って傾斜角が変化することは当然のことであるが、このことは次の S-N 比の問題に関連して重要なことである。

3.4 A.G.C. の反射波の顯出におよぼす影響

過渡特性の問題に関連した1つの例を第13図に示す。これは茨城県柴崎附近の實驗²⁾から得られた記録で前述の関係がよく現われている。上の trace は A.G.C. を用いない時の記録であり、それぞれの signal に先立つ

2) 金子徹一：地震探査反射法の研究，地質調査所報告 No. 156.



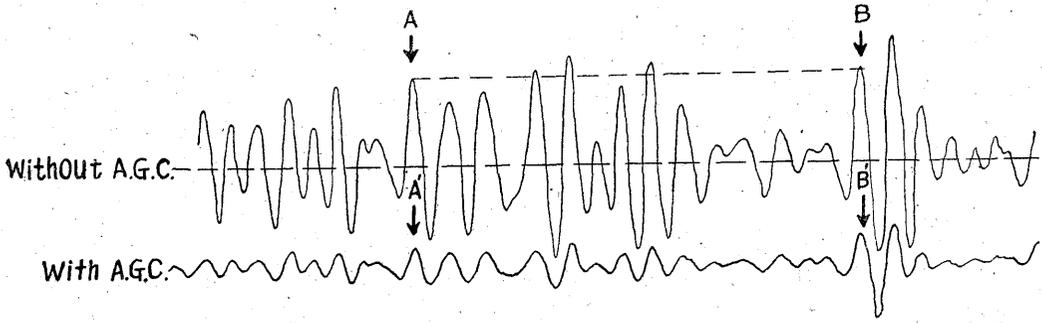
第12図 A.G.C.の過渡特性(算術目盛)
Fig. 12. Transient characteristics of A. G. C. (Arithmetical presentation)

noise は、図で見る如くA部の方が大きい。下の trace はまったく同じ受振器出力を A.G.C. を用いた状態とつた記録で、A部およびB部を比較するとB部の方が signal の振幅が大きくなっている。これに対して先立

このように A.G.C. の作用を受けると、A.G.C. 動作範囲内の各種の noise は一定の振幅に抑えられるが、反射波のような突然到来するいくつかの signal については、その振幅がたとえ同じであつても、先立つ noise の大小により記録上の見掛けの振幅が変つてくる(第7図参照)。

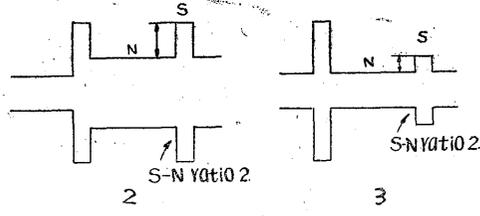
例えば第13図(2)の如き波形は A.G.C. の作用を受けると、(3)の如く見掛上 signal の振幅が小さくなつて一般に反射の顯出が見にくくなる。いま見にくくなるという言葉を用いたが、もつと定量的に嚴密な意味の S-N 比について考えて見ると、第12図において例えば入力が e_1 から e_2 に増加する場合、A.G.C. を用いない時の S-N 比は DH/AC であり、A.G.C. を用いた時は、過渡特性 BF から DF/AB であることがわかる。したがつて入力電圧が突然変化した瞬間の S-N 比については、A.G.C. を用いる用いないにかかわらず一定であるはずである(∵ $DH/AC=DF/AB$)。

一般に A.G.C. を用いると S-N が低下するというようなことが、往々にしていわれることがあるが、過渡的な部分に関する限り、これは嚴密な意味の S-N 比とい



第13図(1) A.G.C.作用の實例
位相 A と B は同振幅であるが、それぞれの先立、Noise は B の方が小さい。この場合、A.G.C. の作用を受けると位相 B の振幅は A の振幅より大きくなる。(2) A.G.C. 作用の1例 Without A.G.C. (3) A.G.C. 作用の1例 With A.G.C.

Fig. 13. (1) An example of field records showing an effect of A. G. C. When A. G. C. is not applied, the amplitudes of phase A and B are same. But when A. G. C. is applied, the amplitude of phase B, whose preceding noise are smaller, become longer than the one of phase A, whose preceding noises are larger. (2) without A. G. C. (3) with A. G. C. A typical response of A. G. C.



