

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, of Hitachi Works, Ltd.

Nobuo Nakatani

Totsuka Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The carrier protective relaying system which may be said the ingenious 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 a 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 taken.

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

送電不断の実を挙げるための安定度向上を最も経済的に行う手段として故障の高速度除去が要望されている。然しながら平衡保護継電方式や距離継電器のみではその要望に応えることは出来ない。

かかる目的遂行の手段として、近時異常な発達を遂げ又実用化されている通信技術の特質を活かしてこれを電

力技術に採入れることにより始めてその目的が達成せられる。即ち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高速度遮断器の使用と相俟つてこの要求に最も適切なものである。

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度遮断を行ひ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概要

搬送保護継電方式の中で現在最も広く普及している代表的な方式は間接方向比較方式である。

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である。又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積放式と故障時送出積放式及びこれ等の変形方式である。前者に於ては搬送波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停止し、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。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。

次に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。水晶濾波器による狭帯域受信を行えばたとえ異周波式の場合でも各チャンネル間の周波数差 400~（実際には 170~ 迄可能）で、混信のおそれはない。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~ で、1 kc 離調の処で 80 db 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 50~300 kc であつて、この中 50~205 kc は搬送電話に使用し、210~300 kc 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 300 kc 以上 450 kc 迄拡張されることになつている。

線路の伝送損失は一線大地帰線回路で大体 0.1 db/km 程度であるが、接地事故時の伝送損失の増加が 0.15 db/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

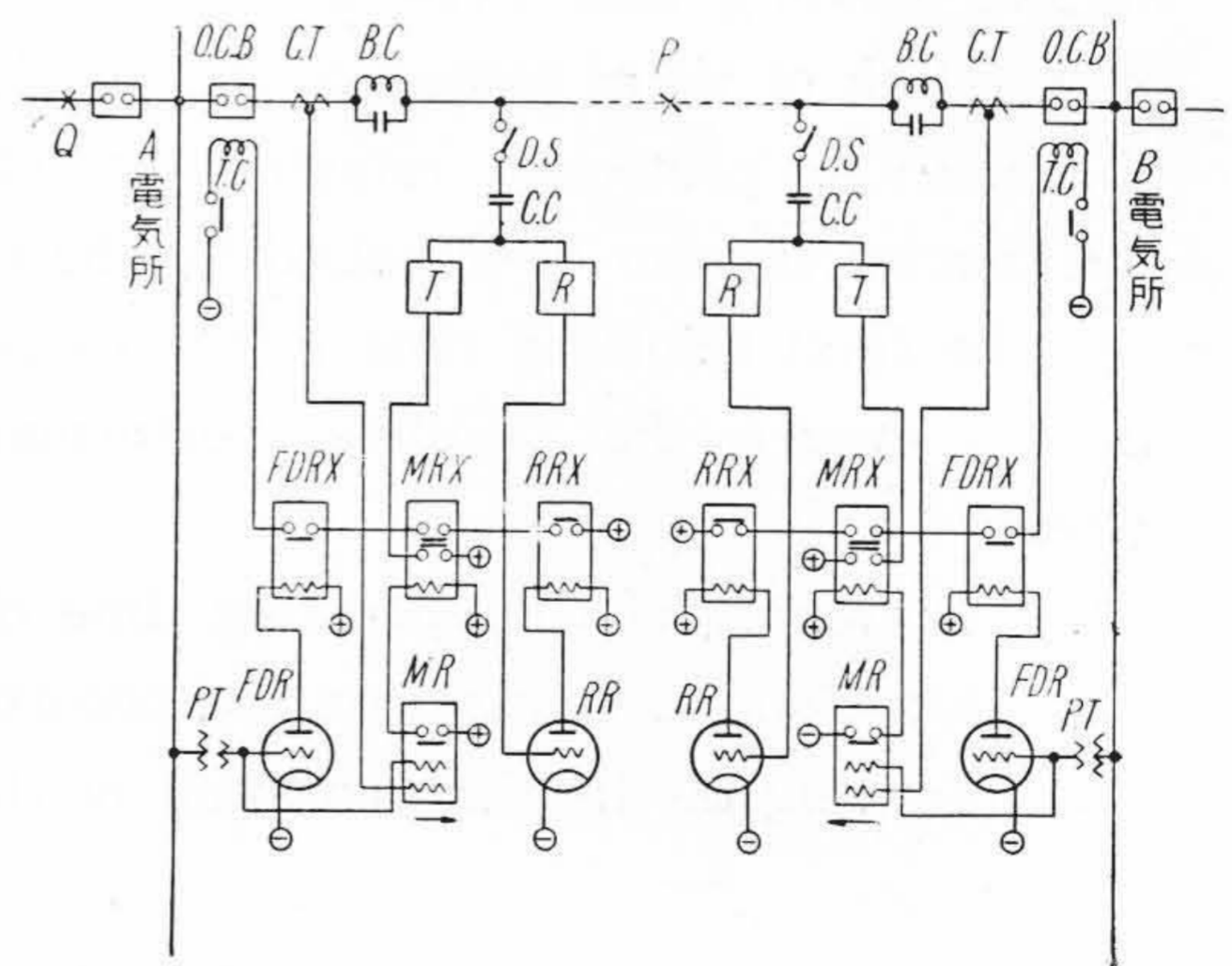
よる連続的妨害雑音或は又故障時の電弧による雑音等が搬送波の伝達に悪影響を及ぼす。これ等の雑音妨害波の中で最も問題となるのは故障時の電弧によるものであつて、搬送周波帯に現われるこの種雑音の強度は +30 db（尖頭値 50 db）にも及ぶが、一般に継続時間が短い（20 ms 程度）ので常時送出積放式に対しては遮断時間が若干延びる方向に作用するに止るが、故障時送出積放式の場合は誤遮断を招来する危険がある。

