

制弧遮断器による 60kV 電力用蓄電器開閉試験

重松忠和* 國近昭徳* 長井 新* 福田 宏**

The Switching Tests of 60kV Power Condenser Circuits "Contrarc" Circuit Breaker

By T. Shigematsu, A. Kunichika, and A. Nagai,
Shikoku Electric Power Co., Inc.
K. Fukuda, Taga Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

For high voltage power condenser circuits, it is usual to apply two kinds of circuit breakers, one for switching the charging current, the other for interrupting the fault current, because it is difficult for the power circuit breakers to interrupt the charging current without restriking. But this is not economical, when a few condenser banks are installed.

This time, improved Contrarc Circuit Breakers were applied for 60 kV 6,000 kVA condenser bank of Ojin S.S., Shikoku Haiden Co. Ltd., This circuit breakers have superior characteristics not only for short circuit current breaking, but also for charging current switching. The field switching tests have been carried out at Ojin S.S. and satisfactory results are obtained. Therefore, we need now no special switches for the 60 kV power condenser circuits when the condenser banks are a few. The details of the results are described herein.

[I] 緒 言

電力蓄電器用開閉器は本質上遮断時に再点弧せぬこと、頻繁な開閉にも接触子や絶縁油の劣化が少いこと、手動操作時に電流制限抵抗が焼損せぬこと等一般の電力用遮断器と異つた性能が要求される。従つて電力用遮断器とは別箇に改良され発達した結果、蓄電器用開閉器は単に常時電流の開閉のみを行い、故障遮断は別に設置された電力遮断器によるのが通例である。この方式は設備されたバンク数の多い場合はさほど問題とはならないが、バンク数の少い場合は著しく不経済となるのをまぬがれない。そこで蓄電器開閉器と電力遮断器との両性能を兼ね備えた遮断器の開発がかねてから要望されていた。

今回四国電力応神変電所に 60 kV 6,000 kVA 1 バンクの電力用蓄電器が設置されるにあたり、以上の見地から開閉及び保護の両用として、従来の制弧遮断器を蓄電器開閉に適するよう一部改造したものを使用することと

した。この設備の竣工試験において、制弧遮断器の開閉試験が実施されたが、満足すべき結果を得たのでここに報告する次第である。

[II] 設 備 概 要

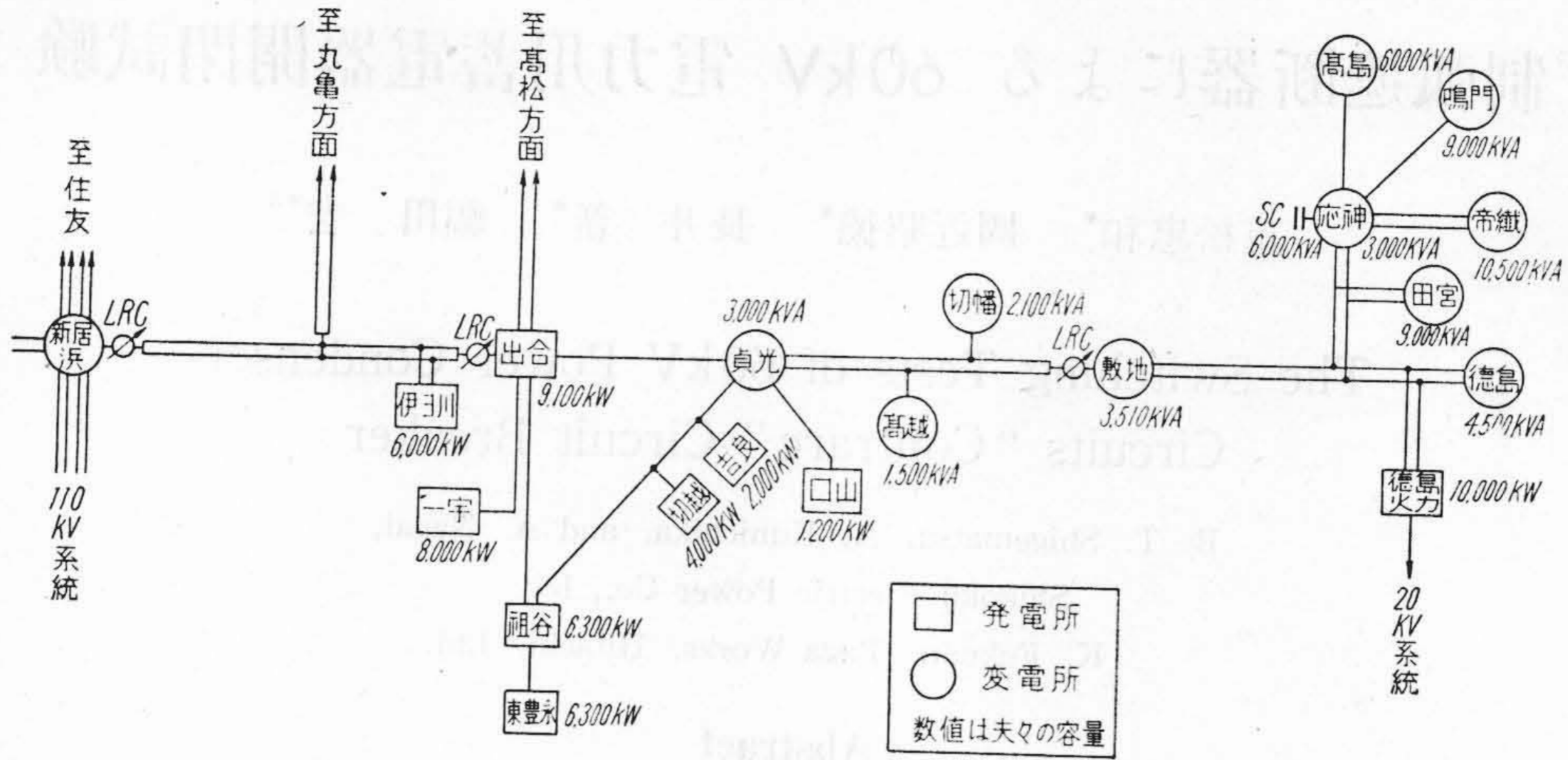
第1図は応神変電所関係の電力系統図である。徳島地区は従来出合、祖谷両発電所方面の電源群を送電端とし 60 kV 送電線により受電していたが、戦後の急激な負荷増により、前記電源群は送電端としての性格を失い、従来送電していた新居浜変電所より逆に受電する潮流に変化し、このため徳島地区の電力関係は著しく悪化した。今回完成した電力用蓄電器設備は、この対策の一環として徳島地区の負荷の中心点である応神変電所の 60kV 回路に設置されたもので、その主要機器は次の如くである。