つ noise はほぼ等しい振幅になつている。この現象を第12図と比較して、A部の関係は例えば入力電圧が e_1 から e_2 に増加する場合に相当し、B部は e_1 から e_2 に増加する場合に相当すると考えれば、それぞれの noise は A.G.C. の作用を受けて静特性に示されるように一定振幅に抑えられるが、突然到来する signal については動特性から先立つ noise の小さい場合(Bの場合)の方が、 $DF-DE=EF$ だけ大きくなることになる。

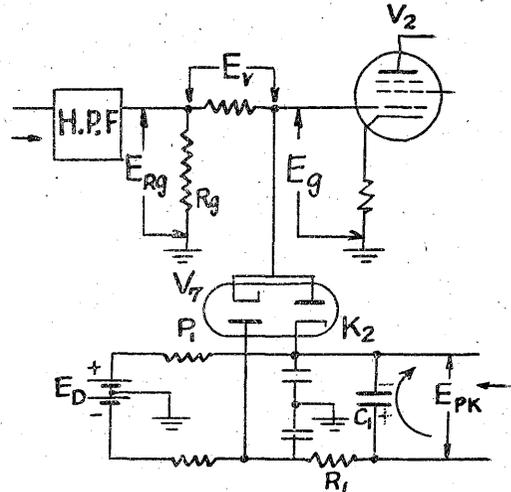
いわゆる見易い反射記録というものを混同しているのではなからうか。この点、記録上の見易い反射記録というものには多分に感覚的なものが含まれており、一応 S-N 比とは切り離して考えるべきであろう。第13図(3)の例でも S 部分の S-N 比は(1)も(2)もまったく同じであり、この場合、見易さというものは S-N 比よりむしろ signal と noise の振幅差の絶対量に支配されるのではなからうか。いずれにしろこの種の A.G.C. 装置を用

い観測するに際して注意すべきことは、適当な A.G.C. level の選定が必要であるとともに、調査の方法としても noise をより少なくするように例えば spread の選び方、爆発点における薬量、深度の選び方等について充分考慮されなければならないことが、以上のような機械的な観点からも痛感される。

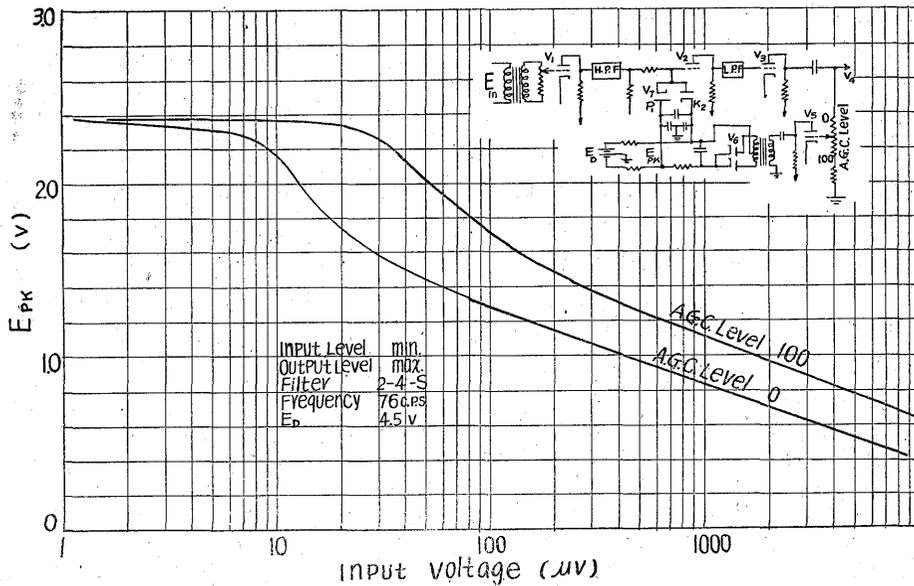
3.5 入力電圧と E_{p-k} の関係

増幅器入力電圧が増加すれば V_6 による整流電圧は増加し、従つて予め抑制電池 E_D によつて制御管 V_7 の p_1, k_2 に与えられていた電圧は打消されていく。すなわち第14図における E_{p-k} が V_7 の内部抵抗を制御し、このことは結局この段の gain を制御することになるのでこの間の定量的な測定を行つた。

