

IT 型 直 流 饋 電 線 保 護 繼 電 装 置

三 田 勝 茂*

Type IT D. C. Feeder Protective Relaying Device

By Katsushige Mita

Kokubu Branch Works of Hitachi, Hitachi, Ltd.

Abstract

The protection of D.C. feeder for electric railways generally depends solely on the fault selecting characteristics of the High Speed Circuit Breaker. The same characteristics are at most 50% of the setting value of the circuit breaker. Following the recent increase of load current, we are obliged to raise this setting value, resulting, however, the imperfect fault selectivity of the circuit breaker, which sometimes causes to make the damage more serious. Various D.C. feeder protective devices have hitherto been manufactured, but they cannot be satisfactory from the viewpoint of speedy selection of small fault current.

The type IT D.C. feeder protective relaying device which has recently been completed employs a very simple transformer and a thyatron. The device discriminates the fault current and discharge the latter by the secondary induced voltage of the former when the fault occurred, thus operating the circuit breaker within a few cycles.

The artificial field fault tests carried out in June, 1952, between Ohuna and Taura substations of the Yokosuka Line under the sponsorship of the D.C. Circuit Breaker Committee under the Railway Electrification Association testified the perfect fault selectivity of this device.

In this paper the detailed description on this device with the test results is given.

〔I〕 緒 言

直流饋電線の保護は専ら直流高速度遮断器の選択性に頼っている現状であるが、機械的、電氣的に強い衝撃を受ける高速度遮断器に現在以上の選択性を望むのは無理なことである。加えて最近輸送量の増大に伴い負荷電流は益々増加する傾向にあるが、他方故障電流は電車線、接地点の抵抗に抑えられ負荷電流より遙かに小さい場合が多く、この為高速度遮断器では故障選択出来ず事故を拡大した例が屢々ある。この高速度遮断器の選択性のみに依らず故障選択を行う継電方式は従来幾つか考えられているが小故障電流の短時間選択という観点からは不満足で完璧な保護を期待し得ず従って一般的に採用されなかつた。

今回完成した IT 型直流饋電線保護継電装置は故障電流と負荷電流の電流上昇率の差を利用し、これを特殊変

成器の二次側にとり出しサイラトロンを始動させ故障の瞬時選択を行う方式で従来の高速度遮断器に較べ格段の差ある選択特性を持つものであり、去る昭和 27 年 6 月 鉄道電化協会直流回路遮断委員会主催の下に横須賀線大船、田浦変電所間に於て行われた人工故障試験に於てもその動作の確実性を実証することが出来た。以下本装置及び人工故障試験結果について報告する。

〔II〕 高速度遮断器による饋電線保護

直流饋電線の保護は、従来から専ら直流高速度遮断器 (HSCB) の選択性に頼っているのは衆知のことである。

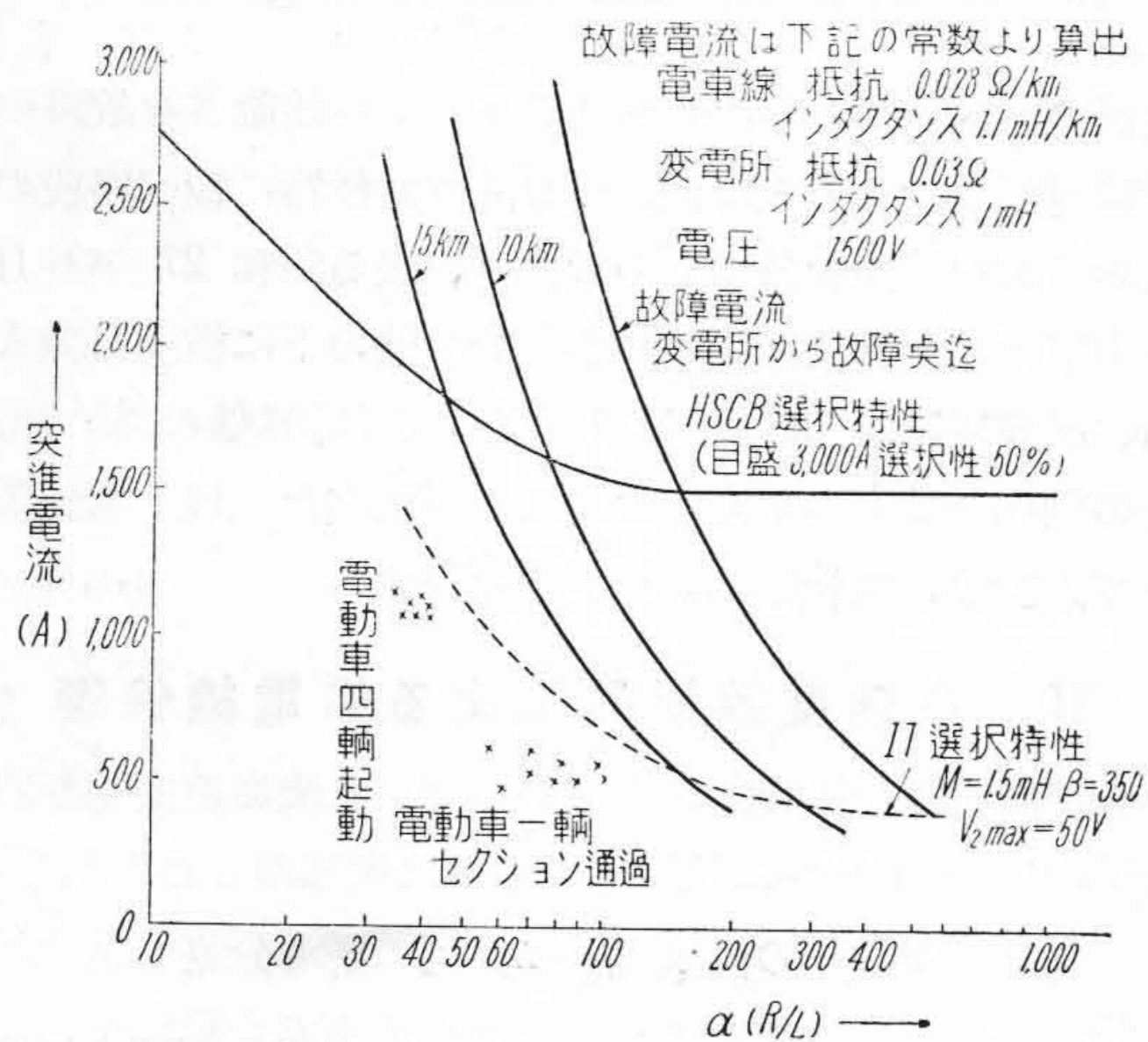
これは HSCB の直列線輪に並列に誘導分路を設け故障時のような突進電流に対しては小電流でも動作するようにしたものであり、この選択性は饋電回路の常数によつても異なるが、せいぜい HSCB の動作目盛電流値の 50% 程度⁽¹⁾であり、且又機械的、電氣的に強い衝撃をうける HSCB にこれ以上の選択性を望むのは無理である。

* 日立製作所日立国分分工場

今 HSCB の動作目盛電流値を 3,000 A, 選択率を 50% とするとその選択特性⁽²⁾は第 1 図の如くなる (図に於て $\alpha=R/L$, R, L は饋電回路の抵抗及びインダクタンス)。一方故障電流を饋電回路が直線的常数を持つものとしてプロットしてみると第 1 図の如くなり、これより HSCB によつては故障点が変電所から 5 km のときは 1,500 A 迄の故障選択が可能であり、故障点が 10 km, 15 km となるに従い故障選択特性は悪くなる。

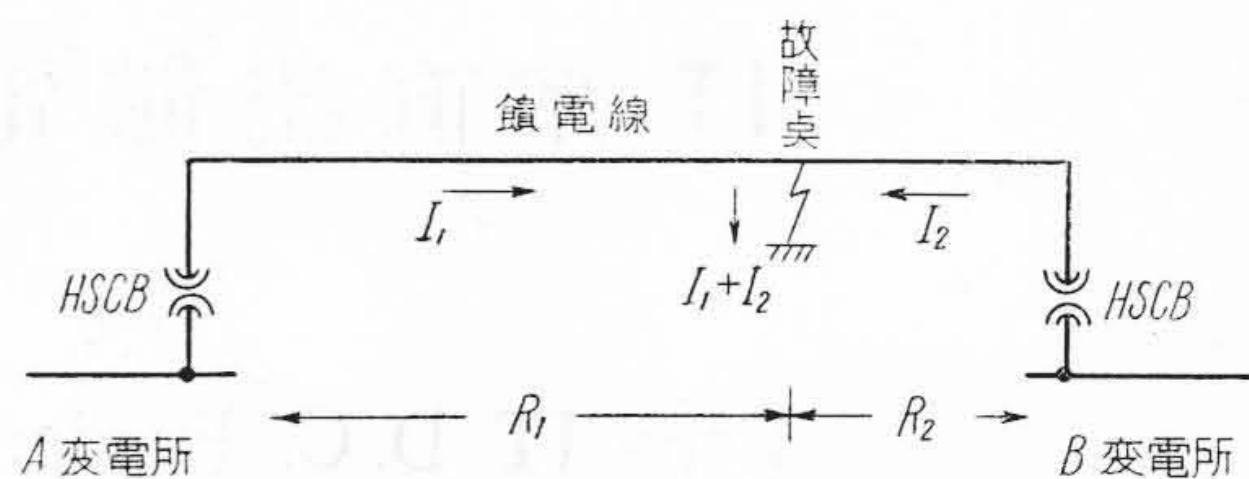
上記は単独饋電について考えたのであるが、普通変電所は第 2 図の如く並列に饋電されておりこの場合には故障電流は略変電所から故障点迄の距離に反比例して各変電所に流れる。即ち第 2 図に於て A, B 変電所から故障点迄の距離をそれぞれ R_1, R_2 とすると $I_1/I_2=R_2/R_1$ となり、故障点が両変電所の略真中であれば $I_1=I_2$ であるから故障点電流の半分で HSCB は動作する必要があり、目盛値 3,000 A 選択率 50% では故障点電流が 3,000 A でなければ選択保護出来ないことになる。故障点がいずれか一方の変電所に近ければ近い方の変電所の HSCB は動作しやすくなるが遠い方は動作し難いわけである。この場合一方が動作後故障電流が相手方変電所に移る場合に於ける動作を期待する訳であるが結局故障点電流が略目盛値以上流れなければ両変電所の HSCB を動作させ得ないと考えられる。

一方運転時の負荷突進電流の特性は従来ある程度測定されているが大體 $\alpha=40\sim100$ ⁽³⁾⁽⁴⁾ 位の処にあり α の大なる所では電流値が小さい。今 8 輛編成電車 (内電動車 4 輛) の場合の特性をプロットしてみると第 1 図の如くなる。