(1) 蓄電器

型式 SOF-R 容量 250 kVA

電圧 19,000 V 電流、13.2 A 单相 60 \sim 24台(予

* 四国電力株式会社 ** 日立製作所多賀工場



第 1 図 徳 島 地 区 電 力 系 統 図

Fig. 1. Schematic Diagram of Electric Power System of Tokushima District

備 2 台)

(2) 放電コイル

型式 SO-FX 容量 200 VA 一次電圧 66kV

二次電圧 110V 単相 60 \sim 2 台

(3) 直列リアクター

型式 SOB-FX 容量 120 kVA (6%)

回路電圧 66kV 端子電圧 2,290V 電流 52.4A

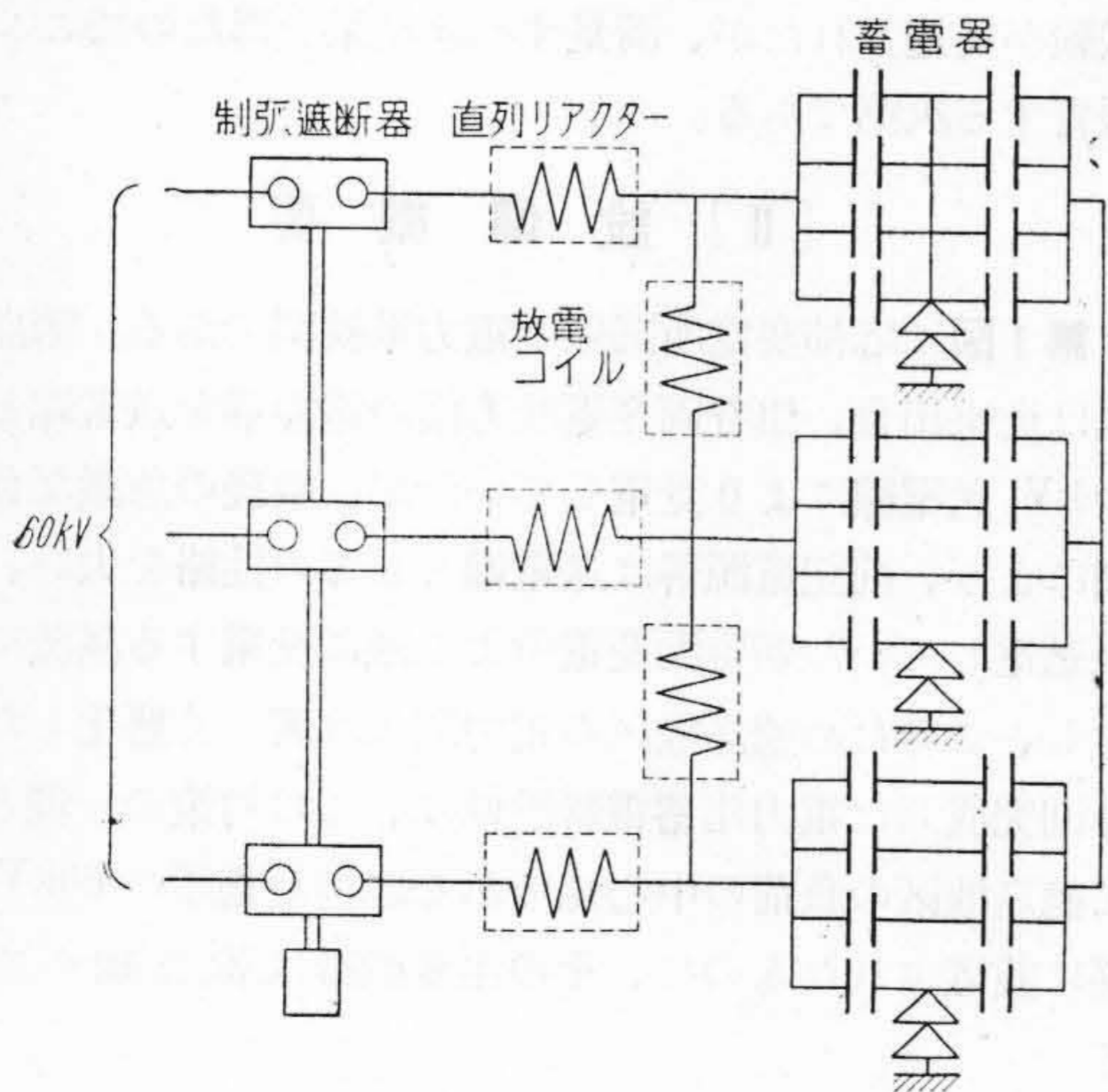
単相 60 \sim 3 台

(4) 制弧遮断器

型式 BOK-150A-PAB 電圧 69kV 電流 400A

遮断容量 1500MVA (69kV) 圧縮空気操作 1台

以上の機器は第 2 図に示す如く結線され、直列リアク



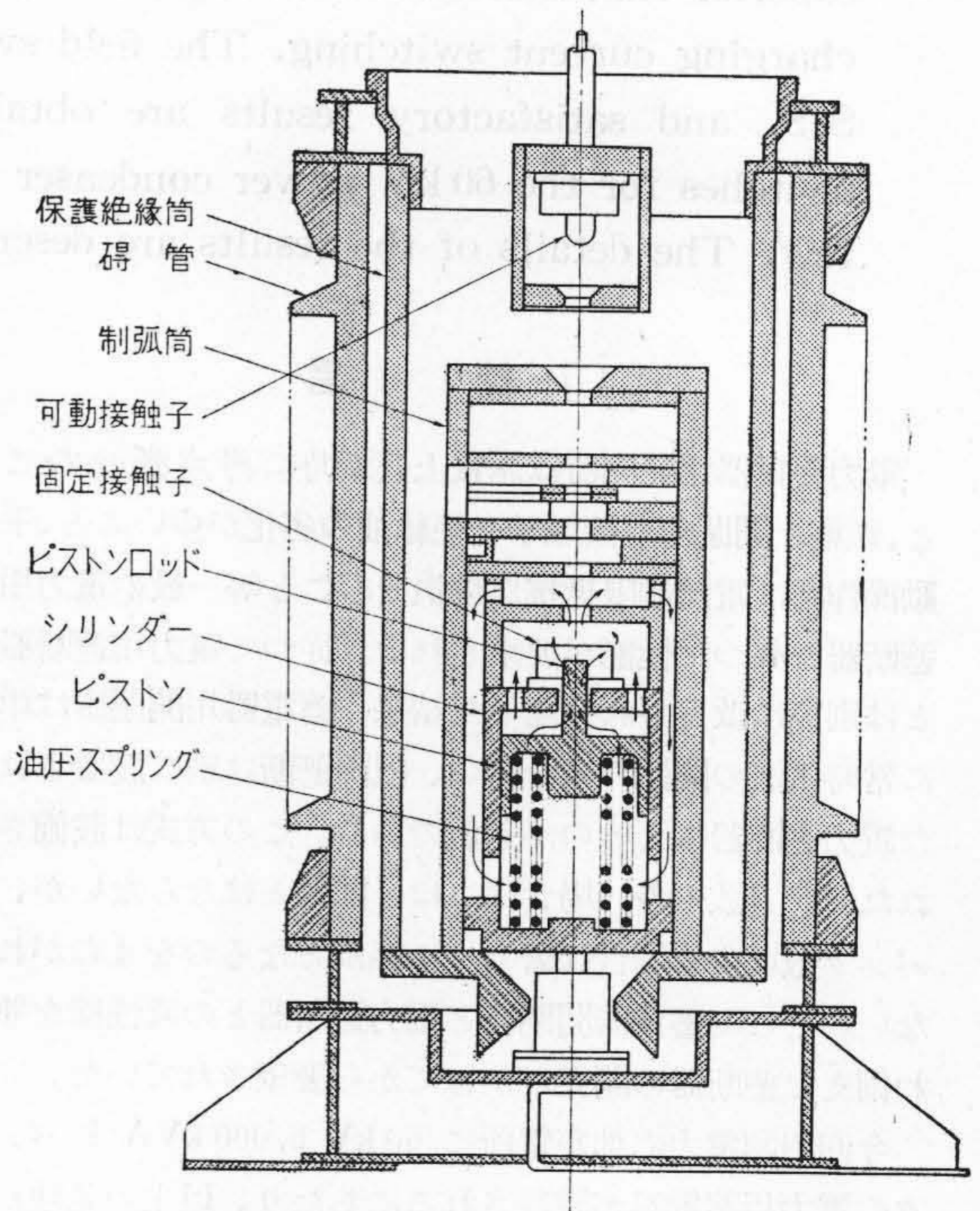
第 2 図 機 器 接 続 図

Fig. 2. Symplified Connection Diagram of Test Apparatus

ター及び放電コイルのケースは接地し、蓄電器は架台により絶縁されている。

[III] 制弧遮断器の構造

電力用遮断器を蓄電器開閉に用いた場合、特に注意す



