

三相模擬送電線

西堀 博* 川井 晴雄**

Three-Phase Model Transmission Line

By Hiroshi Nishibori, D.S.E.

Hitachi Research Laboratory, Hitachi, Ltd.

Haruo Kawai

Kokubu Branch Works of Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

For the purpose of studying the protective relays for transmission line use and the protective relay system, the writers installed the 3-phase model transmission line which was designed to the following specification: Line voltage 220 V, full load current 5 A, maximum reactance measured from the secondary side 19Ω , minimum setting reactance 0.0125Ω , impedance angle $75^\circ 30'$. In the design of this transmission line, much importance was attached to such considerations that (1) the line should permit a free shifting of the relays in use and a free selection of a point where the fault is to be caused on purpose, (2) the pattern of transmission system should be changeable, and (3) the impedance should be kept constant over a wide range of current fluctuation. In addition, in order to secure the accurate observation of the operation of relays, such a device was attached that enables a free adjustment of the phase angle at the time of fault occurrence.

〔I〕 緒 言

最近の進歩した送電線保護継電装置は、装置を構成する箇々の継電器が高速度で、故障の選択能力が優秀なることは勿論、さらに保護装置としての総合動作が適確に行われることが絶対に必要である。このような継電装置を開発するためには、従来の比較的低速の継電装置では遭遇しなかつた多くの電磁氣的、機械的の問題の解決を必要とする。そのためには理論的検討と相まって、実際の使用状態にできるだけ近似した状態、特に故障発生の過渡状態下で研究し、試験することが重要である。

従来しばしば行われている人工故障試験は、実送電線に継電器を取付けて人工的に故障や電力動揺を発生させ継電器動作を検討するのであるから、問題に端的に突入する便利さはあるが簡単に行えるものでなく、限られた時間と限られた故障条件のもとに僅かに数回の試験を行うのみで、種々の異状現象に対する継電器の動作を

克明に検討し、一般的な結論をうることは到底望みえない。したがって、模擬送電線による研究の段階を経た後に現地試験の行われることが望ましいことは多言を要しない。

〔II〕 新設せる模擬送電線

新に日立製作所日立研究所に設置した三相模擬送電線は、保護継電器ならびに保護継電方式の研究を主たる対象にしたものであつて、線間電圧 220 V、全負荷電流 5 A、二次側より見た最大オーム数 19Ω 、最小整定オーム数 0.0125Ω 、インピーダンス角 $75^\circ 30'$ である。系統構成上必要な場合には線間電圧 440 V、全負荷電流 10 A にもなしうる。系統構成の一例を第 1 図に、外観を第 2 図(次頁参照)に示す。