第15図がその結果で、A.G.C. level-max. の場合は入力電圧 $30 \mu V$ 位までは抑制電圧 $4.5 V$ に対し、 E_{p-k}



第14図 Diode Shunt 部分の回路
Fig. 14. Diode shunting circuit



第15図 入力電圧に対する E_{p-k} の変化
Fig. 15. The characteristics of E_{p-k} (voltage between plate and cathod of control tube V_7)

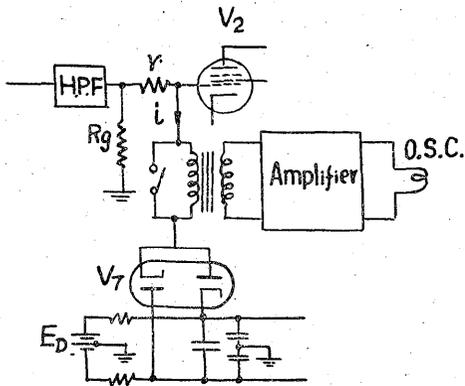
は $2.4 V$ でほとんど一定値を保っているが、この値を過ぎると徐々に下降し、入力が $1 mV$ に至れば $1.1 V$ にまで下る。これに対し A.G.C. level min. の場合は入力電圧 $10 \mu V$ 附近から下り始めて、 $1 mV$ においては $0.85 V$ になる。この図で示す特性はむろん V_7 の p_1 を負、 k_2 を正としている。またこのことは第5図に示した入出力特性の A.G.C. のかかり始めの電圧と比較して一致している。

たゞしこの場合抑制電圧 $4.5 V$ filter 2-4-S in-put level min., out-put level max., 使用周波数 $76 c.p.s.$ で測定を行つた。

3.6 入力電圧と E_{R_g} , E_r , E_g 等の関係

入力電圧の変化に伴う E_{p-k} の変化の様子は、前の測定により判明してきたが、この変化に伴つて制御管 V_7 の内部抵抗が制御され、従つて diode shunt 部分を流れる電流 i が変化するが、これがどのようなものかを実測してみた。また i の変化に伴う抵抗 r 中の電圧降下と E_{R_g} , E_g との関係も同時に測定した(第14図参照)。なおこれらはいずれも微量測定に属するので、異つた2つの方法により測定を行つたが、ほぼ近似的な結果を得ることができた。

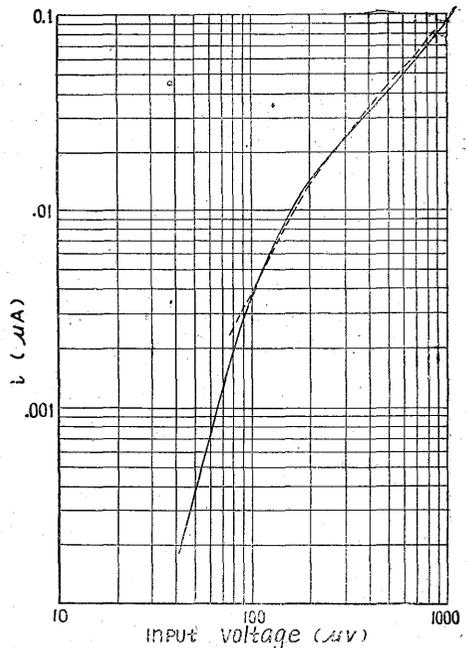
制御管 V_7 へ流れる電流はきわめて小さく、むろん直



第16圖 Diode Shunt 部分の電流測定回路
Fig. 16. The circuit for measurement of the current flowing through diode shunting circuit.

接の測定は困難なので別に補助増幅器およびオシログラフを用い、予めこれが入力インピーダンスおよびオシログラフ振幅に対する入力電圧の関係を求めておき、しかる後、被測定増幅器の入力電圧に対する補助オシログラフの振幅を測定した。これより i を換算すれば第17図の点線の如き結果をうる。入力が増加すればこの図に示す如き形で diode shunt 部分の電流は増加し、従つて抵抗 r 中の電圧降下は増大して行く。

V_2 の grid に与えられる電圧は $E_{Rg} - E_r$ にほかならないから、このことを換言すると、入力の増加は E_r の増加分が補償していることになる。この関係を前の測定の吟味を兼ねて測定した。入力電圧に対する E_{Rg} の変化は、直接の測定は困難であつたので次の如く測定した。まず E_{Rg} に対する出力電圧の関係を第18図の如く求め