第 3 図 油 流 ピ ス ト ン 付 制 弧 室

Fig. 3. Sectional View of "Contrarc" Chamber with Oil Piston

べき問題は電流抑制抵抗と再点弧なし遮断とである。今回の制弧遮断器もこれらの点に考慮が加えられているが、外形においては従来の制弧遮断器と全然同様である。

抑制抵抗の目的は閉路時の突入電流をおさえて、機器に過大の衝撃を与えぬことにある。今回の場合は常時の運転電流が 50A 前後であるから、抑制抵抗なしでも突入電流値は 300 A を超えないものと考えられ、この程度では機器の衝撃は殆んど問題とならないから、抑制抵抗は省略した。これにより従来の蓄電器用開閉器に屢々見られた抑制抵抗の事故を一掃したいと考えた。

次に再点弧については、制弧遮断器は従来より中心噴油ピストンとして他力を加味しており、充電電流の如き小電流は消弧し易い構造となつてはいるが、更にこれを強化するため第 3 図の如く制弧室の下部に強力な油流ピストンを設けた。このピストンはバネによつて駆動されるが、閉路時にはピストンロッドを介して、可動接触子により押し下げられている。遮断時に可動接触子が油流孔を通過すると、ピストンに押された絶縁油は矢印で示すように、固定接触子の内外を通り油流孔より噴出し、このため電弧は軸方向に他力消弧作用を受けるわけである。この構造は従来の制弧室に附加したものであつて、短絡遮断機能に関しては従来と全く同じである。即ちこの制弧室は日本発送電京北、犬山両変電所における 140 kV 送電線の充電電流遮断試験に使用して好結果をおさめたものと同じ構造である。

