

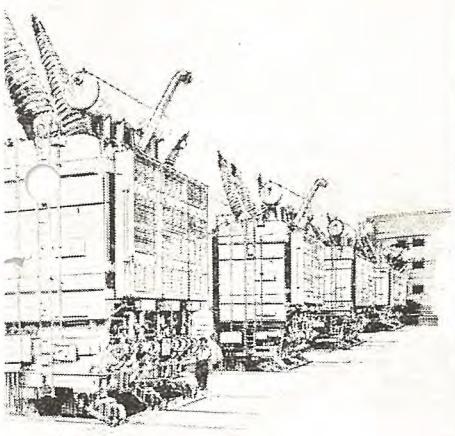
• *MITSUBISHI DENKI*

三菱電機



Vol. 29 1955

11



MITSUBISHI DENKI

三菱電機

表紙説明

表紙は電源開発株式会社佐久間発電所納めの4×93,000 kVA 超高圧主要変圧器のベン画である。本変圧器は特別3相式外鉄型Form-Fit構造を採用し、変圧器本体を各相に分割密閉したまま組立輸送を行い画期的な分野を作り出した記録品である。概略仕様は下記のとおり

○ 型式 屋外用3相外鉄型
○ 出力 93,000 kVA
○ 電圧 1次 13 kV
2次 287.5 kV
周波数 50/60 c/s 両用

なおこの93,000 kVA 発電機用4台のほかに連系用として等価容量139,500 kVAが1台あり出力の総計は実に513,500 kVAとなり東洋一を誇るものである。

三菱電機株式會社

本社

東京都千代田区丸の内(東京ビル)
(電) 和田倉(20) 代表 1631・2331
研究所 兵庫県尼ヶ崎市南清水
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
線機製作所 兵庫県尼ヶ崎市南清水
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 福島県郡山市宇境橋町
福山工場 福山市仲野上町
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 岐阜県中津市駒場安森
福岡工場 福岡市今宿青木
静岡工場 静岡市小鹿110
札幌修理工場 札幌市北二条東12
大阪営業所 大阪市北区堂島北町8番地1
(電) 大阪(34) 代表 5251
名古屋営業所 名古屋市中区広小路通
(電) 本局(23) 代表 6231
福岡営業所 福岡市天神町
(電) 中(4) 7031-7036
札幌営業所 札幌市大通リ西3の5
(電) 札幌(2) 代表 7236
仙台事務所 仙台市東一番丁63
(電) 仙台(2) 2550~2
富山事務所 富山市安住町23の2
(電) 富山 4692・5273・2550
広島事務所 広島市袋町1(明治生命ビル)
(電) 中(2) 2211~4
高松出張所 高松市紺屋町34番地
(電) 高松 3178・3250
小倉出張所 小倉市京町10丁目(五十鈴ビル)
(電) (5) 小倉 3614

昭和30年 第29卷 第11号

目次

電力技術に関する最近の諸問題	安藤安二… 2
高周波自動加熱装置	大森淳夫・岩田博… 16
洗濯性能の試験方法	武井久夫… 21
神戸製鋼所納分塊ミル用 3,500 kW 電機設備	片岡高示・伊藤嗣郎… 27
建設省立川宿舎ユニットサブステーション	井上八郎… 35
ニュースフラッシュ	44
最近における当社の社外寄稿一覧・社外講演一覧	47
最近登録された当社の特許および実用新案	48

品質奉仕の三菱電機

電力技術に関する最近の諸問題題

工学博士
安藤安二*

Recent Problems of the Electrical Power Engineering

Dr. Yasuji ANDO

Ten years have elapsed since the restoration of peace and the electric system in Japan is now on the move from rehabilitation to reinforcement. During the period various technical problems have naturally arisen here and there concerning power generation, transmission and distribution. It is needless to mention that efforts are being concentrated on the solution of problems respectively.

In this article are taken up those problems and the Japanese technical level with an explanation of their significance.

