

電力線搬送電話装置とその混変調に就いて

内 藤 大 三*

Power Line Carrier Telephone Equipment and the Problem of Cross Modulation

By Daizō Naitō
Totsuka Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

Among several applications recently developed in utilization of the power line carrier equipment, such as carrier current protective relay set, carrier telemetering, remote supervisory, etc., the article is devoted to varied types of the carrier telephone equipment, classified in relation to the field of practical use.

When the equipment is taken into use, such a system that two sets of the equipment are connected in parallel to the line by using in common a coupling condenser is sometimes adopted for the purpose of making best of the power line. Hence, brief mention is also made touching the problem of cross modulation which could be caused by the output of the sending amplifier of both equipments.

〔I〕 緒 言

電力線搬送電話装置は搬送波の伝送路として送電線を使用する関係上、架空裸線通信線路に比較して風雪等の自然の力に対する抵抗力がはるかに大きいために、高周波通信電流の伝送特性に関しては通信専用線に比較して複雑な問題を含んではいるが、機械的には強固な信頼度の高い通信網を形成することが出来る。

このために、現在では保安用架空通信線或は電力線添架電話線等に代つて電力線搬送通信網が次第に拡張される傾向にある。而も電力線搬送は電話のみでなく搬送保護継電方式、遠隔測定、遠方制御装置等多方面に活用されるので現在の 50~450 kc の範囲に限定された周波数帯ではその周波数帯の利用方法或は装置の使用方法が問題になつて来る。この問題は前記のような各種の用途の装置に対して総合的に考える必要があるが、こゝでは搬送電話装置のみに限定して、現在実用されている搬送電話装置の概要と周波帯を有効に利用するために行われる一つの方法として結合蓄電器を共用して二つの搬送電話装置を並列に接続して運転した場合に問題となる混変調に関して簡単に述べたいと思う。

* 日立製作所戸塚工場

〔II〕 各種電力線搬送電話装置

現在各種の電力線搬送電話装置が製作されているが、これを運用する面から次の四つに分類されている。⁽¹⁾

(A) 主幹用電力線搬送電話装置

長距離通信を主目的とする搬送電話装置で出力は 10 W, 伝送方式は SSB

(B) 簡易型電力線搬送電話装置

近距離通信用として設計されたもので、保守の簡易という点に重点が置かれている。出力 1 W, 伝送方式は BSB

(C) 給電指令搬送電話装置

1 系統に数箇所の発、変電所、開閉所を加入させ、これ等に対して給電指令を行うことを目的とする装置で、送電線の故障時にも通話出来るように考慮されている。出力 10 W, 伝送方式 BSB, 信号方式は周波数選別拡声器呼出式で通話の可能である限り信号も可能であるという特長がある。