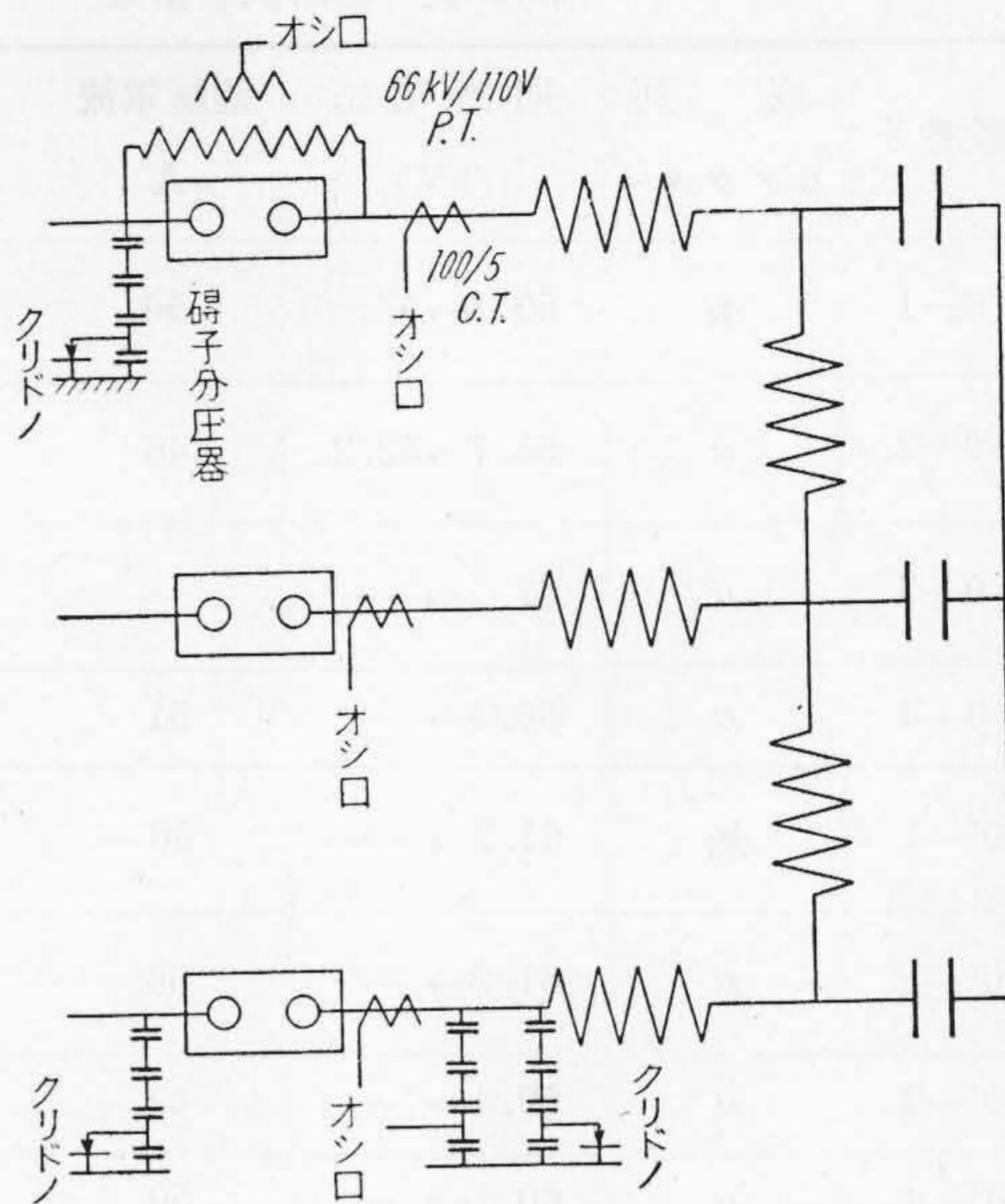
[IV] 試験結果

本設備の竣工試験は昭和 25 年 12 月 12 日、13 日の両日にわたり、開閉試験、故障試験、負荷特性試験が実施されたが、こゝには主として開閉試験の結果について述べる。尚測定器具は電磁オシログラフ 1 台、クリドノ

第 1 表 投入試験結果
Table 1. Results of Closing Test

試験番号	直列リアクタ	回路電圧 (kV)	突入電流最大値 定常電流値		
			赤	白	黒
C-1	有	56.4→59.1	2.54 (-10°)	2.4 (230°)	4.35 (110°)
C-2	//	56.7→59.4	2.25 (236°)	3.59 (116°)	1.52 (-4°)
C-3	無	57.9→60.3	*5.0 (60°)	— (180°)	*4.5 (300°)

註： i) 回路電圧→印前後の値は投入前、投入後の夫々の値
ii) () 内は投入時の位相角
iii) * 印はオシロ不鮮明



第 4 図 試験回路
Fig. 4. Diagram of Test Circuit

グラフ 5 台で、開閉試験の試験回路は第 4 図に示す如くである。

(1) 投入試験

制弧遮断器は突入電流の抑制抵抗が省略してあるので投入試験の結果が注目せられた。

試験結果の概要は第 1 表の如くである。徳島火力発電所の調相機運転状態において、突入電流最大値は直列リアクター付の場合、投入位相角 110° で 4.35 倍、直列リアクターのない場合、位相角 60° で 5.0 倍であつた。又突入電流の固有周波数は直列リアクター付の場合、ほぼ第 3 調波であつた。従つて直列リアクターの端子電圧は最大で 45kV (波高値) 程度の電圧を受けることになる。これらの試験中及び試験後の点検において、遮断器蓄電器をはじめすべての機器に何等の異状はなかつた。従つて本設備において、遮断器に電流抑制抵抗を附加する必要のないことが明らかにされたわけである。尚本試験の結果は計算値とほぼ一致しており、所期の結果であつた。

(2) 遮断試験

試験結果は第 2 表の如くで、遮断現象は次の三つの形式に分れている。

- (A) 完全に再点弧なしに遮断される場合(0-2, 0-4)
- (B) 発弧後最初に電流が零になつた相が先ず遮断されるが、他の二相が零になる前に再点弧し、高周波電流の形式をとらずに次の電流零値において完全に遮断される場合 (0'-1, 0'-2, 0'-4)