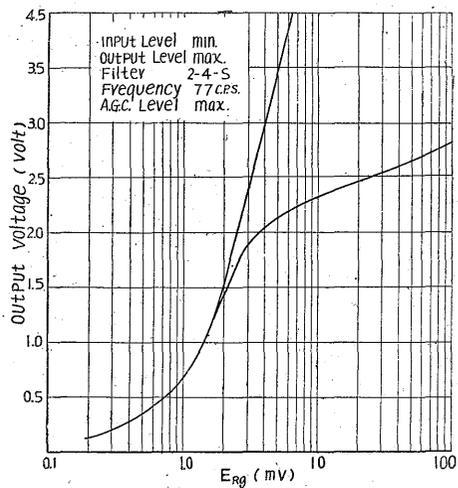
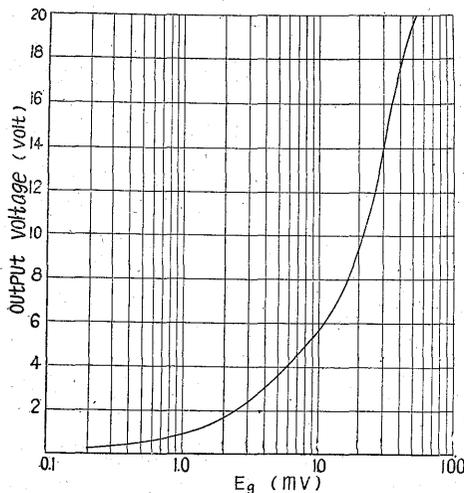


第17圖 Diode Shunt 部分を通れる電流変化
Fig. 17. The current flowing through diode shunting circuit as a function of input voltage

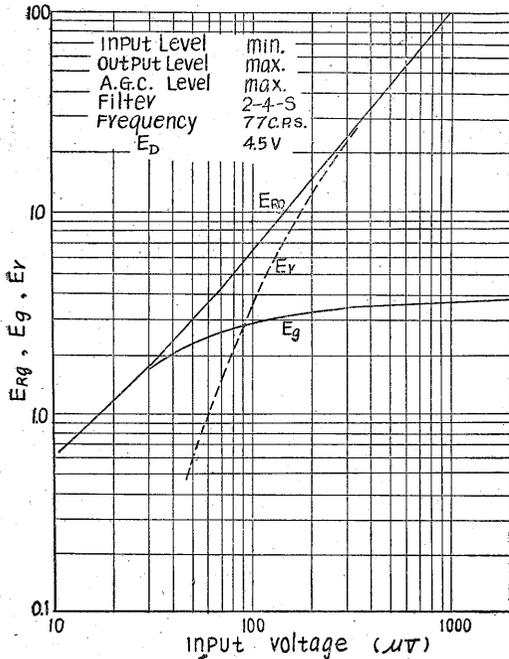
れば、同じ条件における入力電圧と出力電圧との関係はすでに入出力特性において求まつているから、これより入力電圧に対する E_{Rg} の関係が求められる。

入力電圧に対する E_g の関係も同様な方法により求め第19図の如き結果を得た。

これから求められる E_r から換算された電流の値は第17図の実線の如くなり、先の方法により直接電流を測定した場合とほぼ一致する。



第18圖 補助測定 $E_r - K$ と出力電圧の関係
Fig. 18. Output voltages as function of E_g and E_{Rg} .



第19圖 入力電圧に対する ER-g, Eg, Er の相互関係
Fig. 19. The relation between ERg, Eg and Er.

4. A.G.C. 部分の特に時定数に関する測定

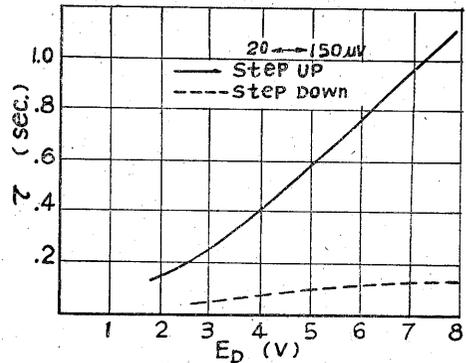
地震探査用増幅器の A.G.C. においては、そのかゝり始めおよび開放の時定数が任意に制御できることが望ましいが、今回実験に用いた S.S.C. 型において強いて行うとすれば、抑制電池電圧を変えるだけである。そこで抑制電圧を変えた時の時定数の変化、またある抑制電圧の値に対して加える step wave の最初の入力、A.G.C. の動作開始電圧より小さい場合、大きい場合について、それぞれ step ratio を変えた時の時定数の変化、および step ratio を一定にして最初の入力を変えた時の時定数の変化等について調べてみた。

