

搬 送 保 護 継 電 装 置

川 井 晴 雄* 中 谷 信 夫**

The Carrier Protective Relaying System

By Haruo Kawai, Kokubu Branch Works,
and
Nobuo Nakatani, Totsuka Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The carrier protective relaying system which may be said the superb amalgamation of electric power and communication techniques constitutes one of the most dexterous methods for the protection of transmission lines.

There are two systems of them. One is direct direction comparison system which compares directly the current-phase of both terminals on the occasion of fault and the other is indirect direction comparison system which compares the current phase through the contacts of protective relay only when it functions.

In this article, the latter, being most popular now, is dealt with giving some examples of Hitachi's Carrier Protective Relaying Sets.

Hitachi, Ltd. manufactures two types of the carrier set, i.e., Type CSR for normal sending and Type CTB which sends carrier wave on the occasions of fault only. Both of them belong to the indirect comparison system. Moreover the distance carrier protective relaying set which is the combination of the distance relay and carrier set can be supplied by the Company.

The fault selecting time of the carrier protective relaying set is about 25—30 ms and to ensure the faultless performance the following precautions have been incorporated.

1. Shortening of the operating time of the protective relay.
2. Quick signal sending on the occurrence of faults.
3. Limiting of the time constant of the carrier set within 3 ms.

〔I〕 緒 言

電力系統に対する通信技術の応用は、搬送電話の普及と相俟つて最近に於ては遠隔測定及び遠方監視制御の発達となり、発電所の起動停止、機器の状態監視を随時に遅滞なく行い、電力の需給調整を合理的ならしむる傾向にあるが、これと同時に送電線に発生する事故の確実な高速除去は電源確保の見地からも極めて重要なことで

ある。而してこれを達成するためには高速度遮断器と共に故障選択が確実で且つ高速度の保護継電方式が必要であるが、電力線に重畳した搬送電流により保護区間各端の継電器を協同動作せしむる搬送保護継電方式がこの要求に最も適切であることは、広く識者の認むる処である。

本方式は電力技術と通信技術が渾然一体となつた最も顕著な一例であつて、従来の保護継電方式の達成し得なかつた故障点の位置に左右されない各端遮断器の同時高速遮断を行い得る唯一の方式である。

* 日立製作所日立国分分工場

** 日立製作所戸塚工場

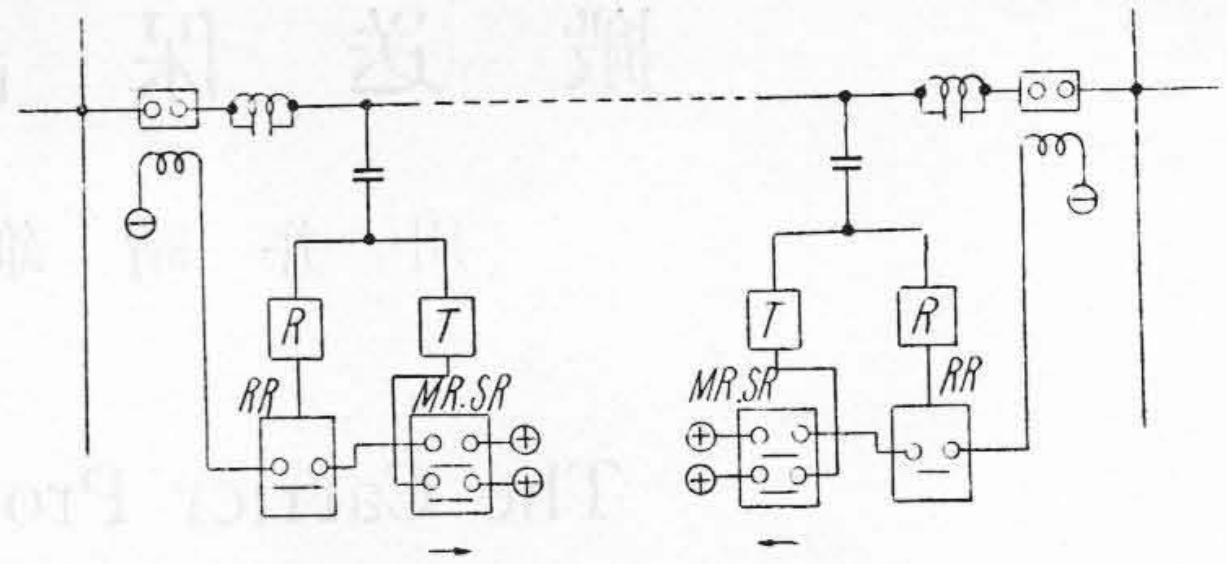
〔II〕 搬送保護継電方式の種類と特色

搬送保護継電方式は、送電線の保護区間各端の状況を送電線自体を伝送路とする搬送波により連絡関係づけることにより、送電線に故障が発生した場合この故障が保護区間内の故障か否かを判定せしめ、故障区間各端電気所の遮断器を同時に遮断せしめる方式である。従来の保護継電方式は保護区間各端に設置された継電器が各独立に故障の選択を行つたのに対し本方式では搬送波を使用して故障選択の確実性を飛躍的に増大し、区間各端遮断器の同時遮断を可能ならしめたものである。

故障時の保護区間各端の状況を比較するのに、宛も電流差動方式の如く、電流の位相を搬送波信号により直接比較する方法と、各端に配置された方向性を持つた継電器の接点を介して、搬送波信号により間接に比較する方法とがある。前者を直接方向比較方式、後者を間接方向比較方式と呼ぶ。直接方向比較方式は電流位相比較方式ともいわれ、搬送保護継電方式の濫觴をなすものであるが、米国に於ても近年に到る迄殆ど用いられなかつた。

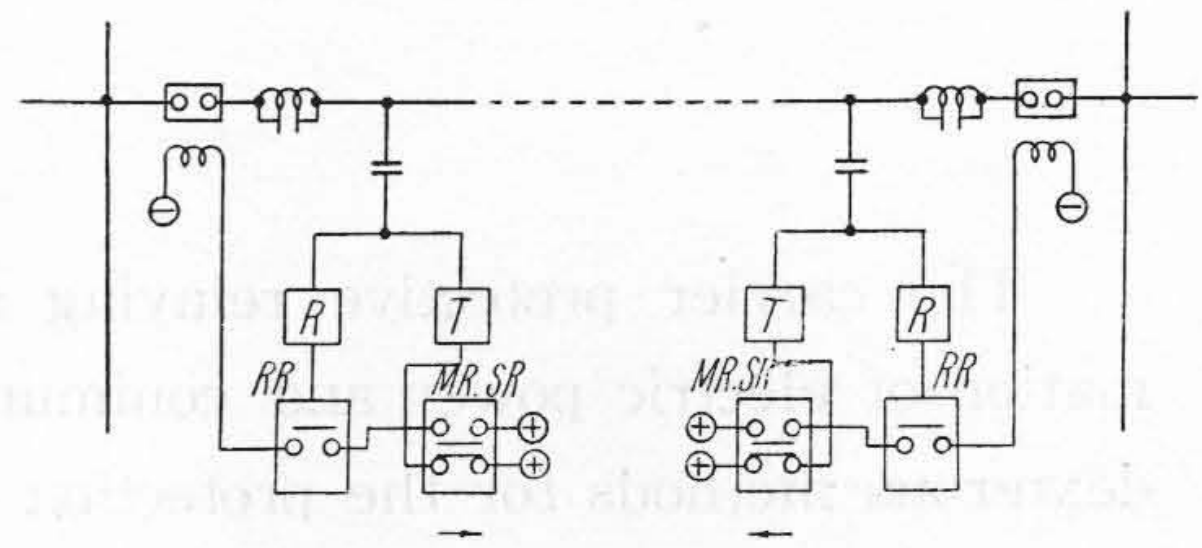
その理由は主として真空管の特性の良いものが得られなかつたためと、回路上に欠陥があつたためである。然るに 1940 年頃より本方式の再検討が行われ、回路構成の改善が行われる一方、真空管も特性の良いものが得られるようになったので、現在では米国に於て広く用いられる傾向にある。但し本質的に長距離送電線や分岐のある線路に対しては適用が困難であつて、100 km 程度以下の比較的単純な線路に用いられる。本方式は電流の位相比較であるから高压側の電圧変成器を必要としない点有利であるが、一般に後備保護継電器には電力型継電器を使用するのが保護を万全ならしむるためには望ましいことであり、この場合電圧変成器がないのは具合が悪い。従つて装置の信頼度が極めて高く、後備保護を殆ど必要としないものでなければならない。この点で実際適用する場合には系統の重要度と睨み合わせて一考を要するものである。

間接方向比較方式は各端の電力方向継電器（方向性距離継電器を含む）の動作を搬送波により連絡する方式であるから、信号の送受さえ確実ならば、原理的にいつて故障の選択が確実に行える。又送電線の亘長が長い時は搬送波の出力を上げて S/N を所望の値に保てば宜しく、本質的に系統の構成に左右されない普遍的な方式ということが出来る。現在、搬送保護継電方式といえは殆ど大半が間接方向比較方式で、最も広く普及しているものである。次に間接方向比較方式にも多くの種類があるが、その中で代表的なものは常時送出釈放式、故障時送出釈放式及びこれ等の変形方式である。前者に於ては搬送波