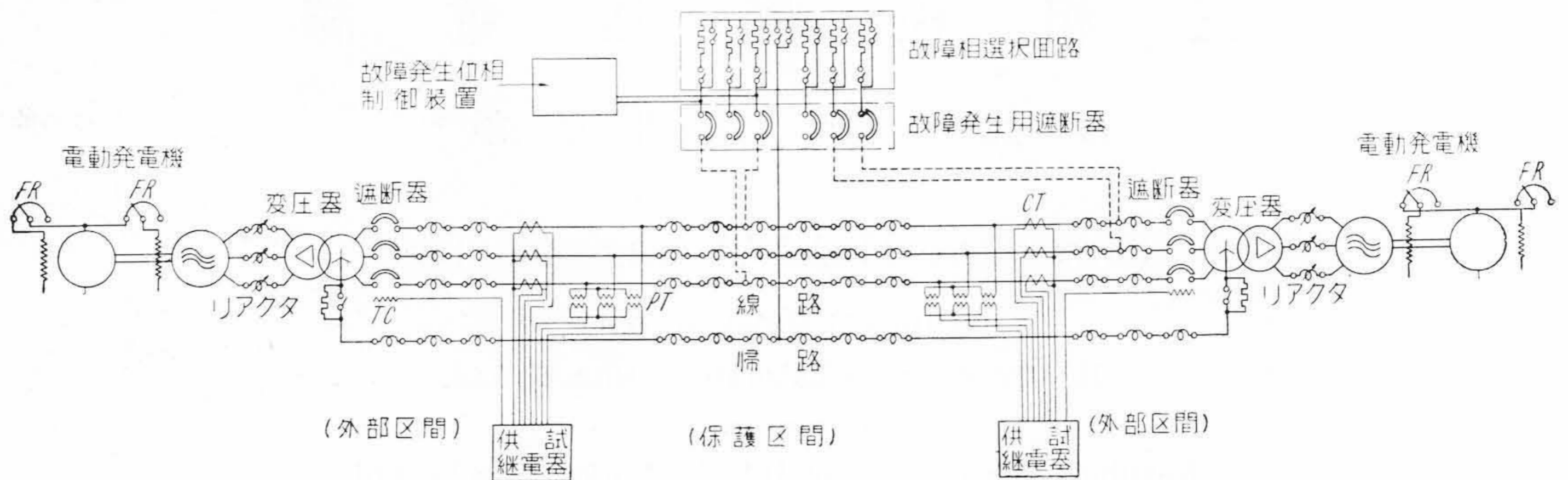
以下概説を加える。

(1) 模擬送電線

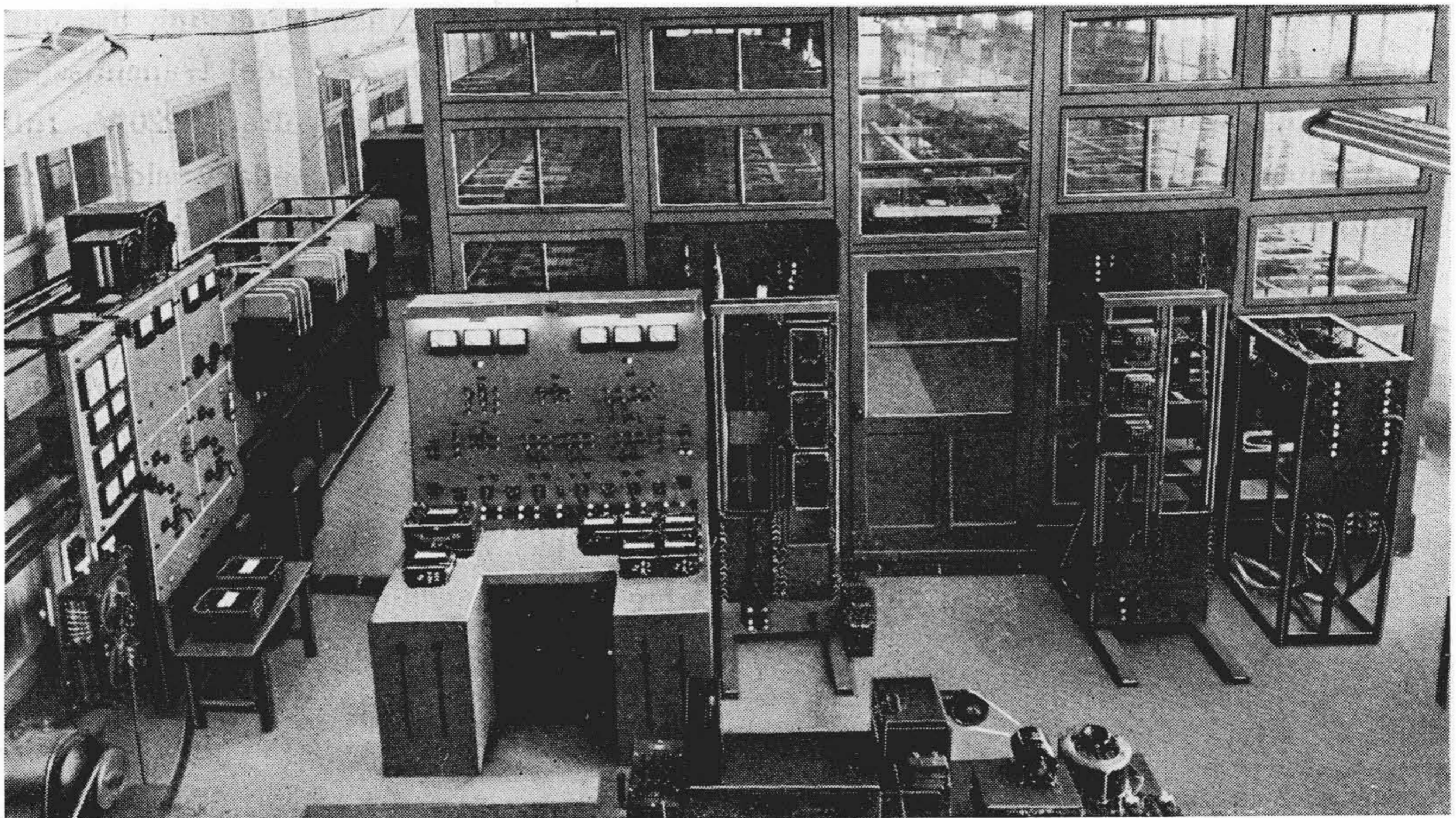
これは本設備の主体をなすものであつて、線路と帰路とに大別できる。

* 日立製作所日立研究所 工博

** 日立製作所国分分工場



第1図 三相模擬送電線の結線図
Fig.1. Connection Diagram of Model Transmission Line (3-Phase)



第2図 外 観
Fig.2. General View

(A) 線 路

実送電線を電磁気的に見れば抵抗（導体抵抗，大地抵抗）インダクタンス（導体の自己インダクタンス，線間相互インダクタンス）静電容量（対地静電容量，線間静電容量）および漏洩コンダクタンスよりなり，さらに2回線送電線では回線間のインダクタンスと静電容量とが加わる。これらの回路定数が全長にわたり一様に分布されているのであるが，模擬送電線ではこれらを幾つかのπ接続の集中定数の集りで等価する。ところが本設備は上述のごとく，保護継電器ならびに保護継電方式の研究を主対象とするからπ回路を考える必要はない。なぜならば，多くの実測結果によると静電容量を省略し，リアクタンスと抵抗とを用いても十分満足な結果がえられているからである。しかし，厳密な試験条件が要求され

る場合を考慮して，後述のごとく静電容量をも接続しうのごとくしてある。