〔III〕 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 1 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



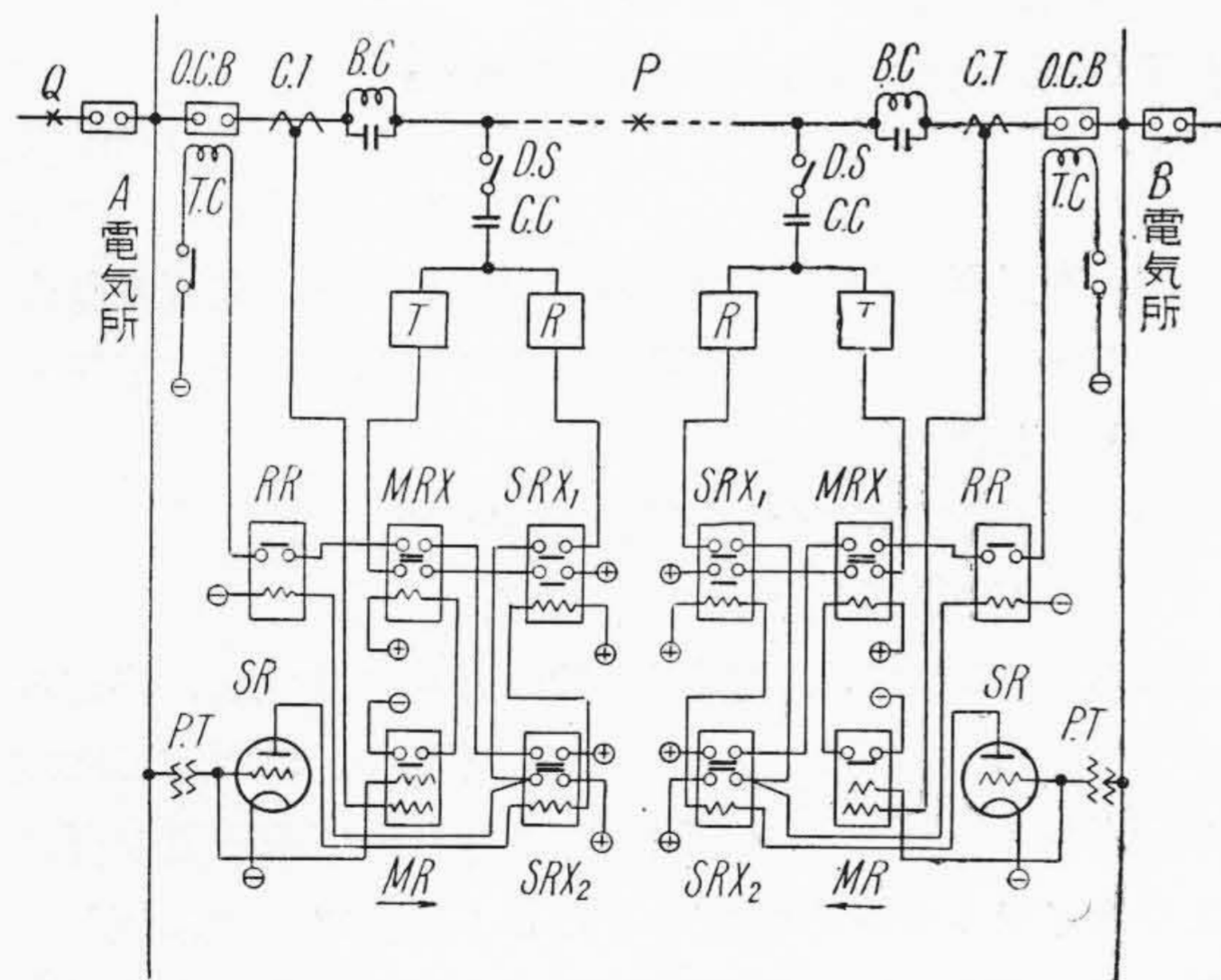
記号	名称
F D R	故障検出継電器
F D R X	同上用補助継電器
M R	主保護継電器
M R X	同上用補助継電器
R R	受信継電器（真空管）
R R X	同上用補助継電器

第 1 図 CSR 型搬送保護継電装置動作説明図
Fig. 1. Schematic Diagram for Type CSR Carrier Current Protective Relaying Set

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。

(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2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



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2図 CTB型搬送保護継電装置動作説明図
Fig. 2. Schematic Diagram for Type CTB Carrier Current Protective Relaying Set