第1図 常時送出釈放式原理説明図

Fig. 1. Principle of Blocking System Applied in Normally Carrier Signal Sending



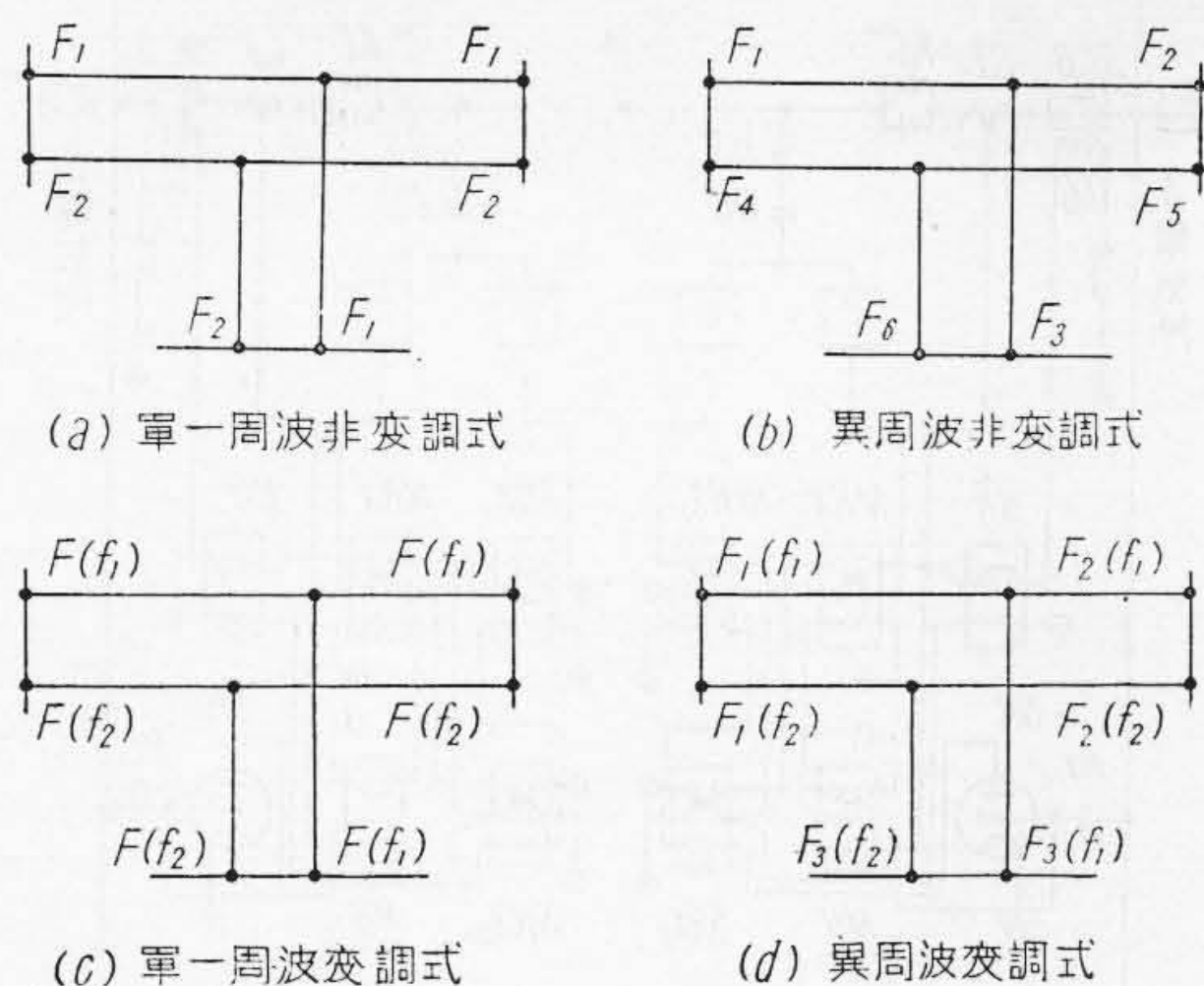
第2図 故障時送出釈放式原理説明図

Fig. 2. Principle of Blocking System for Sending Carrier Signal when Fault Occurs

は常に保護区間各端より発信され、各端の遮断器の引外回路を鎖錠しているが、線路に故障が発生すると故障区間各端の主保護継電器の動作によりその区間の搬送波を止め、各端遮断器の鎖錠を解いて遮断する。又後者に於ては、搬送波は常時は送電線に送出されず各端遮断器の引外回路は鎖錠状態にあるが、線路に故障が発生すると故障区間各端の主保護継電器は動作して搬送波を発信し、各端遮断器の鎖錠を解いて遮断する。第1図及び第2図に上記二方式の動作原理を示す。この二方式の得失を比較検討してみると、選択遮断の確実な点、搬送装置に対する特別の点検回路を必要としない点で、前者の方が優れていることが判る。

〔III〕 搬送路のとり方と雑音妨害波

搬送保護継電方式に使用する通信路の数は一保護区間内の一回線につき一種類とする場合（単一周波式と称す）と、各端子毎に異ならしむる場合（異周波式と称す）とある。即ち前者は第3図(c)、後者は(b)の如き配置となるが、変調方式による場合は同図(c)及び(d)のようになつて、いづれも非変調の場合に比べて搬送波の数が半分ですむ。元来、変調方式は搬送周波数の節減を主目的としたものであるが、現在の技術を以てすれば、水晶濾波器による狭帯域受信が可能であるから、たとえ異周波式の場合でも各チャンネル間の周波数差を 400 $\sim$ （実際には 170 $\sim$ 迄可能）にすれば、混信のおそれはな



第3図 周波数配置図

Fig. 3. Frequency Arrangement

い。従つて変調方式は原則として使用されないが、搬送路をテレメータその他の用途に共用する場合には変調方式を採用することがある。因に水晶濾波器の通過帯域は200 $\sim$ で、1kc 離調の処で80db 以上の減衰を与えるものである。⁽¹⁾

次に電力線搬送装置（搬送電話、遠隔測定装置、遠方監視制御装置、搬送保護継電装置等）に使用する搬送周波数は、日本に於ては次の如く定められている。

- A型 65kc より 10kc 間隔 295kc 迄
- 24 チャンネル 両側波帯送出式
- B型 50kc より 10kc 間隔 300kc 迄
- 26 チャンネル 両側波帯送出式
- A L型 A型と同様で下側波帯送出式
- A U型 A型と同様で上側波帯送出式
- B L型 B型と同様で下側波帯送出式
- B U型 B型と同様で上側波帯送出式

上記の中、50 $\sim$ 205kc は搬送電話に使用し、210 $\sim$ 300kc を電話以外の用途に充てることに大体の方針が定められている。尙最近電波法の成立に伴い、使用周波帯を300kc 以上450kc 迄拡張されることになっている。