(D) 保線用電力線搬送電話装置

保安通信線を施設しないで電力線搬送電話のみで保線員の業務連絡が出来るように作られた装置である。甲乙丙の三種類があり

甲は出力 1W, BSB 方式、(B) 項の装置が適用される。

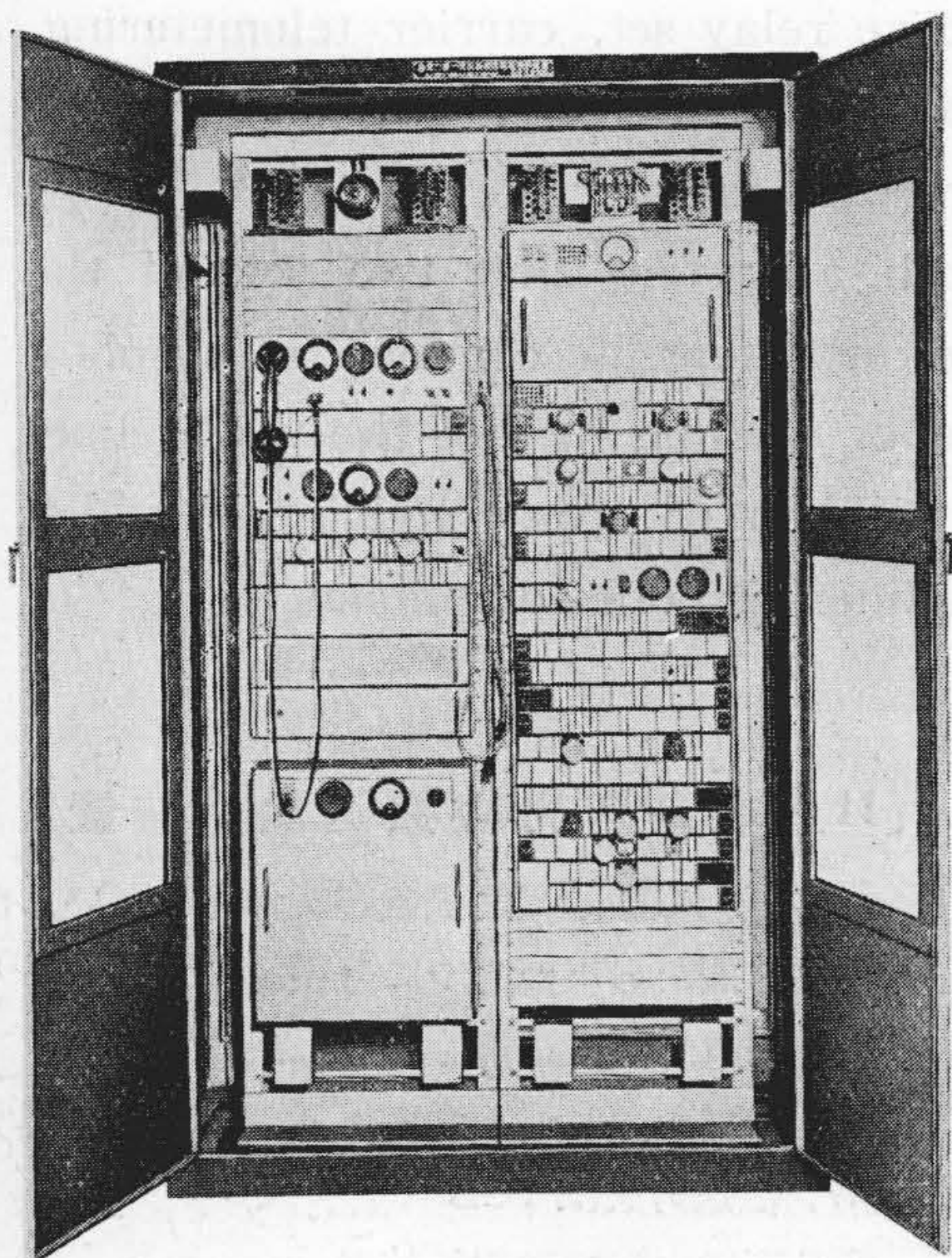
乙は出力 1W, BSB 方式、ラジオセット程度の小型装置である。

丙は出力 0.1W, BSB 方式、携帯用全重量約 3kg 何れも音声拡声器呼出になっている。

以上四種の他に配電線を伝送路とする配電線搬送電話装置がある。この種の装置には、搬送電流共同供給式で親端局の他に極めて簡単な殆ど電話機のように等しい子端局が数局加入出来る方式、或は前記の乙装置程度の装置を固定端局として一方の端局は自転車に搭載する移動型になったものもある。

これ等の各種の装置の中、日立製作所で製作したもの二、三の例を挙げると、(B) としては PTA-1 型(第 1

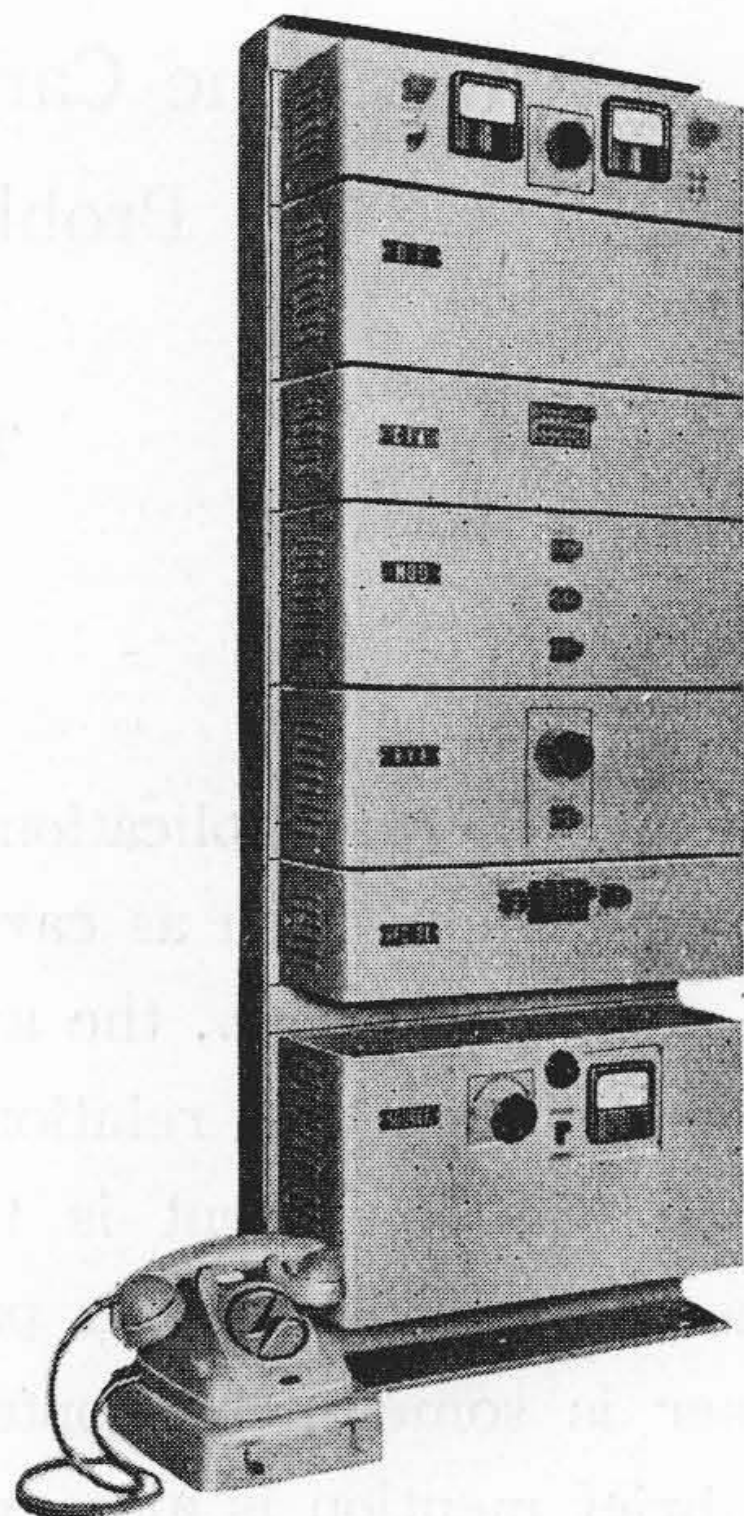
図) が製作されており、(D) に属する乙装置には PTB-1, PTB-2 型(第 2 図) 型等が製作されているが、他に乙装置としてはやゝ高級な高周波乙装置 PTB-3 型(第 3 図) の如きものもある。