第 2 表 遮断試験結果

Table 2. Results of Breaking Test

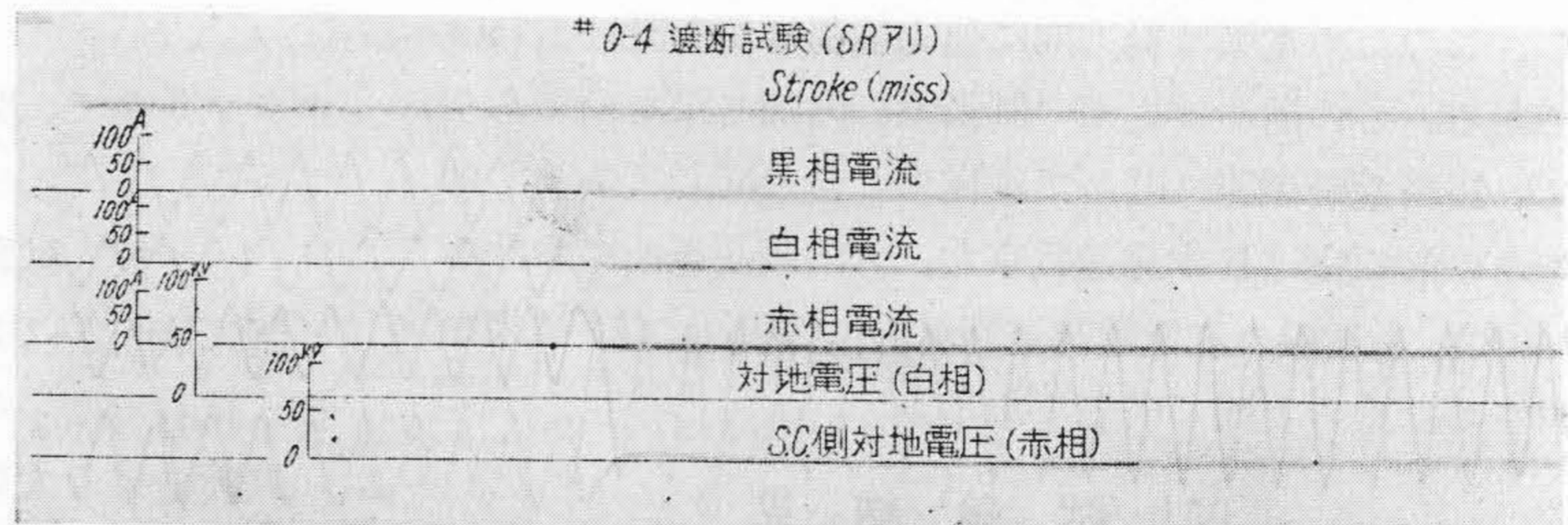
試験番号	直 列 リアクター	回路電圧 (kV)	遮断電流 (A)	電弧時間 (\approx)	遮断完了時間 (\approx)	再 点 弧 回 数		
						赤	白	黒
* 0-1	有	59.1→57	50	0.44 0.65 0.68	1.44 1.42 1.42	2	2	2
* 0-2	//	53.7→52.2	46	0.77 0.77 0.54	0.77 0.77 0.54	0	0	0
* 0-3	//	57 → --	--	0.72 0.52 0.72	0.72 1.28 1.28	0	1	1
0-4	//	60.3→ --	51	--	--	0	0	0
* 0'-1	無	61.2→ --	50	0.19 0.32 0.58	0.58 0.32 0.58	1	0	0
* 0'-2	//	61.2→ --	50	0.20 0.82 0.55	0.82 0.82 0.55	1	0	0
* 0'-3	//	59.4→ --	49	--	--	--	--	--
0'-4	//	60 → --	50	--	--	1	0	0

註： i) * 印は遮断器、白相端子間に電圧測定用 PT を接続せるもの
 ii) 三段に記入のものは上より赤、白、黒各相の順

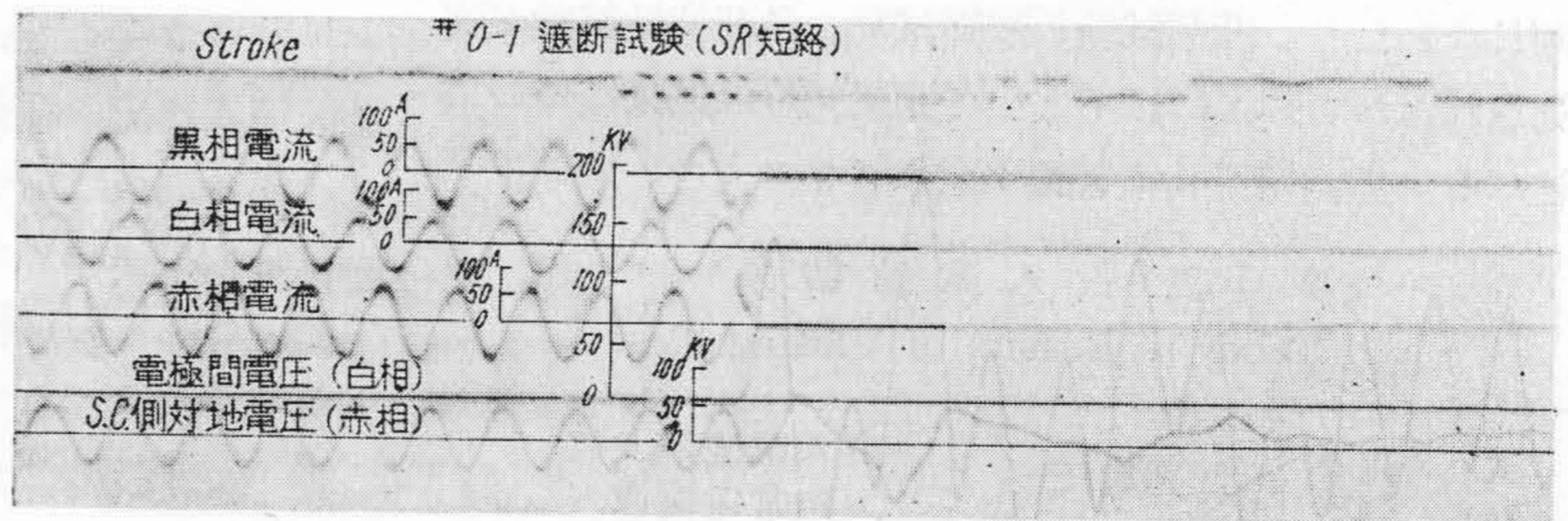
(C) 三相共定常電流が遮断された後に三相同時に再点弧し、高周波電流の形式となつてから完全に遮断される場合 (0-1, 0-3)

