

線路障害測定器

池田國治* 常川眞平**

Line Fault Locator

By Kuniharu Ikeda and Shinpei Tsunekawa,
Totsuka Work, Hitachi, Ltd.

Abstract

DC impulse sent on the line propagates with velocity depending on the line characteristics and reflects suddenly at the discontinuous point of the line impedance, returning to the original sending point. Using this phenomena, the faulty point of the line can be located together with the determination of its kind and the extent. Then, the type PLM Line Fault Locator was manufactured on this principle and used for the measurement on the lines of Nippon Hassoden Co., Japan State Railway, Nagoya Railway Co., Kansai Haiden Co. and Chubu Haiden Co. As a result of this test, the line fault locator was found a new weapon of safeguarding the line. This paper gives the account of the characteristics of the apparatus, explanation of the circuit and some example of the measurement.

[I] 緒言

線路障害は大別すると、断線(半断線、時々断線)、混線(半混線、時々混線)、地氣(半地氣、時々地氣)及び絶縁降下等になり、之に依つて不通、漏話、雑音、低音等の現象を生ずる。之等の障害測定には従来ブリッジ法(マーレーループ、パーレーループ)或はインピーダンス曲線から求める法、テレフォルト法等が使用されていたが測定に時間を要し、測定結果が正確でなかつた。インパルスの反射現象を利用してその反射波の歸つて来る時間を測定する方法、即ち所謂レーダーの原理を線路障害点測定に利用した方法がオーストラリヤで Wired Radar⁽¹⁾ と稱して實用され、米國に於いても送電線及び電力地下ケーブルに Linoscope⁽²⁾ と稱して Fault Locator が用いられて居る。我國に於いても近年著しい進歩

を見たパルス技術を應用し、線路の故障點を發見し或は更に進んで線路特性の觀察に用いようとする研究が終戦後各大學で始められ⁽³⁾⁽⁴⁾、次いで其の實地試験⁽⁵⁾、實用化⁽⁶⁾⁽⁷⁾が始められた。

此の式の特徴は

- (i) ブラウン管上にパノラマ的に線路狀況を觀察出来るから障害點を直觀的に發見出来る。
 - (ii) 反射波形に依つて障害の種類、程度の判定が簡單に出来る。
 - (iii) 諸種の障害が同時に數箇所存在する場合にも測定出来る。
 - (iv) 時々刻々の状態が觀測出来るので、時々發生故障が探知出来る。
 - (v) 測定が簡單迅速で正確である。
- 等である。我々も此の種線路障害測定器として、PLM-11型及び PLM-12型を製作し、數次に亘る現地試験に

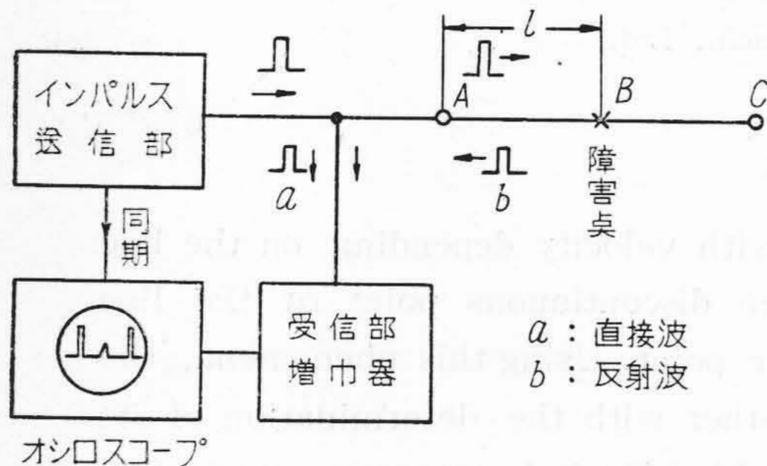
* ** 日立製作所戸塚工場

も良好な結果を得たのでその大要を述べる。

[II] 測 定 法

(1) 測距原理

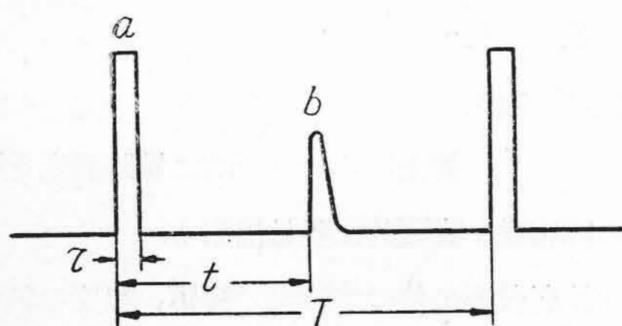
此の方式の原理は大戦中活躍したレーダーと同じであるが、これを説明すると次の通りである。即ち第1圖の



第1圖 測 路 略 圖

Fig. 1 Schematic Diagram for Mesuring Line Fault by Pulse Method.

様な構成で幅 $L(1\sim 20\mu S)$ の低圧直流パルスを適當な周期 T で A 點より供試線路に送れば、其の線路に固有の傳播速度 v で進行し、終端 C 或は障害點 B の様な線路インピーダンスが急變した所から反射して還つて来る。この反射パルス b を其のまま又は増幅して、陰極線オシログラフで周期 T に周期させた時間軸で觀測すると第2圖の様な波形が得られる。従つて傳播速度 v が



第2圖 ブラウン管映像

Fig. 2 Pulse Image on Brawn Tube.

解つていれば、ブラウン管上の映像より AB 間を往復した時間 t を測定することに依り障害點迄の距離 l は、

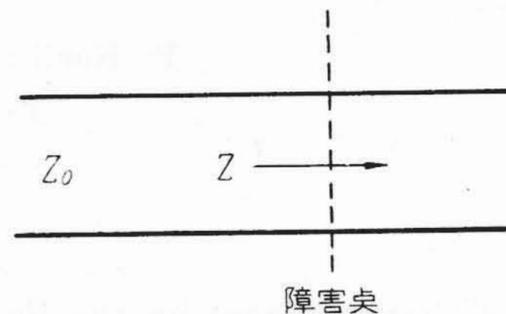
$$l = v \cdot \frac{t}{2}$$

で求められる。

(2) 反射現象

現用通信線の構成は、同一回線でも線種は一種類でな

く、裸線にケーブルが入つて居り或は同じ裸線でも線種が異つている場合が多い。従つて平常状態の線路特性もパルスに依つて觀察すると之等の不整點の反射が良く現われている。又この反射波形から逆に線路構成もわかる。此の反射現象について説明すれば第3圖に於て、障



第3圖 線路のインピーダンス

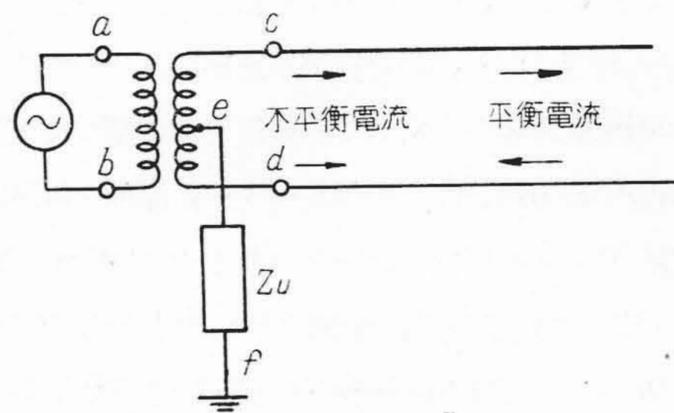
Fig. 3 Line Impedancd.

害點を含めて先を見たインピーダンスを Z とし、線路特性インピーダンスを Z_0 とすれば、障害點の反射係數 K は、

$$K = \frac{\text{反射波}}{\text{入射波}} = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0}$$

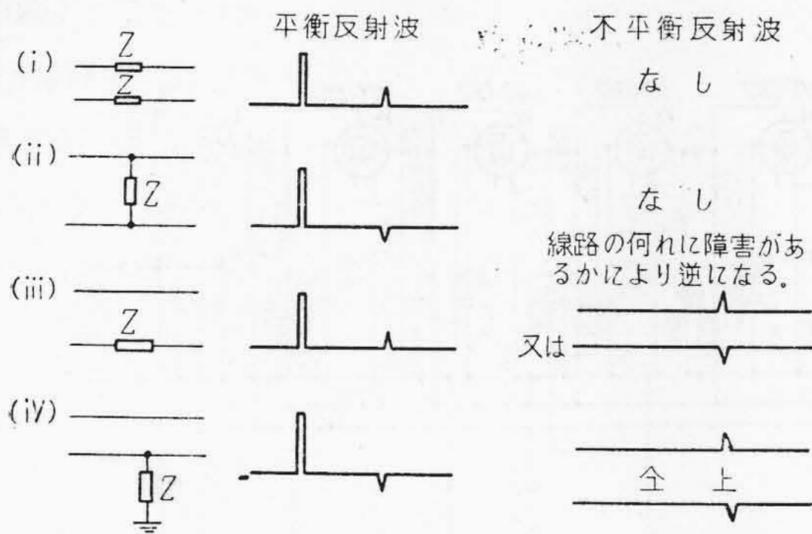
となり、 $Z > Z_0$ (斷線、接觸不良等) に対しては $K = 0\sim 1$ で反射波は直線波と同極性、 $Z < Z_0$ (混線、絶縁低下、短絡、地氣等) に対しては $K = -1\sim 0$ で異極性となる。即ち反射波は障害の種類、程度に依り、直接波に対する極性並びに大きさが變り、これにより障害の判別が出来る。

又平衡線路で片線のみ障害があつた場合には兩方の線に流れる電流の大きさが異つて来る。此の場合は第4圖の如く平衡電流、不平衡電流に分けて考える事が出来る。いろいろな障害に対する平衡及び不平衡反射は第5



第4圖 變成器を用いた出力回路

Fig. 4 Out put Circuit Using Transformer.



第5圖 平衡及び不平衡反射現象
Fig. 5 Balanced and Unbalanced Reflection.

圖の如くなる⁽⁷⁾。第4圖の ab 或は cd 端子間に受信機を接続すれば平衡電流の反射波が得られ、不平衡電流の反射波は ef 間で受信すれば良い。

更にケーブルの浸水、對違ひ障害はその點に集中的漏話が出来から、漏話波を受信して障害點を測定した方が便利な場合もある。従つて測定法としては以上の平衡法、不平衡法、漏話法等の内いづれかを、測定線路と障害の種類に依つて適當に用いれば良い。不平衡法と漏話法では直接波は殆んど受信されなくなり、受信機の利得が充分に働く。

(3) 測距方式、傳播速度

以上の方法に依つて得られた映像から、パルスの往復に要した時間 t を求める必要がある。此の時間 t を測定する方法には、オシロスコープの横軸に直線時間軸を用いブラウン管上のスケールで読み取る方式、同じく直線時間軸を用い更に時間軸に同期せしめた等間隔目盛パルスを映像波形に重疊し直接波の立上りに目盛パルスの一つを合はせ、目盛パルスの助けに依り反射波の立上りまでの時間を讀取る方式、及び直接波と反射波の間隔を電氣角で測る方式(移相法)等がある。此の移相法には可變遅延回路網 (CR 或は LC) に依るもの、真空管式及び回轉型(ゴニオ)移相器に依るものがある。

時間 t が測定されれば、線路の傳播速度が豫めわかつて居れば障害點迄の距離が簡単に計算出来る。一般に線路の傳播速度は周波數特性をもつて居り、周波數と共に大きくなり、表皮作用の效く高い周波數では略

一定となる。従つてパルスは非常に多くの高調波成分を含むから此の高い周波數で立上りが決まり、時間は直接波の立上りから反射波の立上り迄を讀み取れば良い。傳播速度は線路實長の解つている供試線路について豫め測定し、決定して置く必要がある。此の傳播速度の測定に際しては供試回線を出來るだけ細く區分して、測定點より各距離にある地點についての傳播速度を數多く算出して置けば傳播速度の確度が向上しそれだけ測距確度が良くなるわけである。文獻⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁷⁾に依れば各種線路に對する傳播速度として次の様な値が示されている。

架空裸線	297 m/μS
1 號同軸ケーブル	283 m/μS
2 號同軸ケーブル	262 m/μS
1.2 耗市外ケーブル	220 m/μS
0.9 耗市内ケーブル	200 m/μS

