

三菱電機

昭和 15 年 3 月

第 16 卷

第 3 號



3

鐵道省武藏境變電所 25,000kVA 調相機
自動制御と配電盤設備に就て 75
鐵道省信濃川送電線用保護繼電裝置に就て 89

三菱電機

第十六卷

昭和十五年三月

第三號

鐵道省武藏境變電所

25,000 kVA 調相機

自動制御と配電盤設備に就て

神戸製作所 荒 井 潔

緒 言

豫て斯界腫目の中心となつて居た鐵道省信濃川發送電工事は、昨年12月所期の好成績を以てその第一期工事の完成を見た。本施設は國有電氣鐵道の電力源となるの外東部日本の一般送電幹線中の一つとなるもので、其重要性については本邦 150,000 V 級設備中の隨一とさへ稱せられ、十分な信頼度と高度の確實性を有するものたる事を第一條件として計畫實施せられたものであり、その運轉実績にも多大の期待と重責が懸けられて居るのである。

武藏境變電所は此の重要設備の東京受電所として設けられたもので、受電の確保と送電の整備に輕からぬ役割を擔ふものである。設備は何れも綿密なる企畫のもとに嚴重なる仕様を以て發註せられたもので、製造者も亦總力を擧げて經驗の蓄積を活用し嶄新至高の研究を實現したもの、今や同省直營の慎重なる工事の完成と共に正に帝都の電力の關門として磐石の重味を以て倚賴に應ふるものである。

本變電所の特徴としては次のものを擧げる事が出来る即ち

1. 受電設備に高速度繼電方式を採用して居ること
2. 同期調相機を設け速應勵磁方式により電壓變動を極少ならしめたこと
3. 調相機の並列運轉を容易ならしめてあること
4. 機器保安に充分考慮が拂われて居ること
5. 操作、運轉等の保守上の利便に注意してあること等である。本設備は主變壓器、主油入遮斷器其の他一

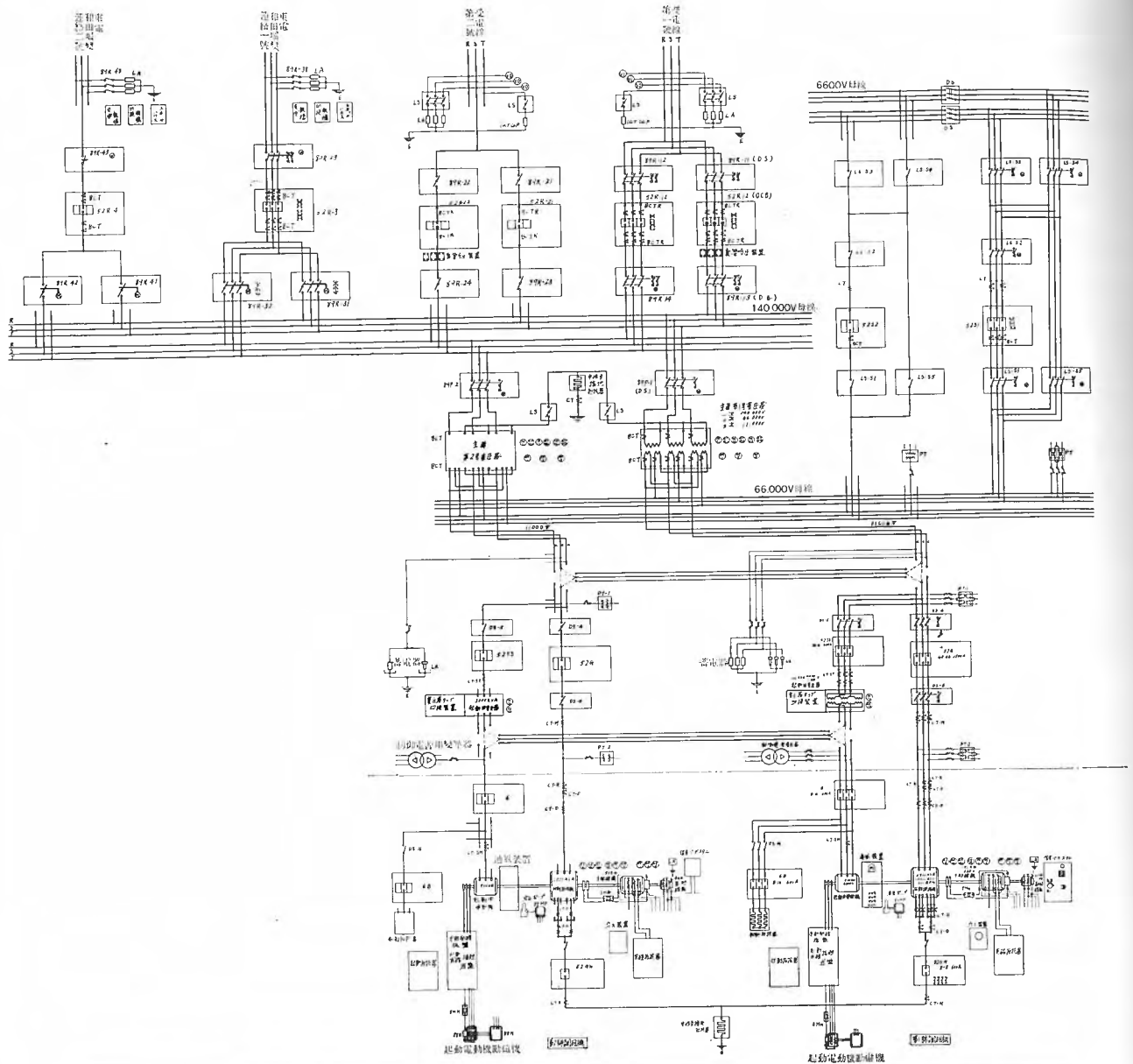
部芝浦製作所製設備を除いては全部當社の製品であつて別項同省第二、第四開閉所設備と共に特異の存在として記録されるものである。以下に設備の概略を紹介し、此等特徴に言及記述することとする。

設 備 概 要

既述の如く本變電所は東京受電所として、新瀉縣中魚沼郡の同省千手發電所から送らるゝ電力を2回線亘長約190 杆の送電線を経て受電して居るのであるが、その主回路の接続は第1圖に見る通りで、140 kV 側主幹部は二重母線二重遮斷器の理想的設備となつてゐる。

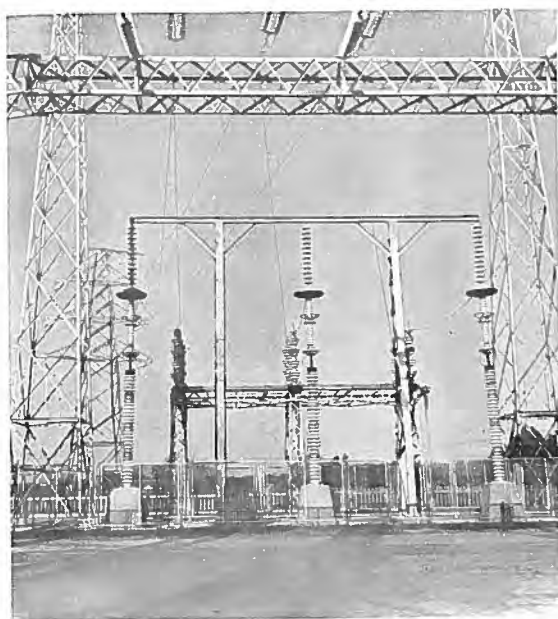
受電端には搬送電話用靜電蓄電器と避雷器が設備されてゐる。避雷器は當社のSV型オートヴァルブ避雷器であつて(第2圖)、これは架空送電線に發生した動搖過電壓が550,000 V に達する迄に放電を開始し、その際有害なる裁斷波尾並に異狀電壓を發生する事なく完全に動搖過電壓を除去するものとなつてゐる。本器は勿論續流を迅速安全に遮斷するものであつて、その放電特性は放電々流3,000 A の時其の端子電壓が750,000 V 以下と指定されてゐるが、試験の結果は遙かに低く570,000 V 程度であつた。尙本器には放電々流最大値の測定裝置が附屬してゐる。これは衝擊電流最大値測定裝置とデンソメーターとの二組よりなり、前者に印加された最大電流軌跡を後者にて計測する様になつてゐるものである。

此の140 kV 母線には主變壓器2組が結ばれて居り、これを同省の東京附近並東海道三島に至る既設60kV 送電網に連繫給電してゐる。他方本母線より託送用として



略 符 號 說 明							
AA	交 流 電 流 計	GCS	調速器制御開閉器	RD	差 動 繼 電 器	SEC	端 電 池 開 閉 器
AV	交 流 電 壓 計	GD	檢 漏 器	RDT	定時限過電流繼電器	SF	界 磁 開 閉 器
BL	警 鈴	GM	調速器用電動機	RF	界 磁 放 電 抵 抗	SH	分 流 器
CB	過負荷自動遮斷器	ICS	誘導電壓調整器用開閉器	REM	無 効 率 計	SI	同 期 檢 定 器
CBR	逆流自動遮斷器	IW	指 示 電 力 計	RFS	無効率計用開閉器	SL	植 杆 及 型 開 閉 器
CC	塞 流 繼 輪	L	表 示 燈	RG	接 地 繼 電 器	SP	スナップスイッチ
CT	變 流 器	LA	避 雷 器	RH	界 磁 調 整 器	SQ	速 切 及 型 開 閉 器
DA	直 流 電 流 計	LG	緑 色 信 號 燈	RIT	反時限過電流繼電器(誘導型)	SR	起 動 器
DV	直 流 電 壓 計	LR	赤 色 信 號 燈	RLV	低 電 壓 繼 電 器	SS	同 期 檢 定 開 閉 器
DS	切 斷 開 閉 器	OS	油 入 開 閉 器	RM	多 接 觸 繼 電 器	SVT	電 壓 計 切 換 開 閉 器
E	接 地	OCB	油 入 遮 斷 器	RPR	方 向 繼 電 器	SW	及 型 開 閉 器
F	包 裝 可 熔 片	OCS	油 入 遮 斷 器 制 御 開 閉 器	RRC	逆 流 繼 電 器	TCT	電 流 檢 定 端 子
ECS	界磁遮斷器制御開閉器	PF	力 率 計	SA	補 助 開 閉 器	TPT	電 壓 檢 定 端 子
FE	放 出 可 熔 片	PT	計 器 用 變 壓 器	SAT	電 流 計 切 換 開 閉 器	TL	低 電 壓 引 外 線 輪
FH	高 壓 カ ッ ト ア ウ ト	R	抵 抗	SC	轉 換 開 閉 器	TSE	直 列 引 外 線 輪
FL	低 壓 カ ッ ト ア ウ ト	RA	補 助 繼 電 器	SCM	起 動 補 償 器	TSH	分 路 式 引 外 線 輪
FM	周 波 計	RB	平 衡 繼 電 器	SD	靜 電 放 電 器	VD	檢 壓 器
FWS	周 波 計 切 換 開 閉 器	RCS	界磁調整器制御開閉器	SE	均 壓 開 閉 器	WH	積 算 電 力 計

第 1 圖 鐵道省武蔵境變電所主幹回路接續圖



第 2 圖 161,000 V オートパルプ避雷器

2 回線の送電線を以て東京電灯和田堀變電所へも給電し得る様になつてゐる。

變壓器は三次巻線を有する單相 18,000 kVA (三次容量 8,500 kVA) のもの 6 箇 2 バンクで、電壓は線間にて一次側 140 kV, 二次側 66 kV, 三次側 11 kV となつてゐる。此の變壓器の一次側中性點は下記の接地抵抗器

によつて接地してある。(第 3 圖)

中性點接地抵抗器 定格電壓 93,000 V

定格電流 210 A, 15 秒間

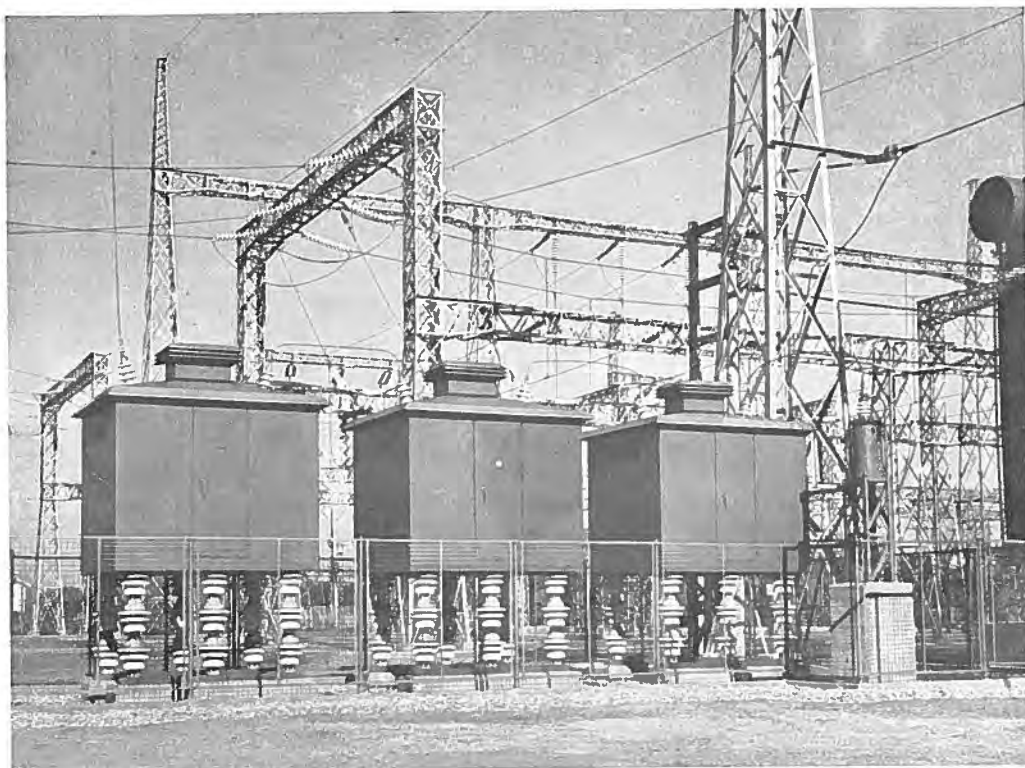
抵抗値 550 オーム

タ ッ プ 450, 475, 500, 525,
550 オーム

本抵抗器の溫度上昇は 350°C 以下となつてゐるが、試験の結果は遙かに低いものであつた。

本變電所の中心設備たる調相機は上記主變壓器の各三次巻線に接續せられ、第二期工事完成(千手 31,000 kVA × 4) 相當容量として進相 25,000 kVA, 遅相 20,000 kVA のもの 2 基が設備されてゐる。本機は横軸、回轉界磁、閉鎖通風式の同期調相機であるが、同省負荷の特異性から過負荷耐量の大なる事が要求せられ、その 1 分間最大出力は進相零力率に於て 30,000 kVA となつてゐる。

本機の起動は起動電動機によるのであるが、起動電動機の電源は主機回路からとり起動用變壓器を通じ 11 kV を 3.3 kV に遞降し、起動用油入遮斷器 #6 を設けて運轉を行ふ様になつてゐる。本電動機は調相機を以て線路充電を行ふ際には誘導電動機として運轉せられ、送電線 1 回線を連續 30 分間充電するに充分餘裕のあるものとして設計せられゐる。



第 3 圖
抵抗器部分

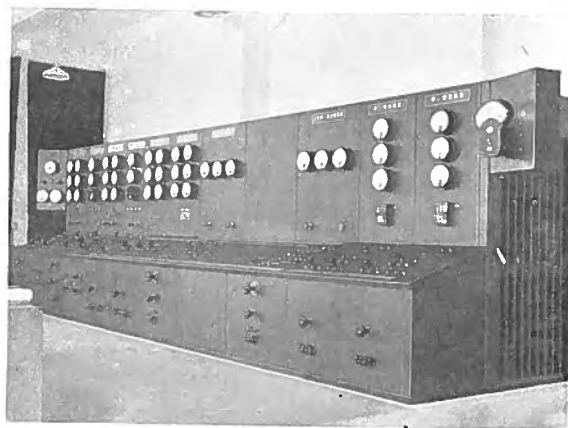
調相機及起動電動機は何れも鐵道省規定試験要項により、工場並据付現場に於て浩瀚なる試験が行われその性能の優秀なる事が確認せられた。實際運轉に當つても變動激しき電鐵負荷に應動して克くその使命を果すものと考へて居る。

調相機を停止せしめるには必要に應じ強力なる制動をかける事が出来る。この場合には約3分にて停動せしめる事が出来るのである。

電壓調整は調相機變電所の重要施設中の一つであるが、これは主送電回路電壓を制御するのが望ましく、本設備では主變壓器の二次側即ち 60kV 側の正相端子電壓を調整する様になつて居る。自動電壓調整器は上記電壓の状態に速應して調相機界磁を急調整するのである。この電壓調整範圍は 60,000V 乃至 69,000V の間に於て任意の値に保持し得る事と規定されてゐる。