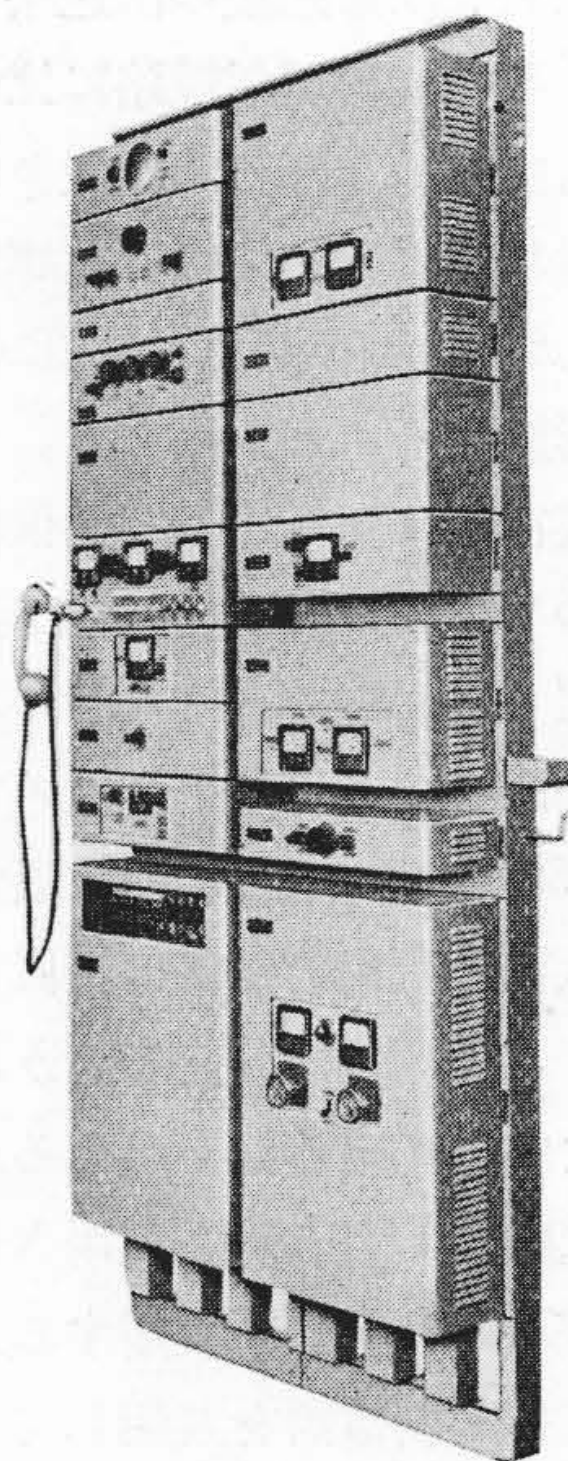
第 1 図 PTA-1 型電力線搬送電話端局装置
Fig. 1. Type PTA-1 Power Line Carrier Telephone Terminal Set



第 2 図 PTB-2 型保線用電力線搬送電話装置
Fig. 2. Type PTB-2 Power Line Carrier Telephone Equipment



第 3 図 PTB-3 型高周波乙装置
Fig. 3. Type PTB-3 High Frequency Power Line Carrier Telephone Equipment



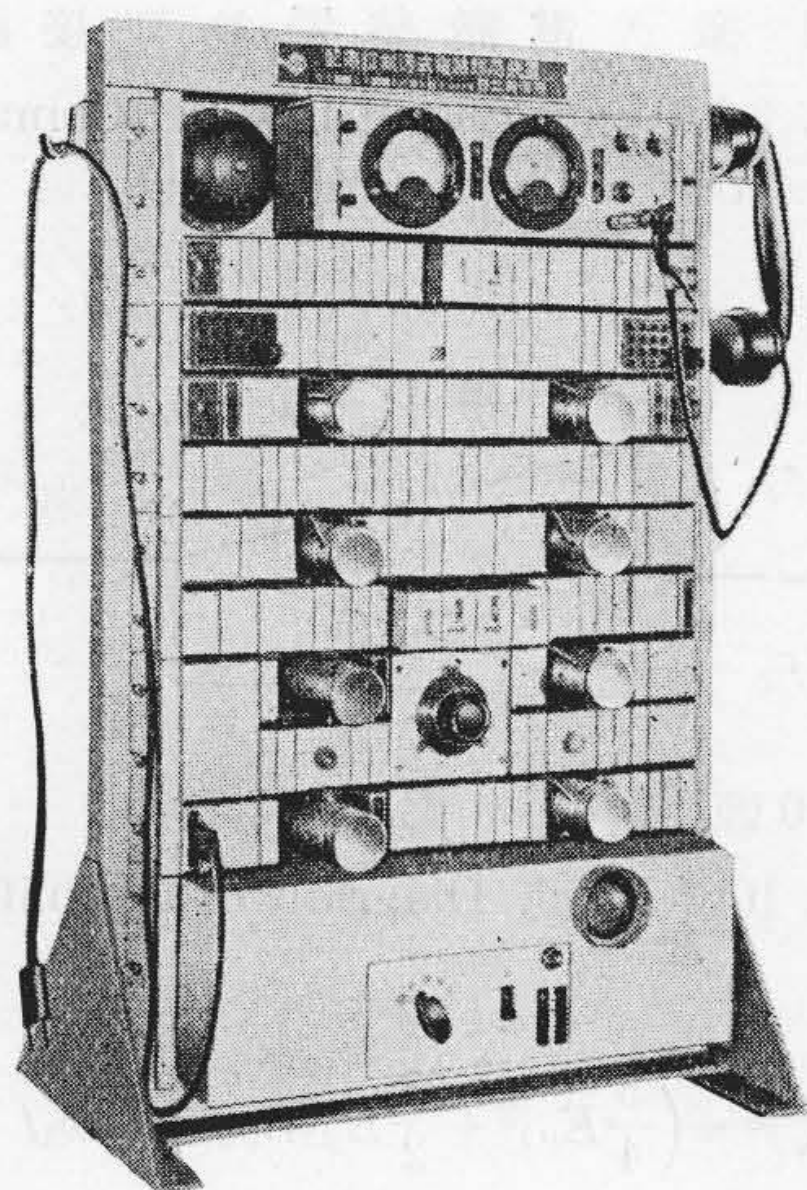
第 4 図 PH-1 型給電指令搬送電話装置
Fig. 4. Type PH-1 Dispatcher Carrier Telephone Equipment