4.1 抑制電池電圧と時定数の関係

抑制電池電圧を 7.5 V, 6 V, 4.5 V, 3 V, 1.5 V と変化し、そのそれぞれに 20 μV ↔ 150 μV の step wave を加えて、かゝり始めと開放の時の時定数を求めたものが第20図である。ただし使用周波数は 76 である。またここで称している時定数とは定常状態になるまでの時間を指している。従つて記録を直感的に見た感じよりは全般的に長くなつている。

第21図は、これらの記録の一例である。

この結果から抑制電圧が小さいほどかゝり始めの時定数は小さくなり、また開放の時定数はかゝり始めのそれと比べて非常に小さいことがわかる。このことは調査記録においてもしばしば経験するところである。



第20圖 抑制電圧と時定数の関係
Fig. 20. The relation between the bias-voltage and time constant.

これを概念的に表示すると第22図の如くなる。すなわち、例えば始めの入力電圧が 20 μV の時は抑制電圧によつて、制御管には逆の電圧 E_{p-k} が深く与えられているが(約 2.4 V)、突然入力が 150 μV に増加するとこの電圧は図の如く時間 t とともに指数函数的に減少してゆき、0.47 秒を経て定常状態に落付くと考えられる。

抑制電池電圧を低くして時定数をどの程度まで短かくできるかということは、この機械によつてどの程度浅い所からの反射波をとりうるかの限度と関連するものであるが、実際的には抑制電圧をあまり下げすぎると、僅かな入力電圧によつても A.G.C. が動作する結果となり、gain の点で制約されるまた安定度も悪くなるようである。筆者等の経験からは 2.0 V 以下にすると、あまりよくないようである。

最近の E.T.L. (Electro Technical Laboratory) 型の地震探査器においては、この点 diode shunting を 2 段に施している。

4.2 Step wave と時定数の関係

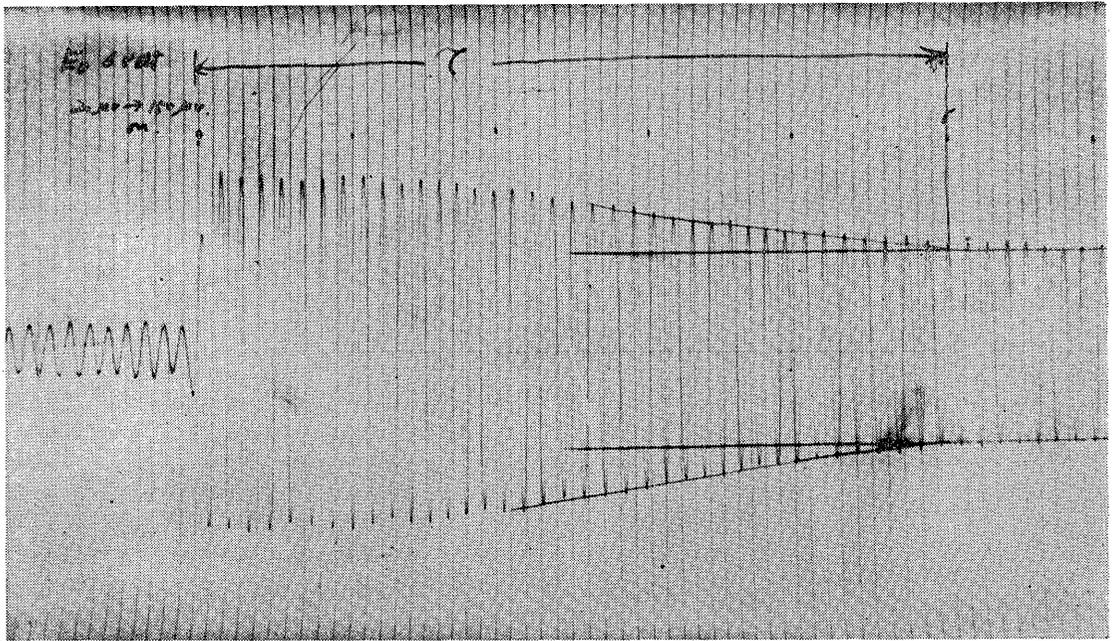
ある一定の抑制電圧のもとで、入力がある値から突然増加した場合(かゝり始め)の時定数と、その逆すなわち突然減少した場合(開放)の時定数について、次の如く測定を行つた。

