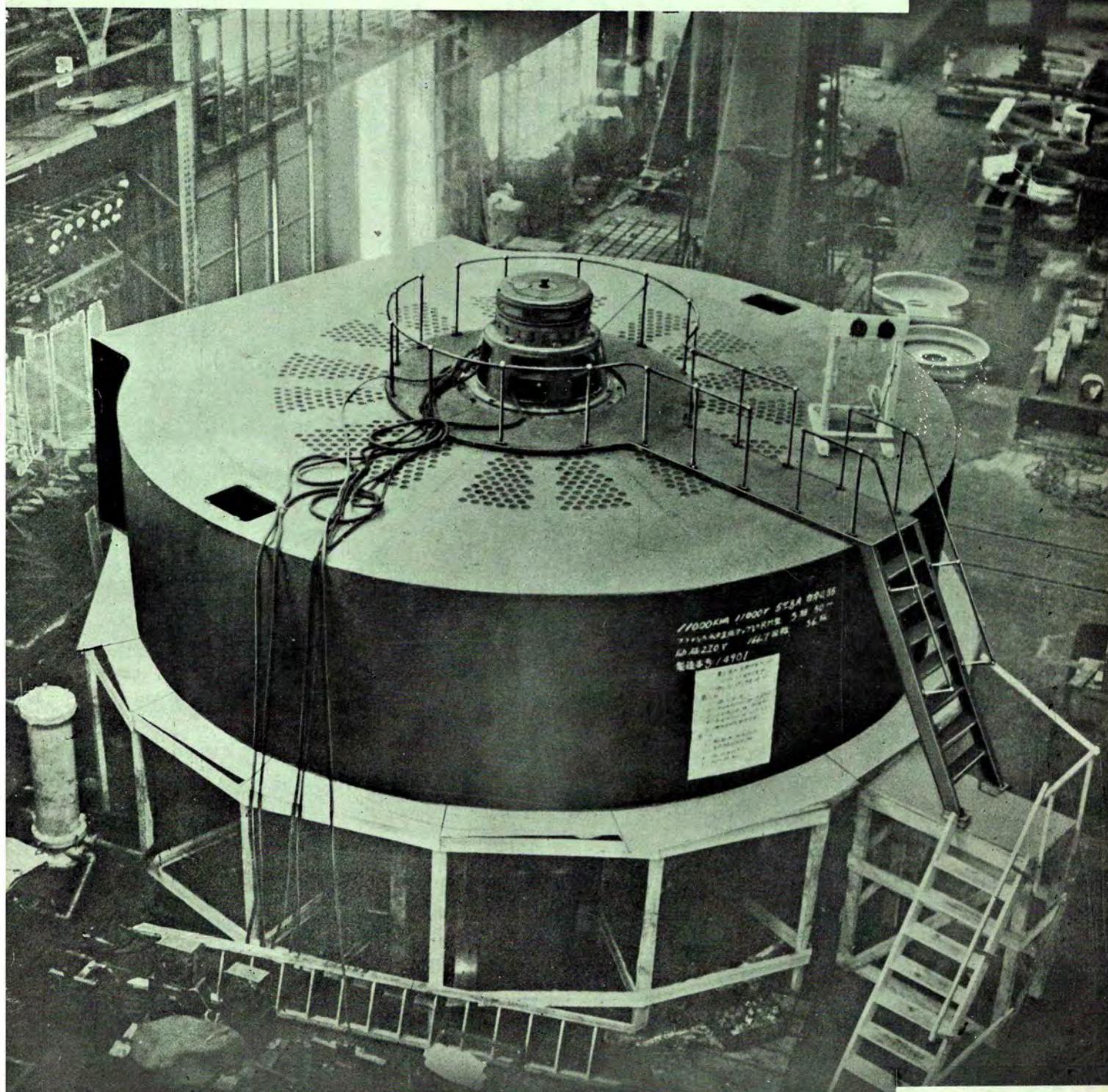


MITSUBISHI - DENKI

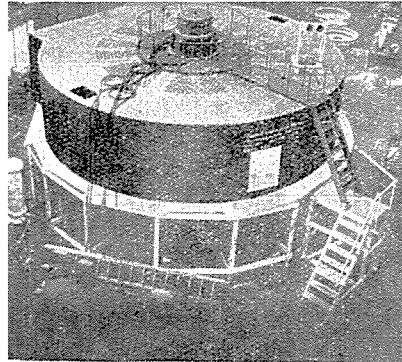
三菱電機



発電機器特集号(後篇)

三菱電機株式会社

VOL. 25
1951



写真解説

発電機は本格的の傘型（懸軸）発電機の第
番機でありまして、鏡泊湖発電所に納入運
されている 20,000kVA 傘型機による豊富
な経験に基き製作された代表的かつ本格的の
型水車発電機であります。

納入場所 東北電力、夏瀬水力発電所
容量 11,000kVA 力率 85%
電圧 11,000V 電流 578A
周波数 50 c/s 相数 3
速度 166.7 rpm 極数 36
型式 懸軸フランシス水車直結傘型
冷却方式 閉鎖通風風洞換気型
直結水車 中日本重工株式会社製 10,500kW
フランシス型懸軸水車
製作台数 2

三菱電機株式会社

本社

東京都千代田区丸の内（丸ビル内）

（電）和田倉（20）代表 1631・1641

施設部 千代田区神田鍛冶町3の3

（電）神田（25）代表 5141

神戸製作所 神戸市兵庫区和田崎町

名古屋製作所 名古屋市東区矢田町

伊丹製作所 兵庫県尼ヶ崎市南清水

長崎製作所 長崎市平戸小屋町

大船工場 神奈川県鎌倉市大船

世田谷工場 東京都世田谷区池尻町

郡山工場 福島県郡山市字境橋町

福山工場 福山市沖野上町

姫路工場 兵庫県姫路市千代田町

和歌山工場 和歌山市岡町

中津川工場 岐阜県恵那郡中津町

福岡工場 福岡市今宿青木

札幌修理工場 札幌市北二條東12

研究所 兵庫県尼ヶ崎市南清水

大阪営業所 大阪市北区梅田阪神（ビル内）

（電）福島（45）5251-7

名古屋営業所 名古屋市中区広小路通

（電）本局 4252-4255・2640

福岡営業所 福岡市天神町（天神ビル内）

（電）西 4480・4754・5091

札幌営業所 札幌市南一條西5の14

（電）（2）3378・3911

仙台事務所 仙台市東一一番丁63

（電）仙台 376・5257

富山事務所 富山市安住町23の2

（電）富山 4692・5273

廣島事務所 廣島市袋町1（明治生命ビル）

（電）中 1069・4824

三菱電機

昭和26年 第25卷 第4号

目次

水力発電所自動制御装置：尾畠喜行	2
自動電圧調整器：尾畠喜行	9
火力発電所補機電機設備：片山仁八郎、武田英夫	13
三菱配電盤の現況：五十嵐信一	19
ジーゼル発電機の自動起動装置：五十嵐信一	23
配電用変圧器：田宮利彦	28
計器用変成器：田宮利彦	29
最近の電力用避雷器：大木正路	32
送電線高速度保護継電方式：藤井重夫	39
搬送式テレメータ：津村 隆・杉多重雄	44
遠方監視制御装置：尾畠喜行	47
同期調相機制御装置：尾畠喜行	50
誘導電圧調整器：村上 有	53
誘導電圧調整器制御装置：尾畠喜行	56
周波数変換機：松村敏三	57
ユニットサブステーション：五十嵐信一	59
電力機器絶縁劣化予知：原 仁吾	63
パルス式線路障害探知機：津村 隆・樋本俊彌	66
D S型遠隔水位計：津村 隆・洲崎晃司	68

「三菱電機」編集委員会

委員長	岸本久雄	荒井潔	安藤三勝	二石橋英樹
委員	浅井徳次郎	岡屋精二	川田新市	利藤進秀
	市吉惟浩	中村靖之	松田新治	毎熊秀平
	濱谷進一	松尾米太郎	松岡治	
	前田幸夫	森尾康介	木村久男	(以上 50 有)
幹事	森範	薄井康介		
	吾郷侃二			

昭和26年8月25日印刷 昭和26年8月30日發行

『禁無断転載』 定価1部金30円（送料6円）

編集兼發行人	東京都千代田区丸の内2丁目3番地	吾郷侃二
印刷所	東京都港區麻布竹谷町1番地	博文堂印刷所
印刷者	東京都港區麻布竹谷町1番地	大橋佑吉
発行所	三菱電機株式会社内	「三菱電機」編集部

電話丸の内（23）4151-9 日本出版協会会員番号 213013

水力発電所自動制御装置

神戸製作所 尾畠喜行

I. 一般

昭和の初め水力発電所に自動制御方式が実施されてから、自動方式は急速な進歩を遂げ最近の新設発電所は全部自動化されていると云つても過言でない。もちろん自動化と雖もその程度、方式等は発電所の個々について相違があり、画一的なものでは無いが、自動制御が手動制御に比し勝れた点は

(1) 肉体的労力の軽減

すなわち小人数の小さい力で大きい制御力を發揮することができる。

(2) 精神的労力の軽減

起動・停止の順序・運転上の調整・事故発生時の対策等は自動的に完遂されるから、運転保守上の安全感が大きい。

(3) 制御の迅速性

人爲的判断と制御は自動制御に比すれば遙に遅い。ことに重大事故や重複事故の発生した場合に然りである。

(4) 誤操作の防止

制御は予め定められた妥当な階梯を経て遂行されるから誤操作することはできない。

(5) 完全保護

人爲的監視は故障の発見、判定および処置を誤ることがあり得るが、良く計画された自動発電所ではこの心配が無い。

(6) 集中制御および監視

発電所内の制御および各部の状況監視を集中的に行うことができる。

(7) 遠方制御、全自动制御

遠隔の地点において監視制御することもできる。また全自动制御とし全く人手を要しない方法も可能である。

等であるが、これに反し

(1) 設備の複雑

電発所設備、ことに配電盤設備、水車室の配管が複雑になる。

(2) 自動装置の保守

自動制御を円滑に運転するためには手動制御以外の技術を必要とする。

等の煩しさがあるが自動制御の常識化された現在においては旧聞に属する事柄である。

II. 自動水力発電所の分類

水力発電所に限らず制御方式を分類すれば、自動・手動・半自動の3種となる。これに対する内容の見解はまだ定説が無いようであるが次の如く解釈するのが一番妥当であると考える。

自動 機器自体が判断能力と対応能力とを共に有する制御を自動制御と云う。

手動 機器が判断能力と対応能力の何れか一方、または双方を欠く制御を手動制御と云う。手動制御の中には人力により直接制御機構を操作する直接手動と中継装置・增幅装置等を経て操作する間接手動の2種がある。

半自動 水力発電所のような複合有機体では一部分を自動、一部分は手動により制御することがある。このような制御方式を半自動（または部分自動）と云う。

上述の見解にしたがつて自動水力発電所を分類すれば、全自动発電所、および半自動発電所の2種となる。全自动発電所は発電所自体に全く自主性を賦与された発電所で、実例には乏しいが水槽水位、系統周波数、逆送電圧の有無等によつて自動的に起動停止を行う発電所である。多くは無人発電所であるが所内において半自動制御も可能なる如く構成せられている。自動制御設備を簡単にするために発電所設備も簡単であり出力も小さいものに用いられている。

半自動発電所は少くとも一部分に人爲的的手動操作を必要とする発電所で、いわゆる一人制御発電所はこれに属し、最近の発電所でもこの形式のものが多い。ただしこの場合の手動操作はほとんど間接手動の形式をとる。

一方制御所と被制御所との距離的な関係から自動発電所を分類すれば、遠方制御発電所と所内制御発電所の2種となる。この分類に属するものは制御の階梯において人爲操作を作らから前述の分類に従えば何れも半自動発電所となる。

遠方制御発電所は発電所外の遠隔の地より制御される発電所である。この場合制御所においては単に制御するのみで無く遠方監視・遠方計測によつて被制御所内の状態を監視する必要が伴つて来る。当社の遠方制御監視方式には、2線式・4線式・および整流式等の諸方式があるがその適用は制、被制御所間の距離と制御、監視をする項目の数によつて決定されるものである。概して遠方制御方式は小容量の末端従属発電所に実施される場合が多く制御所との距離も比較的短いから、連絡線の数を割合多くし両端の遠方制御用設備を簡略にする方式を探用し、被制御所の内部はできるだけ自動化する方が好ましい。

III. 制御用勢力

制御用勢力としては相当大なる出力を必要とする筋肉的勢力と、各部の指令・連絡。応答の任に当る神経的勢力の2種がある。この2勢力は何れも重要なもので少くとも発電所の運転中は常に蓄積されている必要がある。これらの勢力として利用される勢力形態とその主な用途は次の如くである。

1. 筋肉的勢力

ア. 圧油 主弁の開閉・出力調整弁・制圧機の制御・制動等水車の制御には重要なものである。

イ. 水圧 最も容易に得られる勢力であるが、水中の土砂、および錆の発生が禍して制御用勢力源としては不適当である。

ウ. 圧縮空気 制動用・空気操作式遮断器の制御用として用いられる。なお圧油の補助として圧油槽内には常時蓄積されている。

エ. 所内交流電源 圧油・潤滑油・排水・圧縮空気ポンプ等発電所運転に必要な各種補機類の運転、および門扉の開閉等広く用いられている。

オ. 励磁機 水車発電機と直結されているものが多く主目的が発電機の励磁にある関係上制御用電源として十分な信頼性を期待することはできない。界磁遮断器・同期化用遮断器の投入に利用する場合もある。

カ. 蓄電池 電気的勢力としては最も信頼性に富んだ勢力源である。遮断器の制御等短時間出力を要するものの操作、および小容量の重要機器の運転に利用されている。

2. 神経的勢力

ア. 圧油 配圧弁・制御弁の動作伝達・応答用として専ら水車の制御に用いられる。

イ. 圧縮空気 水位調整器の水槽水位伝達用としては圧縮空気を用いたものが多い。

ウ. 所内交流電源 自己起動を要しない従属発電所では、逆送交流電源を利用する場合もあるが絶対確保が難しい。とくに保護対策の万全を期するためには蓄電池を併用する必要がある。

エ. 励磁機 振動型電圧調整器には普通励磁機電源を

使用する。水車が起動して励磁機が電圧を発生した後の制御には利用できるが停止制御、および保護装置には不向である。

オ. 蓄電池 前述の通り最も安定した電源であるから神経的勢力として最も多く用いられている。

以上の外制御用勢力として各種のものが考えられるが、要は水車発電所の運営に當つて筋肉的にまた神経的に制御上の盲点を生じないよう制御用勢力を選定すべきである。現今の大発電所では圧油・所内交流・蓄電池の3種を備えているものが多い。

IV. 水車発電機運転用補助設備

水車発電機を支障なく円滑に運転するためには幾多の補助設備を必要とする。補助設備の限界は判然とはしていないが、一応水車発電機の運転に直接必要なものを挙げれば次の如きものがある。

ア. 圧油装置 既述の通り水車の運転には不可欠のものである。圧油ポンプ駆動用の原動機としては小水車、所内交流による電動機、水車主軸が用いられる。圧油ポンプはその重要性にかんがみ、常用機・予備機の2種を置く場合が多く、常用機の故障、油圧降下に際しては自動的に予備機を運転する如く計画する。圧油ポンプ駆動用動力としては圧油確保の見地から異種のものを組合せる方が望ましい。

圧油槽への空気の供給は圧油ポンプによつて油と同時に行う方法と、別の電動機運転圧縮空気ポンプによる方法、およびこの両者を組合せた方法がある。普通圧油槽の初期充油の際には圧縮空気ポンプを併用し、充油を終れば圧油ポンプ自体による自動給氣方法を採用している。油槽上部の圧縮空気量は適度に保つ必要があるから、自動油面調整装置を設けて油面を適正に保持するようになつてゐる。

なお同一発電所内に複数の水車発電機を設置する場合、圧油装置を集中式にする場合と単位式にする場合とがある。単位式は集中式に比して信頼度が高いが設備費が割高になるから、单基容量の小さい場合には集中式を採用する場合が多い。

イ. 潤滑油装置 各軸受への潤滑油供給は是非共必要なもので、横軸の場合は自己給油式を用うるものが多いが、縦軸の場合は油循環式が普通である。なお水車軸受に限つてグリース潤滑を採用する場合もある。

循環式では圧油装置と同様、常用・予備の2組を設置するのが普通で、やはり集中式と単位式の別がある。油ポンプの駆動用動力としては小水車・水車主軸・電動機が用いられ、圧油ポンプに直結される場合が多い。

堅型水車においては場合によりケーシングの上面が高く排油を外部に取出すことが困難な場合があるから、水車軸受に限つて単独としポンプも水車軸受に専用する場合がある。この場合は常用を軸駆動とし予備を電動とする。

ポンプで汲上げた油は直接軸受に供給する場合もあるが、上油槽を設けて一度これに貯えた後各軸受に供給する、しかして上油槽の容量はポンプからの給油が断たれた後も水車発電機の停止までに必要な油を十分供給し得る必要がある、上油槽の油面低下、および、常用ポンプの故障に際しては、自動的に予備ポンプを起動する。

ウ、冷却水装置 圧油・潤滑油および軸受の冷却、空気循環式発電機冷却の場合の空気冷却には専ら水を用いる。水力発電所において冷却水を得ることは極めて容易で通常水圧鉄管から分岐取水するが、高落差のペルトン水車、および低落差のカプラン水車の場合にはとくに給水ポンプを設ける場合が多い。給水ポンプ設備を設ける場合はやはり常用・予備の2組を置く。また汲上げた水は貯水槽に貯えこの水位低下によって予備機を起動する。圧油・潤滑油装置に比すれば運転上第二義的なものであり、またわが国においては逆送受電が行い易いから、所内交流による電動機運転とする。

エ、排水設備 排水設備としては所内排水用と水車軸受排水用とがある。

前者は水車床面が最大洪水位以下にある場合は是非必要なもので、通常、常用・予備2組の電動式排水ポンプを設ける外、非常用としてジェットポンプを設置する。電動ポンプは何れも排水面の高低により水位継電器を作動して自動的に起動停止する如くする。

軽型フランシス水車の軸受回りの漏水は場所的に狭い関係上、小容量水車の場合は困難である。カプラン水車は放水面が高くまた構造的に給油式軸受への浸水危険がフランシスに比して大きいこと、カプラン水車は主弁を欠くことが多く水漏修理が困難である関係上必ず排水ポンプを設置する。通常交流電動ポンプを常用とし、蓄電池による電動ポンプを予備とし何れも水位継電器によつて自動制御される。軸受排水設備として吸出管の負圧を利用したサイホンは普通に設置されるが、この外にもジェットポンプや手動ポンプを設ける場合もある。カプラン水車発電所では所内排水・軸受排水共ジェットポンプの設置ができるとは限らない。

オ、調速機 調速機は水車の運転上重要なもので、自動制御部分の中でも旧くから発達したものである。駆動方法として従来は主軸と歯車結合する方式、または調帶による方式を用いていたが、電動式がこと数年来の標準である。電動式は水車主軸に直結された同期発電機（副励磁機を複流としてその交流側を用いる場合もある）を電源とした同期電動機または誘導電動機で調速機を駆動する。主軸の回転伝達が電線で行えるから駆動装置のために調速機の設置場所が制限を受けることがなく、かつ簡潔に回転伝達を行つ得る等種々の長所を有する。主軸との運動は極めて緊密に行う必要があるから、この運動破壊を検出するため、歯車式では調速機に速度継電器を、調帶式では調帶切斷継電器

を、また電動式では脱調継電器または滑り総電器を設ける。

調速機の付属設備として速度調整装置と負荷制限装置がある。速度調整装置は調速機が調速する基準の回転数を変化するもので、ガバナモータと称する操作電動機によつて調速基準を変化し並列の際には周波数を、また並列後は負荷の調整をすることができる。負荷制限装置は水車の入力調整弁の開きを制限するもので、この制限を流量に応じて自動的に行うもの、人爲的に行うものおよびこの両者を併置するものがある。自動的に行うものはいわゆる水位調整機で上水槽（特殊の場合は放水路）水位と調速機とを関連させて自動的に制限させる。人爲的に行う場合はロードリミットモータと称する操作電動機によつて調速機の負荷制限機構を制御する。

カ、自動電圧調整器 自動制御部分としては調速機と共に旧くから発達したものである。種々の型式のものがあるが水力発電所に設備されるものに振動型と界磁抵抗器型の2種がある。振動型は副励磁機を要せず全体が簡単にできているが、大容量発電機においては励磁機の容量も増し接点の電流が増加するから不適当である。数千kWまでの発電機に用いられる。

界磁抵抗器型は電圧の変化によつて電動操作式界磁抵抗器を操作する型式のもので、動作も安定し保守も容易である。界磁抵抗器型の中には速応度において満足できないものもあるが、当社 AJ 型、または BJ 型は振動型の特性も加味されているから速応励磁特性が優秀である。近時当社においてはロートトロール励磁機を完成し、工業方面には盛に利用している。これは増幅率の極めて大きい直流発電機でこれを応用すると無接点電圧調整方式が可能になる。水力発電所においてもこのような電圧調整器万能の時代が程なく訪れることが信ずる。

自動電圧調整器として従来設置されたものはいわゆる定電圧調整器で発電機電圧（その点の送電線電圧）を一定に保持する如く動作するものである。しかし今日の如く送電系統が膨脹するとその点の送電線電圧を一定に保持するためには、それ相当の調相容量が必要でこの必要調相容量は発電機容量を遥に凌駕する場合がしばしばある。このために電圧調整器を作動させれば発電機は過電流状態となり、発電機を焼損する處があるから電圧調整器を使わぬ発電所が多い。これは系統電圧の確立。安定度確保および負荷遮断時の過電圧防止等の点より好ましくなく、また発電所の運転上余計の労力を費すことになる。これは系統容量に比すれば遙に小さい容量の発電機が系統と並行運転する特殊事情によるもので単に電源対負荷の関係だけでは解決できない問題である。かかる現実から考へれば発電機は負荷の負担配分の面だけでなく、電圧調整上（無効電

力の負担配分)においても応分の寄与をする以外に方策は無いことは明らかである。このような見地から当社においては電流限定式および力率限定式自動電圧調整方式を開発し最近の発電所に実施している。

なお電圧調整器を作動させる時期は並列前の電圧平衡を行なうために並列後としたり、また型式によつて並列後人爲的に行つたりしたものが多いが、最近は振動型に対しても自動始動の特性を与えた、発電機が電圧を発生する限り作動させる如くした。

これらの諸改良は電圧調整器が発電機を過電流・過電圧から保護し、しかも電圧調整器本来の使命を發揮する点に主眼が置かれている。

キ・蓄電池 既述の通り必要欠く可からざるものである。充電方法にはいろいろの方法があるが最近は浮動充電式が多い。浮動式は平均放電々流よりやや大きい充電々流を常時流すのを理想とするが、平均放電々流はなかなか定め難いものであるから蓄電池の電圧値により充電装置を制御し、一方液面と濃度を定期的に点検して保持する方式がよいと考えている。

ク・所内交流電源 各種の所内動力用。電灯用としては一番便利であるから、できる限り電源確保のできるよう計画する。交流電源として利用し得るものは自己の発生電力・逆送電力は普通に得られるが、この外にも異系統より受電し得ることが望ましい。

交流電源回路は直流制御回路と共に双型開閉器と可溶器によって回路の開閉、および保護が行われているが、近時当社では NF 型ノーヒューズ遮断器を御推奨している。費用は若干割高となるが発電所全体からみれば問題とはならない。これが双型開閉器と可溶器との組合せに対して勝れた点は

- (1) 連続過負荷、および短絡過電流遮断ができ可溶器に比し動作が確実である。
- (2) 遮断容量が大きい。
- (3) 各極同時遮断であるから電動機類を単相運転させる心配がない。
- (4) 可溶器の如く取替えの必要がない。
- (5) 自動遮断はハンドルの位置により容易に分明でき、また要すれば補助接点により警報することもできる。
- (6) 早入早切型であり、外部に導電部分が出ていない。
- (7) 場合によつては無電圧遮断もできる。

等である。

補助設備には以上の外にもいろいろあるが割愛する。

V. 水車発電機自動制御装置の概要

自動制御装置は全自動・半自動の別の外例えは台数・单基容量・水車の型式・堅軸横軸の別・送電系統上の条件・地理的条件・水路の状態・運営方針等各種の条件によつて相違するから一般的に記述することは困難である。

水力発電所自動制御装置・尾畠

る。したがつて特記すべき事項は下記の説明中において付記することとし、堅軸フランシス水車一人制御式の場合を主体として記述する。

1. 操作開閉器

制御者の意志を伝達する器具で次の如きものがある。

ア・主幹制御開閉器 運転の状態を現在状態より他の状態に移すために用いるものである。運転状態の最初は停止であり、最終は水車発電機への負荷であるが、この停止・負荷の間を数段階に区切る。その区切り方はいろいろであるが停止・主弁・起動・励磁・並列・負荷の 6 位置とするのが一番好都合である。往年の発電所では、各段階間の可逆操作はできないものもあつたが、近時は可逆操作とする。遠方制御または全自动発電所でも所内制御を行う場合はこの開閉器を操作する。

イ・自動手動切換開閉器 制御を自動的に行なうかまたは手動(多くは間接制御)にて行なうかを区別するもので、順序制御用と電圧調整器用とは普通設けてある。

ウ・各個用制御開閉器 部分的な操作を間接手動操作するもので、速度調整用・負荷制限用・水位調整器用・界磁抵抗器用・並列遮断器用。制動用等際限がないが、配電盤上の複雑を避けるためと自動装置の向上によつて極力減小の方向にある。

エ・同期検定用開閉器 並切段階にて同期検定器を回路に接続すると共に、並列用遮断器の投入回路を作るもので並列投入を不用意に行なない役目を有する。この開閉器は自動引外線輪を設けて一度遮断器が投入動作を行えば回路を遮断するようにしている。全自动または遠方制御発電所では所内制御の場合のみ使用するように回路を構成する。

オ・所内遠方制御切換開閉器 遠方制御発電所に設ける。全自动発電所にもこれに類したものを設ける。その他圧油装置用開閉器・非常停止用開閉器等発電所の事情により種々の開閉器を設ける。

2. 監視装置

各種の計測装置は機器の量的監視で自動手動を問わず必要なものであるが、自動発電所では次の如きものを設けて集中監視に便利なる如くする。

ア・補助機の運転表示 圧油・潤滑油・空気圧縮機・排水ポンプ等水車発電機の運転に必要な補助機械の運転・停止を知るためのもので集合表示灯式である。

イ・補助設備の状態表示 油圧・潤滑油・冷却水・水槽水位・上油槽油面・タンバー等補助設備の状態が運転に支障無きことを表示するもので集合表示灯式である。

ウ・順序表示 自動装置は予め定められた階梯を経て前進・後退するからこの状況を表示するもので、通常は主幹制御開閉器に取付ける。

エ・故障表示 保護継電器の動作を表示するもので集

合式である。表示器は電磁式・表示灯式等あるが無人発電所では電磁式とする。

オ. その他 遮断器類の開閉表示・接地表示等は自動発電所に限つたことではないが、自動発電所ではこの外にも監視・操作の便利上いろいろな表示装置を設ける。内容は発電所によつて区々である。

無人発電所では各種表示灯は点火せず、所内制御に切換えた場合のみ点する如くする。電池の消耗と表示灯の断線を避けるためである。

3. 水車発電機の起動負荷および停止

停止中の水車発電機は概略次の経路を経て負荷に至る。

ア. 起動準備 圧油・潤滑油・冷却水等水車発電機の運転に必要な補助設備を用意する段階である。これ等の起動を一人制御式の場合は配電盤室より行う場合もあるが、無人発電所では運転に関係なく常時完備する如くする。

速度調整装置・負荷調整装置・各種界磁抵抗器は自動的に無負荷位置に復帰するが、この動作は前回の運転停止の際行われる如くである。

油圧・潤滑油・冷却水・上水槽水位・風洞の状態が起動に支障なく、また各種保護継電器が不動作ならば主幹継電器が作動し以下の制御が可能となる。なお全自动発電所ではこの他にその発電所の起動条件を織込む。

イ. 主弁開 主弁用配圧弁電磁石が作動し、主弁を開く。この時導水弁の緊錠が解かれ制動装置は解放する。主弁の開閉は極限開閉器にて確認する。また電動駆動式調速機の電源となる加励式同期発電機の励磁回路は蓄電池に接続される。

ウ. 水車起動 主弁全開。導水弁緊錠、および制動装置解放・速度調整装置・負荷制限装置・各種界磁抵抗器の無負荷位置復帰を位置開閉器によつて確認し、起動用配圧弁電磁石を作動して水車を起動する。励磁機は電圧を発生するから電動駆動式調速機の場合には電源発電機の励磁を励磁機側に切換える。

エ. 励磁 水車速度の規定値上昇、励磁機の電圧発生を条件として界磁遮断器を投入する。発電機が電圧を発生すれば、自動電圧調整器は動作を始める。

オ. 並列 自動並列装置によつて周波数を、また自動均圧装置によつて電圧を調整し、周波数差、および電圧差が許容値以下となれば自動同期装置が作動して同期化用遮断器を投入する。従来これらの自動並列装置は良いものが無く、無用の長物視された時代もあつたが、当社ではつとに電子管の採用によつて大改良を加え、並列時間においてまた並列精度（並列時の突入電流）において共に絶大なる好評を博している。ことに無人発電所においては必要欠く可からざるものである。並列の段階を手動操作する場合も多いがこれは旧來の自動並列装置に対する通念が

一因であると思われる。

並列方法の他の方法として強制同期方式がある。これは水車速度が規定速度に近づいた際、先に同期化用遮断器を投入し続いて界磁遮断器を投入する方法であるが、並列時の動搖が大きいから、小容量発電機に限られている。

カ. 負荷 同期化を完了した後調速機の速度調整装置、および負荷制限装置を作動して発電機に負荷する。水位調整器を設置する発電所ではこれを作動状態とし速度調整装置を速度最大位置に調節すれば、発電機負荷は水位に従つて自動調節される。

全自动発電所では水位調整器を設置するのが普通で並列完了と共に作動状態となる。

キ. 停止 一人制御発電所・遠方制御発電所においては停止指令を任意に与え得るが、全自动発電所では発電所の性格から決定される停止条件により下記順序を経て自動的に停止する。

- (1) 負荷制限装置または速度調整装置を負荷低下側に制御して発生機を無負荷とする。
- (2) 並列を解く。水位調整器は不動作となる。
- (3) 界磁遮断器を開く。電圧調整器は不動作となる。
- (4) 起動用電磁弁を不動作とする。導水弁は全閉し水車速度は低下する。
- (5) 一方主弁用電磁弁を不動作とする。主弁は閉鎖する。

- (6) 速度低下すれば制動用電磁弁を作動し制動する。

全自动発電所では発電所外の事故および水槽水位低下の如く時間の経過によつて回恢の可能性ある事故に對しては再起動を許容する如く計画するが、この時の停止も上記の如き経過を辿る。ただし停止の当初において発電機の負荷が必ずあるとは限らない。

ク. 非常停止 非常停止用開閉器を操作するかまたは後述の非常停止繼電器動作の場合には次の如き経路を経て急速に水車発電機を停止する。並列の解除は導水弁閉鎖を条件とし水車の速度上昇を避ける。

- (1) 主弁用、および起動用電磁弁を同時に不動作とする。
- (2) 導水弁全閉を条件として並列を解く。
- (3) 界磁遮断器を開く。
- (4) 制動は前記同様である。

VI. 保 護 装 置

自動制御装置の一環として保護装置は重要なもので、手動発電所においても程度の差はあるが旧くから設けられている。保護装置としては単に故障を検出する許りで無く後の対策も自動的に行うようにしなければ完全な保護装置とは云い難い。保護装置を必要とする事故の種類とその対策は発電所毎に相違があるが、計画上最も大き

く影響されるのは無人発電所と有人発電所の別である。

事故の種類を故障対策別に分類すると、次の6つとなる。

- (1) 非常停止 前項非常停止用開閉器を操作した場合と同様急速に停止するもので、無人有人の何れにも設ける。
- (2) 無負荷無励磁運転 発電機の並列を解いて無負荷とすると共に、励磁回路をも遮断するもので無人発電所に設ける必要はない。
- (3) 無負荷励磁運転 発電機の並列を解いて無負荷とするが励磁回路は遮断しない。無人発電所では再閉合の可能なる如くする。
- (4) 軽故障警報 早急に対策を講ずる必要の無い事故で単に警報のみを発し運転員の判断によつて処置する。無人発電所には設けない。
- (5) 一旦停止 無人発電所に限つて設けるもので、一時水車発電機の運転を停止するものである。起動条件が満足されれば再起動する。
- (6) 関係遮断器開放 水車発電機に直接の影響は無いが事故消滅に關係のある遮断器のみを開放するものである。この場合自動遮断したものと識別する方法をとる。

故障に対する保護装置の種類を一般的に述べることは困難であるが、別表に一応の基準を示した。

7. 結 び

自動制御装置については以上の他にも細かく述べれば際限はないが冗長に亘るから割愛する。

自動装置の利点は冒頭においても述べたが更に発電経営の面からみれば

- (1) 誤操作によつて機器を不用意に損傷することがない。
- (2) 保護装置の完備によつて事故を軽微に留め得る。
- (3) 限りある人間の応急能力から来る不可抗力的事故を防止し得る。

等の点から保修費を軽減することができると共に、保修のための停電時間を短縮し年間出力を増加し得る利点がある。また発電所の保守が小人数でできるから人件費の節約となることも自明である。

水車発電機の制御装置は水力発電機械と人情とが最も密接に結びつく所であつて、それだけに変化に富むものである。この人情の中には直に実現困難な部分もあるが当社は不斷に研究努力して斯界の要望にこたえたいと念願している。

水力発電所保護装置一覧表

機器別	保護装置の種類	故障対策		
		有 人 発電所		無人発電所
		遠方制御	全自動	
電機	相間短絡(1)	○A	○A	○A
	層間短絡(2)	○A	○A	○A
	内部接地(3)	○A	○A	○A
	単独過電圧(4)	○B	○A	○A
	並列過電圧	○C	○C	○C
	単独低電圧(4)	D	○A	○A
	並列低電圧	C	○C	○C
	中性点接地電流	○B	○A	○A
	過電流	○C	○C	○C
	巻線過熱	D	○A	○A
	励磁喪失	A	○A	○A
	相電流不平衡大	D	○A	○A
	上油槽油面低下(小)(5)	○D		
	上油槽油面低下(大)	A	○A	○A
	潤滑油断(6)	○A又はD	○A	○A
	推力軸受油面低下(7)	A	A	A
水車	冷却水断	○D	○A	○A
	軸受過熱(小)	○D	○A	○A
	軸受過熱(大)	○A	A	A
	火災発生(8)	A	○A	○A
	過速度(9)	○A	○A	○A
	無負荷継続		○E	○E
	潤滑油電動機單相運転	D	○A	○A
	潤滑油電動機過負荷	D	○A	○A
	継続(10)			
励磁機	接 地	○B	○A	○A
	過電流	B	A	A
	過電圧(11)	○A又はD	○A	○A
本体	軸受過熱(小)	○D	○A	○A
	軸受過熱(大)	○A	A	A
	潤滑油断(6)	○A又はD	○A	○A
	冷却水断	○D	○A	○A
	軸受漏水高水位	A	○A	○A
調速機	調帶切斷(12)	○A	○A	○A
	驅動電動機速度不調(13)	○A	○A	○A
	驅動電動機過電流(13)	○D	○A	○A
	アクチュエーター停止(14)	○A	○A	○A

機器別	保護装置の種類	故障対策			
		有人発電所		無人発電所	
		遠方制御	全自动		
水 圧 油 装 置 車	油圧低下(小)(15)	○D			
	油圧低下(大)(16)	○A	○A	○A	
	油圧電動機単相運転(17) (17)	D	○A	○A	
	油圧電動機過負荷継続 調帶切断	○A	○A	○A	
	集油槽冷却水断	D	○A	○A	
(18) 主 変 圧 器	巻線故障	○C又はF	○A	○A	
	デホルツ動作	○C又はF	○A	○A	
	温度上昇	○D	A又はF	○A	
	過電流	○D D又はF	○C C又はF	○C	
	冷却水断(19)	D	A又はF	○A	
	油面低下	D	A	A	
(18) 送 電 線	短絡(單一送電線)	○F	○F	○F E	
	短絡(並行送電線)	○F	○F	○F	
	接地(單一送電線)	○F	○F	○F E	
	接地(並行送電線)	○F	○F	○F	
(18) 所 内 交 流 電 源	高圧回路過電流	○F	○FA	○FA	
	高圧回路接地	○D	○FA	○FA	
	変圧器過熱	○D	○A	○A	
	低電圧電源故障	D	○A	○A	
(20) 直 流 制 御 電 源	接地	○D	○A	○A	
	低電圧	○D	○E	○E	
(18) 母 線	相間短絡	F	○A	○A	
	接地	D	○A	○A	
其 の 他	水槽水位低下	○D	○E	○E	
	起動監視	D	○A	○A	
	所内排水高水位	D	○A	○A	
	排水電動機単相運転(21)	D	○注参照	○注参照	
	排水電動機過負荷継続(21)	D	○ノ	○ノ	
	所内火災発生(22)	D	○A	○A	

- △ Aは非常停止 Bは無負荷無励磁運転 Cは無負荷励磁運転 Dは警報 Eは一旦停止 Fは関係遮断器開放を示す。
- △ ○印を施したものは通常必要なものを示す。
- △ 遠方制御発電所は発電所の起動停止各種遮断器の開閉制御監視および故障監視は事故対策別(A B C E)に監視する程度のものとする。完全なる遠方監視制御は一人制御の場合と同様である。
- △ 保護装置は発電所の個々について相違がある。
- △ (1)(2)(3) 故障発生の場合は並列用遮断器、界隈遮断器も直に開放する。風洞を閉鎖し急速に制動する。
- (2) 単一星型の場合は困難なこともある。
- (3) 非接地発電機には設けない。
- (4) 並列運転中過電圧又は低電圧が起れば必ず並列を解く。
- (5) 予備ボンブは自動起動する。
- (6) 油環式自励式では必要がない。
- (7) 軸受の構造によつて設ける。
- (8) 自動消火装置を起動する。
- (9) 水車の過速も含む。
- (10) 電動機は自動停止させる。
- (11) 直結励磁機では過速度继電器の後備保護である。
- (12) 調帶駆動式。
- (13) 電動駆動式。
- (14) 齒車駆動式。
- (15) 予備ボンブは自動起動する。
- (16) 緊錠を掛けた後並列を解く如くする。
- (17) 電動機は自動停止する。
- (18) 発電所毎に相違する。一般的に表示するのは無理である。
- (19) 水冷式の場合である。
- (20) 蓄電池設備を有する場合。
- (21) 電動機は自動停止させる。無人発電所でも直に運転状態を変えない。
- (22) 無人発電所では設ける方がよい。

自動電圧調整器

良質の電気は電圧・周波数が安定し高調波含有率の少ないものでなければならぬ。この内電圧は質的良否に関するのみならず、電気設備の絶縁・系統安定度とも密接な関係を有するから、自動電圧調整器の使命もまた重大である。

神戸製作所 尾畠喜行

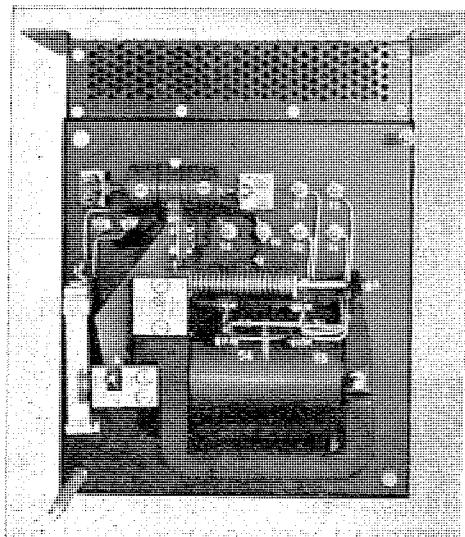
1. 自動電圧調整器の種類

動作形式上から当社の電圧調整器を分類すれば、振動型・界磁抵抗器型・増幅励磁機型の3種となる。

ア. 振動型 いわゆるチリル型でUV型とAE型の2種がある。

UV型は主接点が直接に界磁抵抗の短絡・開放制御を行うもので、界磁誘起電圧による接点の損傷を避けるために炭素接点を用いている。応動速度早く取扱いも簡単で、小容量の発電機に適する。1図にこの電圧調整器を示す。