より受信整流電圧の方へ切替える。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。

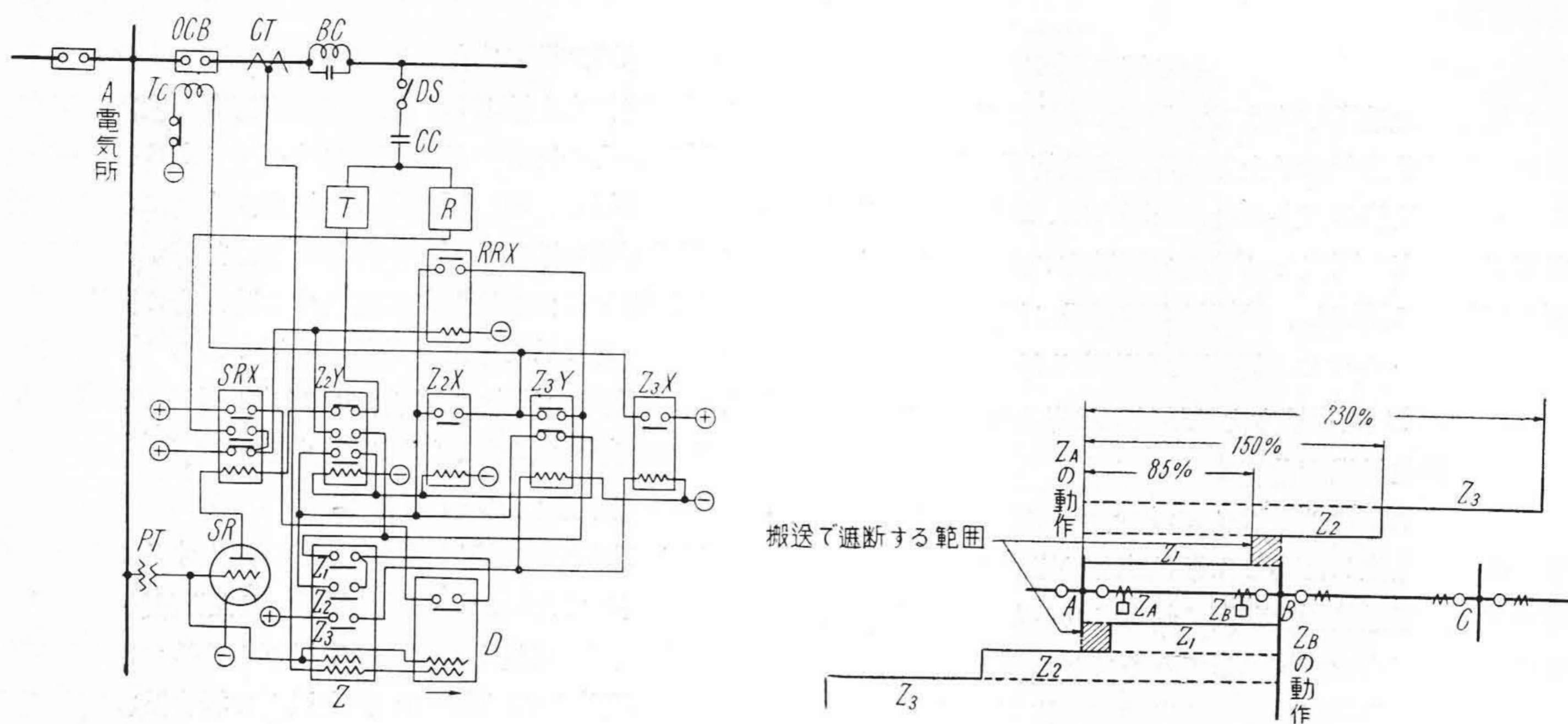
(3) 両方式の適用基準

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、区間互長等より考えてCSR型は互長100km程度以下の分岐のない送電線に、又CTB型は100km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37db(5W)、後者は40db(10W)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3図(次頁参照)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25ms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
- 等の特長を持っているが、



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 Y	同上用補助継電器	
Z ₂ Y	Z ₂ 用補助継電器	
Z ₂ X	Z ₂ 用限時動作継電器	後備保護
Z ₃ Y	Z ₃ 用限時動作継電器	電力動揺誤動作防止
Z ₃ X	Z ₃ 用限時動作継電器	後備保護
RR X	受信補助継電器	

第3図 距離搬送保護継電装置 (CTB型) 動作説明図

Fig. 3. Schematic Diagram for Type CTB Carrier Current Protective Relaying Set with Distance Relay

- (a) 多端子系統に適用する場合には運転条件を十分検討すること
 - (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
- 等注意を必要とする点がある。

(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。

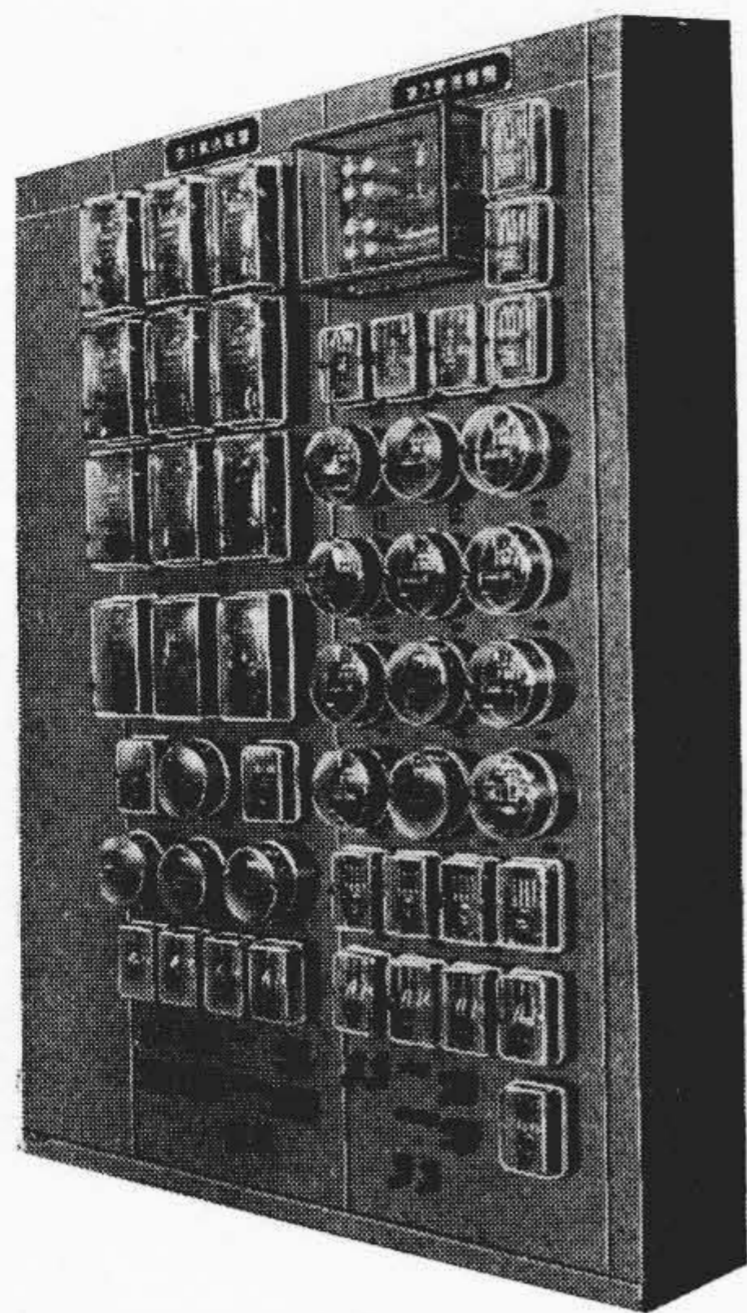
- (a) 装置の時定数を極力小さくすること。
- (b) 発信制御を迅速に行うこと。