1. まえがき

筆者が「電力技術に関する最近の諸問題」という如き題名にて一文を草することは技術的経験その他において「その柄でない」という言葉に尽きる。当社には応用技術部課長という制度があって顧客と技術的接触を行い、技術的接觸面の拡大に努力しており、最近の電力技術上の問題点を聞かせて頂いている。その結果最近の問題点として整理する必要がある事項が集ったので、一文を作ることになった次第である。もちろん問題点を網羅できるわけではなく、また筆者の個人的見解も若干含まれると思うがご寛容をお願いしたい。

当社が提携している米国 Westinghouse 電機会社(以下 W 社と略す)の組織中に、General Engineer あるいは Application Engineer 等と称する技術者の「集団」がある。この呼び名は時代と共に変化して現在は電力関係を担当するものを Utility Engineer、工業関係を担当するものを General Engineer または Application Engineer、また弱電部門を担当するものを Electronic Engineer 等と称している。この技術者達は顧客との技術的接觸の窓口であって、Utility Engineer は電力会社の System Engineer の相談相手になっている。

たとえば W 社の Utility Engineers の本部は East Pittsburgh にあるが、この本部の古頬の Engineer が担当の電力会社を訪ね技術的問題について懇談して、その場で即座に解決できぬものは持ち帰って W 社の衆知を集めて解決に努力している。すなわち各種の Computer で計算したり、Laboratory で実験したりして解

決に努力している。この技術者達の努力は機器発注以前の技術的問題の解決とか細部仕様の決定とかにそがれているのであって、Westinghouse Engineer 誌 1950 年 January に “Priceless Ingredients of Industry Electrification” (工業電化における貴重な要素) としてその効果は評価されている。

一方電力会社の System Engineer とは電力会社本来の電力販売業務の根幹となる系統の合理的構成をなすのが本務であって、発電、送電、変電、配電等の合理的配分および構成をなすことに努力をそいでいる。すなわち「発電機のための発電機」とか「変圧器のための変圧器」とかいう如く重点が一箇所に集中しないように関連事項を比較して系統を構成する仕事をしている。たとえば発電所を作っても電気が流れないとすることがあり得るので負荷に適合した位置を選定するとか、あるいは火力と水力との配分とか、新設する発電所の容量決定とか、あるいは安定度の高い系統構成にするとか保護方式を改良するとか種々の分野で実効をあげている。

また製鉄、紡績、化学工業等々の製造工業も近時「automation」が呼ばれているが、この製造工程を電化し、品質の向上および生産速度を向上させるための総括的構成をする技術者も System Engineer であって、飛行機の製作についても最近の如き高精度を要求されるものを作るには電気技術者と機械技術者との協調が必要であってこの分野でも System Engineer の必要が起きていると報ぜられている。英國の原子力工業の宣伝冊子「Britain Atomic Factories」にもいかに System Engineer が活躍したかを記述してある。

ところで以上の技術者は多種多様の機器の組合せ比較を業務としているわけで、その部分部分の専門家の研究結果および結論を整理応用することはもちろんあってその間の協調をとると同時に、関連事項の数値的算定を土台として判定を行っている。すなわち非常に変数の多い手数のかかる式を解くことに相当する業務を始終やっていることと推察できる。

結局その仕事ができるための優秀な武器と組織をもっていることと、入社当初の若い時より特殊教育を受けていることが推察される。膨大な数値を取扱うことができる Automatic Computer 等がその武器となっていることは論を待たない。

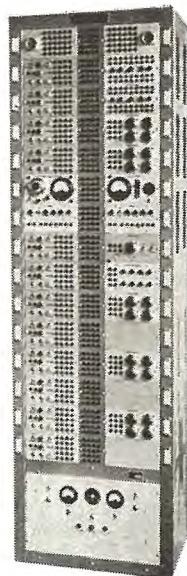
最近ではわが国でも大会社の経営業務とかあるいは証券会社での投資とかに IBM 社あるいは Remington 社の統計計算器を多数使用するようになってきているが、四則演算のみで処理できるものでも量が多いことと単位時間中の処理能力の向上が必要な場合には、それ相応の武器が必要であって、またその使用した結果採算がとれることになる。考え方は同じことになる。

諸外国の例を見ると最近非常な勢で各種の自動計算機が作られ、またその計算処理能力が年と共に非常な速度で上昇している所より見ると「必要は発明の母」といわれるが実用的部面と互に因果関係を作っているのが判る。

Application Engineer, System Engineer 等はこの自動計算機の発達の促進の役をなしていると見ることは難と卵の論議になるかもしれないが充分推測できる。単独の機器についていと合理的経済的な設計をするには理論と実物の結び付きが必要であって、この結び付きの役をするのが自動計算機である。さらに莫大な投資が必要である系統の構成もその規模が大きくなるに従って理論との結び付きの必要性が増してきて、System Engineer の仕事範囲が広くなり、現場技術と工場製品の結び付きが必要となってきて自動計算機の必要性を促進する。