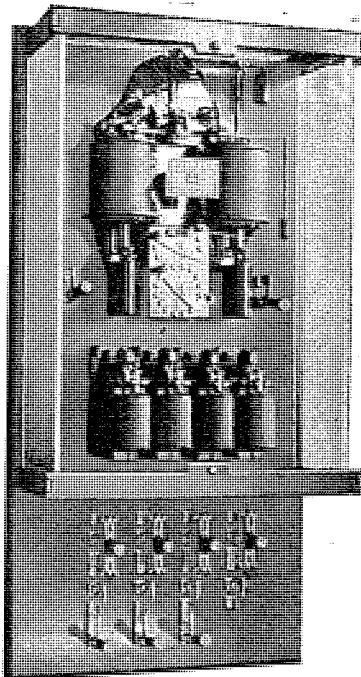
AE型は中容量機を対照としたもので、主接点は別の速動補助継電器を制御しこれによつて界磁抵抗の短絡・開放を行う。容量によつて適当に補助継電器の数を変えるようにしている。2図はこの調整器を示す。



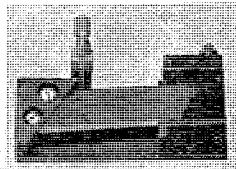
1図 UV型自動電圧調整器

イ. 界磁抵抗器型 この型式に属するものはSR型・AJ型・BJ型の3種がある。

S R型は電圧応動可動鉄片にて制御され、3図の如く桿型に配列された多数の接点群があり、この接点群は



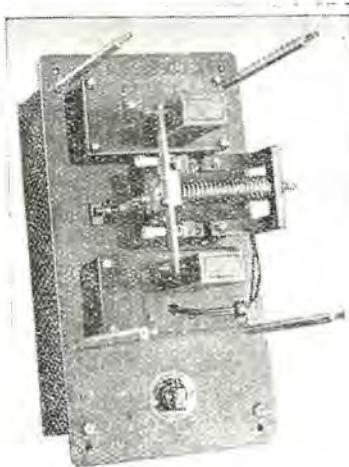
2図 AE型自動電圧調整器



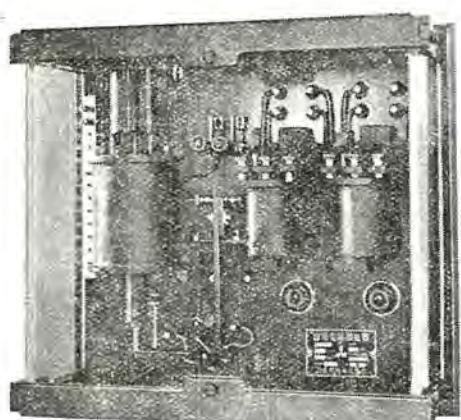
3図 SR型調整器接点

界磁抵抗器に多数設けられたタップにそれぞれ接続されている。これらの接点は発電機端子電圧が基準電圧からずれた程度により適當個数が短絡・開放されるからこれによつて界磁抵抗器の抵抗値が自動的に調節されるものである。小型・軽量で小容量発電機に適する。4図はこの調整器を示す。

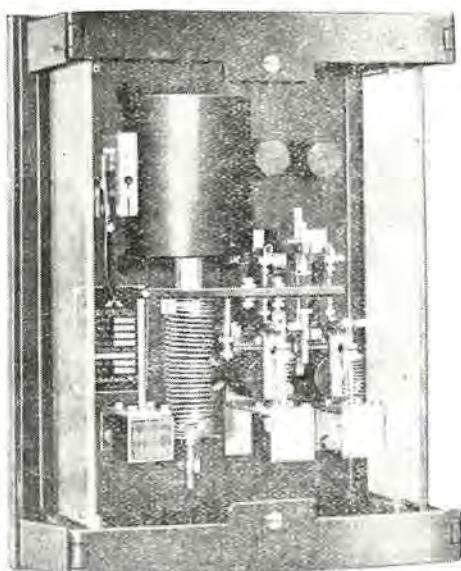
A J型は電圧応動主要素・電動界磁抵抗器、および制御用接触器・急速強磁・減磁抵抗器、および制御用



4 図 SR 型自動電圧調調器



5 図 AJ 型自動電圧整調器主要素

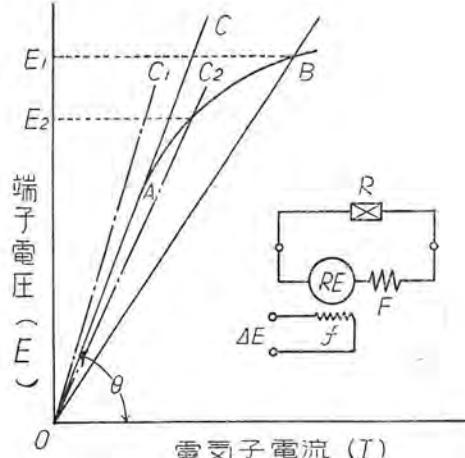


6 図 BJ 型自動電圧調整器主要素

接触器を主体としたもので、電圧変化に際し界磁抵抗器を操作すると共に急速強磁または減磁抵抗器を瞬間制御する。したがつて動作は単なる界磁抵抗器型でなく、振動型の特性を加味したもので応動速度が極めて早い。5図にAJ型主要素を示す。

BJ型の構成はAJ型と類似しているが、電圧応動主要素の構造が著しく相異している。すなわちAJ型の主要素接点は1組であるのに対し、BJ型は2組を備えている。この内1組は微小電圧変化に応動して界磁抵抗器操作用電動機を制御するが、電圧変化の大きい場合（例えば5%以上、この値は調整可能）には他の1組の接点も作動して急速強磁抵抗または減磁抵抗をも制御し連應励磁を行う。すなわちAJ型は常に界磁抵抗器型と振動型の特性を示すに対し、BJ型は微少変化では単なる界磁抵抗器型であるが大きい変化に際して振動型の特性を現す。また乱調防止方法は、AJ型では電圧線輪に加わる電圧を見掛上変化させる方式を探っているが、BJ型では電圧応動接点の固定側を電磁的に隔離する新方式を採用している。5図はBJ型の電圧応動主要素を示す。

AJ型・BJ型とも主として大容量機を対照したもので、励磁機は主・副の双方を設け、励磁の調整は主励磁機界磁において行う。



7 図 ロートトロール励磁機原理説明図

ウ. 増幅励磁機型（ロートトロール励磁機）

元来直流発電機は一種の電力增幅機である。したがつてこの增幅率をとくに大きくした直流発電機ができれば微少電力の変化を大電力に変換できるから、これを電圧調整器として利用できることは明白である。当社の増幅励磁機は次の如き原理に基くものでこれをロートトロール励磁機と称している。

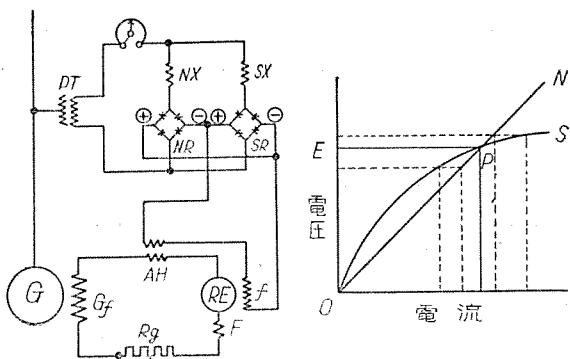
7図においてREは直巻界磁Fを有する直巻直流発電機で負荷抵抗R（電気子回路の全抵抗とする）に接続され、その飽和特性はOABの如きものとする。したがつて抵抗Rの値をOBの如きものとすればこの

発電機は電圧 E_1 を発生することになる。しかるに今飽和特性の直線部分が電流とのなす角を θ とする時

$$R = \tan \theta$$

なる如く R を選べば端子電圧は不定となるから、もし R の値を OC_1 または OG_2 の如く若干変更することができれば、 RE の電圧は O か E_2 かに変化させることができ。 R の値を直接変化させる方法は実用的価値が低いから、これを見掛上変化させる方策として制御界磁と称する別の界磁 f を設けてこれに制御用電圧 ΔE を印加する如くしたものである。

8 図はこのような構造のロートトール励磁機を用いて交流発電機の自動電圧調整を行う場合の説明図でロートトール励磁機の電気子は直列界磁 F 、発電機界



8 図 ロートトール励磁機による電圧調整回路

磁抵抗器 R_g 、発電機界磁 G_f および乱調防止線輪 AH に直列接続する。しかして回路の全抵抗は 7 図 OAC となる如く R_g によって調節してあるものとする。PT からの発電機電圧はリアクトル NX 、および SX を通じてそれぞれ乾式整流器 NR , SR にて整流され、その整流電流は両整流器を貫通する如く図示の如き極性に接続する。 RE の制御界磁 f は両整流器間の差回路に接続されているから、両整流電圧が等しければ制御界磁 f の電流は O である。一方リアクトル NX は不飽和でその電圧電流曲線は OPN の如くであるに反し、リアクトル SX は飽和特性を有していく特性は OPS の如くである。しかして規定電圧 E において両回路の電流は共に等しいようにしておけば、その電圧においては両整流器の出力電圧は相等しい筈である。しかるに今発電機電圧が低下したとすれば NX 回路の電流は SX 回路よりも多くなり整流器出力電圧は NR の方が大きくなるから、 f の励磁極性を適当に選べば RE の発生電圧を急激に上昇させることができる。また逆に発電機電圧が上昇すれば SX 側の電流の方が大きくなるから f の励磁極性は以前と逆になり、 RE の電圧は急激に降下する。7 図の説明から明らかに如く RE は電圧の安定点を持ち得ないから

かような調整方法によつて G_f の電流は脈動的になる傾向を有するが、回路のインダクタンスによつて電流は急変することができず、結果として発電機電圧は一定に保持されることになる。すなわち動作の形式は振動型電圧調整機であるが、無接点である特長を有する。

なお、ロートトロールに更に 1 個の界磁巻線を加えこれを定励磁すれば電圧の確立が可能になり、したがつて界磁抵抗器型形式の電圧調整器を得るが電力用としては一般的でない回路となるから割愛する。

2. 並列運転同期機の電圧調整問題

交流同期機と変圧器の発明は発送電技術に画期的な進歩をもたらし、遂に現今の如き大電力網を形成するに至つた。しかしこの大電力網も単純なる発電端・受電端の関係にあるものは小数の自家発電系統を除いては存在せず、ことに発電端は甚だ莫然たるものである。すなわち各所に点在する多数の発電所がインピーダンスを有する電力線によつてさまざまに接続され、これが集結されて大送電幹線を形成するものであるから、一発電所の端子電圧が電力潮流に左右されることは当然のことである。受電端は発電端に比べればその中心は割合明瞭であるが、受電端が 1 送電線に対して 1 個所であるとは限らずまた異系統が受電端で結合される場合等もあつて、系統の状況によつては発電所と類似の現象を呈する。

一方電圧調整器は旧く直流送電時代から発達したもので、その後交流式が採用されたと言つても、初期の時代は単なる電源対負荷の関係にあり、電圧の変化は直に電源の出力、および負荷の変動を意味する実情にあつた。このために定電圧の保持は重大な問題であり、したがつて電圧調整器も若干調整電圧の変更はできるとしてもこれは人爲的に行うものとして、あくまで定電圧調整を中心として進歩したものである。以来電力系統は膨脹に膨脹を重ね今日の大をなすに至つたけれども、定電圧調整と言う定見的な考え方そのまま踏襲せられて來た感がある。したがつて現今の電力系統において各同期機を定電圧運転せんとすれば、それ相当に十分な調相容量を持たせる心要がある。

翻つて同期機定格を考えてみるのに、発電機は原動機最大出力(kW)に若干の調相容量(kVAR)を加味して決定されるものであるから、系統容量に比べれば極めて小さい場合が多く、到底十分な調相容量を期待することはできない。したがつてかような発電機を以て定電圧調整を行えば系統の潮流によつて著しい過電流を生ずるから、定電圧運転は不可能となる。現在の各発電所は電圧調整器の設備を有するものが多いにかかわらず実用されているものの少ない理由の大部分はかような点にあると考えている。一方同期調相機の場合は送電々力量・送電線特性・安定度の点から容量決定が行われるものであるから、発電機の場合の如く苛酷なものではないが、系統の状況によつては同様な現象があり得る。

かく感すれば電圧調整上においても各同期機は応分の能力を分担する以外に方策はないことは明白である。この応分負担の方法は例えば負荷時電圧調整変圧器を用うるもの一法であるが、高圧大電流下のタップ変換は技術的に難点があり、またもし行うとしても電圧の変動に速応させることは至難の業である。また一法として電圧調整抵抗器を広範囲型にしてこれを手動調節し、電圧調整器の調整電圧を変化させることも考えられるが、元来自動であるべき電圧調整に人為的な調整部分を付加することは本旨にもとり、のみならず無人発電所にこれを実施することはできない。

当社は夙にこの点に着目し過電流保護装置付自動電圧調整方式を完成して最近の発電所に普く実施している。

これに3種の方法があり次にその概要を述べる。

ア. 力率限定式

この方式は発電機または電動機に採用され、低負荷時には通常の電圧調整器として作動するが、負荷が増加すると（例えは30%）、力率をある範囲内に制限する如く、電圧調整器の調整電圧を自動的に移動させる形式である。一般に多数の同期機と並行運転下にある発電動機においては力率を進退両面相当広範囲に変化させることができるからかような調整方式が可能になる。

この方式において力率の限定範囲を接近させると、力率調整器としての特性を現わす。しかしこの方法が通常の力率調整器に勝つた点は、低負荷（ことに無負荷）時においても電圧の確立を行うことがある。

力率限定式は電圧調整上の積極性はないから主として小容量機に適する。

イ. 電流限定式

電流限定式は許容電流（例えは定格電流）以内の電流

では規定電圧となる如く電圧調整器を作動させるが、許容電流を超過した場合には電流を許容値に制限する如く電圧調整器の調整電圧を自動的に移動させる形式のもので、一般同期機に適用できる。これに類似したものに過電流に際して電流を許容値より甚だしく低下させる方法があるが、これは安定度を著しく阻害するから面白くない。

ウ. 最大耐量許容型電流限定式

これは電流限定式を更に積極化したもので大容量発電機、または調相機に適する。すなわち同期機温度は冷却媒体の温度、および従前の運動履歴によつて自然に定まるものであり、また設計的には冷却媒体の最高温度における連続定格の観点より寸法・材料を決定しこれに多少の余裕を見込むものであるから、一般的に絶縁の種類から規定された導体の許容最高温度までには余裕があるのが当然である。したがつてこの許容最高温度に達するまでは無条件に定電圧を保持させ、許容最高温度に達した際に電流限定調整に移行するのが最も妥当であると考える。

この方法はかような観点に基礎を置くもので、同期機と同一条件下に加熱冷却される温度继電器によつて常に同期機巻線温度を監視し、許容最高温度に達するや否や直に電流限定調整を行う形式である。

以上並列下にある同期機の電圧調整問題について論じたが、これに関連して系統保護装置の高速度化は極めて必要な事柄である。非故障時の電圧調整は以上の如き方法によつて救済の途はあるにしても、同期機の電圧確立能力には自ら限度があるから故障点は急速に除去し得るよう保護方式を計画すべきである。

新設備紹介——わが国最初の Form Fit 型変圧器

容量 20,000kVA 単相 外鉄型

60～送油風冷式（水冷式兼用可能）

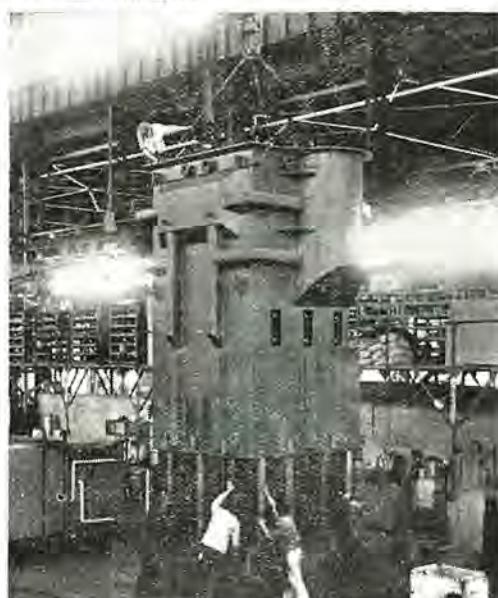
高圧 150,000～75,000～50,000～25,000V

低圧 132,000V 2台直列にして 300,000V に使用できる。

重量 中身 36t・外函6t・油量 17t・合計 59t

本器は当社伊丹製作所高圧大電力試験所（H.P.L.）に2台据付け 50,000kVA 短絡試験用発電機と共に使用し 275kV 級までの各種遮断器・避雷器および変圧器の試験用として活躍します。

フォームヒット型構造は、今後の大容量シェル型変圧器には全面的に採用致しますが、目下関西電力牧方変電所向 117,000kVA 超高圧変圧器2台、関東電力鹿浜変電所向 15,000kVA 単相4台等に着工中です。



（外形寸法 3950×5250—9350H）

火力発電所用補機電動機および制御装置

長崎製作所

片山仁八郎
武田英夫

I. 緒言

火力発電所の補機用電動機としては、大部分が誘導電動機であるが、これ等の電動機ならびに制御装置は発電所の特質上一般工業用と趣を異にする点があり、ここではその設計、製作上の特長について概略申し述べる。

II. 補機用電動機

1. 種類ならびに条件

火力発電所の補機用電動機の主なものは1表に示す如きものであるが、これに要求される最大の点は運転の信頼度であつて、長期間の連続運転に堪えうるものでなければならない。

誘導電動機は他の特長と共にこの点でも優れているので広く利用されている訳である。

次に設置される場所の問題であるが、これによつて閉鎖保護の程度・通風方式・絶縁の種類等が決定される。一般に火力発電所は海岸近くに建設されることが多いので、海水や塩分を含む湿気に侵されることが多い。このために保護方式や、コイルの絶縁について細心の注意を要する。また火力発電所は塵埃が多く、室温も相当に高いので注意しなければならない。

また近来印度、パキスタン等南方地方向けの輸出プラントが増加して來たが、かかる場合にはこれらの点についてとくに考えなければならない。

第3の点は、補機の負荷特性であるが、速度制御を要するか否か、その範囲、方法によつて電動機の型式が左右される。

最後に電動機の軸受・端子・スリップリングの構造・スペース・ヒータ、あるいはサーモスタット等の付属品について決定しなければならない。

2. 保護方式

保護方式の選定は、炭塵・灰等の塵埃・塩分・湿気・室温・運転の信頼度・相対的価格。および電動機の出力等によつて行われる。

ア. 開放型

現在はほとんど使用されない。

イ. 防滴型

これは価格もほとんど開放型に近く、以前は盛んに使用されたが、保護程度が不完全で最近はあまり使われない。

ウ. 閉鎖自己通風型

これが現在最も広く使われているもので、保護作用も比較的よく、保守点検にも便利で、価格も手頃である。1図は最近当所において開発した新しい閉鎖自己通風型で、輻流式通風方式として冷却効果を増強し、かつ軸受にはボールベアリングを使用している。最近新設された

1表 火力発電所主要補機一覧表

補機の種類	
ボイラー関係	1. 強圧通風機
	2. 誘引通風機
	3. 給水ポンプ
	4. 石炭計量器
	5. 給炭機
	6. 給炭機用電動発電機
	7. 石炭粉砕機
	8. 微粉輸送ポンプ
	9. 排炭機
	10. ガス送風機
	11. ガスダンバ
	12. 1次空気送風機
	13. 2次空気送風機
	14. 灰抽出機
	15. 工場空気用送風機
	16. 流浮ポンプ
	17. ランシング空気圧縮機
タービン本体	1. ガバナーモートル
	2. ターニングモートル
	3. 高圧油ポンプ
	4. 補助油ポンプ
	5. 循環油ポンプ
復水装置	1. 循環水ポンプ
	2. 復水ポンプ
	3. 壱戸弁
	4. 真空ポンプ
	5. 送水ポンプ(ポンプ室ある場合)
	6. 冷却水ポンプ
給水加熱および蒸化装置	1. 加熱器疎水ポンプ
	2. 空気分離器抽出ポンプ
	3. ホットウェルポンプ
	4. 蒸化器給水ポンプ
	5. 蒸化器排水ポンプ
蒸気交換器	1. 冷却水ポンプ
	2. 給水ポンプ
軟化装置	1. 送水ポンプ
	2. 海水および逆洗ポンプ
発電機本体	1. 予備電動発電機
	2. 起動用電動発電機(調相機運転用)
冷却装置	1. 外部送風機
	2. 通風路ダンバ
	3. 空気冷却器冷却水ポンプ



1 図 排炭機用 140 kW 3,300V 60~1,800rpm 4p
巻線型回転子(日発港第二発電所納入)

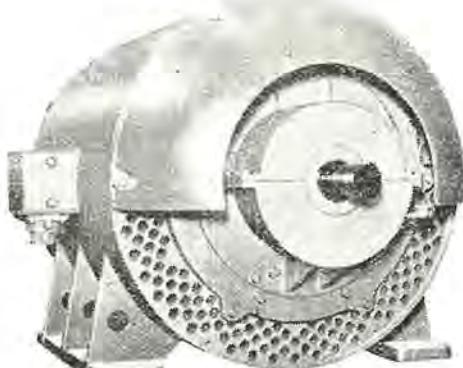
日発港第2発電所、および、舞鶴発電所の補機に使用せられた。

エ. 全閉外被通風型(外扇型)

これは保護作用がほとんど完全でとくに塵埃の多い場所に使用される。また屋外用として使用される例もある。例えば石炭粉砕機用。運炭装置用などである。ただしこの型もとくに湿度の高い場所では締付面や嵌合部分から湿気が侵入し、運転停止中に凝結して水滴のたまる恐れがあり、コイルの絶縁をいためることがある。かかる場合には電動機内部にスペース・セーフを置くとか、あるいは後述の屋外型等他の型式を使用することが考えられる。

また外扇型は冷却作用が電動機内部の熱気と、外部の冷気との間接作用によるので、容量が大きくなると放熱面積の増加がこれに伴わず、冷却効果が不十分となるのでこの型で製作し得る容量には限度がある。すなわち普通の外扇型ではせいぜい「0.9HP 前後が限度で、これ以上になると電動機が非常に大型となり、あるいは温度上昇が過大となる。

当所にてはこれらの点に鑑み、銅管を電動機外周に配置して、その内外面において熱交換を行わせる新しい外



2 図 給水ポンプ用 300 kW 6,300V 50/60~
1,500/1,800 rpm 4p 深轟カゴ型回転子
(八幡製鉄所 西田発電所納入)

扇型を開発した。この型によると放熱効果が従来より、はるかに増加し製作可能限度も 1,000HP 程度まで拡げ得る見込みである。2 図は八幡製鉄所、西田発電所の給水ポンプ用として開発したものである。

オ. 全閉型

これは放熱効果が不完全なために、電動機が大型となり、不経済なためにあまり使用されない。せいぜい 10 HP 位まであるが、とくに塵埃が多く、全閉外扇型の外扇ファンの冷却効果を減殺する場合、あるいは短時間定格の場合などには、50HP 位まで使用される。

カ. 屋外型

最近アメリカでは建築費を低減するために、電動機を屋外型として建屋を少なくすることが多い。たとえば誘引通風機等はできるだけ屋外型を使用しているようである。このために屋外で風雨にさらされても使用に差支えないような各種各様の電動機が開発されている。3 図



3 図 米国における屋外型の例

はその一例であるが、日本においても漸次かかる傾向が強くなることが考えられるので、新しい屋外型を開発すべく研究中である。

屋外型と言つても単なる水切型、あるいは防滴型から外扇型のもの、閉鎖管通風型、あるいはこれらの型を一部修正したものまでいろいろあるが、完全なものはなかなか困難である。

屋外型の条件として考えられることは

- (1) 電動機内部に雨滴の浸入せぬこと
 - (2) 凝結した水滴が線輪部分に滴下せぬこと
 - (3) 軸受を水や塵埃から保護すること
 - (4) 端子部分を耐水性とすること
 - (5) 内部に凝結した水滴の排出口をつけること
- これらの点について細心の注意を払わねばならない。

3. 回転数ならびに速度調整

一般に電動機の価格ならびに重量は回転数に逆比例するものであつて、4 極 1,800 rpm のものが最も安価で、できるだけこの種のものを使つた方が経済的である。ただ 2 極 3,600 rpm のものは高速度の構造上却つて 4 極のものより高価となる場合が多い。

補機の特性上速度制御を要しないものには、特殊籠形電動機が使用される。これは構造簡単で、信頼度高く価格も安いためである。ただこの場合出力が大きくなると起動電流が大きくなり、電源への衝撃が問題となるが、

一般に所内用電源として相当の余裕があるので、直入起動が広く採用される。また石炭粉碎機・ベルトコンベヤ等の他には、慣性能率の小さいポンプ・送風機等が多いので深溝形を使用する。石炭粉碎機は慣性能率が大きいので起動を円滑に行わしめるために、従来巻線型が多く採用されてきたが、二重巻形電動機と減速装置を適当に組合せば何等問題なく運転できる。

誘引通風機・強圧通風機・1次空気送風機等は風量調節を必要とするが、それには次のような方法がある。

ア. 巷線型電動機による方法

これは回転子側2次抵抗によつて電動機の速度調整を行い風量を調節する。2次抵抗中の抵抗損失は熱損として失われる。

イ. 定速度カゴ型電動機を使用する場合

(1) 流体接手

電動機と送風機の間に流体接手を置きその油量を調節することによつて送風機の速度を加減する方法である。これによると電動機の起動を無負荷にて行うことができ、また速度調整の範囲が広くかつ円滑連続的で、衝撃を吸収し電動機の過負荷を防ぐことができる。

速度調整による発生損失は、理論的には巷線型電動機の2次抵抗中の発生熱量に等しいが、接手自身の滑りや機械的損失を伴うので、能率は巷線型より幾分低下する。また接手内部の熱損失により油の温度上昇を来すので、油の冷却装置を要する。

相当の大さと重量の流体接手が、電動機軸端に懸垂されるので、電動機軸受部分の構造や据付・釣合調整等に細心の注意を要する。

(2) ダンバ調整

電動機・送風機は定速度回転とし、送風機吐出側のダンバによつて風量を調節する方法であるが、損失が多く能率が低いために、調整範囲の狭い場合にのみ採用される。

(3) ベーン・コントロール(Vane Control)

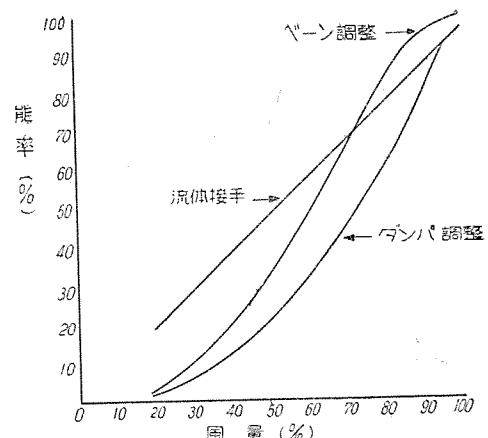
電動機・送風機共に定回転であつて、送風機入口に設けた Vane によつて風量を調節する。比較的に能率高く、構造簡単なために使用されることが多くなつた。アメリカでは広く使われているようである。

これらの諸方法の能率の比較を例示すると、4 図のようである。曲線の能率に各出力における電動機の能率をかけたものが電動送風機としての能率となる。

4. 電 壓

電動機の定格電圧をいかに選ぶかということは重要な問題であるが、困難な問題もある。普通 200V 級・3,000V 級・6,000V 級の 3 種で、いずれにするかは電動機のみならず、変圧器・遮断器・配電線その他管制装置を総合的に検討しなければならないが、電動機のみについて考えると次のようである。

高圧と低圧とで根本的に違うのは、いうまでもなく絶縁方法である。高圧になると絶縁が厚くなり、溝中の線火力発電所補機電動機および制御装置・片山・武田



4 図 各種風量調節法 能率比較曲線

輪の占積率が悪くなる。そのため巻回数が減り、毎極の磁束数が増す。したがつて磁束密度を適当に抑えるには鉄心容積を増さねばならない。すなわち機械が大きくなる。また巻回数が減ると励磁電流は増加し力率は低下する。

しかし出力の割合に電圧が低すぎる場合もこれと同じようなことになる。すなわち低電圧の時は巻回数が少なく電流が大きくなるので、導体の断面積が増す。しかし素線の断面をあまり大きくすると、渦電流のため損失がふえ、線輻作業も困難となるので、適当な寸法の素線を数多く並列に使わねばならない。そうすると結局溝の占積率が悪くなり上と同じ結果になるのである。

かようにある出力に対して適当な電圧の限度があるのであるが、たとえば上田氏によると出力と回転数により次式で与えられている。

$$E = K \cdot W \cdot n^{1-k} [k_1 \cdot HP]^{1-k}$$

ここに

$$k = \left[\frac{\varepsilon_c}{3} \cdot k_1 \cdot 10^{-3} \right] \times k_w$$

ε_c = 波形率

k_1 = 磁気的構成係数

k_w = 巷線係数

W = 1相の巻回数

n = rpm

k_1 = 回転力係数 = 5,250

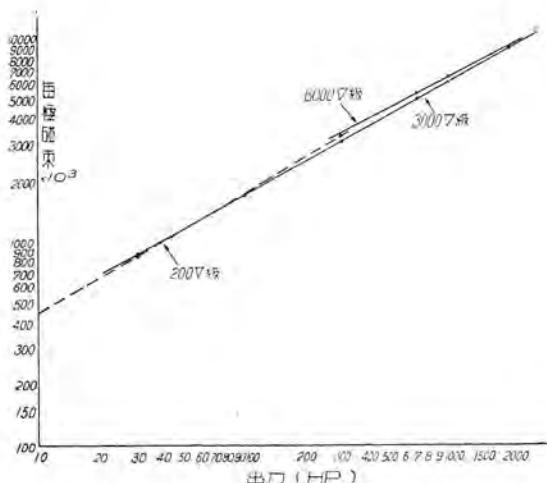
k = 回転力基礎式の指数 = 0.608

次に一例として 8 極巻線型の場合について、出力に対して每極磁束数・アンペア導体数・重量を各種電圧について比較すると 5, 6, 7 図のようになる。

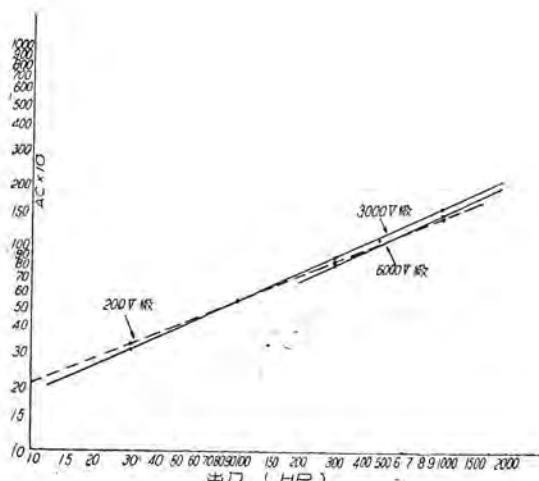
毎極磁束数についていえば、70HP 以下では 3,000V 級が多いが、それ以上になると逆に 200V 級の方が多くなっている。また 6,000V 級は 2,000HP 程度以下ではすべて 3,000V 級より多くなっている。

アンペア導体数については、毎極磁束の場合と逆である。

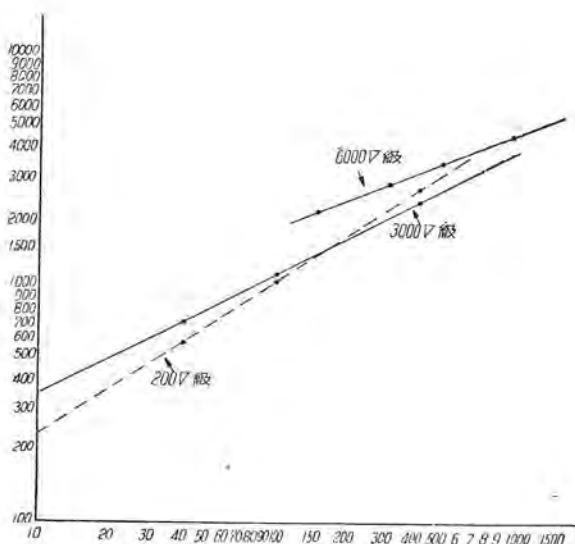
重量は 170HP 以下では 200V 級が軽く、それ以上で



5 図 出力と每極磁束の関係 (8 極)



6 図 8 極における出力と AC の関係



7 図 概略重要比較表 (8 極巻線型)

は 3,000V 級の方が軽い。6,000V 級になると重量が大きく増加している。これは一例で概略値であるが大凡の傾向は推察できる。一般的にいつて

50 HP 以下……200V級

50 ~ 100HP……200V あるいは 3,000V級

100HP 以上……3,000V級

3,000HP~5,000HP ……3,000V あるいは 6,000V級

5,000HP以上 ……6,000V級

これ位が適當であると思う。火力発電所としては 2,000 HP 以上のものはほとんどないので 3,000V 級が普通である。

5. 付属器具

ア. スペース・ヒータ

屋外用あるいはとくに湿度の高い場所に置かれる電動機は停止中に水蒸気の凝結するのを防ぐために、スペース・ヒータを内部にとりつけて停止中も一定温度に保つ要がある。

イ. サーモ・スタット

とくに重要な用途の電動機は、温度検出装置をとりつけて、一定温度以上になつた場合警報を発するようになると便利である。

ウ. 埋込温度計

鉄心内部の線輪間にサーモ・カップルを埋込んで、常時温度上昇を監視する方法である。

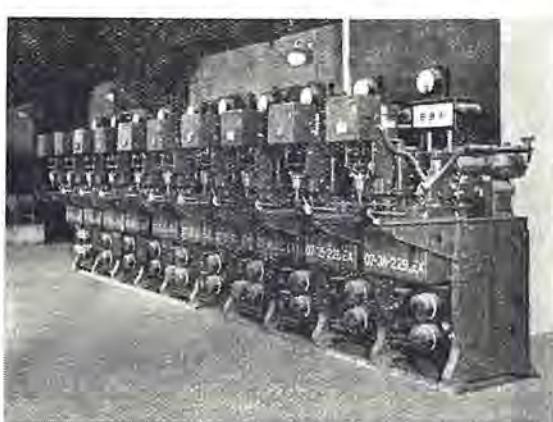
これらの方法は発電所用としてはまだあまり採用されていないが、将来電動機の容量が増加し信頼度の要求が更に厳重になつた場合には、当然考慮すべき問題である。

III. 制御装置

1. 所内動力用配電盤

ア. 高圧電動機盤

最近の発電所の所内動力用高圧電動機盤としては大部分メタルクラッド配電盤が採用され、時にキューピタル型配電盤が使用されている。メタルクラッド配電盤の特長はいろいろあるが、要約すれば完全な保護と所要床面積の僅少なことであろう。8 図はメタルクラッド配電盤群の現場据付の一例を示したものである。



8 図 メタルクラッド配電盤

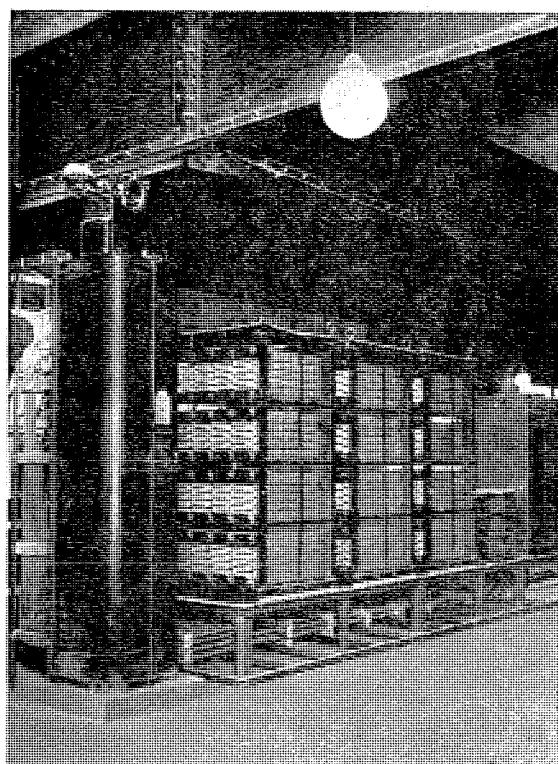
高圧動力用配電盤の選択に当ります考慮すべきことは遮断器の遮断容量である。個々の高圧電動機に十分な遮断容量を有する遮断器を設置すれば理想的であり、建設費が許せばこの方式によることが望ましい。中央発電所ではほとんどこの方式が採用されている。所要遮断容量が3・5 kVにおいて150MVA程度を超過すれば配電盤は著しく割高となり、所要床面積も大きく不経済となるから何等かの方法で所要遮断容量の低減を計る必要がある。

比較的小規模の自家用発電所等では各高圧電動機毎に大容量の遮断器を設けては高価に過ぎ、発電所全体との均衡もとれないので、電動機を数群に分け、遮断容量は少數の各群への饋電盤の遮断器にもたせ、各電動機盤には過電流および低電圧自動遮断装置を設けず、適当な過負荷警報装置のみを付した非自動遮式の小容量の遮断器を設け、運転開閉器として使用することが多い。この方式は万一短絡事故が発生すれば一群の電動機の全停を引き起す欠点はあるが、現在の電動機・配電器具・電力ケーブル・配線工事等の技術水準より考えれば所内で短絡事故を起す機会は極めて稀と考えられる故場合によつては有用な方式であると思う。

1. 低圧電動機盤

低圧電動機用の配電盤は降圧変圧器を介して所内動力母線に繋がれる故短絡電流も小さく、所要遮断容量もさして大きいことを要しないことが多い。

通常双型開閉器箱と電磁接触器箱を併用し、短絡電流の遮断は双型開閉器箱のヒューズにより、常規の起動。



9 図 電動操作式カム型制御器および抵抗器

火力発電所用補機電動機および制御装置・片山・武田

停止、および過負荷の保護は電磁接触器による。

十数年以前三幡発電所において低圧電動機全部に炭素気中遮断器を採用されたことがある。その他にはあまり例を聞かぬが炭素気中遮断器は遮断容量が大きく電路開閉器としては電磁接触器より優れており手動・遠方操作も自由にでき、大きい遮断容量を要する低圧電動機回路用としては適当であるが、価格が高いのが欠点である。

2. 制御器および抵抗器

ここでは巻線型誘導電動機の起動用または速度制御用の制御器、および抵抗器について述べる。

制御器は遠方から押釦で速度制御を行うためほとんど電動操作式である。9図に示すものは電動操作式カム接触子型のもので、制御器としては最も信頼度の高いものである。

速度制御用抵抗は平衡短絡が望ましいが全部のノッチを平衡短絡とすれば極めて多数の接触子を要し、制御器が過大となるのと、比較的低速の通風機類では実用上差支えないので不平衡短絡と平衡短絡とを混用している。しかし周知の如く2次不平衡短絡の場合には脈動回転力を生じ汽罐給水ポンプの如き高速機では同期速度の近くで振動を起すことがあるから注意を要する。かような高速機に使用する場合には制御器の最後の数ノッチはとくに平衡短絡ノッチとする。

抵抗器としては信頼度が高く保守が容易なグリッド抵抗器を使用する。液体抵抗器はほとんど使用されていない。グリット抵抗器は一般用より温度上昇を低くとり、グリッド積重ね、支持棒の絶縁等も念入りにして長期間の連続運転に耐えて故障の起らないようにする。通常自冷式であるから全閉にすることは困難であるし、比較的条件の良い別室に設置することが多いので、9図の如く防滴カバーを張つて水滴その他の落下物を防ぎ、周囲には金網を張る程度とする。速度制御用抵抗器は相当大型となり、所要床面積も大きく、かつ高価となるからまだあまり実施されていないが、風冷式とすることも一案であろう。

3. 直流電動機用制御装置

火力発電所における直流電動機は自動燃焼装置を設ける場合のストーカ、および微粉炭燃焼装置のコールフィーダに限られている。これ等の負荷は速度制御範囲が広く、制御段数も多いことを要求されるのでとくに直流電動機が使用されるのである。

定電圧界磁制御方式によるものは、電動操作式界磁調整器・自動起動装置等一切を1箱に纏めた制御箱を使用する。また場合によつてはコールフィーダはエキゾースタファンと速度変化の割合を揃えるためエキゾースタファン用制御器と機械的に連動させることがある。

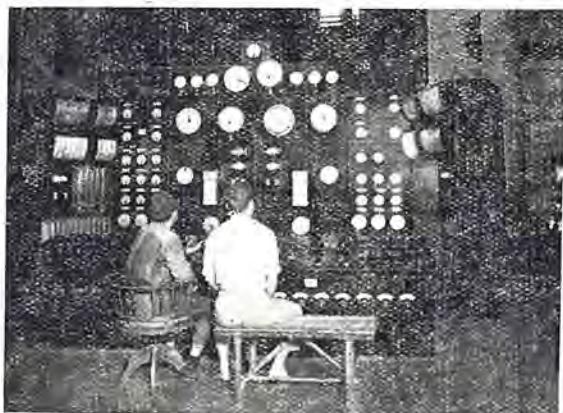
可変電圧制御方式によるものでは電動発電機盤相当の制御箱と電動操作式界磁調整器、および前述の電動機用制御箱を使用し、汽罐の負荷に応じた燃焼状況の調整は