配電盤設備

配電盤は配電盤室に受電盤、送電盤、主變壓器盤、調相機盤、自動電壓調整器盤及集合表示器其の他が設けてある。此の制御盤は机型盤となつて居り其の他は直立盤である。凡て鋼板製で黒色艶消に仕上げ堅固美麗に組立てられてある。(第4圖)



第4圖 配電盤

受電盤には前記の高速度選擇繼電方式による各種保護繼電器が設けてある。これは同業芝浦製作所製ECBH-1型高速度電流平衡繼電器、ICBS-7型電流差動接地繼電器等であつて、全社の套管分壓裝置と共に複雑困難なる保護動作を正確迅速に行つて送電不斷の實を擧げて居る。

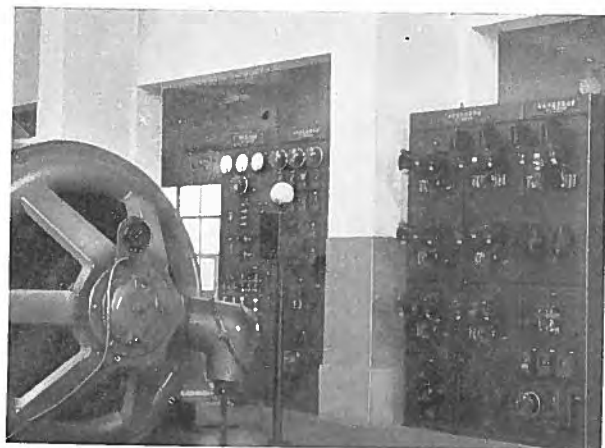
主變壓器盤には當社 CA-4 型比率差動繼電器 #87T が設けてある。三次巻線を有する變壓器の比率差動繼電器はその正確な動作特性を得る事が仲々難かしいのであるが、本繼電器では3組の抑制線輪を巧みに配置して良好な特性を得て居る。これにより變壓器の二次又は三次側が單獨に休止した場合も實用上何等變りのない動作特性となつて居る。本器には2組の單捲變壓器が附屬して居るが申す迄も無くこれは巻線比調整用である。

調相機盤は2面を以て1組となつて居り、1面は調相機起動制御用他の1面は監視、運轉用である。本盤には各種制御器具、保護繼電器等が取り付けられて居るが、これの説明は後項に譲ることとする。

自動電壓調整器盤及集合表示器は何れも獨立盤で、前者には AJ-22 型自動電壓調整器 #90、自動電流調整器 #90C 電壓均整繼電器 #60 及び其の關係の繼電器が取付られて居り、後者には受送電用及主變壓器用故障表示 24 箇、調相機用同 48 箇 (何れも豫備を含む) 並附屬繼電器警報裝置等が極めてコンパクトに裝置されて居る。

これ等配電盤室据付のもの、外に機械室には調相機自動起動盤、同制御盤及勵磁機界磁盤等が設備してある。

(第5圖)之れに所屬するものは何れも直接の起動運轉用であつて、自動起動繼電器盤には主制御繼電器 #3、#4



第5圖 起動盤

停止繼電器 #5 及起動用補助繼電器等、自動起動接觸器盤には起動抵抗短絡用接觸器 #66a~f 等、勵磁機界磁盤には界磁遮斷器 #41、界磁變更繼電器 #53 等及び速應界磁變更繼電器 #93、界磁加減抵抗器制御繼電器 #70X、70Y 自動電壓調整器補助繼電器 #90Y 等が取り付けられて居る。

又この附屬設備たる抵抗器類、起動勵磁機等は主機周りに保守の好位置を占めて配置されて居る。機の起動は此等の本盤設備により機械室からも制御出来る様になつて居るのである。

配電盤室に於ては一切の制御を高度の自動式にて行ふことが出来るのであつて、その制御方法の詳細は後述する通りであるが、主なるものを概記すれば

1. 主要斷路器操作は命令灯によつて行われること
2. 斷路器（又はその命令灯）と關係油入遮斷器との間には誤操作防止の連動が設けてあること
3. 動作表示、位置表示、故障表示等により状況監視が便にされて居ること
4. 機の起動は自動手動の外機械室配電盤室何れからも出来、且非常停止は機械室現場からも行ひ得る様にされて居ること
5. 起動用電動機に誘導同期電動機を採用して居るので同期化の簡單なること
6. 調相機の回路投入の前には電壓均整を行わしめるので衝激をうける事のないこと
7. 横流補償、同期外れ保護等機の運轉を安易ならしめてあること

等でこれは本制御方式の特徴と考へる事が出来るのである。

調相機の自動制御

制御方式を適用するに當り考ふべきことは第一にその運行の圓滑安全なること第二に進行に遅時なきことの二つである。本設備は斯の如き考慮のもとに施設せられたものである。

1. 調相機の起動

既述の如く調相機の起動は誘導同期電動機を用ふる所謂起動電動機による方式であるがこの概略は次の通りである。

イ、起動條件の確認

即ち機が起動運轉に入り得る状態にあるや否やを點檢確認するのであつて、其の條件としては

- a. 遮斷器、繼電器類が故障鎖錠して居らぬこと
- b. 加減抵抗器が所定の位置にあること
- c. 通風ダンパーの開放して居ること
- d. 軸受循環油ポンプの始動して居ること

等であつて、これは動作表示灯 W_0 によつて確める事が出来るやうにしてある。

ロ、起動用補機の動作

起動條件が何れも満足の状態にあれば起動押釦 #1 を押して主制御繼電器 #3, #4 を動作させる。斯くすれば軸受浮揚油壓ポンプ #88 MP は直に始動し、主機の軸受に高壓油を壓入し、回轉子を浮揚し起動を容易ならしめる。又起動電動機用勵磁機 #88 E も同時に起動して起動電動機を勵磁する準備をする。

ハ、起動用電動機の起動

軸受浮揚の油壓が所定以上の値に達すれば油壓繼電器 #63 Q #63 QX, Y が動作し、油入遮斷器 #6 が閉路し起動用電動機が徐々にその回轉を開始する。

起動抵抗は加速繼電器 #18 の動作により次々と短絡されて行く様になつて居るが、本設備ではこれを7階段にわけて居る。これは起動電流の2倍以上の突進を見ぬ様又起動時間が徒に延びぬ様適當に選ぶである。抵抗の短絡には接觸器を採用した。

ニ、起動用電動機の同期化

起動用電動機が充分加速され最後の滑りに達すると、この回轉子に囊に起動して居る起動電動機用勵磁機から直流勵磁を加へて同期速度に牽入れる。この時の直流勵磁と滑り及蓄勢輪効果の間には一定の關係があり當然これを満足するものでなければならぬ。直流勵磁は勿論大なる方がよく又蓄勢輪効果は大ならざる方がよろしいのである。當設備では起動電動機用勵磁機を 55V 25kW に決定した。これによつて所謂“齒切れのよい”同期牽入を可能ならしめて居る。（第7圖）

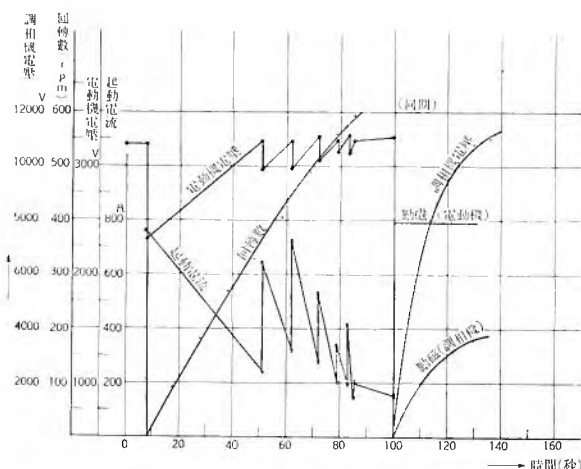
尙直流勵磁を與へる際注意を要する事は機に衝撃を與へる事の無いようにする事である。これには特殊の極性繼電器 #36 を電動機回轉子回路に設け、回轉子電流方向を検出し適當の時期を選ぶで直流勵磁を加へる様にして居る。

ホ、起動中の保護裝置

以上の起動々作の進行中には次の保護裝置が加へられて居る。

- a. 起動用電動機の過負荷保護
- b. 起動裝置故障の保護（起動時間の延長）

而して上記の外、軸受の溫度上昇とか潤滑油の不足とか



第7図 25,000 kW 調相機起動特性曲線

常時運転中にも起り得る故障に対しては當然夫々の保護が行われて居るわけである。

2. 同期化、電圧均整及系統への閉合

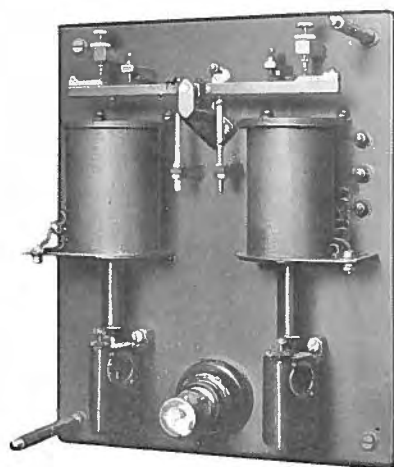
調相機の同期化は前項二に記述の如く起動用電動機の同期化によつて容易に同期速度に達せしめられるのであるが、同時に主勵磁機及副勵磁機は既に電圧を發生して居るので、これを主機界磁に加へる事となり調相機は愈々系統へ閉合可能の状態となる。

即ちその連動回路は、電動機他勵磁接觸器 #31 M が接觸を閉ちると調相機の界磁遮斷器 #41 は、先づその補助繼電器 #41 X 動作しアンチポンピング作用を経過して主接觸を閉ちるのである。アンチポンピング作用とは遮斷器類の閉路機構に不具合のあつた場合、頻繁に閉路動作を繰返し他の支障を繼發する事があるのでこの事を防ぐ爲のインターロックであつて、前掲の #6 にも又後記する主回路用遮斷器 #52 G にも其の他各遮斷器にこれが附加してある。

調相機が電圧を確立するのは加勵時から約 40 秒を要するのであるが、これは交流電壓繼電器 #75 によつて確める。#75 は其の動作値を種々調整する事が可能であるが本設備では定格電圧の 95%、10,500 V に定めてある。

さて機を系統へ閉合するには閉合の前に系統に対して自機の電圧均整を行つて置かねばならない。これは電圧均整繼電器 #60 によつて主勵磁機界磁を調整して行ふて居る。本繼電器は釣瓶式平衡繼電器であつて左右 2 箇の釣合プランヂヤーを有し、それを動作せしめる 2 箇の線

輪は各々電源及び調相機端子電圧で附勢せられて居る。又この線輪は各々直列抵抗 #R-60 を有しアンチハンテングタップを附屬して居る。(第8圖)



第8図 AF型電圧均整繼電器

調相機電圧が系統に対して差のある場合にはその高低に従つて接點 ℓ 又は r を閉ち、これによつて電圧調整器の補助繼電器 #90 X を附勢し、界磁加減抵抗器制御繼電器 #70 X、#70 Y を動作せしめ制御電動機 #70 M を回轉させ、抵抗器 #70 を加減する。#70 Y はインダクター型遅時繼電器であつて約 $\frac{1}{2}$ 秒(可調整)の時隔の後其の接點を開く様に計畫されて居り、この爲 #70 は 1 回に 1 ノツチ程度抵抗を短絡開放する様になつて居る。

又 #60 は調整動作の時差からオーバーシュートを行ふ虞れがあるので上記のアンチハンテングタップによりこれを避ける様にされて居る。

斯くて電圧均整が定められた時限中持続すれば油入遮斷器 #52 G は閉路して調相機を系統に接續するのである。

系統の電圧變動の甚しき場合は、閉合は甚だ困難なものになる。#60 の調整を餘り高感度にとると閉合不能となる。故に機の衝激をさける範圍に於て $\pm 2\%$ 乃至 5% 程度の電圧差は忍ばねばならぬであらう。又斯うした電圧一定の状態が一定時間以上持続せぬ場合に閉合動作に移ると均整繼電器の動作階程に於て #52 G を閉合する危険がある。本設備に於ては時限繼電器 #25 X を附して調整を 2 秒にとつて居る。

#52G は #25X、25Y の接点により補助継電器 #52X 動作アンチポンピング用継電器 #52Y を経て、其の主回路を閉路するが、本遮断器は系統への閉合用として操作時間の極めて短かい事が要求されて居る。本器は當社の GO-4A 型 11,500 V、1,500 A で定格遮断容量 11,500 V に於て 40,000 A 以上、定格投入容量 120,000 A 以上となつて居る。

GO-4A 型 OCB、テッドタイム(%)		
操作電圧	閉 合	遮 断
D.C. 80V	30.6	—
100	21.9	4.25
120	17.5	4.25

電源周波数 50 $\sim$ (換算)

以上にて調相機は運轉状態に入るのであるが、その間遮断器類の開閉を赤緑の信号灯にて表示するの外連動の要所々々に動作表示灯を設け進行を一目瞭然たらしめてある。

而して本起動の終つた後には起動電動機用勵磁機を初め起動用油入遮断器、接觸器、繼電器、動作表示灯等一切の起動関係の器具は釋放せられ最初の位置に復歸するのである。

調相機の發電機運轉

本調相機は同省送電線 1 回線を發電所端電圧 154,000 V に連續 30 分間充電し得る様設計されて居る。

充電々流は計算によつても知ることが出来るのであるが實測の結果は武蔵境千手間 187.4 kM にて 9200kVA であつた。但しこの値は發電所の昇壓變壓器を含まぬ値である。

線路充電を行ふには無負荷送電線は容量負荷であるからこれから遅電流をとる様に働かしめるわけでその爲には低勵磁とするのである。

又電動機は誘導電動機として働くので直流勵磁は加へない。且 #52 G が投入された後 #6 の開路せぬ事も當然である。

これ等の事は操作切換開閉器 #43-2 を "發電機" 側に切換へる外その操作上 "調相機" 運轉と殆んど變り

なく行ふことが出来る。即ち機は前述の如き順序に従つて起動し起動用電動機が最後の滑り速度に達した時調相機に勵磁が加へらる。此の勵磁を低く調整して後主回路油入遮断器を閉ぢればよいわけである。此の際 #60 關係は勿論動作せぬ様になつて居るのである。

停 止 及 制 動

調相機を停止するには二つの方法がある。即ち非常停止及緩停止である。前者は機器故障の場合又は危険の發生した場合等に急停止を行ふもの、後者は通常状態に於て機を停止する場合で負荷軽減動作を行つて後停止せしめるものである。

非常停止は次の如き場合に行われる。

調相機巻線故障 (短絡、地絡)

" 過負荷

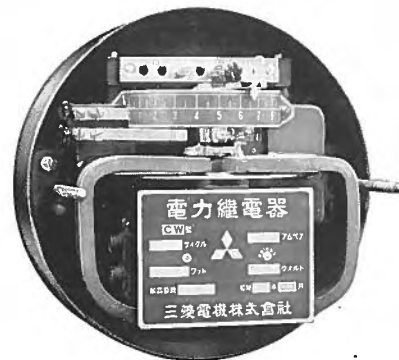
主變壓器内部故障 (短絡、地絡) 及び

非常用開閉器を操作せる時

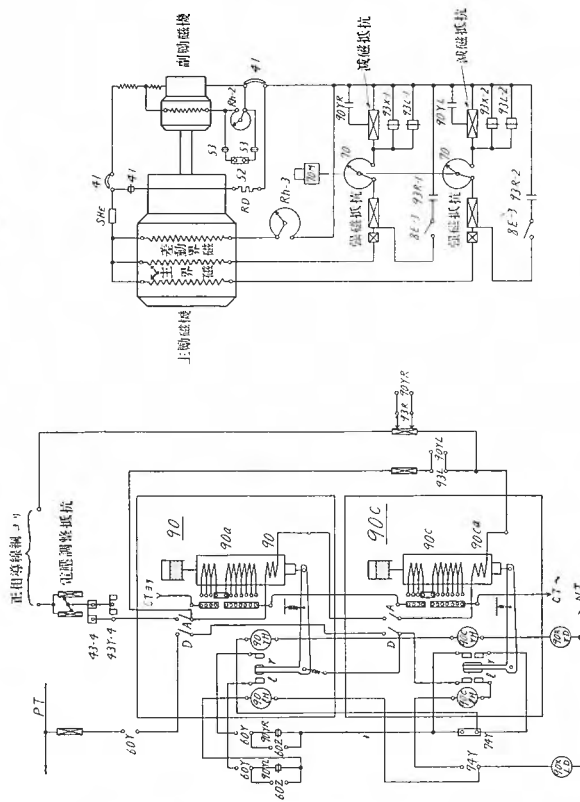
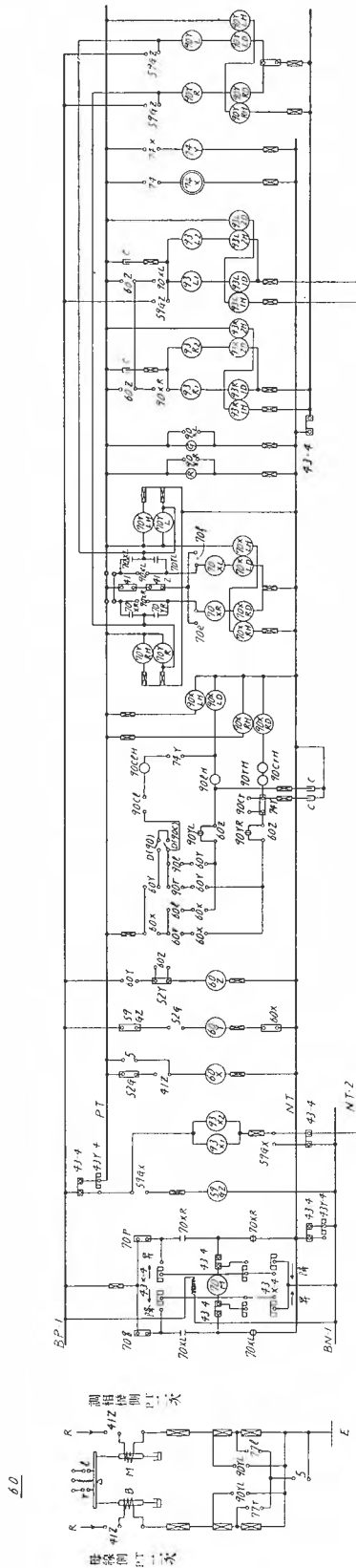
この場合には油入遮断器は直に開放せられ、機には強力な電氣制動がかけられる。