かゝり始めの時定数

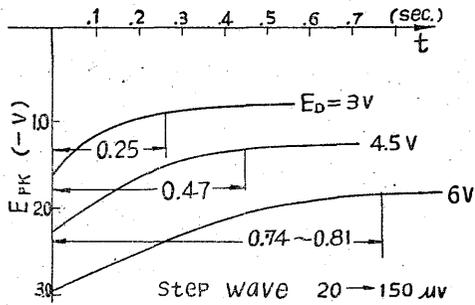
抑制電圧 4.5 V に対して：— (1) step wave の第1の入力が A.G.C. 動作開始電圧より小さい場合 (20 μV) と、(2) 動作開始電圧より大きい場合とについて step ratio の時定数の関係を第2表および第3表に示す。

これから第1の入力が A.G.C. 動作開始電圧より小さい時は、step ratio が大きくなるにしたがい時定数は小さくなつている。

これに対し、第1の入力ですでに A.G.C. が動作して



第21圖 実験記録の一例 Fig. 21. An Example of the experimental records.



第22圖 抑制電圧と時定数の関係を示す概念圖
Fig. 22. A sketch of the Relation between the bias-voltage and time constant.

第2表

(1) E_1 が A.G.C. 動作開始電圧以下の場合

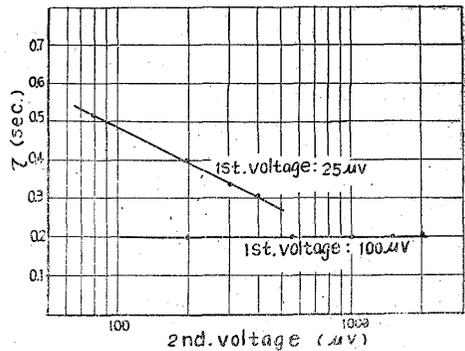
$E_D=4.5V$	E_1	E_2	step up ratio	T.C.
		80 μV	4	0.52sec
	20 μV	200	10	0.40
		300	15	0.33
		400	20	0.30

第3表

(2) E_1 が A.V.C. 開始電圧以上の場合

E_1	E_2	step up ratio	T.C.
100 μV	200 μV	2	0.20
	1.0 mV	10	0.20
	1.5	15	0.20
	2.0	20	0.20
150 μV	225	1.5	0.18
	300	2.0	0.25
	375	2.5	0.26
	450	3.0	0.27
	600	4.0	0.27

いる場合には、step ratio が変わっても時定数はほとんど変化しない。この実験から調査記録において、初動に引続く大きな振動を A.G.C. で抑えるまでの時間は(1)の場合に対応し、すでに A.G.C. で抑えられている観測部分の時定数は(2)の場合に対応する。そして後者の方が初動のおさまりに見られる時定数より小さいことが分る。第23図はこれらの結果を示したものである。



第23圖 Step Ratio と時定数の関係
Fig. 3. The relation between step ratio and time constant.

開放の場合の時定数

開放の場合について今度は(1)第2の Signal が A.G.C. 動作電圧以下の場合と、(2) A.G.C. 動作電圧以上の場合とについて、同様に Step ratio との関係を探った結果第4表および第5表を得た。

第 4 表

(1) E_2 が A.G.C. 動作開始電圧より小さくなる場合

E_1	E_3	step down ratio	T.C.
80 μ V	20 μ V	1/4	0.12 sec.
200		1/10	0.20
300		1/15	0.24
400		1/20	0.34