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低下率継電装置により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。

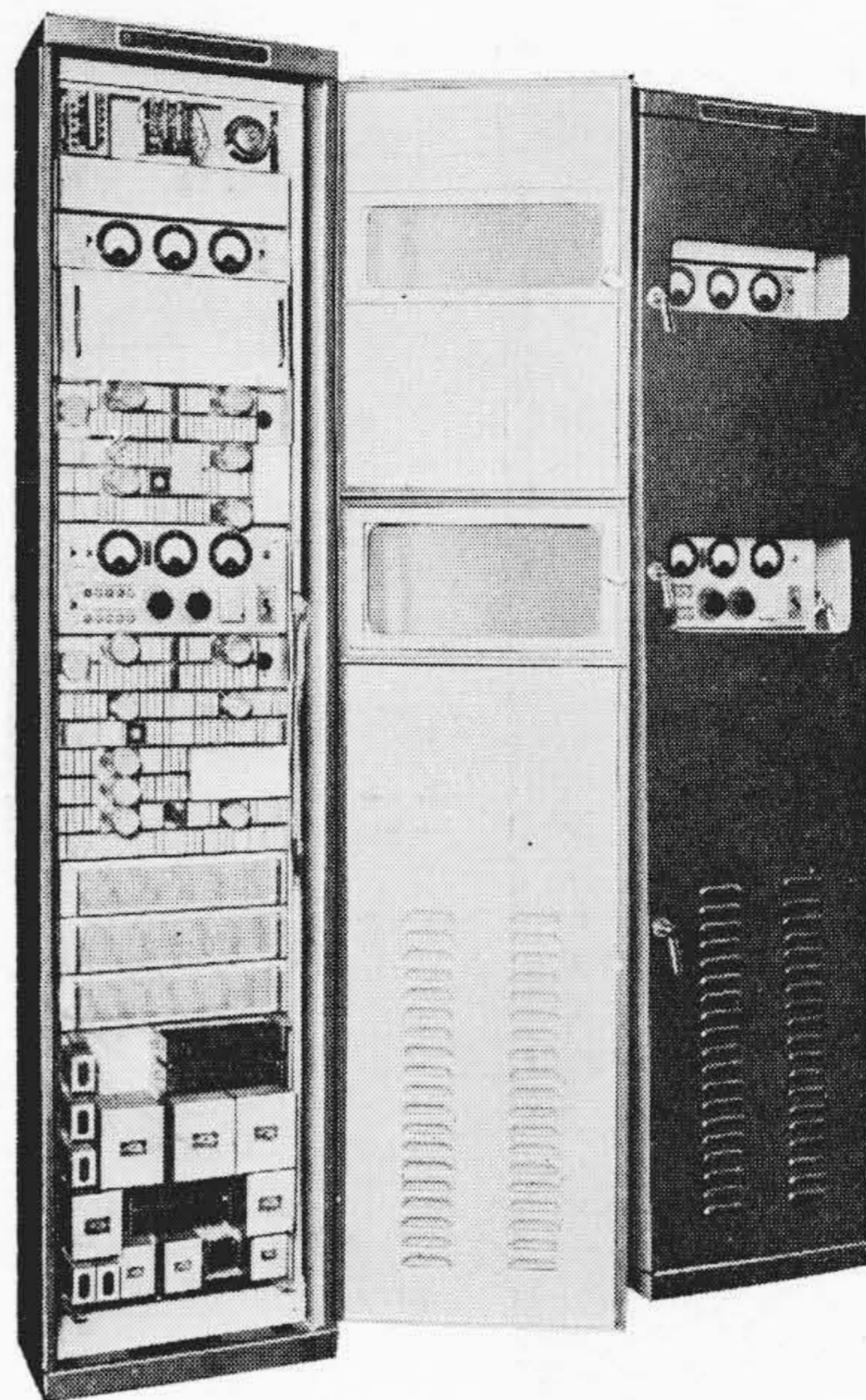
〔IV〕 搬送保護継電装置の実例

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。いず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。

- (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



第4図 搬送保護継電装置用継電器盤
Fig. 4. Relay Boards for Carrier Current Protective Relaying Set



第5図 CP-1 型 搬送 装 置
Fig. 5. Type CP-1 Carrier Set

km) 用で、昭和 26 年 8 月より運転に入り数度の事故に
対しその都度責務を果している。(第 4 図、第 5 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