可変電圧方式により制御し、混燃その他の目的で各電動機相互間の調整は界磁制御によるのが普通である。

4. 操作盤

小容量の自家用発電所を除き補機の制御は凡て遠方操作式とする。

汽罐補用機類の制御は汽罐計器盤の前に設けた机型操



10 図 汽罐計器盤および制御盤



11 図 ポスト型操作盤

作盤より集中制御を行うのが普通である。単位式の微粉炭燃焼式の場合には微粉炭装置関係も汽罐制御盤にまとめて制御するが、貯蔵式の微粉炭燃焼方式の発電所では汽罐関係とは全く別に微粉炭装置用の集中制御盤を設ける。制御盤に取付けるものは運転・停止用操作開閉器・運転表示灯・速度制御用操作開閉器・過負荷または事故警報装置・電流計等が普通である。場合によつては更に回転計・セルシン式指示計等を設けることもある。

汽罐・給水・復水関係の補機は通常集中制御は行わず各機器の近辺に設けたポスト型操作盤より制御する。

10 図は汽罐計器盤、および汽罐制御盤、11 図はポスト型操作盤の一例である。

5. 汽罐補機用電動機のインターロック

汽罐補機用電動機間にはある補機の不時自動遮断または、誤操作による危害防止のためのインターロックを施す。インターロックの順序、および方式は汽罐の構造、燃焼方式により考慮すべきであるが、その骨子は炉内風圧を常に適切にしてバック・ファイアを防止することと石炭の供給系統中における異常堆積を防止することである。

通常インターロック切替開閉器を各補機毎にあるいは各系統毎に設け、連動・単独の切替を行う。単独は試運転または特殊な事情の下における特殊な運転のためインターロックを解除するものであり、連動は常規運転状態であつて各補機間にインターロックが存在している状態である。起動順序・停止順序・自動遮断の3種のインターロックをするのが普通である。

IV. 結 言

以上火力発電所補機用電動機、および制御装置について概略申述べたが、当所は従来国内主要火力発電所に多数製作納入しており、わが国火力発電量の約 70% は当所製補機電動機を使用されている。これら電動機の製作経歴、および詳細仕様については近く発表する機会があることと思うが、この経験と熟練が今後の電力開発に貢献する所あらんことを期している次第である。

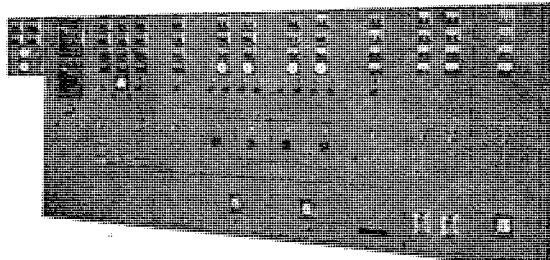
三 菱 配 電 盤 の 現 態

戦時および戦後の混乱時はとかく拙速主義であり、材料関係も不足のため、見るべき製品もできなかつたが、国内電力界の再建と印度・パキスタン・泰国等、東亞諸国よりの注文殺到により、質・量共に躍進を遂げ、加うるに原材料も戦前のレベルに到達したので、漸くわれわれの意図するものが製作可能になつた。以下進歩の一途を辿る当社配電盤の、一般的問題について、その概要を述べることとする。

神戸製作所 五十嵐信一

1. 盤面材料

当社は 50 年前より、他社に先んじて鋼板パネルの優秀性を認めてこれを推奨してきた。現在では製品の約 95 % は鋼板製で、特別に平滑にロールし、表面に疵の無い、3.2 mm 厚さの高級仕上鋼板を使用している。時には厚み 40 mm、ないし 50 mm の大理石、アスベストラムバまたはベークライトを使用することもあるが、これは低圧回路の気中遮断器・コンダクタ等を取付ける場合に多い。大理石は加工困難でかつ重量大であり、その上機械的衝撃に弱いため次第に退歩状態にある。



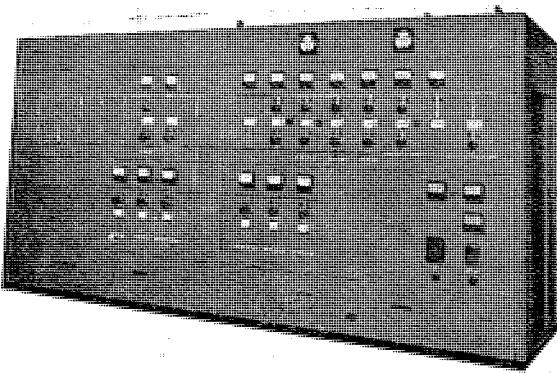
1 図 最近の水力発電所用配電盤(印度テライヤ向)

2. 枠組

材料は $1\frac{1}{4}$ ガス管または 50 mm の山形鋼を使用しているが、これは鉄板パネルの支柱、および 3,300V 級枠組に多く使用される。ガス管枠は組立に便利であるが、連結部の金具に U ボルトを使用するので、これが弱点となり、投入および遮断時にショックのかかる、大型遮断器の枠組としては不利である。この場合別に独立の枠を作り、衝撃が伝わらぬように、ガス管枠と分離せねばならない。

配電盤が自立の場合は、山形鋼で枠を作る。またパネルが両面自立で連絡電線の多い時は、3.2 mm 鉄板をコの字型に曲げ、鉄板パネルのように、ワイヤーポケットとし、その中に電線を納めることもある。

鉄板パネルは一枚板を折曲げ、左右両端にワイヤーポケットを作つているので丈夫であり、大理石盤のように直立の支えが要らぬので有利である。



2 図 火力発電所用補機回路監視盤

3. 塗装

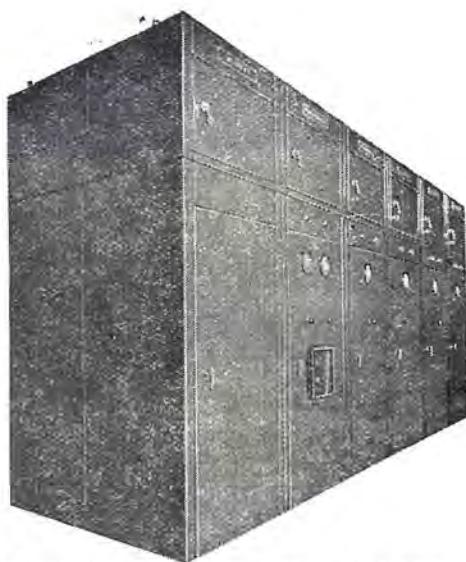
落付いた艶消黒塗を標準としているが、最近は顧客より色彩につき要望あり、美濃なものを製作している。

盤の塗装は取付計器等と同系統を理想とするが、計器や繼電器をその都度盤面塗装と同一にすることは、補用品の関係から難点あり、当社は、計器は黒色とし、盤面塗装はこれとよく調和し螢光灯照明にもよい灰色または鼠系統のものを推奨している。

鉄板をサンドブラスト後、錆止め塗料を下地とし、ラッカーパテにより疵を直し、高級サーフエーサにより中間層を作り、上塗りに高級ラッカーエナメルを吹付けている。なお最後の仕上げをして更に上塗と同一工程を繰返している。

また裏面は上塗りを白色または銀色吹付としている。閉鎖型のパネルは内面を白くすることにより明るくなり、好評を博している。

配電盤は制御を司るものであり、優秀なる性能を必要とすることはもちろんあるが、美観も多分に考慮に入れねばならない。また保守員に作業上疲労を与える落書きを与えるものでなければならぬ。当社は塗料については、不断の研究と、設備の拡充を図つている。最近とくに優雅な気品のある製品が生れている。



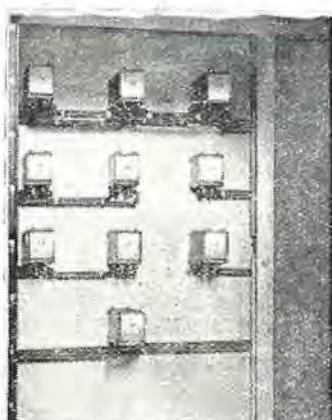
3 図 11kV, キューピクル 遮断容量 100 MVA
油入遮断器内蔵のもの (印度アコラ変電所向)

4. 裏面結線

電線は第4種 1.6φ ゴム線を使用するのを標準としているが、発変電所配電盤としては、難燃性ゴム絶縁電線を使用している。これは第4種絶縁電線の編組の上に、アスペストまたは難燃性混和物を塗布したもので、赤・青・黒の3種を使用している。

また最近、塩化ビニール線 (PVC) が登場し、耐燃・耐水・耐油・耐老化・耐薬品・耐電圧。および、耐摩耗性等優れた性能を有するばかりでなく、着色が容易で、鮮明な色を出すので、裏面配線は非常に美しく、盛んに採用される傾向にある。当社はその優秀な性能を認め、印度向その他に既に使用している。また内地向の発変電所配電盤にもこれを採用製作しつつある。PVC の難点は80°C 以上の温度になると軟化することと、絶縁抵抗がゴム線に比して低いことであるが安定性あり、使用上等不都合はないものである。

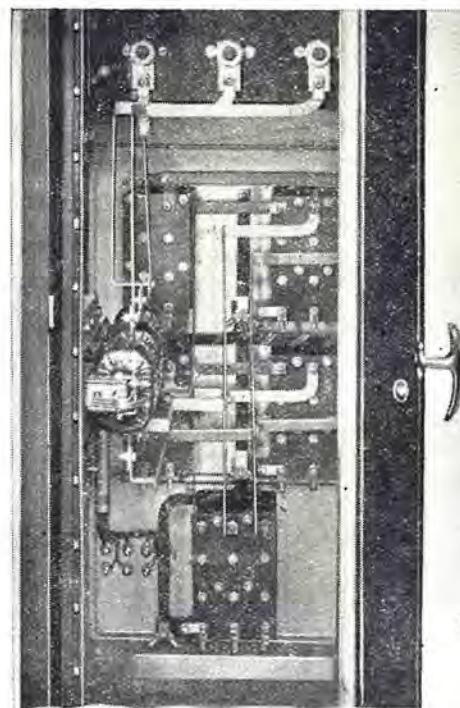
製造法の進歩により、最近のものは電線メーカ各社の製品が向上し、それに国産原料の性能も向上したので、50MΩ/km(20°C)位の製品もできるようになっている。PVC の性能を比較すると1表のとおりである。



4 図 ビニールワイヤを使用した裏面配線

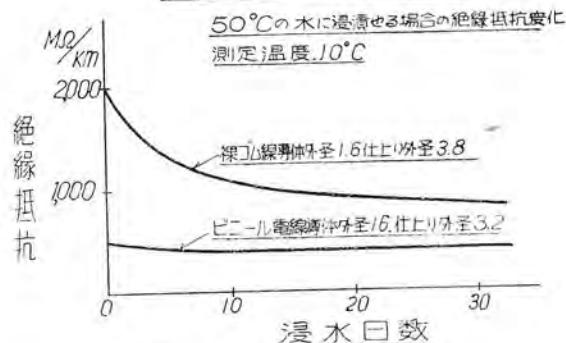
1表 ビニール電線の性能

項目	ゴム絶縁電線	ビニール電線	備考
耐燃性	延燃する	延焼しない	
耐油性	膨れる	膨れない	
耐薬品性	やや弱い	殆んど影響なし	
耐水性	かなりよい	非常によい	
耐老化性	自然老化を起す	老化しない	
着色性	不鮮明	鮮明	
外観	劣る	美麗	
絶縁耐力	20kV/mm	30kV/mm	
摩耗性	1	1/10	
使用温度	-50°C ~ 50°C	-20°C ~ 60°C	
外径及重量	大	小	



5 図 ビニールテープを使用した裏面配線(銅帶の場合)

塩化ビニール電線の耐水性



6 図 ビニールワイヤの耐水曲線

電線の回路別色分けは JEM 規定とおり、PT 回路は赤色・CT 回路は黒色・制御回路は青色とし、なお極性別のため電線端子部分に塩化ビニールキャップをはめて

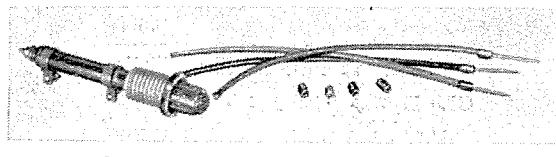
一目瞭然ならしめている。ゴム線の場合、終端を 5 mm ほど段むきとしてこのキャップをはめる時は、被覆を伝わつて流れる漏洩電流を防ぐことができる。

回路別電線色分け	相および極性 別端子色分け
電位変圧器 2 次回路 …… 赤	R 相 …… 赤
変流器 // …… 黒	S 相 …… 黄
制御回路 // …… 青	T 相 …… 青
	零相 …… 黑
	+ …… 赤
	- …… 青

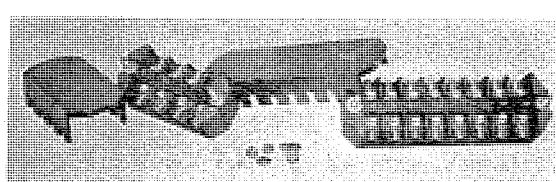
配電盤部分と外部より引込む制御ケーブルとの連絡は端子台でなされる。絶縁抵抗の高い良質のマイカルタモールドであり、8 点または 4 点を使用している。最近改良したものは端子部分に凹みを作り、電線の接続に便ならしめている。(8 図参照)

鉄板パネルの場合は、盤の両側にあるワイヤーポケットに電線を入れているが、計器または繼電器部分でその端子が近い時は、ワイヤーポケットに入れずに直接に渡して点検に便ならしめている。ワイヤーポケットより出る部分の支えに対しては、当社は溝に金属製のバンドを入れて電線を支えているが、PVC を使用する際にその絶縁被膜を破らぬよう、ビニールテープを数回巻付けた後に、バンドで締付けている。

PVC の国内規格がまだ決定しないので、アンダーライタおよび ASTM 規格によつているが、配電盤結線用としては 1.2 稲の厚さの絶縁被膜を持つものが適当と思われる。



7 図 信号灯とビニール絶縁キャップ



8 図 新型端子台とそのカバー (4 点または 8 点)

5. 配電盤用計器

配電盤指示計器は表面丸型、およびそれを埋込としたもののに他に角型を製作している。最近角型の需要多く近い将来全部これになるものと思われる。

角型は構造および特性は JEC-119(1949) または JIS-C 1102(1950) により、寸法は JIS-C 1103(1950), KS-2a 型規格に準拠するもので、盤の表に出る部分は 140 mm 角、30 mm 高さの半埋込式のものである。

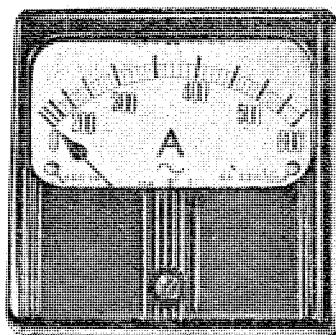
胴は円型で後部に出張つていて、目盛は監視机等より容

三菱配電盤の現況・五十嵐

易に読み取りできるよう長くし、外観に対しては十分な意匠的考慮を払つてある。

一般に角型計器は盤面とよく調和し、統一ある構成美が得られかつ占有面積が少なくてすむのが、有利な点である。当社の角型計器の特長を列挙すれば下記のとおりである。

- ア. 可動部を改良し、回路の故障による電圧の上昇または短絡等の苛酷な衝撃に耐えるよう過負荷特性を増大している。
- イ. 目盛を比較的長くしかつ書き方に注意してあるのでかなりの距離からも読み取りやすい。
- ウ. 丸型に比較し盤面の占有面積が小である。幅 500 mm の盤面に横一列に 3 個、幅 600 mm に 4 個を並べられる。
- エ. 各計器共全部同一カバーを用いているので均整美がある。
- オ. 外観が優美であり、目盛は等分目盛である。

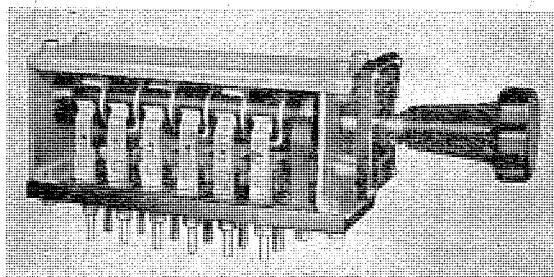


9 図 角半埋込型交流電流計 (KSS-2 型)

6. 操作開閉器および取付部品

操作開閉器はすべて捻回型とし、10 図写真に見る如くモールド製ベースの上にフィンガを並べ、ロータは単位体のものを組合せて作る。接点は単位体のキー溝を、角度を変えることによつていろいろと変更できるもので、両側面にはペークライトの引抜できるカバーを付して、点検に便ならしめている。

把手の形状は、取付ける配電盤の形状、および、操作目的等により相違せしめ、ピストル型・角型・小判型・菊型、および菊小型等の種類がある。また色彩によつて電圧区別をなして誤動作を防いでいる。最近尿素系その他プラスチックスモールド製法が発達し、鮮明な色を出



10 図 制御開閉器 (W 型 角型ダイヤル付)

すので色別は容易である。表面ダイヤルは丸型の他に角型も採用している。

信号灯電球は18V, 0.11Aのものを使用し、直列抵抗を入れ、制御電圧より降りて使用している。当社は故障を明確にするため継電器の多い発電用に対しても、継電器内部に故障表示器を取付ける以外に、照明型集合表示器を設けている。なお遮断器が故障によって開路した際には、警報と共に信号灯を点滅させて注意を与える。

7. 最近の傾向

配電盤はその用途・据付場所・制御する回路・機器等によつて形状を異にし、直立型・両面直立型・机型・分離機型・キューピクル・トラック・メタルクラッド、および監視机等に分類される。

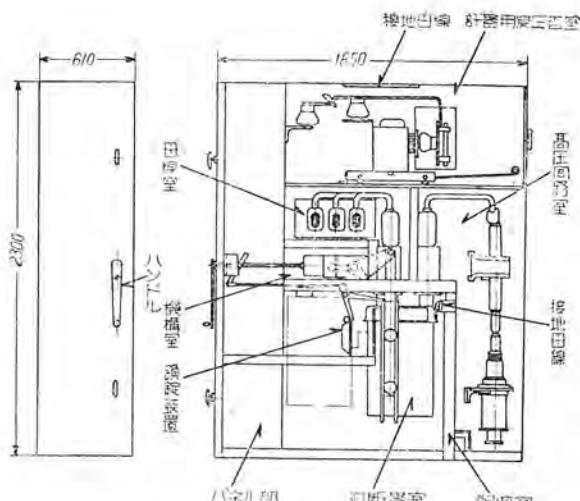
普通高圧以下で小容量のものは、直立型とし裏面に配電器具類を取付けるが、大容量のもの、および特別高圧のものは、遠方操作式となり、机型または監視机が多く採用される。

最近の傾向としては、建家と関連し総合効果を上げるために、大容量・特高回路のものでもコンパートを廻し、キューピクルまたはメタルクラッドとし、電磁操作か圧縮空気操作として、その場または遠方より操作する傾向にある。キューピクルは安全と防塵の上から、鉄板で被われたもので、内部はアスベストで母線室を作る場合もあるが、大抵のものは鉄板の囲いだけである。

メタルクラッドはこれと相違し、母線室・遮断器室・機構室・高圧回路室・配線室・計器用変圧器室、およびパネル部等より成り、各部がそれぞれに鉄板で覆われ完全に接地され、感電の憂をなくしたものである。また遮断器を出し入れする際は断路器部分で開閉路せぬよう、厳重な鎖錠装置を設けている。ハウジングとトラックの2つの部分に別れており、この点トラック型とよく似ているが、パネル部がハウジングの方に着いている。当社はレーロール型のメタルクラッドを早くより市場に出し

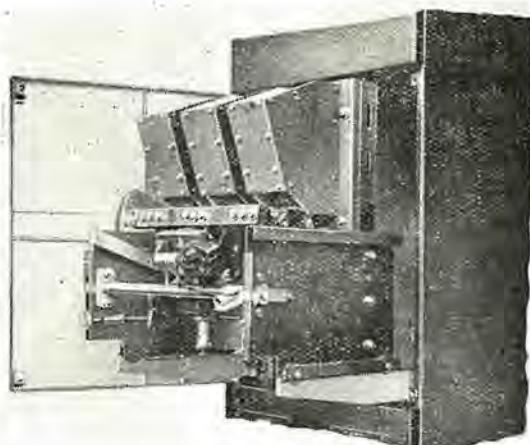


11 図 最近のメタルクラッド（鋼板製）
遮断容量 100 MVA OCB 内蔵のもの



12 図 F-100 型メタルクラッド内部構造図

6,900V 1,200A 遮断容量 100MVA



13 図 低圧氣中遮断器（引出型）

CL-D ディオングリット付手動投入
600V 400A 3極 遮断電流 30,000A

好評を拍しているが、最近鉄板製の垂直引出型のメタルクラッドも開発し製作中である。（12 図参照）

遮断器は油入型の他、最近は氣中遮断を使用し、両者共に 34.5kV、遮断容量 150万kVA のものを製作するよう計画中である。屋内に設置するものは油入型から氣中型に移行すべきものと思う。

従来の開放型配電盤は盤の後に枠組を作り、これにベース、ベースの配電器具類を取付けていたのであるが、現場においてこれ等部品を纏めるには時間を要し、かつ誤りも多いので、工場で試験されたもの、そのままを使用できるメタルクラッド型が、今後盛んに採用されるものと思う。600V 以下の低圧メタルクラッドは氣中遮断器を採用するが、最近のものは引出型となり、点検に便となつていて、600V, 400A 遮断電流 30,000A 程度のものは、高さ 2,300 mm の盤に 3段重ねに取付け据付面積が非常に縮少される。（13 図参照）

ジーゼル発電機の自動起動装置

神戸所製作 五十嵐信一

1. 緒言

停電はあらゆる産業に深刻な打撃を与える。もしそれが中枢ビル街であるとき、単にそのビル街の事務能率を低下させるばかりでなく、それに関連する企業を麻痺状態に落し入らしめる。また放送・新聞等の報道機関を停止するときは会社不安をかもし、都会人を原始時代の生活にたち帰らしめる。電気の恩恵に浴するものはその反動を省察せねばならぬことは戦後の頻々たる停電に苦い経験を持つわれわれの肝に銘じている処である。

この見地より停電時に備え、非常電源設備として占有容積が少なく、起動の早いジーゼル発電機を持つことは

大いに強味であり、最近さかんに採用されるゆえんでもある。最近のものは停電時間を極力短縮するうえから自動起動装置を付して、停電時に自動的に起動し発電するようしている。以下これにつき記述することとする。

2. 起動の種類

ジーゼルエンジンは起動の際に自力で起動することができないので、発火して運転に入るまでは回転力を他より与えねばならない。この装置としては大別してつぎの2つの方法がある。

- (1) 始動電動機による方法
- (2) 圧縮空気による方法

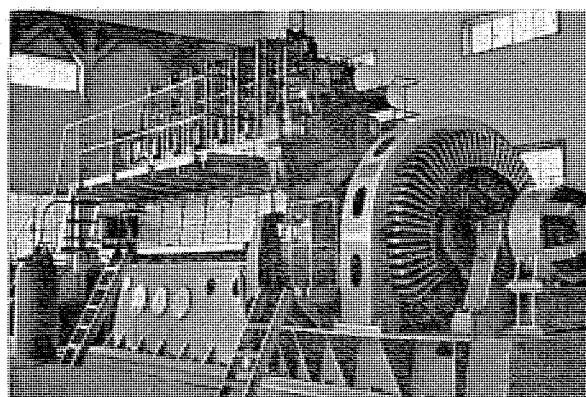
(1) は起動する際に起動電動機(Cell motor)によつて緩く回転後に発火して自力回転するもので電動機は350 HP以下の蓄電池のある場合に限られ、その容量は機関の馬力、回転等により多少相違するが、大体は下表のようなものである。

ジーゼル発電機	起動電動機	蓄電池
75HP - 50kW	6HP 18.5V 1,700 rpm	24V 144AH以上
150HP - 100kW	15HP 18.5V 1,700 rpm	24V 288AH
350HP - 300kW	30HP 80V 1,700 rpm	96V 180AH

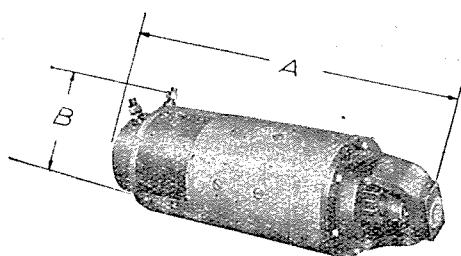
(2) は圧縮空気によつて始動するもので、受電電源のある間に起動圧縮空気を作り、これをタンクに蓄積して置き、停電時にはこれにより機関を回転し、ピストン内の空気が圧縮され高溫となることにより自力発火し、同時に燃料も入り回転を続けるもので、発火後正規回転近くで起動空気を止める。

3. 始動電動機

別表のとおり 6HP, 15HP, 30HP の 3種を製作している。定格はいずれも 1 分定格で、密閉自己通風型、外枠は軟鋼板を円筒形に形成し溶接し、これに 6 個の磁極をねじ付として、磁束の通路となしかねて機の外殻となし、機関に固定せしめるものである。この電動機は 3 図に示す電磁開閉器によつて簡単に起動できるもので、界磁巻線を 2 本並列として 4 図に示すように結線する。すなわちまず 6 極のうち N 極 3 極を励磁するが、小歯車の激突を避くるため N 極 3 個のうち各 1 個に通電し起動



1図 ジーゼル発電機
500kVA. 3,000V 3φ 50/60~300/360rpm



2図 起動電動機 "MB型"

寸法及重量 HP	A (mm)	B (mm)	重量 (kg)
30	717.5	280φ	125
15	517	178φ	49
6	423	150φ	30



3 図-(A) 起動用電磁開閉器



3 図-(B) 起動用電磁開閉器(カバーを外したもの)

回転力を制限し、小歯車の円滑前進を待ち、しかる後全巻線に通電して全力運転をなすもので、摩擦運動板、クッションプレート等を有している。なお起動抵抗を省略しているため起動が簡単である。

動作順序を説明すると下のとおりである(4 図参照)

- (1) まず押釦 PB を押すと電磁開閉器の X コイルが励磁され、A 接触器の主接点を閉じる。
- (2) しかるべきは (+) — 30—30A—30A—界磁—ブラシ (+) — 電機子—ブラシ (-) — 電池 (-) の回路が成立し、電動機は緩く回転する。
- (3) 同時に電池 (+) — 30—A 開閉器—B 開閉器の Y コイルが励磁される。
- (4) (2)により小歯車は右方に前進し、ウォーム軸を右方に押し進み、小歯車は大歯車と噛みあい全力運転をなす準備完了する。
- (5) (3)により A, B 両接触器は接着せんとするも磁力少にして、発条力に抗せられまだ接着せず。
- (6) (2)により小歯車前進するため、電動機内部の接触器 116 と 117 が接触、B 接触器 Y Z コイルの合力により、B 接触器の主接触子接、電動機は全力運転をなすに至る。

電磁開閉器は A, B 2 個の接触器を内蔵し、それぞれ主接触子の外に炭素ブラシの補助接触子を持つており、主接触より先に接触し後より切れる構造のため、主接点を電弧による焼損を防止している。

始動電流は最初緩く回る場合は定格電流の約 10 %であり、歯車の噛み合つたときに瞬時約 2.5 倍の電流しか流れないので、電池の容量はこのために特別に容量を増すことは要しないものである。

4. 圧縮空気装置

誘導電動機・直流電動機または小型ジーゼル機関によつて圧縮空気ポンプを運転し、つねに規定の圧力を保つため空気槽を設置し蓄積している。圧力は空気槽に取付けた圧力继電器により自動制御をなすもので、絶えず 25 kg 以上あるように、上昇して 30 kg になると電動機を停止し、25 kg になると電動機を起動せしめるよう電磁接触器の開閉を行う。電動機の容量大となるとアンローダーを付して起動電流を減らしている。(9 図参照)

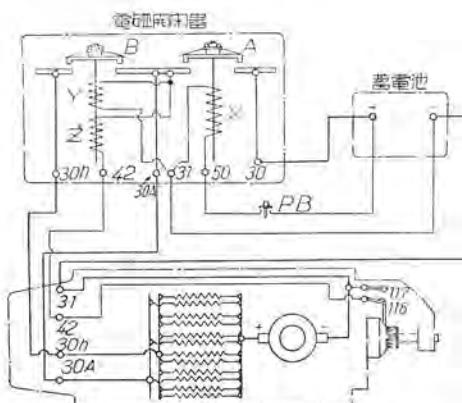
圧縮空気発生用電動機の容量は機関の馬力・回転数・圧油槽の容量。単位方式か集中方式か等により相違するが、大体の目安は 100kVA 程度で 3HP, 300kVA で 8HP, 500kVA で 10HP—15HP 程度である。普通 3 相誘導電動機が多く採用され、大容量の蓄電池のある場合は直流電動機とすることもある。また電動機のほかに小型のジーゼル機関を予備として直結し万全を期す場合もある。

5. 配電盤

配電盤の形状は据付場所その他顧客の要求により、いろいろと変るものであり、寸法は発電機容量・励磁機容量・回転数等によつて自動電圧調整器が相違する上に、起動方式によつても変更あるものであるが、大体の大きさは下記のとおりである。

容量 (kVA)	幅 (mm)	高さ (mm)	奥行 (mm)	自動電圧 調整器
100 程度	800	2303	2000	SR 型
500 ノ	3×600	2300	4500 2000(電磁) 操作	AE 型

5 図は 80kVA ジーゼル発電機のもので励磁機は 5kW 起動電動機は 15HP、自動電圧調整器は SR 型を使用した直立開放型配電盤である。遮断器は気中または油入電磁操作のものである。SR 型自動電圧調整器は直接操作式抵抗器型で、従来の型に比べて動作原理が簡単で、構造が簡単丈夫となり、振動の伝わる狭い場所に使用し

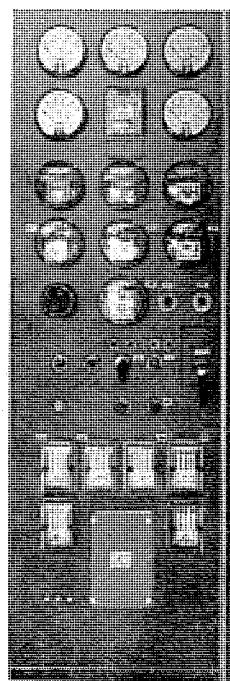


4 図 起動電動機および電磁開閉器結線図

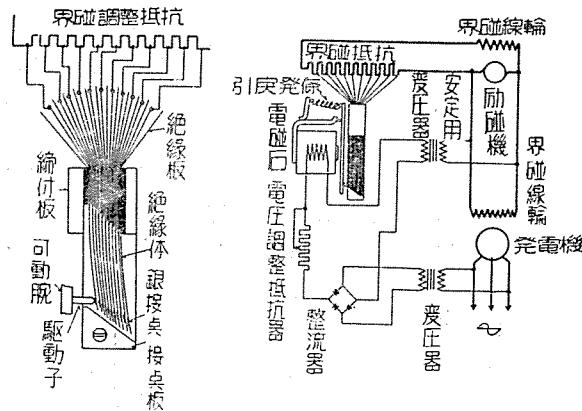
てもその特長を發揮することができ、しかも実用上十分な感度を有するものである。その結線と振動部の構造は6図に示すようなもので、接点の開放短絡に際して火花を発生し、それにより接触面を損傷する虞もなく、しかも常にワイヤを行つてるので、接点の寿命がほとんど永久的である。(詳細は当社SR型電圧調整器の項参照)

7図は120 kVA ジーゼル発電機、圧縮空氣起動法によるもの盤はキューピクルとしたものである。AE型電圧調整器を使用している。この調整器はもつとも広く使用されているものである故説明は省略する。(当社AE型の項参照)。計器・繼電器・自動起動用繼電器のほか発電機界磁調整器もキューピクル内に納めてあるので据置付が簡単である。

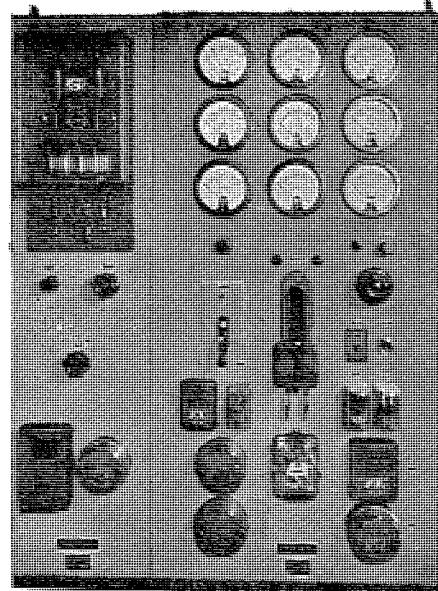
自動電圧調整器は前後者ともに起動時の回転数が低いときには励磁機の端子電圧も低いので、したがつて接点は電圧を上昇させるよう界磁調整器の抵抗を一部短絡状態にあるため、最初から調整器を入れておく方が電圧上昇が早く有利である。AE型整調器の場合、短絡保護装



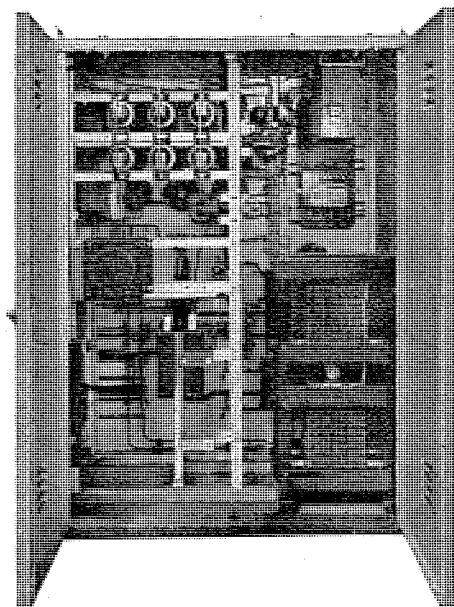
5図 起動電動機方式の配電盤(開放直立型)



6図 SR型自動電圧調整器結線図



7図一(A) 圧縮空氣起動方式の配電盤(キューピクル型)

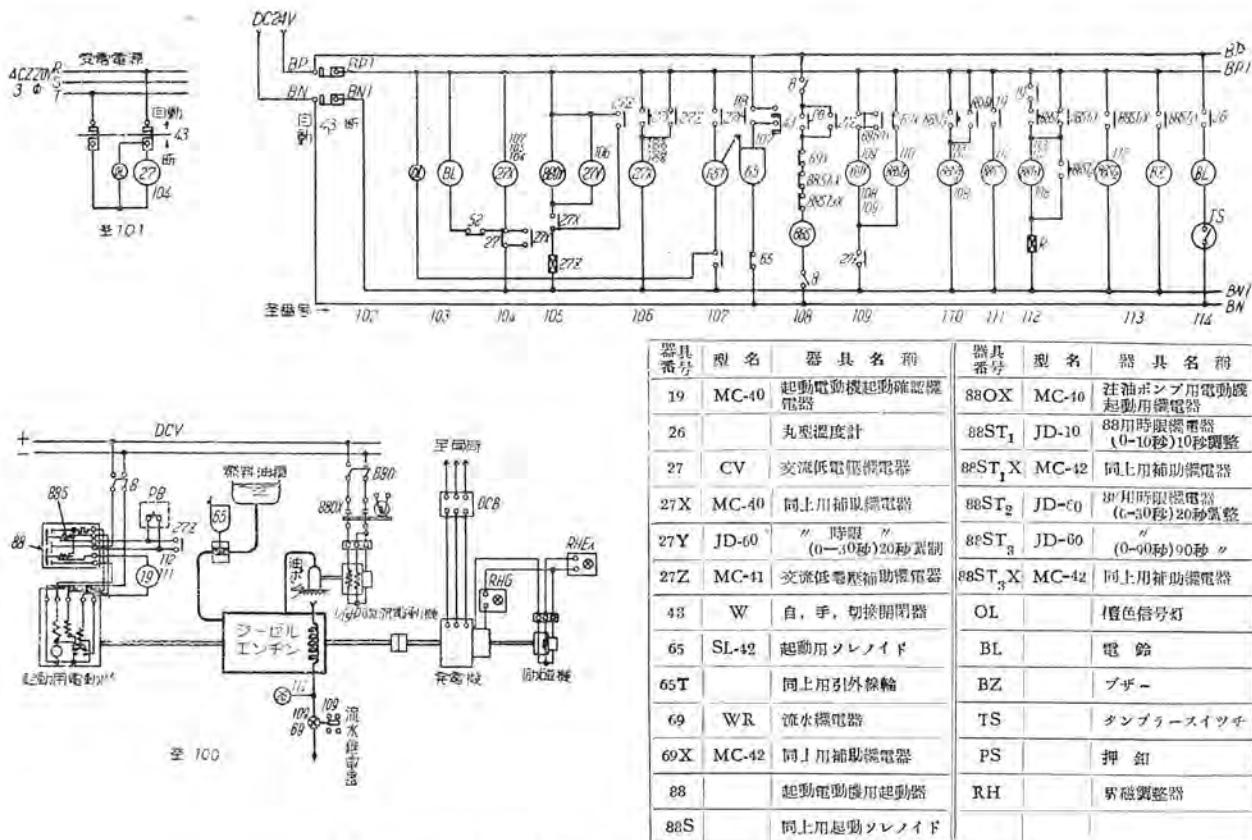


7図一(B) 裏面より見たもの
置の SP 型直流電圧繼電器がこの役目を果している。

6. 自動起動装置の説明

起動電動機による法: 一動作順序は下のとおりになる。ジーケンスダイヤグラム 8図参照。

- (1) 自動切換スイッチ #43 を自動側に入れる(径 101) 信号灯 LO が灯り、自動切換準備待勢を標示する。
- (2) 受電電源が停電すると電圧リレー #27 が落ち 橙色信号灯も消える。
- (3) #27 の落下によりその補助リレー #27 Xが 勾勢され、電鈴 BL が鳴る。OCB 投入まで鳴り続く(径 103)
- (4) 注油ポンプ用電動機の接触器 #880X閉路、油ポンプ運転す。同時に限時リレー #27 Y動作、20秒



8 図 シーケンスダイヤグラム (起動電動機によるもの)

後に接点を閉じる。 (径 105)

(5) #27Y によりその補助リレー #27Z 動作し自己保持をするので、これ以後は電源回復しても動作を継続する。 #27Z により #80X 開路し油ポンプが停止する。 (径 106)

(6) #27X 動作により #65 起動用ソレノイドのクラッチを #65T により外し燃料を注油する。 (径 107)

(7) #27Z 動作により #88S 起動用電動機の回路が形成されて運転する。 (径 108)

(8) 機関が運転し冷却水が排出管出口に達すると #69 の流水リレーにより、補助リレー #69X が付勢される。これにより起動電動機が停止する。 (径 108, 109)

(9) 起動開始後 90 秒になつても冷却水が出ないときには #88ST3 の限時リレーが付勢される。その補助リレー #88ST3X が動作自己保持する。 (径 109, 110)

(10) 起動電動機運転すると起動確認リレー #19 が付勢される。それにより限時リレー #88ST1 が付勢され 0-10 秒後に接点を閉じる。 (径 100, 111)

(11) #88ST1 の動作によりその補助リレー #88ST, X が付勢され自己保持する。それにより起動電動機運転を停止する。 (径 108, 112)

(12) 時限繼電器 #88ST2 が付勢せられ 0-20 秒後に接点を閉じる。これにより #88ST1X の付勢を

解き起動電動機が再び運転する。 (径 113)

(13) #88ST3X の閉接点により (#69 流水繼電器不動作の時) ブザー BZ が鳴る。

(1) ジーゼル起動後停電復旧したる場合は一応 #43 を断て戻してこの装置の運転を停止する。 (径 101)

(15) 起動用押鉗 #PB-65 により注油を停止する。 (径 107)

(16) 冷却水の温度上昇の際は #26 動作警報が鳴る (径 114)