緩停止の場合は先づ停止繼電器 #5 が動作し負荷調整繼電器 #77 の活動を許し、其の時の負荷が進み力率が遅れ力率なるかにより接点 ℓ 又は r を閉ぢ、調相機界磁を調整する。此の界磁加減をなすには前に述べた電壓均整の際の #60 によるのであつて #5 の接点によりこれが動作を開始し電壓均整の場合行つたと同様の動作を繰返して、負荷を漸次減少せしめるのである。本設備では負荷が約 10% に減じた場合油入遮断器を開放する様になつて居る。#77 繼電器は一種の無効電力繼電器である。

(第 9 圖)



第 9 圖 CW 型電力繼電器



Dev.No.	型名	符	號	名	說明
5	MC-62	停止繼電器	60Z	MC-61	電壓調整機構用切替繼電器
41	CL	主界線繼電器	70	-e	同 遮斷主界線繼電器
412	MC-61	同上用補助繼電器	-f	同	同 遮斷主界線繼電器
43-4	W	自動電壓調整器自動手動切替開閉器	-p	同	同 遮斷主界線繼電器
43X-4	W	同 自動電壓調整器自動手動切替開閉器	-q	同	同 遮斷主界線繼電器
43Y-4	W	同 自動電壓調整器自動手動切替開閉器	-n	同	同 遮斷主界線繼電器
52	DM-70	過電壓繼電器	70D	DM-61	同 遮斷主界線繼電器
59GX	MC-40	過電壓繼電器補助繼電器	70P	DM-61	同 遮斷主界線繼電器
59G2	MCL-40	同上	70X	DM-61	同 遮斷主界線繼電器
60	AF	電壓調整機構用切替繼電器	70Y	DM-61	同 遮斷主界線繼電器
-r	同	電壓調整機構用切替繼電器	-R	DM-61	同 遮斷主界線繼電器
-β	同	電壓調整機構用切替繼電器	-L	DM-61	同 遮斷主界線繼電器
60X	MC-61	同上用切替繼電器	74X	ID-5	過電壓繼電器補助繼電器
60Y	MC-61	同上	74Y	MC-42	同上

第 10 圖 調相機用 A J-22 型 自動電壓調整器接續略圖

電圧調整及自動負荷負擔

長距離送電線に於てその安定度を高める爲には交流機の同期化力の大なる事が望まれる。従つて調相機に於ては負荷の變動に従隨する電圧調整と共に速應勵磁調整方式が要求される處となる。當社 AJ-22 型 自動電圧調整器は斯くの如き目的に適合するものであつて、これにより線路電圧は調整せられ且調相機は自動的に負荷をとる。これは以下に述べる如き機能を有して居る事によるのである。

1. 自動電圧調整作用

曩に電圧均整を行つて系統に閉合された調相機はその勵磁調整位置に於て無効電力をとつて居るのであるが、負荷は不絶變動を續けるので電圧もこれに従つて變化する。電圧調整器はこれに敏速確實に應動せねばならない。



第 11 圖 A) 型勵磁機抵抗器型自動電圧調整器

AJ-22 は第 11 圖に見る如き構造であるがこの外に補助繼電器 #90X、速應界磁變更繼電器 #93、界磁加減抵抗器制御繼電器觸器 #70X、發條閉合電磁接觸器 #93X、磁氣限時繼電器 #70Y等が附屬して居る。この主幹

要素 #90 は一種の電圧平衡繼電器であつて可動接觸片は左右の固定接觸片の中央に止まつて居るが、電圧が變動すると左右何れかの接點を結び補助繼電器 #90X を動作させる回路を形成する。

#90X が動作すると #93 が動作し、主勵磁機界磁抵抗の短絡又は抵抗挿入を行ふ。此の接觸器は極めて短い時間に動作する所謂速應型で線輪は保持線輪、中和線輪及動作線輪の三つよりなりその動作は極めて敏活正確である。#93 が動作すれば後述する如く主勵磁機は極めて高い電圧上昇率を以て勵磁を確立する爲調相機端子電圧は短時間に回復に向ふ。然しこの動作は長く續く事無く直ぐに元の状態へ復する。それは #93 がその接點の一つにより #90 の附屬抵抗の一部を短絡又は開放して恰も #90 が平衡状態になつた如く見せ掛ける爲で、これは同要素がハンチングを起すことを避ける目的に依るものである。而してこれにより元の状態に復して尙電圧が相違して居れば再び同じ動作を繰返すわけである。

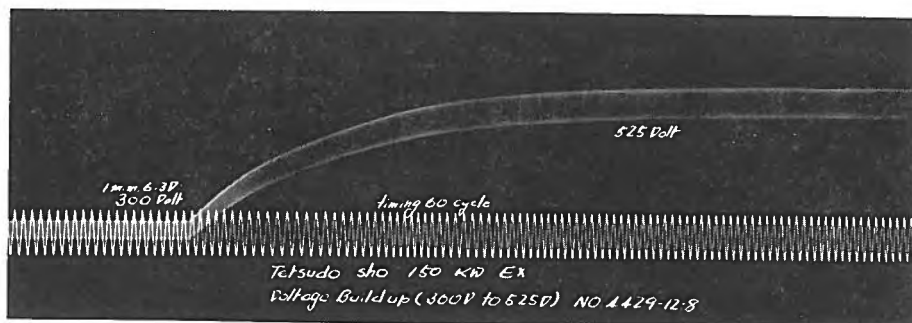
上記動作と同時に #90X の別の接點は #70X を働かせ主勵磁機界磁抵抗器の操作電動機 #70M を始動し抵抗を徐々に變化させて行く。即ち前記の速應動作を反覆して居る間に此の動作により適當の調整位置迄界磁を變へて行き安定状態に落付かせるわけである。

2. 速應勵磁作用

前述の如く送電系統に於ける安定問題の觀點から勵磁機の電圧上昇率は極めて高い事が望まれる。鐵道省仕様書では毎秒 700V 以上、頂上電圧 500V 以上なる事が要求せられて居る。

これは電圧確立に界磁の時定數小さく磁氣飽和の低い特殊の勵磁機と速應動作電圧調整器により實効を擧げる事が出来るのである。

第12圖は本設備 150 kW 主勵磁機の電圧上昇状態を



第 12 圖 150 kW 主勵磁機の電圧上昇オシログラム

撮影したオツシログラムである。電圧上昇率の取り方は A、I、E、E、の小委員会規程の方法に準じて居るが毎秒 700V を遙かに超えるものである。

3. 正相導線網

電圧調整を行ふに當り、三相端子 u, v, w, 中の任意の二端例へば u, v 間の電圧を引いて電圧調整器を働かしめるときは、u v 間の電圧は常に一定に保たれるが他の二相 v, w 又は w, u 間の電圧に變動を生じてても何等調整作用は行われぬのみか突發的短絡の起つた場合等は回轉磁界の歪により逆に u, v 間の電圧を上昇せしめる事さへあるわけである。

斯る場合には電圧調整器は誤動作を爲すことになる。即ち安定度の立場から云つて電圧調整器は三相端子電圧の正相對稱分を一定に保つ様に働く事が必要である。正相導線網は電圧の正相對稱分のみを濾過する目的に使用されるものであつて第 13a 圖に見る如く抵抗及リアクトルを組合せたものである。

この抵抗 R 及イムピーダンス Z を適當に選べば回路 K 即ち電圧調整器回路を流れる電流 I_k は逆相分を含まず星形電圧の正相對稱分のみに比例する電流となすことが出来るのである。

即ち回路 K のイムピーダンスを無視すれば

$$I_k = \frac{E_{vw}}{R} + \frac{E_{vv}}{Z} \dots\dots\dots (1)$$

但し $E_{vw} = v, w$ 間の電圧
 $E_{uv} = u, v$ 間 //

今 (1) 式に於て Z を豫め (2) なる條件を満足する様に作つて置けば

$$Z = R / 60^\circ = -a^2 R = R \left(\frac{1}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \dots\dots (2)$$

但し a は對稱座標法に於ける

$$a = -\frac{1}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2}$$

なる關係を現わすものとする。

$$\begin{aligned} \therefore I_k &= \frac{E_{vw}}{R} + \frac{E_{uv}}{Z} \\ &= \frac{1}{R} (E_{vw} + E_{uv} \sqrt{60^\circ}) \\ &= \frac{1}{R} (E_{vw} - a E_{uv}) \dots\dots\dots (3) \end{aligned}$$

然るに $E_{vw} = V_v - V_w$

$$= a^2(1-a^2)V_1 + a(1-a)V_2 \dots\dots (4)$$

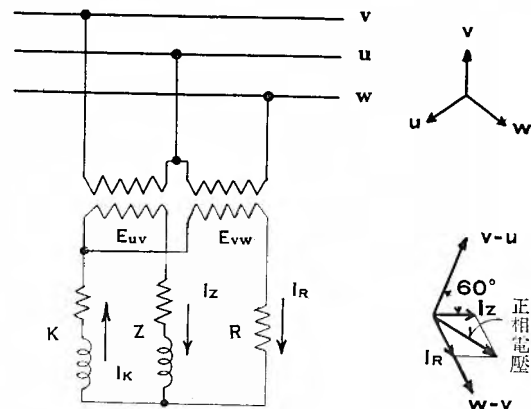
$$E_{uv} = V_u - V_v$$

$$= (1-a^2)V_1 + (1-a)V_2 \dots\dots\dots (5)$$

此處に V_u, V_v, V_w は三相電源の星形電圧、 V_1, V_2 は各々其の正相及逆相對稱とする。

(3) に (4)、(5) を代入すれば明かに (3) 式には逆相分を含みぬことがわかるのである。

これをベクトルを以て表せば第 13 圖の如くなる。



第 13 圖 a

第 13 圖 b

4. 過電流防止

電圧調整器はその調整動作を開始すると飽く迄忠實に端子電圧を一定ならしめる様働くが、過大負荷が持続する場合にも尙勵磁を高めて電圧を一定に保持せんとする爲調相機は更に過負荷となる。

この事は當然避けるべきで當設備では自動電流調整器 #90 C を設けこれに當らせて居る。即ち先づ過電流繼電器 #74 が動作すると、ある時限の後自動電圧調整作用は止み #90 C の作用が開始せられる。#90 C は負荷が既定の値に下る迄動作を続ける。その動作順序、連動状態は #90 と殆んど同様である。

5. 横流補償

同期交流機を二台以上並列に運轉する場合、單に電圧調整器によつて電圧を調整するのみでは満足の並列運轉を行ふことが出来ない。これは恰も複巻直流機を均壓母線無しで並列運轉する様なものである。

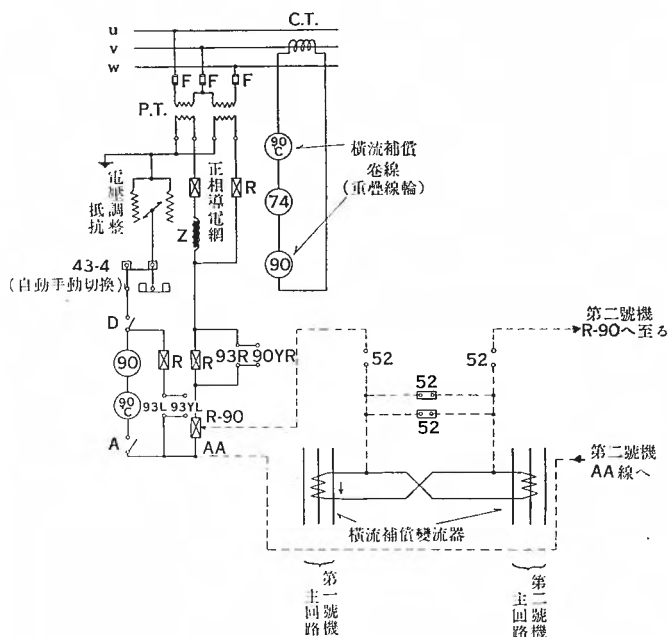
當設備では横流補償裝置として下記の二通りの施設を

なし、此等によつて安定な並列運転をなすことを得た。

- a. 電圧調整器主幹要素へ補償巻線を施す方法
- b. 並列機の差電流を主幹要素回路に作用せしめる方法

a. の方法は主幹要素の電圧線輪に重疊して電流線輪を置いたもので、無効分負荷の増加と共に電流線輪は主幹要素を増勢する様に働く。従つて機の電圧は降り負荷は常態に歸着するわけである。この補償率は無負荷電圧の4~6%である。

b. の方法は並列兩機の主回路に變流器を設け、これを交叉狀に結ぶと並列の不圓滑の時には差電流が環流する。これを兩機の主幹要素の電圧線輪回路中に導けば一方には恰も抵抗を増した如く働き他方には抵抗の減じた如く働く。即ち兩電壓調整器は一つは端子電圧が上昇した如くに働き他は下降して居る如くに作用する。これは差電流がある限り平衡を保つ様に働くので機は忽ち安定運転となるわけである。(第14圖)



第14圖

調相機の保護

保護装置の適否は主機の性能の良否をも左右する重要なものであるが、故障の性質によつて下記の三種類に別けて設備して居る。

- イ. 停止鎖錠するもの
- ロ. 停止後自動復歸を許すもの
- ハ. 無停止警報のみのもの

イの方式を適用すべき故障は、1. 主機器巻線内の故障(短絡、接地故障等)、2. 軸受の過熱、3. 起動時間の延長等であつて何れも故障箇所を點檢修復して繼電器鎖錠を外さぬ限り再起動を許さぬ様になつて居る。

ロに屬するものは 1. 過電流、2. 同期外れ等の場合であつて故障原因が外部的か又は一時的で機器に影響を残さぬ場合である。

ハは 1. 過電圧、2. 潤滑油の不足等の場合直に機器停止を行わず警報して適宜處置を促す目的に適用してあるのである。以上その保護装置には夫々最も適當なる方式並に装置を選ぶのであるが、特に調相機巻線故障及同期外れ保護に對しては慎重に考慮が拂つてある。

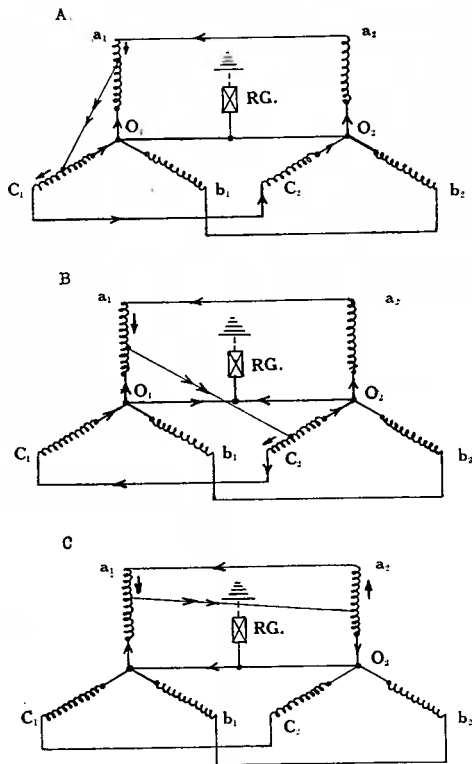
短絡及地絡保護

先づ接地故障に付いて考へれば調相機巻線内部に發生したもの及び外部に發生したものゝ二通りあるわけで、而かも後者の内には變壓器巻線内に起る場合もあるわけである。又相間短絡の場合は固定巻線が二重巻となしてある故、第15a圖の a_1 巻線 c_1 巻線の間に發生するもの、 $a_1 a_2$ 間のもの及び $a_1 c_2$ 間のものゝ三通りの機會がある。それから此の二重巻の特徴として層間短絡故障をも檢出保護出来るのでこれをも考慮せねばならぬ。即ち夫々複雑な内容を持つ處の接地、相間及層間短絡に對して正確迅速な保護繼電器を施設せねばならぬのであつて、變流比を適當に選ぶだ變流器と共に最適の繼電器が設けてある。その接続は第15c圖に示されて居る。