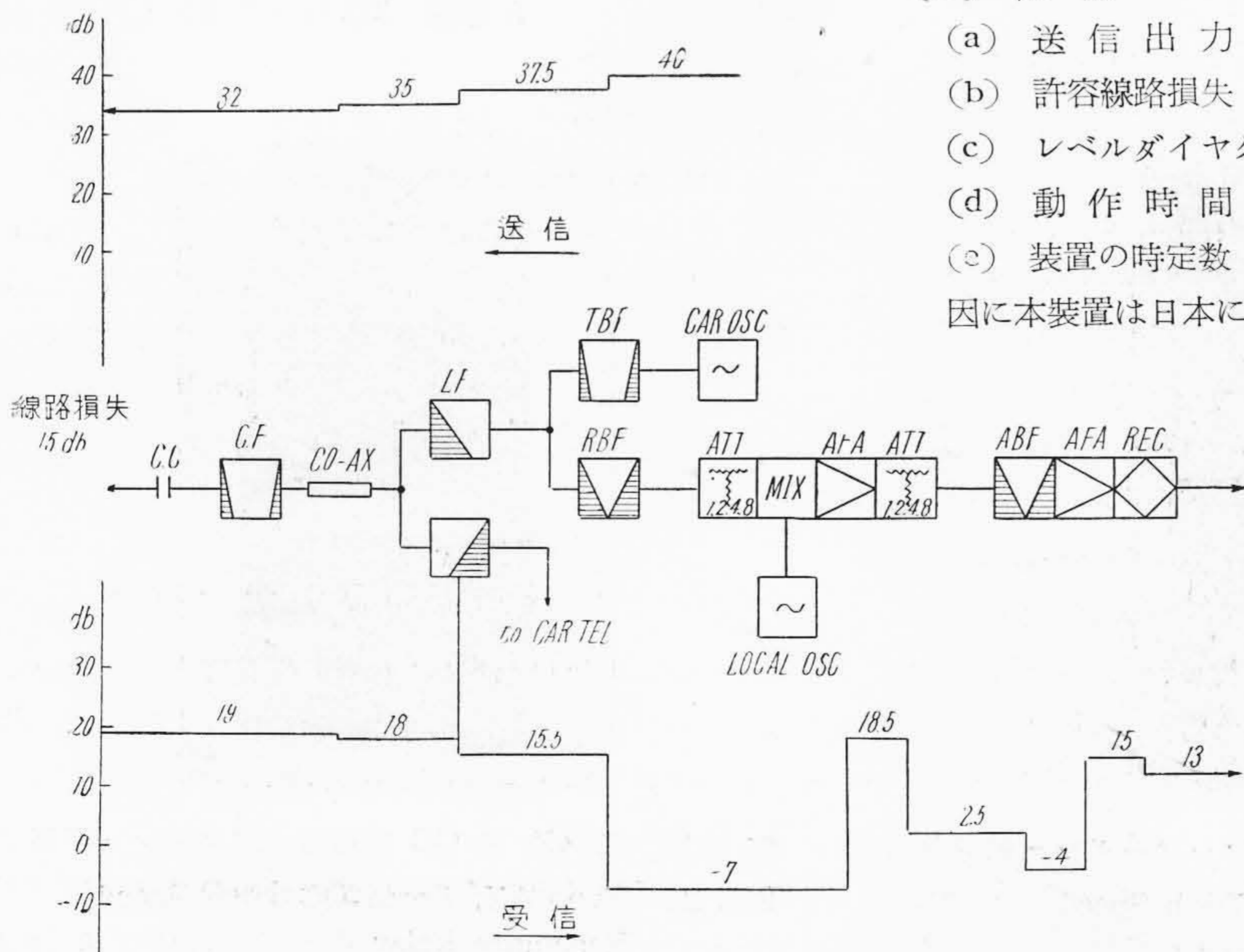
(b) 許容線路損失 25 db

(c) レベルダイアグラム (第 6 図参照)