第 1 図 HSCB 及び IT 型保護継電装置の選択特性と故障電流との特性

Fig. 1. Fault Selecting Characteristics of HSCB and Type IT Feeder Protective Relaying Device and Fault Current Characteristics



第 2 図 並列饋電と故障電流分布

Fig. 2. Parallel Feeding and its Distribution of Fault Current

従つて HSCB の動作目盛値とは無関係に運転時の突進電流では動作しない理想的な保護装置の選択特性は第 1 図点線の如くなり単独饋電の場合として約 500 A 程度迄の小故障電流の選択が可能となる。

〔III〕 IT 型直流饋電線保護継電装置

IT 型直流饋電線保護継電装置は上述の如き理想的な選択特性を持たせたもので第 3 図の如く運転電流では飽和しないようにギャップを持つ特殊変成器を饋電線に設置し、この変成器二次側の抵抗の両端に生ずる電圧に依りサイラトロンを始動させるものでサイラトロンには負荷突進電流では動作しないように適当なグリッドバイアス V_G 及びプレート電圧 V_P を与えておく。

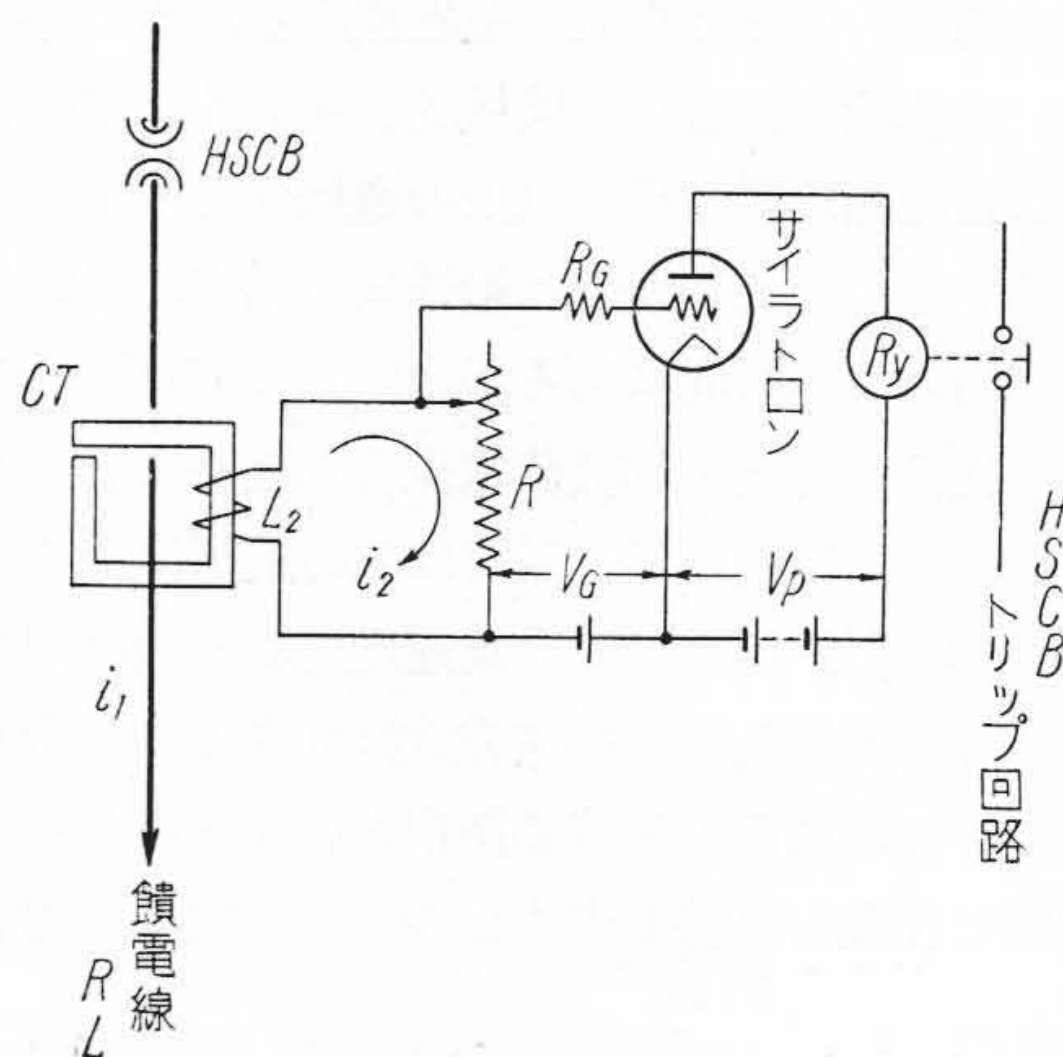
今この変成器の一次側に $i_1=I_0(1-\epsilon^{-\alpha t})$ なる突進電流を流した時 R_2 の両端に生ずる電圧 V_{2max} は近似的に

$$L_2 \frac{di_2}{dt} + R_2 i_2 - M \frac{di_1}{dt} = 0$$

但し M は変成器一次、二次間の相互誘導係数
解いて

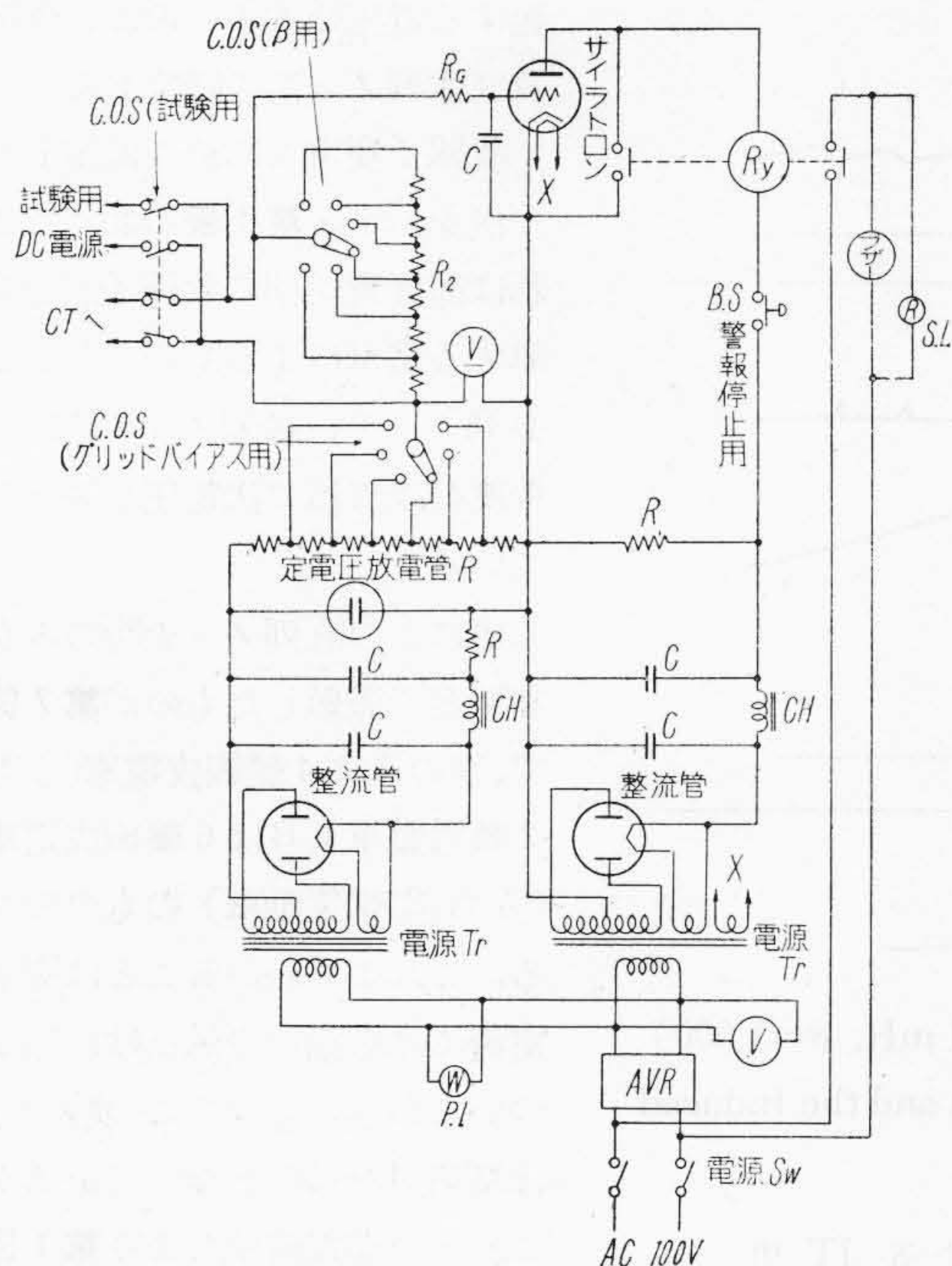
$$i_2 = \frac{\alpha I_0 M}{L_2(\alpha - \beta)} (\epsilon^{-\beta t} - \epsilon^{-\alpha t}) \quad \beta = R_2/L_2$$

よつて R_2 の両端に生ずる電圧は



第 3 図 IT 型饋電線保護継電装置説明図

Fig. 3. Simplified Diagram of Type IT Feeder Protective Relaying Device



第4図 IT 型 饋 電 線 保 護 継 電 装 置 接 続 図
Fig. 4. Connection Diagram of Type IT Feeder Protective Relaying Device

$$V_2 = \frac{\alpha \beta I_0 M}{\alpha - \beta} (\epsilon^{-\beta t} - \epsilon^{-\alpha t})$$