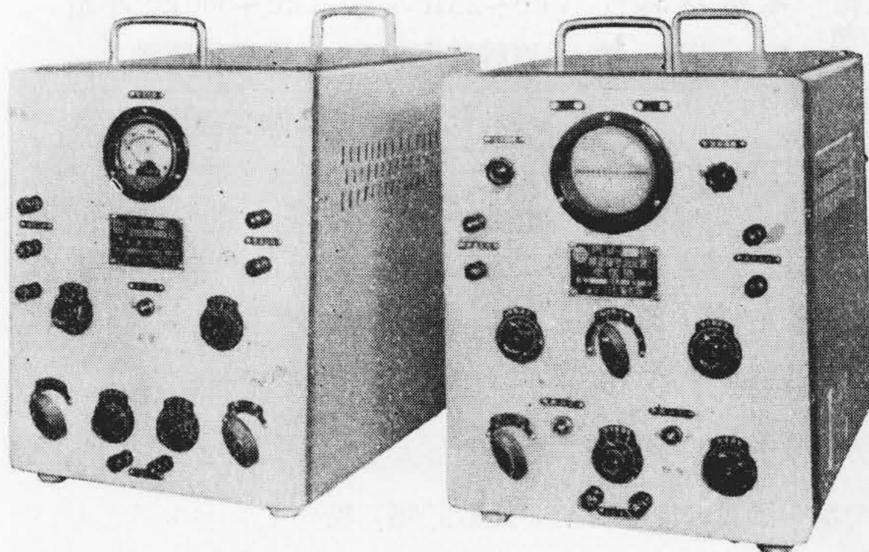
[III] 測定装置

(1) 概要

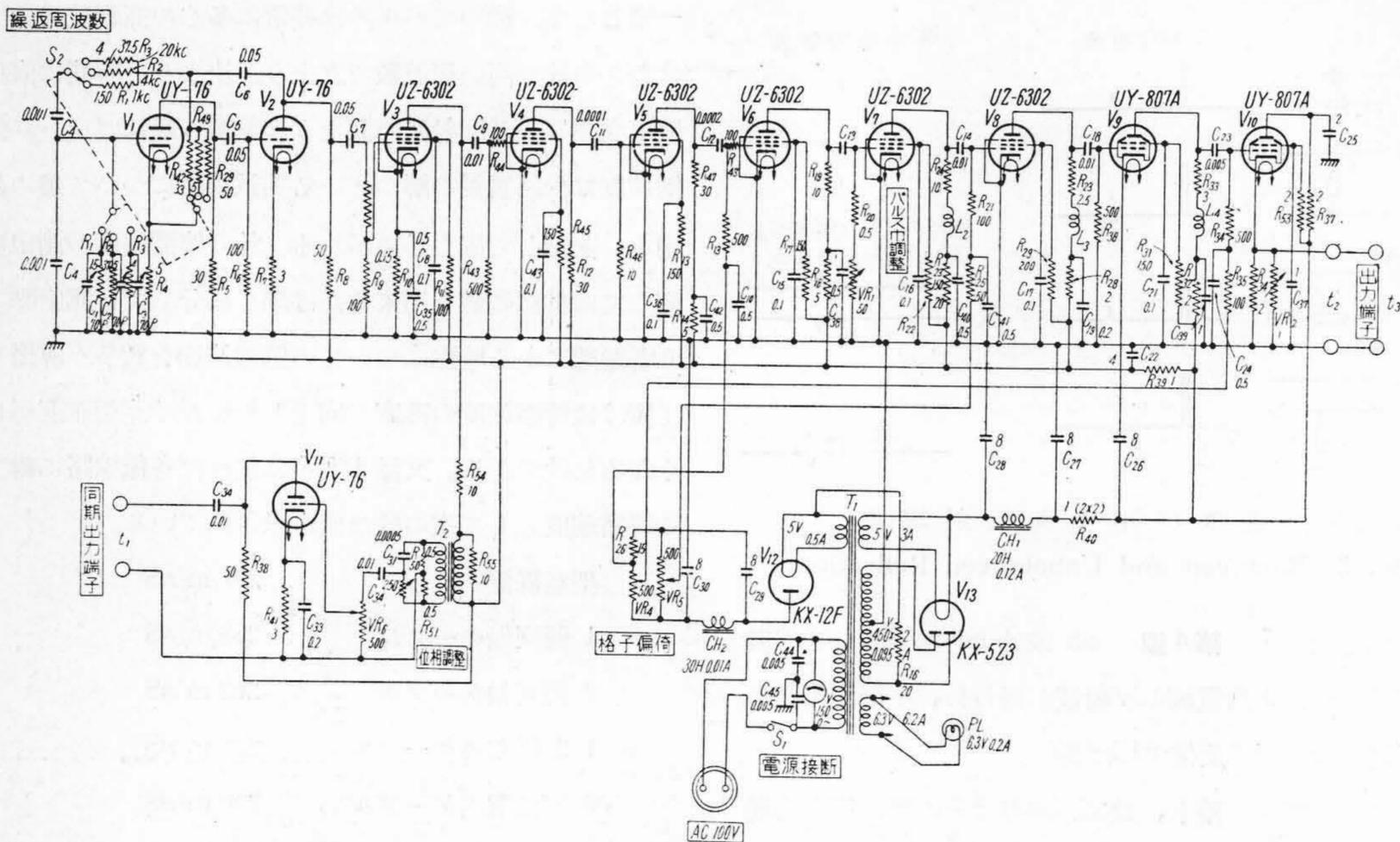
装置は第6圖の様に可搬型とし、送信部、受信部、電壓調整器の三部に分け、測距離を3段に切換える様にした。PLM-11型は門司鐵道局の仕様に依り設計したものであり、PLM-12型は其の後の調査に基き若干回路構成を變更し、更に目盛パルスを附加した。仕様の概要を第1表に示す。

(2) 回路

本装置の回路について先づ PLM-11 型送信部から説



第6圖 PLM 型線路障害測定器
Fig. 6 Type PLM Line Fault Locator.



第 7 圖 PLM-11 型送信部回路圖 Fig. 7 Circuit Diagram of Type PLM-11 Transmitting Set.

第 1 表 測定器仕様

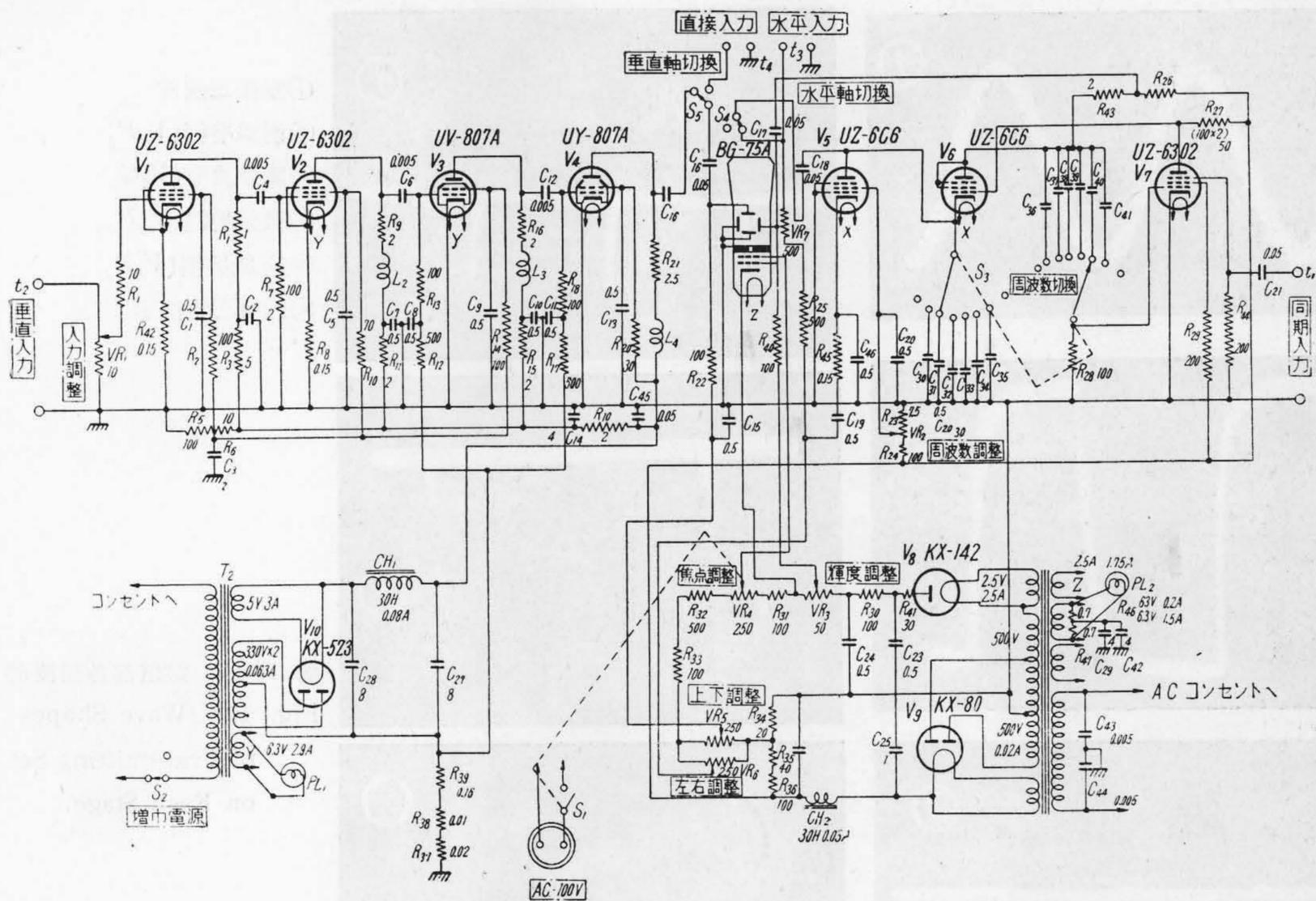
Table 1. Specification of Line Fault Locators.

		PLM-11	PLM-12
送 信 部	繰返周波数 (測距範囲)	1 kc } 4 kc } 三段切換 20 kc }	1kc(150km) } 4kc(25km) } 三段 20kc(5km) } 切換
	パルス幅	1~10 μS	2~20 μS
	最大尖頭出力	10 W 以上	10 W 以上
出力インピー ダンス	50~700 Ω 可變	(i)600 Ω 平衡型 (ii)50~700 Ω 不平衡型	
受信部	綜合利得	60 db 以上	約 50 db 以上
	周波数特性 時間軸	1 kc~2Mc 平坦 直線時間軸	1 kc~500 kc 平坦 直線時間軸
測距方式	直線時間軸に よりブラウン 管上直接尺度 讀取り	距離目盛用パルス により讀取り	

明する。(第 7 圖) V_1V_2 の CR 發振器で 1, 4, 20 kc を切換發振する。此の正弦波を V_3 で緩衝増幅し、 V_4 で制限増幅し矩形波に近い波形とする。これを C_{11}, R_{17} で第 1 回目の微分を行い比較的幅の廣いインパルスとし V_5 で増幅し更に V_6 で制限増幅した後適 當な時定數の微分回路 ($C_{13}, R_{20}+VR_1$) で再び微分して必要な幅の