このようにリアクタンスと抵抗とよりなる1箇の集中定数の大いさとしては50〜ベースで1Ωとし，微少調整用として0.1Ωを用意した。この1Ωの値は三相送電線の正常状態での1区間当りの作用インピーダンスと称せられるものであつて，1区間当りの1線の自己インダクタンス L ，線間の相互インダクタンス M および抵抗 r より成立っている。ところで，自己インダクタンス L と相互インダクタンス M との割合は，種々の実送電幹線の実測結果より

$$M/L = 38 \sim 52\%$$

がえられているので，いずれの場合をも等価しうるよう35%とした。インピーダンス角はコイル導線の許容太さ

より制限をうけ $75^{\circ}30'$ とした。さらに

- (i) 電流が最大負荷電流の数倍まで増してもインピーダンス一定であること
- (ii) コイル組立時にインピーダンス値の調整が可能なこと
- (iii) 外部電磁界の影響を受けないようにすること
- (iv) コイルの機械的強度が十分あること
- (v) 木枠に強固に取付けうる形状であること

を考慮して小判形空心のコイルを2箇和働接続にし、素子コイルとした。これを3箇組合せて単位コイルを43箇作るのであるが、この際、線間相互インダクタンスをもたすため第3図に示すごとく赤相—黒相は間隔を適当にし、また赤相—白相および白相—黒相は傾斜角を適当に選んで3線間とも同一の相互インダクタンスをもたせた。43箇のうち38箇は線路用単位コイルとして使用し、残りの5箇は調整用単位コイルとして使用する。微少調整用単位コイルも同様にして5箇組立た。