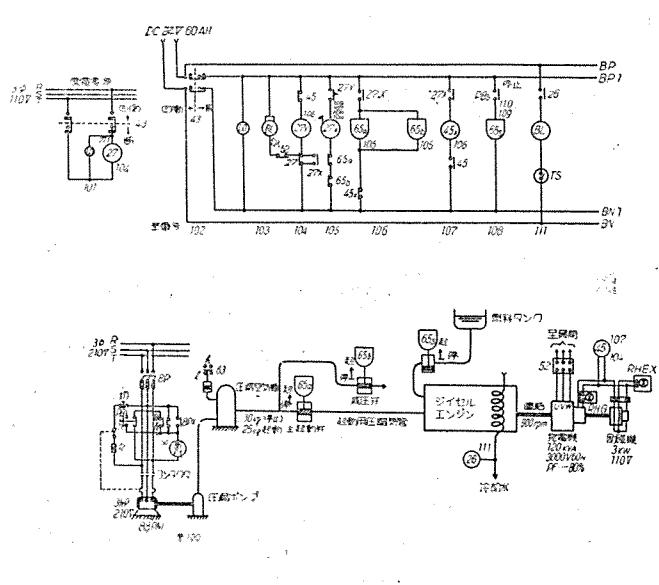
この装置は停電後 20 秒 (調整可能) を経て停電確認後緩起動を行い、10 秒を経ても電動機起動せぬときは一旦停止し、さらに 20 秒の時間をおいてもう一度始動を開始するもので、停電後 3 回緩起動を行い 90 秒以内に発火運転せぬときは以後起動動作を繰返さぬようになっている。

圧縮空気による法：—動作順序は下のとおりになる。
シーケンスダイヤグラム(9 図参照 120kVA の場合の一例)

(1) 受電電源が健全である間に圧縮空気発生用電動機 #88PM を運転し、#63 圧力維持器により空気槽の圧力がつねに 25kg/Cm² 以上あり 30kg 以下になると自動調整をなして貯えておく。 (径 109)

(2) 自動切換 #43 を自動側に入れると橙色信号灯が点り、自動切換の準備待勢にあるを示す。 (径 101, 102)

(3) 受電電源停電すると電圧リレー #27 が落ち橙



番号	型名	器具名
26		丸型温度計 (0~100°C)
27	SV	交直不足電圧遮器 (AC110V 50V調整)
27X	MC-L-60	同上 電動 (DC24V)
27Y	JD	時間延滞器 (0~30秒 10秒調整)
43	W	自動切換スイッチ (4PST)
45	SV	直接起動遮器 (DC110V 65Vセット)
63		圧力離電器 (25kg~30kg 調整)
65a	SD	起動用ソレノイド (DC24V操作)
65b	#	同上 減圧弁用 (#)
65s	SL	停止 ソレノイド (#)
45X	MC-42	補助遮器 (#)
8P		双形開閉器 (250V 30A)
88PX		電磁接触器 (3A 210V)
88PM		压缩空氣用電動機 (3HP 210V)
PB		同上用 押鉤
LO		橙色信号灯
BL		電錶
PBs		押鉤 (運転停止用)
TS		タンブラー式スイッチ
RHxx		昇速調整器 (最高使用)
RHQ		同 上 (定速用)

9 図 シーケンスダイヤグラム (圧縮空気起動のもの)

- 色信号灯 *O* が消える。 (径 101)
- (4) 同時に電鈴 *BL* が鳴り、起動完了し発電機電圧が出て油入遮断器 #52 の投入まで鳴り続く。 (径 103)
- (5) 時限リレー #27Y が働き、停電確認のため 0~10 秒後に接点を閉じる。(0~20秒まで調整可能) (径 104)
- (6) 補助リレー #27X 動作自己鎖錠する。本リレー動作後は停電が回復しても動作を続行する。 (径 105)
- (7) 上記により起動ソレノイド #65a と減圧ソレノイド #65b が動作し、それぞれ弁を引上げ圧縮空気を通すことにより、機関を起動する。 (径 106)
- (8) 励磁機の端子電圧約 65V となれば直流電圧リレー #45 動作し、その補助リレー #45X を動作せしめ

る。停電確認後 10~15 秒で発電できるものである。 (径 107)

- (9) 停電回復後手動にて #27X のクラッチを引外すことにより #27X は元に復し、#65a, #65b ソレノイドを落し圧縮空気を止める。 (径 107)
- (10) なお機関を配電盤室から手動で停止せしめたいときには押鉤 *PBs* を押すことにより、停止ソレノイド #65s を引上げて燃料を断ち機関を停止する。 (径 108)

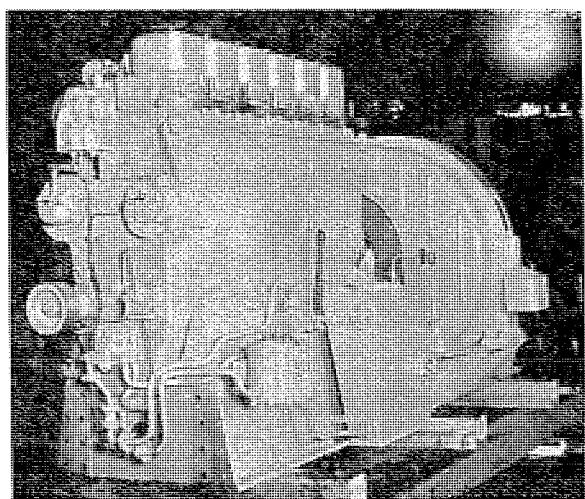
(11) 冷却水の温度上昇の際は #26 温度リレー動作し警報を鳴らす。

以上の説明はもつとも簡単な起動方法の一例であり、起動後はジーゼルは自力で燃料を補給し運転を続けるものである。これは遮断器を手動で投入しているが、発電機が 2 台以上ある際には自動同期器を使用して、自動的に並列に入り運転を続けるものである。

また受電電源が回復し機関を停止する際、燃料切換弁により燃料を重油から軽油に切換え機関を掃除して後に停止するようにもできる。これらについては稿をあらためて発表することとする。10 図は NHK に納入の 120 kVA 自動起動装置付の発電機である。

7. 結 言

以上の説明により自動起動の概要を知つて戴ければ幸甚である。非常電源設備の必要なことは申すまでもなくことに炭坑等は長時間の停電により再起不能となる場合があり、また海岸辺りの火力発電所・工場等は毎年よせ来る台風の備えとしても必要なもので、1 台の設備によつて浸水を免がれた例もあり、たとえ被害を蒙り受電を絶たれ、孤立の状態にあるとしてもその復旧時間を著しく短縮できるものである。以上のほか新設のビルシングあるいは報導機関に今後ますますジーゼル発電機が非常電源設備として需要が多いことと思われる。



10 図 圧縮空気起動式ジーゼル発電機
120kVA 3,300V 3φ 60~900r/m
NHK 松江 鹿児島放送局納入のもの

配用変圧器

(3 kVA~200kVA 3,300V~6,600V 單相 3相 RA型)

伊丹製作所 田宮利彦

ここ十数年一步も旧式を脱しなかつた配電用変圧器も膨大な設置容量と、米国におけるこの方面的驚異的発達が明らかにされたことにより、その改良と適正使用とは大きな注目を浴びるに至つた。

当社では、つとに、これの改良につとめ、その優秀な特性と斬新な構造を誇る高級変圧器を製作、斯界に一新紀元を画したものとしていさか自負を感じる次第である。

- 以下簡単にその主な特長を説明すると(1, 2図参照)
- 優秀な研究設備と技術によつて優良な材料を精選して製作しているから、能率はよく各種の性能が卓越している。
 - 外箱は全容量品共最小3.2mmの鋼板で製作してい



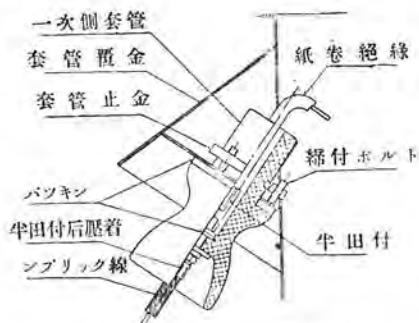
1図 單相 7.5 kVA 配電用変圧器



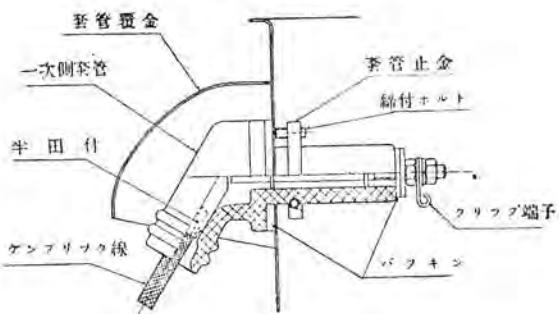
2図 3相 10 kVA 配電用変圧器

るから、鋳物製にくらべ約20~30%全重量が軽減され、輸送・取扱い・柱取付けなどが便利であり、これに必要な経費を節約できることと共に、機械的にも強靭である。

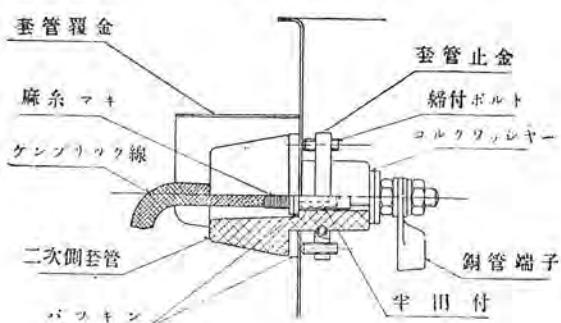
iii. スタッド式套管(3図a b c)を採用しているから従来のコンパウンド式套管のようにコンパウンドの溶解劣化による油の汚損、または、漏油のおそれ、および、口出線被膜を通しての毛管現象による油洩れや、外気の呼吸がない。



3図-a 1次側套管(大型および6,600V用)



3図-b 1次側套管(小型および3,300V用)



3図-c 2次側套管

iv. 線輪は高低圧共良質の紙巻絶縁電線を使用し、特殊絶縁ワニスで処理した上わが国柱上変圧器界では画期的と言える真空乾燥ならびに真空注油 (Vacuum O.I Treatment) の工程を採用しているから耐雷性に非常に優れている。したがつて各容量品共A級衝撃電圧試験(45,000V以上)に十分耐えるようになつている。

v. 鋼板使用による外箱構造の単純化と、スタッド式套管の採用、さらにパッキンとして耐油性特殊人造ゴムより作つたコルクネオブレンの使用とにより、外箱は油密はもちろん、完全な気密構造となつている。故に運搬・使用時の油洩れがない上に、湿気の浸入などに

よる内部絶縁油、線輪の劣化を防止することができて高度の絶縁耐力を長く保持できる。これは過負荷耐量を大きくした設計と相俟つて、保守費を少くし寿命を長くしている。

vi. 単相用は3線式配電に使用できるように交叉結線 (Inter-leave Winding) としている。

vii. 線輪は短絡時にも不平衡力が作用せぬように合理的に設計せられ、かつ十分なコイル支持装置が施してあるから、線路の短絡に対して丈夫であり定格電流の25倍の短絡電流2秒間の試験に十分耐えるようになつている。

51-24

計 器 用 變 成 器

伊丹製作所 田 宮 利 彦

1. 計器用変圧器

当社で製作している高圧線路用の計器用変圧器には、普通の巻線構造の油入タンク型 (TH型)、および、縦続接続による碍子型 (PV型) の2種がある。碍子型は、絶縁特性を良好ならしめるとともに、タンク型に比べて重量・油量を著しく節減するために、変圧器中身を碍

1表 タンク型

型 名			1次電圧(V)
单 相	3 相	3相接地用	
TH-0			6,600
TH-1	TH-12		11,000
TH-2	TH-22		22,000
TH-3	TH-32	TH-33	33,000
TH-4	TH-42	TH-43	44,000
TH-6	TH-62	TH-63	66,000
TH-7	TH-72	TH-73	77,000

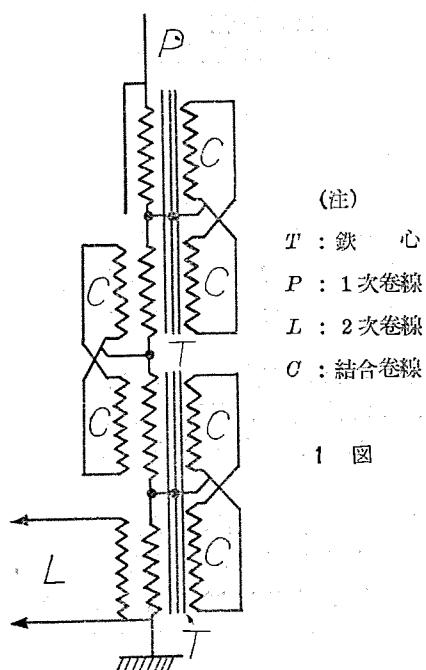
(注) 単相用は3脚鉄心の中央脚に巻線を施している。3相用は通常V結線を用いるので3脚鉄心の両外脚にそれぞれの巻線を施している。

3相接地用は1次・2次とも中性点接地星形結線であり、3次巻線はオーブンデルタに結線し、接地による中性点の移動を敏感に指示するよう、零相インピーダンスの少い5脚鉄心の中央3脚に巻線を施している。

管内に納めたものである。

当社で標準としているタンク型、および、碍子型計器用変圧器の定格電圧、型名は1表、および、2表のとおりである。

碍子型は1図のよう、高圧巻線を数段に分け、これを縦続接続にしたものであり、同図は、100kV Line用の4段縦続のものである。このように接続すれば、上段





2 図 日発大井川発電所納入
PV-14 型 P.T. 1 次電圧 $14,000/\sqrt{3}$ V

2 表 碍子型

型 名	1 次電圧(V)
PV-3 PV-3N	$33,000/\sqrt{3}$
PV-6 PV-6N	$66,000/\sqrt{3}$
PV-7 PV-7N	$77,000/\sqrt{3}$
PV-10 PV-10N	$110,000/\sqrt{3}$
PV-14 PV-14N	$154,000/\sqrt{3}$

(注) PV はライン用
PV-N は中性点用を示す。

3 表

	タシク型		碍子型
	単相 (TH-7) 2台	3相 (TH-72) 1台	PV-7 3台
重量(油なし)	125%	118%	100%
油量	390%	384%	100%

(注) 上表中单相はV結線で2台, 3相はV結線のもの1台, 碍子型は中性点接地人結線で3台必要となるからこれを単位として比較したものである。

の鉄心は高圧側の $3/4$ の電位, 下段の鉄心は $1/4$ の電位に保持され, 各鉄心巻線間の絶縁は高圧側電圧の $1/4$ となり, 絶縁寸法は著しく縮減されるのである。しかもその特性は良好であり, JEC-118 に規定された1.0 級(定格において比誤差 $\pm 1.0\%$ 以内, 位相角誤差

± 40 分以内) 程度である。

碍子型の特長としては, 絶縁特性, とくに衝撃電圧に対して著しい強度を有するとともに, 外部の碍管は油槽, および套管の役目を兼ね, 油漏・湿気の浸入を完全に防ぎ, しかも容積・重量。油量が少ないために, 組立輸送が可能で現場据付が簡単であるなどの利点があるが, 一方には, 1次側巻線の一端が接地されているので, 3相回路には中性点接地星形接続をとるため3台必要となつてくるのである。2図は最近当社で製作した碍子型計器用変圧器の外観である。

なお, 一例として 70 kV 級の計器用変圧器につき, タンク型と碍子型を比較すれば3表のとおりである。

碍子型計器用変圧器には, 2表のようにライン(Line)用と中性点(Neutral)用の2種があり, ライン用は送電線の故障により一線接地のときには全線路電圧が印加されるのであり, その構造も線路電圧に耐えるよう鉄心の磁束密度を低くとつてあるが, 中性点用は送電線が平衡状態のときには電圧が印加されず, 一線接地の場合に線路電圧の $1/\sqrt{3}$ が印加されるのであるから, 鉄心の磁束密度も比較的高く, 鉄心の容積を小さくすることができるるのである。

参考までに, 終戦後より現在まで当社で製作した碍子型計器用変圧器の台数は次のとおりである。

70 kV 級	26台
110 kV 級	27台
140 kV 級	41台

以上は終戦後, 主として日本発送電株式会社の各発電所に納入したものである。

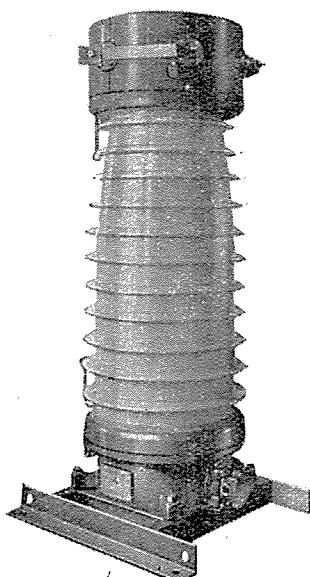
また 22 kV 以下の油入型は主としてタンク型 (TH型) を採用しており, とくに碍子型にするも経済的とならない。その標準は 1 表のとおりである。

4 表

	タンク型	碍子型
型 名	TS-5	PC-7
重量(油なし)	115%	100%
油量	280%	100%
高さ	195%	100%

2. 計器用変流器

計器用変流器には, タンク型(TS型), および, 碍子型(PC型)の2種があるが, これは外部構造が異なるだけで, 内部は同一構造のものであり, 特性や定格には何等異なるところはない。碍子型には, 前項で述べたと同じような著しい特長があり, 当社では 30 kV 級以上にはすべて碍子型を標準としている。



3 図 日発安野発電所納入
PC-10型 C.T. 1次電圧 115 kV 電流 75—150/5 A

なお、タンク型と碍子型の比較の一例として、70kV級の変流器について比較すれば4表のようになる。

変流器中身は通常内鉄型構造を用い、鉄心の主部分に2次線輪、および、1次線輪を巻き、ヨーク部分に補償巻線が巻かれている。変流器はその変流比が常に一定であることが理想であるが、1次電流の一部が励磁電流として消費されるために、1次2次間の変流比、および、位相関係に誤差を生ずることは免がれ得ない。当社においては、この励磁電流の影響をできるだけ少くし、かつ1次2次間の絶縁距離の増大によつて生ずる漏洩磁束を減少させるために、2次巻線にバックターンを施すとともに、独特の方法による補償線輪を用いて、変流比誤差、および、位相角誤差を低減させており、定格1次電流の50%においてこの誤差が零になるように完全に調整している。3図の写真は最近当社で製作した碍子型変流器である。

なお、参考として、終戦後より現在までの間に当社で製作した碍子型変流器の台数は次のとおりである。

30kV級 140台（この中、半数近くはインド向輸出品として納入）

60kV級 38台

70kV級 61台

100kV級 8台

140kV級 12台

250kV級 15台

このほか、碍子型遮断器（V.C.B型）の下部碍管内に納める60kV 70kV 100kV 140kV 250kV級変流器も多数製作している。中身は全く単独型と同一品で J E C-118 の 1.0 級以上の良好な特性を有している。

3. 電圧電流変成器

高圧回路の電力測定には計器用変圧器と計器用変流器

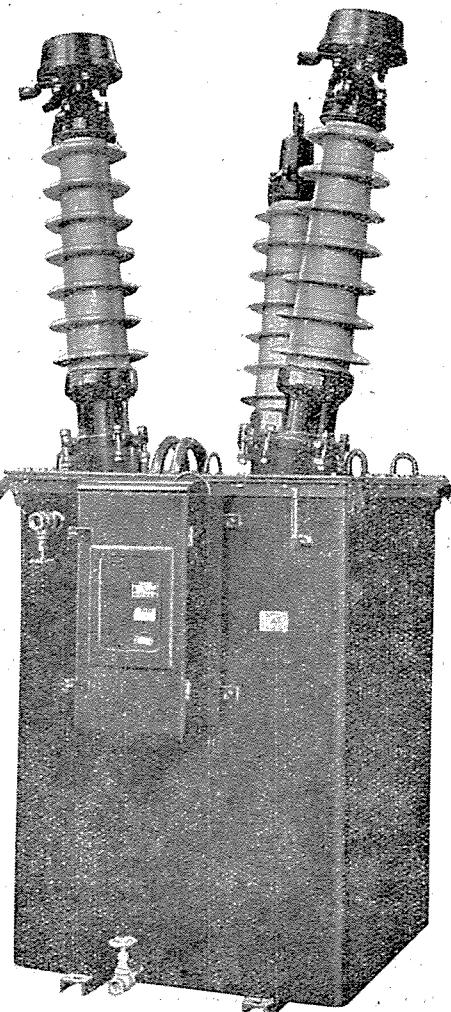
計器用変成器・田宮

を必要とするが、当社では上記のタンク型の両者を組合せた電圧電流変成器（Metering Out fit）をも製作している。通常3相積算電力計用として3相の計器用変圧器1個と、変流器2個を同一タンク内に納めたもので、このようにすることによつて床面積、および、套管の本数を著しく節減できるのである。

4図は積算電力計を取り付けた電圧電流変成器の外観であり、当社で製作している油入型電圧電流変成器の型名、および、電圧は5表通りである。

5 表

型 名	定格1次電圧(V)	定格2次電圧(V)	定格2次電流(A)	定 格 負 担	
				変圧器(VA)	変流器(VA)
HS-1	11,000	110	5	2×200	2×40
HS-2	22,000	110	5	2×200	2×40
HS-3	33,000	110	5	2×200	2×40
HS-4	44,000	110	5	2×200	2×40
HS-6	66,000	110	5	2×200	2×40
HS-7	77,000	110	5	2×200	2×40



4 図 HS-6型 電圧電流変成器
(積算電力計取付け)

最近の電力用避雷器

本文は現在製作されている各種避雷器について簡単な紹介を試み、避雷器性能の一例として 60 kV、および 100 kV 級オートバルブ避雷器について実施した衝撃電圧特性、および続流遮断試験結果を報告し、更に避雷器の現場における必要な保守と動作検知の問題に関する簡単な説明を加えた。

伊丹製作所 大木正路

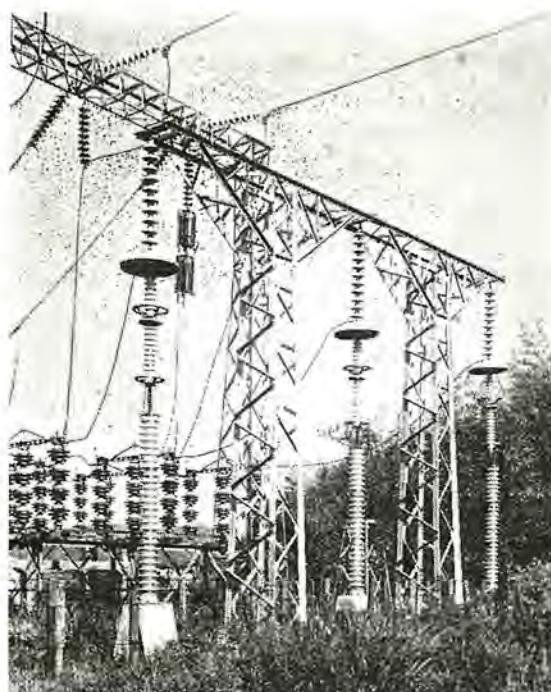
1. 緒言

電気回路に対する避雷技術の重要性についてはここに改めて述べるまでもないことであるが、一方系統運営上避雷施設が比較的補助的機器の立場に置かれ、また試験設備・測定装置の不備あるいは経済的事情のため、本邦の現状としては避雷施設の性能・適用・運営等が必ずしも適正であるとは云い難い。アメリカ等における近年の避雷技術の進歩は目ざましく、既に避雷方針の基礎が確立されて成果を挙げているが、一方本邦においても最近、回路の異常電圧の実測、避雷器の現場試験等避雷装置に対する再検討が行われつつあり、目下急激な変遷の途上にある。したがつて避雷器の現状について述べることは仲々容易なことでなく、かつ紙面の関係もあるので、ここには避雷器の構成とその性能の要点ならびに試験結果の概要を述べ、またその保守と動作検知に関する要項を簡単に示して、一般の御参考に供したいと考える次第である。

2. 避雷器の構成とその性能

現時製作されている避雷器としては、弁型避雷器・弁抵抗型避雷器・放出型避雷器・陰極降下避雷器・ペレット型避雷器等が主なるものであり、本邦において現用されているものとしては以上に他にアルミニウム避雷器・イドフィルム避雷器等がある。ここではこのオキサレ等の細部には触れ得ないが、順序として避雷器構成の概要を示すこととする。

弁型避雷器の代表的なものとしては、W社のオートバルブ避雷器⁽¹⁾⁽²⁾・三菱のオートバルブ避雷器⁽³⁾⁽⁴⁾がある。特性要素としてはカーボランダムの微細結晶を主体とし、これに適当の接着剤を配して円盤状に型造し焼成したもの用い、これを所要個数だけ磁器ケーシングに收め、これと密閉型多間隙とを組合せたものである。この特性要素は多孔質であつて、その無数の微孔内の擰限電弧特性を利用したものである。1図は三菱製発電所用

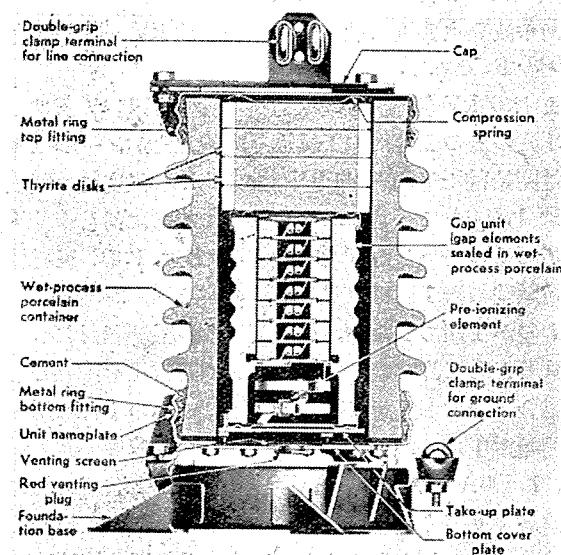


1 図 三菱製 140kV オートバルブ避雷器

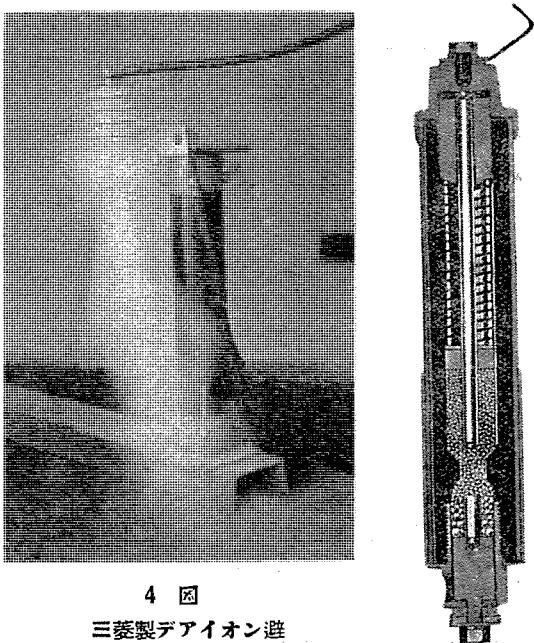
140kA オートバルブ避雷器の外観であつて、懸垂母子により懸垂せられた 2 段の細いケーシングの部分が直列多間隙で、これに電圧分布を補正する金属性均圧環が設けられている。下方自立している 3 段の太いケーシングの部分には特性要素多孔質円盤が收められている。

弁抵抗型避雷器に属するものは、G.E.社のサイライト避雷器⁽⁵⁾⁽⁶⁾・東芝のレジストバルブ避雷器⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾・日立のドライバルブ避雷器⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾等がある。これらはカーボランダムを主体とする半導体円盤の電圧従属抵抗特性を利用したものである。2 図は G.E.社のサイライト避雷器の内部を示した写真である。

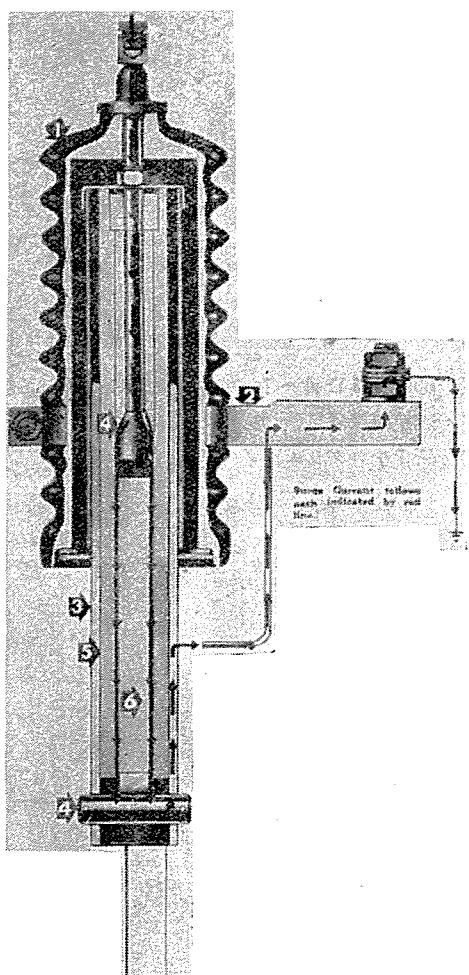
放出型避雷器に属するものとしては W 社のデアイオン避雷器⁽¹²⁾⁽¹³⁾・G.E.社の Hi-Stroke 避雷器⁽¹⁾・三菱のデアイオン避雷器⁽¹⁴⁾等がある。デアイオン避雷器はファイバ円筒内部の放電間隙と直列外部間隙とからな



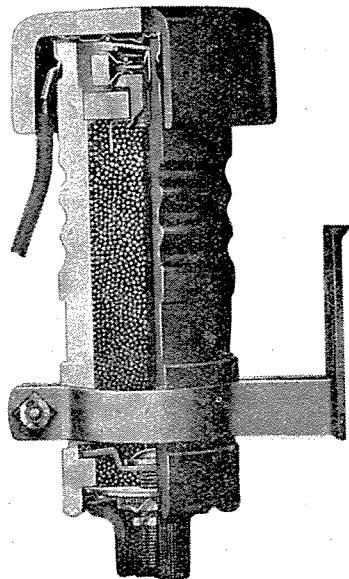
2 図 G.E. 社サイライト避雷器内部構造



4 図
三菱製デアイオン避雷器放出動作状況

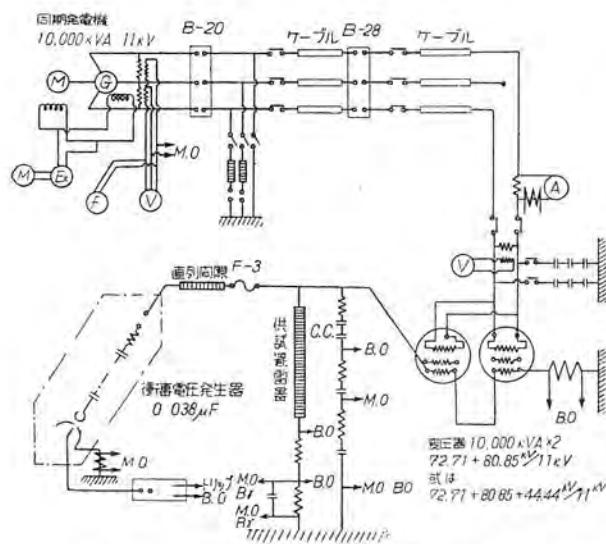


3 図 W社デアイオン避雷器内部構造



5 図 G.E. 社 HI-STROKE 避雷器内部構造

り、サージ通過後続流によつてファイバ円筒内部に生ずる電弧の熱によりファイバ円筒内面よりガスないし水蒸気を発生せしめ、これが電弧柱に対して消イオン作用をすると共に、下部放出孔より電弧を機械的に放出して交流零点において純流遮断を行わせるものである。3図はW社のデアイオン避雷器の内部構造を示し、4図は三菱製デアイオン避雷器の放出動作状況の写真である。5図はG.E.社のHi-Stroke避雷器の内部構造を示すもので、消弧室内部にセロファイバー球を充填し、動作に伴う小球の消耗に対しスピニングで常に消弧室に小球を補充する方式のものである。この種放出型避雷器は制限



7 図 100kV 避雷器動作試験回路図

電圧が著しく低いこと、放電耐量大なること、安価で点検保守の容易なること等の特長があるので、最近アメリカにおいては弁型避雷器と同程度に多数使用され、その放電耐量も配電用で 65,000A となつてゐる⁽¹³⁾。更に最近のアメリカの規定では、送電線碍子・断路器支持碍子・母線碍子等の保護に多く用いられている Protector tube の名称を Expulsion arrester に変更して、これを線路用避雷器として扱つてゐる⁽¹⁶⁾。

陰極降下型避雷器⁽¹⁷⁾は Siemens 社で製作され、オートバルブ避雷器の前身である抵抗板型オートバルブ避雷器を改良したものである。これは半導体円板を微小空隙を隔てて多数堆積したもので、この空隙中の正規量光放電の陰極降下と電極円板の電圧從属抵抗特性を利用したものである。

ペレット型避雷器はオキサイドフィルム避雷器の一種であるが、G.E. 社ではこれが改良の結果、配電用として 65,000A の放電耐量を有するものを製作しているが⁽¹⁸⁾⁽¹⁹⁾、6 図はその構造を示す写真である。

アルミニウム避雷器、オキサイドフィルム避雷器について周知である故省略するが、共に相当多く現用されているので、その保修。再生は使用者側としても、関心が払われ、とくにアルミニウム避雷器については日發東海支店の西田三好氏を中心とするグループで電解液の改良等努力が続けられている⁽⁴⁾。

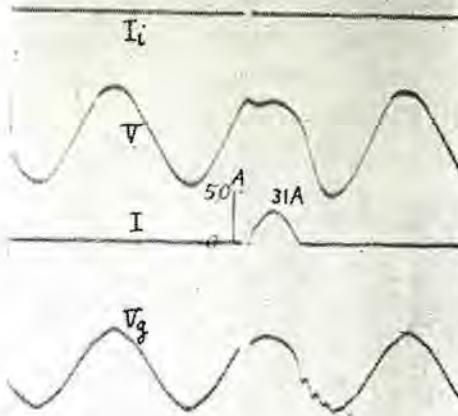
次に避雷器の性能の一例として、三菱製オートバルブ避雷器の衝撃特性試験および続流遮断試験の結果⁽⁴⁾について述べる。本試験は昭和 25 年 2 月より 3 月にかけて当社伊丹製作所において公開試験として実施されたもので、ことに 100kV 級製品についての続流遮断試験は本邦最初の記録的ものであつた。7 図は続流遮断試験回路を示すもので、商用周波電源としては 11kV 10,000 kVA 同期発電機を使用し、これに高圧側 80,85 kV 中圧側 44,44 kV 低圧側 11kV 10,000 kVA の変圧器を、60kV 級避雷器の試験には 1 台、100kV 級避雷器

の試験には 2 台直列接続して使用した。

衝撃波発生装置は最高充電電圧 900kV 総合容量 0.038μF である。

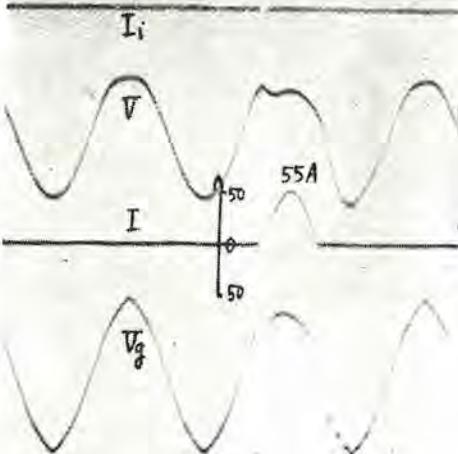
まず 60kV 級避雷器とし許容端子電圧 1.4E (E は公称電圧) のもの 2 台につき試験を実施したが、一つは衝撃放電開始電圧平均 +244 kV -226 kV 程度で、制限電圧は 1,500A で平均 220 kV 程度で規定に対し十分裕度があるものであるが、続流遮断能力は 1.4E 正規続流遮断試験の際 1 回再点弧したものが 2 回、2 回再点弧したものが 1 回あつたが、10 回共続流を遮断し得た。特殊試験として許容端子電圧以上に回路電圧を上昇せしめた場合 1.5E は遮断不能であつた。他の 1 台は衝撃放電開始電圧は平均 +270kV -265kV 程度、制限電圧は、1,500A で平均 260kV 程度で、両者共規定範囲内で前者より高く整定したものである。1.4E 正規続流遮断試験はおのおの半サイクル以内で 10 回共続流遮断に

MA-1 1.4E-10④

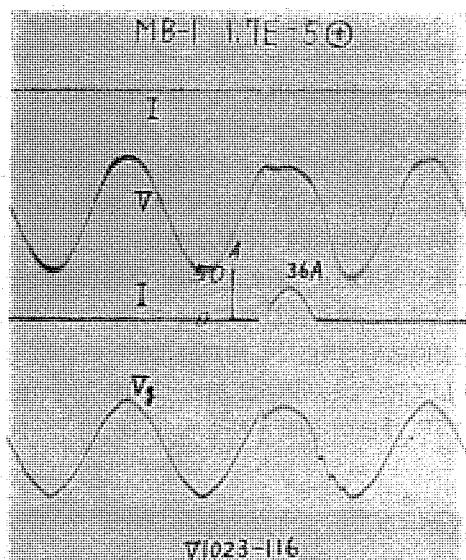


8 図 60kV 1.4 E オートバルブ避雷器の 1.4E 正規続流遮断試験 (第 10 回目同極性の場合の続流遮断オシログラム)

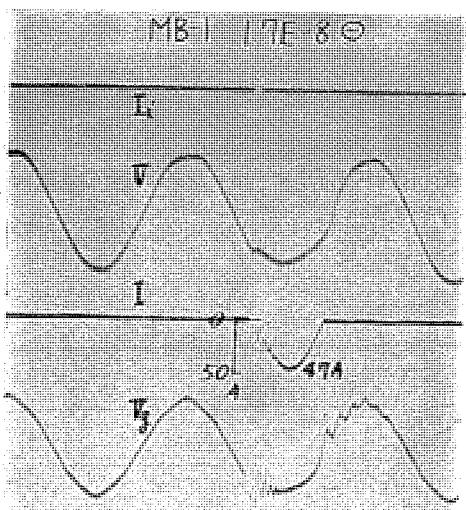
MA-2 1.9E'-1 ④



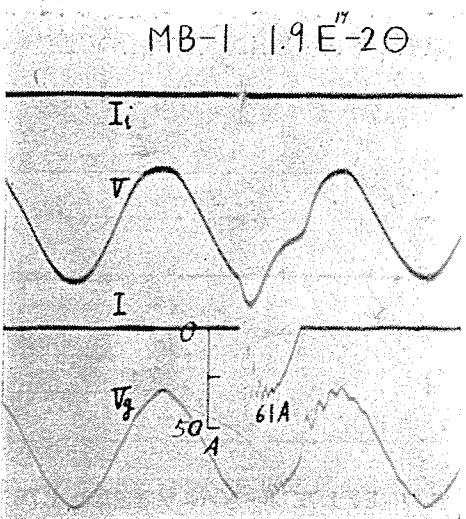
9 図 60kV 1.4E オートバルブ避雷器の 1.9E 特殊試験 (第 1 回目同極性の場合の続流遮断オシログラム)



10 図 60kV 1.7E オートバルブ避雷器の 1.7E 正規続流遮断試験（第5回目同極性の場合の続流遮断オシログラム）



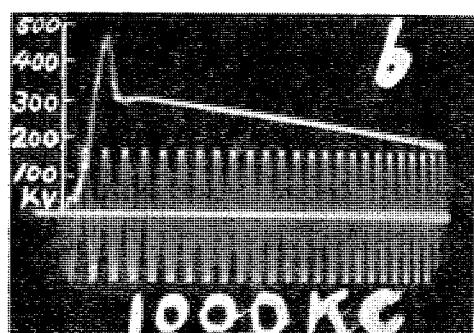
11 図 60kV 1.7E オートバルブ避雷器の 1.7E 正規続流遮断試験（第8回目逆極性の場合の続流遮断オシログラム）



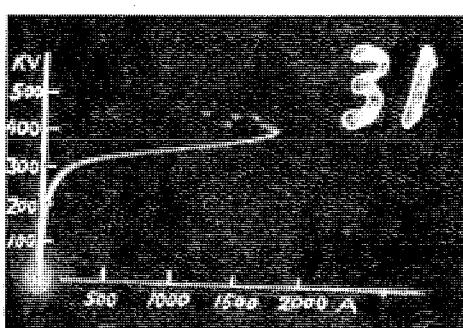
12 図 60kV 1.7E オートバルブ避雷器の 1.9E 特殊試験（第2回目逆極性の場合の続流遮断オシログラム）

合格した。特殊試験においては 1.5E 2回、1.6E 2回、1.7E 2回、1.8E 2回、1.9E 2回の続流遮断試験にそれぞれ成功し、2.0E 同極性第1回目で遮断不能となつた。（逆極性は行わず）。1.7E に下げて各1回宛行つたところ完全に遮断し、内部には何等異常のないことが確められた。