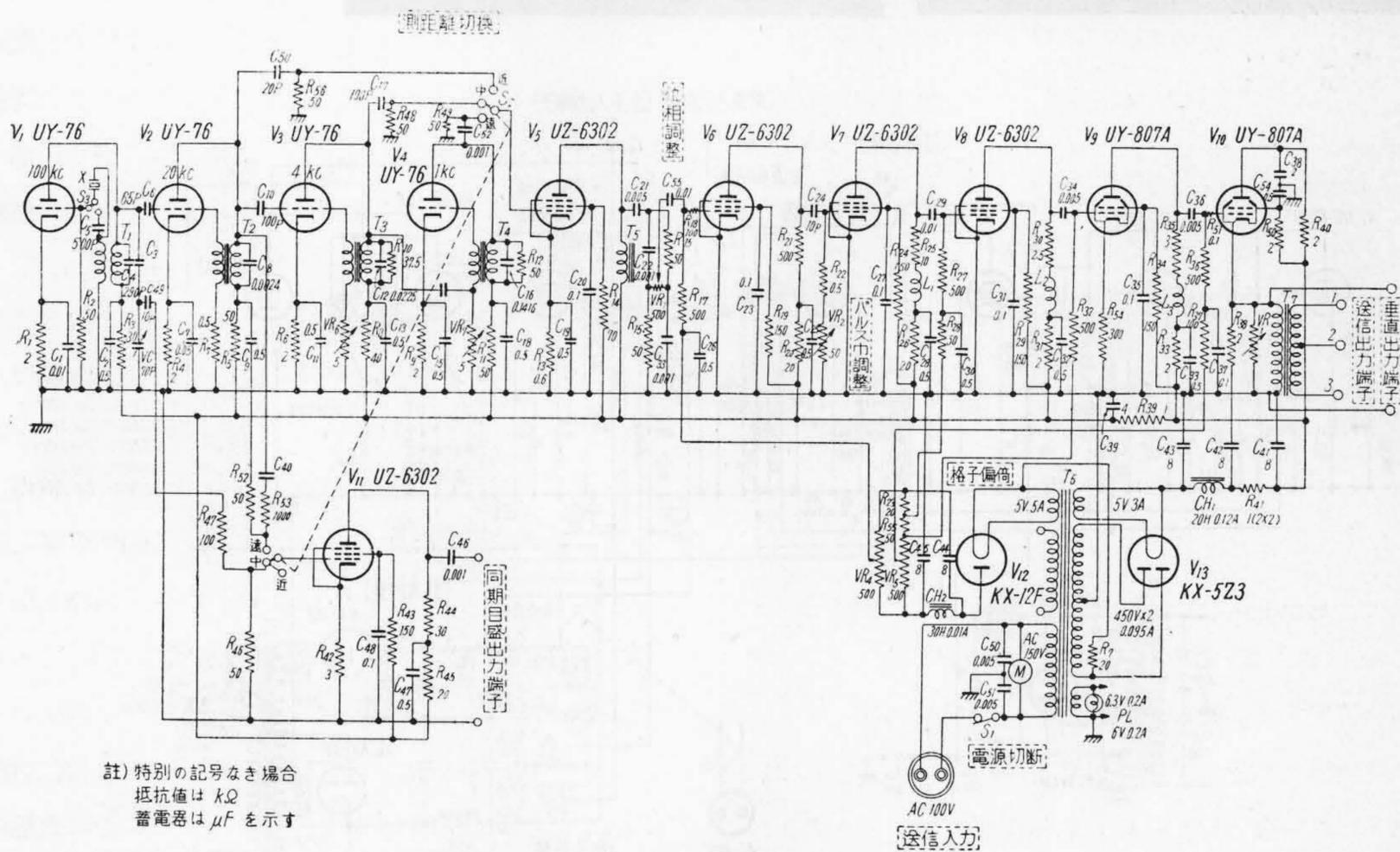
インパルス波形を得る。此のパルスを V_7 で増幅し、 V_8 で C 級増幅して矩形波とする。更に V_9 で位相歪なく増幅し、 V_{10} の出力管の陰極側より出力を採る。出力管の平均電流は極めて小さいから、陽極及び遮蔽格子電壓を高くして尖頭出力 10 W 以上とした。 VR_4 で出力管制御格子偏倚電壓を加減して出力を調整する。尙受信部へ送る周期出力は V_3 より變成器 T_2 を通し、位相調整器を付し、 V_{11} で適 當に増幅して t_1 端子へ出した。

受信部(第 8 圖)は 4 段の廣帯域 CR 結合増幅器である。 V_1 の格子回路で波高値の高い正パルスの直線波が整流されて深い偏倚電壓が加はり利得が低下するのを防ぐため直列抵抗 R_1 を入れて之を防いだ。綜合利得は 60db 以上を目標に設計した。又 V_3V_4 は動作範囲に餘裕を持たせるため UY-807 A を用いて格子偏倚を深くした。周波数特性は 1 kc より 2 MC まで平坦なることを要求されたため、陽極負荷は 1~2 kΩ に選りシャントピーキングを施した。時間軸回路としては、真空管、 $V_5V_6V_7$ で鋸齒状波を發振せしめ、ブラウン管に直線時間軸を供給し、その格子を用い輝度變調して歸線を消去している。



第8圖 PLM-11型受信部回路圖

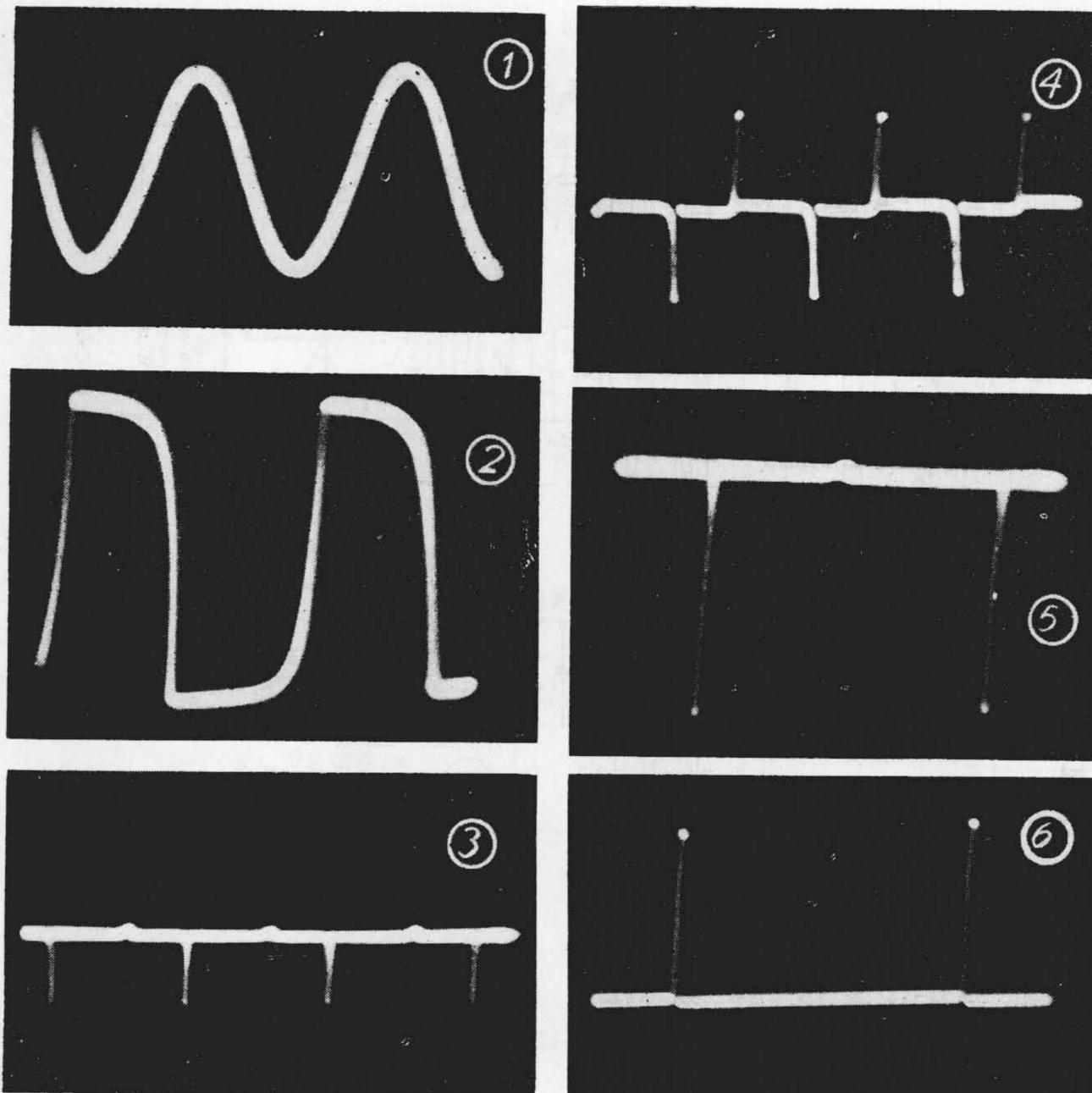
Fig. 8 Circuit Diagram of Type PLM-11 Receiving Set.



註) 特別の記号なき場合
抵抗値は kΩ
蓄電器は μF を示す

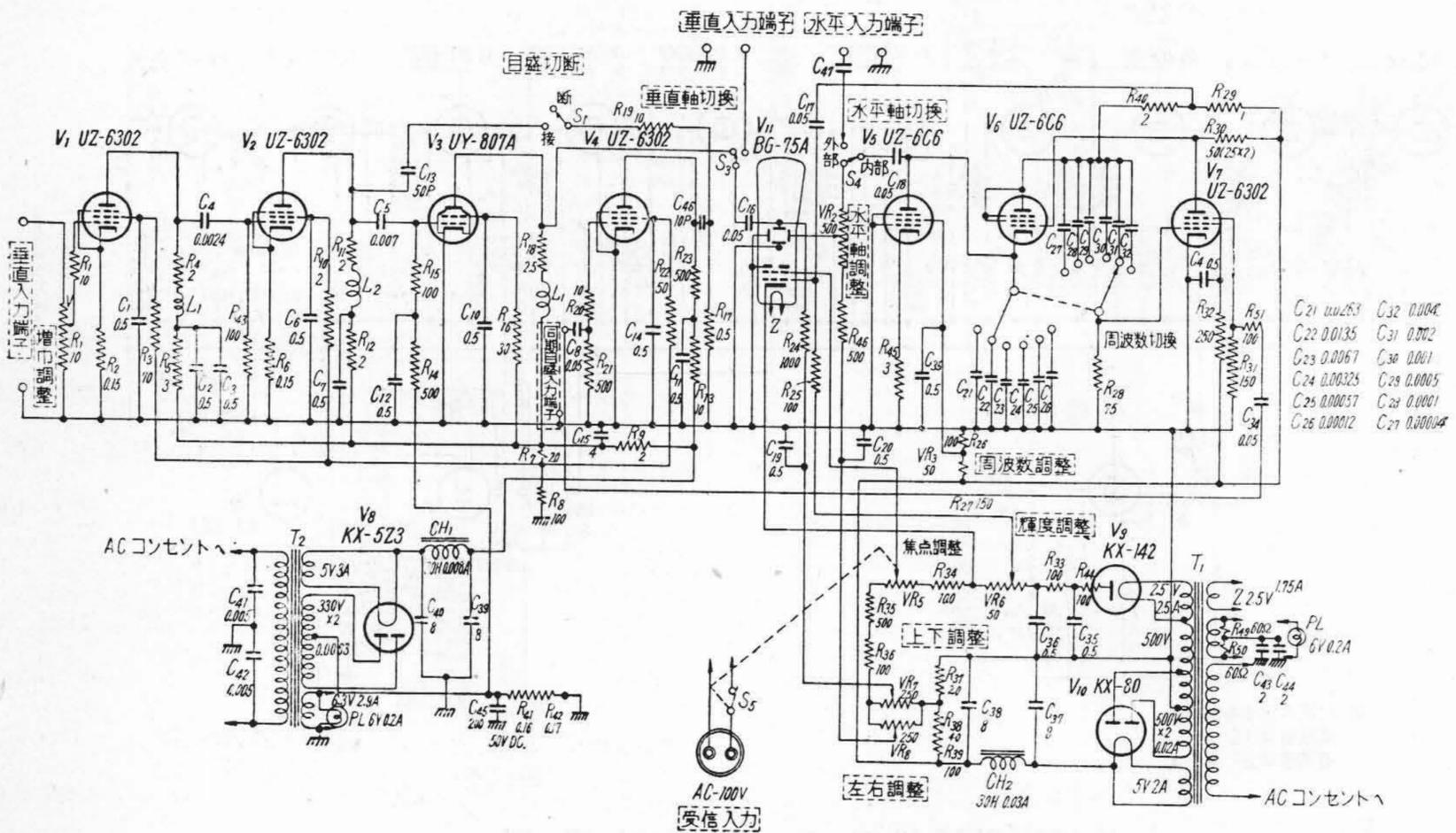
第9圖 PLM-12型送信部回路圖

Fig. 9 Circuit diagram of type PLM-12 transmitting set.