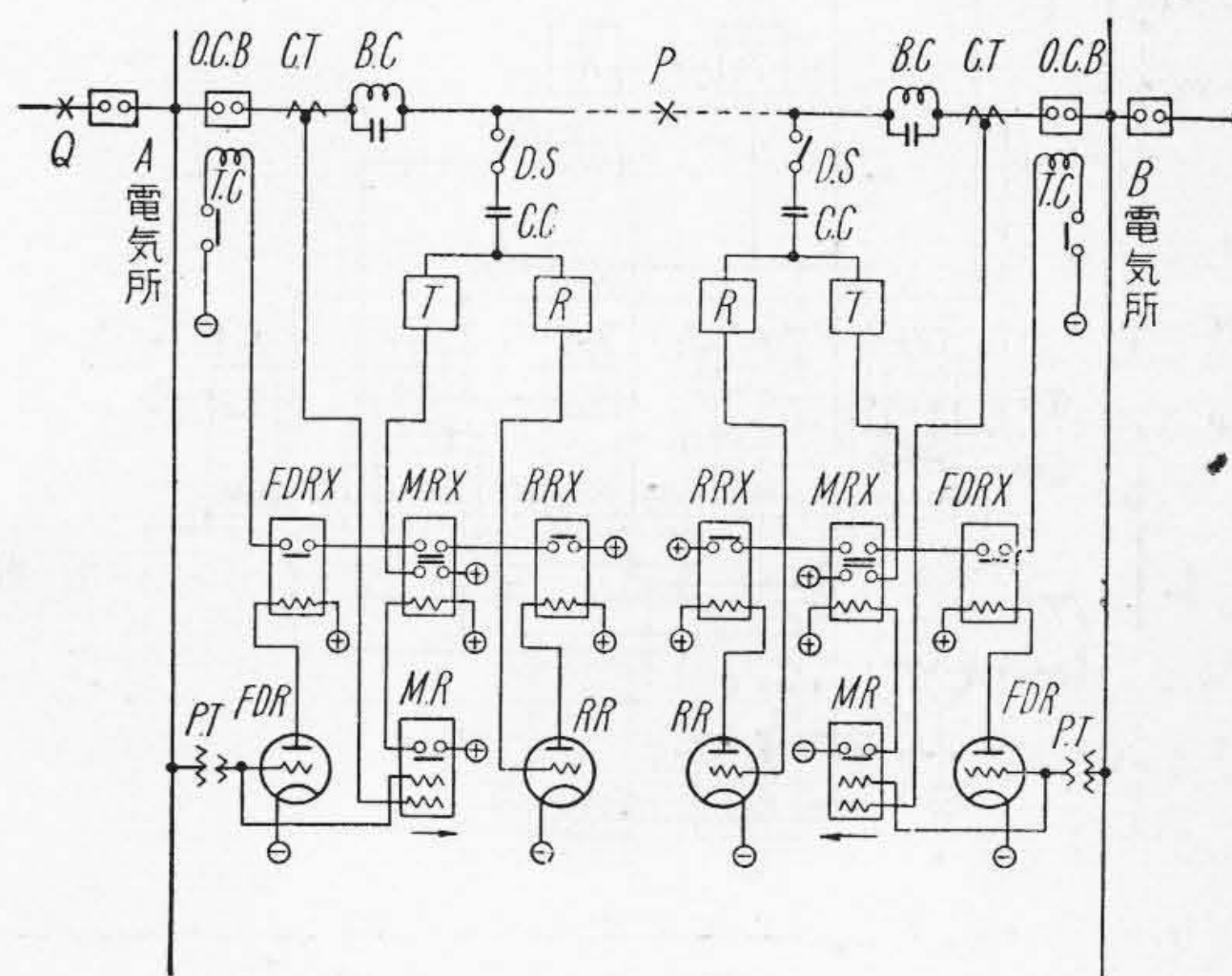
線路の伝送損失は一線大地帰線回路で大体0.1db/km 程度であるが、接地事故時の伝送損失の増加が0.15db/km 程度あることに注意せねばならない。又遮断器や断路器の開閉サージによる一時的な高周波雑音や、コロナによる連続的妨害雑音或は又故障時の電弧による雑音等が搬送波の伝達に悪影響を及ぼす。これ等の雑音妨害波の中で最も問題となるのは故障時の電弧によるものであつて、搬送周波帯に現われるこの種雑音の強度は+30db (尖頭値50db) にも及ぶが、一般に継続時間が短い(20ms 程度) ので常時送出積放式に対しては遮断時間が若干延びる方向に作用するに止るが、故障時送出積放式の場合は誤遮断を招来する危険がある。

〔IV〕 日立搬送保護継電装置

日立製作所では数次に亘る大規模な人工故障試験により得られた貴重な経験を基として装置に幾多の改良を施し、常時送出積放式(CSR型)と故障時送出阻止積放式(CTB型)を標準方式と定め、需要に応じている。

(1) CSR型間接方向比較常時送出積放式搬送保護継電装置

第4図に於て受信継電器(RR)は相手端より常時発信されている搬送波により接点を開いているが、故障が発生すると故障回線の両端の主保護継電器(MR)は動作して発信を停止するので、各端のRRは接点を閉成し、故障検出継電器(FDR, FDRX)と主保護継電器(MR, MRX)及び受信継電器(RR, RRX)の接点が直列になつて同時遮断を行う。故障が保護区間内の他回線又は保護区間外にある時は、その回線の中少なくとも一端に於て電流が外部に流出するのでその端のMRは動作せず、従つて搬送波を送出し続けて相手端のRRは励磁状態に保たれ、各端共遮断は阻止される。搬送装置の故障その他により伝送状態が不良になつた場合は、RR回路の補助継電器の接点の閉成とFDRの不動作の条件により本装置を自動的に鎖錠し、後備保護継電器に保護を委せるようになっているので、誤遮断を招来する懸念は全くない。



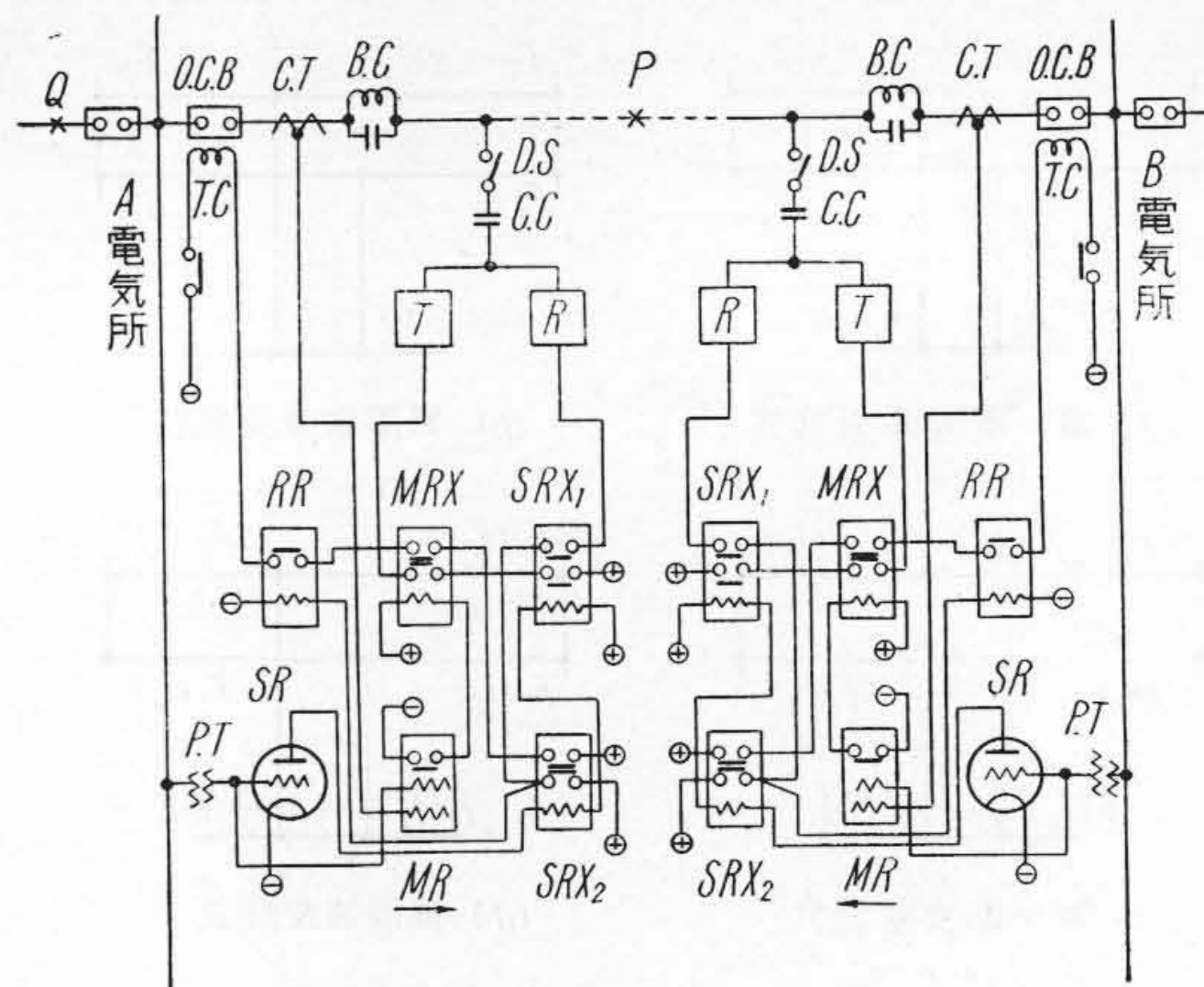
記 号	名 称
F D R	故障検出継電器
F D R X	同上用補助継電器
M R	主保護継電器
M R X	同上用補助継電器
R R	受信継電器 (真空管)
R R X	同上用補助継電器