許容端子電圧 1.7E の避雷器についての試験結果は次の如くであつた。衝撃放電開始電圧は平均 +248 kV -227kV 程度で、制限電圧は 1,500A で平均 253kV 程度で、両者共 1.4E 避雷器に関する目録、および関東配電仕様書の規格内に収まるものである。1.7E 正規続流遮断試験においてはおのおの半サイクル以内で 10 回共続流遮断に合格した。特殊試験では 1.8E 2 回の続流遮断に成功し、1.9E では第1回目（同極性）で遮断不能となつたが、第2回目逆極性では再び続流を遮断し得、更に第3回目、第4回目では続流遮断し得なかつた。次に一度続流遮断不能となつた避雷器について商用周波電圧を下げて、避雷器が本質的に破壊したか否かを検討するため 1.7E 同極性、および逆極性で 2 回試験したが、いずれも半サイクル以内に続流を遮断し得、未だ十分の機能を有することが示された。しかし多少劣化の傾向が表われ、1.8E 同極性は第1回目遮断不能、第2回目、および第3回目は半サイクル以内で続流遮断成功、次いで逆極性では第1回目に1回再点弧で続流を遮断し得たが、第2回目は続流遮断不能という結果が得られた。8 図は 1.4E 避雷器の 1.4E 正規続流遮断試験第10回目同極性の場合、9 図は 1.4E 避雷器の 1.9E 第1回目同極性の場合、10 図は 1.7E 避雷器の 1.7E 正規続流遮断試験第5回目同極性の場合、11 図は同じ



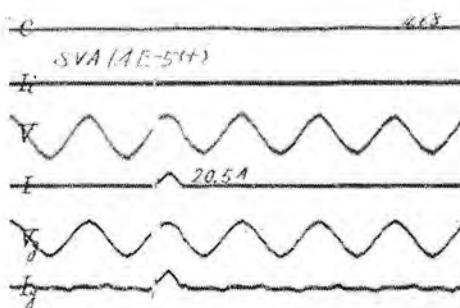
13 図 100kV 1.4E オートバルブ避雷器の衝撃放電特性



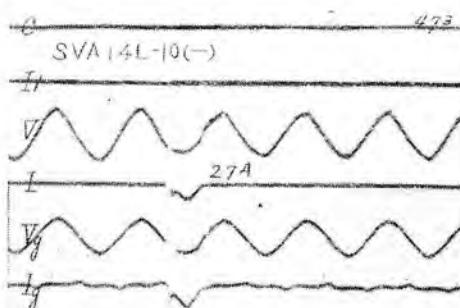
14 図 100kV 1.4E オートバルブ避雷器の電圧-電流特性



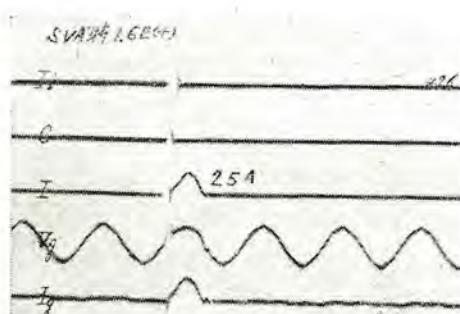
15 図 100kV 1.4E オートバルブ避雷器の電流時間特性



16 図 100kV 1.4E オートバルブ避雷器の 1.4E 正規
続流遮断試験（第5回目同極性の場合の続流遮断オシ
ログラム）



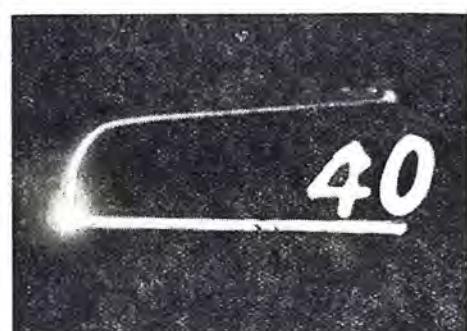
17 図 100kV 1.4E オートバルブ避雷器 1.4E 正規
続流遮断試験（第10回目逆極性の場合の続流遮断オシ
ログラム）



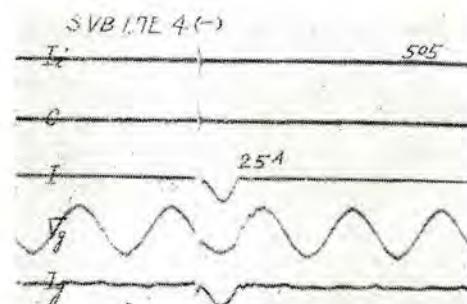
18 図 100kV 1.4E オートバルブ避雷器の 1.6E 特殊
試験（同極性の場合の続流遮断オシログラム）

く第8回目逆極性の場合、12図は1.9E 第2回目逆極性の場合のオシログラムを示したもので、Vは避雷器端子電圧、Iは避雷器電流、 V_g は発電機電圧、 I_s は衝撃発生器電流を示すものである。

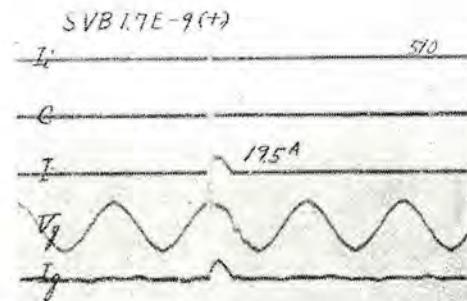
次に100kV級避雷器の特性試験結果の概要を述べる。許容端子電圧1.4Eの避雷器の衝撃放電開始電圧は、+440kV -420kV程度、制限電圧は1,800Aで平均425kV程度で、現行試験規格に対しては十分裕度がある。1.4E正規続流遮断試験では各半サイクル以内で10回共遮断し、更に商用周波電圧を許容端子電圧以上に上昇して試験し、1.5E 2回 1.6E 2回の続流遮断に成功し、1.7Eで遮断不能となり、続流遮断能力にも



19 図 100kV 1.7E オートバルブ避雷器の電圧一電流
特性



20 図 100kV 1.7E オートバルブ避雷器の 1.7E 正規
続流遮断試験（第4回目逆極性の場合の続流遮断オシ
ログラム）



21 図 100kV 1.7E オートバルブ避雷器の 1.7E 正規
続流遮断試験（第9回目同極性の場合の続流遮断オシ
ログラム）

裕度のあることを示している。これらの代表的オシログラムを示したもののが 13 図ないし 18 図であつて、13 図は衝撃放電特性、14 図は電圧一電流特性、15 図はその場合の電流波形を示すものであり、16 図は 1.4E 正規続流遮断試験第 5 回目同極性の場合、17 図は同じく第 10 回目逆極性の場合、18 図は 1.6E 同極性の場合の続流遮断オシログラムである。ここに V は避雷器端子電圧、 I は避雷器放電電流、 V_g は発電機電圧、 I_g は発電機電流、 I_s は衝撃発生器電流、C は変圧器破壊検知のために求めた変圧器コロナ音を示すものである。

次に特殊用として許容端子電圧 1.7E 用の避雷器については、衝撃放電開始電圧は、+440kV -430kV 程度制限電圧は 1,500A で平均 470kV 程度であり、1.7E 正規続流遮断試験は各半サイクル以内で 10 回共遮断し得た。変圧器の都合で 1.8E 以上の試験は実施し得なかつた。19 図はその電圧一電流特性、20 図は 1.7E 正規続流遮断試験第 4 回目逆極性の場合、21 図は同じく第 9 回目同極性の場合の続流遮断オシログラムである。

昨年秋日高崎島変電所にて実施された 100kV 続流遮断試験において、Back power の大なる場合でも 1.5E まで続流遮断し得ることが認められた。

次に放電耐量の点であるが、オートバルブ避雷器用特性要素円盤に半波高時間約 15μs の衝撃大電流を流し、波高値を 5,600A より逐次増加して 18,500A に至るも貫通破壊あるいは沿面閃路等の破壊を生ぜず、劣化等の異常も認められなかつた。昨年秋電気試験所において実施された放電耐量試験の結果は目下委員会にて検討中であるが、電流波形が更に大であつたにも拘らず約 15,600A 3 回に十分耐え得ることが立証されたことは上記の試験結果を裏付けたものといえる。

三菱製デアイオン避雷器の性能については既に詳細報告したので⁽¹⁾ここには省略する。

3. 避雷器の保守と動作検知

現在製作されている弁型避雷器の如き磁器ケーシング中に密閉されたものは、保守上手数がかからないため却つて等閑に付される傾向にある。現場においては少くとも月 1 回は磁器ケーシングの表面を清潔な布等で拭い、各部分の絶縁抵抗値を測定して記録して置くことが望ましい。直列間隙の磁器ケーシングの表面に塩分・塵埃・煤煙・化学工場等より生ずる導電性物質等が付着し、かつ霧等のためにこれに湿気が加わると表面漏洩抵抗が著しく低下し、この漏洩電流が下部の特性要素を流れあるいは電位分布を変化させる等の悪影響を及ぼすことが考えられる。現在当社にて製作しているオートバルブ避雷器についていえば、直列間隙部分は普通少くとも 1,000 MΩ 以上なるを要し、特性要素部分は、その枚数によつて異なるほか、同一枚数でも接触抵抗が不定であるため製品個々の抵抗値が相当広範囲に亘つているので、一概に何メガから何メガの範囲ならよいと断定し得ないが、製

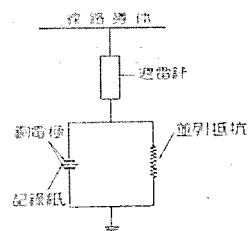
最近の電力用避雷器・大木

作当初の抵抗値の約 1/10 に低下すれば相当の注意を要するものと思われる。大電流放電後特性要素の絶縁抵抗値は若干低下するものであるが、続流遮断能力等特性上の変化は殆んど無いことが実験によつて確かめられている。絶縁抵抗測定の際は磁器ケーシング表面を清拭してから行うことが必要であるが、その他現場にて取付状態のまま測定する場合には、懸垂碍子等の絶縁抵抗等と一緒に測定して誤差の原因となることがあるので注意を要する。

現場における避雷器の劣化判定に関しては現在のところ的確な方法がなく、工場における衝撃電圧試験ないし続流遮断試験等に依つてない故、上記の抵抗値低下の傾向が甚だしければ、工場に送附して試験することが最も信頼し得る方法である。

避雷器の動作検知としては、大別して避雷器放電電流の波高値その他の測定を主とするものと、避雷器動作回数を主とするものとの 2 つに分けられる。

避雷器放電電流測定装置としては、陰極線オシログラフ、クレータ・ランプ式電磁オシログラフ⁽²⁾、フルクロノグラフ⁽³⁾、衝撃電流記録器 (Paper Gap)⁽²⁾、動搖波高電流計 (Magnetic surge-crest ammeter)⁽²⁰⁾、Magnetic surge-front recorder⁽²⁰⁾、Magnetic surge integrator⁽²⁰⁾ 波形推定用特殊型磁鋼片、Photographic surge current recorder 等がある。これらは避雷器放電電流のみに限らず、一般的に雷実測に使用されるものである。これらの詳細に関しては紙面の都合上省略するが、ここでは一例として実用的に使用簡便なる衝撃電流記録器の説明をする。



22 図 衝撃電流記録装置略図

本装置は一名 Paper Gap とも呼ばれ、その原理は放電路中に置かれた紙片に生ずる孔の大きさが放電電流波高値と一定の関係を有するということを利用したもので、22 図に示す如く、平板電極間に記録紙をはさみ、これと並列に数百オームの抵抗を接続した衝撃電流記録器と、この紙片に記録された孔の大きさを一定量の空気の通過時間によつて測定するデンソーメータと称する装置とから成り立っている。避雷器と直列に抵抗が接続されているが、避雷器が動作した場合、短時間に低い電圧で紙が破れて抵抗を短絡するから、避雷器の制限電圧が高くなることはない。なお放電電流の大きさは記録紙の孔の大きさを見るだけでも見当がつき、かつ後日のため資料と

して保存して置くこともできる。また多数の記録器を使用する場合にも、デンソーメータ装置はこれと同数を用意する必要はなく、1台場合によつては数台を置けば十分である。

これらの装置と併せて、避雷器端子電圧を測定する装置、たとえば陰極線オシログラフ、クライドノグラフ⁽¹⁾ 波形測定用として東大鳳教授の考案になる特殊クライドノグラフ⁽²²⁾、Magnetic surge voltage recorder および Wave-slope indicator 等を使用すれば、避雷器の動作状況を完全に明かにすることができます。なお最近分圧器を使用せず、対地の strag capacitance を利用して分圧しかつ正負の極性を同時に測定し得るクライドノグラフも出現している⁽²¹⁾。

さて以上の放電電流測定装置のうち、実用的のもの多くは動作回数を知るには不適当であつて、これに対しては、サイラトロンを用いるもの、放電管を用いるもの、放電による化学変化を用いるもの、磁性体との電磁力を用いるもの等考案があるが、ここには一例としてサイラトロンを使用するものについて述べる。

本装置は変流器と表示器本体との2部分より成り、前者は小型の貫通型C.T.で避雷器のアース側導線に取付けられ、表示器本体はエリミネータ・サイラトロン・度数計等より成つている。放電電流の極性の如何に拘らずサイラトロンのグリットに常に正の電圧を加えるために変流器からの誘起電圧を振動回路に通じ、放電々流が正極性の時は第1波により、負極性の時は第2波によりサイラトロンを動作させるようにしたものである。実験結果によれば衝撃電流約10Aによつても動作し、また数千Aにても支障を來さない結果が得られている。なお変流器に貫通している線以外の近接線に数千Aの衝撃電流が流れても誤動作しないことが確められている。

4. 結 言

避雷器の適用に當りては、避雷器の性能のみならず、その系統の襲雷および雷害頻度、系統の重要度、被保護機器の絶縁強度、回路の異常電圧、系統中性点のアース方式、系統機器とくに遮断器・継電器・発電機等の諸特性、系統事故の際の開閉操作、線路の遮蔽保護、避雷器および機器のアース方式、避雷器と被保護機器との距離等を総合的に考慮に入れて実施する必要があり、これらのこととは関係技術者とつては周知のことながらその改善実行には多くの困難があり、短時日のうちに解決し得る問題でない。現状における避雷器事故も同様に多角的の検討を要するものであつて、電力回路の避雷技術の進歩向上に対し、使用者側と製造者側との協力が必要なるゆえんである。

文 献

- (1) Westinghouse Catalogue Section 38—130 Nov.
(1940) 等
- (2) R.C. Bergvall & Edward Beck : Lightning and
Lightning Protection on Distribution Systems.
T.A.I.E.E. Vol. 59 p. T—442(1940)
- (3) 荒井潔、大木正路、森直次、横須賀正寿、山田栄一、
藤山長三郎：オートバルブ避雷器の特性試験、電気
工学論文集 第1卷第3号 p. 177(1949)
- (4) 避雷器の現状について(技術討議会記事)
電学誌 70 p. 263—288(1950)
- (5) G.E. Catalogue GEA—1304J
- (6) G.E. Catalogue GEA—2978C
- (7) 滝川七平：東芝各種避雷器とその保守について 電
機技術 第1卷第4号 p. 203(昭. 19. 10)
- (8) 吉田光二：レジストバルブ避雷器の最近の発達、東
芝レザュー 第3卷、第2号 p. 41(昭. 23)
- (9) 米持長三：新型レジストバルブ避雷器について 東
芝レザュー 第4卷 第12号 p. 38(昭. 24)
- (10) 駒井健一郎、中岡芳郎：絶縁協調上より見たる電力
用機器の絶縁強度の実情と避雷器の特性 電学誌 63
p. 29(昭. 18)
- (11) 落 清：最近のドライバルブ避雷器、日立評論 第
32卷 第10号 p. 10(1950)
- (12) Westinghouse Catalogue Descriptive Bulletin 38—
205 Nov. 1940.
- (13) Edward Beck and A.D. Forbes : Lightning
Arresters for Distribution Apparatus A.I.E.E.
Vol. 64 p. 719(1945)
- (14) G.E. Catalogue GEA—4582
- (15) 大木正路：EV型デアイオン避雷器「三菱電機」第
23卷 第3号(1949)
- (16) H.R. Stewart & F.M. Defando.f : New Light-
ning Arrestor Standard A.I.E.E. Technical
Paper 50—82(1949)
- (17) H.Geissler : Aus der Entwicklung des Katho-
denfallableiter für Hochspannung E. T. Z. 61
Jahrg, Heft 10, 7, May, S. 229—233(1940)
- (18) G.E. Catalogue GEA—2975 D
- (19) Elec. W. 70 (July 17 1948)
- (20) C. F. Wagner & G.D. McCann : Lightning
Phenomena, A.I.E.E. Aug., Sept., & Oct. (1941)
- (21) 藤山長三郎：クライドノグラフ(衝撃電圧記録器)
「三菱電機」第21卷 第4号
- (22) 凰、山木、栗田、久保木：電学誌 68, p. 122 (昭
23—5)
- (23) J.H. Waggoner : A Simplified Double-Film
Klydonograph with an Improved Coupling
Method T.A.I.E.E. Vol. 66 p. 1114—1116(1947)

送電線高速度保護継電方式

最近における送電系統の膨脹と、発送電電力の増大に伴つて、故障対策の高速度化が重要な問題として取上げられ、送電線や、重要な電気機器に対する従来の誘導型保護継電器は漸次高速度型の継電器に移行する傾向にある。この稿では、とくに送電線の故障に対する高速度保護継電方式について述べてみたいと思う。

神戸製作所 藤 重 夫

1. 緒 言

最近電力需要の増大に伴つて、電力系統が非常に大きくかつ高電圧となり、種々の電力系統が相互に連繋されるようになつてきた。これは電力の需給を円滑にし、また電力系統の信頼度(Reliability)、あるいは可撓性(Flexibility)を向上させる点からすれば非常に有利である。しかし一旦故障が発生した場合には、できるだけ速かに故障区間を選択して除去しなければ、その故障範囲を著しく拡大する心配がある。

また経済的見地から、送電線はできるだけ多くの電力を安定に輸送することが必要であるが、故障発生の場合、その継続時間が短ければ短い程、過渡安定度の影響を受ける割合が減少して、最大安定電力を定態安定度近くにまで増大できることが明かにされている。

以上のような理由によつて、高速度継電方式、および高速度遮断方式が発達してきた。しかしこのためには、油入遮断器の遮断時間、および選択継電器の動作時間を極力短くすることが必要である。すなわち遮断器では3~遮断を、継電器では1~以内の動作を目標として、おのの研究が進められてきた。

2. 送電線高速度保護継電方式の分類

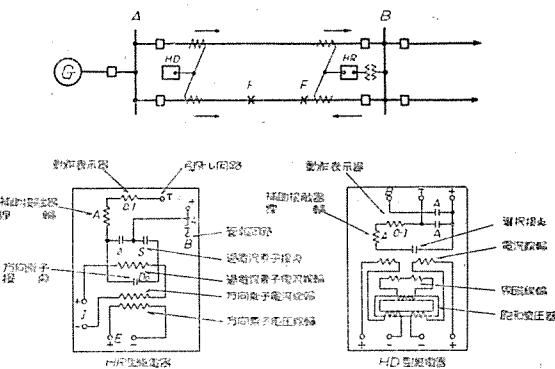
送電線の故障に対する高速度保護継電方式を大別すれば、次の5種を挙げることができる。

- (1) 高速度電流平衡継電器による方式。
- (2) 高速度電力方向継電器による方式。
- (3) 高速度距離継電器による方式。
- (4) パイロットワイヤによる継電方式。
- (5) 滅送電流による継電方式。

3. 各高速度保護継電方式の説明

ア. 高速度電流平衡継電器、および高速度電力方向継電器による保護方式

この方式は従来一般に使用されている誘導型の継電器を高速度型のものに改めたもので、1図はこれらの継電

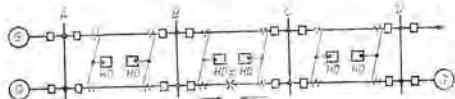


1図 HDおよびHR型高速度継電器による並行送電線保護方式

器を送電線保護に応用した場合の接続を示すので、送電端にはHD型高速度電流平衡継電器を、受電端にはHR型高速度電力方向継電器をそれぞれ接続している。

この方式を適用するのは1図に示すように、並行送電線の一端に発電機があり、他端が負荷に接続されているような場合で、図中F点に故障が発生した場合には、両端の継電器はほぼ同時に動作し、選択継電器の動作時間も1~程度となるのであるが、例えば受電端に非常に近いF'点の故障では送電端の電流はほとんど不平衡とならず、HD型電流平衡継電器は動作しない。この場合は受電端のHR型電力方向継電器がまず動作して、故障線を遮断し、その後送電端の電流が不平衡となつて始めて、HD型継電器が故障線の他端を遮断することになる。反対に故障が送電端に非常に近い場合には、まずHD型継電器が動作して、送電端の故障線を遮断し、その後受電端のHR型継電器が動作して、故障線を完全に遮断する。このように並行送電線の何れか一端に近い部分の故障の場合は、選択遮断に2段動作を必要とし、故障除去時間が延びることとなる。

2図は並行送電線の両端に常に同期機が接続せられるような場合に適用する方式で、送受端共HD型電流平衡継電器を使用することができる。すなわちこの場合には

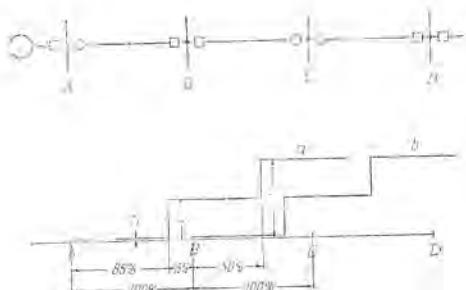


2 図 IID 型高速度電流平衡継電器による並行送電線保護方式

送電線の何れの部分の故障でも、故障区間の両端の電流は必ず不平衡となるからである。この方式でも送電線の端部に近い故障の場合には、1図の場合と同様に、2段動作を行うものである。もし2図の場合に送電線の両端に常に同期機が接続されるとは限らない場合には、図中のHD型電流平衡継電器をHR型電力方向継電器に置換えなければならない。

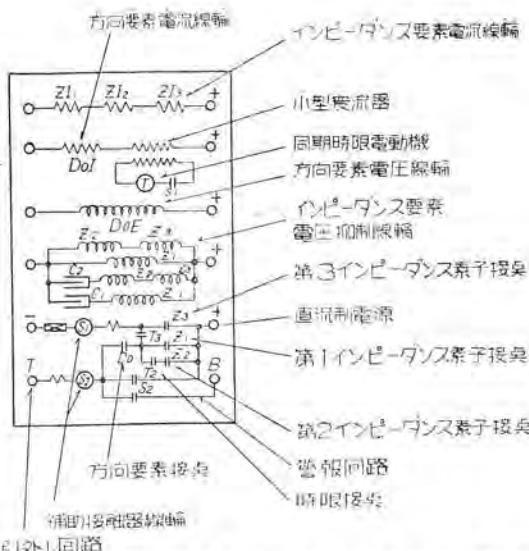
1. 高速度距離継電器による方式

当社ではこの種継電器としてHZ型高速度インピーダンス継電器を製作しているが、この継電器は回路の電流、および電圧の比を測定することによって、送電線の故障点までのインピーダンスを測定するものである。3図はこの継電器の動作特性を示すもので、図中Aは発電所、B・C・D等は送電線の中途の変電所あるいは開閉所を示す。Aに設置する継電器はaに示すような動作特性を、



3 図 HZ 型高速度インピーダンス継電器動作特性

Bに設置する継電器はbに示すような動作特性を有している。すなわちAに設置する継電器は故障が動作特性的第1区間にあれば瞬時に動作し、次の第2区間にすれば一定時間 T_2 の後に動作し、更に遠方の第3区間にある場合には T_3 の時限後動作するようになっている。したがつて故障が第2または第3区間にある場合には、それぞれの区間の継電器が動作するのを待ち、何らかの原因によつてこれらが動作しない場合のみ、Aの継電器が T_2 あるいは T_3 の時限後動作して後備保護をするものである。この継電器のインピーダンス要素は第1・第2・第3の3つの平衡桿型電磁要素よりなり、前記3区間の故障に対してそれぞれ平衡するようになつてゐる。すなわち、A-B区間の85%に及ぶ第1区間は第1インピーダンス要素、および高速度方向要素の動作によつて、瞬時に保護され、A-B区間の残り15%、およびB-C区間の約50%にまで及ぶ第2区間は第2インピーダンス要素・方向要素、および同期時限装置によつて T_2 時限の後に保護される。第3インピーダンス要素は隣接



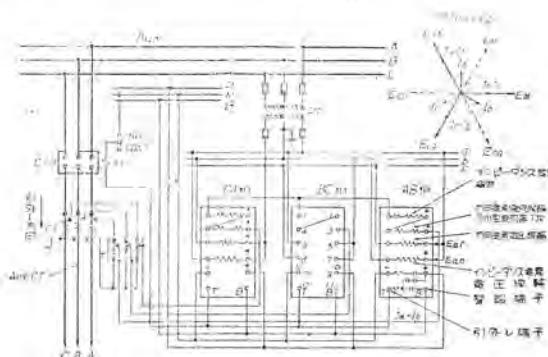
4 図 HZ 型高速度インピーダンス継電器内部接続図

開閉区間の後備保護に備えられ、一般にその平衡点はC-D区間の25%にまで整定する。 T_1 、 T_2 の限時を与える時限装置は励磁された場合のみ歯車と噛合うような浮動回転子を有する小型同期電動機よりなり、消勢された場合には瞬時に歯車との噛合が外れて落ち、可動接点の速動復帰を許すようになつてゐる。

時限装置は調整可能な2組の固定接点を有し、第1時限接点は第2インピーダンス接点と直列、第2時限接点は第3インピーダンス接点と直列になつてゐる。時限装置の最大時限は3秒である。

また方向要素は電路の電圧と電流によつて付勢される誘導環型のもので、迅速に故障電力の方向を選択し得るものである。

標準のHZ型継電器のインピーダンス整定範囲は、 $0.62 \sim 6\Omega$ (2次インピーダンス)で、整定は各インピーダンス要素の電流線輪のタップ T' 、および鉄心調整ねじ S によつて行う。 T' および S の数値と2次インピーダ



5 図 HZ 型高速度インピーダンス継電器外部接続図

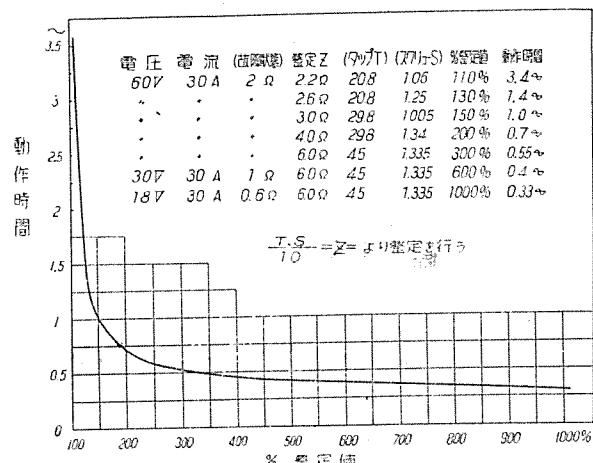
ンス Z_2 との間には次式が成立するよう調整してある。

$$T \cdot S = 10Z_2$$

この継電器の内部接続は4図に示すようになつてゐる。5図はその外部接続を示したもので、2次Y接続の変流器に対しては、Y-△接続の補助変流器を併用して、

HZ型繼電器に線路の△電流を供給する必要がある。なおこの変流器の変流比は2次インピーダンス Z_2 が $0.6\Omega \sim 6\Omega$ の範囲に入るよう適当に決定することができる。

この繼電器は3相、および相間短絡または2線接地故障に対して送電線を高速度で保護するもので、その動作

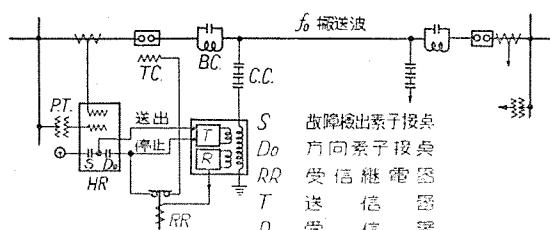


6 図 HZ型高速度インピーダンス継電器動作時間特性

速度特性は6図に示すように平均1~の高速度で動作している。この継電器は一般送電線・環状送電線、および並行送電線等の保護に使用され、何れの場合にも確実に動作するものである。しかし保護される送電線の端部は常に他端に設置されたHZ型継電器の整定範囲に対して、第2インピーダンス要素の整定区間に入っている訳であるから、この15%程度の端部区間に故障が発生した場合には、必然的に2段動作を必要とすることになる。この望ましくない2段動作を防止し、故障区間の高速度同時遮断を得るために、上述した継電器とバイロットワイヤ方式あるいは搬送電流方式とを是非共併用しなければならない。

ウ. 搬送電流による継電方式

7図はHR型高速度電力方向継電器による搬送保護



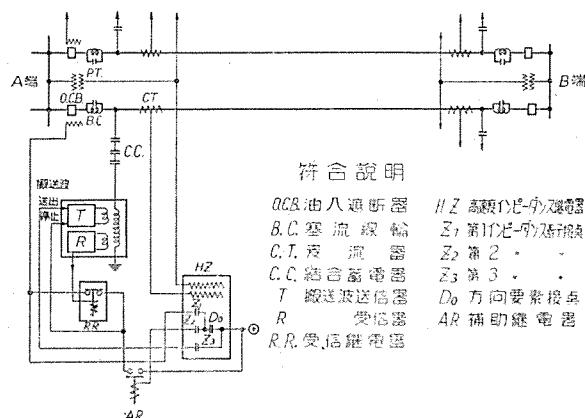
7 図 HR型高速度電力方向継電器による搬送保護継電方式

継電方式を示すもので、当社では標準方式として故障時送出阻止式を採用している。すなわち保護系統に故障が発生した場合には、直ちに故障検出素子接点Sが閉路して線路に搬送波 f_0 を送出する。この搬送波は自端、および他端の受信継電器を動作させ、それぞれのRR接点を開路し、引外し動作を阻止する。もし故障が区間内

送電線高速度保護継電方式・藤井

であれば両端の方向素子接点 D_0 も閉路し、それぞれの搬送波送出を停止させるため、保護区間線路上には搬送波がなくなり、両端装置の受信継電器は消勢する。したがつて (+)→S→ D_0 →RR→TC→(-)の回路が両端共に完成し、保護間の同時遮断が行われることになる。もし故障が区間外であれば両端の故障検出素子接点Sは閉路するが、何れか一方の方向素子接点 D_0 は閉路したままであるから、この端では搬送波の送出が継続され、両端共その引外し動作が阻止されることになる。

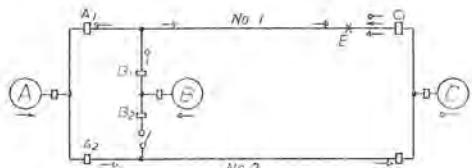
8図はHZ型高速度インピーダンス継電器による搬



8 図 HZ型継電器による並行送電線搬送保護方式

送保護継電方式を示すもので、各端共全然同一の装置が設置されているものである。この系統の何れかに故障が発生すると、HZ型継電器の第3インピーダンス素子 Z_3 が動作して搬送波を送出する。したがつてこの装置の受信継電器RRは自己、および他端からの搬送波を受けて、その接点を開放し、遮断器の引外し回路を一部開放するようになっている。もしこの場合、故障点が保護区間内にあれば各端のHZ型継電器の第2インピーダンス素子 Z_2 が動作し、故障電力が区間に向つているため、方向要素接点 D_0 も閉じる結果、おののAR補助継電器によつて搬送波を停止する。保護区間内に搬送波がなくなれば、各端受信継電器RRは同時に消勢されてその接点を閉じ、引外し回路を完成することになる。もし故障点が区間外A端側に発生した場合には、B端の $D_0 \cdot Z_3 \cdot Z_2$ が閉じるから、一旦送出された搬送波は停止されている。しかしA端では故障電力の方向が区間に向うために D_0 は閉路せず、搬送波の送出を続ける。したがつてAB端共この搬送波を受信しているから、その引外し回路を鎖錠され、両端共遮断されることはない。

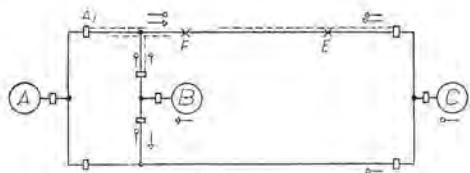
以上述べた2つの搬送保護方式はこれらが单一送電線・環状送電線・分歧線を有する单一送電線または分歧線のない並行送電線等に応用された場合には、保護区間内の如何なる点に発生した故障に対しても満足な保護動作をさせることができるものである。しかし後者の方がその保護能力あるいは信頼性等の点から前者に比し優れていることはもちろんである。今もし後者の搬送保護方式を採用し、その適用される保護系統が更に複雑になつ



9 図 区間内故障で流出端の存在する場合

た場合の一例として、9図に示すように3端子並行送電線の分岐点がA端に比較的近く、かつBの出力がAの出力に比し相当大きな場合、またはA端が単なる負荷でバックパワーがない場合、あるいはA端が切離されているような場合に、もしB₁点が開放されている状態で、C₁端近くE点に故障が発生したとすると、故障電流の分布は図中各矢印の示す如くなり、A₁端では故障電力が区間に向うため、A₁端の搬送装置はZ₁によつて搬送波の送出を続け、B₁、およびC₁端の引外し動作を鎖錠することになる。したがつてこの場合はC₁端のD₀およびZ₁の動作によつてC₁点が搬送波に無関係に瞬時遮断され、次いでA₁点の故障電力が区間に向うことによつて、A₁端からの搬送波が停止し、区間に搬送波がなくなる結果、A₁・B₁端が同時に遮断されるというような2段動作をすることとなる。

またもし10図のような送電系統において、A端が遮断

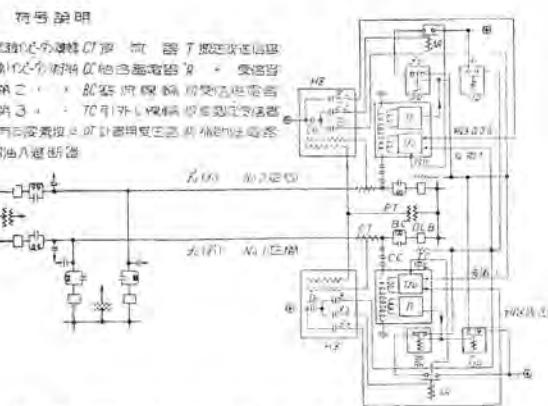


10 図 区間内故障で無電流端の存在する場合

されているとか、または単なる負荷でバックパワーを有しない場合にE点に故障が発生したとすると、A₁点には故障電流が現われないため、まずB₁・C₁点が瞬時遮断され、A₁点に故障電流が現われて始めて、A₁点が遮断されるような2段動作をすることになる。

以上を要するに区間内故障であるのに流出端が存在する場合、あるいは無電流端が存在する場合には前述の搬送方式を用いても2段動作をすることであつて、これを防止するためには前述のHZ型インピーダンス继電器による搬送電方式に指令式を加味しなければならない。すなわち11図に示すものはこの方式を3端子並行送電線の保護に適用した場合で、各端搬送装置に変調波受信部を追加しただけのものである。各端装置は何れも下記諸条件を満足するよう構成されている。

- (1) 各端装置は第3インピーダンス素子接点Z₃の動作で故障を検出し、No. 1区間のものは搬送波f₀を、No. 2区間のものは搬送波f_{0'}を線路に送出する。
- (2) 各端装置は方向要素接点D₀および第2インピーダンス素子接点Z₂の動作で自己の搬送波送出



11 図 HZ型インピーダンス继電器による3端並行送電線搬送保護继電方式

を止める。

(3) No. 1区間(No. 2区間)の各端装置はD₀、および第1インピーダンス素子接点Z₁の動作で、No. 2区間(No. 1区間)側送電線の搬送波f_{0'}(f₀)を変調周波数f₁(f_{1'})で変調すると共に自己の瞬時引外し回路を完成する。

(4) No. 1区間(No. 2区間)の各端装置はARが動作しており、保護区間に搬送波がなくなつたこと(すなわちRRが消勢する)により、No. 2区間(No. 1区間)側送電線の搬送波f_{0'}(f₀)を変調周波数f₁(f_{1'})で変調すると共に、自己の引外し回路を完成する。

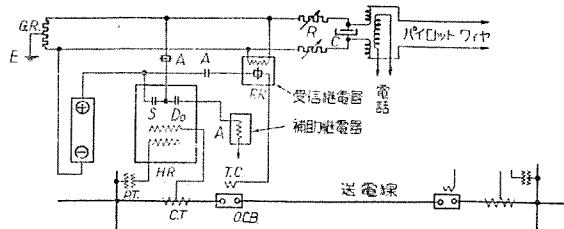
(5) No. 2区間(No. 1区間)の各端装置は変調波f₁(f_{1'})を受信して変調波受信器MRが動作すれば、继電器の動作の如何にかかわらずNo. 1区間(No. 2区間)側遮断器を開放する。

したがつてこの新しい装置が上記した9図のような送電系統に応用され、前述の故障状態となつたとすると故障点EはC₁端继電器の第1区間にあるから、C₁端搬送装置はNo. 2送電線の基本搬送波を変調指令し、これを受信するA₂・B₂端はそれぞれA₁・B₁端を瞬時遮断させることにより、この区間を同時遮断することとなる。また10図の場合も全く同様に同時遮断させるが、もしこの場合故障点がF点のように各端インピーダンス素子のZ₂区間にあつたとすると、従来の方式によれば同じく2段動作となるが、この方式によれば上記した(4)の条件の場合となり、B₁・C₁端共変調指令を送出し、各端同時遮断を行うことになる。

この方式は3端子並行送電線あるいは4端子並行送電線等の複雑な保護系統に適用することができるもので、変調指令は健全線側を伝送し、指令が確実に受信されるよう考慮されている。

エ. バイロットワイヤによる继電方式

この方式は比較的短距離の送電線(20~30km)に適用されるもので、これによるかまたは搬送方式によるかは主として両者の経済的比較によつて決定されるものであ



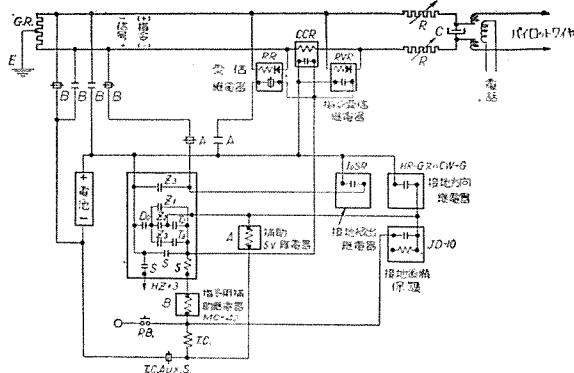
12 図 HR 型高速度電力方向繼電器による D-C パイロットワイヤ保護方式

る。

パイロットワイヤ繼電方式としては

- (1) 変流器 2 次電流を直接比較する方式
- (2) 変流器 2 次負担の電圧を直接比較する方式
- (3) 電力方向比較方式
- (4) 位相比較方式
- (5) 距離繼電器との組合せ方式 等がある。

(1) (2) の方式は何れもパイロットワイヤの線数が 3 本以上必要であり、変流器 2 次負担も比較的大きく、かつ接地保護に対して共用できない等の欠点がある。しかし動作としては完全な方式である。(3) の方式の一例を示したもののが 12 図で HR 型高速度電力方向繼電器と D-C パイロットワイヤ方式の組合せによるものである。すなわち系統に故障が発生すれば故障検出素子接点 S が区間の両端で共に動作しパイロットワイヤに D-C