- ①原振正弦波
- ②制限増幅(V_6P)
- ③微分波形(V_7G_2)
- ④微分増幅(V_7P)
- ⑤C 級増幅(V_8P)
- ⑥送信出力波形

第 10 圖 送信部各部波形
Fig. 10 Wave Shapes of Transmitting Set on Each Stage.



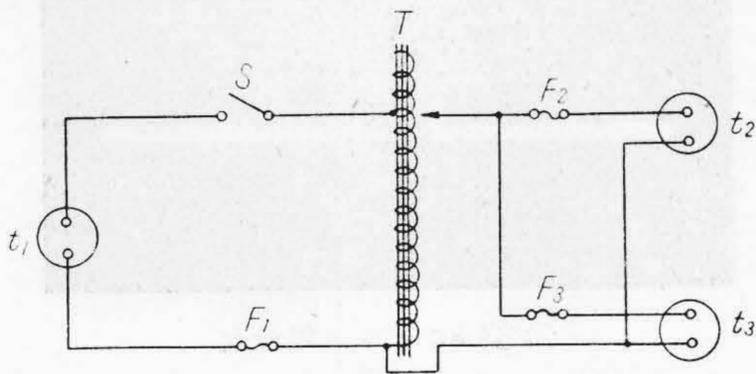
第 11 圖 PLM-12 型受信部回路圖 Fig. 11 Circuit Diagram of Type PLM Receiving Set.

PLM-12 型も PLM-11 型と略同等の性能であるが、回路構成は若干異っている。先づ送信部は(第9圖) V_1 で 100 kc の水晶發振し、 $V_2(20\text{ kc})$, $V_3(4\text{ kc})$, $V_4(1\text{ kc})$ と遞降し 100 kc, 20 kc を目盛用とした。以下第10圖に示す各部の波形と對照して説明する。入力正弦波①は、 V_5 で充分に増幅された位相調整器を経て V_6 で制限増幅され、②の如き矩形波に近い波形となる。此の場合 V_6 の陽極負荷抵抗を高く選ぶと一周期中一個所だけ波形の急峻な所が出来る。之を $(C_{2,1}, R_{2,2} + VR_2)$ で微分すると③となる。こゝで VR_2 を調整すればパルス幅を加減することが出来る。 V_7 で増幅すると④となり、之を V_8 で C 級増幅して不要のパルスを取り除き⑤とし、更に V_9 に適當な格子偏倚を加えて増幅し矩形波パルスとし、 V_{10} でカソードフォロアとして出力變成器 T_7 を通して供試線路に送る。⑥が送信パルス波形である。變成器 T_7 の一次側を受信機用端子とした。 V_{11} は周期出力及び目盛出力用の緩衝増幅管である。

受信部(第11圖) $V_1V_2V_3$ は3段で約 50 db の廣帯域 CR 増幅器とし、一方周期出力を V_4 で制限増幅し $C_{4,6}R_{1,7}$ で微分し目盛パルスとした。オシロスコープ部は PLM-11 型と全く同様である。

PLM-11, 12 型共に電源電壓調整器(第12圖)に依り、70~120 V の入力電壓を 100 V 一定として、送信部及び受信部に供給している。

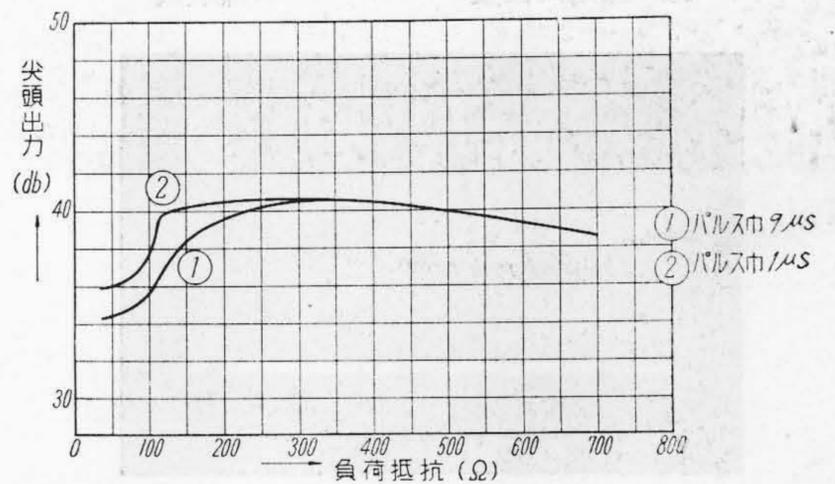
(3) 特性



記号	品名	定 格	記号	品名	定 格
T	スライダック	120V 3A	t ₃	出力端子	
S	電源スイッチ	二極單投	F ₁	フューズ	3A
t ₁	入力端子		F ₂	"	1A
t ₂	出力端子		F ₃	フューズ	1A

第12圖 PLM 型電壓調整器回路圖
Fig. 12 Circuit Diagram of Type PLM Voltage Regulator.

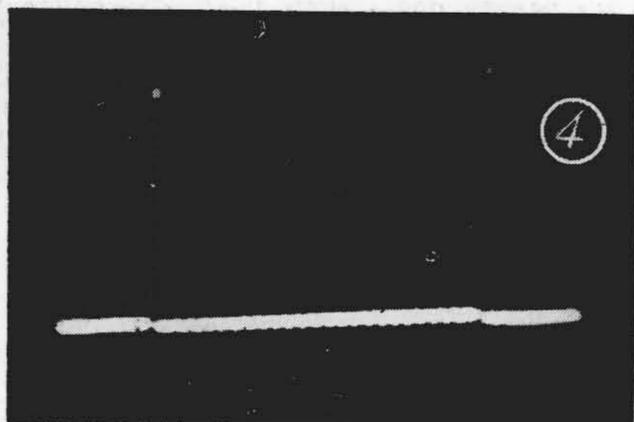
第13圖(次頁参照)は PLM-11 型及び 12 型の種々な送信出力波形を示す。①は繰返し周波數 4 kc 幅 8 μS , ②は繰返し周波數 20 kc 幅約 1 μS , ③は繰返し周波數 20 kc 幅約 8 μS のインパルス波形であり、又④は繰返し周波數 4 kc 幅 2 μS のパルスに 100 kc の目盛パルスを重疊したもの、⑤は繰返し周波數 4 kc 幅 15 μS のパルス波形、⑥は繰返し周波數 20 kc 幅 2 μS のパルスに 100 kc の目盛パルスを重疊したもの、⑦は繰返し周波數 1 kc 幅 2 μS のパルスに 20 kc 目盛パルスを重疊したものである。①②③は PLM-11 型の送信波形で、④⑤⑥⑦は PLM-12 型の送信波形であり、パルス波形について見れば PLM-11 型の方が良好である。パルス幅は、PLM-11 型では 1 μS ~9 μS , PLM-12 型では 2 μS ~15 μS 可變可能である。送信出力は尖頭値で略 10 W (40 db) 以上であるが、パルス幅を廣くした場合、又は出力インピーダンスの低い場合には若干低下する。(第14圖)



第14圖 送信部出力特性

Fig. 14 Out put Characteristic of Transmitting Set.

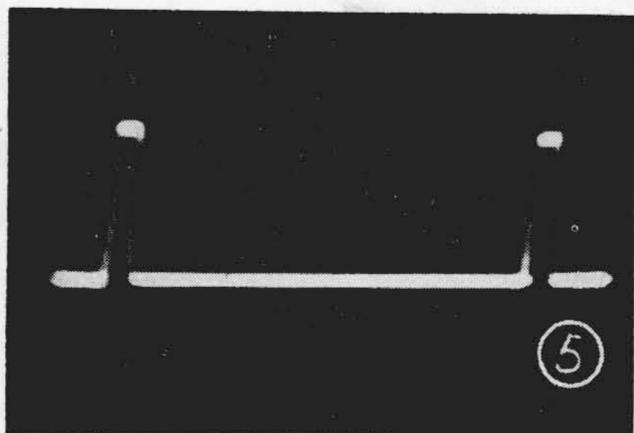
受信部増幅器周波數特性は PLM-11 型では始め 1 kc より約 4 Mc まで略平坦な特性を得たが、波高値の高い送信パルスが入つた場合にピーキングコイルに依り過渡現象を起し、極めて尖鋭な雑音波形が現われたので、ピーキングコイルを減じて第15圖の如くした。尙圖に示す様に、ピーキングコイルを取り去つても 1,000 kc 迄は利得偏差 6 db 程度で、線路の實測に當つては殆んど問題はなかつた。周波數特性としてはパルスの繰返し周期からパルス幅に等しい周期迄利得が平坦で位相特性が