(C)としては各種の特長を持つた PH-1 型⁽²⁾⁽³⁾ (第 4 図)があるが、現在は電氣的性能は勿論構造の点にも十分検討されて小型にして且つ性能の改善された PH-2 型が計画されている。

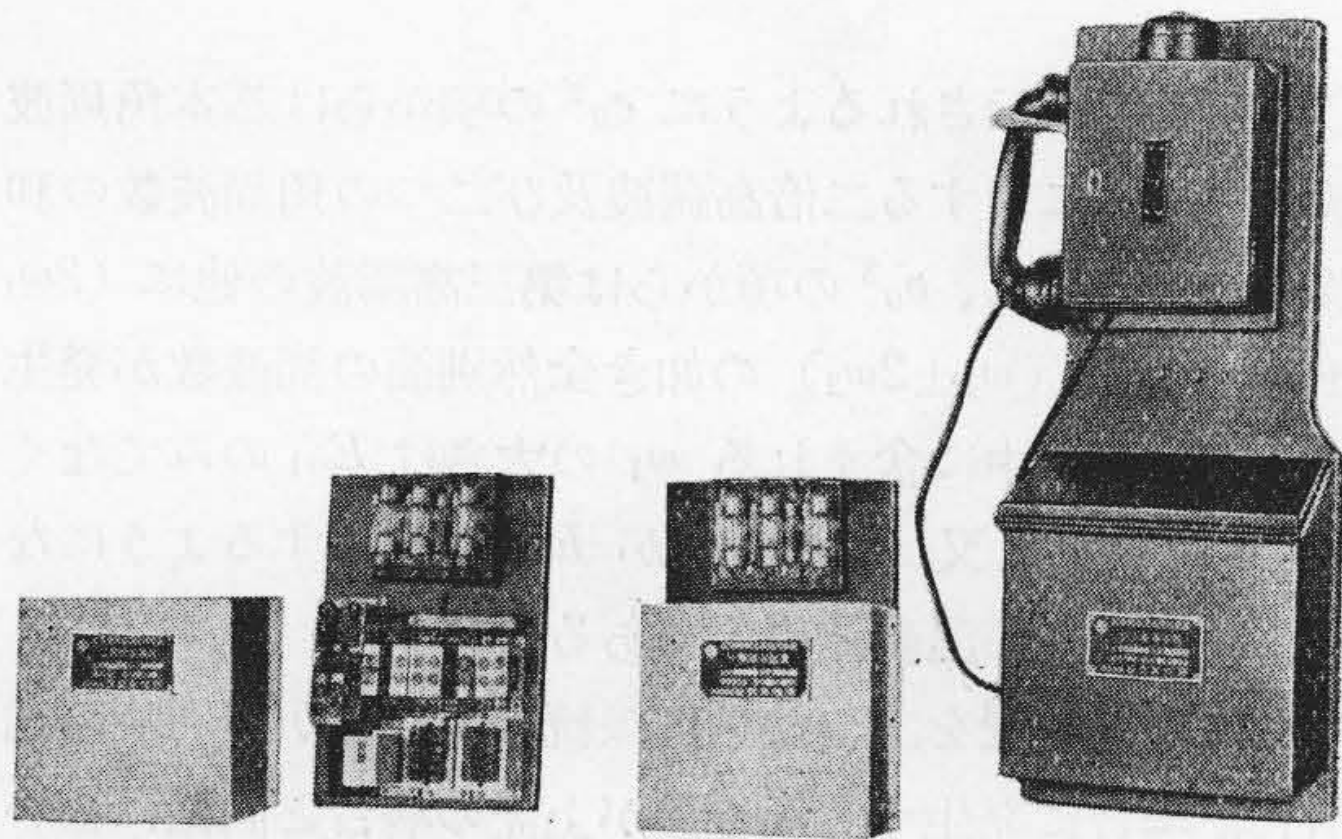
配電線搬送電話装置には搬送電流共同供給式に属する装置の FT-17 型親端局 (第 5 図) 及びこれに対向する子端局 (第 6 図) と、固定局と移動局間に通話の出来る FT-1 型がある。この移動局の結合蓄電器は配電線の任

意の場所に接続出来る構造になつていたので保線員が必要に応じて随時固定局間と連絡通話出来るもので、第 7 図は固定局で第 8 図は移動局である。

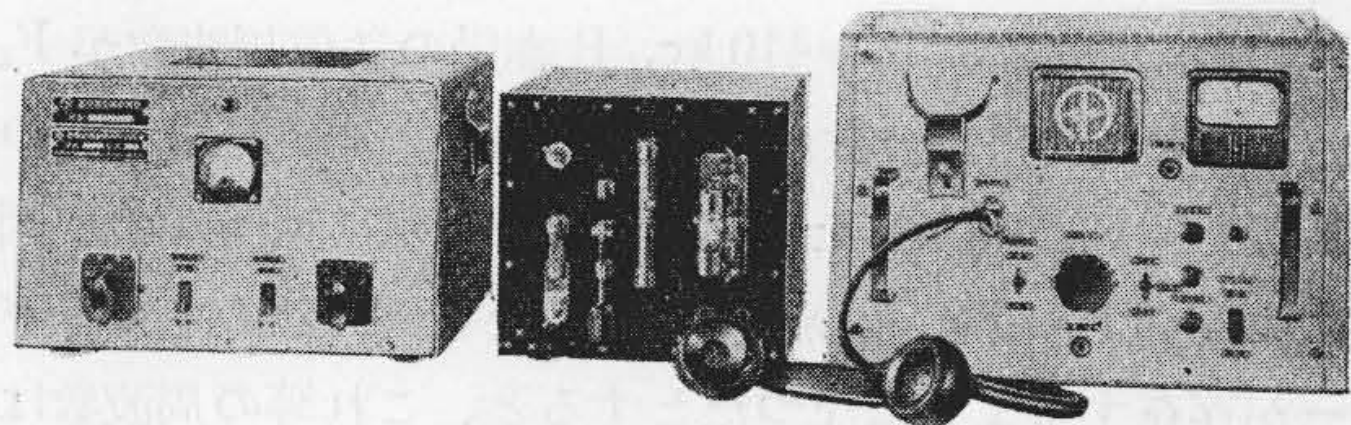
これ等各種の装置は動作の安定と保守の簡易ということに重点を置いて製作されており、このために搬送周波数の安定化、線路損失の変動に対応する AGC 回路等に就いてはそれぞれの機種に応じて適切なる考慮が払われているが、これ等の問題は比較的一般化した問題である