よく聞く例であるが、米国では High Way は非常な速度で沢山の自動車が走っているので或る町または村に入る入口で曲りそこなったら再びそこに入ることは不可能に近いことであって、文明が進歩して関連因子が多くなると一箇所の「ひずみ」があらゆる所に関係してくるので、「ひずみ」が最少になる如き対策が必要であるということが、上述の技術者の必要性をうむと共に、その武器の進歩を速進した理由であり、文化の度合の尺度ともなる。

以上書きならべて行くと本題とは離れてくる恐れがあるので、この辺でもとに返ることにして、当社の応用技術部課長の制度もわが国の技術レベルに相応して仕事範囲が変化して行くわけで、時代の推移に多分の関連があるわけである。しかし、当社研究所に Boeing 社製の Analogue Computer が設置され既に連日の如く活動しており、また最近交流計算盤が完成し、稼動を開始し



1 図 研究所に設置された Boeing Analogue Computer

昨年 10 月設置されて以来、連日の如く稼動して自動制御回路の設計に役立っている。

Fig. 1. Boeing Type analogue computer installed at the Engineering laboratory of MITSUBISHI E. Mfg. Co.

一方 IBM 統計機は経営業務につとに使用されておりことに最近は「雷害統計」「継電器動作統計」等の電力中央研究所主催の委員会で電力会社の要求による統計にも助力しているので、遂次態勢はできてきているといつてよいと思う。(1 図)

2. System Engineer および General Engineer

電力会社において System Engineer が必要であるか否かについては「現在すぐにも必要である」という所と、「現在は必要でないが将来は必要になってくる」という所とがあるが、いずれにしてもその内に必要になってくるということに変りはなく、新入社員は見習のかたちで発電、変電、送電等を全部回して教育する手段がとられ全般が判るように教える計画ができているようである。しかし人員の養成は時間がかかる故に欧米の如き一人前の技術者が沢山できてくるには 10 年位もかかるであろうという推測がなされている。

現在の機構としては必要な事態が起るごとに、技術委員会が作成されて問題解決が計られるが、その構成メンバーは各部門（変電、発電等々）の専門家よりなるわけで意見が対立するような場合には決定に困ることもあるはずで、予算の編成のような場合にも発電、変電等々でそれぞれ別個に検討されるのでその部門ごとの最良の案について調整が計られる時は経営上の最高機関の所でぶつかるわけで、常務決裁ということになってくる。これは政治力が介入し力技になることが多いので両者を比較検討できる機関が必要である。

ところでこの System Engineer に対するメーカ側の組織は General Engineer であるが、これも電力会社の方に System Engineer の活動が確定してこなければメーカ側の General Engineer の活動も軌道にのらないという因果関係にあるのも当然である。いままでは電力会社では系統問題よりも機器単独に対しての方の勉強に相当力をそいでおり、かつ外国品を輸入して実際

の使用経験を重ねている関係上、メーカに対して注文が多く、メーカは電力会社の指定通りのものを作る部品メーカであった。しかしメーカの方では現在は相当に製作経験をもってきて、他方電力会社の方は系統が大きくなつて系統問題に力をそがなければならなくなってきたので、電力会社では機器のみでなく系統問題に重点をもつて行くべきで、メーカの方は作るだけでなく、系統問題をも調べて、それに合う機器の開発をする必要があつてお互に足をふん張って胡魔化されぬようにすることが健全に発達する上からは必要であろう。

なお System Engineer というとなんでも知っている人のようになるがこれは神技であって、そんな人はおらぬという話と、一つの機器の専門家がたとえば 10 m の穴を堀るのに比して、5 m の穴を 2 本堀るとか、3 m の穴を 3 本堀るということをやれば比較をすることができる所以不可能ではないという話しがあって、結局 2~3 の事項の比較を専門に研究する人の数人の組合せでやつと System Engineer の組織が完成するわけで BPA では 60 名位も System Engineer がいるということである。