第4図 CSR型搬送保護継電装置動作説明図

Fig. 4. Schematic Diagram for Type CSR Carrier Current Protective Relaying Set

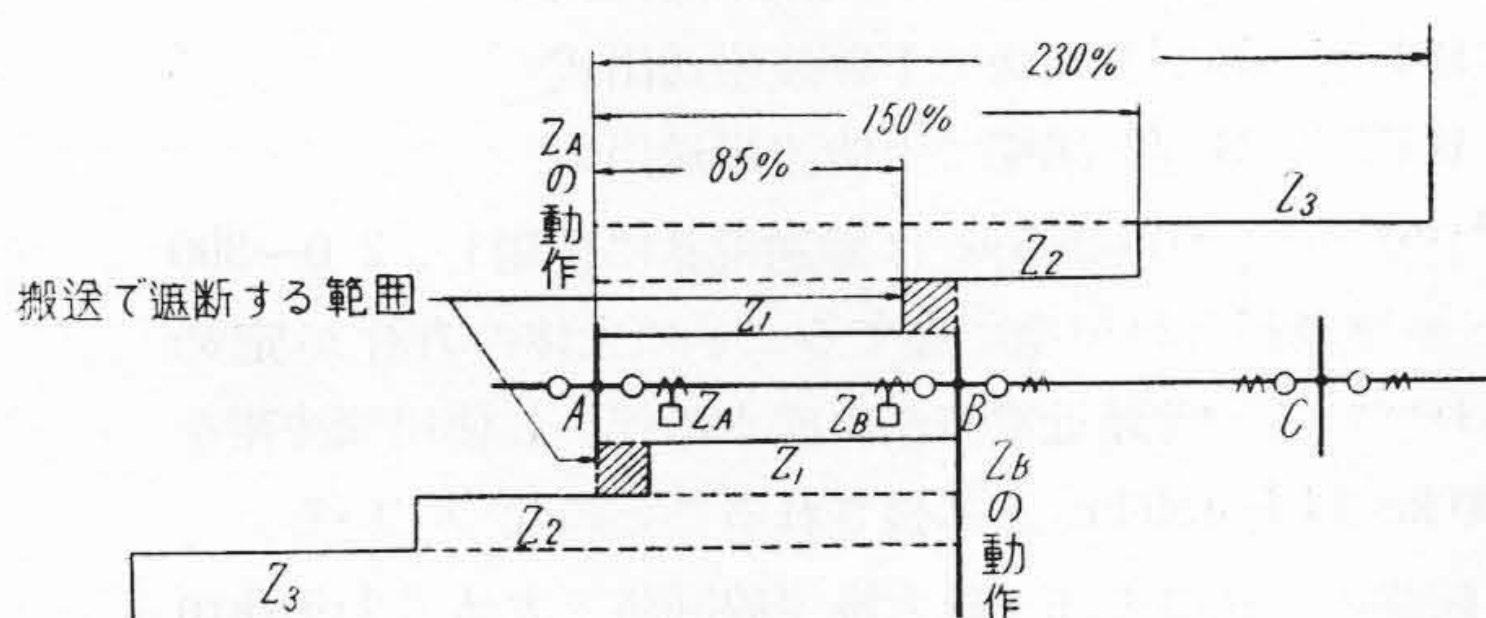
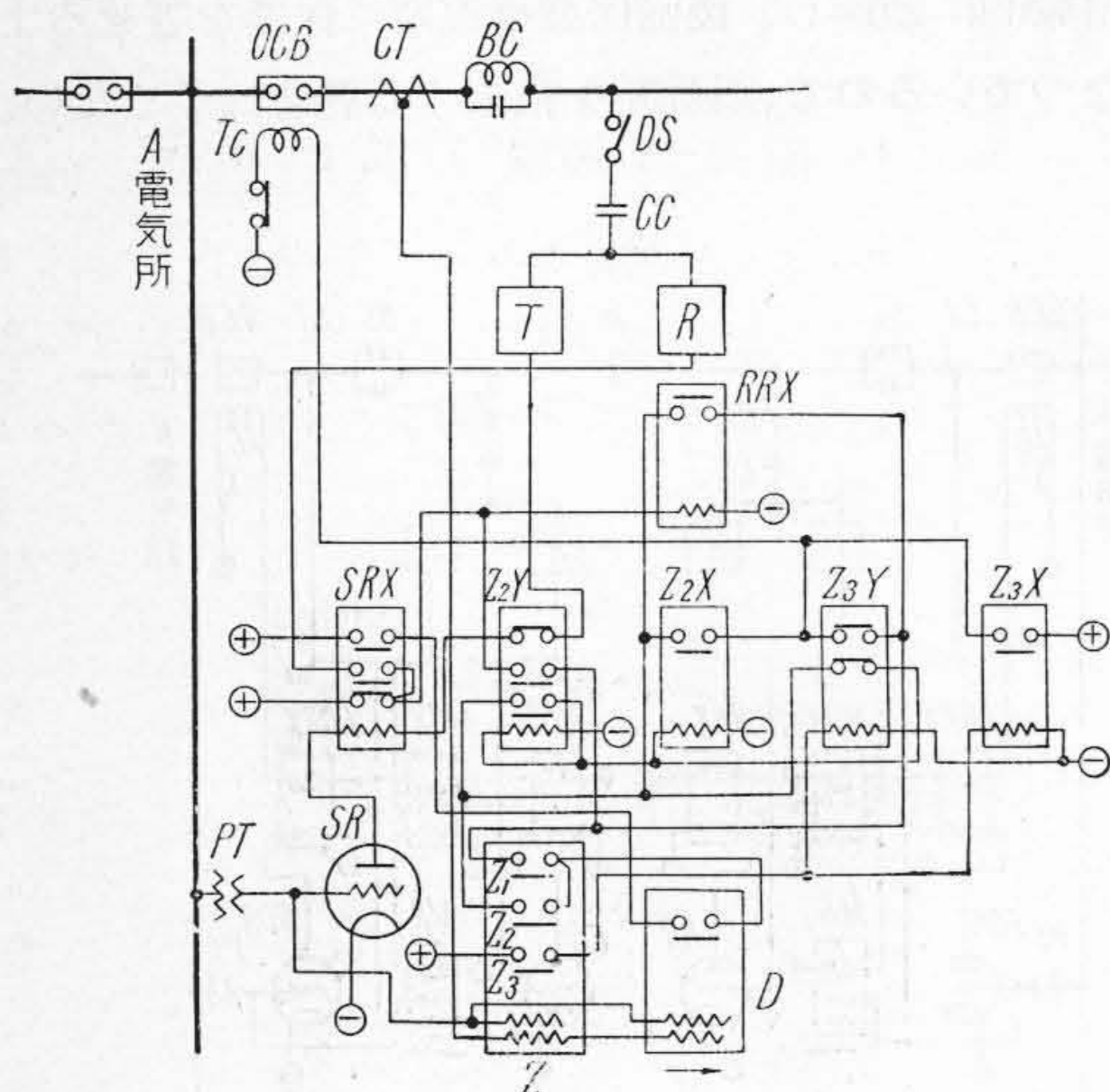
(2) CTB 型間接方向比較故障時送出阻止積放式 搬送保護継電装置

この方式は常時送出積放式の変形方式であつて、送電線に故障が発生した時のみ搬送波を送出する。従つて故障発生時に搬送装置を確実に動作させるために、時々送受信動作を行わせて試験してみることが必要であつて、このために定時開閉器による自動点検装置を備えている。自動点検を頻繁に行う程方式の信頼度が向上するのは当然であつて、連続的にこれを行えば常時送出積放式と同様になる。第5図に於て線路に故障が発生すると各端の起動継電器 (SR) が動作する。SR は故障検出継電器 (FDR) と同様のものであるが、この場合は故障検出と同時に送信機の起動を行う。即ち SR により送信機は起動され線路に搬送波を送出すると共に、故障検出補助継電器 (SRX) により受信継電器 (RR) の励磁を蓄電池より受信整流電圧の方へ切換える。一方、MR は電流の方向が保護区間の内部に向う時は、瞬時に動作してその常時開路接点を閉じる。故障が保護区間の内部に存在する時は、その区間の故障回線のすべての RR は励磁を断たれて復帰し、SR, MR, RR の接点が直列になつて遮断器引外回路を閉成し遮断が行われる。故障が保護区間内



記 号	名 称
M R	主保護継電器
MR X	同上用補助継電器
S R	故障検出継電器
SR X	同上用補助継電器
R R	受信継電器

第5図 CTB 型搬送保護継電装置動作説明図
Fig. 5. Schematic Diagram for Type CTB Carrier Current Protective Relaying Set



記 号	名 称	用 途
Z	高速度インピーダンス継電器	故障点測定
D	高速度電力方向継電器	故障電流方向判定
SR	故障検出継電器	故障検出、送信機起動
SR X	同上用補助継電器	
Z ₂ Y	Z ₂ 用補助継電器	後備保護
Z ₂ X	Z ₂ 用限時動作継電器	電力動揺誤動作防止
Z ₃ Y	Z ₃ 用限時動作継電器	後備保護
Z ₃ X	Z ₃ 用限時動作継電器	
RR X	受信補助継電器	

第6図 距離搬送保護継電装置 (CTB 型) 動作説明図

Fig. 6. Schematic Diagram for Type CTB Carrier Current Protective Relaying Set with Distance Relay

の他回線又は保護区間外に存在する時は、その回線の中少なくとも一端に於て電流が外部に流出するので、その端の MR は動作せず従つて搬送波を送出し続けて各端の RR は励磁状態に保たれ、遮断は阻止される。

(3) 両方式の適用基準

以上の両方式の適用基準を厳密に規定することは、もとより妥当でないが、系統の構成、区間亘長等より考えて CSR 型は亘長 100 km 程度以下の分岐のない送電線に、又 CTB 型は 100 km 程度以上の場合及び背後電力を持つた分岐線を有する送電線に適用するのを原則とする。尚、各方式の特長を活用するためには、CSR 型に対しては異周波式を、CTB 型に対しては単一周波式を用いる。又搬送出力は前者は 37 db (5 W)、後者は 40 db (10 W) 以上としている。