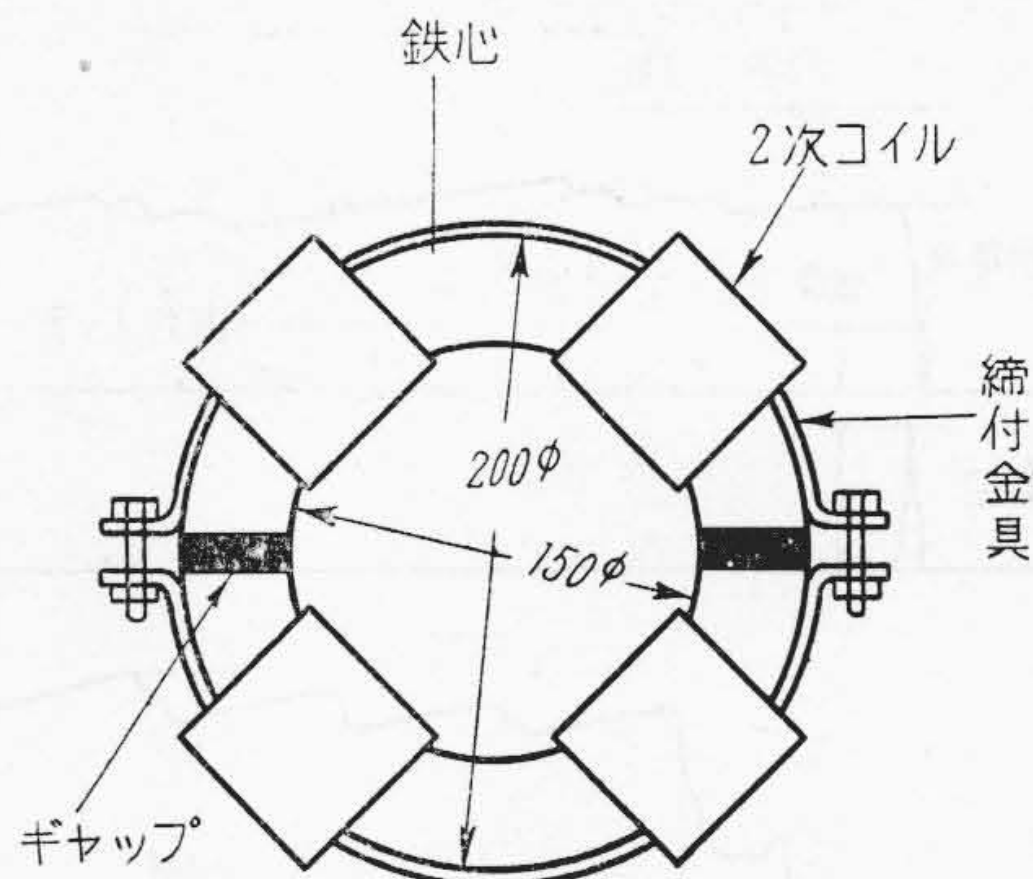
電圧の最大となる時間は

$$t = \frac{\log \alpha / \beta}{\alpha - \beta}$$

よつて

$$V_{2 \max} = \frac{\alpha \beta I_0 M}{\alpha - \beta} \left\{ \left(\frac{\alpha}{\beta} \right)^{-\beta / \alpha - \beta} - \left(\frac{\alpha}{\beta} \right)^{-\alpha / \alpha - \beta} \right\}$$

つまり $V_{2 \max}$ は α , I_0 , M , β によつてきまりこのうち M , β は変成器及び R_2 の設計値により決るから $V_{2 \max}$ は α , I_0 によりきまる。今 $M=1.5 \text{ mH}$, $\beta=350$ として $V_{2 \max}$ が 50 V になるようにカーブをプロットして見ると第1図点線の如くなりよつて $V_{2 \max}$ が 50 V 以上のときサイラトロンが始動するように、サイラトロンのプレート及びグリッドに適当な電圧を与えておけば所望の選択特性が得られる（実際には変成器二次側に誘起する電圧はインパルスであり、グリッド抵抗トグリッドカソード間の容量のため多少積分特性を有する）。即ち本装置に於てはプレートに一定電圧を加えておき、サイラトロンのグリッドバイアスは可変として、その整定電圧を V_G とし、放電開始電圧を V_T とすると $V_G - V_T$ 以上の電圧が変成器二次側に誘起すればサイラトロンは始動するからバイアス V_G を深くすれば選択特性は上り、浅くすれば下ることになる。又別に変成器二次側抵抗 R_2 即ち β を変化すればこの選択特性を変化し得る。この場



第5図 IT 型 饋 電 線 保 護 継 電 装 置 用 変 成 器
Fig. 5. Sketch of Transformer for Type IT Feeder Protective Relaying Device

合 β を小とすれば、変成器二次回路は誘導的となるから R_2 の両端に生ずる電圧は小となり特にこの傾向は α の大なる処で著しいから選択特性は α に対して平坦な傾きを持つ曲線となる。

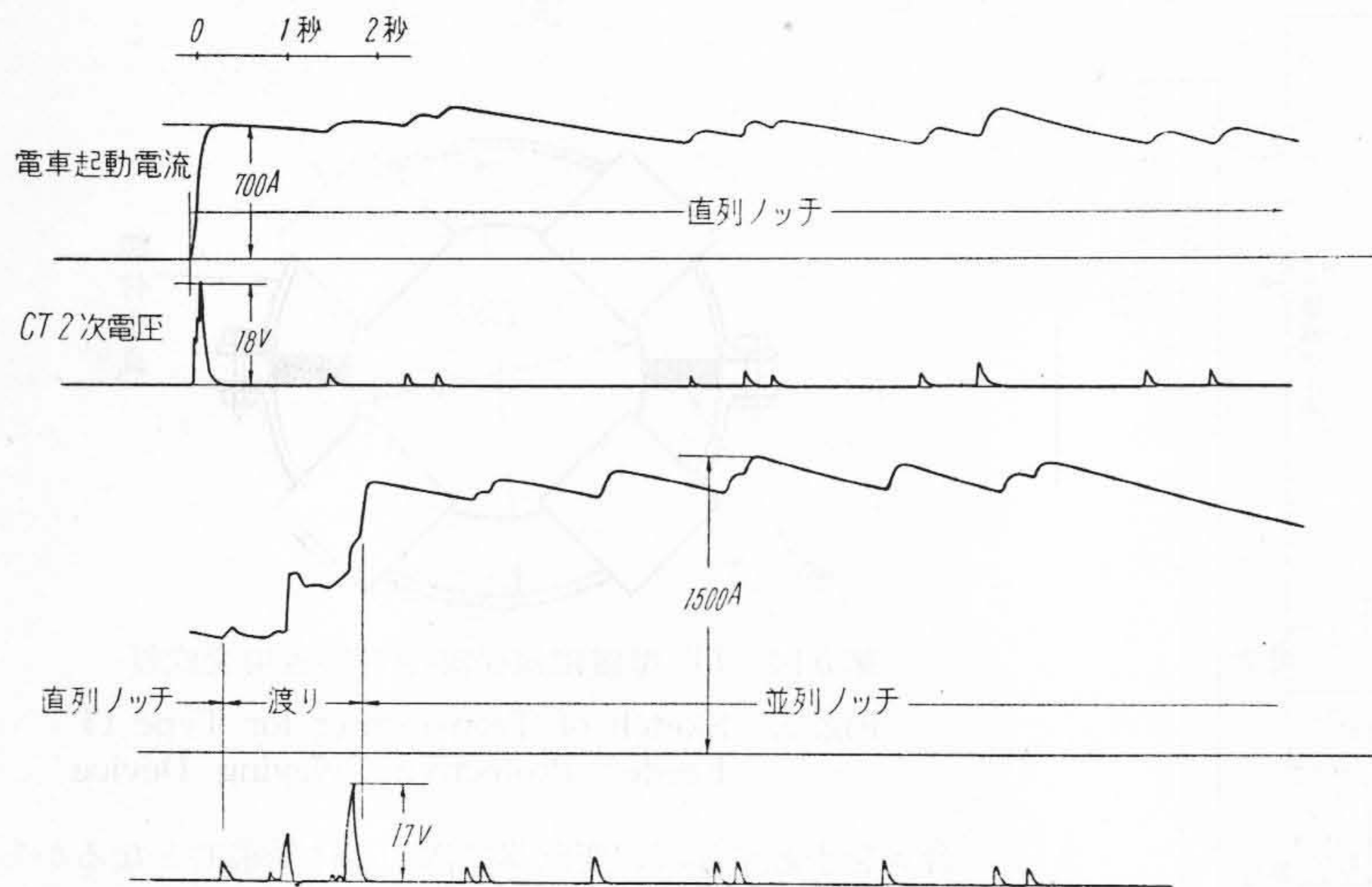
第4図は今回製作した装置の回路図で、電源としては A.C. 100V を使用しこれを整流管により整流しサイラトロンのグリッド及びプレートに直流を供給している。尚又グリッドバイアスの変動は直接に選択特性に変化を与えるので定電圧放電管で抑え更に監視用として電圧計を装置してある。サイラトロンのプレート回路に挿入した補助継電器は電力用のもので且サイラトロンの動作時は継電器を自己保持しサイラトロンを消弧し、その過負荷を防止している。

変成器としては第5図に示す如くコア二つ割りの構造のものでこの変成器の真中を高圧ゴムに絶縁された饋電線が貫通する方式とし高圧部分に触れることなく任意に着脱し得る方式となつている。

本装置の特長とする処は結局サイラトロンを使用しているので、変成器二次側の検出量が極めて小で十分であり、このため変成器一次、二次間の結合を疎に出来、上述の如く変成器が極めて簡単であることと、更にサイラトロンのグリッドバイアス及び β を変化させることにより広範囲に選択特性を変化し得る点にあり、それ故後に述べる如く変電所に於ける負荷突進電流特性は運行電車及び饋電状況により多少異なるがこれに対しても同一装置を簡単に応用出来る。

〔IV〕 電 車 負 荷 突 進 電 流

本装置による保護を行う場合には負荷突進電流では誤動作せず且最良の選択特性を持たせることが必要で、この為には負荷電流の特性を詳細に知る必要がある。然してこの負荷突進電流の特性は運行される1編成電車中の電動車の数及び饋電状況によつて或程度差があるが、昭



第 6 図 電車負荷電流と IT 用変成器二次電圧 (変成器 $M=1\text{ mH}$, $\beta=1,000$)
 Fig. 6. Oscillogram Showing Load Current of Electric Cars and the Induced Voltage of Transformer for IT

第 1 表 直列ノッチ及び並列ノッチ時に於ける IT 用
 変成器二次誘起電圧 ($M=1\text{ mH}$)

Table 1. Induced Voltage of Transformer for IT by Series and Parallel Notching Current

車軸数	β	CT 2 次電圧 (V) 直列ハッチ時	起動電流 (A)	CT 2 次電圧 (V) 並列ハッチ時	起動電流 (A)
6	600	16.5		14.0	
6	600	15.0		16.5	
6	600	18.8	700	14.0	1,200
6	600	14.0	600	9.5	1,000
6	600	12.0	670		
6	600	13.0	700		
4	600	17.0	420		
6	1,000	17.8	700	16.9	1,100
6	1,000	18.7	700	13.0	1,200
6	1,000	17.7	800	13.2	1,000
6	1,000	17.3	800	24.0	1,400
6	1,000	16.0	800	13.0	1,200
4	1,000	17.0	420		
4	1,000	13.2	420		