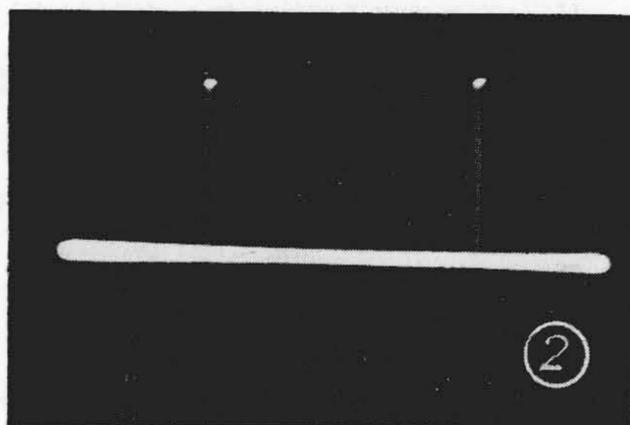
④ 繰返周波數 4 kc 目盛周波數 100 kc



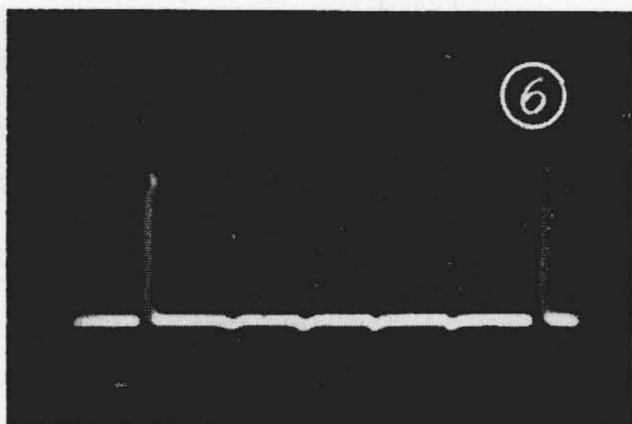
③ 繰返周波數 20 kc パルス幅最大



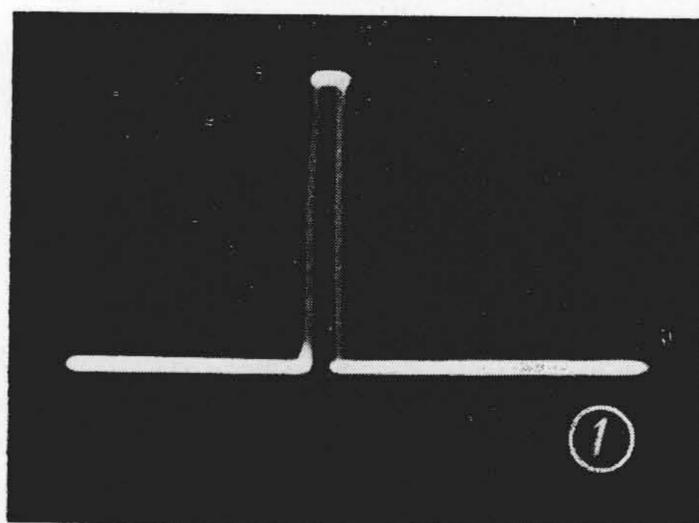
⑤ 繰返周波數 4 kc, パルス幅最大



② 20 kc パルス幅最小



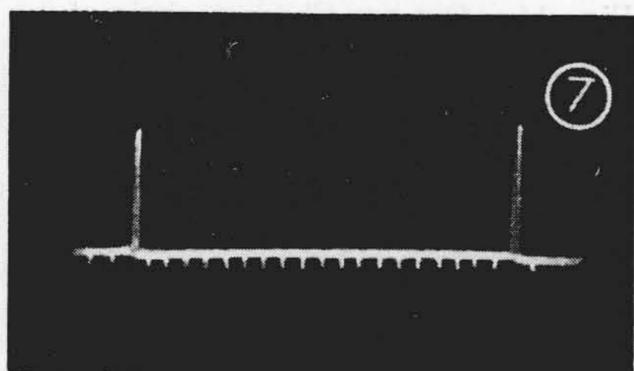
⑥ 繰返周波數 1 kc 目盛周波數 20 kc



① 繰返周波數 4 kc パルス幅最大

PLM-11 ①②③

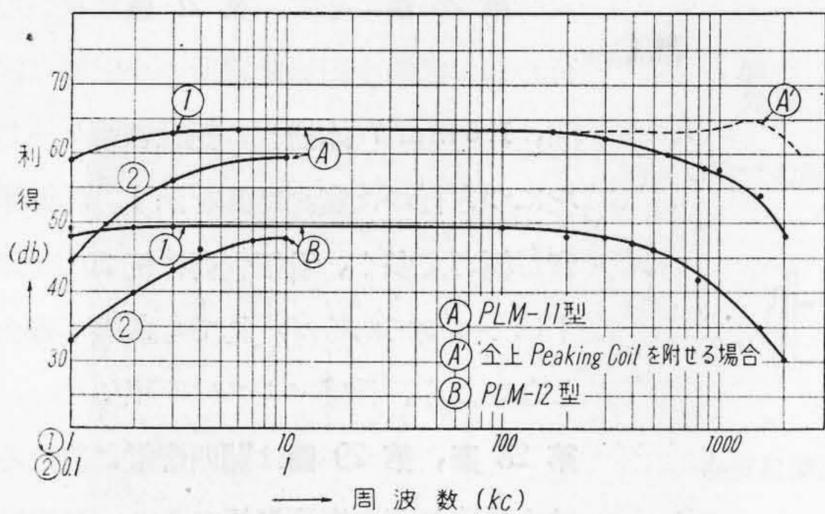
PLM-12 ④⑤⑥⑦



⑦ 繰返周波數 1 kc 目盛周波數 20 kc

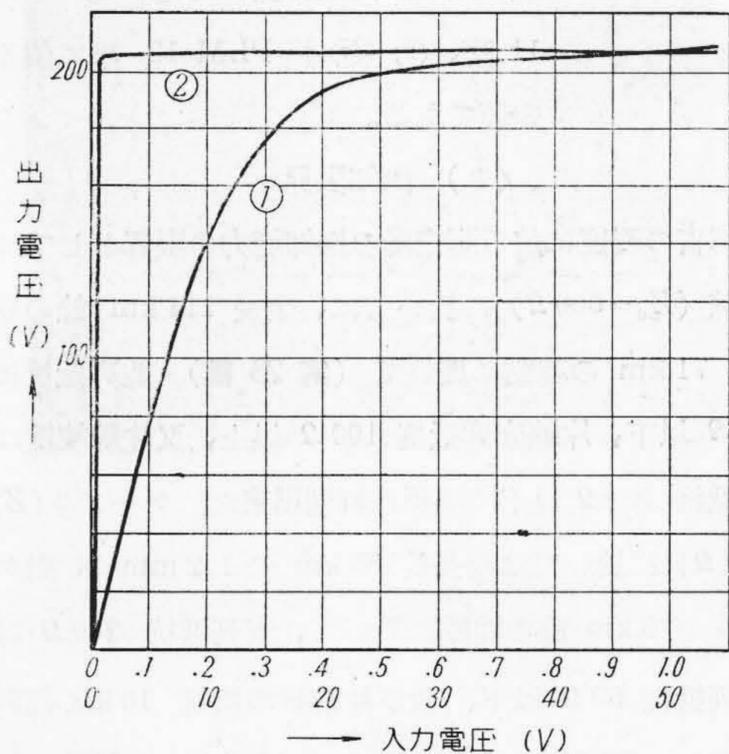
第 13 圖 送信出力波形

Fig. 13 Pulse Shapes of Transmitting Output.

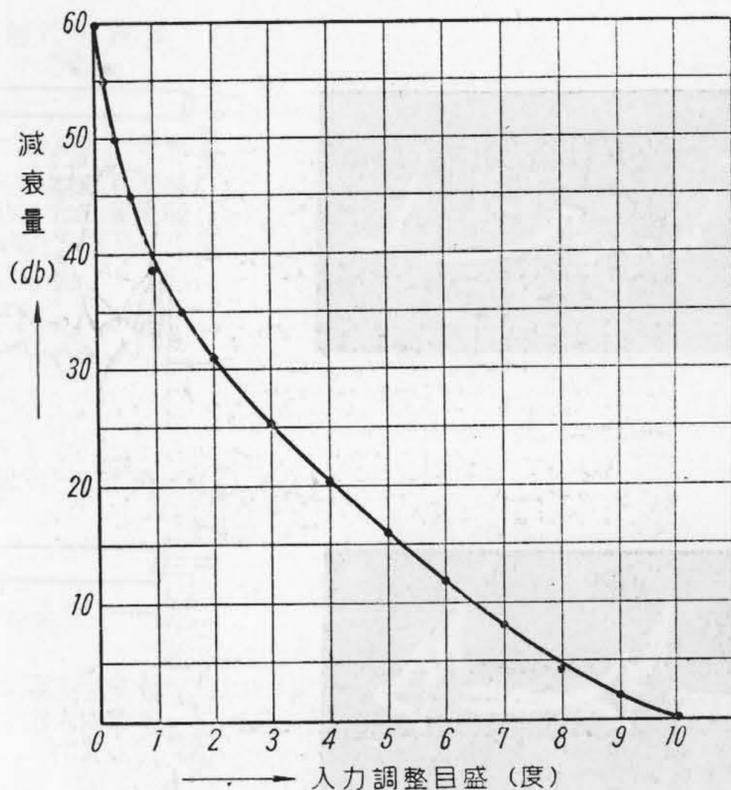


第 15 圖 受信部増幅器周波数特性
Fig. 15 Frequency Characteristics of Receiving Amplifier.

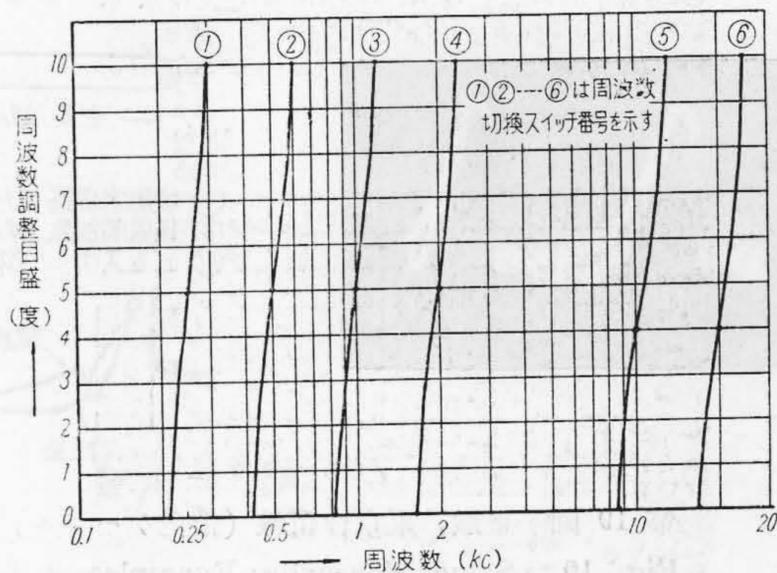
良い事が望ましい。PLM-12型では繰返し周期最大 1kc でパルス幅最小 2 μ S であるから 1kc から 500kc まで平坦な利得を必要とするわけであるが、第 15 圖に示す様に最大利得約 50 db, 利得偏差約 3 db である。PLM-11 型 12 型共に電力線等からの誘導を避けるため 1kc 以下特に商用周波では極力利得を低下させた。第 16 圖は増幅器の入力対出力特性で、第 17 圖は入力調整器の減衰特性を示す。鋸歯状波は直線掃引で歸線比も良好である。第 18 圖は其の周波数曲線表で、周波数調整器は略中央に止めて置き、周波数も切換器の切換のみで、周波数が周期する様に調整した。



第 16 圖 受信部入力対出力特性
Fig. 16 Out put to Input Characteristic of Receiving Amplifier.



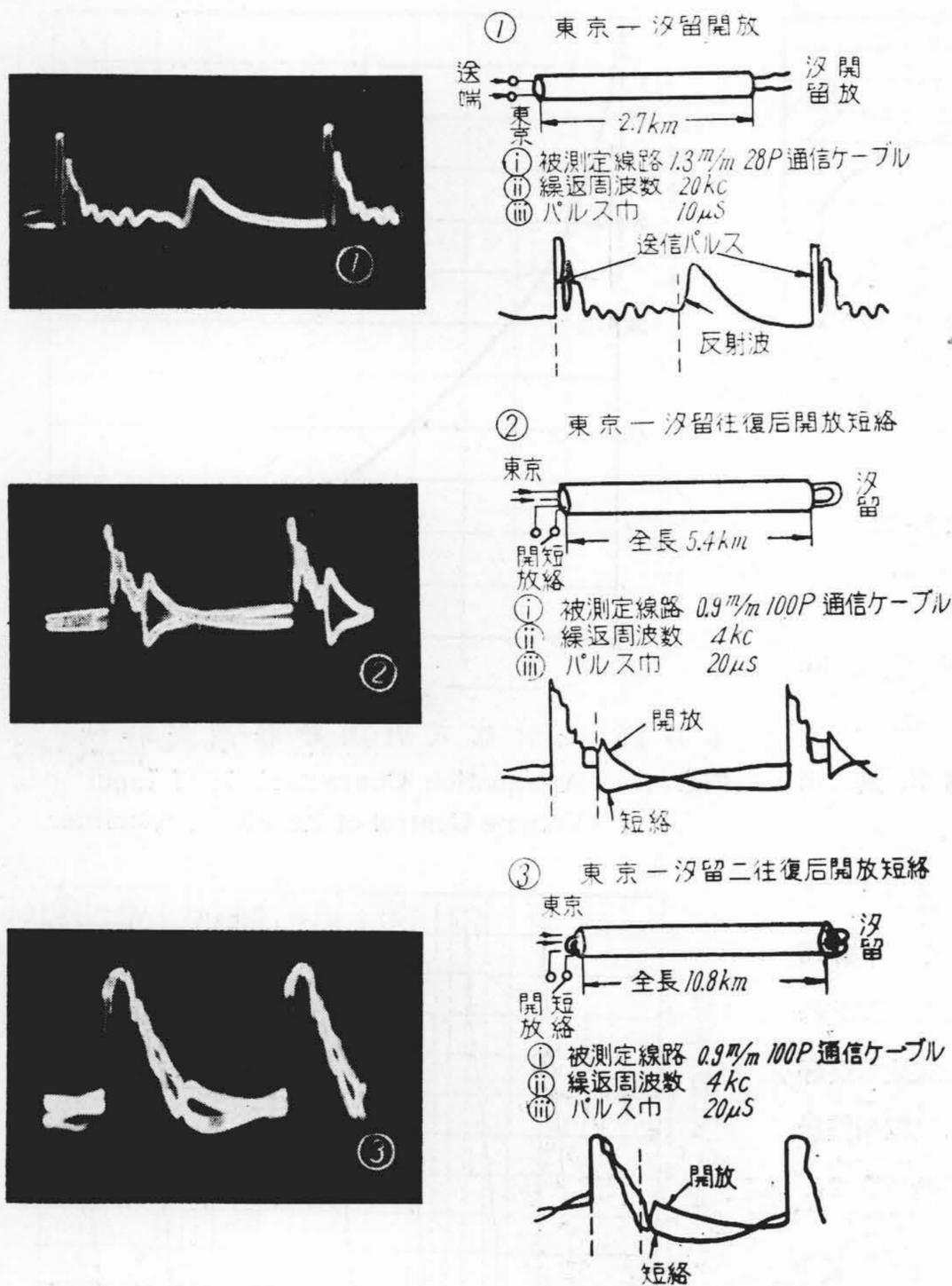
第 17 圖 受信部入力調整器減衰特性
Fig. 17 Attenuation Characteristic of Input Volume Control of Receiving Amplifier.



第 18 圖 受信部時間軸周波数曲線
Fig. 18 Frequency Curves of Receiving Set Time Axis.