(4) 日立距離搬送保護継電装置

この方式は距離継電器のすぐれた選択性に搬送方式を併用してその保護能力を補足したもので、現在最も進歩した保護継電方式と認められているものである。第 6 図に本方式の原理を示す。インピーダンス継電器（一般的には距離継電器）の距離測定要素は Z_1, Z_2, Z_3 の 3 段より成り、保護区間の両端より測つて区間長の 15% 程度の部分を除き、それより内部の故障に対してはインピーダンス継電器の第 1 段要素 (Z_1) により搬送に無関係に両端の遮断器を高速に同時遮断（引外線輪励磁開始迄 25 ms 以下）する。次に Z_1 の不動作範囲即ち区間両端より 15% の範囲の故障に対しては、第 2 段要素 (Z_2) の動作により搬送波の送信を止め、相手端の受信継電器 (RRX) が接点を閉成して遮断器を引外す。この場合、故障点に近い方の端子では Z_2 と共に Z_1 も動作するので、 Z_1 により遮断が行われることになる。即ち遠方端のみ Z_2 と搬送の組合せで動作するのである。尚、 Z_2 及び Z_3 には限時継電器を組合せて後備保護に充てる。又 Z_3 は電力動揺時の誤動作防止用としても使用される。本方式は

- (a) 後備保護用として別箇に継電器をおく必要がないこと。
- (b) 一回線系統に対して、搬送装置故障の場合も高速動作が可能であること。
- (c) 電力動揺時に誤動作するおそれがないこと。

等の特長を持つているが、他方

- (a) 多端子系統に適用困難なこと。
- (b) 確実な距離整定を望む場合には、変成器類の過渡特性を十分吟味する必要があること。

等の欠点もある。

(5) 保護継電用搬送装置の特異点

搬送保護方式に使用する搬送装置は、搬送電話や遠隔測定装置等と異なり、電力供給の死命を制するものだけ

にその重要性は大きい。従つて搬送装置の故障は可及的速かに排除しなければならない。尤も継電方式の上から万一搬送装置が故障になつても誤遮断を招来することのないよう考慮されてはいるが、故障時送出式の場合は装置の自動点検は間歇的に行われるから、その間に発生した故障は次の点検が行われる迄そのまま放置されることになり危険である。このため動作の安定性と故障時の対策が他の通信機に比し一段と厳密に考慮されねばならない。即ち各種の部品は他の通信機以上に安全率をとつたものが使用される。真空管は現在最も長寿命を保証されている CZ-501 D, 504 D 等の通信管を使用している。

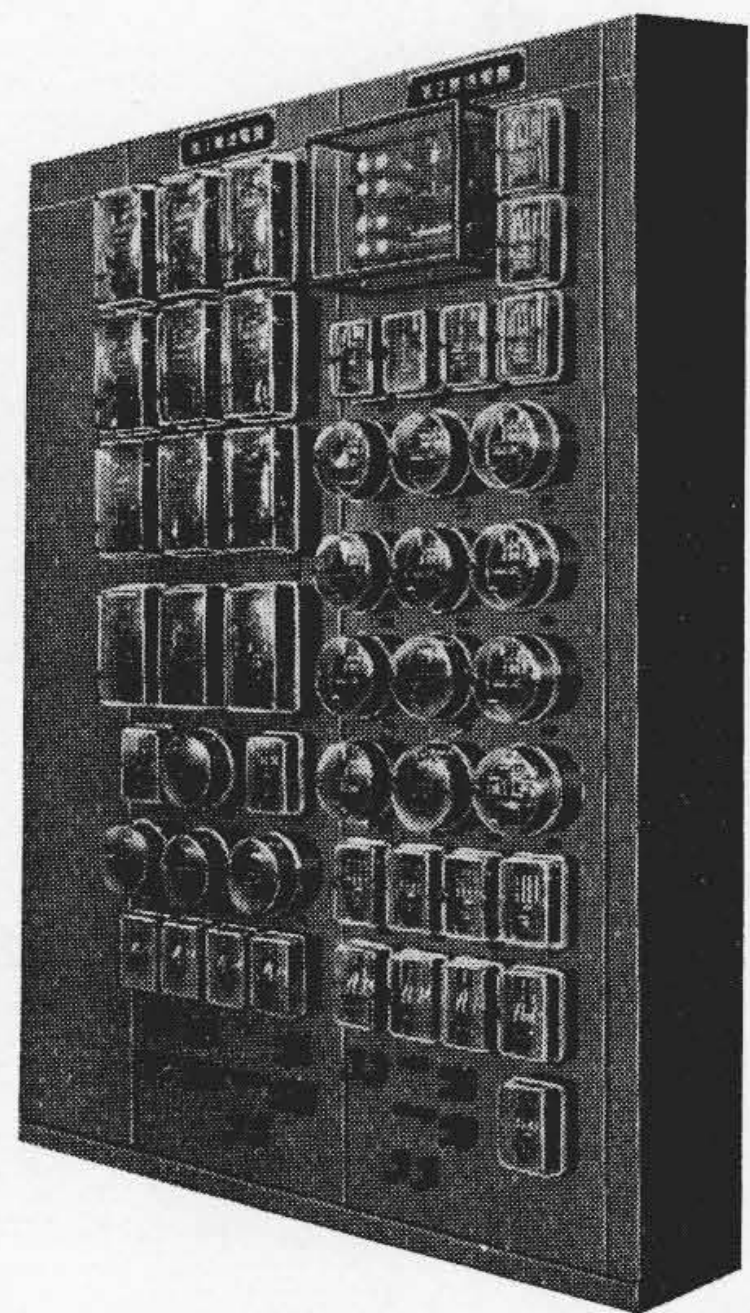
次に搬送保護継電装置は 20~40 ms 程度の高速度動作を必要とするから、搬送装置自体に対しても特に下記の点を考慮し製作されている。

- (a) 装置の時定数を極力小さくすること。
- (b) 発信制御を迅速に行うこと

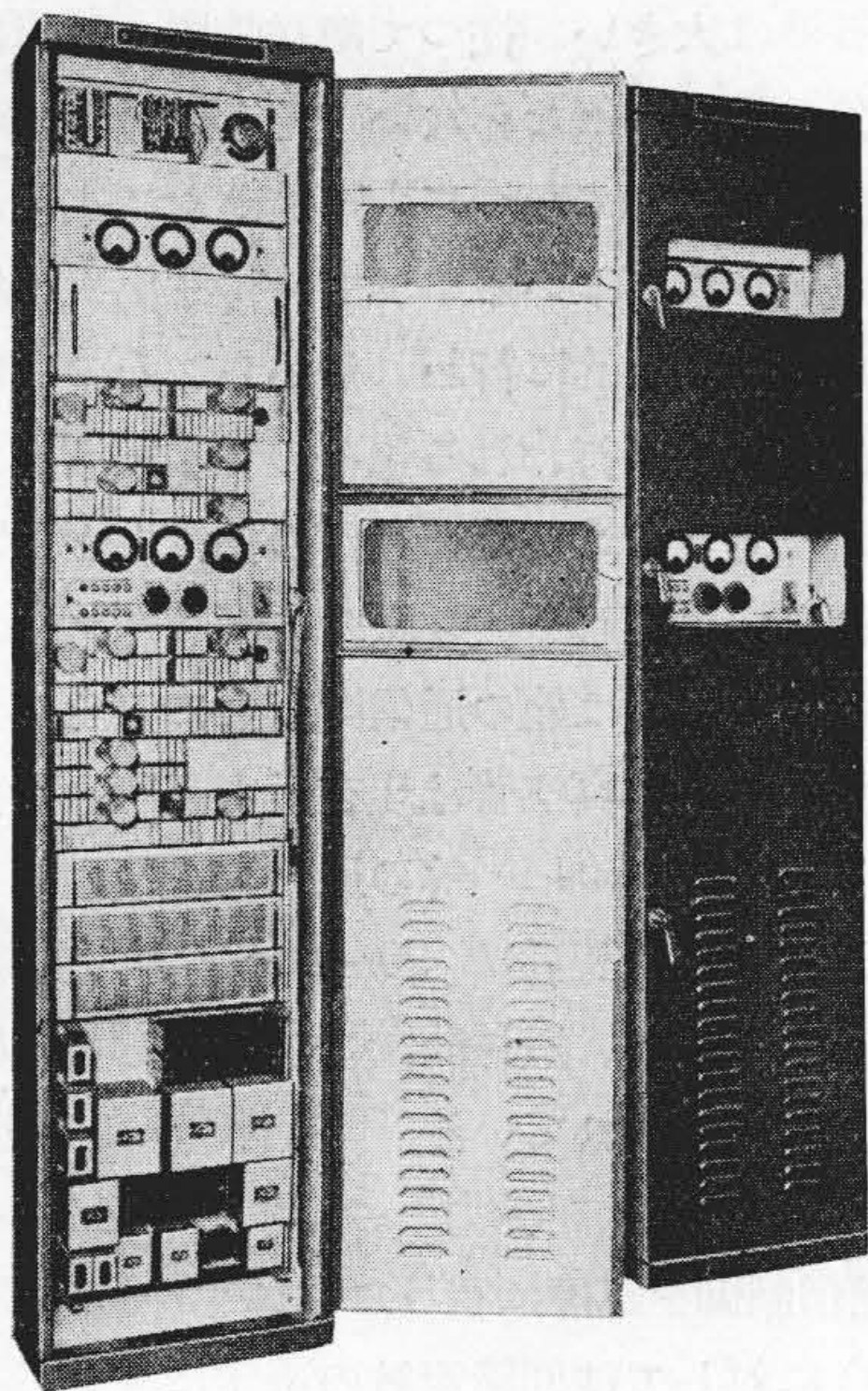
即ち (a) に対しては回路定数の選定に注意し、時定数を 3~5 ms 程度におさえている。又 (b) に対しては故障検出をサイラトロンを利用した電圧降下率継電装置により行いサイラトロンの電流をそのまま発振増幅管に流してキーイングを行い、故障発生後 4~6 ms で発信せしめている。