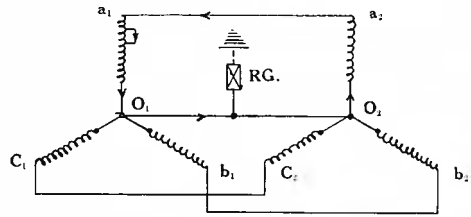
尙保護装置適用に當つて看過する事の出来ないのは、主變壓器一、二次側故障の及ぼす影響と調相機二重巻線の同相間に現われる環流への考慮である。これを無視すれば時に誤動作を生ずることゝなるのである。

同期外れ保護

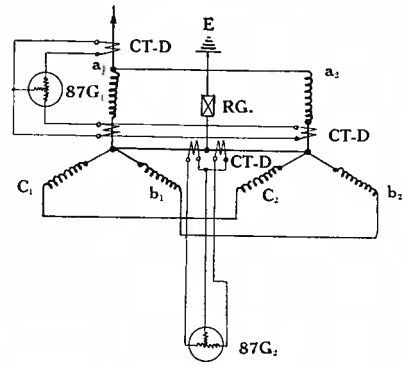
高電壓送電線に接続せられた同期調相機は常時送電線の負荷に應じて一定の位相角を保ちつゝ運轉してゐるが、系統の一部の故障の場合、或は負荷の急變等によつ



第 15 A 圖



第 15 B 圖



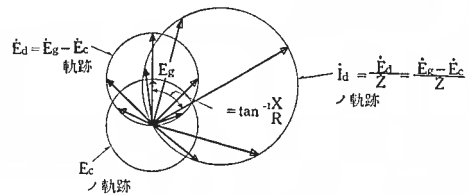
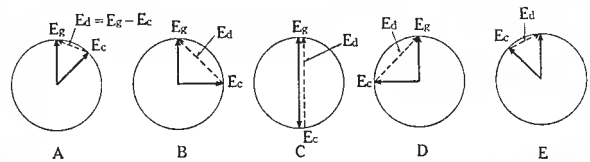
第 15 C 圖

て亂調状態に陥り遂に同期外れに至ることがある。同期調相機が亂調状態より同期外れに至る場合は一般に周知の通り初めは比較的緩やかに回轉子が滑つて行くが結局は同期速度の 70 % 内外の一定速度で運轉を續けるに至ることとなる。同期調相機を斯る状態に放置すると、ダンパー線輪を過熱して不測の障害を起すこの外に、回轉子に周期的に莫大な機械的回轉力を加ふることによつて或る場合は回轉部分に恐るべき機械的共振作用を生ずるに至ることがある。

同期外れ保護繼電裝置は斯る危険を保護するためのもので同期調相機が系統から同期を外れるに至る初期に於て回轉子磁極が一定サイクルを滑ると直ちに保護繼電器を作動し、調相機回路の主遮斷器を開放して之が運轉を停止し、或は之を再起動の階程を経て再び同期運轉に入れんとするものである。

同期調相機が同期運轉をしてゐる場合は前述の通り發電機と一定の位相角を保つてゐるが同期を外れる場合は漸次其の位相角が遅れ遂に滑り周波數によつて時々刻々に其の位相角を變するに至る。この場合發電機と調相機との間には兩機の誘起電壓の差に比例する横流を生ずる。第 16a 圖は調相機が同期を外れる場合の系統電壓、

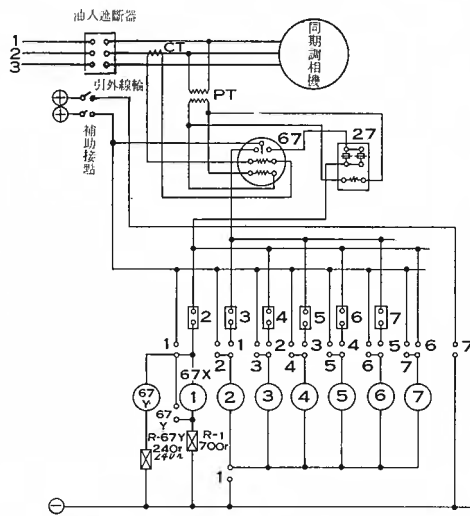
E_g , 調相機電壓 E_c , 横流 I_d の關係を示し A, B, C, D, E は調相機電壓が系統電壓から夫々 $45^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ, 315^\circ$ 遅れた場合の電壓と横流との關係を示してゐる。第 16b



第 16 圖

圖は系統電壓を基準とした場合の調相機電壓 E_c , 系統電壓と調相機電壓との差電壓 E_d 及横流 I_d の軌跡を示し之等は夫々 $E_c, E_g - E_c, I_d$ にて示す円で示される。圖によつて明かな通り同期調相機が同期外れとなつた場合は其の滑り周波數によつて刻々に横流の變化を生ずると同時に電力の動搖を生ずることが考へられる。

同期外れ保護継電装置は同期外れの場合の電力の動揺を監視し同期調相機が一磁極滑る毎に継電器を動作し調相機が3サイクル半を滑つた場合主遮断器を開放して警報を發するものである。第17圖は本装置の結線圖を示



符 號 説 明		
符 號	型 名	名 稱
27	S V	低電壓繼電器
67	C R-M	電力方向繼電器
67 X2-7	S T	補 助 繼 電 器
67 Y	J D	限 時 繼 電 器

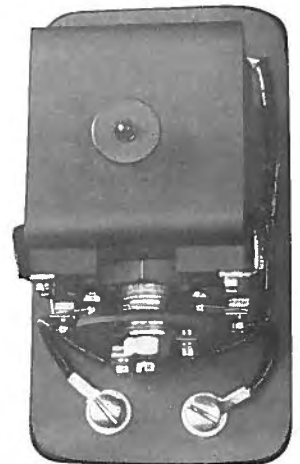
第 17 圖 同期外れ保護継電装置接線圖

し #67 は電力方向継電器、#67 X₁~7 は補助継電器、#67 Y は補助限時継電器 #27 は低電壓継電器を示してゐる。調相機の常時運転の場合は電力方向継電器は a-m を閉じてゐるが同期外れの状態となつて、電力が逆流すると b-m を閉じ且低電壓継電器 27 を作動する故、補助継電器 67X₁ を作動する。調相機の回轉子が1サイクル滑つて再び電力が正方向となると方向継電器は a-m を閉じ #67X₂ を作動する。以下電力が正及逆方向に変換する毎に、補助継電器 #67X₂~7 を作動し回轉子が3サイクル半滑つた場合 #67X₇ を作動して主油入遮断器を開放し警報を發する。若し同期調相機が一度同期外れとなつて補助継電器 #67X₁ が作動した場合再び同期状態に復歸し

た場合は #67X₁ の作動と同時に限時継電器 T を作動し始め一定時限の後 #67X₁ を短絡して之を落し以下の補助継電器を全部開放して之等を原状に復歸する。第 18, 19 圖は本装置に使用した CR-M 型同期外れ保護継電器と ST 型補助継電器との外觀を示すものである。



第 18 圖
C R-M 型同期外れ保護継電器



第 19 圖 S T 型補助継電器

結 言

以上で武蔵境變電所に於ける設備の概要と調相機制御の概要を述べた次第であるが、本項は取扱の説明をも兼ねる意味に於て後者の記述に少々多くの紙数を費した。受送電設備及主變壓器の制御、保護施設等にも紹介すべき多くの事を残して居るのであるがこれは他の機会に譲ることとする。

ともあれ興亜の鴻業に當つて生産擴充、高速度運輸の大使命を果すべき重責を擔ふ信濃川送電設備の、帝都の關門たる當變電所に於て各設備擧げて圓滑好調なる運轉を續け居る事は、筆者等の大いなる欣びと光榮を感じる處である。

鐵道省信濃川送電線用保護繼電裝置に就て

神戸製作所 門 頼 雄

緒 言

鐵道省信濃川送電線は鐵道省の千手發電所と東京武藏境變電所との間約 190 軒を送電電壓 154 kV の並行二回線で連絡するもので、第一期計畫による送電電力は送電端に於て 62,000 kVA、第二期計畫では 124,000 kVA である。鐵道省では此の送電線の途中に第 1 圖に示す様に 2 ケ所の開閉所を設けられ、各區間の距離を各々約 63 軒とせられ、發電所と第二開閉所間の保護繼電裝置は日立製作所に、第二及第四開閉所間の夫れは當社に、第四開閉所と武藏境變電所間の夫れは芝浦製作所に夫々分割註文せられた。之等の保護繼電裝置は何れも既に製作を完了して各々現場に取付けられ、種々な實地試験を経て昨年 12 月初旬より愈々正式送電の爲めに使用せられてゐる。

本送電線は上述の通り、送電電力、送電電壓、送電距離等の點から見て現在の本邦の代表的送電線であるが、之を保護繼電裝置の點から考へても種々の特徴があるので、次に記載する様な新規の試みがある。即ち

1. 高速度繼電保方式を採用せられたこと。

本送電線は送電不斷の目的を達する爲め、高速度繼電方式が採用せられ、送電線の各種故障は之を可及的迅速に選擇遮斷する様に計畫せられた。最近高電壓、長距離送電系統に於て送電の安定度を高める爲め、高速度繼電方式並に高速度遮斷方式を採用することが必要不可欠であることは既に一般に認められてゐるが、未だ本邦では此の種方式を採用せられたこと無く、本送電線が其の最初の試みである。

2. 油入遮斷器が「ブリツヂ」接續であること。

發電所、中間開閉所、變電所等の油入遮斷器は第 1 圖に示す様に「ブリツヂ」接續に配置せられ、油

入遮斷器の利用率を高めることが試みられてゐる。之は米國の Boulder Dam 發電所から Los'Angels 變電所に至る 287 kV 送電線に初めて試みられた方式で、油入遮斷器は其の何れの一合が切り離されても送電線の並行使用には何等の差支なく、之が利用率を高めることが出来るが、保護繼電裝置は著しく複雑困難となり、特に本邦の様に中性點を高抵抗で接地する送電系統では接地故障電流が少い爲め、故障線の選擇遮斷に著しい困難を感じるものである。

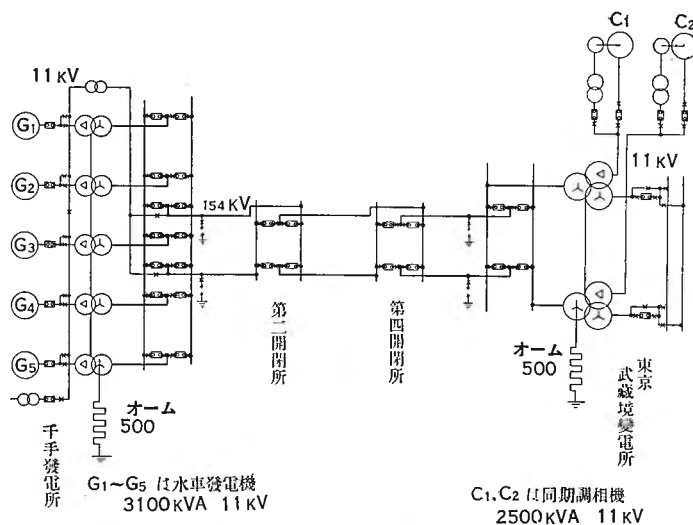
3. 保護繼電器の爲めの計器用變壓器を使用しないこと。

本送電線の保護繼電器は送電線を流れる故障電流のみによつて選擇動作するものであることを原則とし、止むを得ず繼電器に電壓要素を必要とする場合は、高價な計器用變壓器を設けず套管分壓裝置を利用することを鐵道省から要求せられた。

4. 運轉條件が六ヶ敷いこと。

本送電線は並行二回線で、之を一回線のみ使用したり、或は二回線共に使用するのとは勿論であるが、本送電線は特に鐵道省の電力のみならず、東京電燈會社信濃川發電所の電力を送ることもあり、従つて並行二回線は各々單獨に全然異系統に使用せられることもある。斯る場合も各種保護繼電器に異狀の無いことが要求せられた。

上記諸種の理由により本送電線に使用する保護繼電器並に繼電方式は種々新しい試みが必要となつたが、當社は之に對し、新型高速度電流平衡繼電器と特別小勢力接地保護繼電器とを製作し、上記第二及第四開閉所に納入し、この區間の送電不斷の目的を達することが出来た。次に項を追つて之等保護繼電器並に繼電方式の概要を紹介したいと思ふ。



第 1 圖 鐵道省信濃川送電線系統圖

二次 18,000 kVA (單相)
 三次 8,500 kVA (")
 リアクトランス 一次 (18,000 kVA 基準) 10.6%
 二次 (") 16.2%
 三次 (") 5%

第一期 1 組運轉

第二期 2 組 "

(=) 調 相 機

11 kV 25,000 kVA (進相)

過渡リアクトランス 25 %

同期リアクトランス 90 %

第一期 1 台運轉

第二期 2 台運轉

送電系統の概要

本送電線は前述の通り鐵道省千手發電所と東京武蔵境變電所との間約 190 軒を連絡するもので、發電所、變電所及中間開閉所の各種電氣機器は第 1 圖に示す様に配置せられ、送電線兩端の變壓器中性點は何れも 500 オームの抵抗で接地せられてゐる。本送電線及び之に關聯する發電機、變壓器、調相機等の電氣的特性並に諸定數は次に示す通りである。

(イ) 發電機

11 kV 31,000 kVA

過渡リアクトランス 19 %

同期リアクトランス 58 %

界磁回路時定數 3.2 秒

第一期 2 台運轉

第二期 4 台運轉

(ロ) 發電所變壓器

11 kV/154 kV 31,000 kVA

リアクトランス 9 %

第一期 2 台運轉

第二期 4 台運轉

(ハ) 變電所變壓器

140 kV/60 kV/11 kV

一次 18,000 kVA (單相)

(ホ) 送電線線路定數

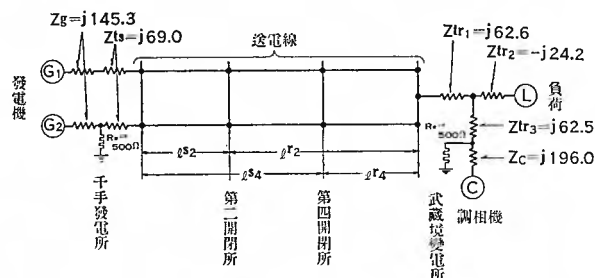
區 間	亘長 (軒)	中性點に對する $R + j\omega L$ /軒	中性點に對する ωC /軒	六線一括大地間 (一線當り)	
				ωL_0 /軒	ωC /軒
千手發電所 第二開閉所間	63	$0.085 + j0.426$	2.75×10^{-6}	2.36	1.51×10^{-6}
第二開閉所 第四開閉所間	63	$0.102 + j0.418$	2.75×10^{-6}	2.36	1.37×10^{-6}
第四開閉所 武蔵境變電所間	63	$0.102 + j0.418$	2.75×10^{-6}	2.36	1.37×10^{-6}

送電線の故障電流の計算

並行送電線の各種故障を選択遮斷するに當つては先づ送電線の各點に種々の故障を假定し、この場合の故障電流の分布を求め、各種保護繼電器は夫々與へられたる條件の元に於て之等故障電流に對し充分の確度を以て動作する様之を設計する必要がある。送電線の故障電流の精密計算を行ふには送電線並に之に接続せられる發電機、調相機、變壓器等の電氣的諸定數を詳細に知る必要があるが、本項に於ては上記電氣定數をとり並行送電線の兩端には發電機と調相機とが常に接続せられてゐるものと假定して故障電流を略算し、故障電流と保護繼電器の動作電流との關係を求めることとした。當社の保護繼電器は前述の通り第二開閉所の送電端と第四開閉所の受電端とに取付けられるものであるから下記の通り第二及び第四開閉所並に之等兩開閉所の中間に於ける故障を假定しこの場合の故障電流の分布を求めた。

第1表 電気機器「リアクタンス」(154kV)側換算)

発電所発電機 (Z _g)	145.3 オーム
発電所変圧器 (Z _{ts})	69.0 オーム
変電所調相機 (Z _c)	196.0 オーム
変電所変圧器 (一次側) (Z _{tr1})	62.6 オーム
同 上 (二次側) (Z _{tr2})	- 24.2 オーム
同 上 (三次側) (Z _{tr3})	62.5 オーム