つぎにわが国は米国と欧州と両方よりの技術が混合して入ってきており機器選定および系統構成上思想の相異、好みの相異が多いので、いずれの国の技術を信頼した方がよいかということも論議的となつてゐる。欧州の製品は配電盤でも遮断器でも安く経済的にできているのでわれわれ日本人の要求にぴったりしているとか、米国の製品はなんでも贅沢過ぎるとかいう話しがあり、欧州流を好む人がある。一方また欧州ではドイツとかスイスは製品の 6~7 割が輸出であり自家の製品の悪口をいふのは禁句になつておらず、宣伝がうまく、良いという話ばかり伝えて事故統計等は少しも発表しない。これに反して米国は輸出は問題にせず、ありのままの運転統計をも発表しており一般レベルは上である。米国で少いものはできないなどは大へんな間違いで Automatic Computer とか飛行機用の部品とかは全部米国品が最優秀で



2 図 電気試験所に納入した交流計算盤

わが国最初の交流計算盤である。これと同種のものが、電力中央研究所に設置されることになつておらず、また当社研究所のものも最近活動を開始した。

Fig. 2. A-C Calculating board delivered to the electro technical laboratory.

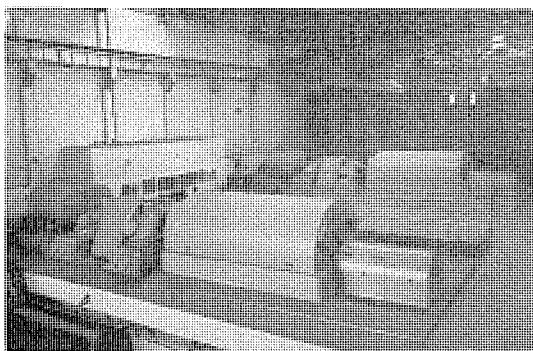
あり、ドイツ等の欧州諸国では米国の援助資金、技術導入を得てやっているものが多い。米国ではその大きさに対するベストのものを作る点においてはすぐれている。遮断器等々でも欧州流では真似のできぬ利点が多いと米国の技術を信頼している人も多い。

要するに System Engineer とは日本に入ってくる文献とか宣伝文に飛ぶものではなく底を流れている安定技術を見付け、そこを基盤として好みや宣伝に左右されない土台を作るものになる。文献等には安定技術はでておらず現在文献にある新技術は安定技術としてしみ込むには 5 年とか 10 年もかかるわけで、解決された技術はあまり話しに出す機器の設計でも「Know-How」を知らずに一足飛びに最新のレベルのものを作れないと同様に、系統構成上の必然的の経緯を知らなければとんだあやまりをまねく恐れがある。氷山の一角のみをみつめて進まぬようにするための努力も System Engineer がなすべき仕事である。

ところでこの System Engineer の活躍の土台となるものは交流計算盤あるいは Digital Computer, Analogue Computer 等の活用が必要であつて、これに頼らなければ手も足も出ないということは論を待たない。安定度問題にしても 2 機問題位まではなんとか筆算でもできるが、3 機以上となつてくると大変であり、5 機位になると不可能となりどうしても交流計算盤が必要である。系統構成およびループ構成するには交流計算盤に頼らなければならぬことが多く、問題はいくらでもある。電気試験所に設置された交流計算盤は連日活躍しており、すでに来年度分の問題まで一杯になったと聞いている。近い内に電力中央研究所にも設置されるはずで、三菱電機研究所の交流計算盤は近い内に稼動するので問題を処理できる数は増すと思うが全体の要求度に比べればわずかである。わが国の電力会社の規模は米国では大体 20 番目位のものに相当するとのことでこれ位の規模になると米国ではほとんどの電力会社は交流計算盤を所有しております、それ以下の小さな所も共同で所有しておって、系統問題に使用しているといふ。すなわち当社の研究所にある交流計算盤はいまのところは電力会社の役に立つが将来は小さな自家発電所での問題を解決するために活用される道をたどるであろう。(2 図)

また電力関係でも絶縁協調上の問題、自動制御問題等に Digital Computer 以上に Analogue Computer を活用すべき問題も多く、自動制御に關係する事項たとえば AFC, ACC 等が普及するにつれて Computer の世話になるものが倍加していく。

つぎに経営業務と関連して系統の事故統計の完備が必要でこれらをわが国では縁下の力持の如く考えられているものであるが、全般的にながめわたす時になくてはならぬ問題で系統構成の判断の根拠を作るものであつて、これも機械の力を借りなければ手も足もでない。武器のなかつたままでは手を付けられずにおったが、最近「雷



3 図 東京電力鶴見発電所納入の 81,000 kVA
水素冷却発電機

国産最大容量のもので、当社製ではこの他築上・相浦・姫路等々がある。

Fig. 3. 81,000 kVA hydrogen cooled generator delivered to Tsurumi Power Station, the Tokyo Electric Power Co.