(d) 動作時間 30 ms

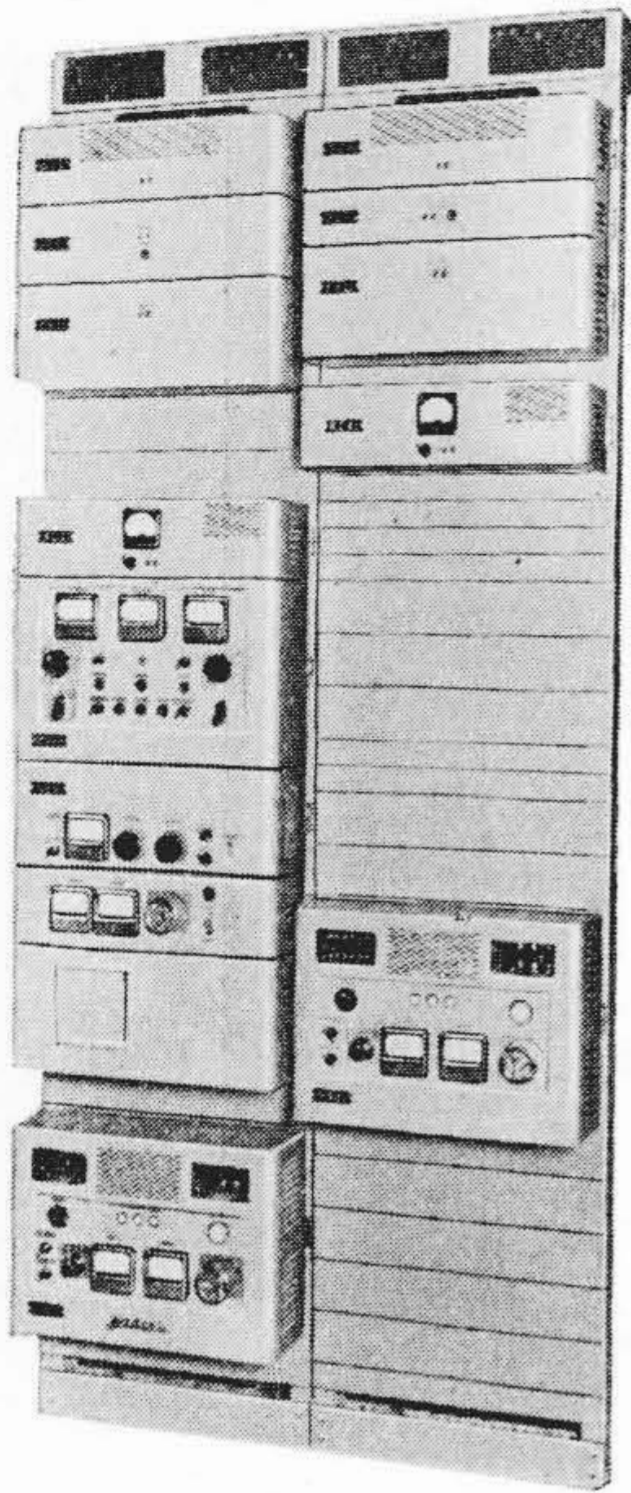
(e) 装置の時定数 3 ms 以下

因に本装置は日本に於ける最初の製品である。



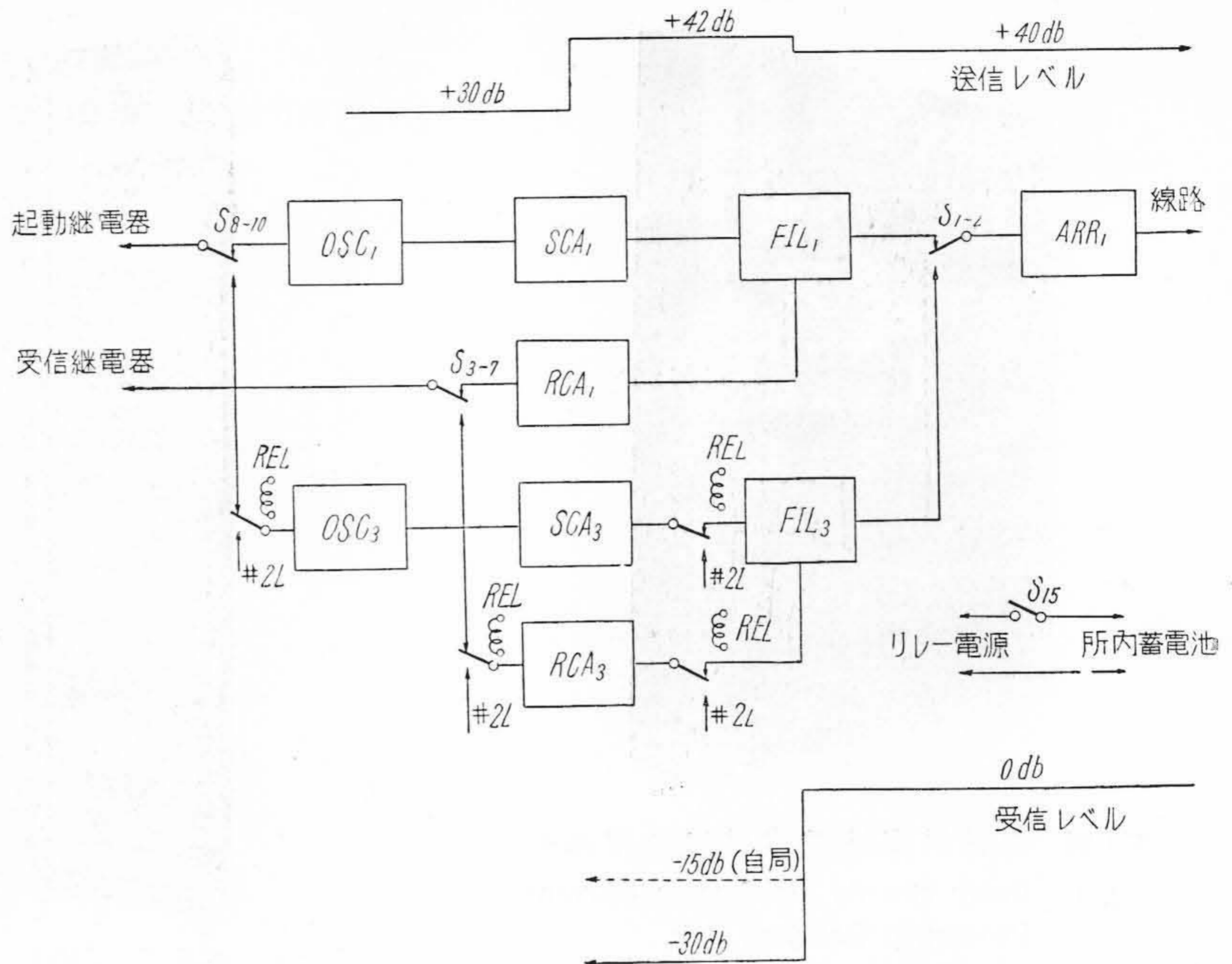
第 6 図
CP-1 型搬送装置のレベル
ダイアグラム

Fig. 6.
Level Diagram of Type
CP-1 Carrier Set



第7図 PK-2型搬送装置

Fig. 7. Type PK-2 Carrier Set



第8図 PK-2型搬送装置のレベルダイヤグラム

Fig. 8. Level Diagram of Type PK-2 Carrier Set

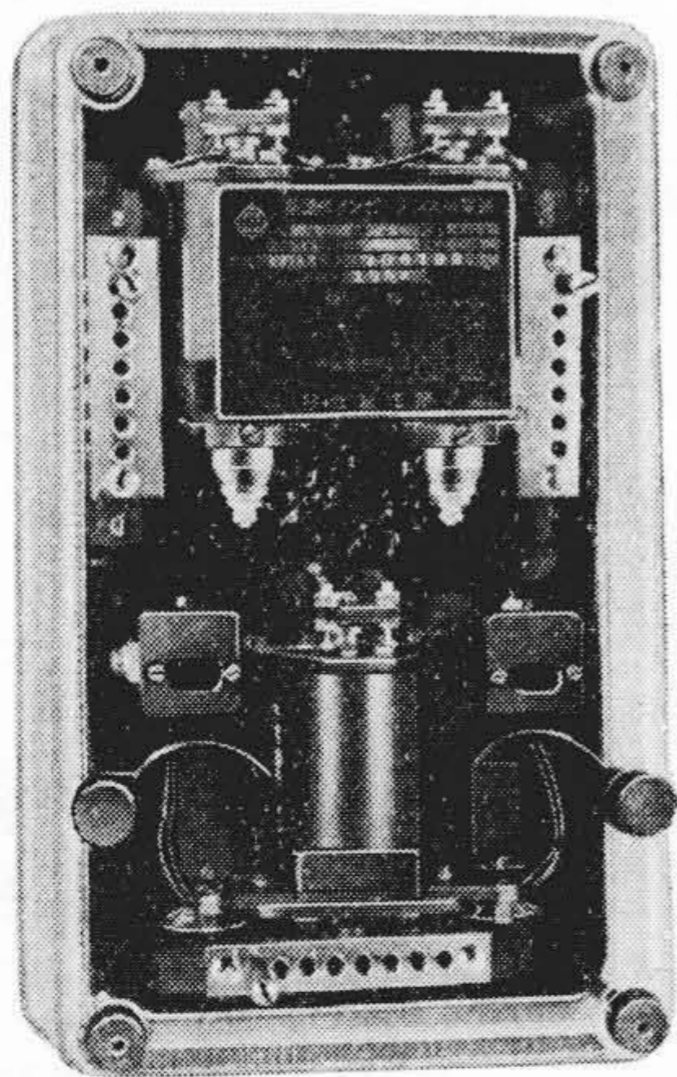