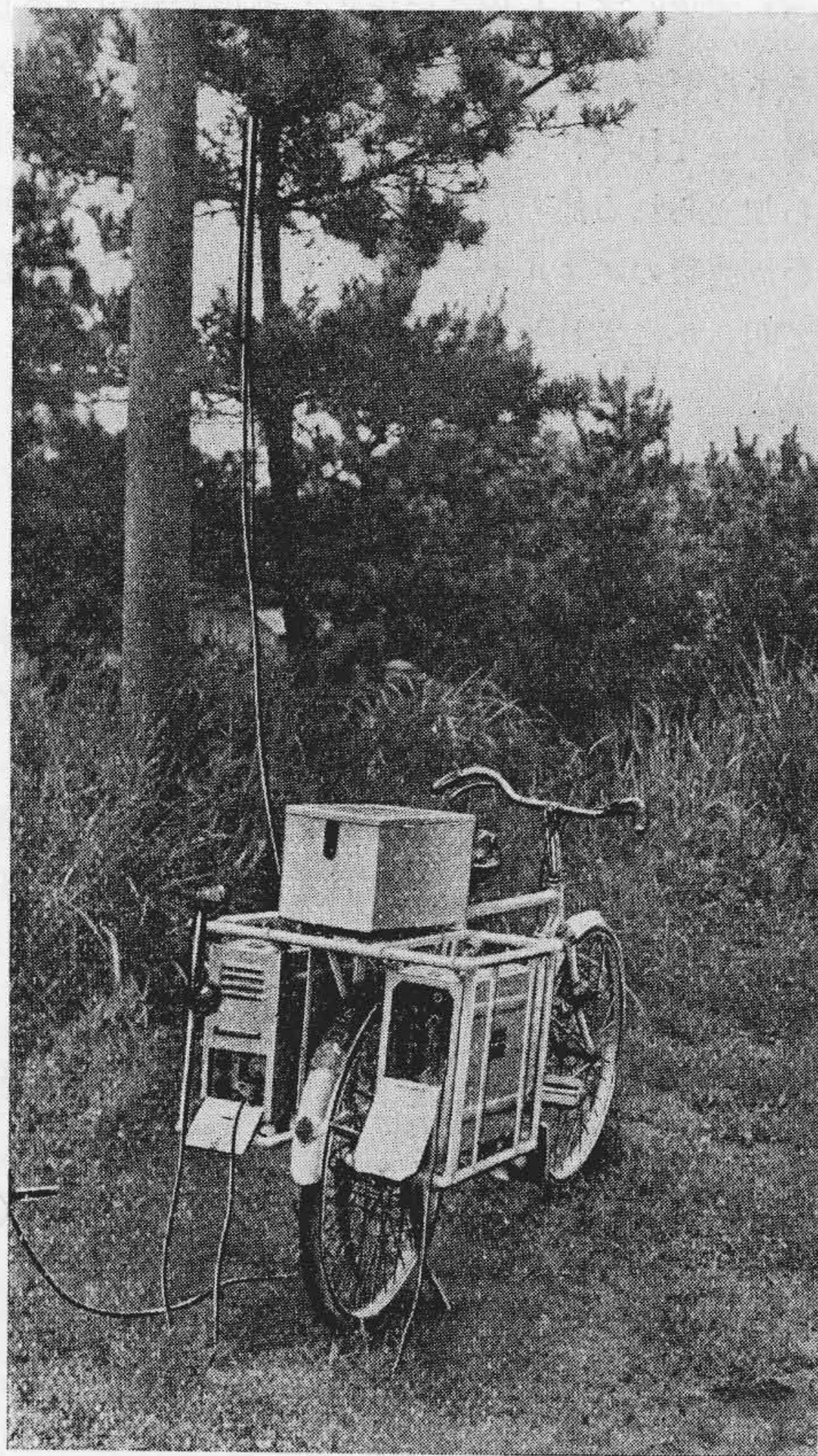
第 5 図 FT-17 型配電線搬送電話装置親端局
Fig. 5. Type FT-17 Distribution Line Carrier Telephone Set (Master Station Equipment)



第 6 図 FT-17 型配電線搬送電話装置子端局
Fig. 6. Type FT-17 Distribution Line Carrier Telephone Set (Substation Equipment)



第 7 図 FT-1 型配電線搬送電話装置固定局
Fig. 7. FT-1 Distribution Line Carrier Telephone Equipment (Fixed Station)



第 8 図 FT-1 型配電線搬送電話移動局
Fig. 8. Type FT-1 Distribution Line Carrier Telephone Equipment (Mobile Station Showing the Installation)