「事故統計」、「継電器動作統計」等々が送電線、発変電所ごとにそれぞれ個別に番号を付して整理することを開始されている。これも機動化の一歩を踏み出したものと考えてよいと思う。当社の IBM 統計機にてこの統計処理の援助を行っているが将来ともこの種の業務がますます必要と思う。

これらはすべて片手間に済む仕事ではなく、非常に地道な労力の多い仕事になるこれらの探究の計画を作り、結果を比較検討し、系統問題に応用するものが System Engineer になりまた General Engineer になる。

この仕事は今までの各組織の中にはなかったものであると共に時代の要求と共に必要度が増していくもので急にその組織だけを作っても円滑な運転ができないともいわれ 10 年計画とかなんとかいわれる原因であろう。

3. 送電系統構成上の問題点

送電系統の増強は既設設備に追加して行く故に既存の系統に制約を受けるのは当然であるが、負荷の増加速度および負荷増加地点の想定にしたがって行き詰まりを受けないように構成するのが必要のために努力が払われている所である。その内で若干ひろってみる。

ア. 「新設発電所の最大容量の決定」:

現下の外国の推移より見ると単機の最大容量には製作上の限界はないようである。わが国でも単機 10 万キロはもちろんそれ以上でも製作可能であり、輸入するとしたら米国等の現在のものを考えると 20 万キロをも輸入できるといわれている。要するに技術的に問題ない大きさで大きい程 kW 当りの値段は安くなるわけで経済的に有利であるからできるだけ大きいものをぽつんぽつんと設置した方がよいということが大きな電力会社にある。

ところが小さな電力会社よりいうとその大きな発電所が事故で遮断した場合を考えると他の発電所も巻きぞえをくって脱調させられてしまうので分相応以上の大きな発電所を作ることができなくなる。すなわち全発電能力

と系統構成により単機最大容量の制限を受けることになる。これも交流計算盤に世話をにならなければならない問題であるが、発電所のみでなく送電線がループになっているか、1 回線か 2 回線かによっても相當に異なる。(3 図)

イ. 「予備問題」:

以上の話は予備問題にも関係することになるが、変圧器について 3 相変圧器か単相変圧器かという決定も故障時の予備問題にからむ。最近米国では変圧器の事故が製作技術が向上したために皆無になってきたのでほとんど 3 相変圧器のみ用いられているという話を聞くが、変圧器の製作技術の向上を理由として端末の変電所を 3 相変圧器 1 バンクの構成にするのは良策でない。神様でない限り絶対無事故は保証できないのであるから予備の概念を忘れないようにする必要がある。米国では 3 相変圧器の普及は系統のループ化の完成が土台となって始めて行っており、隣の変電所よりすぐに接続できるようなタイ・スイッチがかならず用意してある。當時は用いている所でもループ化がいつでもできるようになっている。このような所ではそれ程その変電所自体の予備を重視しなくてもよい。欧州では 3 相変圧器の普及と共に輸送用を発達させてその弱点を助けている。

結局わが国の現状では 1 バンクならば単相 4 台として、2 バンク構成なら 3 相 3 台として構成することが本来であろう。3 相 3 台と単相 7 台と同じ位の値段になる。

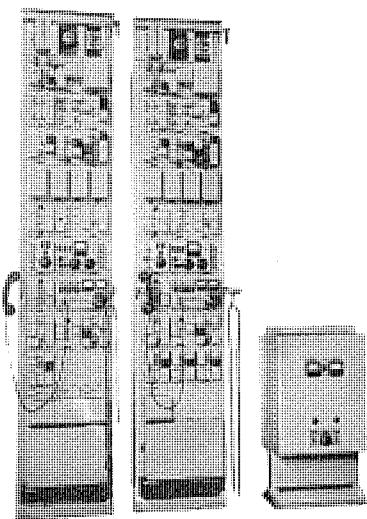
最近米国では遮断器の保守手入れのために by-path switch を付けて無停電で遮断器を手入れすることも行われており、無停電ということに徹底している。

ウ. 「ACC」:

火力発電所で石炭の使用量の節約上自動燃焼装置は有用であって、運転費に大幅にひびくことはいうまでもないことであって、最近は新設の火力発電所に大概取付けられるが、さらに一歩を進めて、既設の古い発電所の燃焼装置の自動化も必要と思われる。

エ. 「AFC」:

自動周波数制御装置は必要性がみとめられて方々で試験されまた取付けられた次第で、また水力では新設の発電所の水車に感度の高い Electronic Governer を取付ける気運にあるが、火力に AFC を付けるのは危険であるという所と、米国では火力を主に制御しているので問題ないどんどんやるべしという所と 2 通りあるがいずれも技術的因子と習慣的因子が入っており、簡単でない。水力と火力とはその性質上そのままで同一と見做すわけに行かぬというのが本質である。AFC を取付けても系統全体の Governer が遅ければ効果があがらず、また他系統に制約を受ける。また Electronic Governer を取付けても、これにつながる発電所の Governer が鈍いと負荷が偏して危険である。火力と水力との Governer の相違も同様の問題を起しており、かえって Load limiter を取付ける必要があるという考え方も出てくる。またどこの発電所に AFC を取付けるかも主要な問題で



4 図 Freg-O-Tron テレメータ
もっとも合理的な構成として認められており、今後活用されるはずである。
Fig. 4. Freg-O-Tron (telemeter).

あって新設の能率のよい大きな発電所ではもっとも能率のよい所で運転させておき、かえって古い発電所を制御した方がよいという説と、古い発電所は大体 AFC を取付けるには工合が悪い故に新しい所で要所要所に取付けるべきであるという説とある。また水力発電所に AFC を取付ける場合にもその発電所の構成上圧力隧道等の長い隧道を通って水が流れる場合には水が追付かぬという危険性もある故に場所の特殊事情が入ってそれぞれにつき相当の相違があることもうなづける。

今後 AFC 装置の改良進歩および活用と併行して、火力と水力との分担、および調整発電所の位置、調整発電所の調整能力等に対する検討がますます必要になってくる。

オ. 「Economic Load Dispatcher」:

AFC に関する負荷に対してもっとも安く電力を送るように各発電所の発電電力をいかに定めるかが給電司令の業務となるわけであるが、山元の発電原価のみでそれを決定することは間違いで送電線の損失をも計算に入れて決定する必要が起ってくる。そこでこの計算は人力で簡単にできぬ故に Computer に頼って即応しなければならぬ。同じ火力でもどこの火力に沢山もたせるかということが当然起きてくる。この計算を自動的にやらせるのが Economic Load Dispatcher であり、一種の Analogue Computer である。この計算結果を電話で司令してもよいし、あるいは自動的に遠方制御することもできる。最近米国ではこの装置が次第に系統に組込まれる傾向を示し、線路損失を最小にして運転すると 1,000 MW の発電力に対して年間 5 万ドルの節約ができると称せられている。わが国でも火力と水力との配分使用その他負荷変動に応じた給電態勢が検討され始めている。(4 図)

カ. 「交流計算盤」:

米国のみならず、欧洲でも給電司令室の隣りに交流計算盤が設置しており、常時の系統構成および事故後の系統構成の可否をこの交流計算盤で検討して司命を行っているとのことで成程と思っている。わが国は系統構成が放射状である故に検討する必要がない。ループ系統のみに必要であるとの話もあるが、交流計算盤でその度ごとの構成を検討する必要があるようなループ構成に 1 日も早くもって行く必要がある。わが国でループ化できぬ因子としては遮断器の容量不足、リレーの構成、あるいは系統が最初よりループにすることを考えて作っていない等が原因であるが早急の対策が希望される。

キ. 「再閉路問題」:

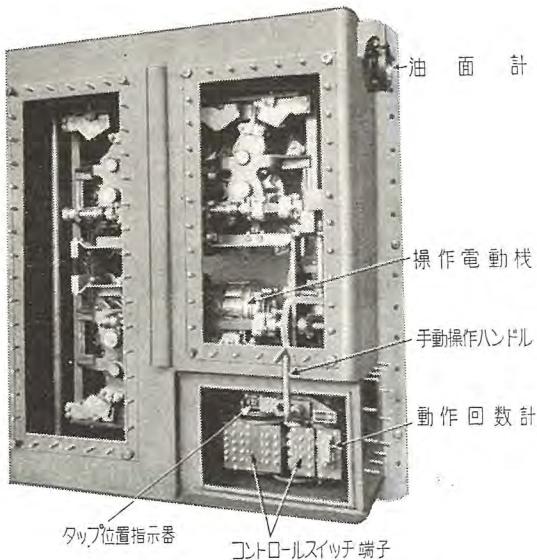
系統単相再閉路完成には種々の困難が付きまとったようであるが、現在ではわが国も世界的一流品を作るものと称してよいと思う。しかし再閉路問題については諸外国がほとんど 3 相再閉路を実施しているのに反して、最初にわが国で採用されたものが単相再閉路であるから一大飛躍を試みられたわけである。この単相再閉路は送電線が 1 回線で一端電源という理由からであるが、単相再閉路が可能であるという理由でループ化の考えなく今後 1 回線送電線が沢山作られるようではまずいと思われる。系統がループ化すれば単相再閉路しなくとも 3 相再閉路で充分となるわけで、異常電圧軽減の面よりも 1 回線送電では山側の発電所側に苛酷な電圧を発生するものであるから、どちらを先にすべきかは今後場合、場合によって詳細に検討すべきものである。

ケ. 「系統分離と遮断器」:

系統分離とは電力会社間の系統を分離するということが本来であって、両系統が脱調した場合には非常に苛酷な責務を負わされるので、系統分離用遮断器としての性能に検討が加えられているのも当然である。しかし今後 Bus-tie Control 等が遂次使用されるようになり遮電器が整備されれば大事に至らぬ内に切り離せるようになると思う。ところで同じ電力会社の内でも遮断器の遮断容量不足のため系統増加の支障になり系統を分離しなければならぬという問題が起ってきて、最近の遮断器の遮断容量不足問題は重大問題として学会でも取りあげて問題にされ電力会社でも対策を急いでおられる。この問題は系統ループ化の重大障害の 1 つであるが、一面また系統容量と遮断容量との関係を示すもので、遮断容量の蓄積が系統増強を見込んで必要ということになる。

ケ. 「系統の慣性、常数」:

系統の慣性常数とは送電系統を構成する発電所の慣性常数、調相機の慣性常数の総合であるので、これを個々についていかに程にするかは大変労苦を要する問題である。一方また系統慣性常数は保護遮電器の動作速度および系統構成にも関係してくる。「ロータリ」か「スタコン」かと討論されるのも当然である。負荷の性質によっても異り、負荷に回転機が多い場合には回転進相機が必要で、



5 図 URS 型負荷時タップ切換器

この切換装置は負荷時電圧調整器に取付られるのみならず、主変圧器にも直接取付けけて調整できる。

Fig. 5. Type URS under load tap changer equipment.

負荷が抵抗のみならば静電蓄電器でもよいという結果になる。結局系統構成の発展と共に「ロータリ」と「スタコン」の配分は異なるわけで、個々の系統により差があるということになる。最初は受電端にロータリをかちりつけ、安定度が向上してくるにつれてスタコンを増加して行く方向が常道であって、スタコンは負荷の端子に近く取付けるのが本来の姿で系統安定度向上と共に次第に1次送電線に移るという方向に進むべきである。米国等で1次送電線にスタコンを沢山使用し始めたのは安定度に余力ができてきただと見るのが本当であろう。大体ロータリとスタコンとの使用比率は経済問題と安定問題のかみ合せになるわけで、ロータリ4分スタコン6分がよいと色々いわれている。スタコンは定態安定度の向上に役立つが、過度安定度に対しては逆の作用となる故に系統構成上の問題点はどこまで使えるかということとなる。

また最近米国では系統の安定度の余裕の結果が火力発電機にも影響してきて発電機の短絡比を低下してきている。すなわち水素冷却発電機では水素の圧力0.5ポンドとしても15ポンドとしても空気冷却の発電機に比して重量は軽くなっているわけで結局単位重量当たりのkVA出力を増加して慣性常数を低下して、短絡比は小さくなつたことを示す。すなわち全体から見ると安定度を低下させることになる。しかしこれが沢山用いられてきているという理由は負荷端に近い所に火力が沢山作られているということとループになって安定度は非常に高いということを意味している。ロータリの代りに火力発電所に慣性常数をもたせるという点を考えるとむやみに水素圧力を高くして慣性定数を少くすることは検討を要する問題と思う。火力発電機の使用法としても小さな発電機で功率を1で運転して無効分はすべてスタコンにとらせると