〔V〕 搬送保護継電装置の実例

日本に於て現在搬送保護継電装置が設備されているのは数箇所過ぎないが、この中二箇所は日立製作所の製品である。いづれも高度の技術的所産であるが、次にその概要を記して御参考に供する。



第 7 図 搬送保護継電装置用継電器盤
Fig. 7. Relay Boards for Carrier Current Protective Relaying Set



第8図 CP-1 型搬送装置

Fig. 8. Type CP-1 Carrier Set

(1) 日本国有鉄道納 CSR 型搬送保護継電装置⁽²⁾⁽³⁾

小千谷・千手両発電所間 154 kV 並行二回線(亘長 19.5 km) 用で、昭和 26 年 8 月より運転している。(第 7 図、第 8 図参照)

(A) 仕様

(a) 方式 間接方向比較常時送出積放式
非変調異周波式

(b) 発信 水晶制御発振方式
受信 スーパーヘテロダイン方式

(c) 送信周波数 1号線 千手側 205.8 kc
小千谷側 215.8 kc
2号線 千手側 206.2 kc
小千谷側 216.2 kc

(d) 使用継電器

短絡保護用 誘導環型電圧抑制付高速度電力方向
継電器 (型 KRV, 式 QW)

地絡保護用 誘導環型瞬時動作接地方向継電器
(型 KG, 式 QC)

B) 性能

(a) 送信出力 5 W

(b) 許容線路損失 25 db

(c) レベルダイヤグラム (第 9 図参照)