[IV] 實 測 試 験

實測試験に先だつて、東京鐵道局及び國鐵大井町變電所で實驗を行い調整した。即ち第 19 圖、(74 頁参照) 第 20 圖 (75 頁参照) の寫眞が東京鐵道局東京試驗室で行つた試驗例で、1.3mm, 1.2mm, 0.9mm のケーブルで行つた中から開放、短絡の場合を示した。1.2mm ケーブル東京横濱間 30 km が探知出來た。又大井町變電所で三相交流 22 kV の電力地下ケーブルを送電中止して實驗したのが第 21 圖 (74 頁参照) であり、電力地



第 19 圖 東鐵、東京汐留線（市内ケーブル）の實測例
 Fig. 19 Some Measuring Examples at Tokyo—Shiodome Line “Local Cable”.

下ケーブルは特性インピーダンスは低いが直流抵抗が小さく減衰が小さいので受信利得を餘りきかせなくとも充分探知出来る、PLM-11 型は上記の實驗後日發九州支店に於いて裸線及び市外ケーブルにつき實測を行い（第 22 圖、第 23 圖）裸線では 120 km まで測定出来た。次いで門司鐵道局通信課及び鹿児島監理局に於いて納入試験を行い、裸線では 167 km の開放、短絡を明瞭に探知出来、又市外ケーブル（1.3 mm 30 對、0.9 mm 25 對混合線）では 31 km の開放短絡を判定出来た。

PLM-12 型は名古屋鐵道及び中部配電で裸線及びケーブルの試験を行った。その一部を第 24 圖、第 25 圖

及び第 26 圖に示す。第 27 圖は次いで行われた國鐵小田原變電所の小田原二宮間、1.6 mm 7 本撚ゴム絶縁被鉛ケーブルにつき行った實測寫眞を示す。誘導雑音が極めて多く、増幅利得は約 20 db 以下にしぼつてあるがそれでも基線が静止しないため、目盛パルスは明瞭でない。第 28 圖、第 29 圖は關西配電に於ける納入試験の際の實測寫眞であり、裝荷線輪からの反射が明瞭に表われている。

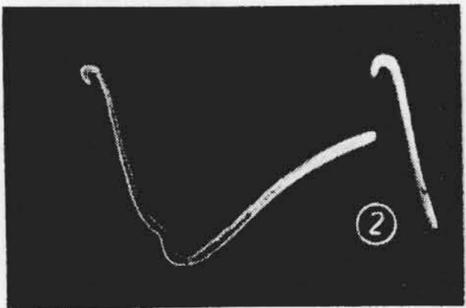
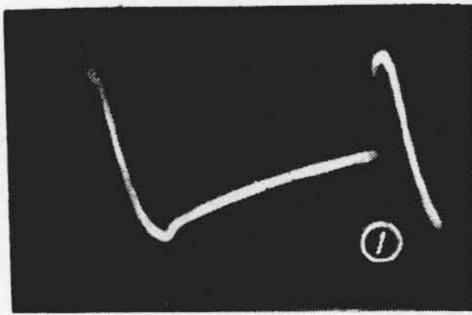
[V] 試 験 結 果

(1) 測距限度

實際に線路を測定して見るとパルスの減衰は線種に依つて甚しく變化し、裸線で 200 km が殆んど増幅利得なしでも測れても、ケーブルでは、例えば 1.2 mm 市外ケーブルで、増幅利得 60 db でも 30 km が最大限度であり、更に市内ケーブルの様に線径の細いものでは著しく小さくなる。實測試験を行った範圍で明瞭に判別出来た最大測定距離は、第 2 表の様になる。同表に於いて①～④は PLM-11 型、⑤～⑦は PLM-12 型に依る測定値である。

(2) 探知限界

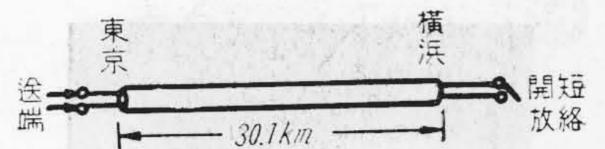
障害の程度に依る測定器の探知能力の限界としては、裸線 ($Z_0=600 \Omega$) に於いては、全長 114 km 餘の線路で、71 km の地點に於いて（第 23 圖）並列抵抗挿入 $2k\Omega$ 以下、片線直列抵抗 100Ω 以上、又片線接地は接地抵抗 $10k\Omega$ 以下は明瞭に判別出来た。ケーブル ($Z_0=150 \Omega$) に於いては全長約 35 km の 1.2 mm 14 對ケーブルで 5 km 餘の地點に於いて、直列抵抗 200Ω 以上並列抵抗 50Ω 以下、及び片線接地抵抗 $10k\Omega$ 迄判別出来た。尙同ケーブルに就いて、10.5 km の地點で切断した終端に挿入したインピーダンスを色々變化せしめた場合、 $50\sim 250 \Omega$ の範圍外は明瞭なる反射が現われた。



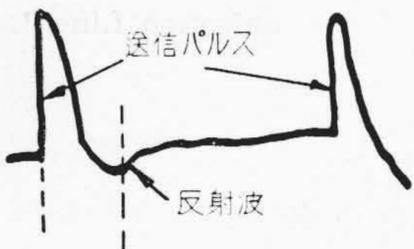
第 20 圖 東鐵、東京横濱線（市外ケーブル）の實測例

Fig. 20 Some Measuring Examples at Tokyo—Yokohama Line “Trunk Cable”.

- ① 被測定線路 1.2^m/m 14P 通信ケーブル
 - ② 繰返周波数 1kc
 - ③ パルス巾 約 20 μ S
- 註) 受信増巾器使用



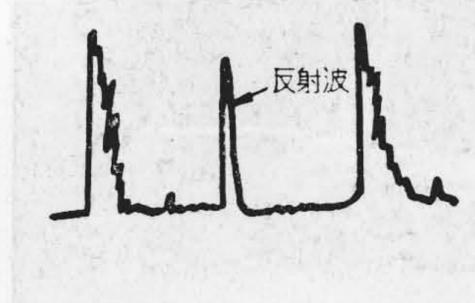
① 東京—横浜開放



② 東京—横浜短絡



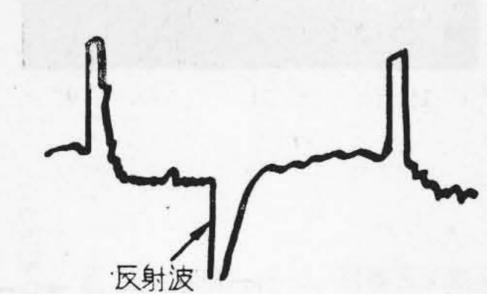
① 大井—川崎開放（パルス巾 2 μ S）



② 全上（パルス巾 10 μ S）

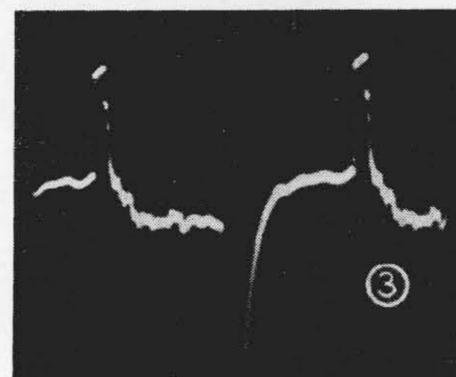
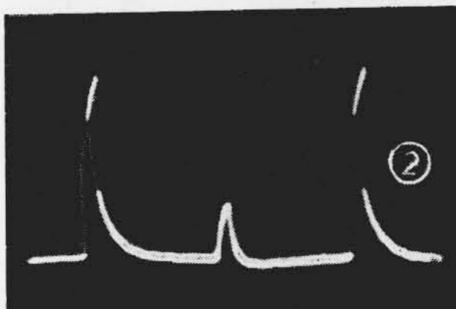
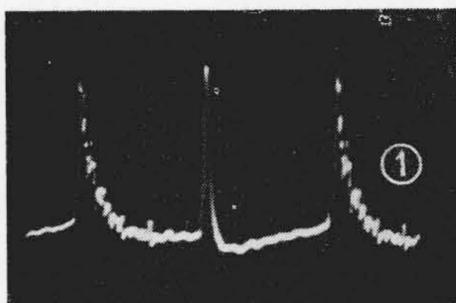


③ 大井—川崎短絡（パルス巾 10 μ S）

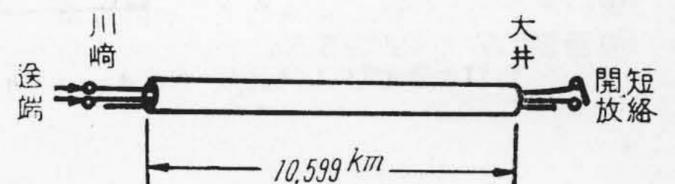


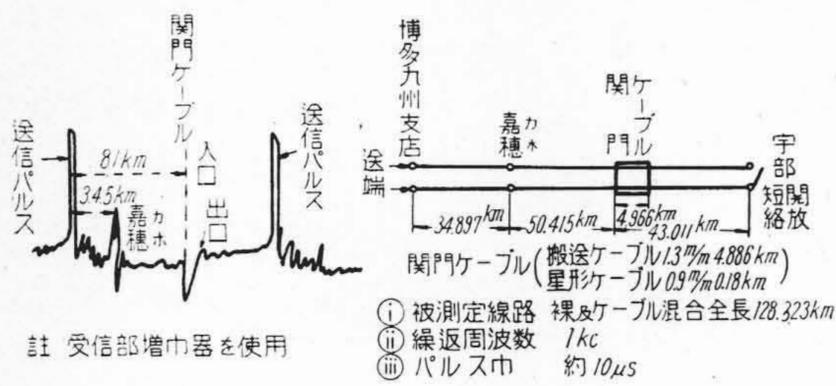
第 21 圖 國鐵、大井町、川崎線（電力地下ケーブル）の實測例

Fig. 21 Some Measuring Examples at Oimachi—Kawasaki Line “Underground Power Cable”.

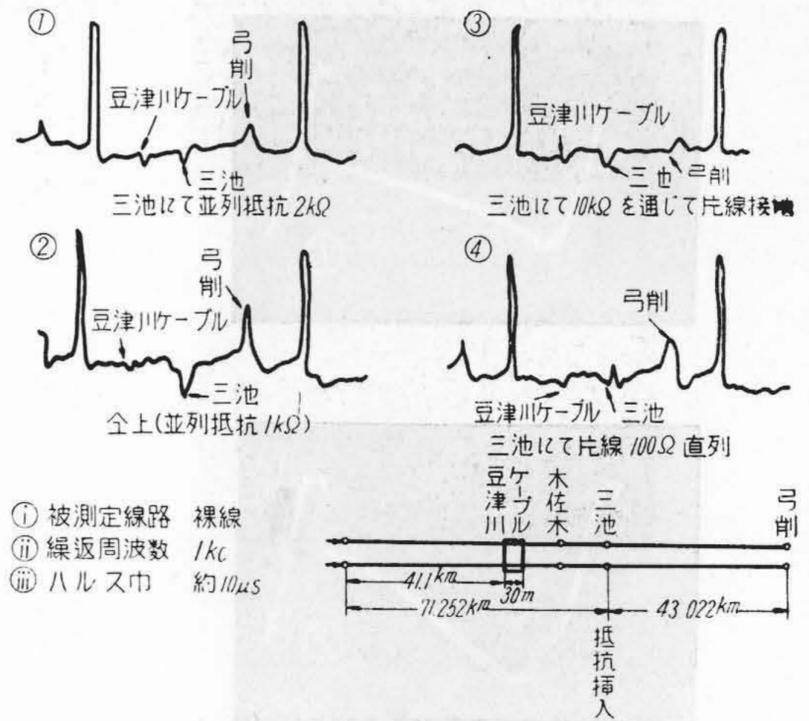


- ① 被測定線路 22kV 電力地下ケーブル
 - ② 繰返周波数 4kc
 - ③ パルス巾 約 10 μ S
- 註) 受信増巾器使用



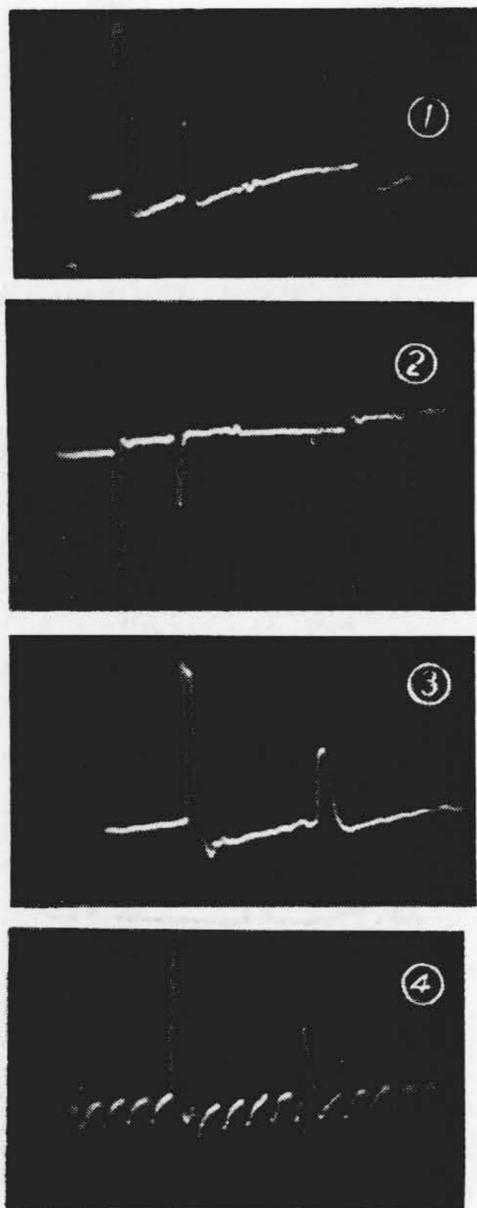


第 22 圖 日發、宇部 1 番線 (通信線の) 實測例
Fig. 22 A Measuring Example at Ube #1 Line "Communication Line".