第2図 鐵道省信濃川送電線系統圖係電氣機器定數(第1期計畫)

第2表 線路定數

		發電所第二開閉所間	第二開閉所變電所間
零相回路	$\xi_{00} = \sqrt{Z_{00} Y_{00}}$	$(0.0346 + j 1.8890) \times 10^{-3}$	$(0.0387 + j 1.8000) \times 10^{-3}$
	$R_{00} = \sqrt{\frac{Z_{00}}{Y_{00}}}$	$(1.2500 - j 0.0225) \times 10^3$	$(1.3140 - j 0.0283) \times 10^3$
正相及び 逆相回路	$\zeta = \sqrt{Z_1 Y_1}$	$(0.1089 + j 1.0870) \times 10^{-3}$	$(0.1300 + j 1.0820) \times 10^{-3}$
	$S = \sqrt{\frac{Z_1}{Y_1}}$	$(0.3950 - j 0.0398) \times 10^3$	$(0.3930 - j 0.0473) \times 10^3$

(イ) 接地故障電流

送電線の接地故障電流を求めるには一般周知の通り故障点から見た系統全体の正相、逆相及び「零相インピーダンス」を算出し、次式によつて之を求めることが出来る。

$$I_0 = \frac{3E}{(Z_0 + Z_1 + Z_2)}$$

但し E = 故障点に於ける故障前の一相電壓

Z₀ = 故障点から見た系統の零相「インピーダンス」

Z₁ = " " 正相「 " 」

Z₂ = " " 逆相「 " 」

然るに上掲の送電線並に電気機器の定数を整理すると第2圖並に第1及び第2表に示す通り各種「インピーダンス」其の他の定数を得る故、第一期計畫、無負荷に於て第二開閉所に故障点を假定すれば故障点より電源側に向つて見た各種「インピーダンス」は

零相インピーダンス

$$Z_{0s2} = \frac{R_{00s}}{2 \tanh(\xi_{00s} l_{s2} + \theta_{00s})}$$

$$\text{然るに } \theta_{00s} = \tan^{-1} \frac{R_{00s}}{2 Z_{ts} + 6 R_e} = \tan^{-1} \frac{(1.2500 - j 0.0225) \times 10^3}{2 \times j 69.0 + 6 \times 500} = (0.4425 - j 0.0322) \times 10^{-3}$$

$$\text{なる故 } Z_{0s2} = \frac{(1.2500 - j 0.0225) \times 10^3}{2 \tanh \{(0.0346 + j 1.8890) \times 10^{-3} \times 63 + (0.4425 - j 0.0322) \times 10^{-3}\}} = 1471 - j 253.0$$

正相及び逆相インピーダンス

$$Z_{1s2} = \frac{S_{s2}}{2 \tanh(\xi_{01s} l_{s2} + \theta_{01s})}$$

$$\text{然るに } \theta_{01s} = \tan^{-1} \frac{S_{s2}}{Z_g + Z_{ts}} = \tan^{-1} \frac{(0.3950 - j 0.0398) \times 10^3}{j 145.3 + j 69.0} = (-0.0422 - j 1.075) \times 10^{-3}$$

なる故

$$Z_{1s2} = \frac{(0.3950 - j0.0398) \times 10^8}{2 \tanh \{ (0.1089 + j1.0870) \times 10^{-8} \times 63 - (0.0422 + j1.0750) \times 10^{-8} \}} = 2.91 + j126.5$$

同様に故障点より変電所に向つて見た各種インピーダンスは

零相インピーダンス

$$Z_{0R} = \frac{R_{00R}}{2 \tanh \{ (\xi_{00} l_{r2} + \theta_{00R}) \}} = \frac{(1.3140 - j0.0283) \times 10^8}{2 \tanh \{ (0.0387 + j1.8000) \times 126 \times 10^{-8} + (0.4710 - j0.0338) \times 10^{-8} \}} \\ = 1291 - j442$$

正相及び逆相インピーダンス

$$Z_{1R2} = \frac{S_{R2}}{2 \tanh \{ (\zeta_{1R} l_{r2} + \theta_{01R}) \}} = \frac{(0.393 - j0.0473) \times 10^8}{2 \tanh \{ (0.1300 + j1.0820) \times 126 \times 10^{-8} - (0.0534 - j0.5500) \times 10^{-8} \}} \\ = 8.00 + j452$$

従つて此の場合の送電線電圧は送電端から受電端に向つて直線的に変化してゐると仮定し接地故障電流を求めると

発電所側

$$I_{0s2} = \frac{3E_2}{Z_{0s2} + 2Z_{1s2}} \\ = \frac{\sqrt{3} \times 149,350}{\{1471 - j253 + 2 \times (2.91 + j126)\}} \\ = 175.3 \quad / 0$$

変電所側

$$I_{0R2} = \frac{3E_2}{Z_{0R2} + 2Z_{1R2}} \\ = \frac{\sqrt{3} \times 14,9350}{\{1291 - j442 + 2 \times (8.0 + j452)\}} \\ = 192.3 \quad / 8^\circ 51'$$

同様に第四開閉所に故障点を假定すれば

$$Z_{0s4} = 1,150 - j325$$

$$Z_{0R4} = 1,455 - j178$$

$$Z_{1s4} = 6,925 + j152.3$$

$$Z_{1R4} = 3,60 + j377.4$$

$$I_{0s4} = \frac{3E_4}{Z_{0s4} + 2Z_{1s4}} \\ = \frac{\sqrt{3} \times 144,670}{(1,150 - j325) + 2(6,925 + j152.3)} \\ = 215.5 \quad / 1^\circ 0'$$

$$I_{0R4} = \frac{3E_4}{Z_{0R4} + 2Z_{1R4}} \\ = \frac{\sqrt{3} \times 144,670}{1,455 - j178 + 2(3.60 + j377.4)}$$

$$= 159.5 \quad / 21^\circ 30'$$

第3圖は之等電流の關係を示し、 I_{0s} 及び I_{0R} は第二第四開閉所間の種々の點に故障が起つた場合、發電機側と調相機側とから夫々供給せられる故障線電流を示し、 I_0 は健全線に流れる電流、 I_{0RS} 、 I_{0RR} は第二及第四開閉所に於ける兩回線の差電流を示してゐる。送電線の兩端の接地繼電器は夫々 I_{0s} と I_0 及び I_{0R} と I_0 とによつて動作し、兩回線の差電流 I_{0RS} 及 I_{0RR} が豫定値以上となると選擇繼電器を動作して故障線を選択遮斷するものである。

(ロ) 相間短絡故障電流

相間短絡故障電流は一般周知の通り

$$I_2 = \frac{\sqrt{3} E}{Z_1 + Z_2}$$

から求めることが出来る。本式に前項で求めた「インピーダンス」の数値を代入し第二開閉所に於ける短絡故障電流を求めると

発電所側

$$I_{2s2} = \frac{\sqrt{3} E_2}{2Z_{1s2}} = \frac{149,350}{2(2.91 + j126.5)} \\ = 592 \quad / 88^\circ 40'$$

変電所側

$$I_{2R2} = \frac{\sqrt{3} E_2}{2Z_{1R2}} = \frac{149,350}{2(8.0 + j452)} \\ = 166.0 \quad / 88^\circ 59'$$

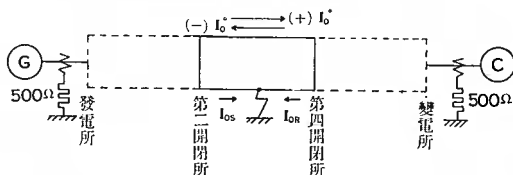
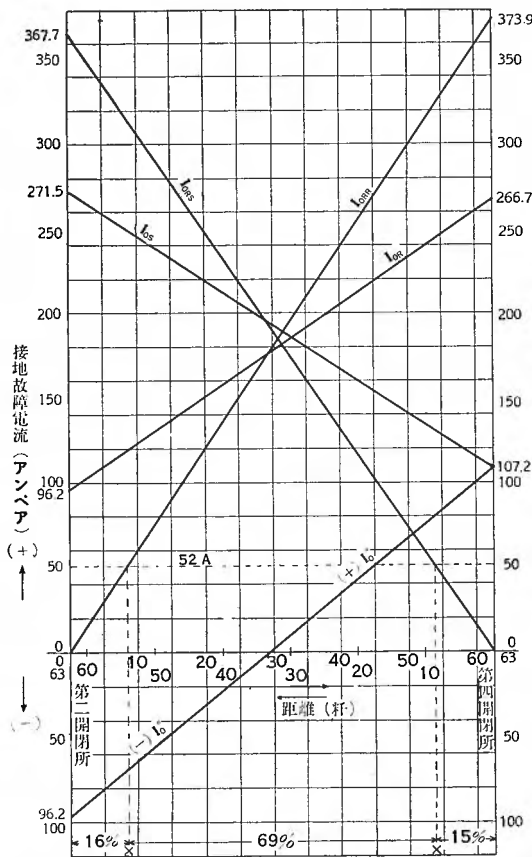
同様に第四開閉所に於ける故障電流は

發電所側

$$I_{2S4} = \frac{\sqrt{3} E_s}{2 (Z_{1S4})} = \frac{144,670}{2 \times (6.925 + j152.3)} = 476.0 \angle 87^\circ 24'$$

第 3 圖

第二、第四開閉所に於ける一線接地故障に對する故障位置と故障電流との關係



I_{OS} = 電源側から流れる故障電流

I_{OR} = 調相機から流れる故障電流

I_O = 健全線の電流

$I_{ORS} = I_{OS} - I_O$ 第二開閉所に於ける兩回線の差電流

$I_{ORS} = I_{OR} - I_O$ 第四開閉所に於ける兩回線の差電流

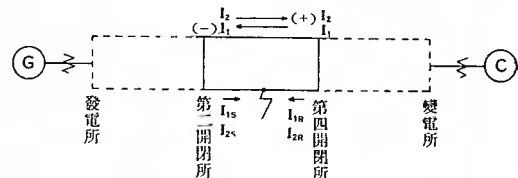
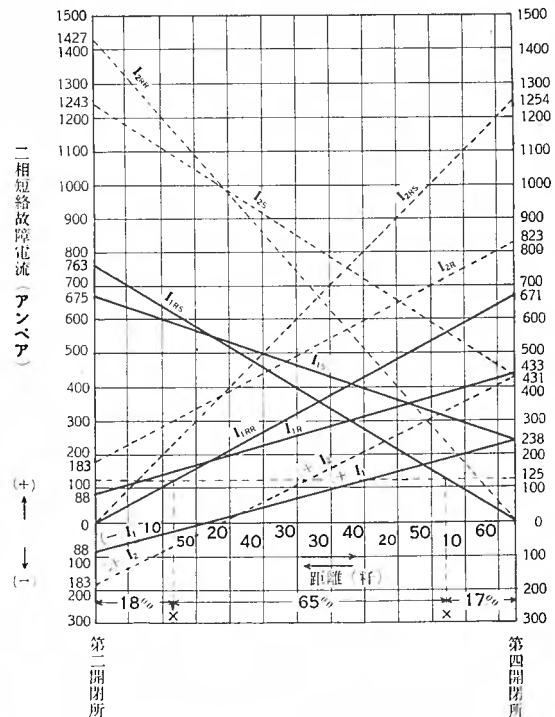
變電所側

$$I_{2R4} = \frac{\sqrt{3} E_s}{2 (Z_{1R4})} = \frac{144,670}{2 \times (3.60 + j377.4)} = 195 \angle 89^\circ 28'$$

第4圖は之等の電流の關係を示し、 I_{1S} 及び I_{1R} は第二、第四開閉所間の任意の點の故障が起つた場合、發電機側と調相機側とから夫々供給せられる故障線電流を示し I_1 は健全線に流れる電流 I_{1RS} , I_{1RR} は第二及第四開閉所に於ける兩回線の差電流を示してゐる。送電線の兩

第 4 圖

第二、第四開閉所に於ける二相短絡故障に對する故障位置と故障電流との關係



I_{1S} 或は I_{2S} = 電源側から流れる故障線電流

I_{1R} 或は I_{2R} = 調相機側から流れる故障線電流

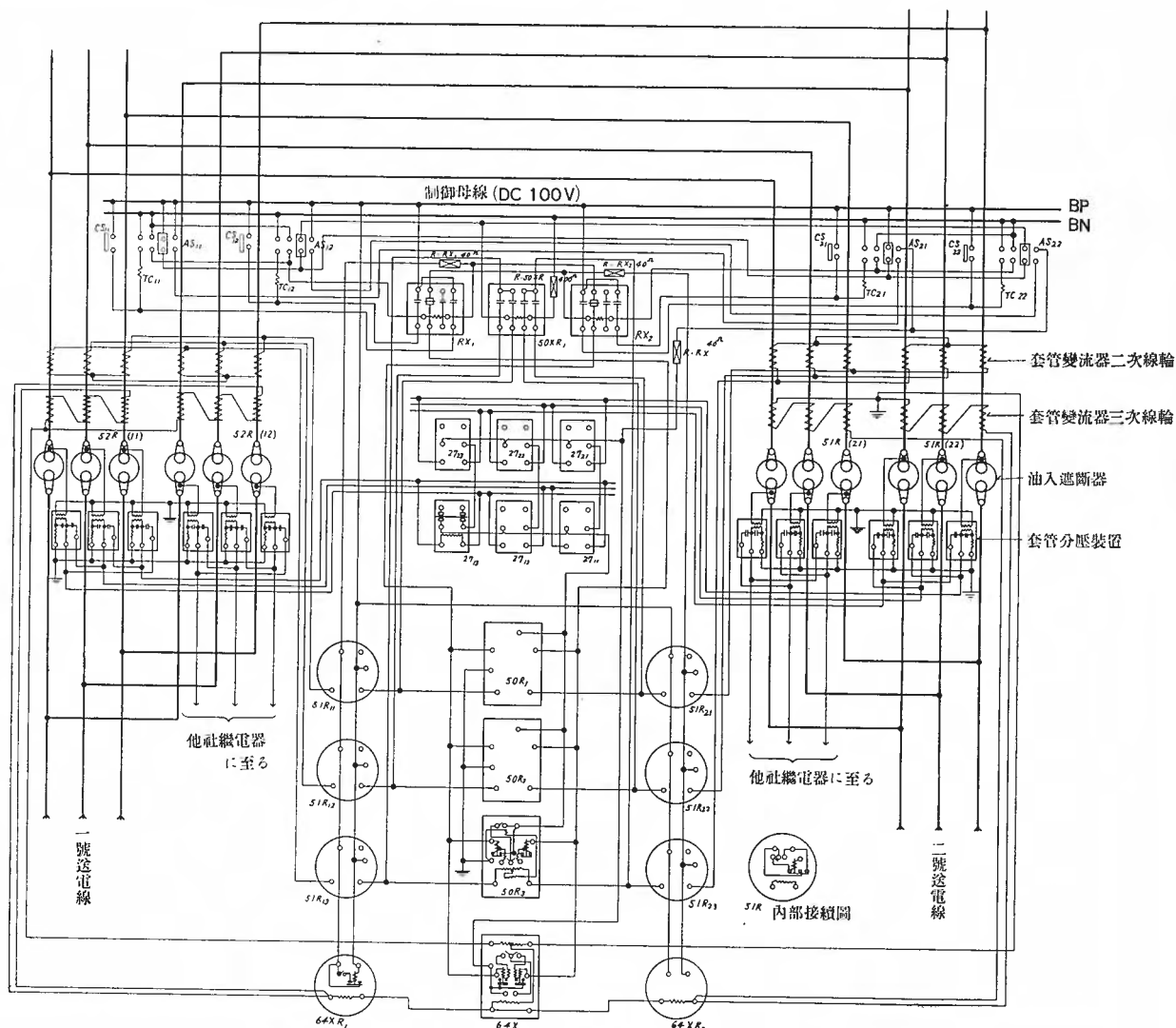
I_1 或は I_2 = 健全線電流

I_{1RS} 或は $I_{2RS} = I_{1S} - I_1$ 或は $I_{2S} - I_2 \neq 1$

= 第二開閉所に於ける兩回線の差電流

I_{1RR} 或は $I_{2RR} = I_{1R} - I_1$ 或は $I_{2R} - I_2 \neq 1$

= 第四開閉所に於ける兩回線の差電流



第5圖 鐵道省信濃川送電線保護繼電裝置接續圖

符 號 說 明		
符號	型 名	名 稱
AS		油入遮断器の補助接點
CS		油入遮断器の制御開閉器
TC		油入遮断器の引外し線輪
51R	CO-L	誘導型過電流繼電器
50R	HR-C	高速度電流平衡繼電器
46XR	CO-G	誘導型接地電流繼電器
64XR	CR-CG	誘導型接地選擇繼電器
27	SV	電 壓 繼 電 器
50XR	MC	多 接 觸 繼 電 器
RX	MC	同 上

端の短絡保護繼電器は夫々兩端の I_{1S} と I_1 及び I_{1R} と I_1 によつて動作し、兩回線の差電流 I_{1RS} 、 I_{1RR} が豫定値以上となると選擇繼電器を動作して故障線を選択遮