(B) 帰 路

(a) 帰路コイル

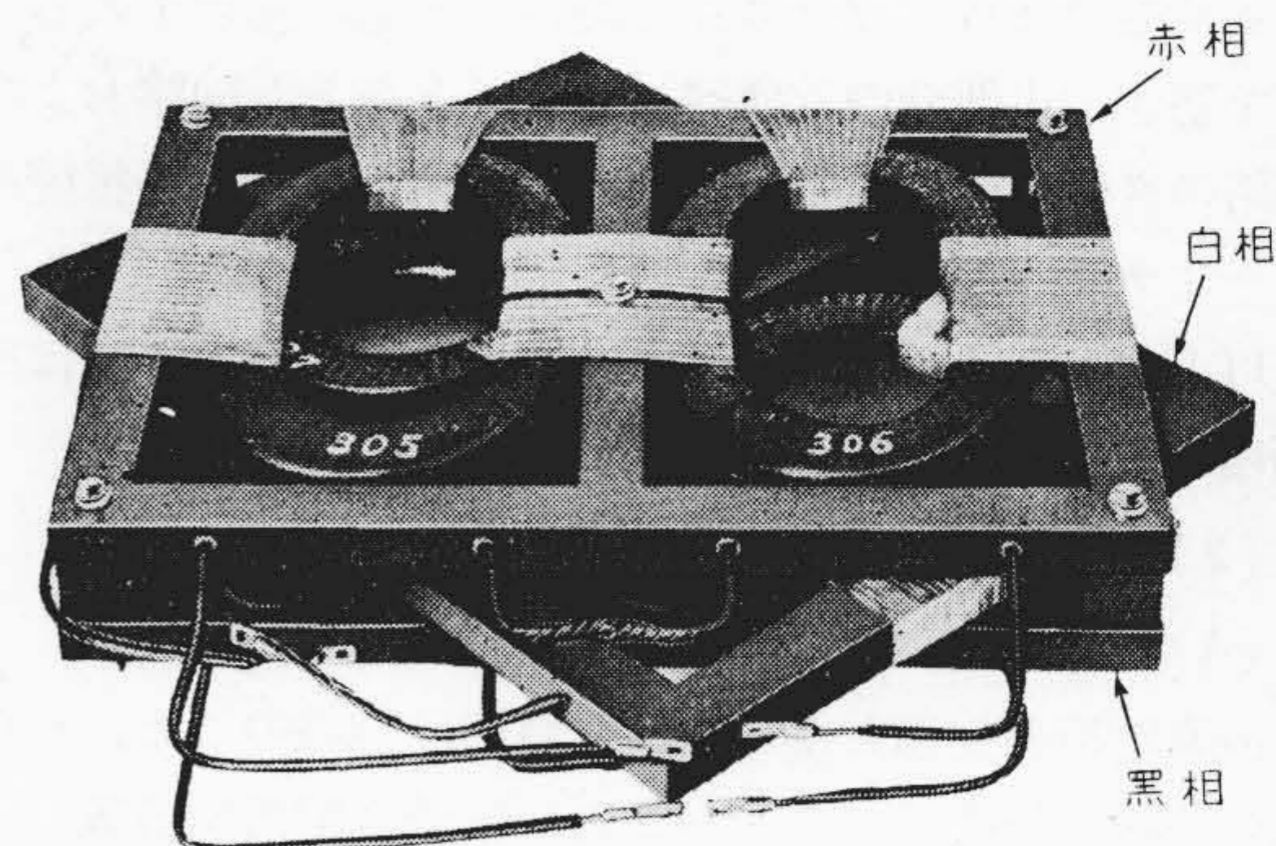
上述せるごとく相互インダクタンスは一定であるから、これと実送電線の相互インダクタンスとの差に相当するだけのインピーダンスを零相回路に追加すれば、地絡故障時に実送電線と同一の故障電流が流れる。ゆえに、この追加インピーダンスを大地抵抗に対応する純抵抗と直列に入れられるようにしておく必要がある。これはできるだけ小さいインピーダンスのものでありさえすればよいから、前述の線路用の素子コイルと同一のもの40箇と、やはり微少調整用素子コイル10箇を準備した。