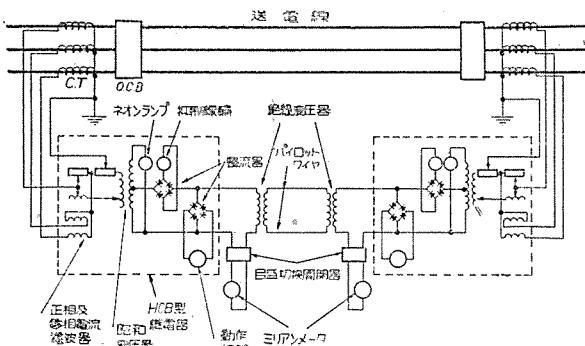


14 図 3 端子平行送電線に対する D-C パイロットワイヤ方式

13 図に示すものは(4)の方式に含まれるもので同一装置によつて接地、および短絡の故障に対して動作するものである。すなわち両端装置は正相および零相電流濾波器を備えており、常時あるいは外部故障の場合には飽和変圧器の 2 次側に誘起される電圧は両端において相等しく、かつ相加わる極性となるよう接続されている。したがつてパイロットワイヤには循環電流が流れ、これは両端の HCB 型繼電器の抑制線輪を流れて、繼電器の誤動作を防止している。内部故障の際は両端の極性が反転するために循環電流がなくなり、動作線輪に電流が移行するために両端共繼電器が動作して同時遮断を行うものである。距離繼電器と組合せた(5)の方式によるものは 12 図に示した保護方式の内の HR 型電力方向繼電器を HZ 型インピーダンス繼電器に取替えることによつて得られる。14 図に示すものは 3 端子あるいは 4 端子並行電線の保護に対するもので、指令式を加味したものである。これは 11 図に示した搬送保護方式に相当するもので信号としては搬送波の代りに直流電圧印加を使用し、指令信号としては変調波の代りに直流電圧の極性反転を使用したものである。

4. 結 言

以上送電線の故障に対する各種の当社高速度保護継電方式について述べたのであるが、これらはそれぞれ異つた特長を有しているものであるから、適用される系統の配列・使用状況・重要度・将来起り得る系統の変更等各種の条件によつて適宜最適の保護方式を採用されるべきものである。なお送電線に対するこれらの高速度保護方式が採用される場合には、これらの系統に接続される電気機器の保護に対しても、同様に高速度保護方式が使用されることが必要である。これら電気機器に対する高速度保護方式については稿を改めて述べたいと考える。



13 図 HCB 型継電器による A-C パイロットワイヤ保護方式

電圧を印加する。これによつて両端の受信継電器 RR は動作してそれぞれの引外し回路を鎖錠する。もし故障が区間内であれば、方向素子接点 D0 は両端共閉じるからパイロットワイヤに印加された D-C 電圧は補助継電器 A によつて除去され、したがつて両端の RR は同時に消勢して、同時遮断を行わせるようになつてゐる。またこの方式は電話と共にすることもできる利点を有している。

搬送式テレメータ

伊丹製作所 津村 隆
杉多重雄

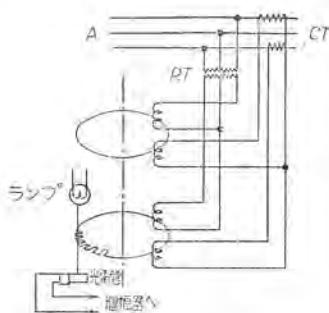
1. 緒言

広範囲に分散配置された電源地帯とそれらにつながる多くの送電線、または、変電所等を有する大電力系統の運転を合理的に行うためには遠隔の地より中央の指令所に向つて絶えず多くの情報（例えば電圧、電力、周波数等）を伝達することが必要である。そしてこの情報は全く自動的にしかも昼夜の別なく連続的に中央において入手する必要がある。かくして送電、給電をより合理的に経済的に行い得るのである。これの有力なる手段としてテレメータが近時各所で計画されるようになつてきた。当社においては、できるだけ少い伝送路で数多くの情報を遠隔の地に送るために、搬送波を使用した搬送式テレメータの開発を計画して、数年前より研究していたが、昭和23年に簡単な搬送式テレメータが完成して日本發送電会社に納入し大阪周辺において運転している。最近更に進歩して6-12伝送路の搬送式テレメータの製作が完成した。これは他と違う当社独特の搬送方式を使用しているので以下順次にこれの概要を述べる。

2. 原理

テレメータの原理は種々考えられるが、現在最も一般的に行われていて信頼度の高いのは衝流式である。これは遠隔地に送るべき量を、一度送量変換器によつて衝流（インパルス）に変換して後、伝送路に送出し、受信側で受けたインパルスの数に正比例して元の量の値を正確に再現せしむるものである。例えばAなる場所を通過する電力量をBなる遠隔地の指示計に指示する場合について具体的に説明する。

1図は送量変換器の原理を示すもので、積算電力計と同様の構造を有している。下方の円盤には溝が切つてあ

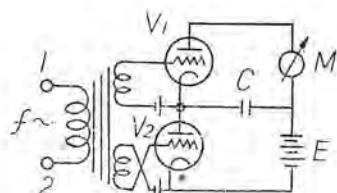
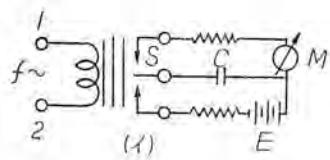


1 図

44 (142)

つてランプから光電管に入る光を断続する。A点を通過する電力量と円盤の回転数は正比例するから、光電管より出る電気的インパルスの数は正確に電力量に比例する。このインパルスの数は通常最高数十サイクルにして、これを数千サイクルの搬送波が変調して遠隔地に送る。

受信側B点においては搬送波を增幅検波して数十サイクルのインパルスを得る。これを元の電力量に指示せしむるために2図に示す如き周波数計の原理による。同図（イ）は継電器を利用して（1-2）端子に加えられる低周波入力の正負の交互の半サイクル毎に、開閉器Sを交

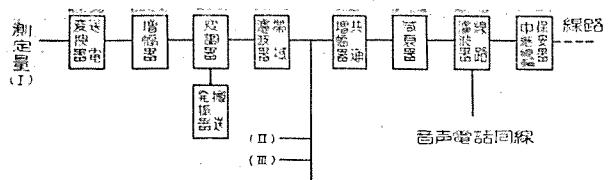


2 図

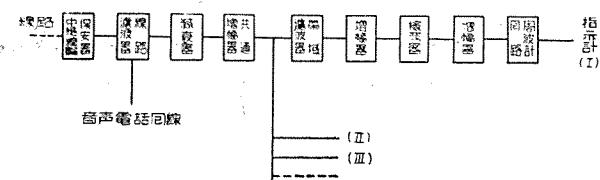
互に開閉する。Sの舌片が下方に接続されている時には、電源Eより蓄電器Cを充電し、舌片が上方に接続される時には、Cの電荷は指示計Mを通じて放電する。かくして指示計Mには一方向のみの電流が通過し、かつ単位時間内の回数は入力周波数に比例する。蓄電器の電荷 $Q = CE$ であるから指示計は fCE に比例する。したがつてMの指示は入力の f に比例し、送信側の電力量を指示することになる。2図（ロ）は継電器で機械的に開閉する代りに、真空管 V_1 , V_2 を使用して陽極電流を交互に遮断して（イ）と同様の動作をせしめるもので、相当の高周波においても正確に動作する利点がある。

3. 伝送方式

搬送式テレメータの全系統を送信側、受信側に分けて図示すると3図、4図のようになる。これはもちろん



3 図 送信側系統図



4 図 受信側系統図

通信線を利用したもので、近時実施の機運にある電力線を使用したものは電力線へ結合回路の部分のみ多少異つてくる。

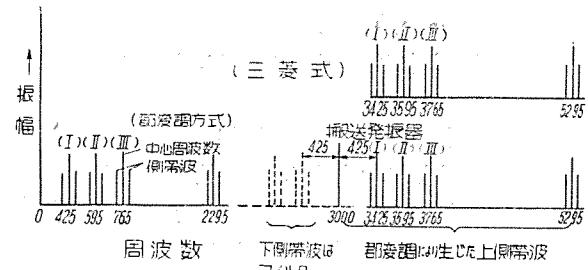
数多くの測定量を少い線路を利用して遠隔地に送るために、多重搬送波方式を使用している。搬送周波数の配置割当は 3 kc から 6 kc の間に 12 通信路を取り得るようになつていて、相隣る中心周波数の間隔は 170～、通過帯域幅は 80 ～である。送量変換器の出力周波数は測定量の零と最大値との間において、5～から 60 ～の間に変化する。これを搬送波発振器により変調して周波数を 3～6 kc の搬送周波数帯に移し、ここで他の測定量 (II) (III) ……等のチャンネル (II) (III) ……等と混合し、共通増幅器で增幅して送出する。このような周波数の配置は当社独自のもので、非常に搬送波部の構造が簡単となつてテレメータの如き常時運転して故障少く信頼度の高いものには非常に有利な特長である。比較のために一般に行われている方式を述べると次の如くである。すなわち搬送電信等に用いられたものと同様で、送量変換器からの数十サイクルの出力をそれぞれ音声周波発振器 (425～2,295～) にて変調し、ここで各チャンネルを混合して、更にこれを搬送波発信器にていわゆる群変調して線路に送出する。この群変調方式においては受信側で復調する時に、送信側と同期した発振器が必要となつてくる場合がある。

当社の方式においては、受信側では単に検波するのみでよいから、周波数変動に対して面倒な考慮を払う必要のある発振器が少く、送受共に構造が簡単となつて好都合である。上記周波数配置を図示すると 5 図のようである。帯域濾波器は送信側には 1 段、受信側では 2 段継続している。その減衰特性および接続図は 6 図の如くである。

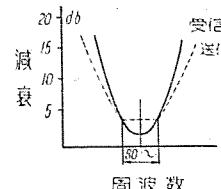
4. 構 造

送信側、受信側共に垂直自立式の標準鉄架（前幅 520 高さ 2,350）に搬送規格の新実装方式により各盤面を収容している。6 チャンネルを 2 鉄架に収容するを標準型

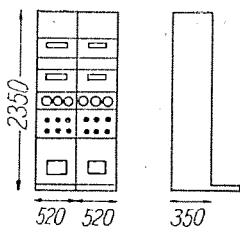
搬送式テレメータ・津村・杉多



5 図



6 図



7 図

としている。7 図のような外観である。内部の部品配置は全部平面的に取付けて修理点検に極めて便利な構造となつている。

各盤面の種類は次の如くである。

1. 線路濾波器盤
2. 共通増幅器盤
3. チャンネル送量（または受量）器盤
4. 測定計器盤
5. 警報器盤
6. レベルメータ盤
7. 電源盤
8. 自動電圧調整盤
9. 指示計器盤（受信側のみ）
10. 総合変流器盤（送信側のみ）

ア. 線路濾波器盤

音声周波電話回線とテレメータ回線とを分離するために、低域、高域濾波器を使用す。遮断周波数はそれぞれ 2,700 ～、および、3,300 ～ インピーダンスは 600Ω である。

イ. 共通増幅器盤

送信側は CZ-501-D 1 本、CZ-504-D 1 本を使用し、歪率を減少して安定増幅をするために負帰還回路を使用す。出力管 CZ-504-D の出力は線路状況に応じて適当な固定減衰器を通して、線路

送出レベルは裸線の時 10db とす。受信側は CZ-501-D 2 本を使用しているが、回路としては同様なものである。

ウ. チャンネル送量(受量)器盤

この中に電力盤、電圧盤、周波数盤等に分かれているが、前二者はほとんど同様の構造を有している。使用真空管は CZ-501-D、および、CZ-504-D である。

(1) 送量器盤

測定量が、例えば電圧・電力等に応じてそれぞれ電圧・電力送量変換器により測定量をインパルスの数に変換する。これは光電管(17-G)の出力電流となつて現われるから、一段増幅後搬送周波発信器により搬送波に乗せる。これを帯域濾波器により不要な側帯波を除去して後、各チャンネルを重疊する。この点のレベルは 0db に保つ。

(2) 受量器盤

共通増幅器の出力を 2 段の帯域濾波器により分離して増幅後、2 極管検波し、更に低周波増幅後、2 図(ロ)の回路により、指示計にそれぞれ電圧・電力・周波数等の指示をさせる。

エ. 測定計器盤

各真空管の陽極電流・織条電流および電圧をロータリースイッチを切換えることにより、すぐ点検できて、保守・修理に便なる構造としている。

オ. 警報器盤

真空管が故障を起して陽極電流・織条電流が零近くなつたりあるいは可溶片が切断すると、直ちに警報ベルを鳴らして保守者に注意を与えると同時に、2-G 型信号灯により故障の位置を明示する。

カ. レベルメータ盤

各部のレベルを監視できるように、送信側・受信側におのおの一面付属する。測定範囲は ±30db、周波数範囲 0.2~30 kc 入力インピーダンスは 600Ω および高インピーダンスの 2 種ある。

キ. 電源盤

供給電源は 200V(または 100V) A.C. 単相で、各

鉄架の下部に取付けられている。整流器はセレン整流体を用い、直流出力は 250V, 280mA, 24V, 6.8 A となつていて。

ク. 自動電圧調整盤

電源電圧が定格値の (-) 40% より (+) 30% 周波数が定格値の ±10% 変化しても出力電圧は ±5 % 程度に入るようになっている。

ケ. 指示計電圧

受信側鉄架に取付けると同時に、別の指令室にも同じ指示計を並列に付している。指針の震動を防止するため大容量の蓄電器を持つている。

コ. 総合変流器盤

2 回線以上の電力を総合するために総合変流器を有する。

以上の他にテストターミナル P.T. 用、C.T. 用等を付している。

5. 性能

送受信の全系統を通じて定格電圧・定格電流・定格周波数・力率 1 室温 20°C 濡度 70% の標準運転状態において総合誤差は指示計最大目盛の 2% 以内となつていて。周波数指示計の場合には測定範囲の 2% 以内である。なお、本装置は下記の範囲内において動作する。

電源電圧 定格値の (-) 40% より (+) 30%

電源周波数 定格値の (-) 15% より (+) 10%

室温 (-) 10°C より (+) 40°C

搬送部の性能は標準線路損失(30db) 以内の通信線を使用してレベル変動 ±10db 各チャンネル毎の信号対雑音比 20db 以上において上記誤差以内に動作するよう設計されている。

6. 結言

本機の特長としては、要するところ電気的にも、機械的にも構造を比較的単純化して、誤差率および、故障率を極めて少くしてこの種機器の信頼度を高め、かつ点検・保守を容易にしている点にある。

遠方監視制御装置

神戸製作所 尾畠喜行

軍需製造の影響を受けてか、わが国の遠方監視制御計画は第2次大戦中一時下火になつてゐたが、終戦を契機として再び盛んになつてきた。遠方監視制御方式の特長は

- (1) 集中監視制御ができること。すなわち各所に散在する諸設備の状態監視・制御が集中的にできるから、一貫した主旨の下にこれらを統制することができる。
- (2) 人件費の節約。被制御所を無人化しても設備の運営ができる。
- (3) 人類文化の向上に寄与すること。水力発電所のあるものの如く、設備が宿命的に辺境の地に設けられる関係上、文化から遠い生活を余儀なくされる人がある。かかる設備は遠方制御によつて無人化すればこれらの人々を文化的に救うことができる。
- (4) 保健上の寄与。有毒ガス・高温・高湿・寒冷等人類の保健上有害な場所にある設備も遠方制御によつて無人化することができる。

等である。

遠方監視制御は制御所と被制御所との間に空間的距離がある場合の制御方法であるから、必然的に両所間に連絡線を必要とする。その最も簡単なものは必要数だけの連絡線を用いる方法で、極めて近距離の制御には用いられる場合もあるが、技術的には遠方制御とは言い難い。普通言われる遠方制御は、監視・制御等の項目よりも少ない条数の連絡線を用いるもので、当社の方式には整流式・2線式・4線式の3種がある。

なお被制御所設備の制御に予め定まつた順序を定め得る場合は、被制御所内部を自動化して制御・監視の項目数を減する方が遠方監視制御方式を簡潔にする上に有効である。

また監視には被制御所設備の状態を知る外、量的監視を必要とする場合が多い。この量的監視は遠方測定と称せられるもので当社の方式には電流平衡式・直流衝流式・交流衝流式・搬送衝流式等がある。

1. 整流式

この方式は遠方制御用電源に交流を用い、整流器の補助によつて1条の制御線を二様の目的に使用することを特長とするものである。交流電源の設置場所は制御所・被制御所の何れでもよい。必要な連絡線の数Nは、制御

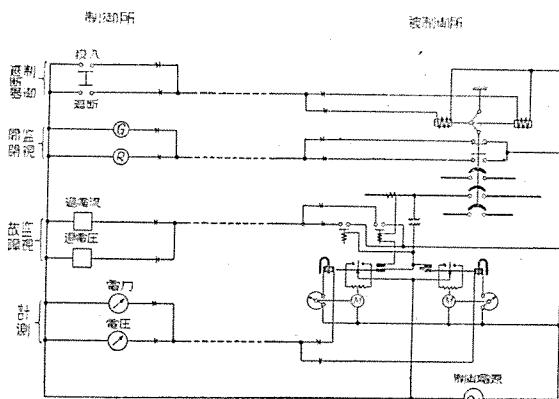
監視、計測等の総数をMとすると

$$N = \frac{M}{2} + 1 \quad (M \text{が偶数の場合})$$

$$= \frac{M+1}{2} + 1 \quad (M \text{が奇数の場合})$$

となる。後述の方法に比すれば連絡線の数は割合多くなるが、両端の遠方制御設備が簡単になること、同時制御監視計測ができること、直接制御と同等の効果を有すること等の利点を有するから、距離の近い場合(数km以下)、および項目の少い場合に用いて便利である。

1図は一例として1台の遮断器の開閉制御・開閉監視・過電圧および過電流の監視・電力・および電圧の遠方計測を行う場合の要旨を示したものである。



1図 整流式遠方制御監視計測方式

2. 2線式

この方式は2本の連絡線によつて監視制御するもので、総電器式パルス同期式である。この方式の詳細を簡単に説明し盡すことは困難であるが概要次の如くである。すなわち被制御所の機器に対して予め特定数のパルスをそれぞれ与えて置き、パルスの数によつてまず機器を選択する。しかして別途定められた操作用の数のパルスを送れば機器の制御または監視をすることができる。例えは今4パルスで選択される遮断器があるとする時その制御監視は次の如き経路を経て行うことができる。

ア. 制御所にて該遮断器の選択電鍵を操作する。

- イ. 制御所から 4 つのパルスが連続的に出て制御所。被制御所のパルス計測器を作動する。
- ウ. 被制御所から 4 つのパルスが返送されて制御所に選択確認を表示する。
- エ. 制御所の遮断器開閉器を操作すれば投入の場合は 5 つ、遮断の場合は 3 つのパルスが送られ遮断器に投入または開放される。
- オ. 遮断器が実際投入されれば 5 つ、開放されれば 3 つのパルスが返送されて、制御所には開閉が表示される。
- カ. 遮断器が自動的に状態変化をした場合には被制御所から始動される。
- キ. 投入用。遮断用パルスの数は全ての遮断器に共通である。

以上の如くパルスの応答によつて行われるものであるから、被制御機器数の増加に伴つて制御時間が延長する。この方式は被制御機器が 10 個までの場合に留めて、それ以上は次の 4 線式を採用することにしている。

2 図は 2 線式回路の一例を示す。

3. 4 線式

この方式は 4 本の連絡線によつて多数の被制御所機器を制御・監視するもので、継電器式同期運動式である。

連絡線 4 本の使用内訳は

- 1 本 共通線
- 1 本 同期運動用
- 1 本 制御用
- 1 本 監視用

としてある。何れにしても 4 本の線を用いて多数の機器を任意に制御・監視すること故、機器に関して制・被制御所間の連絡上統制をとることが必要である。このため各機器には予め一定の序列を定めその序列にしたがつて動作する継電器群が制・被制御所共別個に設けられている。しかし前記同期運動線は制・被制御所に別に設けられた序列前進用駆動継電器の連繋を保つものである。制御所には各機器毎に選択開閉器が設けてあり、これを操作しておけば序列の前進はその位置で停止するからその時制御開閉器を操作すればその序列位置の機器を制御することができる。また停止中の序列は最初始動開閉器によつて始動され序列は全部完了するまで前進する。

今序列 5 番がある遮断器に関する位置としこれを制御する場合の概要を述べれば

- ア. その遮断器の選択開閉器を操作する。
- イ. 始動開閉器を操作すれば制御所・被制御所共序列は 1・2・3・…と前進し 5 番位置にて停止する。この時選択確認表示灯が点火する。
- ウ. その遮断器の制御開閉器を操作すれば、制御所からの閉閉指令は制御用連絡線を経て被制御所に伝達され、遮断器は閉または閉する。
- エ. 遮断器が閉閉すれば閉閉の結果信号は監視用連絡線を経て制御所に返送され、制御所に表示される。

- オ. その遮断器の選択開閉器を元に戻せば序列は次へ前進する。
- カ. 最終序列に至れば装置は始動前の状態に復する。予め多数の機器を制御しようとする場合は、それぞれの機器の選択開閉器を予め操作した後装置を始動する。しかしてそれ等の機器を序列の若いものから順次操作すれば、1 回の序列前進操作で所望の機器を制御することができる。なお被制御所から制御所に連絡すべき事項の発生した場合、本装置は被制御所から始動されて所要事項が制御所に伝達表示される。

以上の如く監視制御は 4 本の連絡線を以て遂行することができるが、その方法はあくまで選択的である。したがつて選択方法によれない要望（例えば常時表示遠方計測・被制御所機器の非常停止）のある場合には前記 4 本の外に独立の連絡線を必要とすることは已むを得ないが、このため増加する連絡線数を一律に定めることはできない。

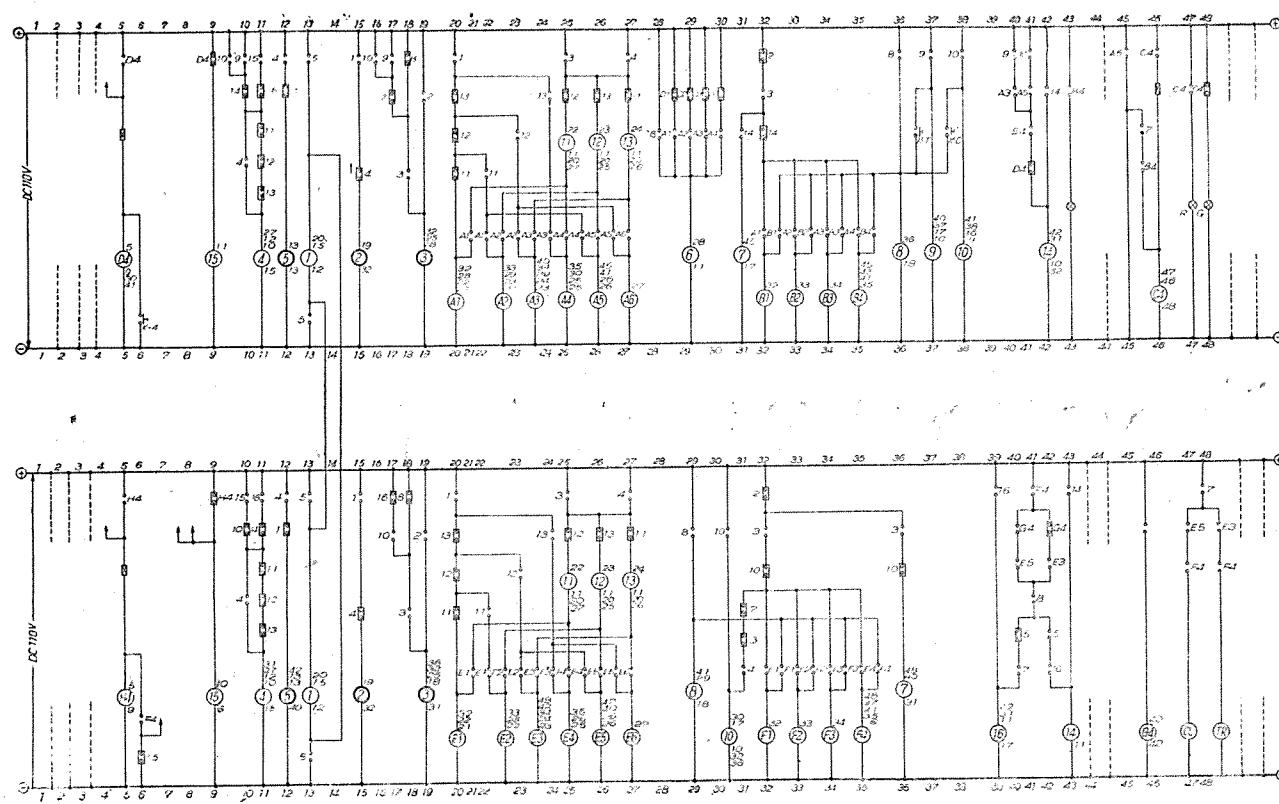
3 図はその一例で、本図は次の如き要求を満足するものである。

連絡線割当

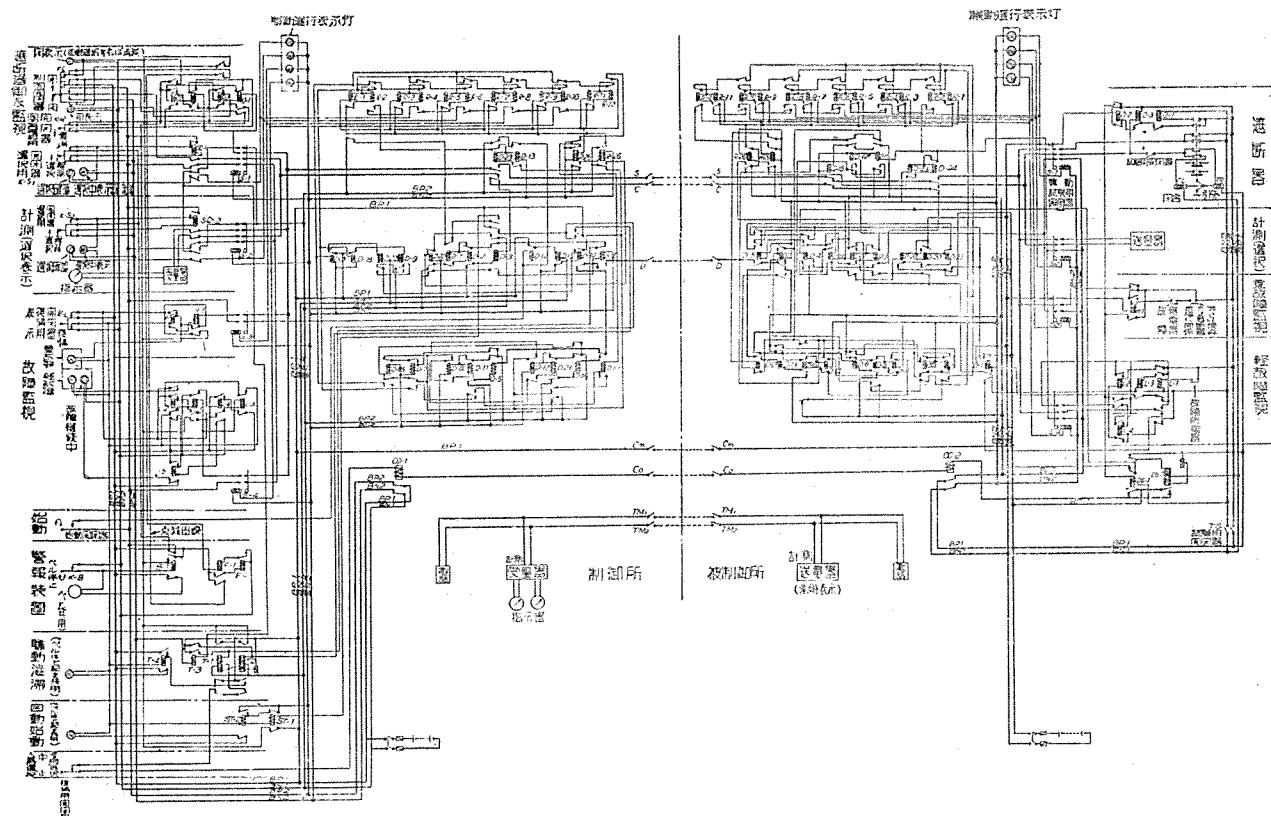
- 1 本 共通線 Cm
 - 1 本 同期運動駆動用 D
 - 1 本 制御用 C
 - 1 本 監視用 S
 - 1 本 同期運動中断、および始動前復帰用 Co
 - 2 本 搬送式常時表示計測 および電話用 Tm
 - 4 線式にて選択制御監視するもの
 - 遮断器 1 台の開閉制御、および開閉監視
 - 選択表示遠方計測 1 個
 - 重故障監視 1 個
 - 軽故障監視 1 個
- 以上の項目が増加すれば継電器を増す、連絡線条数は増加しない。

その他

- 電話 1 回線
- 搬送式常時表示遠方計測 2 個
- 同期序列進行延滞表示、警報。この場合装置は始動前の状態に自動復帰。
- 自動始動の表示、警報。
- 人為的序列進行中断可能。
- 故障優先。制御所から操作中の場合でも被制御所に故障の発生した場合、本装置は始動前の状態に帰り被制御所から始動して故障表示を行う。
- 一般に小数線式は連絡線の条数を減少することが主眼であつて、このため制・被制御所の監視制御設備は複雑となるものである。しかして小数線式においても条数を若干増加すれば両端設備が簡単となり、全体の設備費は却て減少し得る場合もあるから、設備台数・監視制御の内容・制被制御所間の距離等を場合々について検討する必要がある。



2 図 2 線 式 遠 方 監 視 制 御 装 置



3 図 4 線式を主体とした遠方監視制御装置

注意・遠方選択監視制御し得るもののは

遮断器の開閉制御および監視

遠方計測

重故障監視

監障故輕

の場合は示す

1

1

1

1

1

同期調相機制御装置

神戸製作所 尾畠喜行

同期調相機の制御方式を大別すれば、自己起動方式と起動電動機付起動方式の2種類となる。前者は起動用変圧器によつて起動時電圧を低め、調相機を誘導起動する方法であり、後者は起動用電動機によつて起動する方法で起動 kVA は前者よりも少い。この両者のうち、何れを選ぶかは調相機容量、起動 kVA が系統におよぼす影響等によつて異なるが、大体小容量の場合は前者を、大容量の場合は後者を用い、その限界は 10,000~15,000kVA 付近にある。

調相機を設置する変電所は相当電気設備も複雑で容量も大きいから無人変電所とはせず、したがつて調相機の自動方式は半自動一人制御方式となる。ただし建屋を節約する見地から調相機を屋外用とし、遠方制御方式を加味した方式を採用することがある。

1. 補助設備

調相機を円滑に運転制御するためには種々の補助設備が必要で、これには大要次の如きものがある。

ア. 圧油ポンプ 起動時軸受の下面から圧油を供給し軸と軸受の間に油膜を作つて起動時摩擦を軽減するためのもので、誘導電動機駆動である。容量は小さいが 100 気圧前後の圧力を生ずる。調相機の起動前に起動し調相機速度が上昇すれば停止するよう制御される。

イ. 潤滑油ポンプ 軸受の潤滑は小容量調相機の場合油環自励式であるが、大容量機の場合は潤滑油ポンプによる循環式給油方式を採用する。ポンプは誘導電動機駆動で調相機の運転中は自動的に運転される如くする。常用・予備の2組を設ける場合は予備ポンプを蓄電池による直流駆動とする方がよい。ただし交流電源の確保できる場合は何れも交流駆動とする。

ウ. 冷却水ポンプ 軸受・潤滑油、および、空気循環冷却方式を採用する際の空気冷却に用いるものである。常用予備の2組を設ける場合もあるが何れも交流駆動とする。

エ. 起動用変圧器 自己起動の場合は調相機回路に、また電動機起動の場合は起動電動機回路に挿入される。起動電動機は通常 3kV 定格であるから、所内交流にこの電圧が得られれば設けないこともある。起動時以外は必要が無いから短時間(普通 30 分)定格とする。

オ. 起動電動機 調相機と同期速度の等しい巻線型誘導同期電動機で、誘導電動機として起動し起動後 2 次巻

線に直流励磁を加えて同期化される。通常 30 分定格である。

起動用 2 次抵抗は自動加速装置によつて速度の上昇に伴い順次短絡せられ、誘導起動を完了する。速度上昇を確認する方法は電流の減小を電流继電器によつて検出するものが多く用いられている。

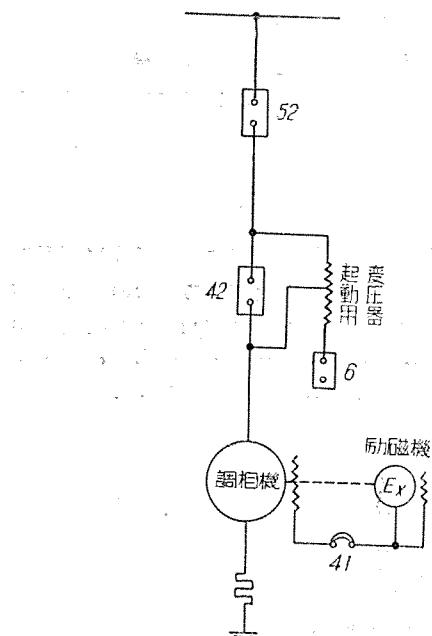
誘導起動を完了すれば 2 次抵抗器を開き 2 次側に直流励磁を加えて同期化させる。この目的のための励磁機は調相機用の励磁機を用うる場合もあるが、励磁電圧が低いから別の短時間定格電動励磁機を用いることが多い。

カ. 励磁機 通常直結励磁機であるが、水素冷却の場合またはロートトロール增幅励磁機を用いる場合は別の電動発電機とする。大容量調相機または界磁抵抗器型電圧調整器を設ける場合は副励磁機を設置することが多い。

キ. 自動電圧調整器 同期発電機の場合と同様に振動型・界磁抵抗器型の2種の他、最近ロートトロール增幅励磁機による静止型電圧調整方式がある。この方式は導線網回路によつて調相機電圧の偏差を見出し、これを整流してロートトロール励磁機の制御界磁に加えるもので無接点電圧調整器である。

同期発電機の場合は駆動用動力と直結されているから、単独運転においても電圧との関連があること、および原動機の特性上負荷遮断時の速度上昇が電圧におよぼす影響を考慮する必要がある。調相機の場合かような点は安易であるが、一方遅相進相容量を満足する必要から、界磁電流の調整範囲がきわめて広い特異性を有する。したがつて自動電圧調整装置もこの要求に合致する如く広範囲型としなければならない。

調相機は受電端の電圧確立と系統安定度確保の見地からきわめて重要なものであり、また発電機の如く原動機出力によつて宿命的に決定されるものに比べると系統中の設備数は遙に少く、かつまた負荷量が電圧により一義的に決定される点等を考える時に、調相機付属品としての電圧調整器の使命は重大である。しかし調相機本来の使命のみを顧慮すれば、系統異常時に過電流運転によつて調相機を焼損する懸念があるから、調相機を焼損から保護し得る如き特性を有する電圧調整方式が望ましい。かような見地から近時当社では調相機用に対しても、電流限定式電圧調整方式を採用し

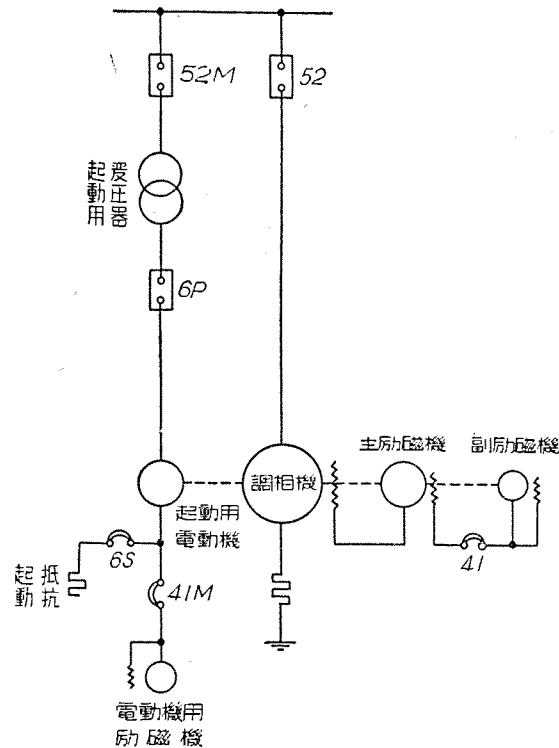


1 図 自己起動方式回路

ている。補助設備にはこの他にも種々あるが調相機用としての特異性はないから割愛する。

2. 起動方法

起動方法を簡単に説明すれば次の如くである。これ等の制御を一人制御方式によつて行う場合は、配電盤上の主制御開閉器を操作すれば階段的にまたは連続的に完遂される。



2 図 起動原動機方式回路（従来方式）

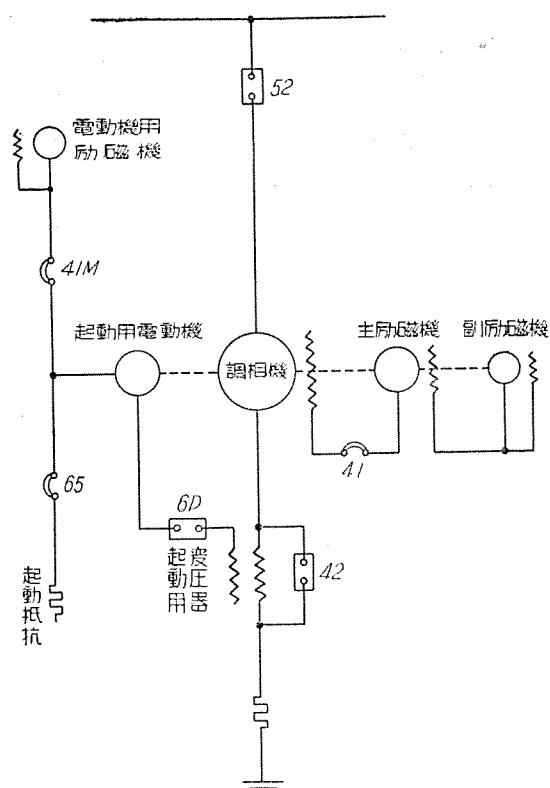
ア. 自己起動方式(1図参照)

- 潤滑油ポンプの有る場合はまずこれを起動する。
 - 圧油ポンプを起動する。
 - 起動用遮断器 6 を閉じる。
 - 主遮断器 52 を閉じる。調相機は誘導起動する。
 - 速度の上昇を電流継電器によつて確認し、界磁遮断器 41 を閉じる。調相機は同期化される。圧油ポンプは停止する。
 - 暫時の後 6 を開き運転用遮断器 42 を閉じれば起動は完了する。

1. 起動電動機方式

通常の回路は2図の如くでその制御順序は次の如くである。

- 潤滑油ポンプ・冷却水ポンプの有る場合は起動に先立つてまずこれ等を起動する。
 - 圧油ポンプを起動する。
 - 電動機用主遮断器 52M を閉じる。
 - 電動機 2 次側起動用遮断器 6S を閉じる。
 - 電動機 1 次側起動用遮断器 6P を閉じる。電動機は誘導起動する。
 - 加速電流継電器によつて速度の上界を確認しながら、順次起動抵抗を短絡する。電動機速度は次第に上昇する。
 - 最終速度段階にて 6S を開き、同期化用遮断器 41M を閉じて、電動機 2 次側に直流励磁を加える。圧油ポンプは停止する。



3 図 起動電動機方式回路(新方式)

8. 界磁遮断器 41 を閉じて調相機に加励する。
9. 調相機電圧を線路側と平衡させる。両電圧の位相は予め電動機と調相機との結合を調節しておけば、大したずれはないが、大容量機にあつては電動機の直流励磁を変化するか、または電動機との結合位相を変化して位相調整を行う。
10. 主遮断器 52 を閉じる。
11. 52M・6P・41M を開く。

以上は従来の方式であるが当社では最近3図の如き方式も実施している。

1. 前述の1・2と同様である。
2. 主遮断器 52 を閉じる。
3. 前述 4・5・6・7・8 と同様である。
4. 界磁電流が無負荷規定値に上昇した際、6Pを開いて運転用遮断器 42 を閉じる。

この新方式は、調相機系の高圧交流回路が主遮断器52によつて集約できること、調相機も起動回転力を発生するから電動機容量が少くなること、最終状態にて調相機が同期化されていること、遮断器 42 の遮断容量は小さくてすむから 2 図の遮断器 52M に比べると安価にできること等の特長を有する。

3. 負荷・停止・制動

既述の如く調相機の負荷は誘起電圧の調整によつて一義的に決り、電力分を含まないからきわめて簡単である。また運転停止も原動機を持たないから回路との遮断によつて容易に行うことができる。

制動には次の如き諸方法がある。

- ア. 鉄損制動 調相動に直流励磁を加えて調相機内の鉄損によつて制動する方法である。
- イ. 発電制動 起動電動機付の場合には起動電動機に直流励磁を加え、その発生電力を制動抵抗器に吸收させる方法である。直流励磁は1次側に加える場合と2次

側に加える場合とがあり、前者の場合は制動抵抗器に起動抵抗器を兼用する。

- ウ. 逆転制動 起動電動機の1次側に逆相電圧を加えて行う方法で、電流の制限は2次起動抵抗器を流用する。

4. 保護装置

保護繼電器動作の際にはその内容によつて直に運転を停止するものと、単に警報のみに留めるものの2種類がある。調相機の特質によつて多少差別があるが概ね下記の如きものを設ける。何れも故障発生の際には警報すると共に事故の種類を集合故障表示器に表示する。