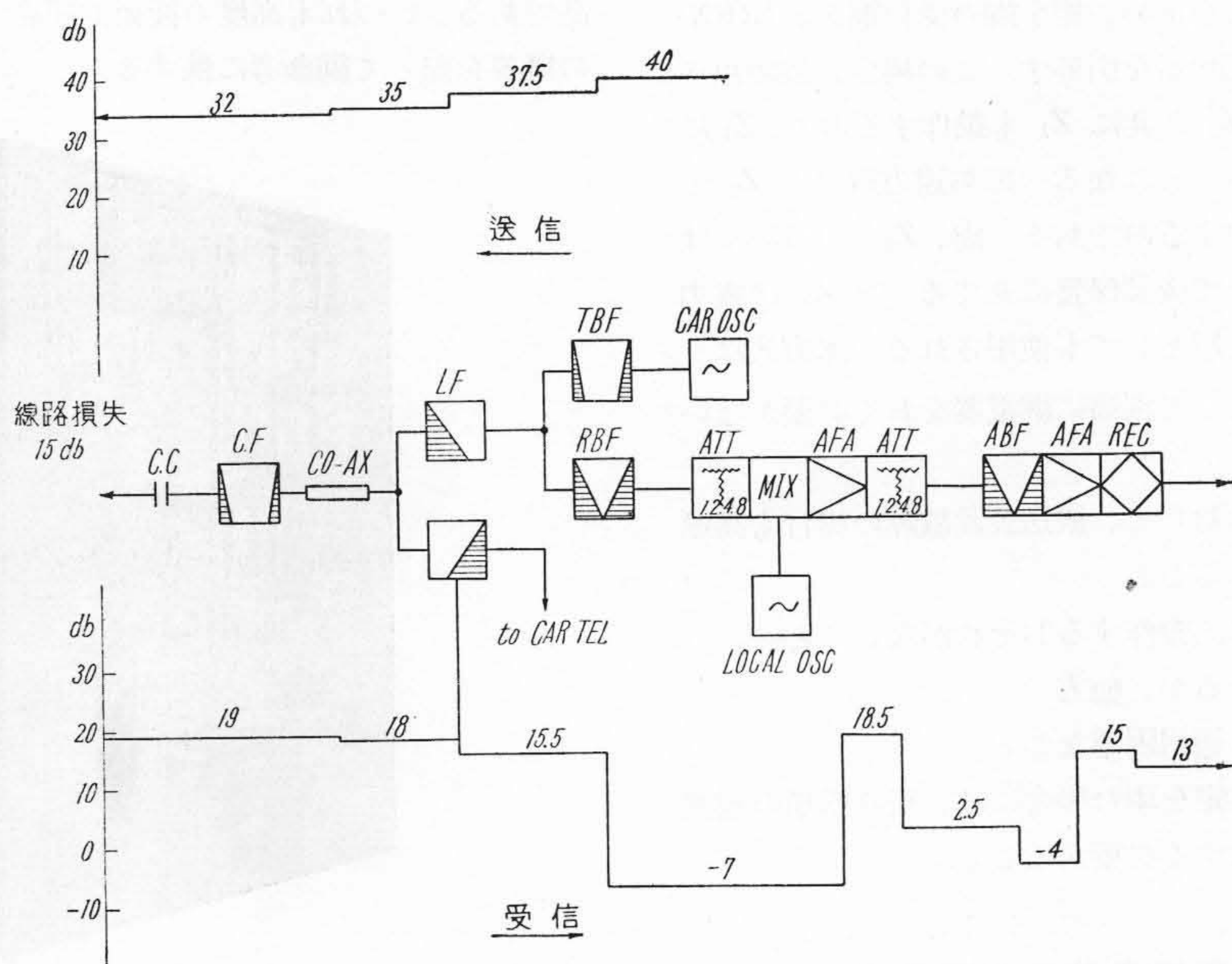
(d) 動作時間 30 ms

(e) 装置の時定数 3 ms 以下

因に本装置は日本に於ける最初の製品である。

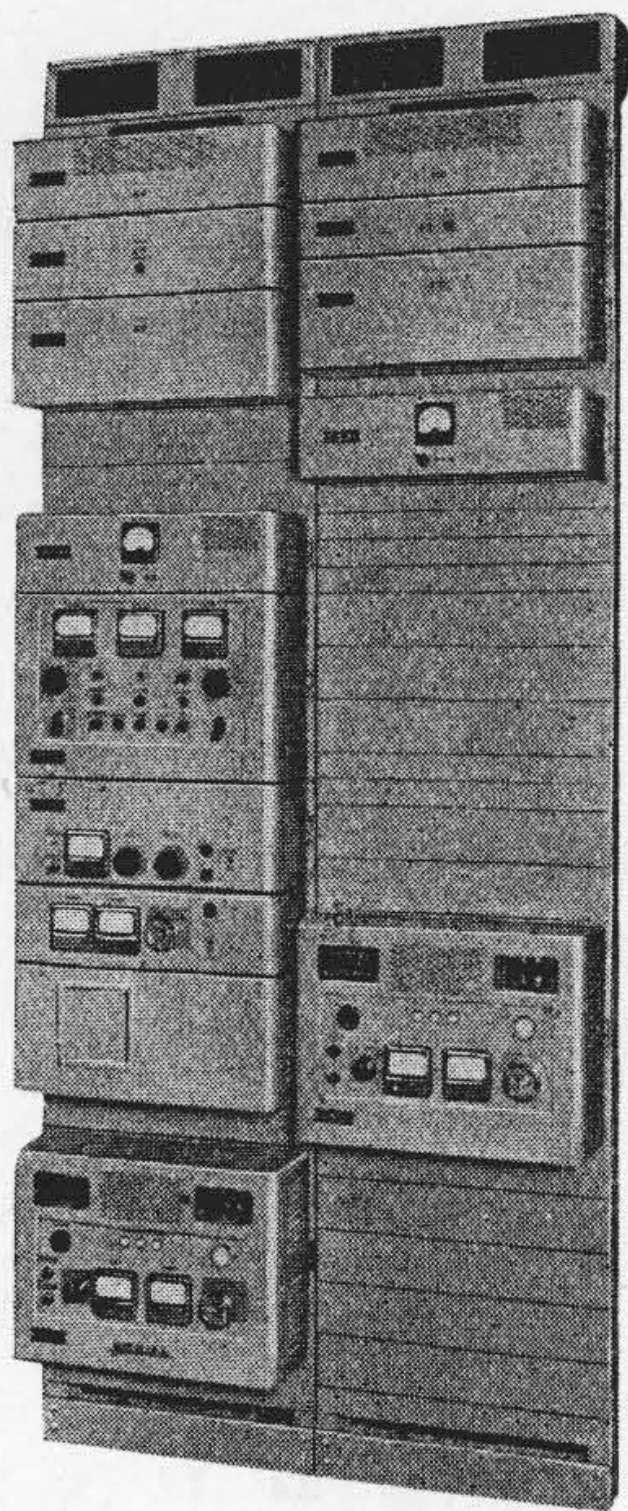
(2) 関西電力株式会社納 CBT 型距離搬送保護継電装置

成発電所、新愛本変電所を結ぶ 275 kV 直接接地式



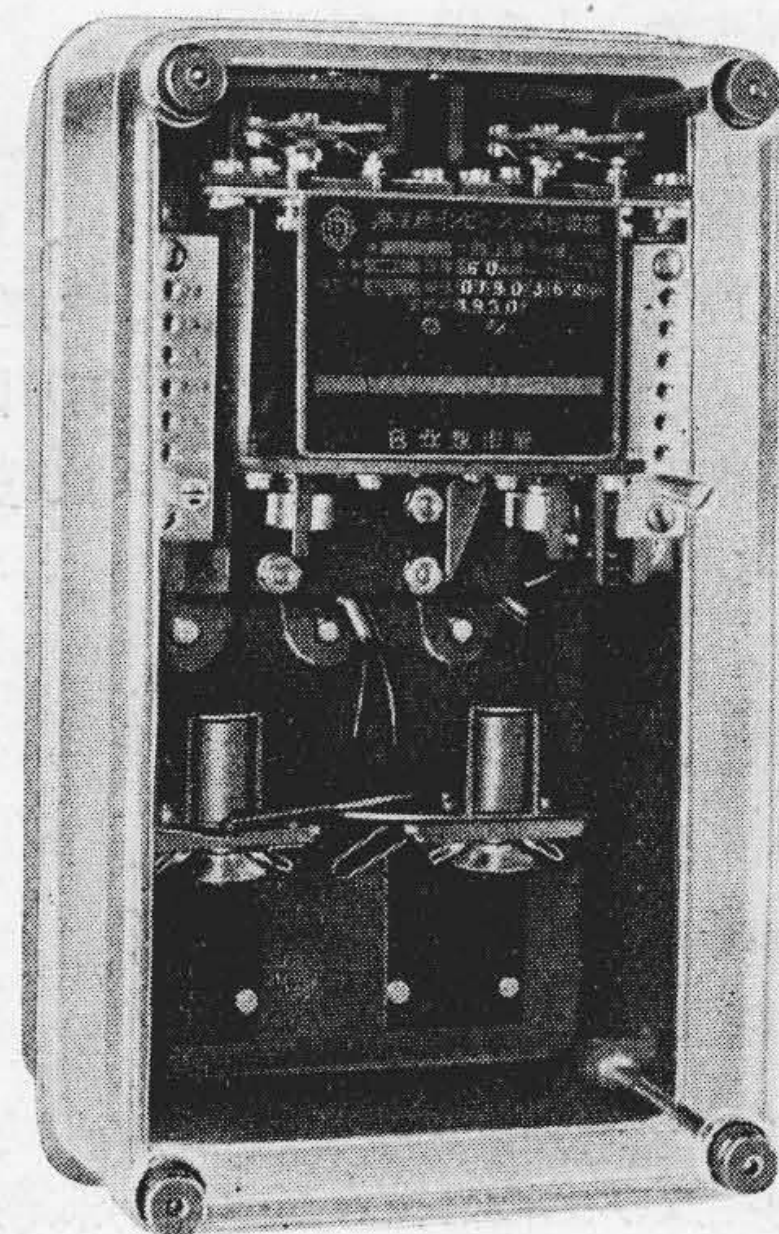
第9図 CP-1 型搬送装置のレベルダイヤグラム

Fig. 9. Level Diagram of Type CP-1 Carrier Set



第10図 PK-2 型 搬 送 装 置
Fig. 10. Type PK-2 Carrier Set

一回線(将来二回線) 互長 90.84 km 用であつて、昭和28年5月納入した。第10図は搬送装置の外観である。因に搬送装置は二回線用の構造であるが、実装は一回線分及び予備機のみである。

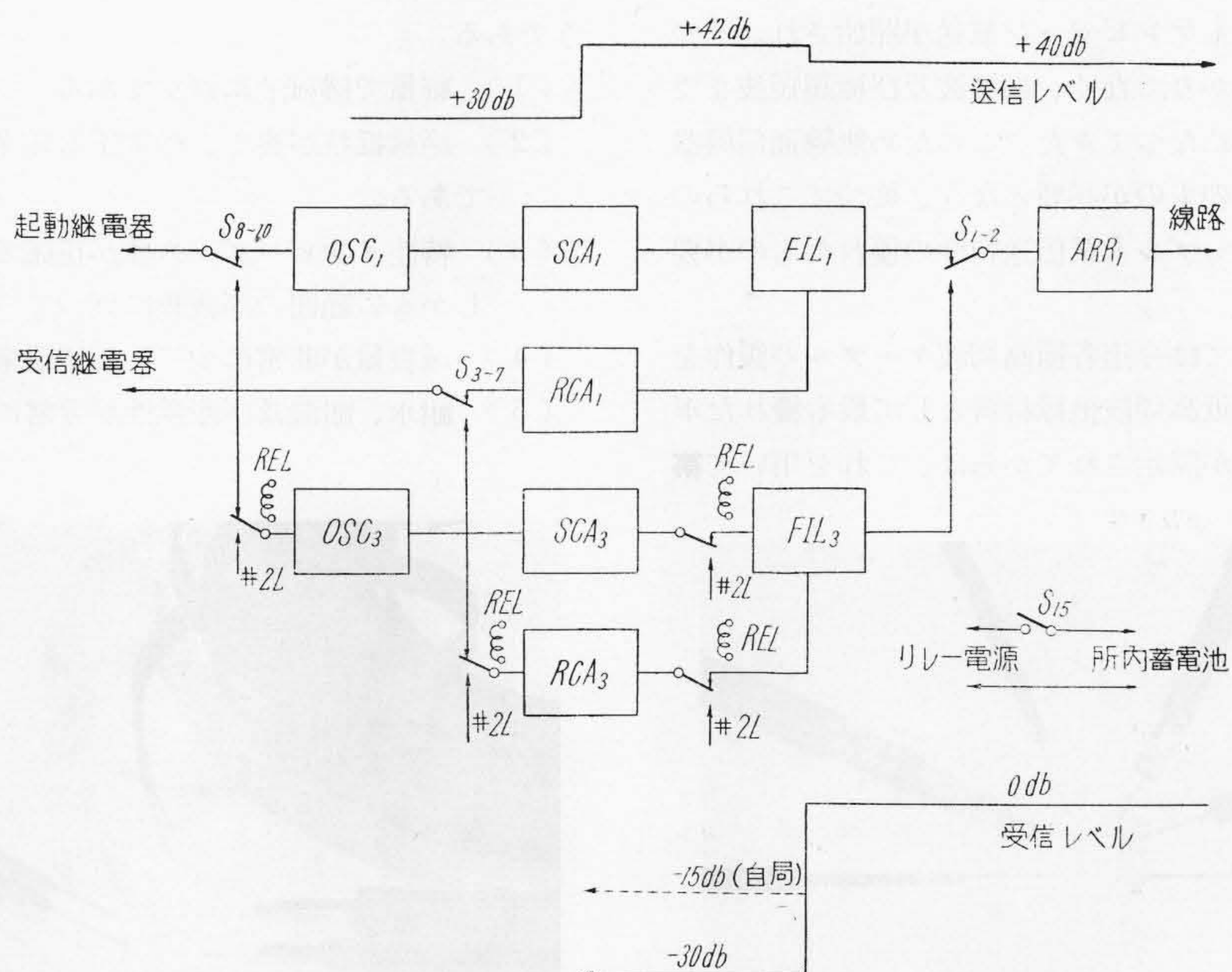


第11図 型AZ, 式QC 高速度インピーダンス
継電器

Fig. 11 Type AZ Form QC High Speed
Impedance Relay

(A) 仕 様

- (a) 方 式 間接方向比較故障時送出阻止積放式
非変調単一周波式
- (b) 発 信 水晶制御発振方式
受 信 水晶濾波器によるストレート検波



第12図 PK-2 型 搬 送 装 置 の レベルダイアグラム

Fig. 12. Level Diagram of Type PK-2 Carrier Set

- 註 (1) $S_1 \sim S_{15}$ は連動とす。
(2) S/N は 20 db 以上とす。

- (c) 使用周波数 1号線 210 kc
2号線 212 kc (将来)
- (d) 使用継電器
短絡保護用 高速度インピーダンス継電器
(型 AZ, 式 QC) 第11図参照
地絡保護用 高速度リアクタンス継電器
(型 AX, 式 QC)

(B) 性能

- (a) 送信出力 10 W
(b) 許容線路損失 40 db
(c) レベルダイヤグラム 第12図参照
(d) 動作時間 25 ms
(e) 装置の時定数 3 ms 以下

本装置は単相及び三相再投入高速度制弧遮断器に組合せ使用するもので、保護継電器盤には再閉路関係の継電器類も併せ収容している。

〔VI〕 結 言

搬送保護継電装置は電力技術と通信技術の融合が醸し出した現在最も高速度で選択性の優れた送電線の保護継電設備である。本装置を用うることにより電力システムの安定度は向上し、延いては送電線の送電容量の実質的な増強となるものである。今や各電力会社共、本装置を積極的に採用して送電不断の実を挙げる方向に進んでおられることは誠に喜ばしいことである。本文が幾分なりとも電力及び通信関係技術者の方々の参考ともなれば、筆者等の幸これに過ぐるものはなく、尙進んで積極的な御批判、御鞭撻を期待して止まない。