と考えられるのでこゝではやゝ特殊な問題として二つの搬送電話装置を一つの結合蓄電器を共用して並列運転した場合に発生する混変調に就いて述べたいと思う。

〔III〕 電力線搬送電話装置の並列使用により発生する混変調に就いて

これは周波数配列を持つた二周波方式の BSB 電力線搬送電話装置の並列使用した場合に起り得る問題である。例えば第9図に於てA端局の送信周波数が $F_1=390$ kc, 受信周波数が $F_3=410$ kc, B端局の送信周波数が $F_2=370$ kc, 受信周波数が $F_4=350$ kc の場合に、二つの装置を並列に結合したためにその結合点に何等かの原因により $2F_1-F_2$, 及び $2F_2-F_1$ なる周波数のエネルギーが存在するようになったとすると、これ等の周波数はA端局・B端局それぞれの受信周波数即ち F_3 及び F_4 に等しい周波数であるから漏話となつてそれぞれの受信に妨害を与えることになる。

二つの周波数のエネルギーを同時に電気的非直線特性を持つた回路を通した場合にはもとの周波数以外の周波数のエネルギーを発生することは周知のことであるが、この場合はそれぞれの装置の送信増幅器が互にその出力側から加えられる他の周波数のエネルギーによつて別の新しい周波数のエネルギーを発生していることが実験によつて明らかにされた。

〔IV〕 送信回路の相互干渉による受信妨害電波の発生機構

一般に混変調を問題にする場合は第10図の如く増幅器の入力側から $F_1, F_2, \dots$ の如く二つ以上の正弦波が同時に加えられたときに増幅器特性の電気的非直線により陽極出力回路側にもとの周波数以外のエネルギーが発生する場合であつて、前述のように一つの周波数は送信増幅器の入力側から他の周波数は出力側から供給されるような例は少ない。

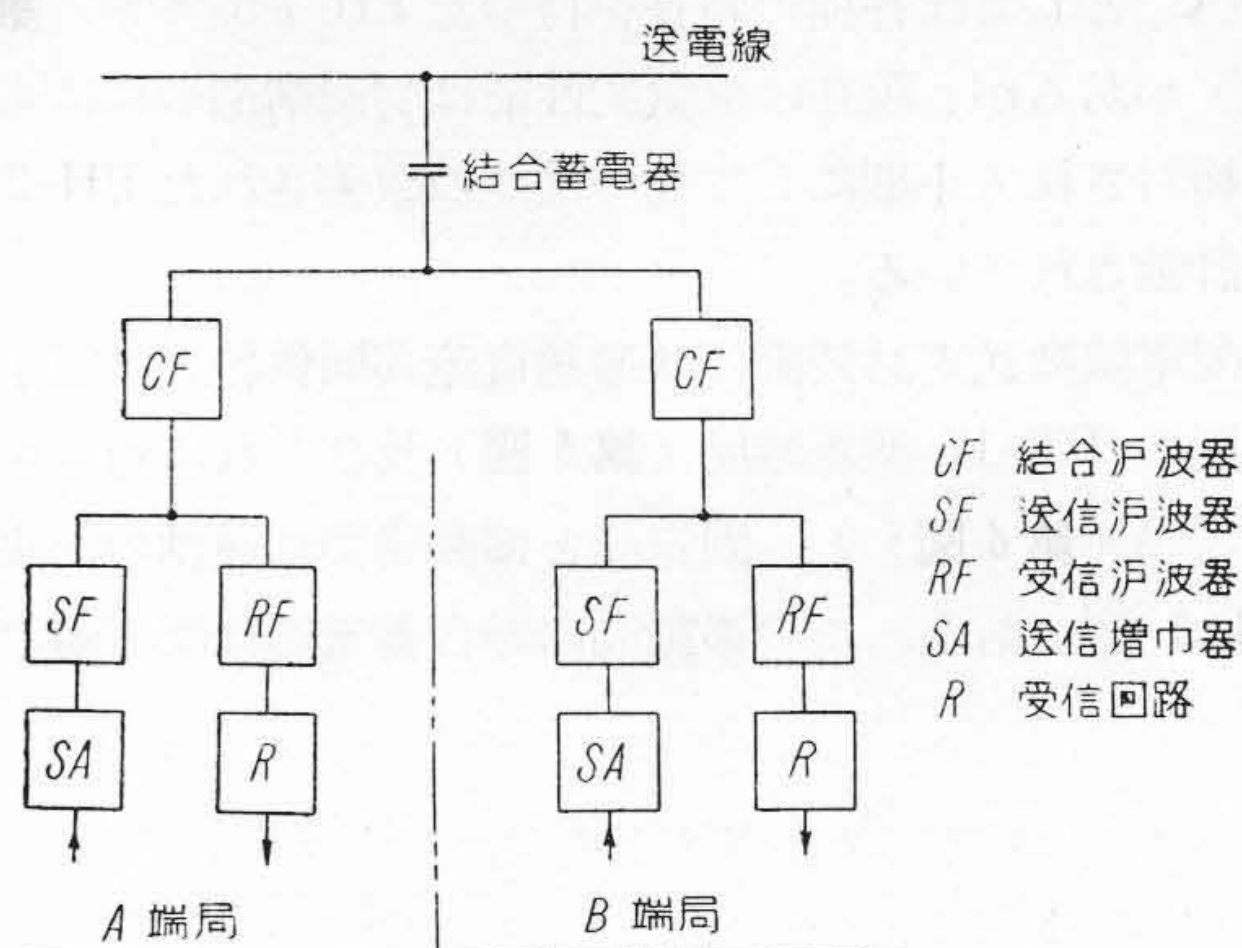
今増幅管の入力格子に e_g なる電圧を加えた場合の陽極電流を級数で表わすと⁽⁴⁾⁽⁵⁾