(b) 帰路抵抗

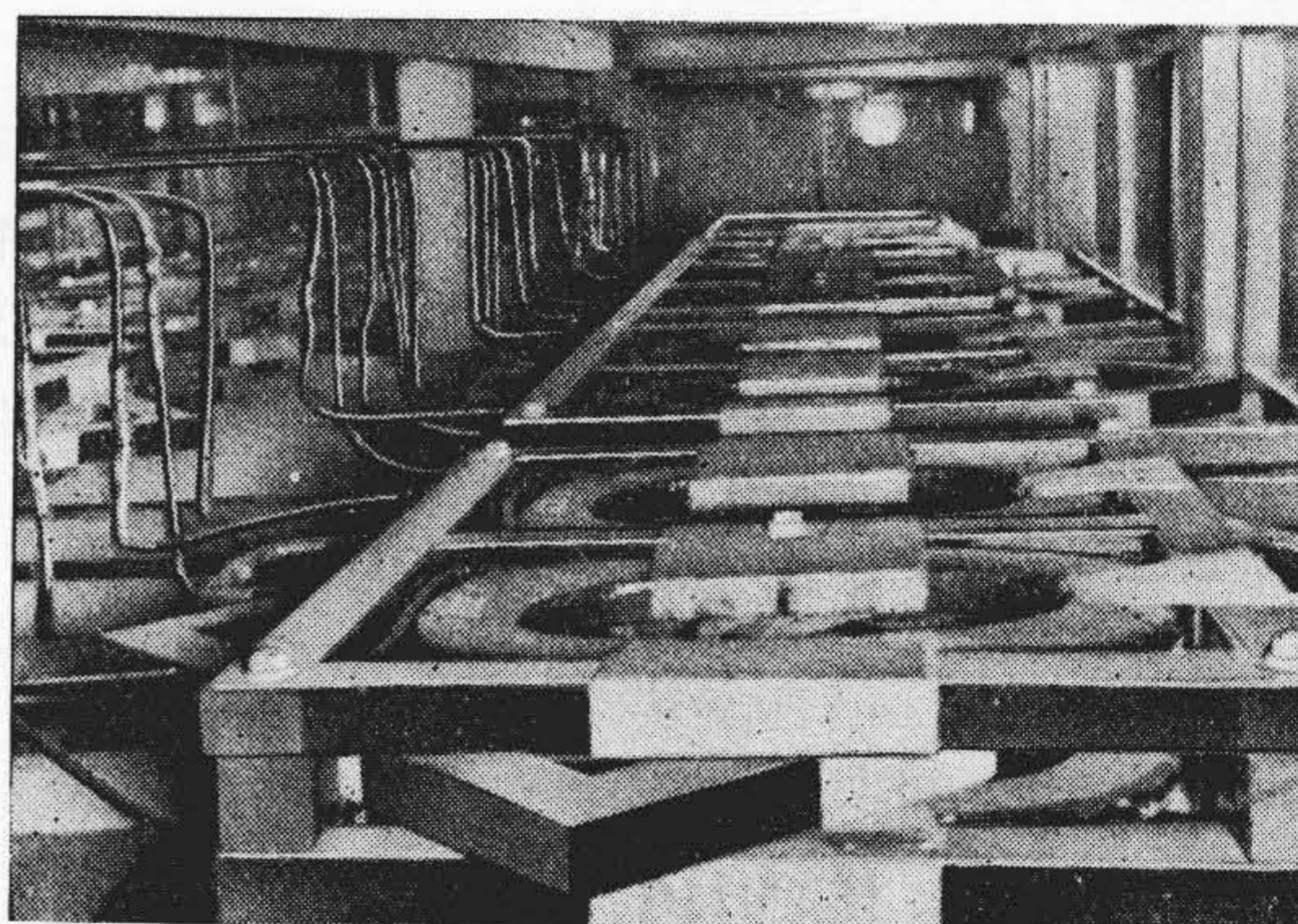
大地抵抗は土壌の種類、天候により変化するが我国の実測値によると $0.11 \Omega/\text{km}/\text{線}$ 程度である。ゆえに1箇当たり 0.05Ω のグリッド抵抗を所要数直列に接続し、中間より多くのタップを出してある。

(c) 線路用コイルおよび帰路用コイルの配置

コイルを配置する支持棚は木製であつて上、下5段よりなり、各階には10箇のコイルを配置しうるから、全段で50箇が配置できる。この支持棚が2台あるから全部で100箇のコイルが納まる。その一部を第4図に示す。2台の支持棚は約1m離し、通路兼用にしてある。上より数えて第1段、第2段には帰路コイル群、第3段、第4段には線路コイル群、第5段には微少調整用コイル群を配置した。これらコイル相互の距離、間隔は故障時の最大電流による相互間の誘導誤差が1%以下になるごとく選定した。各コイルよりのリード線は全部を中央の通路側まで出し、第5図に示すごとくターミナル板に接続し、ターミナル接続板と接続線とを用意し任意箇数の単



第3図 線路用単位コイル
Fig. 3. Unit Coil for 3-Phase Line



第4図 内部のコイル群
Fig. 4. Coil Group Arranged Inside



第5図 内部のターミナル群
Fig. 5. Terminal Group Arranged Inside

位コイルを直列あるいは並列に接続しうる。また、このターミナルを使用して故障発生位置および継電器設置点を任意に変えうるのみならず必要な場合には線間静電容量、対地静電容量を接続したりあるいはインピーダンス角を $75^{\circ}30'$ 以下にする場合には抵抗を接続することができる。線路用単位コイルの3箇ずつの各相は燃架が施してある。