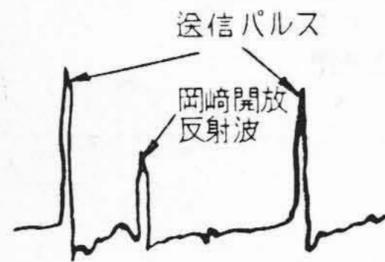


第 23 圖 日發、三池 2 番線 (通信線) の實測例

Fig. 23 Some Measuring Examples at Miike #2 Line "Communication Line".



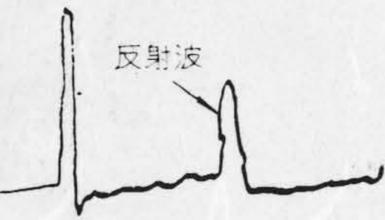
① 名古屋 - 岡崎開放 (増巾)



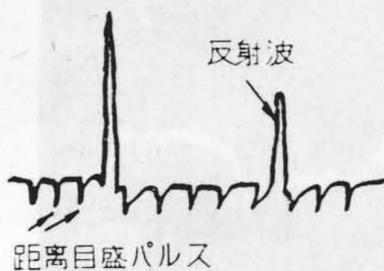
② 全上 (直接)



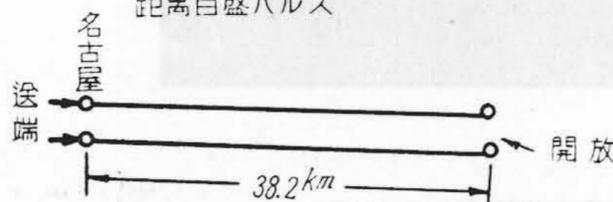
③ 全上 (増巾)



④ 全上 (増巾目盛投入)

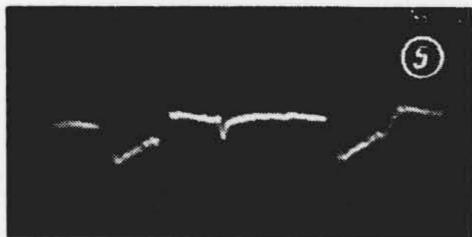


- ① 被測定線路 2.9 m/m 裸線
- ② 繰返周波数 1 kc
- ③ パルス巾 20 μs
- ④ 距離目盛パルス間の距離 7 m/m (伝播速度により校正)

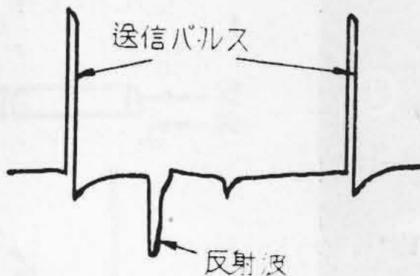


第 24 圖 名鐵、名古屋、岡崎線 (架空線通信線) の實測例

Fig. 24 Some Measuring Examples at Nagoya - Okazaki Line "Aerial Bare Communication Line".

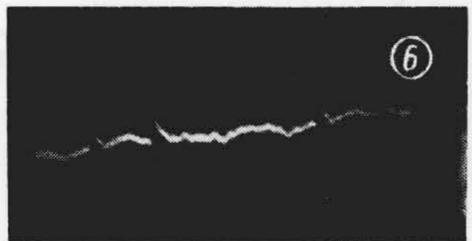


⑤ 名古屋—岡崎短絡 (増巾)

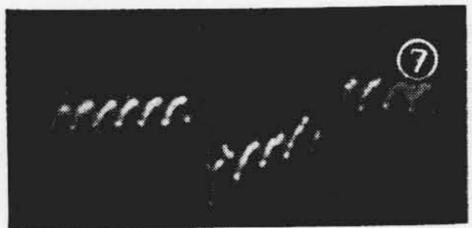
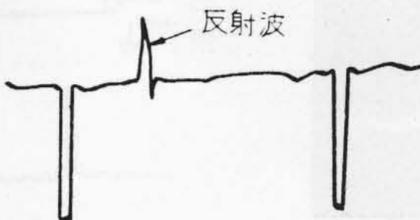


第 25 圖 (左圖) 名鐵、名古屋、岡崎線(架空線通信線)の實測例

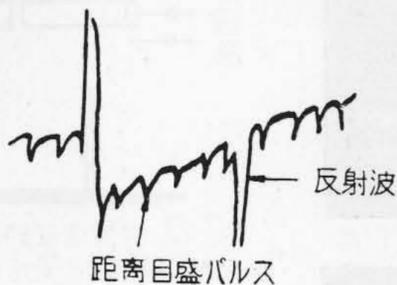
Fig. 25 Some Measuring Examples at Nagoya—Okazaki Line “Aerial Bare Communication Line”.



⑥ 全上 (直接)



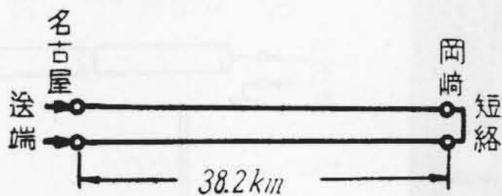
⑦ 全上 (増巾目盛投入)



第 26 圖 (下圖) 中配、四日市 2 番線 (通信線) の實測例

Fig. 26 Some Measuring Examples at Yokkaichi Line “Communication line”.

- ① 被測定線路 2.9 m/m 裸線
- ② 繰返周波数 1 kc
- ③ パルス巾 20 μs
- ④ 距離目盛パルス間の距離 7 km (伝播速度より校正)



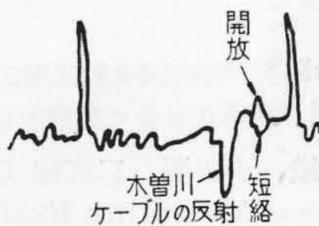
(3) 測定確度、傳播速度

測定確度を考える場合には、傳播速度の確度、ブラウン管上の映像を讀取る際の讀取り誤差及び測定器自身の誤差等が問題となるが、實際に測定して見ると傳播速度の確度が最も問題となる様である。傳播速度は勿論線路の種類に依り異なるが、同一線種でも回線に依り必ずしも一致せず、その上同一回線でも種々の線種が入り混っている場合が多く、尙又線路臺張が線路接續法、弛度等を殆んど考慮して居らずそれ程嚴密でない。傳播速度を決定する場合はその曲線を細く區分して出来るだけ多くの區内について測定して置く必要がある。我々の測定では測定誤差は 1~3% 程度で殆んど大多數は 1% 以下に入っているが、傳播速度を正確に求め得れば更に確度を上げる事は困難ではないと思う。第 3 表に各種線路についての傳播速度の實測を示す。各線路共に多少線種の異つ

① 烏森—桑名開放短絡



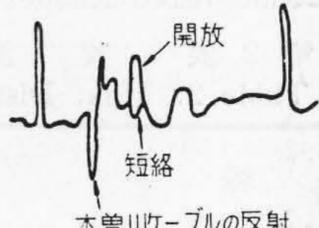
- ① 被測定線路 2.6 m/m 裸線一部ケーブル
- ② 繰返周波数 4 kc
- ③ パルス巾 10 μs



② 烏森—四日市開放短絡



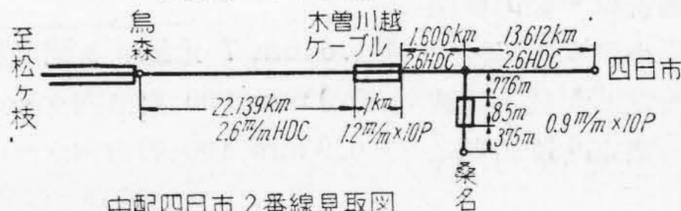
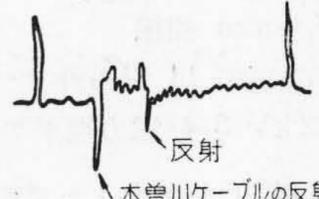
- ① 被測定線路 2.6 m/m 裸線一部ケーブル
- ② 繰返周波数 1 kc
- ③ パルス巾 10 μs