$$i_p = a_1 e_g + a_2 e_g^2 + a_3 e_g^3 + \dots \quad (1)$$

e_g が単一周波数でなくて(2)式に示されるような二つの周波数である場合には

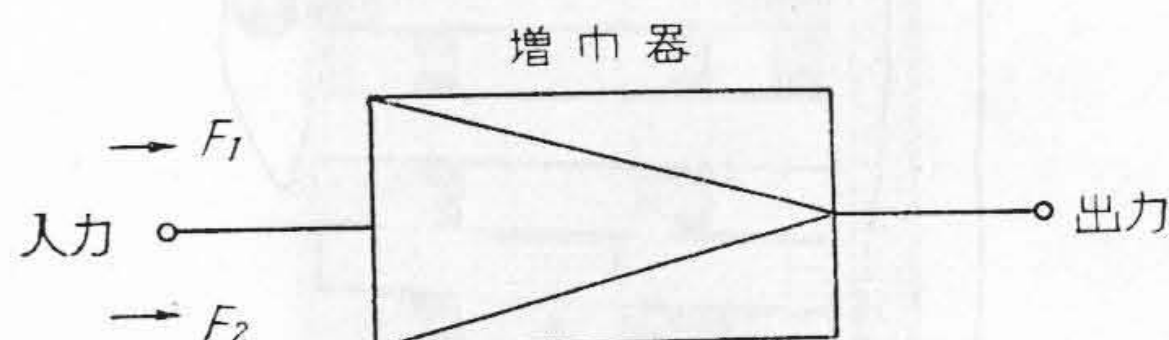
$$e_g = E_{g1} \cos \omega_1 t + E_{g2} \cos \omega_2 t \quad (2)$$

$$e_g^2 = [(2)式]^2 = \frac{E_{g1}^2 + E_{g2}^2}{2} + \frac{E_{g1}^2 \cos 2\omega_1 t + E_{g2}^2 \cos 2\omega_2 t}{2} + E_{g1} E_{g2} \cos(\omega_1 + \omega_2)t + E_{g1} E_{g2} \cos(\omega_1 - \omega_2)t \quad (3)$$



第9図 搬送電話装置並列接続例

Fig. 9. An Example of Parallel Connection of Carrier Terminal Set



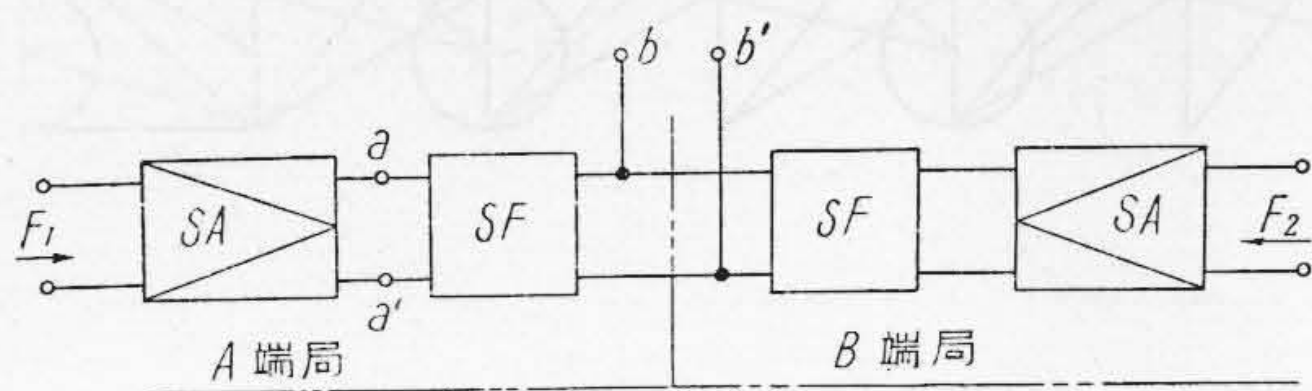
第10図 増幅器

Fig. 10. Block Diagram of Amplifier

$$e_g^3 = [(2)式]^3 = \left(\frac{3}{4} E_{g1}^3 + \frac{3}{2} E_{g1} E_{g2}^2 \right) \cos \omega_1 t + \left(\frac{3}{4} E_{g2}^3 + \frac{3}{2} E_{g1}^2 E_{g2} \right) \cos \omega_2 t + \frac{1}{4} (E_{g1}^3 \cos 3\omega_1 t + E_{g2}^3 \cos 3\omega_2 t) + \frac{3}{4} E_{g1}^2 E_{g2} \{ \cos(2\omega_1 + \omega_2)t + \cos(2\omega_1 - \omega_2)t \} + \frac{3}{4} E_{g1} E_{g2}^2 \{ \cos(\omega_1 + 2\omega_2)t + \cos(\omega_1 - 2\omega_2)t \} \dots \quad (4)$$

(3)(4)に示されるように e_g^2 の項からは基本角周波数 ω_1, ω_2 に対する二倍高調波及び二つの角周波数の和及び差が発生し、 e_g^3 の項からは第三高調波の他に $(2\omega_1 \pm \omega_2)$ 及び $(\omega_1 \pm 2\omega_2)$ の如き全然別箇の周波数が発生し、而もこの中に含まれる ω_1 の大きさは E_{g1} のみでなく E_{g2} にも関係し又 ω_2 の大きさが E_{g1} に関係するようになる。これが即ち混変調現象である。

搬送電話装置を二つ並列に接続して双方から同時に送信した場合に発生する混変調が上記の場合と同様に扱い得るものとするれば前に問題にした $2F_1-F_2$, 及び $2F_2-F_1$ なる周波数は(4)式に示されるように e_g^3 の項から発生するものである。このことを確かめるために第11図(次頁参照)の回路によつて実験を行つた。図に示す



第11図 試 験 回 路

Fig. 11. Experimental Circuit for Cross-Modulation

ようにA端局の送信増幅器陽極出力負荷に並列(a, a'点)に極めて損失の少ない L_0 , C_0 の直列共振回路を挿入して、 C_0 を変化したとき二つの装置の結合点 b , b' に存在する $2F_1 - F_2$ のエネルギーの変化を測定した。この場合 L_0 , C_0 が $2F_1$ に共振したとき b , b' 点に於ける $2F_1 - F_2$ のエネルギーは実用上殆ど問題にならない程度に消滅した。この結果から見ると、 $2F_1 - F_2$ なる周波数はA端局の送信増幅器の内部に於て発生するか或は又それ以前から存在する F_1 の2倍高調波が、送信増幅器の陽極出力回路側から加えられる F_2 の電圧によつて陽極変調される形で発生するものが大部分を占めておると考えられる。