断するものである。圖中の點線は第二期計畫の場合の夫々相對應する故障電流を算出して記載したものである。

各種保護繼電器及繼電方式

第5圖は本送電線の各種故障保護のために適用した保護繼電裝置の接續圖を示し、並行送電線の短絡故障保護は HR-C 型高速度電流平衡繼電器と CO-L 型小勢力過電流繼電器とによることとし、接地故障保護は CR-CG 型特別小勢力接地選擇保護繼電器と CO-G 型小勢力接地電流繼電器とによることにした。而して圖に示す通り短絡故障保護繼電器は油入遮断器の套管變流器二次側に接續し、接地故障保護繼電器は套管變流器の三次側零相回路に接續したが、本送電線に於ては油入遮断器が「ブリツデ」と接續なつてゐる爲め、各繼電器には油入遮断

器の套管變流器二個づつの總合電流を之に供給する様になつてゐる。

本送電線は前述の通り並行送電線として使用する場合と單獨送電線として二回線を夫々異系統に使用する場合とがある故、短絡選擇繼電器と接地選擇繼電器とは並行二回線使用の場合にのみ其の電流線輪を附勢することとし、之が爲め補助繼電器 50XR による聯動裝置を設けた。補助繼電器 50XR は常時無勵磁の状態にあるが、送電線を單獨使用の場合は油入遮斷器 52R₁₂ 或は 52R₂₁ の開放による補助接點の閉合によつて之を勵磁して動作し、上記選擇繼電器の電流線輪を短絡するものである。圖に於て 27 は送電線の一回線使用状態から二回線を並行使用状態に移る場合、或は並行使用状態から一回線使用状態に移る場合、短絡選擇繼電器の誤動作を防止する爲めの故障検出用高速度電壓繼電器で其の動作線輪は套管分壓裝置の低壓側から附勢せられ、其の接點は前述の短絡選擇繼電器の接點に直列に接続せられる。RX₁ 及 RX₂ は故障選擇繼電器が動作した場合油入遮斷器 52R₁₁, 52R₁₂ 或は 52R₂₁, 52R₂₂ の引外し電流を安全確實に通ずる爲めの補助繼電器で、上記故障選擇繼電器の動作と共に動作し、之等油入遮斷器の開放に隨つて落下するものである。

(イ) 線間短絡選擇保護用

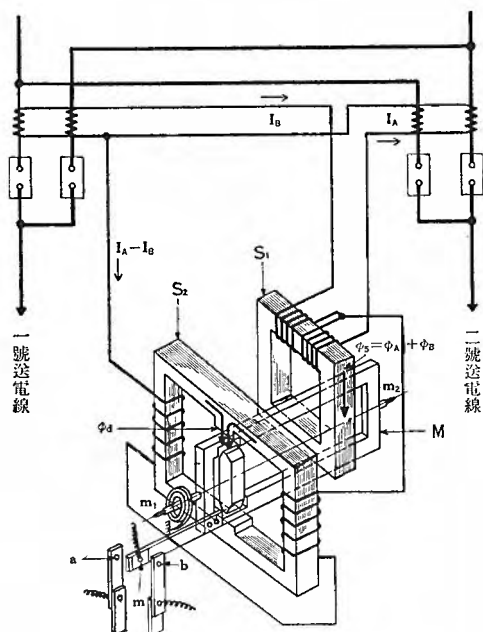
HR-C 型 高速度電流平衡繼電器

本繼電器は並行送電線の兩端に設備し、何れかの送電線の短絡故障を迅速に選擇せんとするもので、兩回線の電流の和と差とによつて動作し、故障線を選択するため



第 6 圖 HR-C 型高速度電流平衡繼電器

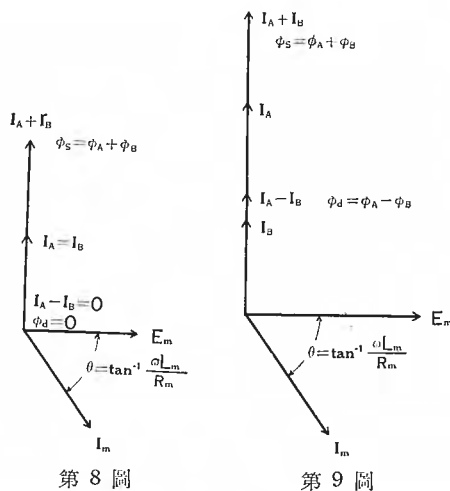
の高速度電流平衡要素と、兩回線の上記差電流が豫定値以上となつた場合動作する過電流要素とを備へ、之等兩要素の接點を直列に接続したものである。高速度電流平衡要素は誘導環型繼電器から成り、過電流要素は卽子型繼電器から成り、何れも 200 % 以上の故障電流では 1.0 「サイクル」以内の高速度で動作するものである。第 6 圖は本繼電器の外観を示してゐる。



第 7 圖

HR-C 型高速度電流平衡繼電器
の電流平衡要素説明圖

第 7 圖 は高速度電流平衡要素を示し兩回線の和電流によつて附勢せられる鐵心 S_1 と、可動接點を附した誘導環 M と、兩回線の差電流によつて附勢せられる鐵心 S_2 とから成り、可動誘導環 M は鐵心 S_1 と交叉して單卷二次回路を構成し且軸 m_1, m_2 を中心として鐵心 S_2 による磁界中を傾動し得る様になつてゐる。常時鐵心 S_1 には兩回線の電流 I_A と I_B との和に比例する磁束 $\phi_A + \phi_B$ を生じ、従つて誘導環には第 8 圖「ベクトル」 I_m に相當する電流が流れるが、兩回線の電流 I_A 及び I_B が等しい場合は鐵心 S_2 を附勢する電流は $I_A - I_B = 0$ となる故、可動誘導環は回轉力を受けない。平行送電線の何れか一線に故障が起つて兩回線の電流が不平衡となり、第 9 圖 I_A 及び I_B に示す様になると鐵心 S_1 には $I_A + I_B$ に比例する磁束 ϕ_S を生じ、従つて誘導環 M には電



第 8 圖
HR-C 型 高速度電流
平衡繼電器ベクトル圖

第 9 圖
同 左

流 I_m を生じ、鐵心 S_2 には $I_A - I_B$ に比例する磁束 ϕ_d を生ずる。この場合誘導環 M は ϕ_d と I_m とによる回轉力を受け、軸 m_1 m_2 を中心として右或は左に傾動して接點 $a-m$ 或は $b-m$ を閉ち、電流値の多い側即ち故障線を選択する。

電流平衡要素の回轉力は上述の通り ϕ_d と I_m との乗積に比例する故繼電器の「ばね」の制御回轉力を τ_s とすれば、繼電器が接點を閉ちる時の故障線と健全線との電流の間には次式の關係がある。即ち

$$\begin{aligned}\tau_s &= k_1 \phi_d I_m \cos(90^\circ + \theta) \\ &= k_2 \phi_d \phi_s \sin \theta \\ &= k_3 (I_A - I_B) (I_A + I_B) \sin \theta \\ &= K (I_A^2 - I_B^2) \sin \theta\end{aligned}$$

但し k_1, k_2, k_3 及び K は常數

θ は誘導環回路の「インピーダンス」角
従つて健全線に I_B が流れる場合、本繼電器の電流平衡要素の動作し得る最低故障線電流 I_A は

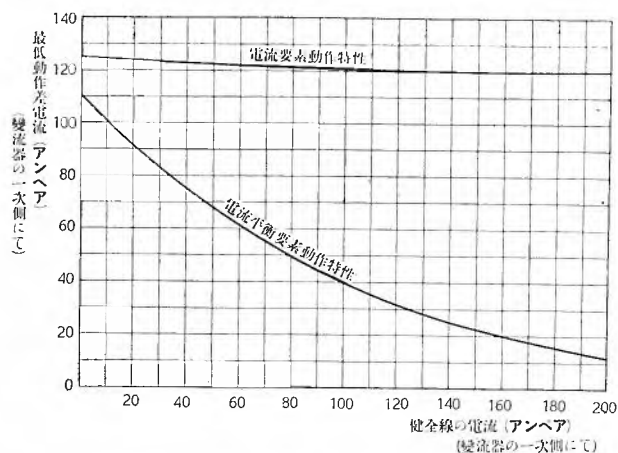
$$I_A = \sqrt{\frac{\tau_s}{K \sin \theta} + I_B^2}$$

で示される。然るに θ は常に略々一定なる故、最低動作故障線電流は簡単に

$$I_A = \sqrt{K_1 \tau_s + I_B^2} \quad \text{但し } K_1 \text{ は常數}$$

で示される。

本繼電器の故障線を選択する爲めの電流平衡要素は、上述の通り健全線の電流が大となれば最低動作電流が漸次低下する故、故障状態を確認するための過電流繼電器



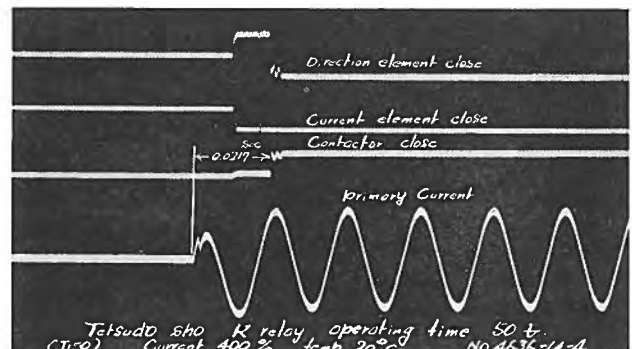
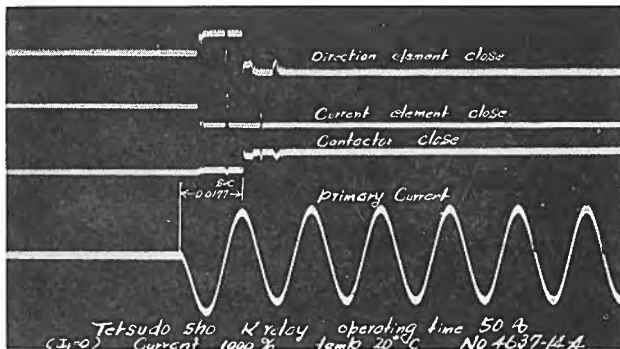
第 10 圖

HR-C 型 高速度電流平衡繼電器動作特性曲線

を附設し、之が接點を電流平衡要素の接點と直列に接続してゐる。過電流繼電器は並行二回線の差電流回路に挿入せられ、兩回線の電流差が豫定値以上となつた場合に確實に動作して其の接點を閉ち、電流平衡要素の故障線選擇接點の閉ちと相俟つて、故障線の油入遮斷器の引外し線回路を閉合するものである。第 10 圖は本繼電器が動作する場合の健全線の電流 I_A と兩回線の差電流 I_d との關係を套管變流器の一次側で試験した結果を示してゐる。

本繼電器の動作電流は變流器の一次側に於て 125—160—210「アンペア」(第一期) 240—360—500「アンペア」(第二期) に夫々變更し得る様に設計せられてゐる故、第一期に於て最低電流「タップ」125 A を使用すれば、本繼電器の動作特性は第 4 圖 X-X' 線で示され第二及第四開閉所間の中間約 65% の區間の故障では兩端の保護繼電器は夫々單獨に動作して兩端の油入遮斷器を開放し得るものである。故障が何れか一端に近い 17% 以内の區間にある場合は故障端に近い繼電器が先づ動作して故障線を遮斷し、然る後他端の繼電器が動作して故障線を完全に遮斷する。

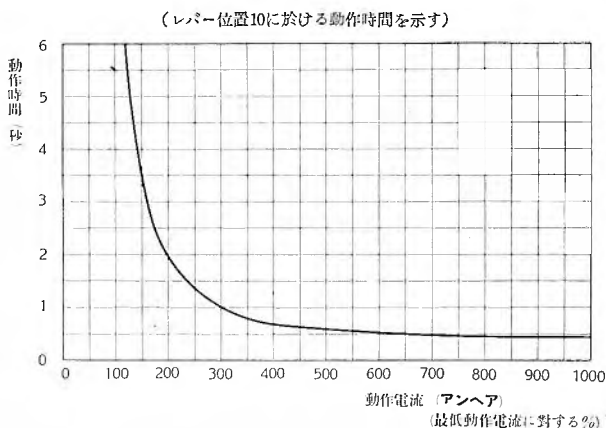
第 11 圖は本繼電器に流れる故障電流と之が動作時間との關係を示す「オシログラム」で故障發生後 1.0「サイクル」内外で其の接點を閉ちることを示してゐる。本繼電器の所要電力は最低電流「タップ」に於て電流平衡要素は約 0.4 VA、過電流要素は約 3.0 VA である。



第 11 図 オシログラフ HR-C 型 高速度高流平衡継電器の動作時間特性

(ロ) 短絡保護用 CO-L 型小勢力過電流継電器

本継電器は送電線を単線使用の場合の短絡故障保護及び送電線を並行使用の場合の後備保護のために使用せられるもので、標準型 CO-L 型過電流継電器を一部改造したものである。本継電器は図示の通り套管変流器の二次側に接続せられるもので一般の場合は必ずしも小勢力継電器を使用する必要はないが、本送電線に於ては前述の様に油入遮断器が「ブリツデ」接続に配置せられ、套管変流器の二次回路が多数並列に接続せられるため、継電器に対する分流回路の「アドミタンス」が大きいことと、後述の様に接地故障保護継電器との関係から小勢力過電流継電器を使用し、動作時間を可及的低下する様にした。第 12 図は之が動作電流と動作時間との関係を示してゐる。



第 12 図
CO-L 型 小勢力過電流継電器
動作特性曲線

本継電器の動作電流は変流器一次側に於て 265—310—380「アンペア」(第一期)、480—580—710「アンペア」(第二期)に夫々變更し得るもので、其の所要電力は最低電流「タップ」に於て約 2 VA である。



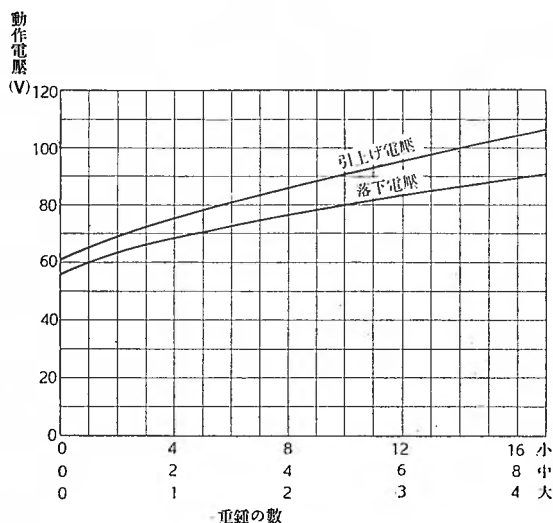
第 13 図 SV 型 電圧継電器

(ハ) 故障検出用 SV 型電圧継電器

並行送電線の短絡故障選擇保護継電器の動作電流を低下すれば故障保護に対する確實性を増し、且第 4 図 X—X' 線 で示す送電線の両端油入遮断器の同時開放區間を擴大し、結局故障に対する遮断時間を短縮し得るが、常規負荷電流が選擇継電器の動作電流よりも大きくなると送電線の一回線使用中他の一回線を並列に投入せんとする場合、或は二回線使用中何れかの一回線を休止せんとする場合等に誤つて健全回線を遮断する様な不都合を生ずる。即ち例へば第 5 圖に於て第一送電線を使用中、第

二送電線を新に並列投入せんとする場合、油入遮断器 52 R₁₂ 或は 52 R₂₁ の補助接点 AS₁₂ 或は AS₂₁ が接触したにも拘らず、油入遮断器の主接触に規定の電流が流れない場合、選擇保護繼電器は直ちに動作して電流の多い側即ち第一送電線の油入遮断器を無用に開放する憂ひがある。斯る危険は選擇繼電器として高速度繼電器を使用する場合に最も多いので繼電器の動作速度を短縮すれば益々この危険を増大する。故障検出用電圧繼電器は斯る危険を防止するために設けたもので電路の故障の場合にのみ選擇保護繼電器の接点回路を閉成する聯動繼電器である。