ア. 運転停止

1. 調相機相間短絡
2. 調相機内部接地
3. 調相機層間短絡
4. 調相機過電流
5. 調相機過負荷経続
6. 脱調
7. 起動電動機過電流
8. 軸受過熱大
9. 潤滑油断油
10. 起動遅延
11. 逆相電圧
12. 過電圧

イ. 軽故障警報

1. 励磁機過電圧
2. 冷却水断水
3. 軽度軸受過熱
4. 低電圧
5. 制御回路接地
6. 制御電源低電圧
7. 補助機用電動機の単相運転

誘導電圧調整器

(RS型単相および3相油入自冷式 5kVA以上, 1,000kVA 15,000V以下)

伊丹製作所 村上 有

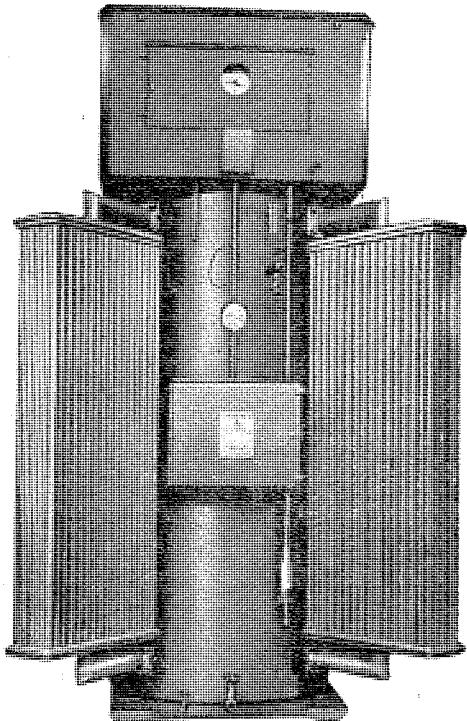
1. 緒言

近時電気事業におけるサービスの改善向上が叫ばれ、配電の面においては良質の電気を豊富に供給することが第一に要請されるに至り、電圧調整上誘導電圧調整器の重要性はますます増大してきた。

3相配電線においては3相誘導電圧調整器が専ら用いられ、特殊の場合を除いては油入自冷式が普通であり、操作方式として電動操作のみでなく自動調整を行う場合が多くなつた。

当社においては大正の初め誘導電圧調整器の製作を開始して以来、現在まで製作台数563台、総容量44,520kVAにおよび、最近の記録としては日産化学富山工場に700kVAを納入した。(1図)

以下当社の標準としているRS型誘導電圧調整器について簡単に説明しよう。



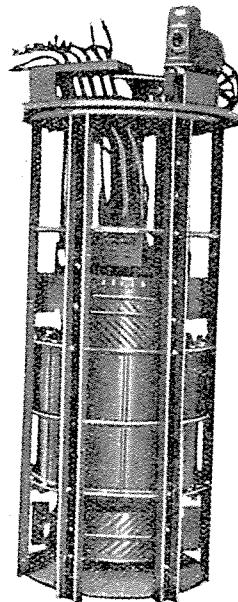
1図 700kVA 誘導電圧調整器

2. 機械的構造

誘導電圧調整器は誘導電動機と同様の構造であつて、

とくに固定子と回転子間の空気間隙が小さく、また、当社では資材・重量・損失を軽減するため2極とするのが普通であるから床面積は小さくなるが、丈は高く軸が長くなつていている。したがつてその機械的構造において他の電気機械では見られない特別の注意を払う必要がある。

RS型誘導電圧調整器においては軸は、とくに太くして機械的に丈夫にし、回転子と固定子との中心線を一直線上におき、かつ、空気間隙が全周間に沿つて一様になるように調整の上、各部を強固に取付けている。また、軸には球軸受を使用しており、各部特殊の構造と精密な工作とによつて運転が円滑であり、振動と騒音が少く短絡その他の事故に対して機械的に丈夫なものとなつてゐる。2図はRS型誘導電圧調整器の内部構造を示したものである。



2図 RS型誘導電圧調整器 内部構造

3. 卷線

誘導電圧調整器の1次巻線は線路に並列に、また2次巻線は線路に直列に接続されているので、線路に起つたサーボの侵入、および、短絡による衝撃などを受け、電気的および機械的に極めて苛酷な状態に置かれている。これらの点に關しとくに注意を払い、1次側2次側共に巻線は鉄心からマイカシェルで絶縁され、層間絶縁物としておののおの2巻回ないし6巻回ごとにマイカ絶縁物を

挿入し、各線輪は1個ごとに数千ボルトの高周波絶縁試験を施行したものを使用し、組立後も同様の高周波絶縁試験を施して安全を期している。

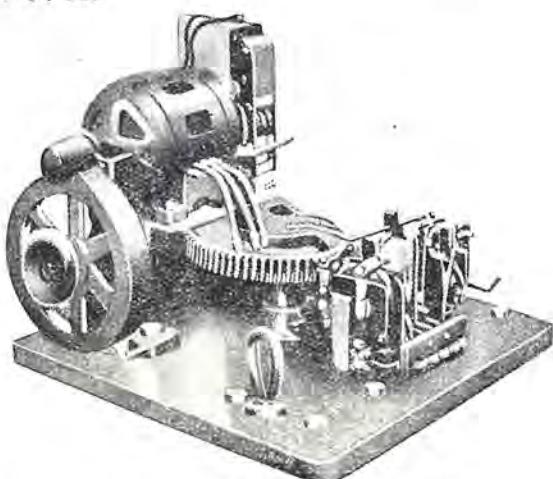
最近は誘導電圧調整器に対しても変圧器と同様、衝撃電圧試験を施行する場合があり、これに対し十分耐えるよう設計工作を行つてある。巻線の機械的歪に關しても考慮し、1次2次巻線共両端において適當な方法で固定し緊縛している。とくに回転子への接続線は當時の摺動によつて無理のかからぬように吊り下げる支持され、また、十分な可撓性と絶縁力を保持した導線を使用している。

4. 外箱および付属品

誘導電圧調整器は静止器であり、絶縁と冷却のために油を使用する関係上、その外箱構造は変圧器に類似している。すなわち円筒形の銅板溶接タンクを使用し、容量に応じて放熱管を直接タンクに溶接するか、または、別個の放熱器を取付け油入自冷式としている。およそ1,000kVA以上の大型で、とくに床面積の狭少を要する時には水冷式(RW型)も用いられる。

外箱には普通、温度計・油面計・油弁・銘板・接地端子などを付し、必要に応じて移動用車輪・ダイヤル温度計・放熱管などを付属することもできる。電動操作のものでは操作用電動機・制動機・補助繼電器・位置表示器などをカバー上に配置する。(3図)

屋外用誘導電圧調整器は内部構造は屋内用と異なるところはないが、ただ、屋外設置の目的に添うように、上部の電動操作室に適当なカバーをつけ密封構造としている。(1図)



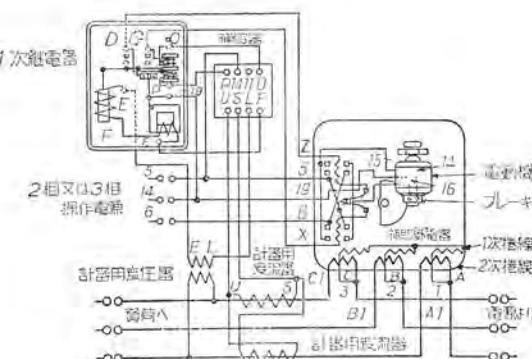
3図 RS型誘導電圧調整器制御装置

5. 誘導電圧調整器の自動制御

誘導電圧調整器の自動電圧制御装置として必要な標準器具は次の如きものである。

- (1). 3相操作電動機および電磁制動機(3相200/220V 50/60~誘導電動機)
- (2). 補助繼電器(制限開閉器付)

- (3). 1次繼電器(R型)
- (4). 計器用変圧器(線路電圧計用と兼用も可)
- (5). 線電圧降下補償器(RC型)
- (6). 計器用変流器(線電圧降下補償器を附けた時にのみ入用)

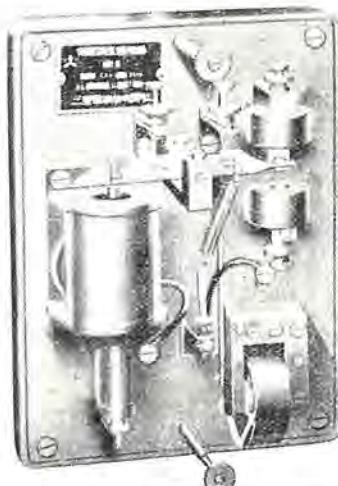


4図 3相自動誘導電圧調整器接続図

4図は3相の場合における標準器具の接続を示している。

1次繼電器は自動調整の根幹であり、当所のR1型電圧繼電器は最も敏感なコントラクト・メーティング・ボルトメータであつて、1.0~1.5%程度の精密度を以て一定電圧に調整できる。5図はその内部構造の写真を示す。これはメーン・コイルと2個のコンパウジング・コイルおよびノーボルト。コイルの三つの重要な要素から成つてゐる。線路の電圧が平常状態にある時は横杆は水平位置をとる。電圧が変動するに応じて、メーン・コイルは横杆を動かし、電圧変動の上下に応じて横杆に附属する左または右の接触片を閉合する。コンパウジング・コイルはこの動作をさらに確実ならしめるもので、メーン・コイルの動作する電圧の上下の限界以外、更に、コンパウジング・コイルで横杆を保持して適度の電圧を保たしめる。

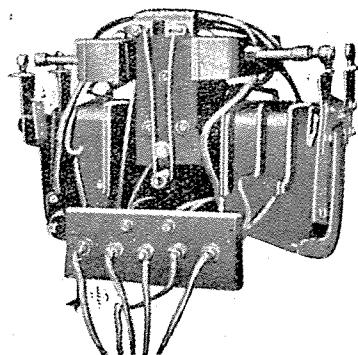
また、接点の確実な保持と小さい電圧変動による乱調(ハンチング)を防止している。ノーボルト・コイルは



5図 1次繼電器

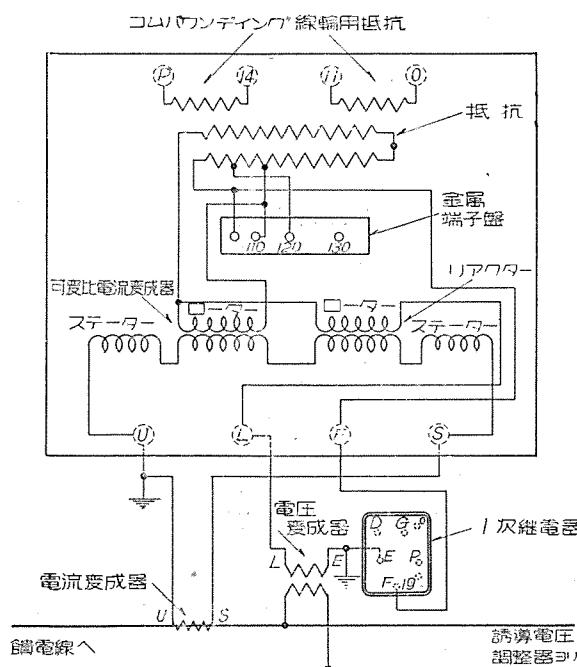
回路の故障などによる電圧の異常降下に際して、メイン・コイルの動作に先行して、直に調整器の電圧を最低値まで降下せしめて故障電流を最小限にするようになつてゐる。

補助継電器は1次継電器によつて動作を制御される電動機回路の開閉器である。6図にその外観を示す。補助継電器はまた制限開閉器の動作を兼ね備えており、主軸につけた歯車の回転の位置がある定められた限度に至るにおよび、電動機回路を開き調整器の回りすぎを防ぐようになつてゐる。



6図 補助継電器

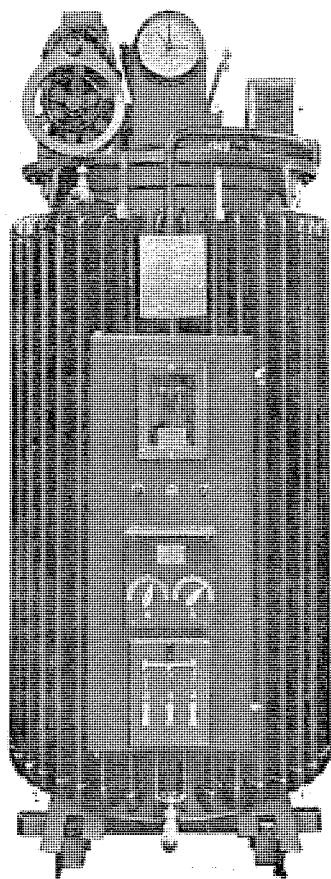
線電圧降下補償器は電圧調整をすべき負荷点が遠距離にある場合、その間の線路のインピーダンスのため負荷電流の変化にもとづく線電圧の降下を補償する目的として使用される。すなわち、負荷電流による変流器2次電流を補償器に加え、補償器内部の抵抗、および、リアクタンス要素中における電圧降下の1次継電器に対する影響をそれぞれ線路の抵抗値およびリアクタンスによる



7図 RC型電圧降下補償器接続略図

誘導電圧調整器・村上

線電圧降下と同一ならしめ、もつて線電圧降下を補償せんとするものである。当所のRC型電圧降下補償器は7図に示すように2個の小型の誘導電圧調整器の構造をした変成器を使用し、抵抗およびリアクタンスの値を連続



8図 屋内用RS型誘導電圧調整器

的に円滑にかつ容易に把手の回転によつて変化させるのを特長としており、標準として、20%の調整範囲を持つている。8図は1次継電器、およびRC型電圧降下補償器を直接取付けた屋内用RS型誘導電圧調整器の外観である。

計器用変圧器は自動電圧制御を行う場合に必要であるが、計器用変流器は線電圧降下補償器を取付けた場合のみ付属せしめる。また、負荷電流を一定にならしめるように電流調整継電器と組合せて、上記1次継電器の代りに使用して、自動制御を行うこともできる。

上記の附属器具は調整器本体に防滴型のキヤビネットに納めて取付けることができるが、また、屋内の制御用配電盤に取付ける方が保守に都合がよい。後者の場合も操作電動機用開閉器は本体の近くに別に設ける方が点検の場合一々配電室と連絡なく操作できる便利がある。

制御盤には電動機が通電中であること、および、電圧が上昇中か下降中かを表示するように白・赤・緑の信号灯が付けられて動作の有様を一目瞭然とし、また、本体の回転子の位置を知らすために、丸型位置表示器がつけられる。

誘導電圧調整器制御装置

神戸製作所 尾畠喜行

誘導電圧調整器の設置目的は大別して可変電圧を得るためと定電圧を得るためとの2種となる。前者は試験用電源設備。化学工場等における回転変流機の電圧調節・劇場等の灯火管制等で応用分野は極めて広い。したがつてその制御も複雑多岐に亘るから誘導電圧調整器の制御部分を総合設備から切離して一律に述べることはできない。後者は主として電気供給事業に用いられ、電圧変動を作り受電電圧を定電圧に変電して配電する如きものである。この用法は誘導電圧調整器応用の首位を占めるものであるから、以下の記述は主として後者の場合を対照とする。

1. 定電圧調整制御

誘導電圧調整器の定電圧調整制御は極めて簡単で、手動調整の場合は電圧計の指示を見て回転子位置を直接または間接に人為調節すればよく、また自動の場合は定電圧調整継電器によつて回転子制御用電動機を制御すればよい。ただし自動の場合は受電電圧の異常低下または停電の際、回転子を電圧最大位置に調節すれば、受電電圧の正常復活によつて負荷に過電圧を印加する虞れがあるから、電圧異常降下の際には回転子を電圧最低位置に復帰せしめるように調整させる必要がある。当社の RI 型電圧調整継電器は、定電圧調整、および異常低電圧復帰調整の2作用を兼備している。

自動定電圧調整装置には線路降下補償器を付属させることが往々ある。これは負荷点までの線路による電圧降下を補償するためのもので、線路インピーダンスと電流の積に比例した電圧を送電端電圧に比例した電圧からベクトル的に差引いて電圧調整継電器に加えるためのネットワークである。

2. 誘導電圧調整器の並行運転

複数の誘導電圧調整機を並行運転する場合、各基の2次電圧は大きさ、ならびに位相を等しくする必要がある。したがつて複数台の並行運転はこれを如何にして等しくするかに着目するが、同型。同一定格の2基のみの場合は CT・PT を設置すれば適当な電流・電圧の組合せによつてこの不等を検出しこれを是正することはできる。しかし3基以上になると極めて複雑困難となるから、これを電圧・電流の関係に求めるよりも機械的に回転子位相を合せる方が遙かに容易になる。この最も簡易なものは各基の回転子を機械的に結合し共通制御する方法であるが、空間的に相距つた各基の連結技術に難しさがある。

最近当社で開発した方法は、各基の回転子の不同を電気的に検出して是正する方法で、その骨子は概要次の如くである。

1図は2基の並行運転を行う場合を示し、 S_1 ・ S_2 は固定磁 F 、および回転子巻線 A ・ B ・ C を有する位相角検出用電圧発生機でその構造はセルシンモータと同様である。 IR_1 ・ IR_2 は並行運転される誘導電圧調整器で前記 S_1 ・ S_2 の界磁 F は IR_1 ・ IR_2 の固定子に固定せられ、また S_1 ・ S_2 の回転子は IR_1 ・ IR_2 の回転子にそれぞれ連結する。しかしてこれ等を図示の如く接続し、 S_1 の界磁 F に交流電圧 E_1 を印加すると、 S_2 の界磁に電圧 E_2 を誘起するがその値は

$$E_2 = E_1 K \cos(\theta_1 - \theta_2)$$

ただし θ_1 ・ θ_2 は S_1 ・ S_2 の任意の相対応する回転子巻線 A が界磁 F に対してなす幾何学的な角度となるから、 E_2 の E_1 に対する位相は

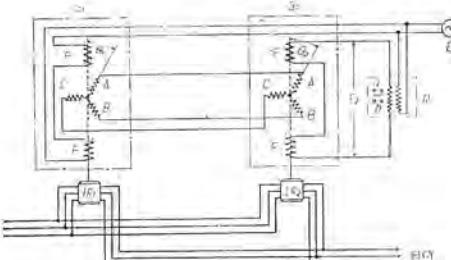
$$-90^\circ < (\theta_1 - \theta_2) < 90^\circ \text{において同位相}$$

$$90^\circ < (\theta_1 - \theta_2) < 270^\circ \text{において反対位相}$$

となる。したがつて今 S_1 ・ S_2 の回転子を固定するに当つて IR_1 ・ IR_2 の回転子が同相位置にある時 $\theta_2 = 90^\circ + \theta_1$ となる如く固定すると、 IR_1 の固定子に対して IR_2 が α のずれを生じた場合には

$$E_2 = E_1 K \sin \alpha$$

となるから、 E_2 の E_1 に対する位相の正負を検出すれば α の正負を見出すことができる。



1図 回転子位相調整説明図

1図の継電器 R はこの位相のずれを検出するもので、接点 A・B によつて IR_2 の IR_1 に対するずれの方向を知ることができる。したがつてこの接点によつて IR_2 の回転子位置を制御すれば両基間のずれを是正することができる。

3基以上の場合には何れか中心になる基を設けてこれに他の基を合せるか、または2号は1号に、3号は2号に、……の如く合せる方法もある。

3. 保護装置

誘導電圧調整器は電気設備としては割合小容量で保護装置も簡略とするのが普通である。通常過電流・過電圧・油温度継電器は設けるが、この他に熱動過負荷継電器を設けることもある。

周波数変換機

神戸製作所 松村敏三

周波数変換機とは、異なる周波数の電力系統を連系し、あるいは特殊な周波数を必要とする工業用電源として使用されるものであつて、その使用法により

- a. 一方の系統から他の系統へ向つてのみ電力を送る非可逆式。
- b. 必要に応じ交互に電力を送り合う可逆式。
と分れ、また機械の性質によつて
 - (1) 周波数の変換比の一定な定比周波数変換機。
 - (2) 周波数の変換比の一定でない可変比周波数変換機。

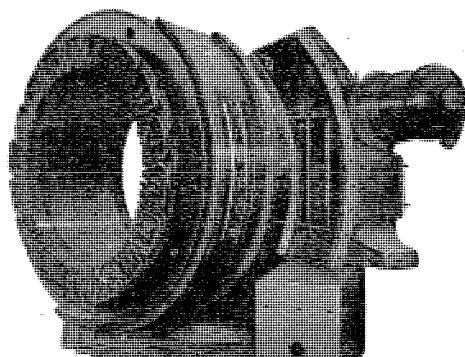
とともに分けられる。周波数変換機には、同期機誘導機等が用いられるが、最近ではイグナイトロン整流器を使用した周波数変換装置も製作されている。最も多く用いられているのは同期・同期周波数変換機であつて、以下主としてこれについて述べて行きたい。

同期・同期周波数変換機は同期発電機と同期電動機とを直結し、おのとのの極数をそれぞれの周波数に応じて適当に選んだ定比周波数変換機である。

構造は通常の横軸同期機と同一構造で容量に応じて、

- (1) 発電機・電動機 共通軸両軸受
- (2) 発電機・電動機 独立軸 3 軸受
- (3) , , , 4 軸受

の何れかを採用する。極数は周波数の変換比により定まるが、できる限り機械の回転数を高めた方が、機械の重量寸法の減少となり有利であるので、これらを考慮しておのとのの極数を選定している。例えば 50~60~両系統に使用されるものはそれぞれ 10 極。12 極・600 rpm が選定されている。また並行運転・負荷の分配調整等のた



1 図 電動操作移相装置

め必要な固定子移動装置すなわち移相装置は、必要に応じて設ける。電動操作と手動操作とあり、変換機の容量その他により、その何れかを採用している。1 図は電動操作の移相装置を示す。

起動方式は小容量のものは自己起動によるが、大容量のもの、および、起動時電流容量に制限のある場合には、起動電動機による起動方式を採用している。

励磁機は電動機・発電機共通の励磁機とする場合と別個の励磁機を設ける場合とあり、発電機側負荷の変動甚しく、電動機に関係なく発電機励磁電流を調整する場合あるいは自動電圧調整器を使用する場合等には後者を採用する。

同期・同期周波数変換機の特長・欠点を考えれば、まず特長とする所は

- (1) 操作が比較的簡単で能率がよく、かつ構造が簡単である。
- (2) 電動機および発電機の両方とも励磁の加減によつて、力率を任意に調整することができる。したがつて、系統の力率改善に役立たしめることができる。

等であるが、また一方その欠点とする所は次のとおりである。

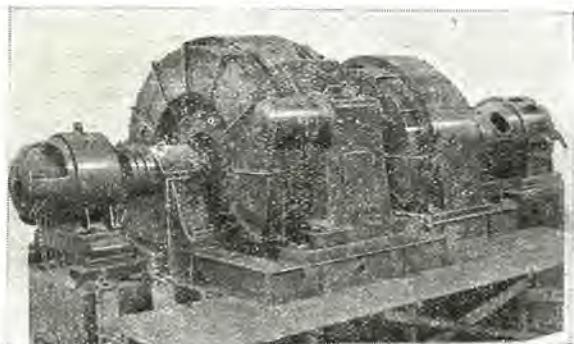
- (1) 急激な負荷・周波数および電圧の変動に対して同期脱出をする傾向があるから、変動のはげしい系統には不適当である。
- (2) 2 つの電力系統を連系する場合、両系統の容量により変換機に最小容量限度がある。すなわち定比周波数変換機であるため、甲系統の周波数が変化し、両系統の周波数比と、変換機の固有変換比とが異つた場合、変換機の容量が乙系統の容量に比して相当大な時は乙系統の周波数を甲系統の変化に応じて追隨させることができると、小さい時は両系統から制肘を受けて同期を外れることがある。故に変換機の最小容量限度があるわけで、系統および変換機の容量・特性によつてその値は異なる。

当社が製作した主な同期・同期周波数変換機を列挙すれば 1 表のとおりである。

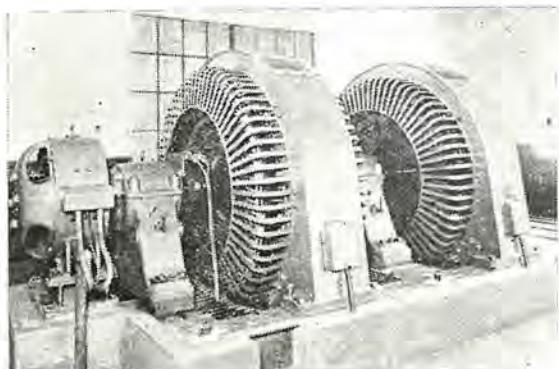
1 表中帝国人絹納入 3,520 kVA は人絹工業用の高周波電力用であつて、本機は定比周波数変換機にも拘らず自家発電の周波数を変化させて、周波数を 132~ から

1表 当社で製作せる主な同期・同期周波数変換機

納入先	同期電動機					同期発電機				備考
	出力(HP)	電圧(V)	周波数(～)	回転数(rpm)	力率	出力(kVA)	電圧(V)	周波数(～)	力率	
土佐吉野川	3,380	3,450	60	600	1.0	3,000	3,450	30	0.8	起動電動機・移相装置付
九州水力	(kVA) 3,920	11,000	50	〃	0.8	3,750	3,500	60	〃	起動電動機・移相装置付 現在・九州配電上山田変電所にあり
三菱鉱業(方城)	3,870	3,500	60	〃	〃	3,200	3,300	50	〃	起動電動機・移相装置付 現在高島炭坑に移設、元は上項九州水力納入品と同一仕様
帝國人絹(三原)	(kVA) 3,700	3,300 ~3,500	60 ~64.2	720 ~77	1.0	3,520	3,240 ~3,467	132 ~141	0.743	起動電動機・移相装置付
三菱化成(牧山)	1,500	3,300	60	600	〃	1,250	3,300	50	0.8	



2図 帝國人絹(三原)納入 3,520kVA 同期・同期周波数変換機



3図 旭磧子牧山納入 1,000kW 周波数変換機

1,250kVA 3相交流同期発電機
3,300V 50~3φ 10P 600rpm
1,500HP 3相交流同様電動機
3,300V 60~3φ 12P 600rpm
30kW励磁機 DC110V 273A 600pm 6P

141～の範囲に変化させるものであり、2図は本機を示す。3図は九州水力納入 3,750 kVA を示す。

また、ターボ発電機・同機同期調相機と同様に、水素冷却方式の採用と言うことが考えられ、米国においては既に行われ Los Angeles にある Bureau of Power & Light Co. の 60,000 kVA の 60~50 周波数変換機はその一例である。わが国においてはまだ行われた例はない。空気冷却による場合、および、水素冷却による場合とを比較して、同様の短絡比・脱出回転力の保持を必要とするため、同期調相機の場合ほど、重量・寸法の減少は大ではない。

終戦直後周波数統一の問題が起り、60~に統一される機運となつたが、結局は立ち消えとなり、僅かに北九州地区にのみ実施されつつある現状である。これに伴い、北九州地区の一部工場・炭鉱等に周波数変換機の需要があつたがそれ以外には、とくに近年その需要は極めて少い状態である。

参考文献

- (1) 楠瀬 康雄 人絹工業用 3.520 kVA 周波数変換機
三菱電機 昭 10 年 10 月
- (2) C.M. La fon Hydrogen cooling of Rotating Machine. E. E. 1936.

ユニットサブステーション(簡易自動変電所)

神戸製作所

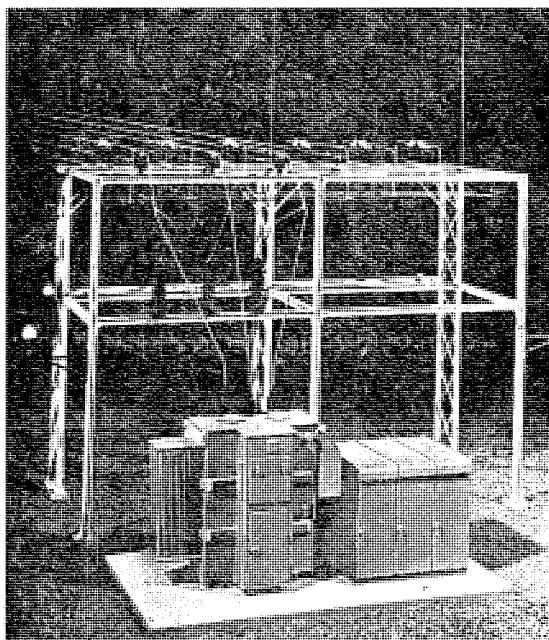
五十嵐信一

1. 緒言

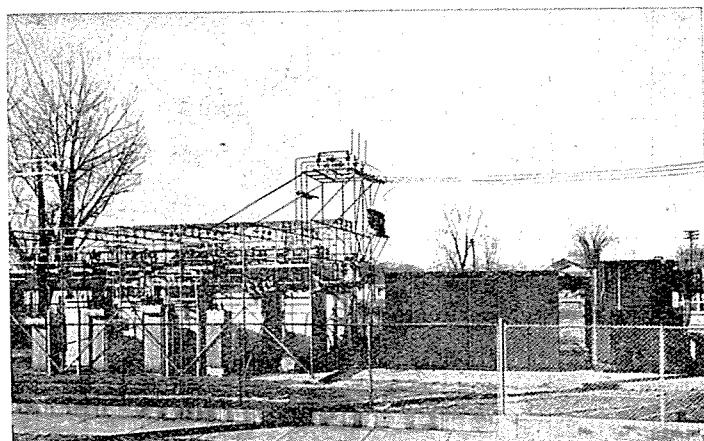
屋外変電所において変圧器・特高器具等を屋外に出すことは今では常識となつてゐる。しかし当然屋外に出してよいものでいまだなつておらないものがある。これが配電盤である。このむだを排除し高度の配電を行うようにしたものがいま米国で盛んに採用されているユニットサブステーションである。

従来の考え方としては配電盤は建家の中にある、少なくとも2・3人の保守員を必要としたのであるが、配電盤を屋外の Metal-clad とし、鉄構・特高配電器具・変圧器・配電盤を一体として敷地・資材・人件費の節約を思いきつて切り詰めたものである。時に緊急用として移動性を持たせるためトラックの上に乗せ一休となしたものもある。

米国においては今次の大戦により Switchgear 関係は長足の進歩をなした。その中でも最も秀逸なものがこれである。国土狭く資源不足なわが国ではぜひともこれを採用すべきものと思う。当社でもこの製作に着手している。



1図 ユニットサブステーションの例



2図 従来の変電所と unit S/S の比較(米国の例)

左は 1,500kVA, 右は 3,000kVA unit S/S

2. 利點

ユニットサブステーションの利点を列挙すると下のとおりである。

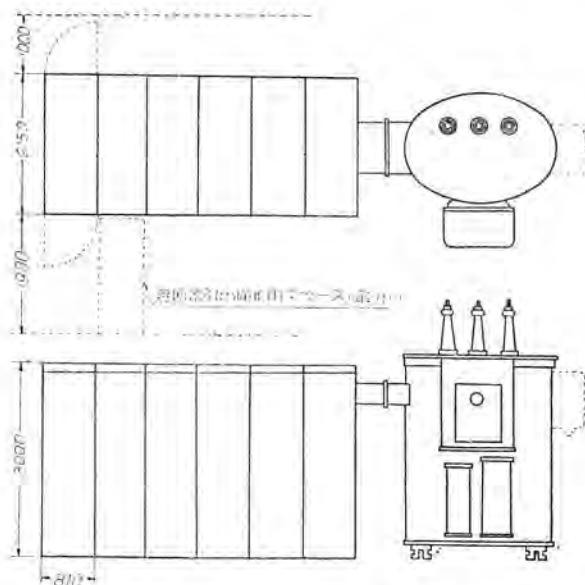
- (1) 配電盤を入れる建家が不要である。
- (2) 変圧器と配電盤とは直結しているからその間のケーブルが不要で接続が簡単である(単一饋電線の場合は変圧器内に取付けられる)
- (3) 変電所全体の据付面積が少ない。従来の方式に比較すると 1/3 以下である。地代が安くつき、負荷の中心地にも設置できる。
- (4) 制御ケーブルが殆ど不要となる。
- (5) 据付が簡単である。建設時間が短い。
- (6) 拡張が容易である(資本の節約となる)
- (7) 移動性がある(緊急の場合に間に合う)
- (8) 据付による間違が起らない。
- (9) 安全性がある(メタルクラッドの利点)
- (10) 人件費の節約(遠方監視制御方式とするか時々見廻るだけで宜しい)
- (11) 建設費が低下する。
しかしユニットサブステーションにも考慮すべき点がある。
 - (1) 雨天および吹雪の際の操作が困る。
 - (2) 溫度の変化により内部に水滴の生ぜぬよう考慮を要す。

(3) 完全なウエザーブルーフ・バーミングブルーフでなければならぬ。

(4) 大型蓄電池の据付場所が問題である。

以上の欠点はあるも何れも解決に困難でなく、現在の当社の技術で克服できぬものはない。

ユニットサブステーションは屋外鉄構・特高配電器具変圧器・メタルクラッド等を合理的に配置し、それに高



3 図 簡易自動変電所 外形図 (饋電線の多い場合)
油入遮断器 6,900V, 400—2,000A 遮断容量 100MVA

度の信頼度を持たせ、無駄を省き総合的効果の上るようにしたものである故鉄構や特高遮断器（時には電力ヒューズを使用する。W社では変圧器の中に internal protective link なる電力ヒューズを入れている）についても特別に考慮すべきところ多々あるも、最大の効果は配電盤を屋外とし変圧器と一緒にしたところにある故以下これについて説明を加えることとする。

3. 変 圧 器

据付面積の節約と2次銅帯をメタルクラッドに接続する上から3相変圧器を採用すべきである。

この場合カバー上部に出る2次套管は不要となり、Single-feeder（单一饋電線）の場合メタルクラッドは変圧器内に内蔵される。また Multi-feeder（多い饋電線）の時には2次銅帯をジャンクションの部分まで出して置き、ここでメタルクラッドと接続される。この場合コンセーベタ付のものは油位が2次ターミナルより上部にあるので油面に対し注意を要することはもちろんである。また空素ガス封入のものは厳重な気密を要する。普通の

場合保守の上から自冷放熱器付のものが多く採用され、高度の配電を行うため負荷の変動、電圧の変動、温度の上昇に対して自動制御を行なうようになつておる、自動送風装置・自動タップ切換装置その他保護装置を備えている。これ等は変圧器に付属させ遠方より操作するの無駄を省いている。しかし変圧器が少容積の時または既設のものを使用する時には制御装置をメタルクラッドに付属させる方が変圧器を改造するよりも簡単であり廉価に上る。

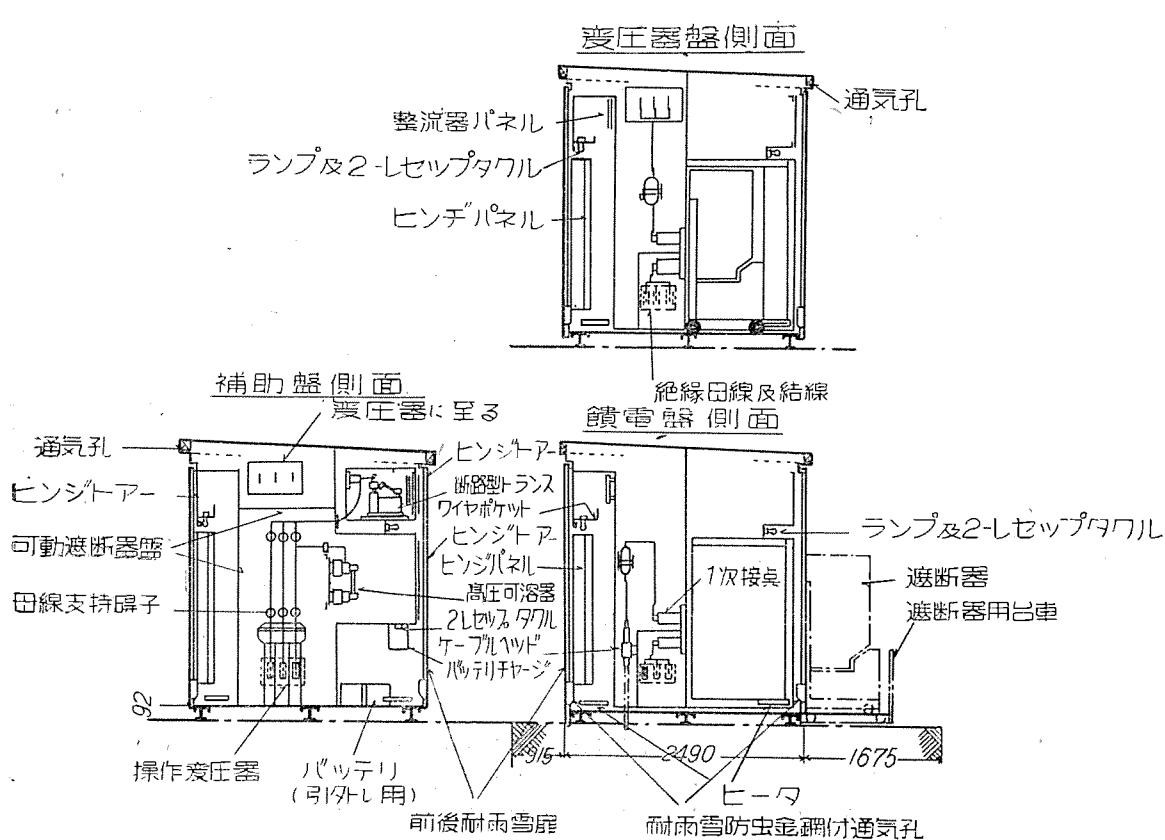
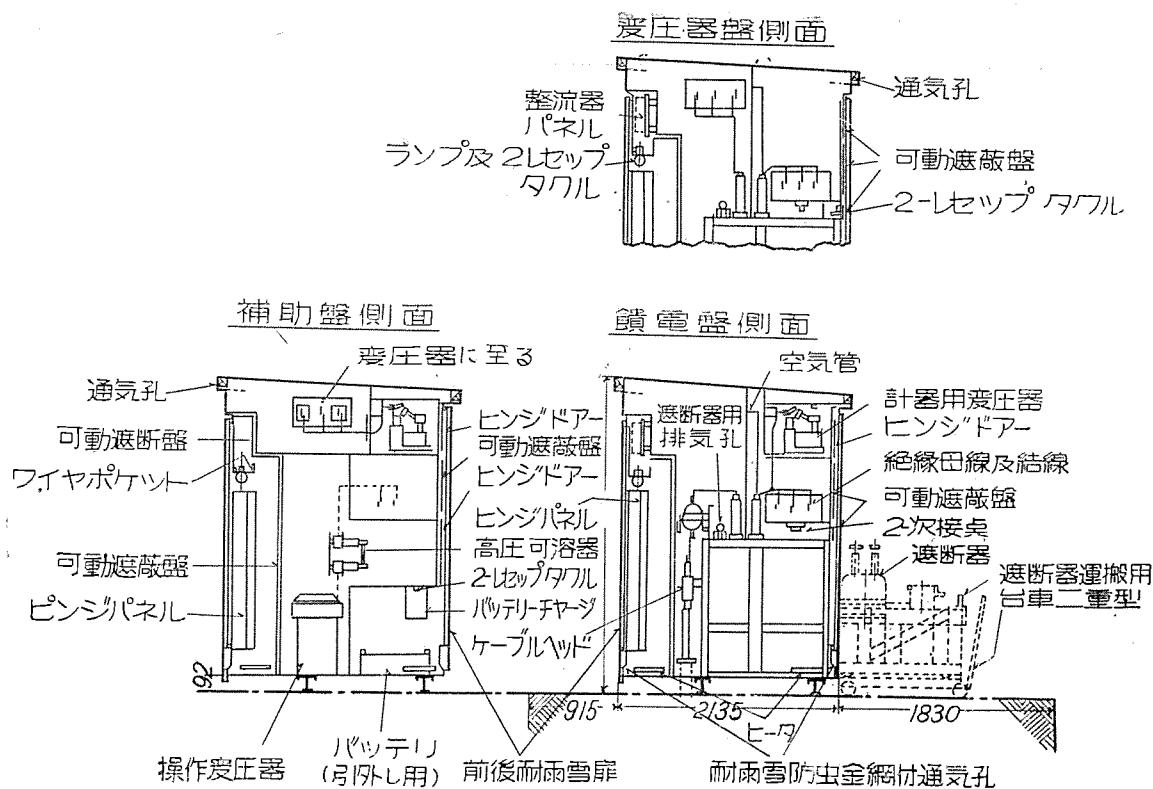
特殊な事情で単相変圧器を採用する場合、屋外鉄構はそれに相応するように組まねばならない。（3相変圧器の場合よりも大となる）この場合2次側套管は普通カバーの上部となるのでこれはそのまま活用しメタルクラッドの方は屋根に引込套管を出さねばならない。住宅地帯や公園に据付ける場合、安全と美観の上から変圧器にケーブルヘッドを設けケーブル引込みとする。