註 (1) S₁~S₁₅ は連動とす。 (2) S/N は 20 db 以上とす。

(2) 関西電力株式会社納 CTB 型距離搬送保護 継電装置

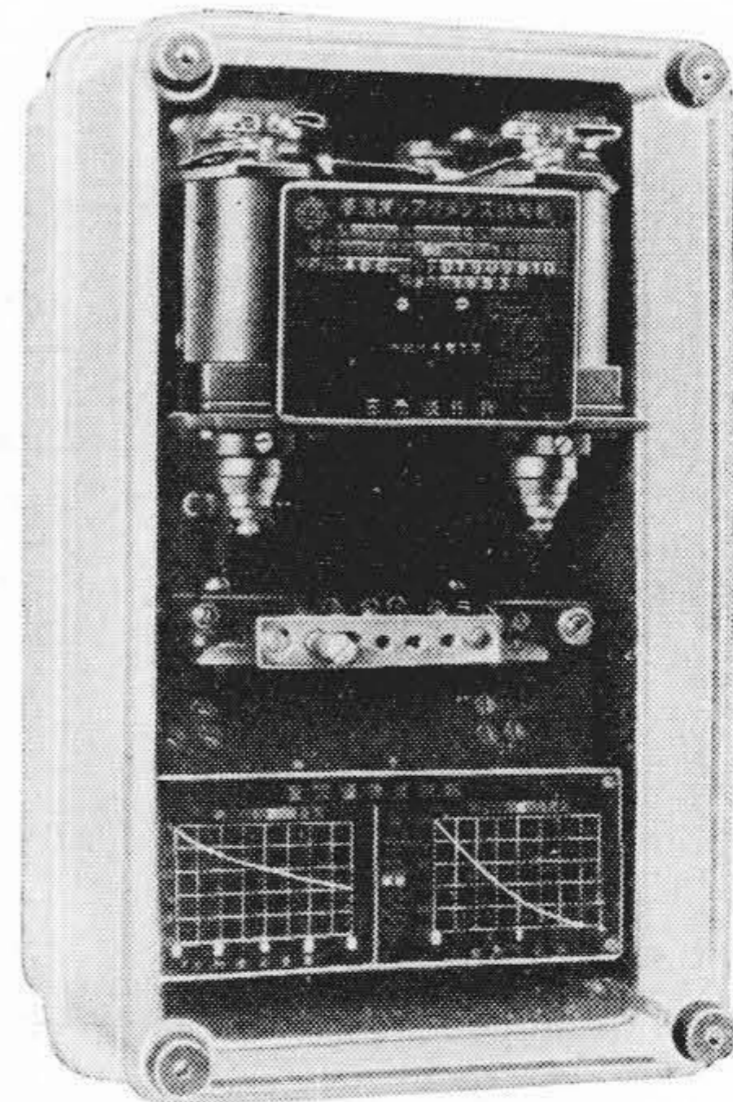
成出発電所、新愛本変電所を結ぶ 275 kV 直接接地式一回線 (将来二回線) 亘長 90.84 km 用であつて、昭和 28年 6 月より運転している。第 7 図は搬送装置の外観である。因に搬送装置は二回線用の構造であるが、実装は一回線分及び予備機みのである。

(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
- (c) 使用周波数 1 号線 210 kc
2 号線 212 kc (将来)