〔V〕 前記の混変調防止対策

混変調の発生機構が前項に述べたように送信増幅器の出力負荷端子に $2F_1$ の電圧が存在しないような方法を用いれば除去出来るものであることが、明らかになったからその対策は自ら決定することであるが次のことを一応考えて見る。

- (イ) 搬送電話装置の使用法或は周波数配置の吟味
- (ロ) (イ)の方法で問題の解が出来ない場合に採るべき方法

搬送電話装置を第9図に示したような結合方法で使用しなければかゝる問題は自然解消することであるが、最初に述べたように送電線を通信線路として極度に利用することの必要性のためにこのような使用方法も亦必要になるのであつて、これは止むを得ないことである。

又結合蓄電器の共用ということも経済的理由にもとづ

くもので、これが技術的に不可能でない限り当然採られるべき一つの方法である。又結合蓄電器を共用するためには結合濾波器構成の面から二つの搬送電話装置は近接した搬送周波数を撰らばざるを得ない。

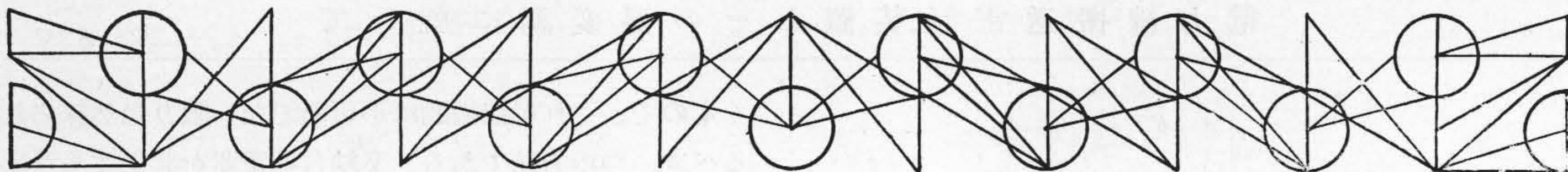
次に搬送周波数の配置を適当に撰定することによつて混変調による発生周波数は何れも通話帯域外に来るようにすることも当然考えられる所であるが、かゝる方法は通話に利用出来ない周波数帯域を設けることを意味するものであるから線路利用上得策とは云いえない。結局(ロ)の方法即ち回路網技術によつてかくの如き混変調の発生を防止し、線路を最も経済的に有効に利用出来る方法を先ず採る必要がある。その方法は種々考えられ、そしてその具体的方法には技術的に興味のある問題を含んでおるものもあるが、如何なる方法を実用すべきかはその装置の重要度、送信出力等を考慮に入れて経済的に最も勝れたものに決定されることになる。具体的方法並びにその結果を示すデータ等に就いては別に稿を更めて述べたいと思う。

〔IV〕 結 言

各種の電力線搬送電話装置を簡単に紹介し、電力線を通信に最大限に利用するために必要を生ずる問題として二つの電力線搬送電話装置が一つの結合蓄電器を共用して並列接続されて並列運転された場合に、それぞれの装置の送信回路の相互干渉によつて発生する混変調現象の発生機構とその防止対策の一端に就いて簡単に述べた。この混変調の問題その他に関しては東北電力株式会社の通信関係の方々から始終御鞭撻をいただいたものでこの機会に深甚なる感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 植田： 電力線搬送技術
- (2) 中谷： 日立評論 34-9 (昭 27-9)
- (3) 中谷： 三学会連合大会講演要旨 (東海地区)
最近の給電力線搬送電話装置に就いて (昭 27-11)
- (4) 関： 電波受信工学 P. 275~283
- (5) 坂本： 増幅回路 P. 175~179



「日立」綴込カバー

特価 1冊 ￥200 (郵送料共)

愛読者各位の多年の要望でありました「日立」綴込カバーが完成致しまして、すでに発売致しております。

表紙は燕脂色の堅牢優美な総レザーで12冊(1箇年分)を金具で綴込むようになっております。

御申込は東京振替口座 71824 番日立評論社宛御申込下さい。

東京都千代田区丸の内1丁目4番地
(新丸ビル7階)

日立評論社

電話(27) 0111(10), 0211(10), 0311(10)
千代田 1111(10), 1211(10), 1311(10)

第15巻

日

立

第6号

- ◎ 日立 ユ ニ ッ ト サ ブ ス テ ー シ ョ ン
- ◎ 日 立 B 型 5 号 深 井 戸 ポ ン プ
- ◎ 日 立 ベ ビ コ ン
- ◎ 日 立 D 型 遠 心 清 浄 機 の 回 転 部 構 造
- ◎ 日 立 ウ イ ン ド ウ 型 エ ア ー コ ン デ シ ョ ナ ー
- ◎ 東 京 電 力 株 式 会 社 納 ト ー ル ダ イ ヤ ル
- ◎ 建 設 庁 納 自 動 交 換 機
- ◎ 500 A 交 流 電 弧 熔 接 機
- ◎ 日 立 製 鋼 用 酸 素 ガ ス 圧 縮 機
- ◎ デ ス ク セ ッ ト 方 式 に よ る 450 kW 複 胴 巻 上 機
- ◎ 穀 物 用 吸 引 式 空 気 輸 送 機
- ◎ 日 立 螢 光 灯 用 電 線
- ◎ 日 立 35 t デ ィ ー ゼ ル 電 気 機 関 車

東京都千代田区丸の内1丁目4番地
(新丸ビル7階) 振替東京 71824

日立評論社

誌代 1冊 ￥60.00 〒8.00
6ヵ月分(6冊) ￥258.00 (送料共)