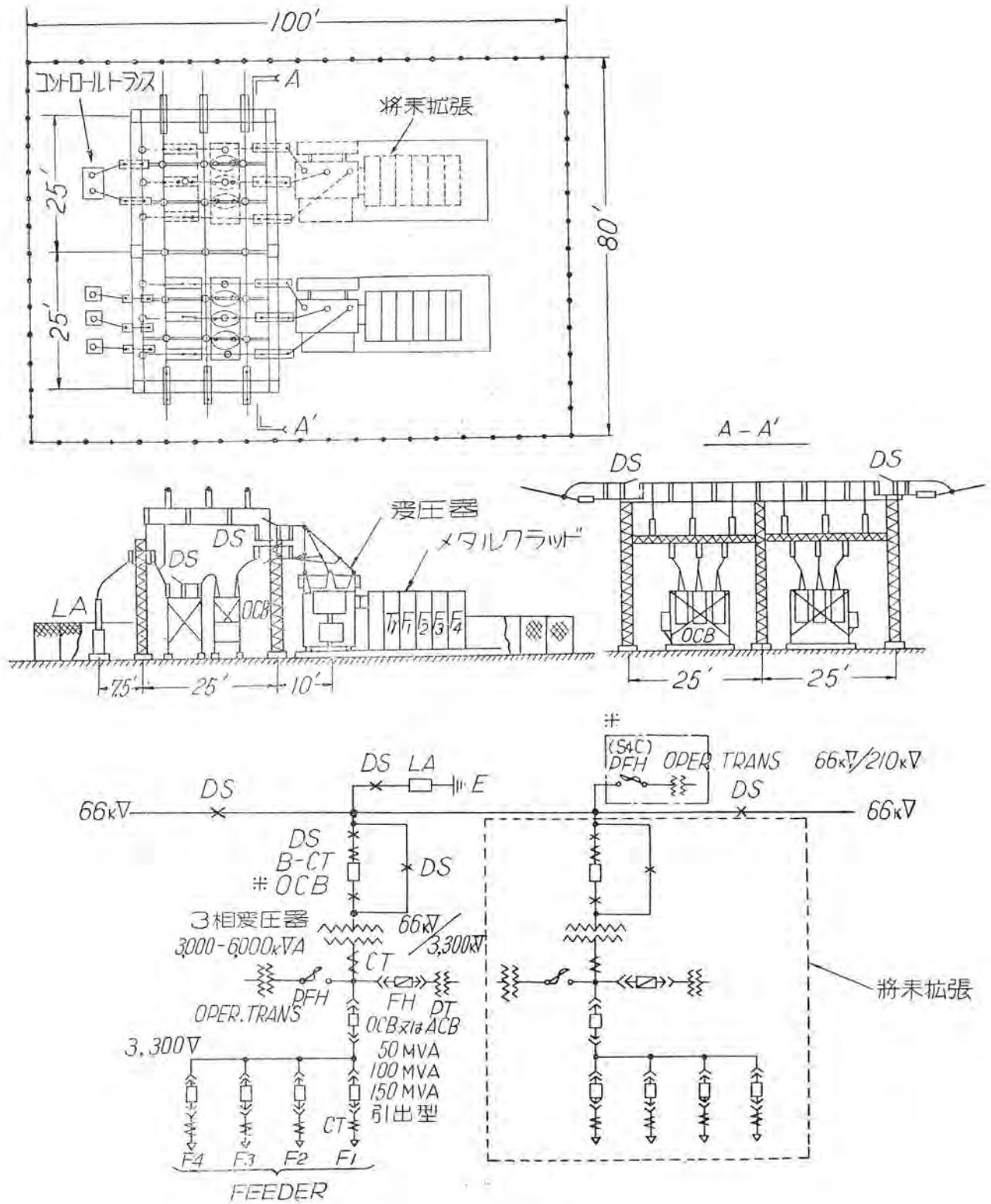
4. 配電盤(メタルクラッドスイッチギヤー)

これは屋外のメタルクラッドとし完全に耐暴風雨雪のものでなければならない。よく小規模な配電設備にスイッチハウスを使用することあるも、最近のメタルクラッドはこれと相違し母線室・遮断器室・機構室・高圧回路室・配線室・計器用変圧器室およびパネル部等より成り各部がそれぞれに鉄板で覆われ完全に接地され鎖錠装置を設け、感電の心配を無くしたものである。……(NEMAの定義)

また遮断器とPTは引出型となつており、点検および取扱いに便利になつておる。遮断器を点検する際は固定ハウジングより引出し、車台で試験台まで運搬し試験をする。互換性が必要でありこのためには高度の工作技術が應用せられている。遮断器本体を引出す時または入れる時には必ず遮断器が開の状態でなければ1次ジスコン部分で開閉することとなり、焼損の危険があるので厳重な鎖錠装置を設けている。

遮断器には油入型と気中型と2種類あり、両者共に最高 15kV 2,000A 遮断容量 500MVA のものが製作可能である。両者共にデアイオングリッドを使用しているため、遮断容量が大である割合にコンパクトにできている。遮断器本体を入れる際または引出す際油入型は垂直昇降装置により行われ、気中遮断器は水平引出型である。共に迅速に遮断器本体の交換ができるようになつておる。母線は導体の周囲をフェノールレジンにて絶縁し、その接続部にはモールド製のカバーを用いこの中にコムバウンドを充填する故に狭い間隔でも十分な絶縁耐力を持つている。





5図 ユニットサブステーションの一例

受電 66kV 3φ 3W 配電 3,300V 3φ (4回路)

容量 3,000kVA-6,000kVA 将来の拡張を考慮しあり

※印 制御用変圧器は 66kV側に遮断器があるときのみ使用

電力機器の絶縁劣化予知

電力機器を絶縁破壊せしめることなく、その劣化の程度を判定する方法を紹介し、現場において測定する誘電体損失測定装置、および、誘電体損失測定による絶縁劣化の判定方法について述べた。

研究所 原仁吾

1. 緒言

電気機器の絶縁性能の良否を判定し、機器を絶縁破壊せしめることなくその劣化の状態を知ることは保守上極めて重要で、諸外国においては早くから実用的な絶縁劣化判定に関する研究が進められ、わが国においてもかかる研究が行われていたが、昭和23年日発を中心に絶縁劣化早期検出委員会が設けられ、活発な研究が進められている。絶縁劣化判定の方法としては、メガーにより絶縁抵抗を測定する方法、コロナ検出による方法、高圧直流電圧を印加してその電流が印加時間に対して変化する状態から劣化を判定する方法、絶縁物の誘電体損失を測定する方法、衝撃波による方法、および直流分検出による方法等があるが、現在最も実用的で優れた方法としては商用周波における誘電体損失測定法が推奨されているので、諸外国の文献、絶縁劣化早期検出委員会の資料、および実測結果等を参照して主にこの方法につきその測定法・絶縁劣化判定基準等について述べてみたい。

2. 絶縁劣化判定方法

ア. メガーによる方法

この方法は現在最も普通に実施されている方法で簡単ではあるが、単に直流漏洩抵抗のみでは本質的な絶縁劣化は知りにくく印加電圧も低くコロナ発生の有無も判らない等絶縁劣化判定には十分でない。

イ. コロナ検出による方法

発電機やケーブル等の絶縁物中に空隙が存在し、この部分の電位傾度がある程度になるとイオン化を起しこれが絶縁劣化の原因となるので、供試物に高電圧を印加し絶縁物中の電離電圧を測定して絶縁劣化を予知する方法がある⁽¹⁾⁽²⁾。この電離点の検出は後に述べるシェーリングブリッジによつてもある程度検出できるが、シェーリングブリッジ法よりもより正確に電離電圧を知りたい場合に多く用いられている方法である。

また、高圧用変圧器や遮断器のような油入機器では、コロナ式油試験器のマイクロホンを変圧器あるいは遮断器のタンクに取付け、直接機器の使用電圧におけるコロナ

発生の有無を調べ絶縁劣化を予知することができる⁽³⁾。

ウ. 高電圧直流試験法

供試機器に数千ボルト以上の直流高電圧を印加し、この時の吸収電流を測定して電圧の印加時間と電流の変化の有様、すなわち絶縁抵抗の時間に対する変化を調べ、その変化の状態や絶縁抵抗の大きさから劣化の程度を判定しようとするもので、発電機については米国においても文献が発表されており⁽⁴⁾⁽⁵⁾、わが国の絶縁劣化早期検出委員会においても実測が行われたが、これらの結論を簡単に述べると、良好な発電機では電流の減衰が比較的緩やかで10分位してから電流値は一定となりその値は小さい。吸湿している場合は漏洩電流が大きく一定値に達する時間も短かい。また劣化している機器では電流値が時間と共に脈動的に変化することがある。

エ. 誘電体損失測定による方法

現在最も実用的で信頼のおける方法として推奨されているもので、商用周波高電圧において絶縁物の誘電体損失($\tan \delta$)を測定し、その大きさや、温度あるいは印加電圧に対する変化の有様等から劣化の程度を判定しようとするものである。この方法はメガーによる絶縁抵抗測定に比較し絶縁物内部の絶縁抵抗、および、誘電体現象に基く損失分を検出でき、機器の使用電圧程度の高電圧で測定できる点等で優れており、現場における測定も比較的簡単にできるので前三者に比しデータも多く劣化判定の目安となる $\tan \delta$ の値も数多く発表されている。

以上、絶縁劣化予知に関する代表的な方法を紹介したが、その他、絶縁物に衝撃波を印加しその波形の変化から劣化を判定する方法⁽⁶⁾、あるいは機器に交流を印加しこの場合流れる漏洩電流や充電々流中の直流分を検出して劣化を判定する方法⁽⁷⁾等があるが、いずれも完全無欠なものとはいい難く、供試機器の種別・使用されている絶縁物の種類・製作方法の相違等によりそれぞれ異つた値がえられるので、場合によつては、以上の二つあるいはそれ以上の試験結果から判断しなければならないが、誘電体損失測定による劣化判定が最も合理的で優れていることは前述のとおりである。

3. 誘電体損失測定方法

商用周波高電圧における絶縁物の誘電体損失測定の方法としてはシェーリングブリッジ法が最も優れており、その他絶縁物に印加された電圧と充電電流の位相差を読む力率計法あるいは電力計法等があるが、絶縁劣化予知の目的には現場測定が簡単にできることが必要である。わが国でかかる目的に使用されているものには前者に属するもので当社で開発された可搬式シェーリングブリッジがあり、後者に属するものに電気試験所で開発された $\tan \delta$ メータがある。

ア. $\tan \delta$ メータ

この原理は力率計と全く同様で電圧線輪と電流線輪があり絶縁物充電電流を流すように接続された電流線輪と、P.T. の低圧側に接続された電圧線輪間の回転力から絶縁物の無効位相角差を直読するように作られたものである⁽⁸⁾。これは、装置は簡単であるが電圧線輪に加わる電圧が P.T. を通るためその 1 次側と 2 次側の電圧の位相差が誤差の原因となり、また感度が十分でなく、外部磁界の影響を受けやすい等の欠点があり改良の余地があるようと思われる。

イ. 可搬式シェーリングブリッジ

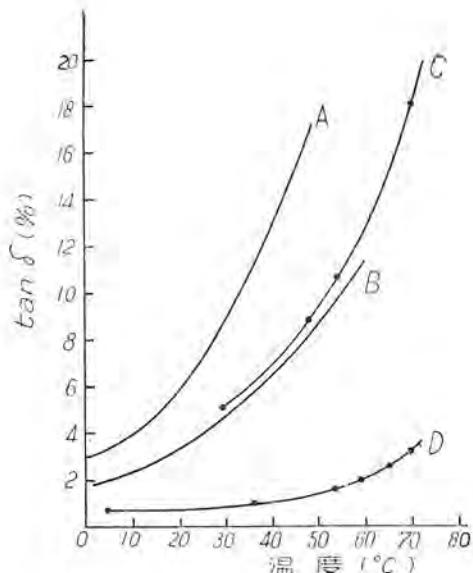
シェーリングブリッジは標準蓄電器を必要とし、検出器に検流計を使用する点等で従来現場測定に用いることが困難視されていたが、当社伊丹製作所で開発された可搬式シェーリングブリッジはブリッジ回路、および、遮蔽回路を収めた内箱と二重遮蔽の外箱との間の静電容量を利用して標準蓄電器とし、検出器は増幅器を用いた電流計を使用し、さらに、電源部・配電盤等を自載して現場測定に適するように、可搬式としたものである。また、既設の各種機器を大地より絶縁することなく簡単に測定できるようブリッジ回路は逆ブリッジ回路としたもので、変圧器・套管・発電機・絶縁油等あらゆる電気機器の $\tan \delta$ 測定に適当で $\tan \delta$ は直読することができ、感度も十分で遮蔽装置を有するため、外部磁界の影響もうけることが少なく既に各地の実測に用いられている。その原理、および、ブリッジの配線等については既に発表されているので省略する⁽⁹⁾。

4. $\tan \delta$ 測定による絶縁劣化判定基準と実測値

$\tan \delta$ の値により絶縁劣化を判定することは海外においても多数の実験結果からその基準が発表されており、絶縁劣化早期検出委員会においてもその基準が定められているのでこれを紹介し、あわせて当社で実測された二三の代表的結果を記してみる。

ア. 変圧器

油入変圧器の基準として最も一般的に信頼されている基準は I. W. Gross 氏のデータ⁽¹⁰⁾ で変圧器の温度 $- \tan \delta$ 特性を測定し $\tan \delta$ の値が 1 図 A 曲線より高いものは不良、A 曲線と B 曲線の間は劣化、B 曲線より



1 図

低いものを良好としている。C, D 曲線は日立小曾根変電所 10,000kVA 変圧器 (W 社製) を可搬式シェーリングブリッジで測定されたもので、伊電岩崎技師測定、D 曲線は油濾過前、E 曲線はコイルを乾燥し油を濾過した後の $\tan \delta$ である。計器用変圧器では I. W. Gross 氏は 20 °C において 3.5% 以下を良好、3.5~6% を劣化、6% 以上を不良の限界値として与えている。

イ. 套 管

American Gas & Electric Co. では 20 °C において 10kV で測定された $\tan \delta$ の値として、1 表の値を示し

1 表

種 别	良 好	劣 化	不 良
充 填 型	4 % 以下	4~6%	6% 以上
油 入 型	3.5% ツ	3.5~5%	5% ツ
蓄 電 器 型	3.5% ツ	3.5~5%	5% ツ
半 蓄 電 器 型	4 % ツ	4~7%	7% ツ

2 表

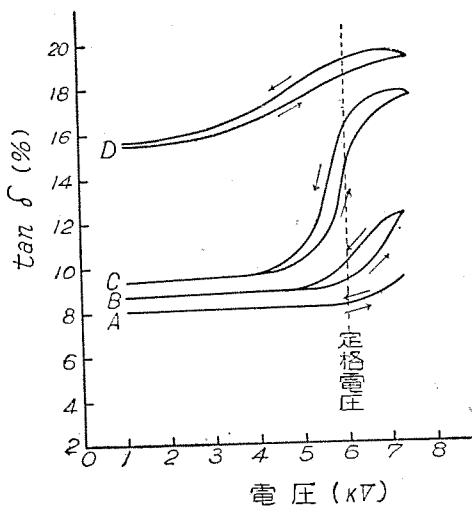
種 别	良 好	劣 化	不 良
油 入 遮断器用	3.5% 以下	3.5~5%	5% 以上
変 圧 器 用	3.0% ツ	3 ~4%	4% 以上

ている⁽¹¹⁾。当社では蓄電器型套管に対して 20 °C 10kV において 2 表の値を推奨しており、工場試験では 20 °C において試験電圧 10kV における値が 1.5% 以下を基準にしている。

ウ. 回 転 機

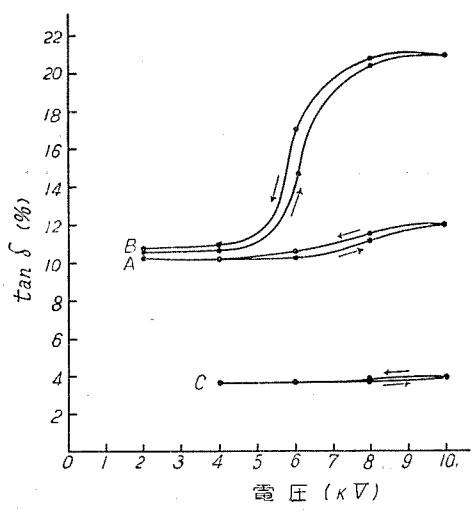
回転機の劣化は一般に印加電圧に対する $\tan \delta$ の変化

を測定し、劣化の程度を判定している⁽¹⁾。温度が上昇すると $\tan \delta$ は上昇するが良好な巻線においては 60°C 付近までは大した増加がなく 60°C 以上になると急激に増加する。以下 20°C の $\tan \delta$ の値について述べる。コイル自体の $\tan \delta$ は良好なものは 5% 程度以下で電機子に組立てられたものでは 10% 程度以下である。電圧 - $\tan \delta$ 特性は 2 図（電機子に組立てられた時の値）A



2 図

線曲のとおり良好なものは定格電圧付近まではほとんど一定であり電圧を上昇したときと降下したときの $\tan \delta$ は大体において一致し巻線中に空隙があると B 曲線のとおりイオン化現象のためある電位傾度より $\tan \delta$ は急増し、電圧を降下した場合残留電荷のため履歴現象による loop を呈する。甚だしい空隙がある場合には C 曲線のとおりになることもある。巻線が吸湿していると $\tan \delta$ の値は大きくなり、コイル自体で 10% 以上、電機子に組立てられたものでは 20% 程度にもなり、D 曲線のとおり



3 図

定格電圧より低い電圧から $\tan \delta$ は増加し始めることが多く、電圧を降下したときに履歴現象を呈する。3 図 A、および、B は比較的吸湿している定格 6,600V の発電機コイルの $\tan \delta$ の測定値で A 曲線はコイルの周辺に巻い

た測定電極を強く締めつけたとき、B 曲線はこれを緩め絶縁物中に空隙がある状態で測定した場合でいずれも温度は 9°C である。C 曲線は日發江卸発電所に納入された当社製（昭和 25 年 8 月）11,500kVA、電圧 11kV の発電機の実測値（温度は 22°C ）である。長年月運転中の回転機でコイルは熱のため十分乾燥され、いわゆる枯れた状態にあるものでは $\tan \delta$ が 5~6% 程度しかないものがあるが、24 時間程度放置すると吸湿のため $\tan \delta$ は 20% 程度にも上昇するものがある。かかるコイルは劣化しているので長年月使用された回転機では運転中直後と、24 時間程度放置した後測定する必要がある。

エ. 絶縁油

油自身の $\tan \delta$ は使用される機器により基準となる値も異なるわけであるが、現場で一般に使用されている変圧器や遮断器の絶縁油は 20°C において 0.4~0.7% 以下を良好としているようである。

以上絶縁劣化判定の基準としての $\tan \delta$ の値を記したが、これは絶体的のものではなく使用されている絶縁物の種類や製作工程の相違等によつてもかなり異つた値を示すもので、 $\tan \delta$ の数値そのものはできるだけ低いことが望ましく絶縁劣化判定の重要な資料となるが、機器の製作当初より使用中長期間にわたり定期的に $\tan \delta$ を測定し、その値の変化により絶縁劣化を判定することが最も推奨されることである。

5. 結 言

電力機器の絶縁劣化予知に関する各種の方法について述べ、誘電体損失測定法による絶縁劣化判定基準を各種の文献、資料あるいは実測結果からその概要を述べたが、いずれも確実な絶縁劣化予知の方法は、今後の研究にまたねばならぬものが多く、現在では $\tan \delta$ の測定による劣化判定が最も一般的に用いられており、長期間にわたり定期的な $\tan \delta$ の測定によりその変化の状態から絶縁劣化を判定することが最も望ましい。

擱筆するにあたり御指導を仰いだ研究所電気課横須賀氏に感謝する。

文 献

- (1) Q.E. Quinn; E.E. Vol. 59 Dec. 1940.
- (2) R.C. Graham, E.K. Duffy W.P. Foster; A.I. E.E. Technical Paper 48-198 July. 1948.
- (3) 木村、原; 三菱電機 Vol. 21 No. 3. 昭和 22-5
- (4) E.E.I. Subject Committee on Generator Insulation and testing; E.E. 60. Dec. 1941.
- (5) E.R. Davis, M.F. Leftwich; E.E. Jan. 1942.
- (6) 絶縁劣化早期検出委員会資料
- (7) 福田; 電気日本 35 卷 8 号 昭 23-8.
- (8) 法貴、木沢; 電気日本 36 卷 10 号 昭 24-10.
- (9) 片山、井原; 三菱電機 Vol. 24 No. 2. 昭 25-6.
- (10) I.W. Gross; E.E. Vol. 57 Oct. 1938.
- (11) I.W. Gross; E.E. Vol. 57 Oct. 1938.
- (12) 絶縁劣化早期検出委員会資料

パルス式線路障害探知機

津 村 隆
伊丹製作所 横 本 俊 弘

1. 緒 言

通信線路、電力送配電線路等電路に故障があつた場合、その故障点の探知発見は線路の保守上極めて重要な問題であり、今までに種々な方法すなわち電橋法、インピーダンス法、テレフォルト法等が考えられ実用されてきたが、何れも測定が相当に面倒でかつ不正確であり、故障探知に要する労苦と経費は少なからざるものがあり、迅速な障害の復旧が第一義的に考えられる際更に迅速的な障害個所の検出が切実に要望されていた。

本機は直流インパルスを線路に加えた際、故障点で反射現象のあることを利用し、レーダーの原理によつて故障点までの距離をきわめて簡単正確にダイヤル上に直読すると共に、故障の種類をも一見して知り得る如くしたものであつて、本方式の特長を掲げると次のようにある。

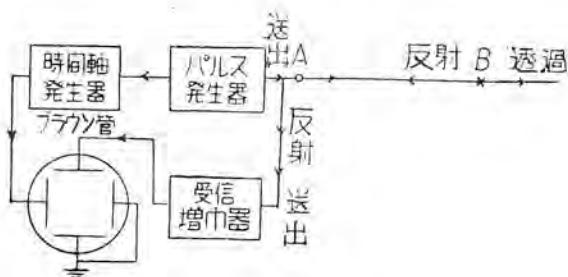
- (1) 測定が簡単、迅速にできる。
- (2) 距離測定が正確で個人差がない。
- (3) 断線・短絡・地気・絶縁低下・混線等ほとんどすべての種類の故障に用いられ、故障の種類およびその程度も容易に判断できる。
- (4) 線路の状態が一見して見透せるので保守上とくに便利であり、また線路の特性改善に使用できる。
- (5) 発生したり、止んだりする故障も検出測距できる。
- (6) ベアーオー、撲架の不整等も容易に検出できる。

2. 原 理

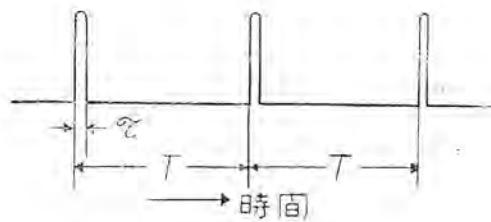
ア. 総 合

1 図はこの方式の原理を示す構成図である。

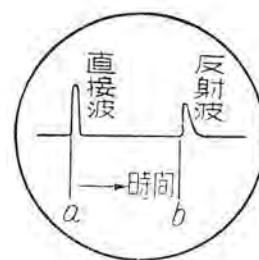
2 図に示すように幅 α (普通数マイクロ秒) の直流パルスを適当な周期 T で線路へ発射すると、その線路に固有の速度で(架空線の場合はほとんど光速、ケーブルでは $(0.5 \sim 0.8) \times$ 光速) 線路を進行していくが、線路障害で線路インピーダンスが急変している個所 (B) では一部は反射されて測定点 (A) の方へ帰つてくる。この反射波を送出したパルス (直接波) と共に受信増幅し、これを周期 T に同期せしめた時間軸を有するプラウン管の縦軸に加えると例えば 3 図のような映像が得られる。3 図で ab 間を掃引するに要した時間は



1 図



2 図



3 図

パルス波が 1 図の $A - B$ 間を往復するに要した時間であるから、この時間とその線路における伝播速度を測定すれば、測定点 A より障害点 B までの距離は直ちに求められるわけである。

イ. 障害と反射現象

進行波が線路を進行する場合にインピーダンスの不整点で反射が起る。4 図において Z_1, Z_2 を線路のサージインピーダンス、または、集中インピーダンスとすれば、接続点 A に向つて Z_1 線路上より進行してきた電圧波に対する反射係数 m は次式で与えられる。

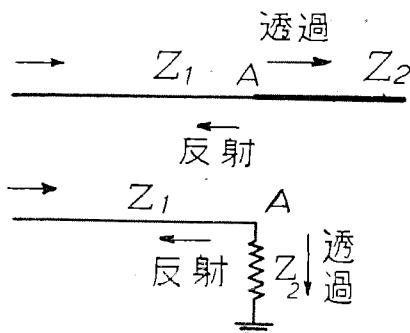
$$m = \frac{V_2}{V_1} = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

$V_1 V_2$ は進入波および反射波の電圧

したがつて、 m の正負および大小は Z_1 および Z_2 の大サによつて定まる。すなわち、進入波に対して反射波は極性も大サも故障の様相によつて変化する。この特性をブラウン管上で見ることによつて各種の障害の状態を容易に判別できるのである。

ウ. 測距方式

測距方式には種々あるが、距離をダイヤル上に直読し得ると言う仕用上最も便利な方式としてゴニオ型移相器を採用した。本方式は正しい回路調整と精密工作によつて誤差を極めて小にできるのであつて、当社探知機の優秀性の根本をなすものである。



4 図

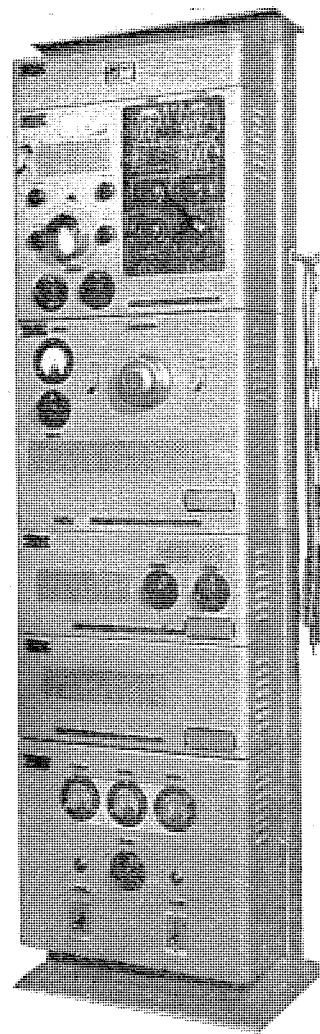
障害点までの距離を測定するには直接波の左端が中央規準線に一致するように距離計を調整し、この状態で距離計のクランプを外して目盛のみを零に合わせクランプする。次に距離計を更に回して目標反射波の左端が規準線に一致する所で距離計の目盛を読み取れば距離が直読できる。距離目盛は伝播速度を光速(300m/ μ s)として目盛ってあるから、実際の距離は予め調査して置かれた校正係数をこれに乘じて求められる。

3. 標準品の仕様

ア. FL-1型

本機は普及型であつて、凡ゆる見地から簡易な一般性を持たせている。すなわち

- (1) 可搬式、机上型である。
- (2) 部品および真空管は市場の標準品種を使用している。
- (3) ブラウン管は 120mm のものを使用し、樂に精度の高い測距ができる。
- (4) 取扱いをできるだけ簡単にし、誰でも使用できるよう調整個所は極少の 8 個所のみである。
- (5) 測距範囲は 30km と 150km をスイッチで切換える。
- (6) 整合器を付属してあるので障害の種類を簡単迅速に判定できる。
- (7) 写真撮影ができるフードおよびアダプタを付属している。
- (8) 電源電圧調整器を付属している。



5 図 FL-3 型外観図

(9) 本機の主要諸元は次のとおりである。

測定範囲	30 km および 150 km (要求により変更可能)
パルス幅	約 2 μ s
読み精度	1/3000
確 度	線路の特性により変るが普通の場合 150km 域で最大 ±500m 以下 30km 域で最大 ±100m 以下
時 間 軸	直線時間軸
出力インピーダンス	1,000 Ω
出 力	インピーダンス 1000 Ω に於て 120V
受信増幅度	50 db
整 合 器	出力インピーダンスを 700 Ω ないし、50 Ω 線路に整合せしめ得ると共に、障害の種類に応じ迅速に接続を変更し得る
電圧調整器	70V~120V, および, 160V~260V の電源電圧に応じ得る
重 量	本体 47kg 整合器 1.3kg
寸 法	電圧調整器 10.5kg 本体 450mm × 350mm × 550mm 整合器 200mm × 140mm × 75mm 電圧調整器 200mm × 270mm × 210mm

使用真空管	UZ-6C6	11本
	UZ-24	2本
	SSE-120G	1本
	UY-76	2本
	UY-807	1本
	XK-80	2本

イ、FL-3型

本機は精密級床立型である。

- (1) 濾波器部・観測および受信増巾部・接引および測距部・送信部・原発振部、ならびに電源部に区分され、これ等各部は巾 52cm 自立型標準鉄架に装備されている。
- (2) 取扱簡単、動作点検ならびに保守が容易なようカバーを取除けばすべての部品の取扱が直ちにできる。
- (3) 本機の主要諸元は次のとおりである。

測定範囲	25km, および, 100km
バルス巾	1.5μS・3μS・5μS・10μS の4種に切換可能。
精度	電源電圧変動±15%, 溫度変化0°C ~30°Cにおいて
	発信周波数変化 ±0.05%以内
	送信出力変化 ± 2%
	送信衝撃波巾変化 ± 5% //
	受信増巾器利得変化 ±0.5 db //
	時間軸振巾変化 ±0.5 db //
	測距確度 ±0.2% //
時間軸	直線時間軸にして直線性 ±7.5% 以内 内帰線時間10%以内、振巾は100km 域では3mm/km, 25km 域では12mm/km 以上
出力インピーダンス	600Ω



6 図 FL-1 型外観図

出 力	600Ω 負荷において 80V
受信増巾度	5dB, 1dB ステップ利得調整可能
出力整合	出力インピーダンスを 600Ω ±50% および, 200Ω に変化し得ると共に, 平衡, 不平衡回路の測定可能な出力変成器を有し, 故障に応じ各種の接続可能
誘導除去	誘導除去のために遮断周波数3kcの高域線路濾波器を有している。また平衡出力回路にすることによつても誘導は除去される。
電 源	100V および 200V 両用であつて, 所要電力は 370W 以下
重 量	220kg
寸 法	巾 52cm × 奥行 35cm × 高さ 185cm
使用真空管	CZ-501D…16本 CZ-504D…5本 UY-807…1本 75F-B1…1本 KX-5Z3…3本 KX-142…1本

D S 型 遠 隔 水 位 計

伊丹製作所

津 村 隆
洲 崎 晃 司

1. 概 説

本装置は河川・池・水槽等の水位を遠距離に伝達指示するのを目的とした装置であつてその伝達距離は 50km

に及ぶ。

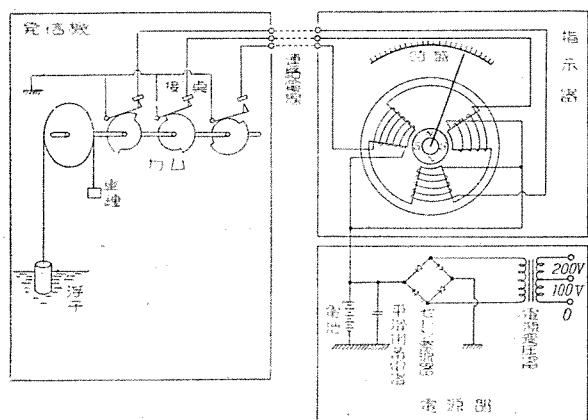
従来、遠隔水位計としては、交流セルシン式・可変抵抗式が用いられ、それぞれに優れた特長を持つているがこれ等は共に伝達距離が長くなると、連絡電線の抵抗値

が増大し、そのために精度を低下させる欠点があり、1km以上にて使用することは比較的稀である。本装置では本質的に測定精度は連絡電線の長さに無関係に一定である。

次に、例えば本装置を河川の要所に設け、水位測定に役立たせる場合、往々にして交流電源は洪水時等その最も必要な場合に故障停電することがあるが、本装置は直流式であり、電池を整流電源に「フロート」して使用するから交流電源が止つても何等支障なくその機能を発揮できる。

2. 装置の概要

本装置は発信機・指示器・電源部より成り、その動作原理を1図に示す。発信機には滑車の両側に浮子と重錠が釣下げてあり、浮子は測定水面に浮んでいる。水位の変化に応じて浮子が上下し、したがつて滑車が回転する



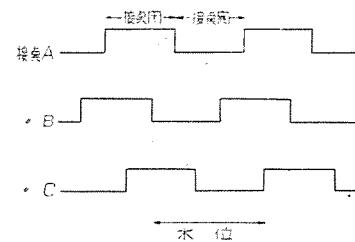
1図 動作原理図

とその軸に固定された3枚のカムも回転し、3個の電気接点を開閉する。2図に示す如く、おののおのの電気接点はそれぞれ等間隔に開閉し、3個は互に等間隔だけずれているから、今各接点をA, B, C, で表わすと、滑車の回転にしたがつて

$\rightarrow A接B, C断 \leftarrow \rightarrow A, B接C断 \leftarrow \rightarrow B接C, A断 \leftarrow$
 $\rightarrow C, A接B断 \leftarrow \rightarrow C接A, B断 \leftarrow \rightarrow B, C接A断 \leftarrow$

を繰返すことになる。

次に指示器本体は永久磁石の回転子と3組の固定子極より成る1種の直流セルシンモータであつて、発信機の接点の断続によつて3組の固定子巻線の内、1組または2組に順次移動するので、回転子も階動的に磁極の移動に応じて回転する。その回転を歯車でステップダウンして目盛板に指示させるのであるが、発信機の滑車の直



2図 接点開閉説明図

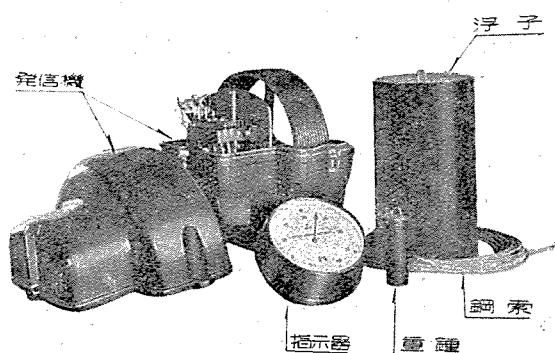
径、カムの歯数、指示器の歯車等を適当に設計すると、1階動による目盛板上の動きを要求される感度以内に収めることができる。

3. 構造

本機の外観は大略3図の如くであつて、発信機・指示器、および電源部に大別され、他に3本の連絡電線、および接地用品を必要とする。

発信機の動作は前述の通りであるが、全体を丈夫な鉄容器に收め、内部の電気接点には水銀スイッチを採用したため、接点の酸化・磨滅等による故障を完全に解消し、信頼性を非常に高めることができた。

指示器は当社の標準計器 SX型のカバーに收めてあるから、他の電気計器と並べて1個所に設置使用するのに便利である。



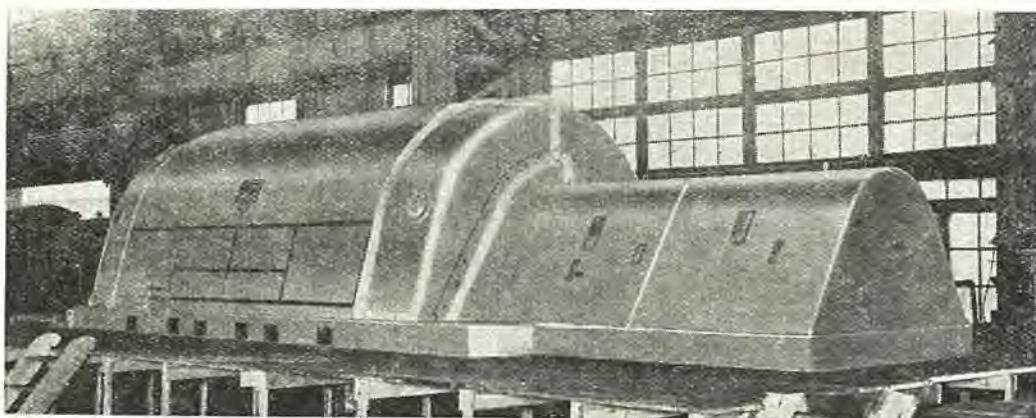
3図 水位計外観図

本装置の電源は発信機側には全く不要で指示器側にだけ設置すればよく、またその消費電流は100~200mA以下で僅少であるから、電源変圧器、および電池の容量は小さなもので済む。

電源所要電力	AC, 50/60~100/200V 15 Watt 以下
電池	24V, 12AH
最大測定水位	標準4 m (変更可能)
精度	2 cm (最大測定水位の1/200)

築上発電所設置

43,750 kVA 3,600 rpm タービン発電機



主発電機 43,750kVA 35,000kW 13,200V 80%P.F. 3,600rpm 空気冷却
主励磁機 135kW 250V 副励磁機 3kW 110V

九州電力築上発電所に納入する 43,750kVA 3,600 rpm タービン発電機が長崎製作所で完成し、工場試験を終つた。本機は国産 3,600rpm 機としては最大記録品であるが、世界でも屈指の大容量機である。

特長

(1) 3,600rpm 高速度発電機なる故、回転子軸材としてはタービン発電機軸鋼として最高級品たるニッケルクロムモリブデン鋼の单一打物を採用し、その試験片は表面、および両端部より採るのはもちろん、中心部ではその深部からコアードリル試験片を探つた。この際超音波探傷器を併用するなど十分検査したものを用いてある。

(2) 回転子コイルは扁平の特殊銀入銅合金線で層間絶縁、溝絶縁はマイカである。この種大容量機になると長期間運転中導体の収縮現象が起る場合があり、回転子コイルの端部分が変形を生じ、したがつて層間短絡ないしは接地の事故を生じ得る。この現象による故障を避けるため、普通用いられる軟銅平線の代りに、弹性限度・軟化点の高い・潤滑性の勝つている特殊銀入銅合金線を採用し、構造上は間隔片の挿入に特殊の考慮を払つてある。

(3) 固定子棒は振れ止め固定子棒を採用す。2極タービン発電機では、それに固有な 2 倍周波数の振動がとくに顕著に固定子鉄心に生じるが、大容量機では、この振動が外部、たとえば基礎、端周囲等に伝わると種々故障の原因になるので固定子棒を振動から分離する必要上固定子棒と台板間に取付けた主支持棒と 2 組の補助棒よりなる振動吸収装置を置く。すなわち固定子全体を両側

に垂直に立てた十数本の棒で浮かし、この棒で振動を吸収する。なお、回転子の 2 倍周波数振動を避けるため、回転子に横溝を切る。すなわち回転子の本体部分に半円形の切欠きを軸心に直角に数個所入れた。

(4) 固定子コイルは数個の素線よりなり、溝内で撲曲し端部で交叉接続を行い、主絶縁はマイカテープを採用し真空充填を行う。固定子コイルの $\tan \delta$ は組立完成後で、11,000V 19.5°C で 3% であつた。

なお、電位振動試験を行つたところ、最悪の条件で、160%以上の電圧を生じなかつた。

(5) 主励磁機・副励磁機・集電環はすべて軟銅板を溶接して作つたカバーで囲つてある。カバーには数個の点検用窓をあけ、内部には点検ランプをつけ、カバーを引抜かずに点検容易な構造である。

(6) 主励磁機・副励磁機は共に発電機軸に直結されているが、運転中励磁機は発電機に比べて軽いので励磁機には振動が拡大されて伝わり、種々故障の原因となるこれを避けるため発電機と励磁機との間に振動を吸収する蛇腹式可撓接子を採用した。

(7) 回転子の不釣合は一般に、(イ) 回転子の幾何学的な差異、(ロ) 材料の不均一、(ハ) 運転中の速度・温度の状態による変形等の原因で起きる。この種大型高速機になると(ハ) 項による不釣合が相当問題になるので、本機では回転子コイルに電流を流して熱した状態、言いかえると、発電機の実際運転状態で振動調整を行い、この種の変形による不釣合を全然なくしている。なお、振動調整には可搬式電磁釣合試験器を用いた。