和 26 年 9 月常磐線我孫子変電所に於て測定した結果、
 下記のことを確かめることが出来た。

即ち変成器二次側に大きな電圧を誘起する負荷突進電流は変電所近辺を発車する電車の直列及び並列ノッチ時と饋電状況が特別になつている場合にはセクション通過時である。

(1) 電車起動電流

電車の起動電流は第 6 図の如くなり変成器二次側に誘

起する電圧の大きいのは、直列及び並列ノッチの時である。

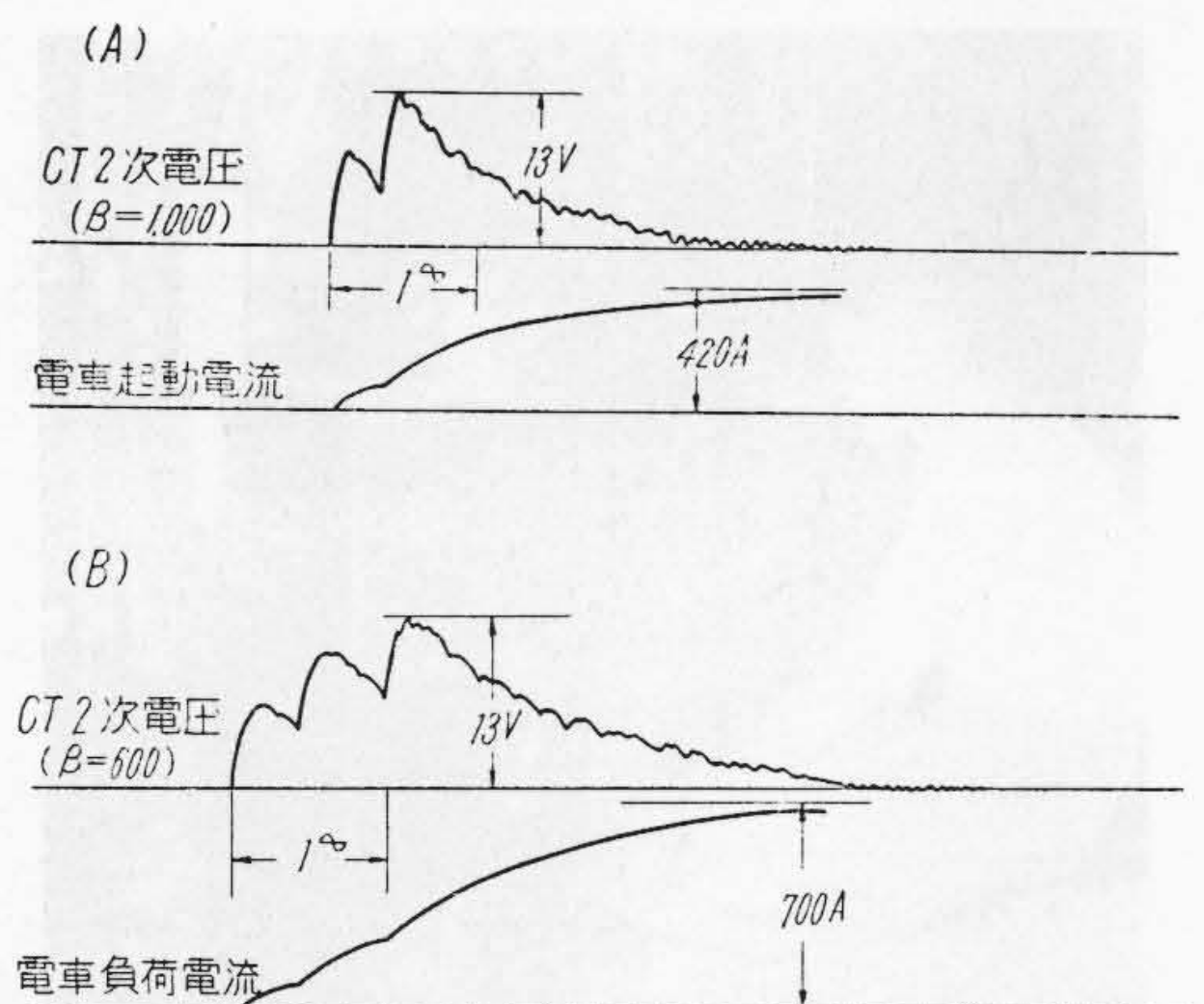
我孫子変電所に於て測定した一例を示すと第 1 表の如くでこれは同変電所前の我孫子駅を発車する電車によるものであるが直列ノッチ、並列ノッチ時略同程度の変成器二次電圧を誘起している。

更にこの直列ノッチ時のみを高速度で撮影したものが第 7 図で、図の A は 4 輛編成電車 (うち 2 輛電動車)、B は 6 輛編成電車 (うち 3 輛電動車) のものである。これよりわかることは突進電流には電動車の数だけ段階がついており、よつてこの時の α は概略 40~50 となつてはいるがこれと突進電流値とより第 1 図から求められる変成器二次電圧よりは小さな電圧を実際には誘起している。又この各電動車のスイッチインの時間的ズレは各編成電車によつてまちまちであるので変成器二次電圧にも多少差が出て来ている。故に大編成電車の運行される区間に於ても直列ノッチ時の変成二次側誘起電圧はそれ程大とならないであろうことも推定される。

電車が変電所から遠ざかり変電所から遠い駅を発車の場合には、並列饋電する相手側変電所の負荷分担も大となつて来るので、変成二次電圧は小となつてくる。

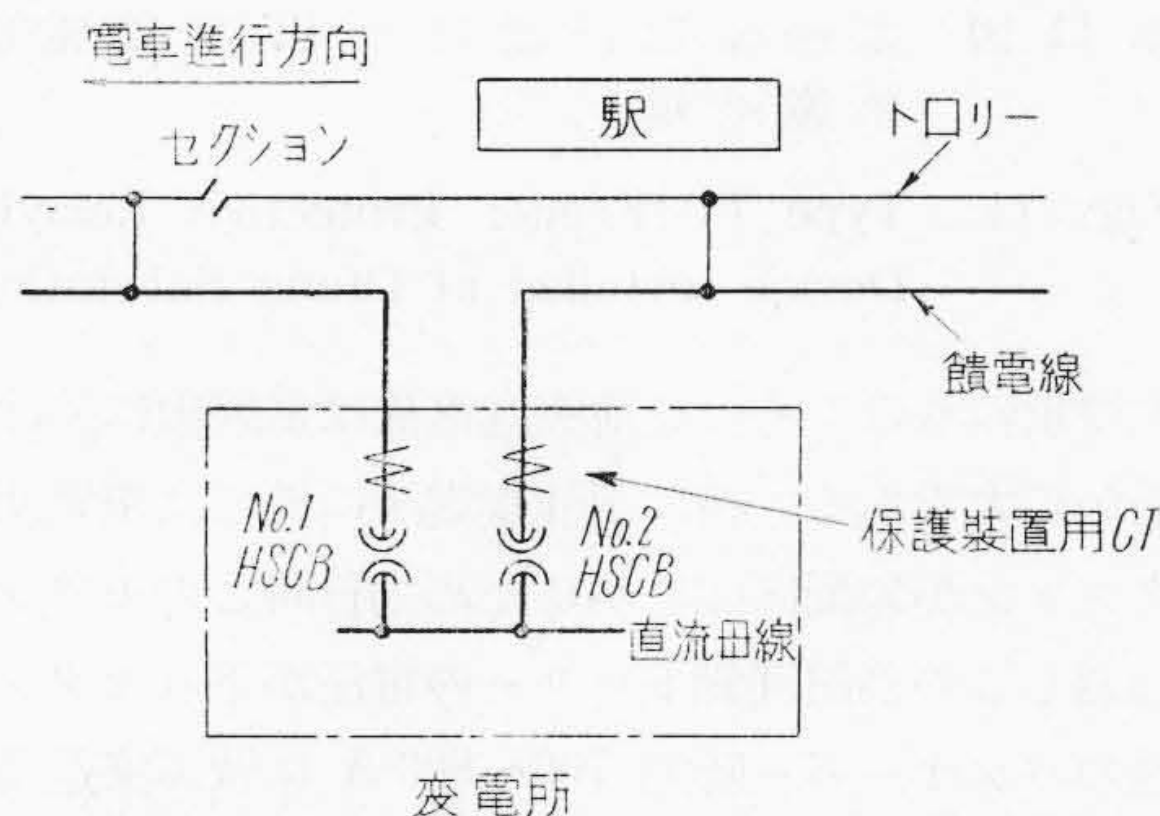
(2) セクション通過時

電車線には饋電の都合上トロリーにセクションが設けられてありこれが第 8 図の如く饋電されている場合には、電車が負荷電流をとつている状態でこのセクションを通過する。編成電車は普通電動車の数だけパンタグラフをあげて運転しているが、このパンタグラフがセクションを通過する毎に負荷電流は別の饋電線に移されてゆく。即ち第 8 図の No. 1 HSCB, No. 2 HSCB を流れる電流は第 9 図に示す如く階段的に変化してゆく (図は電動車 3 輛、進行方向より第一、二、三



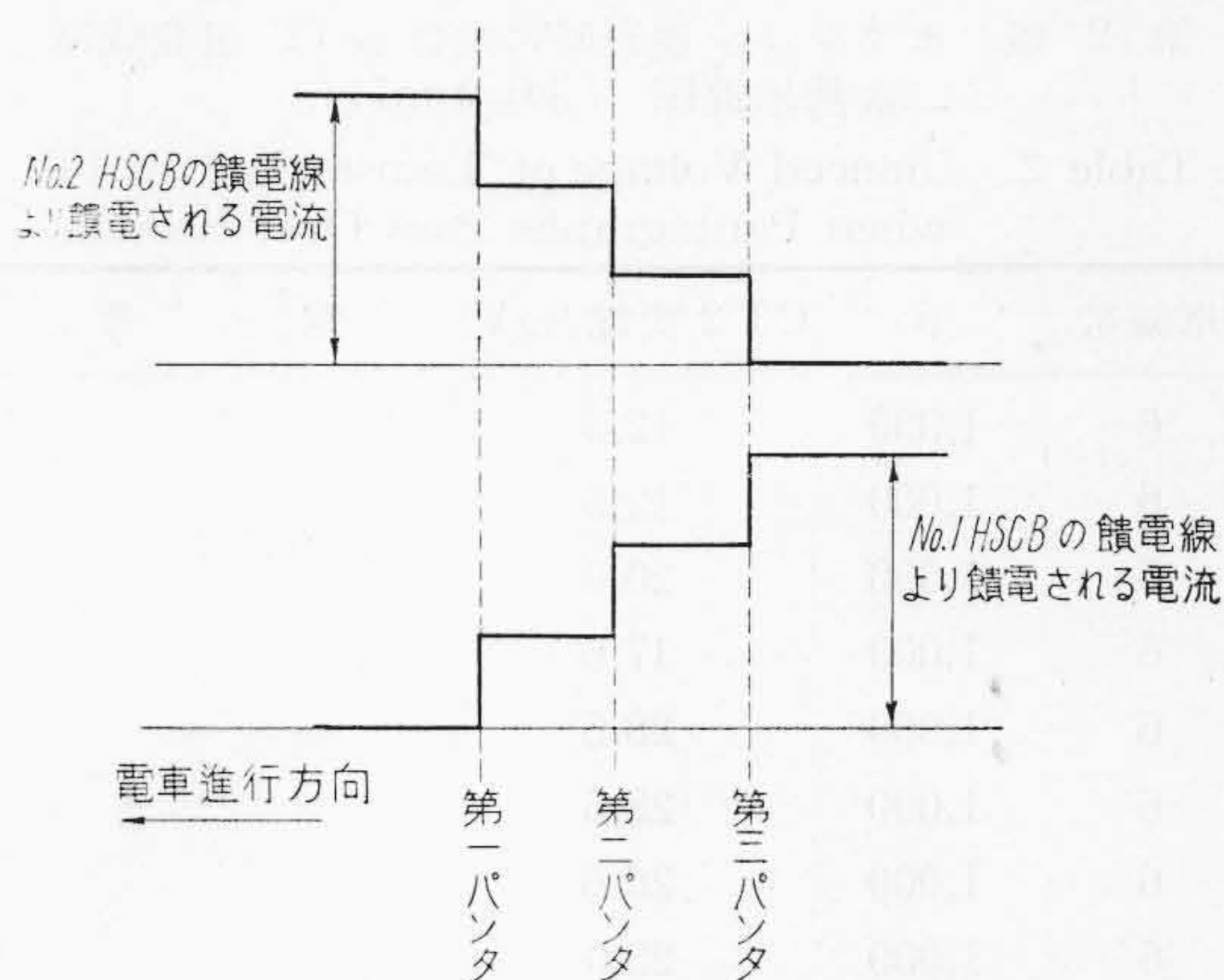
第7図 電車負荷電流とIT用変成器二次電圧 ($M=1\text{ mH}$)