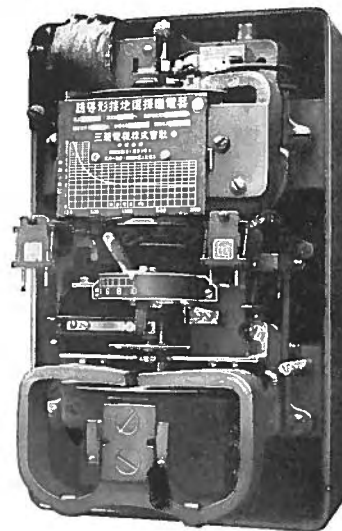
即ち本繼電器は油入遮断器に附設した套管分壓装置の二次側電圧によつて附勢せられ、電路の常規状態では繼電器は動作状態に保たれその接点を開放し油入遮断器の引出し回路を開放してゐるが、送電線の途中で短絡故障が生じた場合は、故障の程度に応じて線間電圧が降下する故其の呷子を急速に落下して其の接点を閉ぢ、選擇繼電器の動作を有効ならしめるものである。従つて前述の様に故障のない場合、兩回線電流の一時的不平衡によつて選擇繼電器が動作するも油入遮断器の引外し回路を開放して居り、誤つて健全線の油入遮断器を開放することは無いのである。第 13 圖は本繼電器の外観を示し、第 14 圖は本繼電器の動作電圧と可動呷子に附ける重錘の數との關係を示してゐる。本繼電器の所要電力は常規電圧に於て約 10 VA である。



第 14 圖 SV 型 電壓繼電器の動作特性曲線

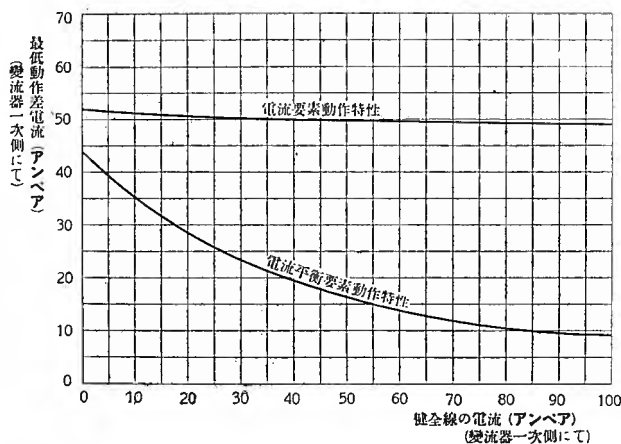
(二) CR-CG 型接地選擇保護繼電器

本送電線の第二及第四開閉所間の一線接地の場合は前項に説明した通り、送電線の両端から故障電流が供給せられ、送電線の一線が完全接地の場合最大の接地故障電流 200「アンペア」程度である。依て接地選擇繼電器は故障位置の變移に依つて並行二回線の各線を通れる故障電流の分布を考へ、最小 50「アンペア」程度の不平衡接地故障電流によつて之を動作させることとした。第 15 圖は本繼電器の外観を示してゐる。



第 15 圖 CR-CG 型 接地選擇保護繼電器

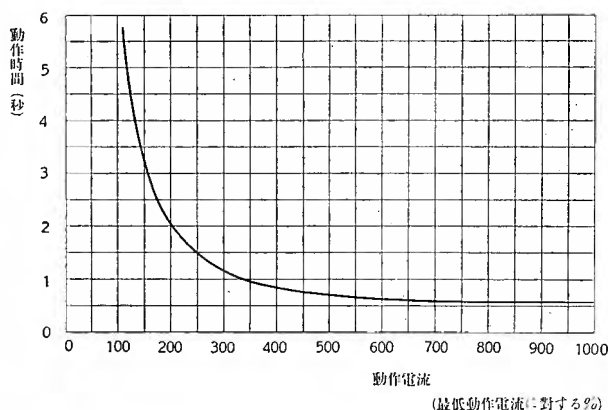
本繼電器は前述の HR-C 型 電流平衡繼電器と同じく兩回線を通れる電流の大きさを比較して電流の多い側即ち故障側送電線を選択する電流平衡要素と、兩回線の差電流が豫定値以上となつた場合動作する過電流要素とから成り、電流平衡要素の接点と過電流要素の接点とは直列に接続せられて油入遮断器の引外し線輪の回路を閉成する様になつてゐる。繼電器に通れる故障電流は第 5 圖に示す様に套管變流器の三次線輪から供給せられるので接地繼電器の爲めに使用せられる變流器は變流器の二次電流比の如何に拘らず、接地繼電器に最も都合の良い巻回数を選び得る特徴がある。電流平衡要素は兩回線の三次線輪側電流によつて夫々勵磁せられる二つの誘導型電磁要素を備ふる機械的平衡要素から成り、之等兩電磁要素の回轉力の差によつて右或は左の接点を閉ぢるものである。本要素は誘導型電磁要素から成るが之が回轉力は HR-C 型電流平衡繼電器と同じく兩要素を通れる電流の



第 16 圖
CR-CG 型 接地選擇繼電器の動作特性曲線

二乗の差に比例し、其の動作特性は第 16 圖に示す様になる。

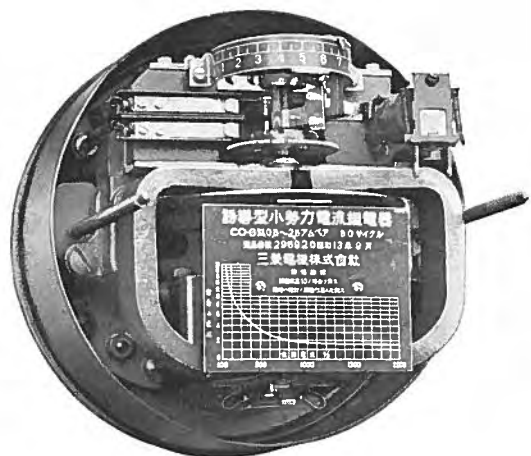
並行二回線を流れる接地故障電流の差電流が豫定値以上となつた場合故障送電線を選択する爲め、本繼電器にも過電流要素を備へてゐる。過電流要素の動作電流は變流器の一次側に於て 52—70「アンペア」で動作するものとしてあるから 52「アンペア」タップを使用すれば之が動作特性は第 3 圖 X—X' 線で示され第二及第四開閉所の中間約 70% の區間の接地故障では兩端の保護繼電器は夫々單獨に動作して兩端の油入遮斷器を開放することが出来る。故障が何れか一端に近い 15% 内外の區間にある場合は故障端に近い繼電器が先づ動作して故障線を遮斷し、然る後他端の繼電器が動作して故障線を完全に遮斷する。第 17 圖は本繼電器の動作電流と動作時間との關係を示す曲線圖である。



第 17 圖
CR-CG 型 接地選擇繼電器動作特性曲線

(木) CO-G 型小勢力接地電流繼電器

本繼電器は線間短絡故障保護に使用する CO-L 型 過電流繼電器と同様、送電線の單線使用の場合の接地故障保護並に並行使用の場合の後備保護のために使用せられるもので繼電器の動作電流は一次側に於て 62—75「アンペア」に調整し得るものとし、動作時間は 0—2 秒に調整し得るものである。本繼電器も套管變流器の三次線輪に接続するもので、次項に述べる様に套管變流器の巻數その他の關係上繼電器自体としては 0.2—0.25「アンペア」で動作する様に調整してある。本繼電器の所要電力は「タップ」電流に於て僅か 0.1 VA 以下である。第 18 圖は本繼電器の外観を示してゐる。



第 18 圖
CO-G 型 小勢力接地電流繼電器

套管變流器と接地保護繼電器との關係

套管變流器は二次及三次線輪を貫通して單に一本の一次導体が設けられたのみであるから、變流器の二次側及三次側の負荷電流に對する勵磁電流の割合が著しく大きく、變流器としての特性の不良なことは一般に知られてゐる。従つて套管變流器の二次側及三次側に接続する計器、繼電器等は可及的に低「インピーダンス」のものとする必要がある。特に本送電線の様に油入遮斷器が「ブリツダ」接続に配置せられ、並行送電線の二回線の不平衡電流を得るに套管變流器 2 組づゝを互に差動的に接続し、各種繼電器に接続する様な場合は、繼電器に對する

分流「アドミタンス」が大となり継電器に正確に一次電流に比例する電流を流し得ない不利がある。即ち一般に周知の通り変流器の二次或は三次負荷に流れる電流を I_2 、二次或は三次巻数を N 、一次側及び二次或は三次側に換算した勵磁電流を夫々 I_{m1} 、 I_{m2} とすれば変流器の一次電流 I_1 は

$$\dot{I}_1 = N\dot{I}_2 + \dot{I}_{m1} = N(\dot{I}_2 + \dot{I}_{m2})$$

で示される。然るに勵磁電流と二次負荷との間には次の関係がある。即ち

$$\begin{aligned} I_2 Z &= k f N \phi = k f N B A \\ &= K f N^2 \mu I_{m2} A \end{aligned}$$

故に若し I_{m1} と $N I_2$ との位相差を無視すれば

$$I_1 = N \left(I_2 + \frac{I_2 Z}{K f N^2 \mu A} \right) = I_2 \left(N + \frac{Z}{K f N \mu A} \right)$$

但し k 及び K は常数

f は周波数

Z は二次或は三次負荷の「インピーダンス」

μ は鉄心の導磁率

B は鉄心中の磁束密度

A は鉄心の断面積

上式から明かな様に套管変流器の二次或は三次側に内部「インピーダンス」 Z にして、 I_2 「アンペア」で動作する継電器を接続する場合、最低動作一次電流は套管変流器の二次或は三次巻回数によつて変化するもので其の最低値は I_2 及 Z を一定とし $\frac{dI_1}{dN} = 0$ とした場合の巻回数 N_0 より求められる。

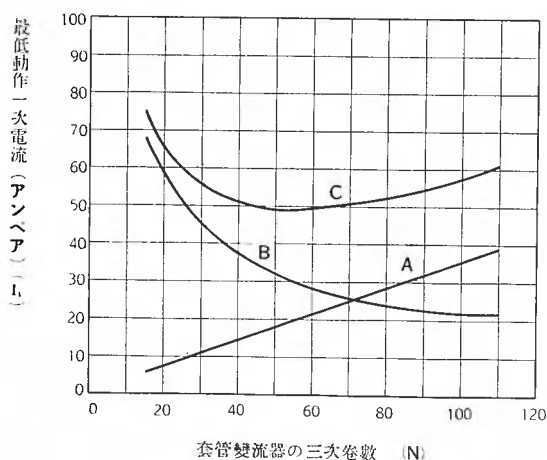
即ち

$$\begin{aligned} \frac{dI_1}{dN} &= \frac{dI_2}{dN} \left(N + \frac{Z}{K f N \mu A} \right) \\ &= I_2 \left(1 - \frac{Z}{K f N^2 \mu A} \right) = 0 \end{aligned}$$

$$\therefore K f N^2 \mu A = Z$$

$$\therefore N_0 = \sqrt{\frac{Z}{K f \mu A}}$$

となり変流器の二次或は三次巻線数が $\sqrt{\frac{Z}{K f \mu A}}$ の場合の一次電流が最少となる。この場合の一次電流は



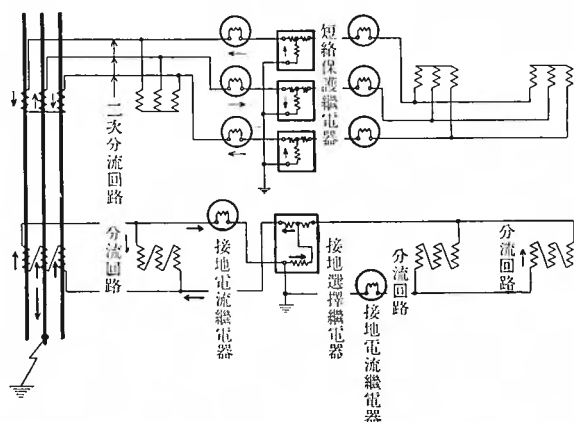
第 19 図

接地保護継電器の最低動作一次電流と
套管変流器の三次巻数との関係

$$\begin{aligned} I_1 &= I_2 \left(N_0 + \frac{Z}{K f N_0 \mu A} \right) \\ &= 2 I_2 \sqrt{\frac{Z}{K f \mu A}} \end{aligned}$$

で表される。

第 19 図は前述の接地故障保護継電器を套管変流器の三次線輪に接続した場合の三次巻数と接地継電器の最低動作一次電流との関係を示す曲線図で、所要の継電器電流及「インピーダンス」に對し一次電流が最少となる様な巻数を選ぶ必要があることを示してゐる。圖に於て A は負荷電流分と三次巻線数との関係を示し、B は勵磁電流分と三次巻線数との関係を示し、C は兩者の合成電流即ち套管變流器の一次側に略ける継電器の最低動作電流と三次巻線数との関係を示し結局この場合は三次巻線を 45—60 回とした場合接地継電器を動作させる一次電流が最少となることを示してゐる。上記數式に於て最少一次電流と三次巻回数との関係を求める場合、注意すべきことは變流器の負荷電流としては継電器の線輪に流れる電流のみならず、他の變流器に分流する所謂分流電流をも考慮に入れる必要があること、回路の「インピーダンス」としては継電器の内部「インピーダンス」の外に導線の「インピーダンス」を考慮に入れる必要があり、又第 20 圖に示す様に三次回路と二次回路とは相結合する一回路を形成する故二回路次の「インピーダンス」も考慮に入れて継電器回路の等價「インピーダンス」を求め



第 20 圖
套管變流器の次及三次分流通路

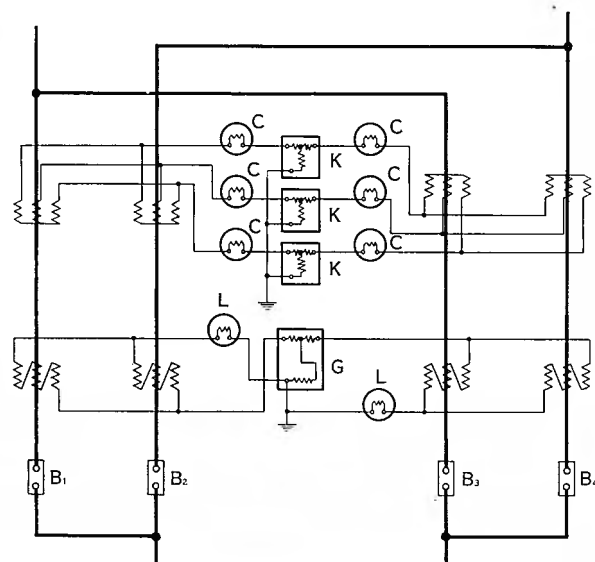
る必要があることである上述の諸點より套管變流器の三次巻数を決定するに當つて考慮すべきことは、

- (1) 三次側に接続せられる接地継電器及び接地選擇継電器はその内部「インピーダンス」を可及的低下する必要があること。
- (2) 套管變流器の三次線輪に対する負荷を決定するに當つては之に接続せられる継電器の「アドミタンス」のみでなく分流通路の「アドミタンス」をも考慮に入れる必要があること。
- (3) 套管變流器の二次回路に接続せられる継電器、その他の「インピーダンス」も接地継電器の動作に影響を與ふるもので二次回路の「インピーダンス」も可及的小さいことが望ましい。
- (4) 套管變流器の三次線輪から継電器に至る導線の「インピーダンス」も接地継電器の動作に相當の影響を與ふるもので、特に継電器の動作電流を大きくした場合に其の影響が大きくなること、従つて接地継電器は従來の一般の標準である 0.5 A—2.5 A 「タップ」を備ふるものよりも前述の様に 0.2—0.25 A 程度の低電流「タップ」のものとし、導線に消費せられる電力を小ならしめることが望ましい。

當社の接地故障保護継電器は以上の諸點を考慮して綜合設計したもので、次に述べる組合せ試験に説明する通り接地選擇継電器は接地電流 50 A 以下で確實に動作することが確められた。

各種保護継電器に対する工場試験

以上の各種保護継電器は何れも鐵道省監督官の御指導により其の單獨動作特性其の他の試験をなし、更に線間短絡保護継電器及び接地保護継電器は夫々套管變流器と組合せた單獨の特性試験をなし、最後に第 21 圖に示す様に各種継電器及套管變流器を實地使用の場合と全く同じ状態に接続し、之が動作特性を試験した。各種継電器の單獨試験は其の起動及び動作電流試験、動作時間特性試験、溫度上昇試験、内部「インピーダンス」測定、絶縁耐力及び絶縁抵抗試験等であるが特に最低動作電流に就ては使用周波数を 45 「サイクル」乃至 55 「サイクル」に變化した場合、並に周波溫度を 20°C 乃至 40°C に變化した場合に對する継電器の諸特性を調査し、實用上この程度の周波數並に周圍溫度の變化は継電器の特性に殆んど影響を與へないことを確めた。



第 21 圖
各種保護継電器の工場組合せ試験接続圖

次に之等継電器の組合せ工場試験の結果に就て略述する。第 21 圖に於て B_1, B_2, B_3, B_4 は油入遮斷器、 K は H-RC 高速型電流平衡継電器、 C は CO-L 型小勢力過電流継電器、 G は CR-CG 型接地選擇継電器、 L は CO-G 型接地電流継電器である。各種継電器は前述の通り套管變流器の特性並に継電器に對する分流通路の状態變化に