第 5 図 (0-4) 第 6 図 (0'-1) 第 7 図 (0-3) はそれぞれ (A) (B) (C) の場合に対応したオシログラムである。

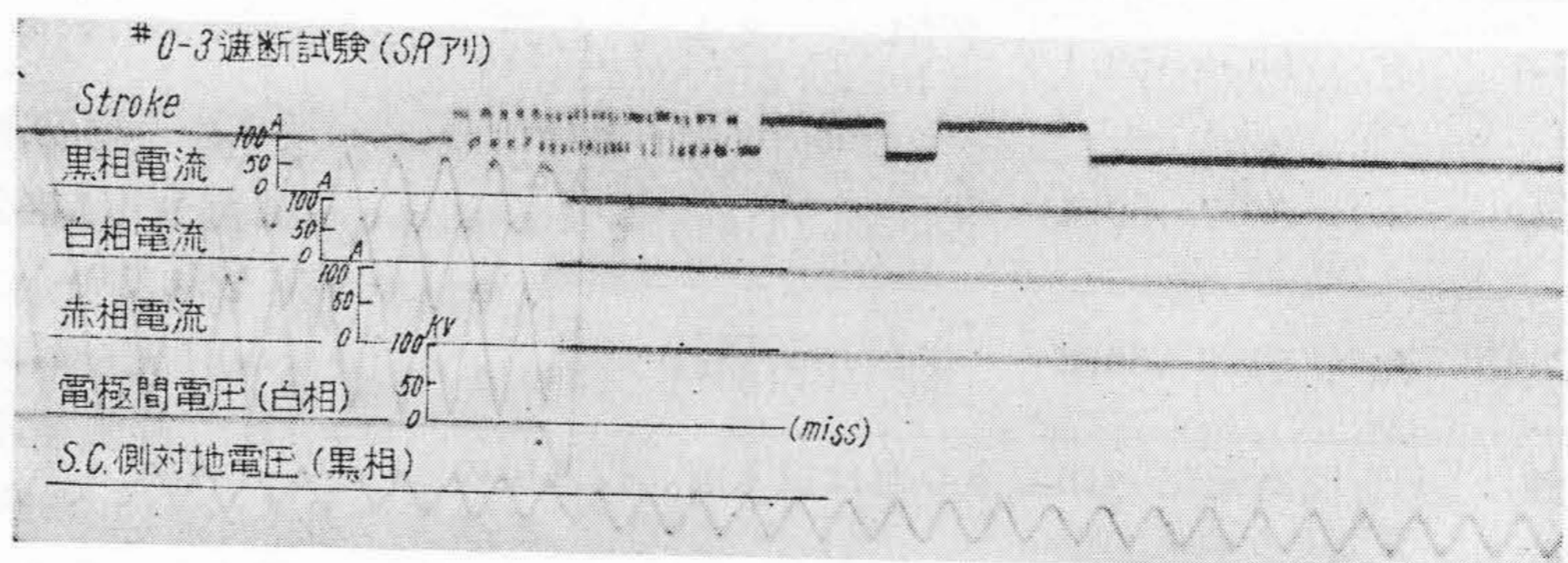
蓄電器単独の充電電流遮断においては、残留電荷の影響を受けて電流零値において遮断器の端子間に現われる再起電圧が著しく低いために、発弧直後の電流零値において遮断される。しかして端子間の絶縁耐力回復速度が、回復電圧の上昇速度より速い場合は、再点弧することなく、遅い場合は再点弧することになる。直列リアクター付の場合はその電圧降下の影響を受けて、電流零値における再起電圧が比較的高くなるために、発弧直後の電流零値においては遮断されず、更に電弧が延びて遮断される。従つて定常電流遮断時の接触子間の距離が大きくなつてゐるために絶縁耐力の回復速度も速く再点弧しにくい。これが (A) の場合で



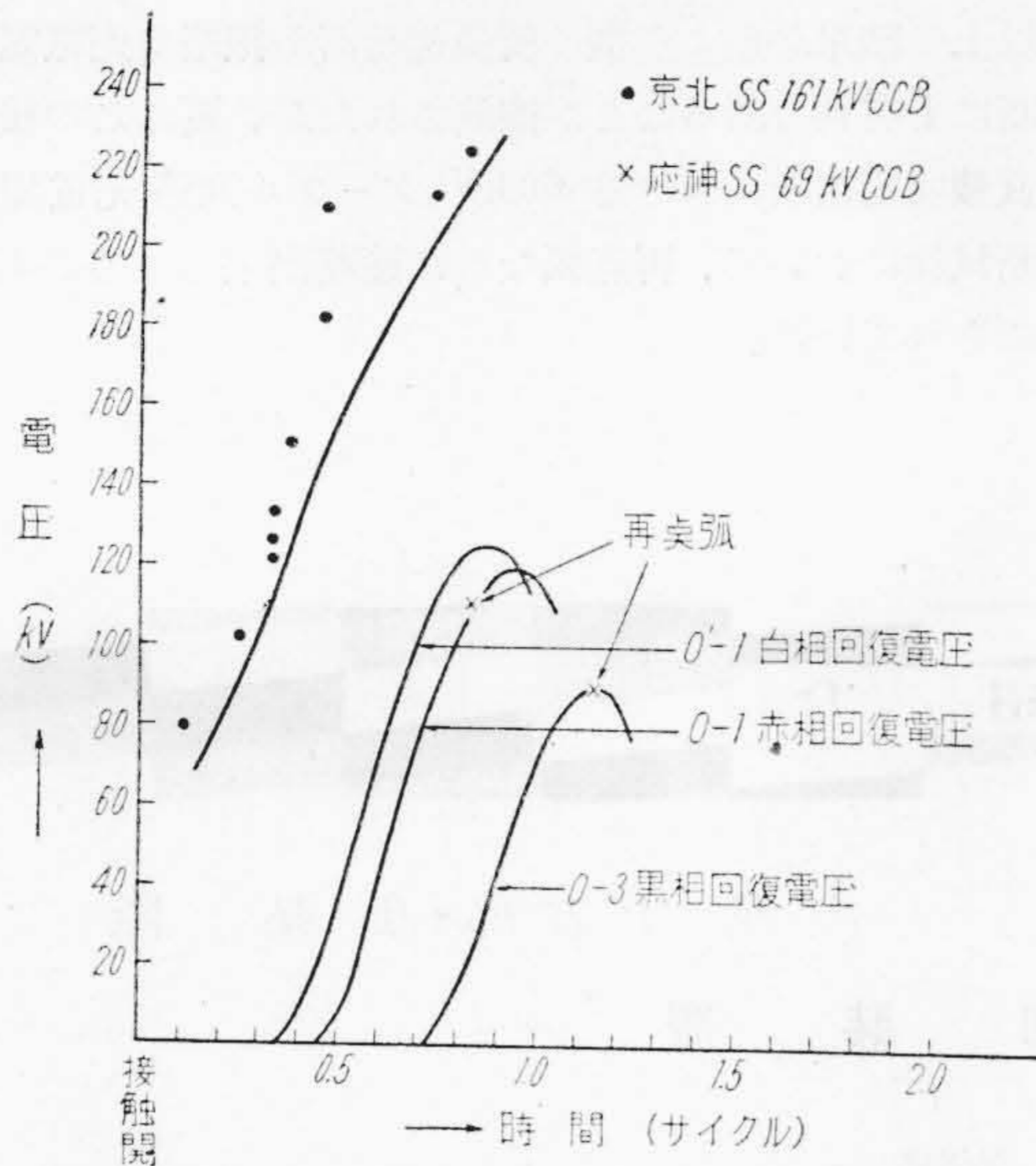
第 5 図 充電電流遮断オシログラム “0-4” 直列リアクター付
 Fig. 5. Oscillogram of Charging Current Interrupting (with reactor)