Fig. 7. Oscillogram Showing Load Current of Electric Cars and the Induced Voltage of Transformer for IT



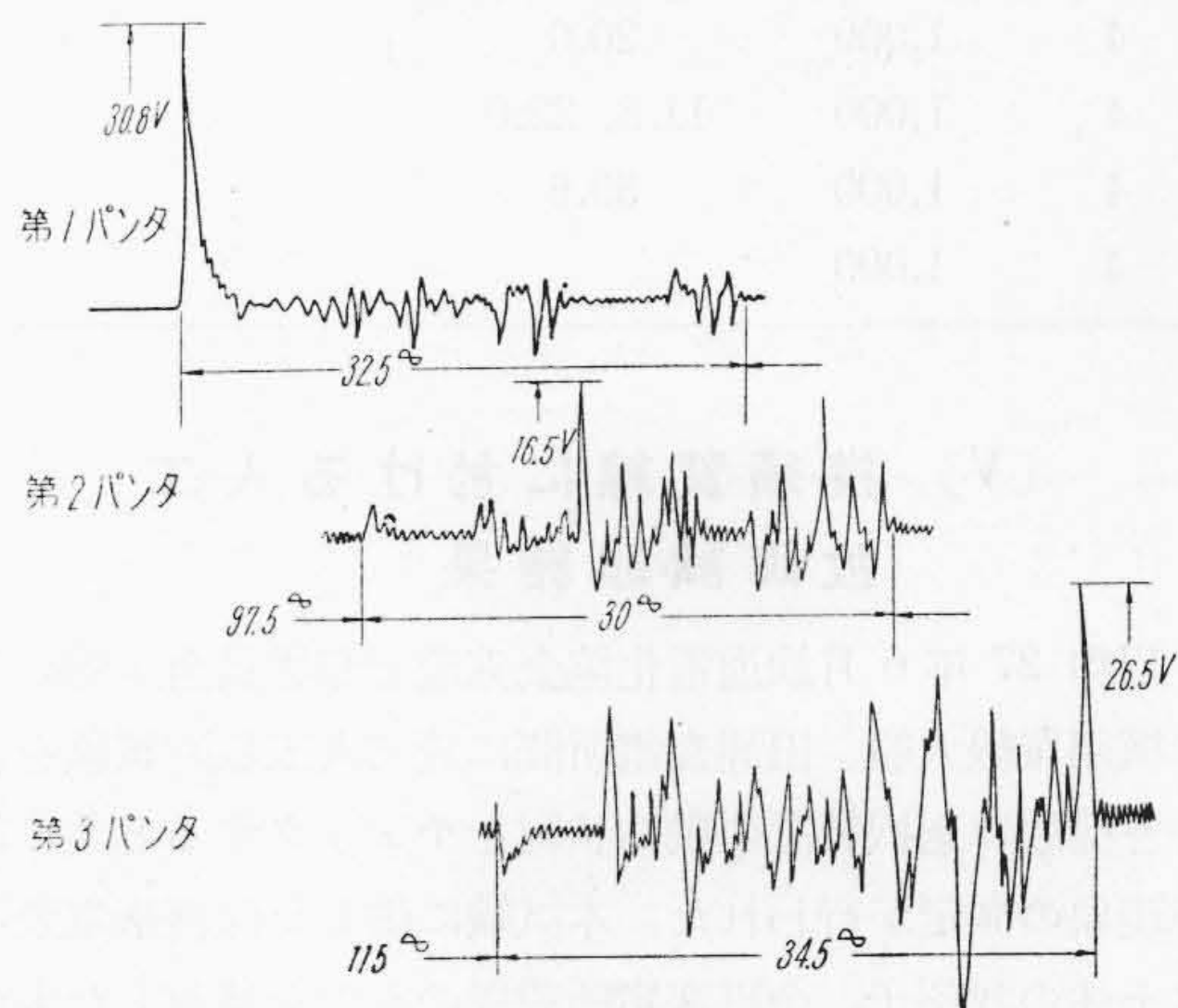
第8図 セクション附近に於ける饋電状況
Fig. 8. Diagram Showing Feeding State Near Section

パンタグラフとする)。この場合の No. 1 HSCB に流れる突進電流値は饋電状況及び電車編成に於ける電動車の配置状況によつて異なるが大きい場合には数百アンペアとなることもあり、且電車モータのインダクタンスは運転中であるので数 mH 程度でその電流上昇率が大である。我孫子変電所に於ては測定のためこの α を求めることは出来なかつたが従来の測定の結果によると概略 $\alpha=50\sim 100^{(4)}$ 程度となつている。第10図は我孫子変電所に於て測定したセクション通過時の変成器二次電圧でこれは6輛編成(うち電動車3輛)のものでセクションを通過する毎にパンタグラフが躍り複雑なアーク振動電圧を誘起している。この場合の変成器二次電圧の最大値は結局アーク抵抗を除いた回路定数に対しある突進電流により誘起される電圧である。第2表(次頁参照)は我孫子変電所に於て第1表と同一の変成器(同一の M を有する)を用いて測定した結果の一例であつて起動時に較べて遙かに大きい電圧を誘起している。



第9図 パンタグラフのセクション通過時に於ける饋電電流の変化

Fig. 9. Illustrating Diagram Showing the Change of Feeder Current when Pantographs Pass Over the Section



第10図 パンタグラフのセクション通過時に於けるIT用変成器二次誘起電圧 ($M=1\text{ mH}$ $\beta=1,000$)

Fig. 10. Oscillogram Showing the Induced Voltage of Transformer for IT when Pantographs Pass Over Section

尚この他整流器によるリップル電圧も変成器二次側に誘起するがこれは負荷電流に比例し負荷電流 2,000 A で約 2~3% の誤差を選択特性に与える程度である。

負荷電流の特性は大体上述の如くである。参考迄に我孫子変電所の選択特性 ($M=1.5\text{ mH}$, $\beta=350$) を第1図点線に示す。

本装置は昭和 27 年 1 月 1 日より同年 5 月末迄常磐線我孫子、金町変電所上り線に設置し、この間選択特性の調整のため多少の誤動作を許したが、この間生じた二回の電車故障時(保護装置と HSCB は連繫せず警報のみ、HSCB 自身は、この時いつでも片側動作のみ)には我孫子、金町とも動作し本方式による故障選択の可能性を実証することが出来た。

第 2 表 セクション通過時に於ける IT 用変成器
二次誘起電圧 ($M=1\text{ mH}$)

Table 2. Induced Voltage of Transformer of IT
when Pantagraphs Pass Over Section

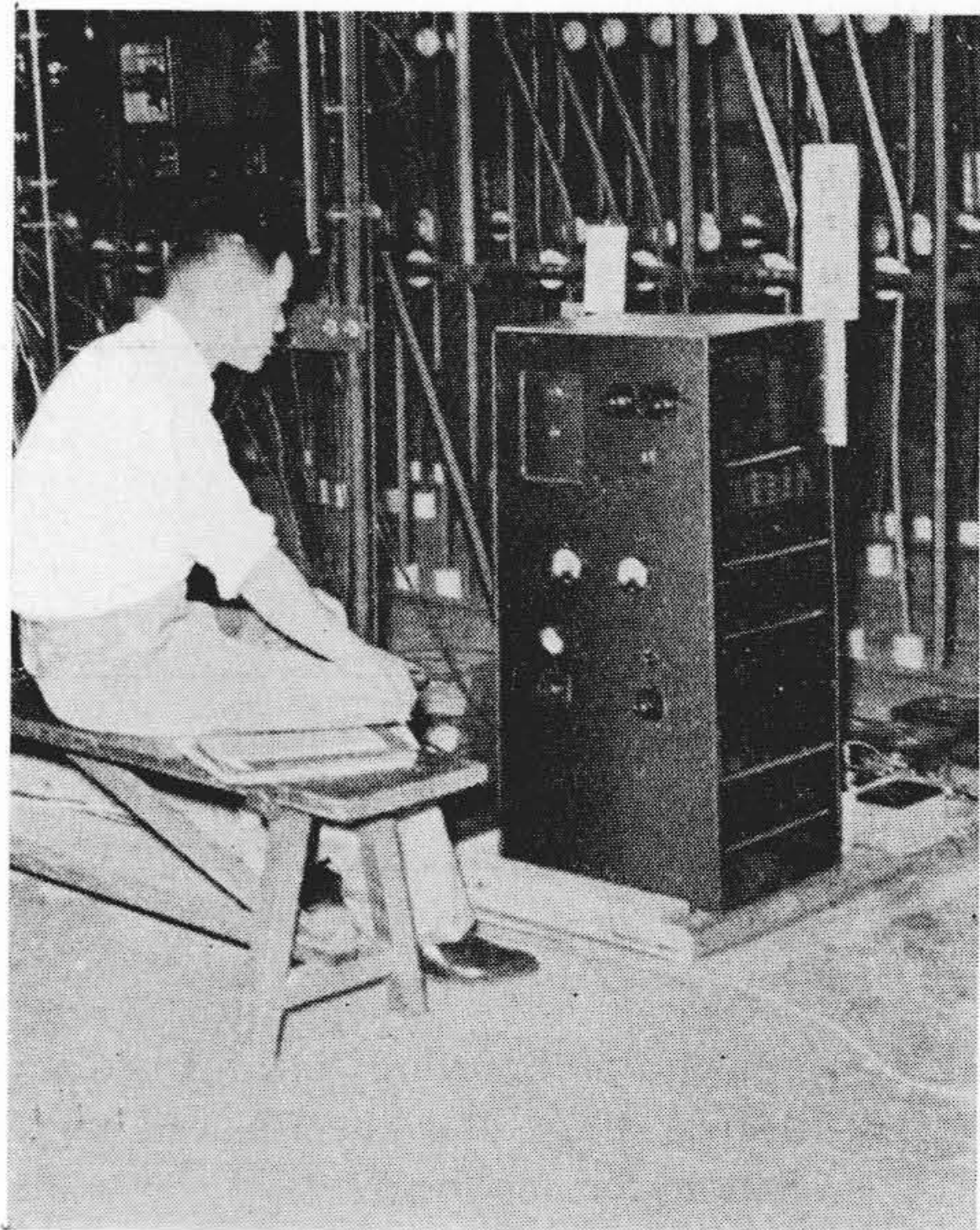
車輛数	β	CT 2 次電圧(V)	備 考
6	1,000	12.5	
6	1,000	12.5	
6	1,000	20.0	
6	1,000	17.6	
6	1,000	28.5	
6	1,000	28.5	
6	1,000	26.6	
6	1,000	25.0	
6	1,000	24.6	
6	1,000	23.6	
6	1,000	16.0	
6	1,000	30.8, 16.5, 25.6	
4	1,000	0.0	ノッチオフにて通過
4	1,000	20.0	
4	1,000	11.3, 22.0	
4	1,000	30.6	
4	1,000		