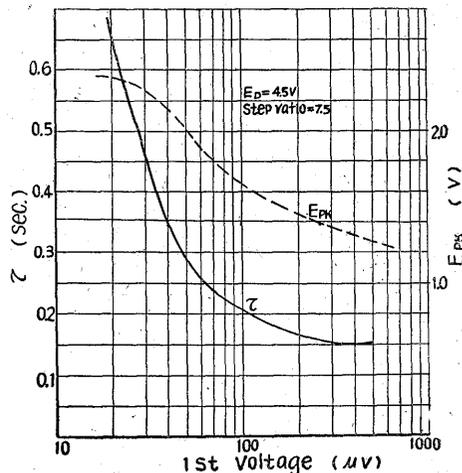
第 5 表

(2) E_2 が A.V.C. 動作範囲にすする場合

E_1	E_2	step down ratio	T.C.
200 μ V	100 μ V	1/2	0.55 sec.
1.0 mV		1/10	
1.5		1/15	
2.0		1/20	
225 μ V	150 μ V	1/1.5	0.18 sec.
300		1/2	0.32
375		1/2.5	0.35
450		1/3	0.33
600		1/4	0.38

Step wave の第1の入力と時定数の関係

以上の結果から特にかゝり始めの場合、第1の入力電圧の値いかんが時定数を大きく左右しているので、次にこの関係を調べてみた。すなわち Step ratio を 7.5 倍一定にして、第1の入力の大きさを変えた時の時定数の変化を第24図に示す。これを見ると、第1の入力が大きくなると時定数が小さくなる傾向で、A.G.C. 動作開始電圧より大きくなると急激に小さくなる。さらに第1の入力が増加して A.G.C. が充分に動作する状態になると時定数の変化は少なくなる。4.1 の抑制電圧の場合は、第1の入力が 20 μ V で A.V.C. 動作開始電圧以下であったが、この場合は、第1の入力が次第に大きくなって行くので、それによつて抑制電圧が打消され、最初の E_{pk} が小さくなり、見掛け上、電池電圧が小さくなった如くなり、第1入力の増大に伴つて時定数が小さくなるのである。調査記録において初動の前の noise が大きい時、初動の A.G.C. によるおさまりが短時間になることは、このためと思われる。



第 24 圖 第1の入力電圧に對する時定数の變化

5. 結 語

以上の結果を纏めると大別して次のことがわかつた。

- (1) Diode Shunting System の原理および動作状態の量的関係
- (2) 静特性から、各条件における A.G.C. のかゝり始め、および不動作状態になる入力電圧の関係
- (3) 過渡特性から反射に対する A.G.C. の動作、および S-N 比との関係
- (4) 時定数に関して、抑制電圧との関係および step wave に対する step ratio と時定数の関係、step ratio 一定の時、最初の入力電圧と時定数との関係

またこれらの実験結果から、一般にこの type の A.G.C. を用いた場合は、反射波顯出の見易さが生の記録 (true picture) に比べて低下すること、しかも signal に先立つ noise level の大きいほど反射波に対する見易さが悪くなること。しかし S-N 比と容易さとは一応切離して考えねばならぬこと。一般に signal に先立つ noise level の大きいほど時定数の小さくなること。

すなわち noise level が小さく、A.G.C. 動作電圧以下の場合 (初動部分に相当) には、時定数は比較的大きく、しかも step ratio の小さいほど大きいこと。noise level ですでに A.G.C. が動作している場合 (初動以後の観測部分に相当) には、時定数は比較的小でこの場合は、step ratio にあまり関係しないこと。抑制電圧が小さいほど時定数が小さいこと。

以上これらの量的関係が明らかになつた。なお今回の実験はすべて定常波について測定したが、この種の実験においては、衝撃波を与えた場合についても同様な測定を試みたいと思ひ、目下測定装置を試作中である。

また測定と併行してこの型の増幅器を国産部品により試作してみたが、いつの場合でもそうであるように部品の選択、特に bridge 部分のバランスの点で苦心はしたが、一応目的を達した。これに関して詳細は別の機会に報告したいと思う。

このような研究を進めることにより、この種の A.V. C. 装置を持った機械を用いて得られた記録から、直ちに

に true picture を論ずるにはなお多くの問題はあるが、少なくとも従来、記録の上で莫然と経験してきた現象に対しては、ある程度の解釈がつけられるものと思う。

またこの測定結果が、この機械を操作する場合や将来独自な設計をする場合の資料の一部にでもなれば、筆者等のよろこびとするところである。

(昭和27年9月脱稿)