第 6 図 充電電流遮断オシログラム “0'-1” 直列リアクターなし
 Fig. 6. Oscillogram of Charging Current Interrupting (without reactor)



第 7 図 充電電流遮断オシログラム “0-3” 直列リアクター付
 Fig. 7. Oscillogram of Charging Current Interrupting (with reactor)



第 8 図 再点弧時の端子間電圧（絶縁耐力）と接触分離後の時間との関係

Fig. 8. Recovery rate of Insulation Strength of Improved "Contrarc" Chamber

ある。(B) の場合はすべて直列リアクターのない場合で、発弧直後の電流零値で第一相が遮断されるが、その時は未だ接触間の距離が余りに小なるため他の二相が電流零値になる前に再点弧し、次の電流零値においては距離が相当大きくなっているため再点弧なしに遮断することが出来るのである。この場合の再点弧は電流も大とならず、異常電圧も殆ど生じないから、一般には所謂再点弧として扱わないのが普通である。

(C) の場合は典型的な再点弧で、制弧室の絶縁耐力上昇速度が回復電圧の上昇速度より遅かつたことを示している。0-1 は赤相、0-3 は黒相によつて三相再点弧が誘発されたと考えられるが、この場合の電弧時間は 0.44 サイクルで、遮断距離に関しては 0-2, 0'-1 等に比較して決して少くない。今回の試験においては 66kV 電位変成器により白相の端子間電圧を測定したが、赤相、黒相は測定しなかつたため、再点弧時の絶縁耐力は明らかでない。併しこの制弧室は日本発送電京北変電所で行われた 140kV 充電電流遮断試験(昭 22-6)の際の制弧室と、構造のみならず遮断速度、油流の点において殆ど同様であるから、この時の結果と対照して検討を加えてみよう。第 8 図は再点弧時の端子間電圧（絶縁破壊電圧）と、接触分離後の時間との関係を示すもので、京北変電所におけるものはブラウン管による実測値、応神変電所におけるものは計算値である。この結果を見ると、応神変電所の絶縁耐力回復が京北変電所の場合より異常に低いことがわかる。しかも最も苛酷である筈の 0'-1 が再

点弧せずにはるかに低い 0-3 が再点弧しているのも不可解である。第 7 図の白相端子間電圧で明らかな如く、0-3 においては白相が先ず遮断され、最大の回復電圧に耐えた後に黒相によつて再点弧しているのである。この原因は制弧室の絶縁耐力上昇速度が異常に低かつたのか又は端子間電圧が異常に高かつたのか明らかでないが、かかる再点弧は試験の当初にのみ発生し、開閉試験の次に実施された故障試験においては起らなかつたこと、及び本試験後の昭和 26 年 4 月国鉄武蔵境変電所において実施された全然同じ型式の遮断器による 60kV ケーブル充電電流 (60 kV 70A) 遮断試験においても全然起らなかつたことを考え合わせると、本質的に制弧室の絶縁耐力上昇速度が遅いということは考えにくい。一方端子間電圧測定のために白相の端子間に 66kV/110 V の電位変成器 1 台を接続していたが、これが蓄電器対地電位に及ぼす影響は第 6 図 (0'-1) に明らかな如く、常規対地電圧の 1.9 倍の異常電圧を発生している。これは蓄電器側の架台その他の機器の対地静電容量と電位変成器のインダクタンスによる過渡振動と考えられ、このために遮断現象が苛酷になつたわけである。従つてかかる試験に電位変成器を接続する場合は特に注意が必要である。

そこで試験の当初にのみみられた (C) の特異現象を除外して本試験を通じた各相別再点弧回数を整理すれば第 3 表の如くで、直列リアクター付の場合は再点弧なし

第 3 表 再 点 弧 回 数

Table 3. No of Times of Arc-restrike

相	各相再点弧出現回数			計
	0 回	1 回	2 回	
赤	5	3	0	8
白	5	0	0	5
黒	7	0	0	7
計	17 (85%)	3 (15%)	0	20

註：再点弧 1 回は直列リアクター無き場合のみ。

で、無き場合は一相だけ再点弧一回と云うことになる。しかもこの再点弧は異常電圧の点から考えて無害の再点弧として扱うのが普通であるから、リアクターの有無にかかわらず実用上有害な再点弧はないと考えて差支えない。尙本開閉試験中の異常電圧は碍子分圧器不良のため明らかな結果が得られなかつた。

[V] 結 言

特別高圧の進相用蓄電器回路の開閉を電力用遮断器で行うことはかねてから待望されていた所であるが、今回応神変電所の開閉試験によつて、弊所製 69kV 制弧遮断

器はこの目的を充分満足することが明かにされた。この試験結果から応神変電所の制弧遮断器の開閉性能は大要次の如く考えられる。

- (1) 直列リアクター付の場合は再点弧しない。
- (2) 直列リアクターのない場合は三相中一相だけ一回再点弧するが、これは回路には實際上無害である。

以上の結果からこの型の制弧遮断器が線路の充電電流遮断にも有利であることが推測されたが、更にこの後国鉄武蔵境変電所における 60 kV ケーブル回路充電電流遮断試験において、再点弧なしに遮断出来ることが明らかにされている。