〔V〕 横須賀線に於ける人工 故障試験結果

昭和 27 年 6 月鉄道電化協会直流遮断委員会主催の下に横須賀線大船、田浦変電所間に於て人工故障試験を行い各種故障選択装置の動作状況をチェックすると共に故障現象の測定が行われた。本試験に供した保護継電装置は上述の我孫子、金町変電所設置のものを移設したものである。第11図は大船変電所設置の IT 型直流饋電線保護継電装置の外観である。

（1）大船、田浦変電所饋電状況

人工故障試験の行われた横須賀上り線の大船、田浦変電所よりの饋電状況は第 12 図の如くである。本区間に運行される電車は 1 編成最大 14 輛（うち電動車 7 輛）



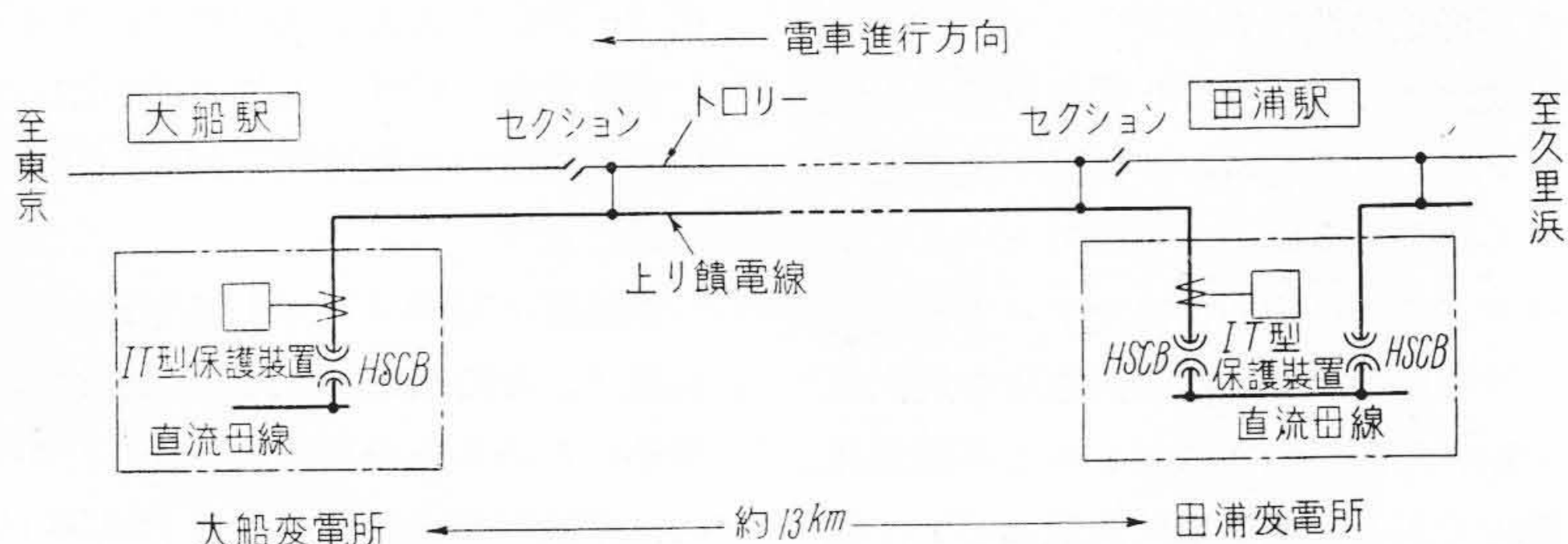
第 11 図 大船変電所設置の IT 型饋電線
保護継電装置

Fig. 11. Type IT Feeder Protective Relaying
Device Installed at Ofuna Substation

の大容量のものでその負荷突進電流は常磐線に於けるより遙かに大である。特に田浦変電所に於ては変電所前のセクションが勾配区間にあるため力行時このセクションを通過しこの為田浦側トロリーの電圧が下りセクション通過のパノオーバー時約 700～800 A に及ぶ突進電流が起り大船変電所に比べその選択特性を下げる事が出来なかつた。第 13 図は本試験に於ける大船、田浦設置の保護継電装置の選択特性を示す。同図には参考までに両変電所 HSCB（目盛 4,500 A）の選択率を 50% とした時の選択特性を示す。

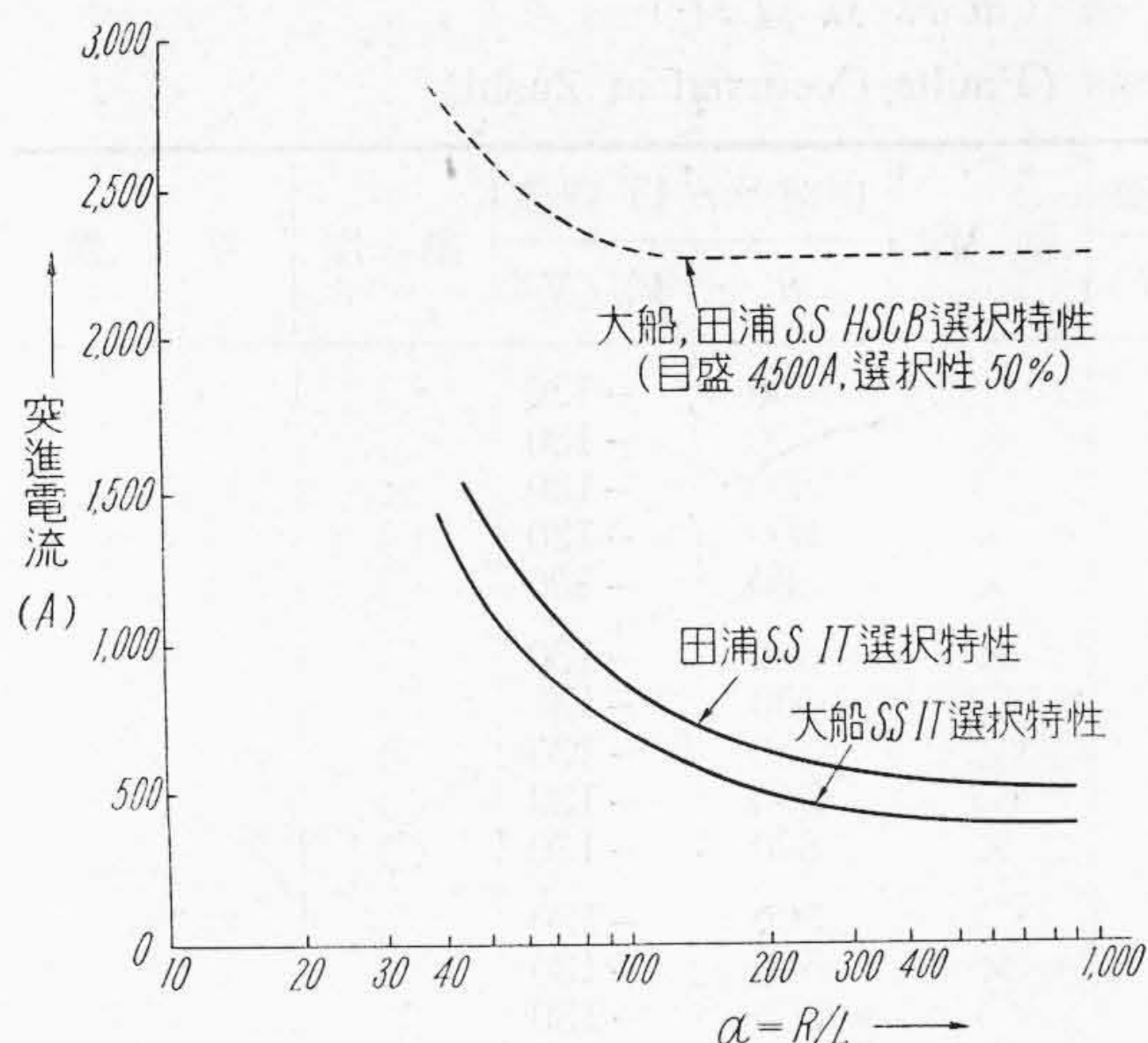
（2）人工故障の種類

今回行つた試験は特に実際故障に近い状態を現出するため下記の如き多種類の故障を発生させ又電車負荷のある時を選んで故障を発生させた。故障点は第 1 回目逗子



第 12 図 横須賀線田浦大船間の饋電状況

Fig. 12. Schematic Diagram of Feeding State between Ofuna and Taura
on the Yokosuka Line



第 13 図 横須賀線大船田浦変電所に於ける IT 型饋電線保護継電装置の選択特性

Fig. 13. Fault Selecting Characteristics of Type IT Feeder Protective Relaying Device for Ofuna and Taura Substation

第 2 回目大船に於て発生させその回路は第 14 図の如くである。即ち故障点の投入用 DS により故障を発生させ故障点には限流抵抗を挿入し、故障電流を制限し、2~3 sec 後故障電流を故障点の遮断用 HSCB にて遮断する。変電所に於ける保護装置と饋電用 HSCB との連繫は特別に他行わなかつた。