参 考 文 献

- (1) 管田：日立評論 33 8 (昭 26. 8)
(2) 川井、森井、猿渡、家形：日立評論 33 6 (昭 26. 6)
(3) 川井：日立評論 34 12 (昭 27. 12)

製 品 ニ ュ ー ス

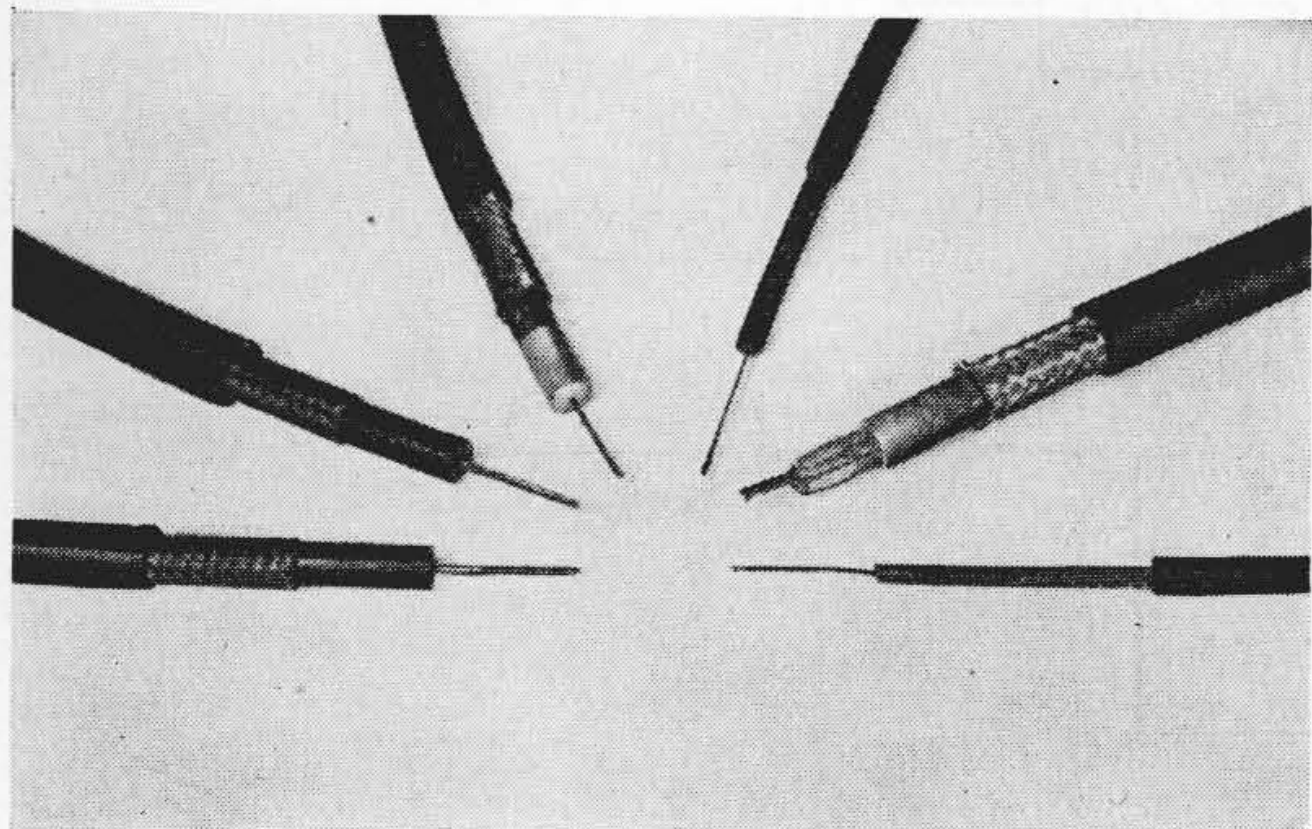
ポリエチレン絶縁高周波ケーブル Polyethylene Insulated High Frequency Cables

愈々我国に於てもテレビジョン放送が開始され、その周波数は放送波ばかりでなく、超短波及び極超短波までも使用されるようになってきた。このため無線通信機器の性能は益々高度のものが必要となり、従つてこれらの機器に使用するケーブルも又伝送特性の優れたものが要求される。

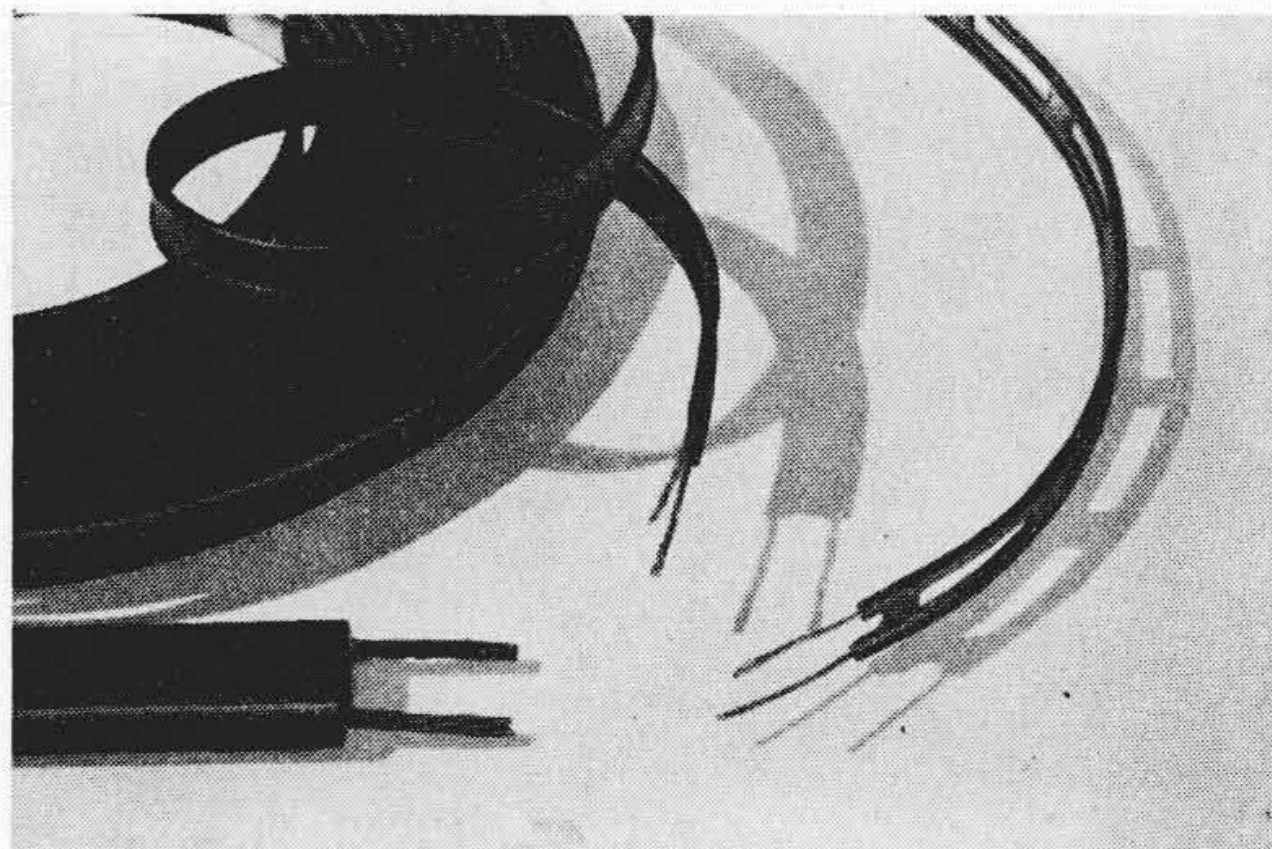
日立製作所に於ては今迄各種高周波ケーブルの製作を行つてきたが、最近高周波絶縁材料として最も優れたポリエチレンの輸入が開始されてからは、これを用いて第

1～2図に示すような従来のケーブルより性能の一段と向上した可撓性同軸ケーブルや、テレビジョン用の平型二心電線を製作し、需要者の要望に込えている。これらポリエチレン絶縁高周波ケーブルの特長を示すと次のようである。

- (1) 軽量で機械的に頑丈である。
- (2) 絶縁抵抗が高く、耐電圧も従来のケーブル以上である。
- (3) 特性インピーダンス値が正確で、均等であり、しかも広範囲の周波数に亘つて一定である。
- (4) 減衰量が非常に少く、伝送能率が良い。
- (5) 耐水、耐湿及び耐候性が非常にすぐれている。



第1図 可撓性同軸ケーブル
Fig. 1. Several Types of Flexible Coaxial Cables



第2図 平型二心ポリエチレン電線
Fig. 2. Ribbon Type Polyethylene Insulated Cables