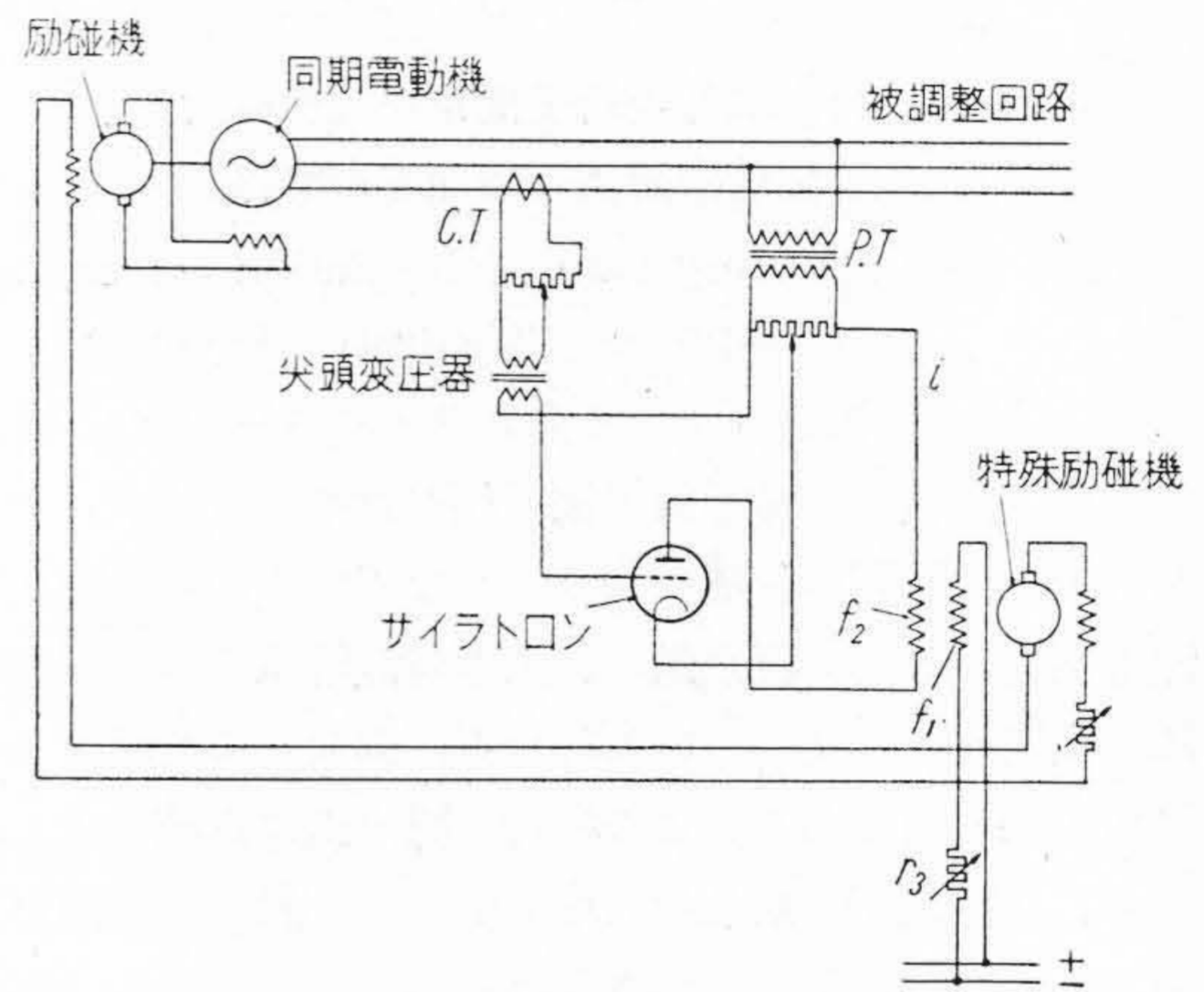


特許第 190246 号

泉 千吉郎・今 尾 隆

力 率 制 御 装 置

圧延設備の大容量電動発電機に於て、駆動電動機として同期電動機を使用する場合は、この同期機を利用して回路の力率制御を同時に行うことができる。本発明は特殊励磁機を使用して回路の力率を予定値に保つように同期電動機の励磁電流を調整せんとするものである。即ち図面に示すように、被調整回路の力率を検出するためこの回路より電流要素と電圧要素とをとり出し、夫々分圧器により適当な値に調節し、電流値は更に尖頭変圧器に導入して電流の位相を検出し、この電圧と電流位相の尖頭電圧とをサイラトロンプレート及びグリッドに夫々印加し、サイラトロンの出力電流により特殊励磁機の制御界磁 f_2 を励磁し、この励磁電流と基準界磁 f_1 の励磁電流とを比較し、両界磁のアンペアタンの値が大きき等しく方向反対な場合回路の力率は 1 となるよう基準電圧調整器 r_3 の値を調整しておけば被調整回路の力率を 1 に保つことができる。今何等かの原因により回路の力率が 1 から外れ、例えば遅相となつた場合は尖頭電圧は遅相側に移り、電流 i は減少する。然るときは基準界磁 f_1 のアンペアタンが制御界磁 f_2 のアンペアタンに打勝ち、特殊励磁機には大きな電圧が発生し励磁機の発生電圧は上昇し、同期電動機の界磁を過励磁して回路に進相電流



を供給する。従つて検出している力率が 1 に回復するよう動作し、力率 1 になれば $f_1 f_2$ のアンペアタンは平衡して調整動作を停止する。なお r_3 の調整により力率を 1 以外の所望値に保つことも可能である。本発明は開閉する接点を持たないことが特徴であり、調整速度も敏速で力率変動を自動的に補償し、予定力率を一定に保ち得るものである。

(滑 川)

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 定価 30 円 8 円

東京都品川区
大井坂下町 2717

日立評論社 発行