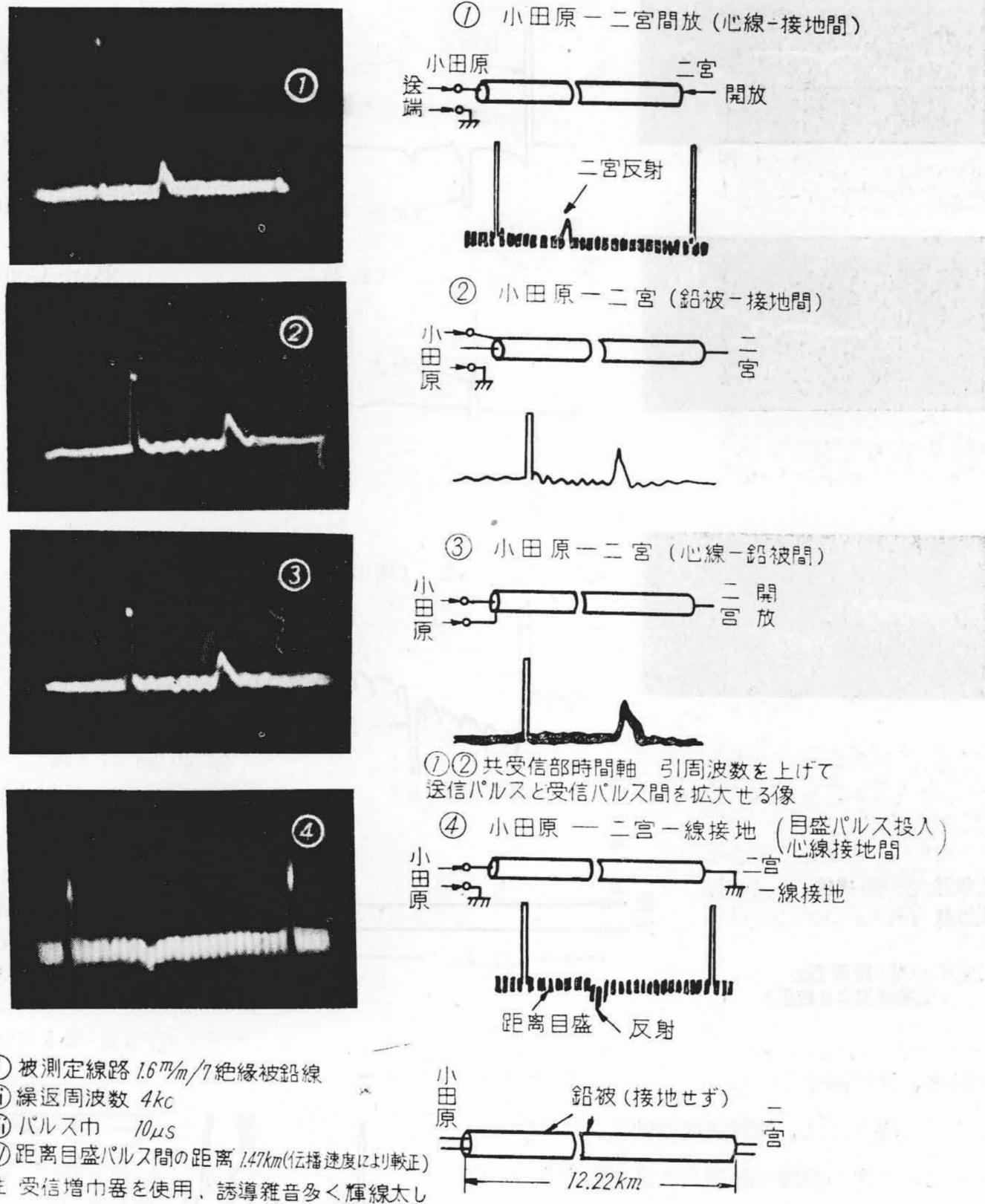
③ 烏森—四日市—線接地



- ① 被測定線路 2.8 m/m 裸線一部ケーブル
- ② 繰返周波数 1 kc
- ③ パルス巾 10 μs



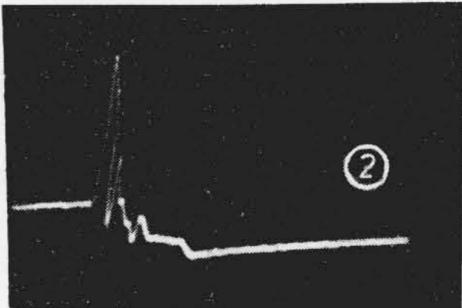
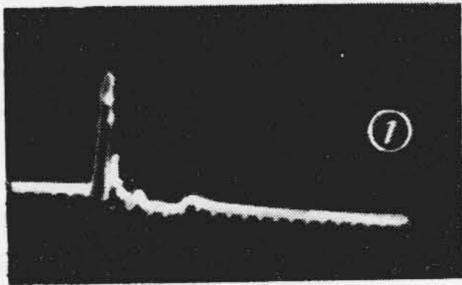
中配四日市 2 番線見取図 (註) 受信増巾器使用



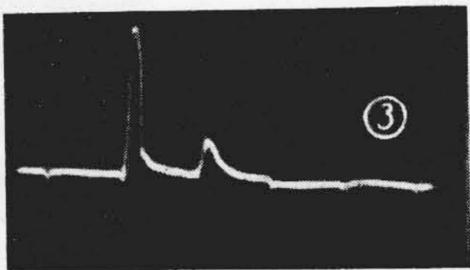
第 27 圖 國鐵、小田原、二宮線 (遠方監視制御用ゴム絶縁被鉛線) の實測例
 Fig. 27 Some Measuring Examples at Odawara — Ninomiya Line
 “Leadcovered Rubber Cable for Supervisory Control”.

第 2 表 實 測 最 大 距 離
 Table 2. Max. Distances Actually Measured.

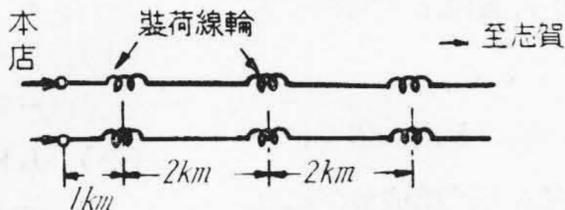
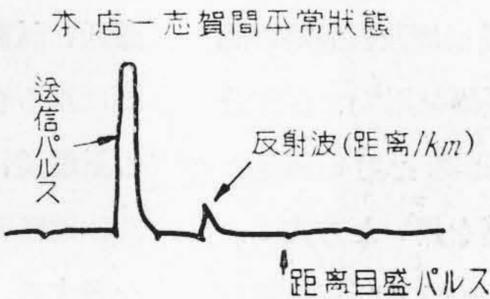
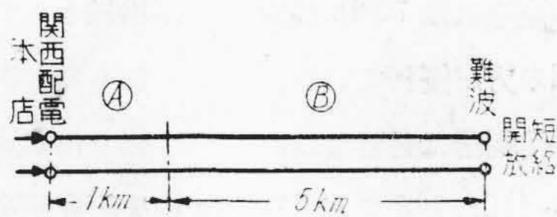
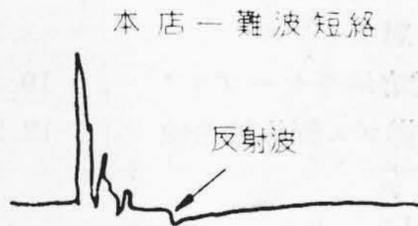
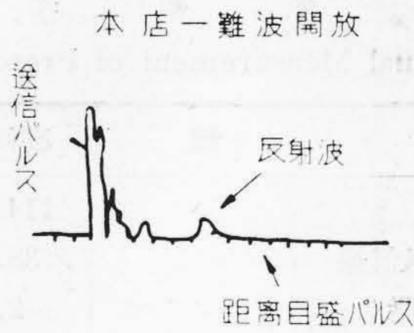
實 驗 場 所	線 種	パルス幅	繰 返 周 波 数	測定距離	受信利得
① 國鐵 折尾・鹿兒島間	2.6 mm 裸線	20 μs	1 kc	167 km	約 10 db
② 東鐵 東京・横濱間	1.2 mm 14 對市外ケーブル	20 μs	1 kc	30.1 km	60 db
④ 國鐵 大井・川崎間	22 kV 3-φ 電力地下ケーブル	2 μs	4 kc	10.599 km	約 20 db
⑤ 名古屋鐵道 名古屋・金山橋間	0.6530 對市内ケーブル	20 μs	4 kc	3.8 km	50 db
⑥ 國鐵 小田原・二宮間	1.6 mm 7 本撚ゴム絶縁被鉛線	10 μs	4 kc	12.22 km	約 20 db
⑦ 關西配電 大阪・難波間	0.9 mm 200 對市内ケーブル	4 μs	4 kc	6 km	約 40 db
③ 東鐵 東京・汐留間	0.9 mm 100 對市内ケーブル	20 μs	4 kc	10.8 km	60 db



- ① 被測定線路 ④ 0.9mm 400P ⑤ 0.9mm 200P ケーブル
 - ② 繰返周波数 4kc
 - ③ パルス巾 4μs
 - ④ 距離目盛パルス間の距離 1km (伝播速度により校正)
- 註) 受信増巾器使用



- ① 被測定線路 0.9mm 200P 通信ケーブル
 - ② 繰返周波数 20kc
 - ③ パルス巾 2μs
 - ④ 距離目盛パルス間の距離 1km (伝播速度により校正)
- 註) 受信部増巾器使用。最初の装荷線輪の反射により、その後の現象は観測困難



第 28 圖 關西配電、大阪難波線 (市内ケーブル) の實測例

Fig. 28 Some Measuring Examples at Osaka—Namba Line “Local Cable”.

第 29 圖 關西配電、中装荷通信ケーブル實測例

Fig. 29 A Measuring Example on Medium Loading Cable at Kansai Haiden Co.

た線が混入しているが本表に依り各種線路の目安をつける事は出来る。

〔VI〕 本測定器に対する考察

以上數個所の實測試験から、インパルスの繰返し周波数、幅及波高値等は測定の對稱となる線路に依つて適當に選ぶ必要があることが解る。

測定範圍としては、架空裸線で 300 km、同軸ケーブルでは一中繼所區間 25 km、搬送ケーブルではその標準半中繼所區間 25 km が、インパルスの一周期内に入る様に繰返し周波数を選ぶ必要がある。従つて測定範圍は 300 km (0.5 kc) 又は 150 km (1 kc) の裸線用のもの、

25 km (4 kc) のケーブル用及び近距離市内ケーブル用 5 km (20 kc) 程度の 3 段階で良い。

インパルスの波高値は測定距離を大きくするためには勿論大きい方が有利であるが、之は出力真空管に依り抑えられる。

パルス幅は、之を大きくすれば減衰が小さくなり、測定距離を大きくするには有利であるが、一方分解能が悪くなり、比較的近い距離を置いていくつかの不整點がある場合には、それらからの反射が重つて判別出来なくなり、又近距離測定の場合に直接波の中に入つて探知不能となる範圍が大きくなる。パルス幅の調整は 2~20 μs 可變という方法は必要なく、2 μs, 5 μs, 10 μs, 20 μs

第 3 表 實 測 傳 播 速 度

Table 3 Actual Measurement of Propagation Speed.

實 測 場 所	線 種	臺帳の互長	測 定 値	傳 播 速 度
日發・福岡・弓削間	裸通信線	114.274 km	773 μ S	295.6 m/ μ S
中配・烏森・四日市間	2.6 mm 裸通信線	38.857 km	260 μ S	298.9 m/ μ S
東鐵・東京・汐留間	1.3 mm 28 對ケーブル	2.7 km	24.3 μ S	221 m/ μ S
關西配電・大阪・難波間	0.9 mm 200 對ケーブル	6 km	60 μ S	200 m/ μ S
名鐵・名古屋・金山橋間	0.65 mm 30 對ケーブル	3.8 km	39 μ S	194.8 m/ μ S
國鐵・大井・川崎間	22 kV 3- ϕ 電力地下ケーブル	10.599 km	127 μ S	167 m/ μ S
國鐵・小田原・二宮間	1.6 mm 7 本撚ゴム絶縁被鉛線	12.22 km	83 μ S	294.5 m/ μ S

程度切換使用出来る様になつて居れば充分である。

増幅利得については、ケーブルの測定には 70 db 程度は必要で、PLM-11 型の 4 段増幅の方が優れている。

裸線の測定には 150 km 程度までは増幅器は必要ない。

測距方式及び精度については、いづれの方式でもブラウン管は径が大きい方が良く、75 mm は 120 mm に變更すべきである。目盛方式では主に發振周波數偏差の問題となり、PLM-11 型では CR 發振器を用いたが充分ではなかつたので、12 型では水晶發振器を用い満足なものとした。これに比較して移相回路を用いた方式は、この外に移相回路の部品又は機構の安定度及び正弦波の歪が影響して問題となる點が多いが、實用上は便利である。

我々は門司鐵道局の仕様及びその他の要求に依り、一應萬能型を目標に試作したが、出来るだけ構成並びに取扱いを簡素化するため測定對稱とする線路を限定して測定器を單能化し、併せて測定精度を向上せしめた方が良いと思われる。

[VII] 結 言

我々はパルス技術研究の一環として、本測定器の試作を行つた。設計、製作、調整試験を終え、各種線路につき實測試験を行つた結果、種々なる線路故障が興味深くブラウン管上で探知出来た。今後更に装置を簡易化して

取扱いを簡便にする等實用上改善すべき點は残しているが機械としては現在實用の域に達し一應開發の目的を達したものとする。

終りに本測定器の製作に當り積極的な御援助を頂いた中央研究所高田課長及び同研究課安藤、宇佐美兩氏、並びに調整或は實測試験に御協力された戸塚工場研究課内藤氏、試験課岡田氏、其の他各位に深謝すると共に、數回に亘る實測試験の便宜を與えられた、國鐵、日發、名古屋鐵道、關西配電、中部配電等の係官及び關係者各位及び連絡斡旋の勞を取られた本社營業各位に深甚の謝意を表す。

參 考 文 獻

- (1) ニューサウス・ウェルズ鐵道に於けるレーダー電波日本 42, 55 (昭 22-2)
- (2) J. R. Leslie & K. H. Kidd : The Linoscope Fault-Locator E. E. 67, 987 (1948-10)
- (3) 古賀、飯島、井出：通信線路のパルス試験、電通誌 32, 5 (昭 24-5)
- (4) 永井、植村、松本：衝撃波に依る線路障害の發見に就いて 同上
- (5) 北原：衝撃波に依る線路障害の測定、電通學會、時分割多重通信講演會豫稿 (昭 24-2)
- (6) 榎本：線路障害の探知、電學誌 69 729 (昭 24-1)
- (7) 妻藤、村井：線路障害の新しい探知方法パルス試験器、電氣通信施設 2, 1 (昭 25-1)