故障の種類は下記の如くである。

(a) 短絡

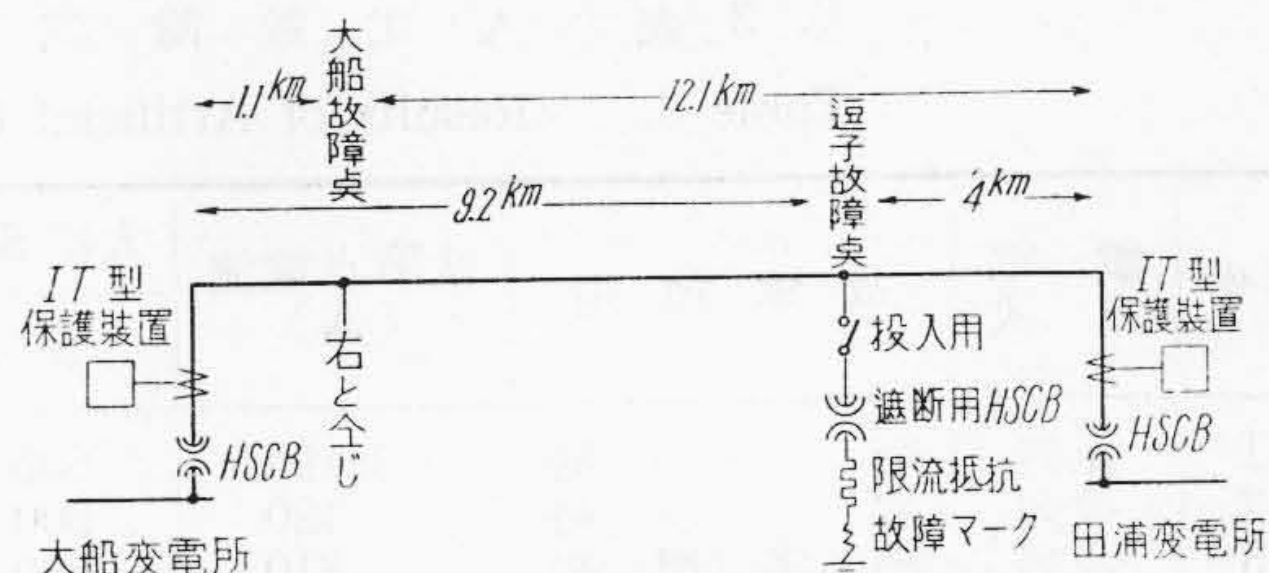
故障点に限流抵抗を入れ故障電流を流し電弧は発生させない

(b) 碍子閃絡

電車パンタグラフ用碍子劣化により電車屋根に閃絡した場合

(c) 導体落下

トロリーが電車屋根に落下したとき (自然落下)



第 14 図 横須賀線に於ける人工故障試験回路

Fig. 14. Circuits for Artificial Fault Tests on the Yokosuka Line

(d) 絶縁管破壊

電車高圧配線用の電線管の破壊により閃絡を生じた場合

(e) 避雷器、接続函破壊

特に自然破壊に導き電弧を発生させた

(f) 主フューズ函、補助フューズ函破壊

(g) 木材沿面、絶縁物沿面電弧

木材、絶縁物の近辺に於て電弧を発生させた場合

(h) 鉄紛沿面電弧

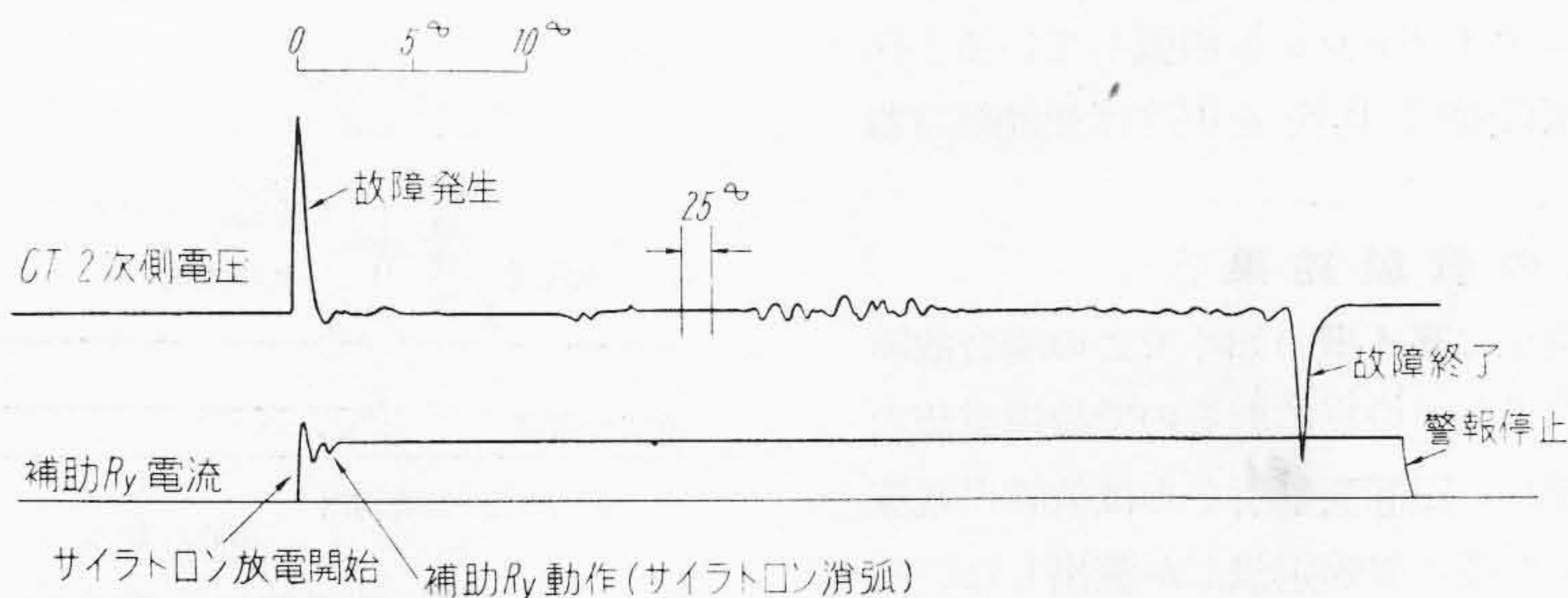
絶縁物上に鉄紛の堆積を生じたため閃絡した場合

(i) 電弧拡大

電車フューズ、遮断器が電弧を遮断し切れないで他へ電弧が移行した場合。

(3) 逗子故障の試験結果

逗子故障の場合の試験結果は第 3 表 (次頁参照) の如くで第 14 図より明かなる如くこの場合故障点が田浦変電所に近いので故障電流の約 2/3 が田浦より流れ、田浦の保護装置は、殆ど確実に動作している。大船は状況により動作しない場合があるが、この場合田浦変電所の HSCB と保護装置を連繫し遮断すれば大船の保護装置は殆ど完全に動作すると思われるが、今回はこの連繫は行わなかつた。第 15 図は導体落下故障 (第 3 表試験番号 23) 発生の場合の田浦変電所 IT 型保護継電装置の動作状態のオシログラムでトロリーが電車屋根に落下した瞬間故



第 15 図 IT 型饋電線保護継電装置の動作状況

Fig. 15. Oscillogram of Fault Protecting Process of Type IT Feeder Protective Relaying Device

第 3 表 人 工 故 障 試 験 結 果 (故障点逗子)

Table 3. Results of Artificial Falut Tests (Faults Occurred at Zushi)

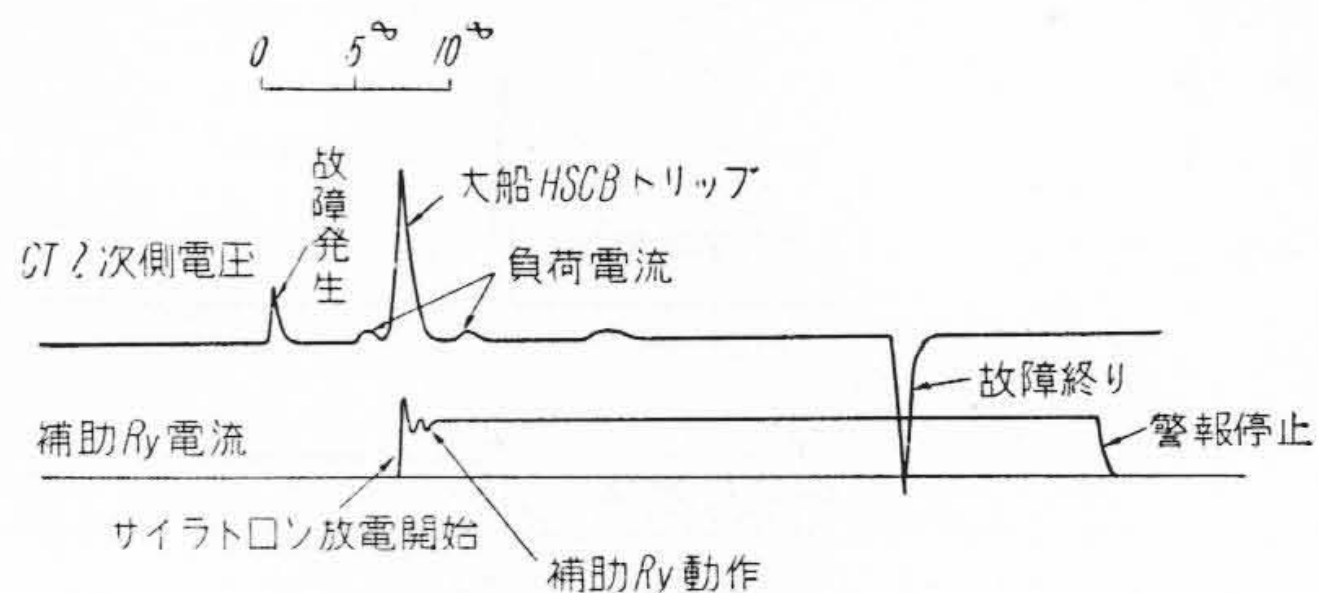
番号	饋電式	故障種別	故障点電流 (A)	大船 S.S IT 調整		動作	田浦 S.S IT 調整		動作	考 備
				β	V_G (V)		β	V_G (V)		
1	並列	短絡	1,190	500	-87	○	500	-120	○	
2	並列	短絡	420	500	-87	×	500	-130	○	
3	並列	短絡	810	500	-87	○	500	-130	×	
4	並列	短絡	890	500	-87	×	500	-130	○	
5	並列	短絡	860	500	-87	×	500	-130	○	
6	並列	短絡	1,050	500	-87	×	500	-130	○	
7	並列	短絡	960	500	-87	○	500	-130	○	
8	並列	短絡	950	500	-87	○	500	-130	○	
9	並列	短絡	1,070	500	-87	○	500	-130	○	
10	並列	短絡	1,030	500	-87	×	500	-130	○	
11	並列	短絡	1,030	500	-87	○	500	-130	○	
12	並列	短絡	1,060	500	-87	×	500	-130	○	
13	並列	短絡	1,160	505	-87	○	500	-130	○	
14	並列	短絡	1,010	500	-87	○	500	-130	○	
15	並列	短絡	1,060	500	-87	×	500	-130	○	
16	並列	短絡	1,140	500	-87	○	500	-130	○	
17	並列	短絡	1,060	500	-87	×	500	-130	○	
18	並列	短絡	820	500	-87	×	500	-130	×	
19	並列	短絡	1,150	500	-87	×	500	-130	○	
20	並列	短絡	720	500	-85	×	350	-83	○	
21	並列	短絡	730	500	-85	×	350	-83	○	
22	並列	短絡	910	500	-85	○	350	-83	○	
23	並列	短絡	—	500	-85	○	350	-83	○	
24	並列	短絡	1,090	500	-85	○	350	-83	○	
25	並列	短絡	1,170	500	-85	○	350	-83	○	
26	並列	短絡	1,100	500	-85	×	350	-83	○	
27	並列	短絡	1,260	500	-85	○	350	-83	○	
28	並列	短絡	1,230	500	-85	○	350	-83	○	
29	並列	短絡	840	500	-85	○	350	-83	○	
30	並列	短絡	1,020	500	-85	×	350	-83	○	
31	並列	短絡	860	500	-85	○	350	-83	○	
32	並列	短絡	920	500	-85	○	350	-83	○	
33	並列	短絡	1,065	500	-85	○	350	-83	○	
34	並列	短絡	900	500	-85	×	350	-83	×	
35	並列	短絡	1,100	500	-85	×	350	-83	○	
36	並列	短絡	1,030	500	-85	×	350	-83	○	
37	並列	短絡	1,450	500	-85	×	350	-83	○	
38	並列	短絡	1,260	500	-85	○	350	-83	○	