第9図 型 AZ, 式 QC 高速度インピーダンス継電器
Fig. 9. Type AZ Form QC High Speed Impedance Relay



第10図 型 AX, 式 QC 高速度リアクタンス継電器
Fig. 10. Type AX, Form QC High Speed Reactance Relay

(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6図参照

地絡保護用 高速度リアクタンス継電器

(型 AX, 式 QC) 第10図参照

(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8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。

〔V〕 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)

水力発電機器に関する日立評論既刊論文集

U. D. C. 621.311-824 (048.1)

(その七)

創刊号(大正7年1月)～第35巻第9号(昭和28年9月)

(第94頁より続く)

621.395.44 搬 送 電 話

3) 東北電力株式会社納 TM-12 型搬送式遠隔測定装置

福井通夫、滝田武夫、井沢尊生：日立評論 35 5 (昭28.5) 777

4) 電力線搬送電話装置とその混変調に就いて

内藤大三：日立評論別冊 3 (昭28.6) 111

621.398 遠 隔 制 御

1) 日立継電器型遠方監視制御方式

小林哲郎、森井進：日立評論 31 6 (昭24.12) 246

2) 日立 TFP 型衝流式遠隔測定装置

島田稔：日立評論 32 1 (昭25.1) 1

3) 搬送式遠隔測定装置

中谷信夫、滝田武夫、井沢尊生：日立評論別冊 3 (昭28.6) 91

627.8.002.5 ダム工事用機械

1) 堰堤工事用諸機械

赤木進：日立評論 20 11 (昭12.11) 731

2) ケーブル起重機の計画と最近の実績(その一)

赤木進：日立評論 34 12 (昭27.12) 1419

3) ケーブル起重機の計画と最近の実績(その二)

赤木進：日立評論 35 2 (昭28.2) 429

4) ダム工事用セメント空気輸送に就いて

西岡富士夫：日立評論 35 9 (昭28.9) 1305

627.85 水 門

1) 各種水門に就いて

林武雄：日立評論 7 9 (大13.9) 407

2) 自動制水門

伊藤虎男：日立評論 15 10 (昭7.10) 685

日立機械評論 10 (昭7.10) 29

3) 自動スクリーンに就いて

石橋重遠：日立機械評論 12 (昭8.4) 95

4) 自動水門に依る水量調整

関三郎：日立評論 16 7 (昭8.7) 359

(寺前 博)

特 許 月 報

最近登録された日立製作所の特許及び実用新案

(その1)

区 別	登録番号	名 称	工場別	氏 名	登録年月日
特 許	201947	蒸 気 加 熱 乾 燥 器	日立工場	松 本 政 嘉 吉 雄	28. 10. 15
"	201949	セ レ ン 整 流 機 処 理 方 法	日立工場	島 下 史 孝 朗 一	"
"	201959	窒 素 封 入 コ ン サ ベ ー タ 付 変 圧 器	日立工場	栗 沢 山 幡 寅 卓 治	"
"	201950	ケ ー ブ ル カ ー 制 動 試 験 装 置	笠戸工場	甲 小 森 村 橋 脇 良 吾 斌 一 市 夫	"
"	201952	帯 鋸 縁 切 剪 断 機 用 カ ッ タ ー 軸 位 置 調 整 装 置	笠戸工場	浜 石 原 武 一 人	"
"	201953	造 管 終 段 自 動 制 御 装 置	笠戸工場	青 大 木 橋 喜 六 剛	"
"	201962	液 圧 操 作 に よ る 微 低 速 運 転 装 置	亀有工場	盛 武 賢	"
"	201963	二 段 ジ ブ ユ ー ル カ ッ タ ー に 於 け る ジ ブ の ロ ッ キ ン グ 装 置	亀有工場	盛 武 賢	"
"	201964	コ ー ル カ ッ タ ー 等 の 逸 走 自 動 防 止 装 置	亀有工場	盛 武 賢	"
"	201945	蒸 気 加 圧 式 製 塩 装 置	川崎工場	岡 崎 真 秀	"
"	201960	粉 体 材 料 空 気 輸 送 機	川崎工場	相 西 沢 武 夫 富 士 夫	"
"	201948	遠 心 分 離 機	多賀工場	大 泉 龍 次	"
"	201946	自 動 出 力 レ ベ ル 調 整 装 置	戸塚工場	内 藤 大 三	"
"	201956	金 属 薄 膜 一 部 除 去 方 法	戸塚工場	山 辺 知 定	"
"	201957	真 空 管 陽 極 用 純 鉄 の 処 理 方 法	茂原工場	伊 地 山 昇	"
"	201951	抜 型 用 合 金	安来工場	小 九 柴 重 定 常 雄 男	"
"	201954	光 輝 焼 鈍 方 法	安来工場	五 牧 重 賀 野 本 善 武 暢 夫 男 正	"
"	201955	光 輝 焼 鈍 法	安来工場	五 重 賀 本 善 暢 夫 正	"
"	201958	フ ラ ン チ パ ッ キ ン グ 用 合 金	中央研究所	大 原 秀 晴	"
特 許	201961	放 電 灯 直 流 点 灯 装 置	中央研究所	中 鴨 岡 村 原 純 之 助 文 七 博	28. 10. 15
実用新案	406869	油 圧 ポ ン プ 運 転 装 置	日立工場	鯨 沢 秀 夫	28. 10. 16
"	406874	水 車 運 転 保 安 装 置	日立工場	鯨 沢 秀 夫	"
"	406875	水 車 運 転 の 保 安 装 置	日立工場	鯨 沢 秀 夫	"
実用新案	406878	回 転 型 マ ク レ オ ド 真 空 計	日立工場	桑 緑 島 川 千 秋 弥 勝	28. 10. 16

(第124頁へ続く)