支持棚の外周はガラス窓で覆い、内部に塵埃が入ることを防ぎ、1部分のみはベークライト板とし線路および帰路のターミナルならびに故障発生用遮断器への接続用ターミナルを取付けた。

以上のごとくしてでき上った模擬送電線の大きさは床面積 5m×5m、高さ 3.2m である。

(2) 電源ならびに附属設備

(A) 電動発電機

故障電流発生源となるのは発電機は勿論のこと、負荷側の各種回転機であるから2台の電動発電機を設置し、これらの容量は故障発生時の回転数の変動を極力小さくするため 40kVA と 15kVA とにした。両者とも 220V、三相で可変周波数範囲は 45~65~ である。

(B) リアクタ

発電機と変圧器との間に接続し、故障電流の調整、同期化力の加減を行う。このほかに抵抗と組合せて負荷用インピーダンスとしても使用する。全インピーダンスは 20Ω (ただし 60~ の場合) で中間より 0.1Ω, 1Ω および 5Ω のタップを出してある。

(C) 変 圧 器

下記仕様のもの3台を1組として2端子分を用意し、△-Y 接続で二次側で中性点がとりうるごとくした。

一 次 電 圧.....	220V
二 次 電 圧.....	220/√3 V
容 量.....	10kVA

(D) 遮 断 器

450V、100A の気中遮断器4台を据付け、このうち2台は線路開閉用、1台は故障発生用、残り1台は予備とした。ただし、2重故障を発生させず場合にはこの予備品を使用する。三相再閉路方式としても使用するので遮断

時間は 2~ (電弧時間含まず)投入時間は 9~ のものである (ただし、60~ ベースでの値)。

(E) 故障発生用位相制御装置

高速度継電器は故障発生による送電系統の過渡現象継続中に動作完了し、かつこの過渡現象の程度は故障発生時の位相角によつて左右される。したがつて、継電器動作を正確に検討するには、この位相角を制御して一定の位相で故障を発生させる必要がある。この目的に使用する装置として、220V、30A 容量のガラス製格子付水銀整流器を逆並列に接続して前段のサイラトロンで格子制御し、任意位相で通電開始できるようにしたものである。

(F) 模擬送電線制御盤

前述せる4台の気中遮断器の開閉スイッチ、故障選択回路用スイッチ、線電流計、相電圧計、あるいは各部の電流、電圧測定用ターミナルなどが取付けてあり、かつ両電動発電機の電圧および周波数の微少調整用摺動抵抗器も附属している。

以上の諸附属設備のほかに

供試継電器取付盤.....	2面
電位変成器および変流器盤.....	1台
ランプ負荷(三相, 220V, 30A 容量).....	1台
後備保護設備.....	1式

が附属している。

〔III〕 結 言

以上をもつて、三相模擬送電線の概説を終る。この設備は昭和28年4月下旬に行われた関西電力株式会社納の新北陸超高压幹線用の距離搬送保護継電装置 (高速度再閉路装置付) の立合試験に初めて使用し、以来引続き各種継電器ならびに継電方式の研究に活用している。

Vol. 15

日 立 造 船 技 報

No. 2

◇ 目 次 ◇

SKS-3 の恒温変態処理による材質的改善.....	中 村 勇.....	(1)
バイトの切削能率に関する研究.....	倉 田 忠 雄.....	(6)
Si-Mn-Cr 系耐熱鑄鉄の研究(第1報).....	渡 辺 精 三.....	(12)
ボイラ胴の斜め穴列部の効率.....	山 中 秀 男.....	(17)
長周期振動測定用加速度計.....	{ 安 田 益 一.....	(23)
	{ 谷 直 重.....	(23)
舵軸に加わるねじりモーメントについて.....	岡 田 正 次 郎.....	(28)
製 品 紹 介.....		(34)
特 許 ・ 新 案 紹 介 (21).....		(36)

本誌につきましての御照会は下記発行所へ御願致します。

発 行 所

日 立 造 船 株 式 会 社 技 術 研 究 所

大 阪 市 此 花 区 桜 島 北 之 町 60