障電流のため変成器二次側に高電圧を誘起し、直ちにサイラトロンが点弧し故障発生後2〜にはトリップ用補助継電器が動作、同時にサイラトロンを消弧している。保護継電装置動作後警報復帰用 B.S を引けば補助継電器は復帰する。

(4) 大 船 故 障 の 試 験 結 果

大船故障の場合の結果は第4表の如くでこの場合故障点は大船変電所より約1kmの点にあるので故障電流の約90%が大船より流れ、田浦変電所からは故障点電流1,000A に対し約80A 程度の故障電流しか流出しないので田浦側は動作していない。この場合大船変電所 HSCB を保護装置と連動トリップさせれば故障電流は田浦側に移りこの時動作させることが出来る。第4表中備考欄に

大船トリップと記入してあるのはこれである。第16図は大船 HSCB トリップの場合(第4表試験番号18)の田



第 16 図 IT 型饋電線保護継電装置の動作状況

Fig. 16. Oscillogram of Fault Protecting Process of Type IT Feeder Protective Relaying Device

第 4 表 人 工 故 障 試 験 結 果 (故 障 点 大 船)

Table 4. Results of Artificial Fault Tests (Faults Occurred at Ofuna)

番号	饋電方式	故障種類	故障点電流 (A)	大船 S.S IT 調整		動作	田浦 S.S IT 調整		動作	備考
				β	V_G (V)		β	V_G (V)		
1	並列	短絡	690	350	-71	○	350	-83	×	
2	並列	短絡	930	350	-71	○	350	-83	×	
3	並列	短絡	930	350	-71	○	350	-83	×	
4	並列	短絡	1,070	350	-71	○	350	-83	×	
5	並列	短絡	630	350	-71	○	350	-83	×	
6	並列	短絡	1,010	350	-71	○	350	-83	×	
7	並列	短絡	980	350	-71	○	350	-83	×	
8	並列	短絡	1,170	350	-71	○	350	-83	×	
9	並列	短絡	1,300	350	-71	○	350	-83	×	
10	並列	短絡	1,330	350	-71	○	350	-83	×	
11	並列	短絡	1,140	350	-71	○	350	-83	×	
12	並列	短絡	1,280	350	-71	○	350	-83	×	
13	並列	短絡	1,370	350	-71	○	350	-83	×	
14	田浦単独	短絡	710	—	—	—	350	-83	○	
15	田浦単独	短絡	630	—	—	—	350	-83	×	
16	田浦単独	短絡	1,160	—	—	—	350	-83	○	
17	並列	短絡	1,410	350	-71	○	350	-83	×	大 船 トリップ
18	並列	短絡	1,990	350	-71	○	350	-83	○	
19	並列	短絡	1,010	350	-71	○	350	-87	×	
20	並列	短絡	990	350	-71	○	350	-87	×	
21	並列	短絡	1,240	350	-71	○	350	-87	×	
22	並列	短絡	900	350	-71	○	350	-87	×	
23	並列	短絡	950	350	-71	○	350	-87	×	
24	並列	短絡	390→1,085	350	-71	○	350	-87	×	
25	並列	短絡	360→940	350	-71	○	350	-87	×	
26	並列	短絡	680	350	-71	○	350	-87	×	大 船 トリップ
27	並列	短絡	1,070	350	-71	○	350	-87	×	
28	並列	短絡	1,470	350	-71	○	350	-87	○	
29	並列	短絡	1,640	350	-71	○	350	-83	○	
30	並列	短絡	370	350	-71	○	350	-83	×	5 mH 10 mH
31	並列	短絡	390	350	-71	×	350	-83	×	
32	並列	短絡	610	350	-71	○	350	-83	×	
33	並列	補助フューズ	810	350	-71	○	350	-83	×	
34	並列	補助フューズ	670	350	-71	○	350	-83	×	
35	並列	主フューズ	1,360	350	-71	○	350	-83	×	
36	並列	主フューズ	1,320	350	-71	○	350	-83	×	
37	田浦単独	短絡	460	—	—	—	350	-87	×	
38	田浦単独	短絡	335	—	—	—	350	-87	×	
39	田浦単独	短絡	800	—	—	—	350	-87	×	10 mH
40	田浦単独	短絡	770	—	—	—	350	-87	×	

浦変電所の保護装置の動作のオツシログラムで故障発生時変成器二次電圧が若干出ており、大船側に於ては直ちに保護装置が動作、故障発生後 5 $\sim$ で HSCB を遮断し故障電流が田浦に移されこの場の電流の立上りにより田浦変電所保護装置が動作している。

尙第 4 表中に 5 mH, 10 mH と記入してあるのは故障点にこの値のインダクタンスを挿入した場合を示す。

(5) 結 果 の 検 討

今回の試験に於て実際故障の場合と大いに異なる点は故障点に限流抵抗を挿入し、故障電流を略 1,000 $\sim$ 1,500 A 程度に制限した点であり、且保護装置と変電所饋電線用高速度遮断器を連動動作させた場合が少なかつたため故障点に遠い側の保護装置の動作状況を全部明かに出来な

かつた。

然しながら本試験中装置の誤動作は皆無でその選択特性を変電所の HSCB と比較してみると第 13 図の如くで格段の差異のあることが判る。即ち単独饋電と考えて HSCB では約 2,250 A 以上の故障電流が流れないと動作しないのに反し本装置によれば 500 $\sim$ 600 A 程度の小故障電流迄選択可能であり、また並列饋電時には HSCB によつては約 4,500 A 程度の故障電流が流れなければ両変電所とも動作を期待し得ないのに反して本保護装置では略 1,500 A 以上の故障電流で両所とも動作している。尙試験は 1,000 $\sim$ 2,000 A 程度の電車負荷が重畳した状態で行われたが両所の饋電線用 HSCB は全然動作せず、また、逗子故障時約 3,000 A の故障電流を流した場合

(深夜試験時で第 3 表には含まれない) も同様であつた。以上より本装置を使用することにより実際故障は略確實に選択出来ると考えられる。尙第 3 表中大船変電所保護装置の動作が故障点電流のみに依つて決つていないのは電車負荷の影響及び故障種類による電流上昇率の差の故と考えられ、この点に関しては今後の測定結果の詳細な検討に待つものである。

〔VI〕 IT 型保護継電装置と パイロットワイヤー方式の併用

並列饋電時には既に述べた如く故障点電流は変電所より故障点迄の距離と逆比例して各変電所に流れる。又この場合電流上昇率も故障点に近い側に於ては減少した形となり故障点に近い側の変電所の保護装置は相手側変電所の HSCB トリップ後の電流増加により動作する訳であるが、この場合片側の動作によつて相手側をも遮断するパイロットワイヤー方式⁽⁵⁾とすれば保護装置の保護範囲を並列饋電する変電所の真中迄に限定することが出来るから極めて有効なことは明かである。第 4 表大船故障の結果中大船トリップの場合故障点が電流約 1,500 A 以下のときは田浦側は動作していないが、これをパイロットワイヤー方式とすることにより、並列饋電時に於ても 700~800 A の故障点をも選択遮断出来ることになる。パイロットワイヤー方式としては両変電所間に連絡線を張るか電話線を利用することも考えられるが、今回の人工故障試験に於ては東鉄にて試作した饋電線を利用する搬送式パイロットワイヤー方式が成功し電鉄関係に於ても今後かかる方式が採用されることを望むものである。

又 IT 型保護継電装置は電流上昇率を利用している故その保護効果は変電所間隔と密接な関係を持ち、第 1 図から明かなる如く変電所間隔が 20 km 程度なれば単独

で十分であるが、パイロットワイヤー方式を併用すれば更に 40 km 程度に於ても尙 1,000 A 以下の故障電流を選択することが出来る。

〔VII〕 結 言

以上 IT 型直流饋電線保護継電装置について報告したが、本装置自体は戦前に於ても一度製作されたことがあるが⁽⁶⁾⁽⁷⁾電車線に於ける負荷電流特性の研究が十分行われなかつた為実用化されずに到つたものである。今回漸くその実用化の見透しを得るに到つたのも関係者各位の御援助の賜である。

特に今回鉄道電化協会直流回路遮断委員会主催の下に行われた人工故障試験は空前の規模のものであり、今後その測定結果の詳細な検討により饋電線保護の為の有効な資料が得られることが期待され、長い間懸案となつていた直流の電線保護の問題の解決も近いことと思われる。

最後に本装置の現地試験に於て多大の御指導、御援助を頂いた東鉄村山氏、鉄道技研広瀬氏、山本氏、及び国鉄我孫子、金町変電区関係者各位に深甚な謝意を表するものである。

参 考 文 献

- (1), (2), (3) 鉄道電化協会直流遮断器委員会：
直流高速度遮断器研究報告（昭和 24 年）
- (4) 山本安也：業務研究資料 25 卷 20 号（鉄道大臣官房研究所）木製区分碍子附近に於けるパンタグラフの聚電状況
- (5) 村山、小林 三田：日立評論 33, 3, 199（昭 26-3）
- (6) 村山俊治：電気月報 20 卷 5 号 電車線の故障検出装置の一考案について
- (7) 村山俊治：電気月報 21 卷 6 号 電車線故障検出装置の実試験について

蓄電池の充電

日立製作所 多賀工場 若林圭次郎 著

A 列 5 判 34 頁 定 價 30 円 十 8 円

東京都千代田区丸ノ内 1 丁目 4 番地
(新丸ビル 7 階)

日立評論社 発行