よつて其の最低動作一次電流が相當變化するを逃れない殊に本送電線の場合の様に油入遮断器が「ブリツヂ」接続の場合は油入遮断器の使用状態によつて繼電器に対する分流回路の状態が變化し、従つて繼電器の最低動作一次電流を如何なる場合も一定に保つことは甚だ困難である。本組合せ試験に於ては之等の詳細を検討する爲め油入遮断器の種々なる使用状態に於て、實際に線間短絡故障電流並に接地故障電流を流して各種繼電器の動作状態を調査した。第3表は之が試験成績の一部を示すもので油入遮断器の種々な使用状態に於ても各種繼電器の最低動作電流は殆んど變化なきことが確められた。之は前述の通り各種繼電器の内部「インピーダンス」を極力低下し繼電器に対する分流電流の影響を少ならしめたる結果によるものと考へられる。第22圖は本組合せ試験に於

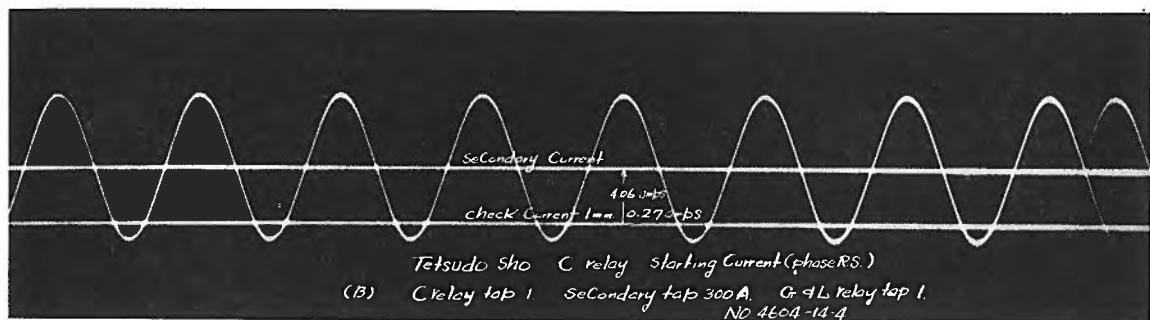
て各種繼電器の最低動作電流を變流器の二次側或は三次側で測定した「オシログラム」の一例を示すものである

第3表

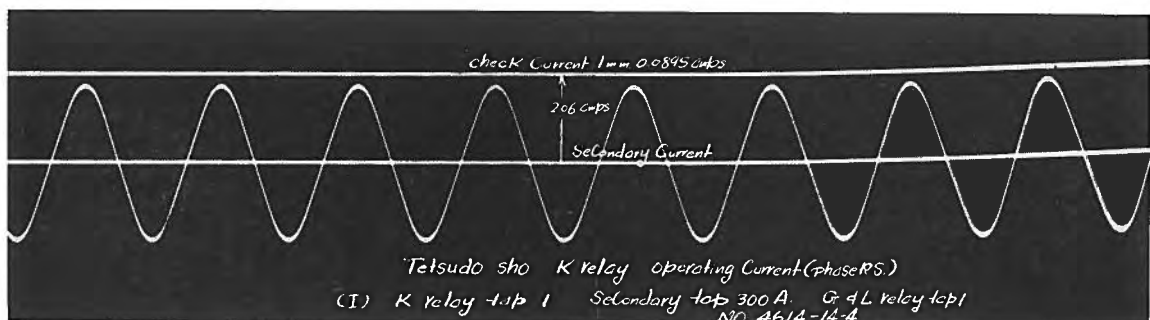
送電線保護繼電器組合せ工場試験成績表

(説明)

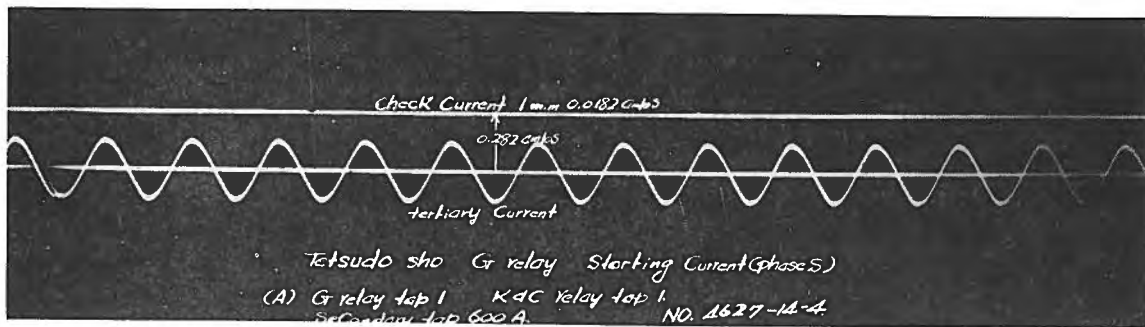
- (1) 本表(イ)は各種繼電器の「タップ」番號と記銘「タップ」電流との關係を示すものである。
- (2) 本表に於て 0_1 , 0_2 と記入したのは夫々一號線或は二號線の電流を二號線或は一號線の電流の二倍とした場合を示すものである。
- (3) 本表に示す試験成績表は各種繼電器を總べて最低電流「タップ」に置いた場合の成績を示し、各種繼電器の「タップ」を種々に變化した場合の成績は爰に記載を省略した。



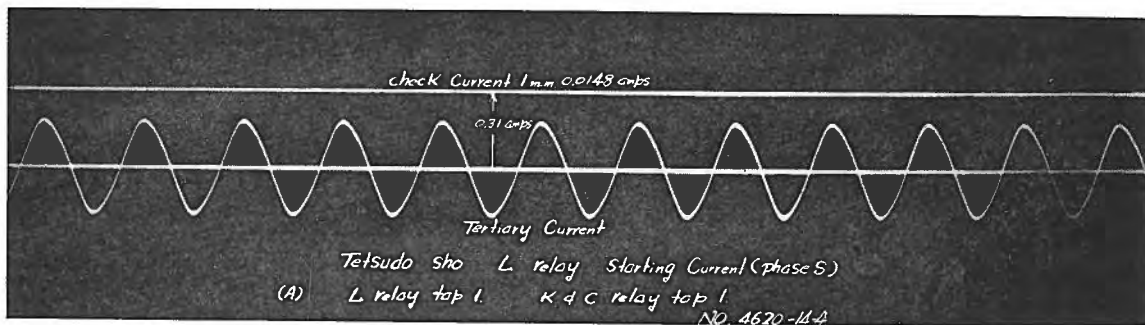
第22圖 (A) HR-C型高速度電流平衡繼電器の最低動作電流



第22圖 (B) CR-CG型接地選擇自護繼電器の最低動作電流



第 22 圖 (C) CO-L 小勢力過電流繼電器の最低動作電流



第 22 圖 (D) CO-G 型小勢力接地電流繼電器の最低動作電流

(イ)

(1) 相間短絡保護用高速度選擇繼電器 (K)

變 流 比	タ ッ プ 番 號	記 銘 タ ッ プ 電 流
300/5 A	# 1	125
	# 2	160
	# 3	210
600/5 A	# 1	240
	# 2	360
	# 3	500

(3) 接地選擇繼電器 (G)

變 流 比	タ ッ プ 番 號	記 銘 タ ッ プ 電 流
300/5 A	# 1	52
	# 2	55
	# 3	58
600/5 A	# 1	60
	# 2	65
	# 3	70

(2) 相間短絡保護用過電流繼電器 (C)

變 流 比	タ ッ プ 番 號	記 銘 タ ッ プ 電 流
300/5 A	# 1	265
	# 2	310
	# 3	380
600/5 A	# 1	480
	# 2	580
	# 3	710

(4) 接地保護用過電流繼電器 (L)

變 流 比	タ ッ プ 番 號	記 銘 タ ッ プ 電 流
300/5 A	# 1	62
	# 2	65
	# 3	68
600/5 A	# 1	67
	# 2	70
	# 3	75

(ロ) 継電器組合せ試験成績

1. 短絡保護継電器 (C) 及短絡選擇継電器 (K) の最低動作電流試験 (CT比 300/5 A の場合)

試験番号 CT比 300/5A の場合	試験相	油入遮断器の状態	主回路 電流	動作電流		
				Cの起動電流 (アンペア)	K 電流平衡要素動作電流 (アンペア)	
1	R-S相	B ₁ B ₃ 閉, B ₂ B ₄ 開	O ₁	273	99.6	121
2	"	"	2 ₁	254	61.3	115
3	"	"	O ₂	272	111	121
4	"	"	2 ₂	254	57.7	117
5	"	B ₁ B ₂ B ₃ 閉, B ₄ 開	O ₁	273	99.6	121
6	"	"	2 ₁	254	61.3	117
7	"	"	O ₂	268	110.6	118
8	"	"	2 ₂	264	60	116.5
9	"	B ₁ B ₂ B ₃ B ₄ 閉	O ₁	274	98	115
10	"	"	2 ₁	254	61.3	119
11	"	"	O ₂	268	55.3	118
12	"	"	2 ₂	264	57.7	114
13	S-T相	B ₁ B ₃ 閉, B ₂ B ₄ 開	O ₁	276	101	126
14	"	"	2 ₁	260	—	116
15	"	"	O ₂	270	—	—
16	"	"	2 ₂	256	—	—
17	"	B ₁ B ₂ B ₃ 閉, B ₄ 開	O ₁	276	101	126
18	"	"	2 ₁	260	—	—
19	"	"	O ₂	266	—	—
20	"	"	2 ₂	264	—	—
21	"	B ₁ B ₂ B ₃ B ₄ 閉	O ₁	276	98	120
22	"	"	2 ₁	264	—	—
23	"	"	O ₂	266	—	—
24	"	"	O ₂	267	—	—

2. 同 上 (CT比 600/5A の場合)

試験番号 CT比 600/5A の場合	試験相	油入遮断器の状態	主回路 電流	動作電流		
				Cの起動電流 (アンペア)	K 電流平衡要素動作電流 (アンペア)	
1A	R-S相	B ₁ B ₃ 閉, B ₂ B ₄ 開	O ₁	490	204	240
2A	"	"	2 ₁	480	115.2	238
3A	"	"	O ₂	485	210	244
4A	"	"	2 ₂	480	114	238
5A	"	B ₁ B ₂ B ₃ 閉, B ₄ 開	O ₁	490	204	240
6A	"	"	2 ₁	485	200	240
7A	"	"	O ₂	490	115	240
8A	"	"	2 ₂	480	209	230
9A	"	B ₁ B ₂ B ₃ B ₄ 閉	O ₁	480	224	240
10A	"	"	2 ₁	488	111	237
11A	"	"	O ₂	480	209	230
12A	"	"	2 ₂	487	108	240
13A	S-T相	B ₁ B ₃ 閉, B ₂ B ₄ 開	O ₁	480	204	246
14A	"	"	2 ₁	473	—	—
15A	"	"	O ₂	478	—	—
16A	"	"	2 ₂	480	—	—
17A	"	B ₁ B ₂ B ₃ 閉, B ₄ 開	O ₁	480	204	246
18A	"	"	2 ₁	488	—	—
19A	"	"	O ₂	488	—	—
20A	"	"	2 ₂	468	—	—
21A	"	B ₁ B ₂ B ₃ B ₄ 閉	O ₁	492	197	240
22A	"	"	2 ₁	480	—	—
23A	"	"	O ₂	488	—	—
24A	"	"	2 ₂	484	—	—

3. 接地保護継電器 (L) 及接地選擇継電器 (G) の最低動作電流試験 (CT 比 300/5A) の場合

試験番号 CT 比 300/5A の場合	油入遮断器の状態	主回路 電流	動作電流		
			L の起動電流 (アンペア)	G	
				電流平衡要素動作電流 (アンペア)	電流要素起動電流 (アンペア)
25	B ₁ B ₃ 閉, B ₂ B ₄ 開	O ₁	62	44	52.5
26	"	2 ₁	62.8	20	49
27	"	O ₂	65	40	54.6
28	"	2 ₂	62	26	52
29	B ₁ B ₂ B 閉, B ₄ 開	O ₁	62	44	52.5
30	"	2 ₁	63	33	51
31	"	O ₂	64	40	56
32	"	2 ₂	61.5	28	51
33	B ₁ B ₂ B ₃ B ₄ 閉	O ₁	62.8	48	58
34	"	2 ₁	62.8	23	—
35	"	O ₂	66	40	57
36	"	2 ₂	62	28	52.4

4. 同上 (CT 比 600/5A の場合)

試験番号 CT 比 600/5A の場合	油入遮断器の状態	主回路 電流	動作電流		
			L の起動電流 (アンペア)	G	
				電流平衡要素動作電流 (アンペア)	電流要素起動電流 (アンペア)
25 A	B ₁ B ₃ 閉, B ₂ B ₄ 開	O ₁	71	45	62
26 A	"	2 ₁	66	25	53
27 A	"	O ₂	71	45	63.4
28 A	"	2 ₂	64	31	59
29 A	B ₁ B ₂ B ₃ 閉, B ₄ 開	O ₁	71	45	62
30 A	"	2 ₁	64	25	53
31 A	"	O ₂	68	40	66
32 A	"	2 ₂	66	29	55
33 A	B ₁ B ₂ B ₃ B ₄ 閉	O ₁	70	52	65
34 A	"	2 ₁	66.8	25	53
35 A	"	O ₂	68	40	65
36 A	"	2 ₂	66	31	59

結 言

以上我社で製作した鐵道省信濃川送電線に對する保護
繼電器並に繼電方式の概略を紹介し且之が工場試験の一
部を記載したのであるが、之等繼電器は更に實際、上記
兩開閉所に設置した上送電線の種々な故障状態に於ける
嚴重な實地試験を施行せられ、既に昨年 12 月 1 日か

ら鐵道省信濃川發電所が正式運轉を開始せられると共に
公式送電が開始せられ今日に至つてゐる。最近日本及び
滿洲國に於て超高壓送電の計畫が具体化せんとし且送電
系統の連繫が益々緊要の問題となるに及び送電系統の故
障保護は益々重要にして複雑困難を加へんとしつつある
が、本項に述べた各種保護繼電器が之等の問題解決の一
助ともならば幸甚である。以上



編輯兼發行者

三菱電機株式會社 神戶製作所內

稻垣健三

印刷者

大阪市東區北久太郎町一丁目一六

久保專治

印刷所

大阪市東區北久太郎町一丁目一六

サン製版印刷所

發行所

神戶市兵庫區和田崎町三丁目

三菱電機株式會社 神戶製作所

昭和15年4月15日 印刷
昭和15年4月17日 內務省納本
昭和15年4月20日 發行

〔本誌代價〕 壹部二付 金貳拾錢
(郵稅不要)

三菱電機株式會社

本店	東京市麴町區丸ノ内二丁目四
神戶製作所	神戶市兵庫區和田崎町三丁目
名古屋製作所	名古屋市中區矢田町
長崎製作所	長崎市平戸小屋町
東京工場	東京市芝區海岸通二丁目七
直方出張所	直方市大字下新入
札幌出張所	札幌市北二條東一二丁目九八
奉天駐在員	奉天大和區浪速通二八
新京駐在員	新京大同大街(康德會館內)
京城駐在員	京城府黃金町一丁目一八〇

三菱商事株式會社

機械部	東京市麴町區丸ノ内二丁目十番地
橫濱駐在員	橫濱市中區本町四丁目四三番地(橫濱支店內)
青森出張員	青森市大字古川町一七番地
仙臺出張員	仙臺市國分町二番地
小樽支店	小樽市色内町八丁目三番地
函館出張所	函館市東濱町六番地
名古屋支店	名古屋市中區廣小路通二丁目
機械部大阪支部	大阪市南區安堂寺橋通三丁目
神戶駐在員	神戶市神戶區海岸通八番地(神戶支店內)
姫路駐在員	姫路市堅町二五番地
吳支店	吳市堺川通一丁目八番地
門司支店	門司市東湊町二番地
佐世保出張所	佐世保市元町四三番地
長崎出張所	長崎市小曾根町二一番地
八幡出張員	八幡市枝光白川町一丁目
臺北支店	臺北市表町二丁目六番地
基隆出張員	基隆市日新町二丁目六番地
高雄支店	高雄市堀江町三丁目三二番地
京城支店	京城府黃金町一丁目一八〇番地
釜山出張所	釜山府大倉町四丁目二二番地
清津出張所	清津府港町四番地
群山出張員	群山府本町一丁目四〇番地
平壤出張員	平壤府黃金町三番地(東拓ビル內)
安東出張員	安東大和區市場通五丁目
牡丹江出張員	牡丹江市大平路一五番地
大連支店	大連市山縣通一六五番地
奉天支店	奉天大和區浪速通二八番地
新京支店	新京特別市大同大街(康德會館內)
哈爾濱支店	哈爾濱埠頭區水道街二九番地
天津支店	天津日本租界須磨街一六ノ一番地
北京出張所	北京東單牌樓大街三四五號
青島支店	青島館陶路三號
濟南出張所	濟南商埠經三路四六八號
上海支店	上海九江路三六號
漢口支店	漢口江漢路一六號
香港支店	Holland House, No. 9, Queen's Road Central Hongkong.