いうことも考えられないわけではないが、これも系統の慣性常数を無視した考え方になる。経済問題が系統構成、運転方式まで逆に制限するという例になる。さらにAVRが良くなり電圧上昇抑止が可能になるにつれて水力発電所の慣性常数をも低下させ安い発電機を用いるという案も現在検討されているがこれも一率にもちろん定められるべき問題でなく系統全体より見て場合、場合に適したものを見定めないとまずいことは既知の事柄である。

コ. 「直列蓄電器」:

系統がループにされた場合の電流配分に役立つわけであるがループでない場合でも線路の電圧降下を負荷の大きさに応じて補償をなす故に有利である。急にピークが出るような負荷たとえば電気炉のような負荷に対して有効であって「フリッカ」を防止して有益である。また1次送電線に利用しても瞬時吹消ギャップを併用することによって安定度をそこなわぬ故に有用である。現在わが国にはまだ実例は少いが今後どんどん活用されるものと思う。この直列蓄電器で電圧降下を補償することと、昇圧とは、その有利性は負荷の量により度ごとに検討する必要のある問題であるが、現在の所直列蓄電器挿入は有用な改善方法であり普及が計られている。

4. 系統改善問題

負荷に追随して系統を整備して行く場合には、発電所の増強は勿論である。しかし増設のみやつても送電線路の送電容量に限界があるので当然のことと、また事故時の系統安定度を高めるにはループ化が必要であり、また異常電圧軽減対策が必要である。ところで送電容量の増加対策にはさらに1回線作るかまたは昇圧ということになる。ところが現在わが国の系統は超高压を除いて他は全絶縁で構成されている故に資材節約の国家的見地よりは直接々地昇圧ということは当然考えなければならないことになる。そこで系統改善としてはまずループ構成および昇圧を検討する必要がある。それで系統改善の段階としては下記の如き段階が必要であろう。

- (1) まず交流計算盤が必要である。
- (2) 全系を直接々地とする。(接地箇所を多くする。
単巻変圧器を用いる。誘導がかえって軽減する。)
- (3) 繼ぎ目の変圧器を巻き換えて単巻変圧器にして
容量を増加して、かつ負荷時電圧調整器を置く。
(5 図)
- (4) 新しい変圧器を発注する際には電圧調整器をか
ならず付けた方がよい。(米国では直接々地の中性
点側に簡単に電圧調整器を入れている。)
- (5) 緊急電源の整備(搬送緊急電源は現在ではかえって
必要で、ループ化が完成すれば、左程重要ではない。)
- (6) 直列蓄電器によって潮流の分担を均一にする。
この提案は米国のみならず、欧州で英國、フランス等々で歩いてきた道を示すことになるが、系統が大きくな

った現在では非常に大変な抜本策のような感も与える。反面わが国の系統は大部分が高抵抗地系で、かつ消弧線輪接地系も多いので、搬送継電器に依存して系統のループ化を計ろうとする向きもある。しかしこれは超高圧直接々地系との繋ぎ目にインピーダンスの大きい2巻線変圧器を使用しなければならず、ループ構成の支障となる点は看過できない。

このいずれの方向に進むかに大いに影響するものに電話線回路との協調、誘導問題があり、この数年来議論的になつてゐるのはご承知の所である。

誘導電圧300Vとか450Vとかの小さな値が、響く所が大きいのは驚く所である。あの広大な土地を有するソ連においても誘導電圧を1,000Vと主張している理由は電力と通信は土地は広くても同じ道を通るということになりそうである。C'CIFでも誘導電圧の進歩は0.2V/dayであり進歩が遅いという話があり、いずれの国でも共通問題であるが、電力、通信共に年ごとにその施設は増加してくるわけで、動きがそれなくならぬように国家的見地よりの案が樹てられると思うが、国際的の進歩よりとり残されぬように進展して行くべきものと思っている。450Vまでになればほとんどすべての系統の直接接地が可能であるということを聞くわけで、いずれの対策も樹て得るように比較検討していく必要がある。理想論を離れて現実論に入ると通信線の保護装置に信頼をおけない過渡期の現象であるということにもなり、この種の通信系統と電力系統との協調は保護装置の性能によっても変化があるということになると思う。

昇圧問題を含まず系統多重事故をのみ防ぐという問題すなわち非接地系を改善するには消弧線輪(PC)を入れれば有効であるが、系統のループ化はできず、系統の大きさを所要の残留電流40~50A以下になるように分離して構成する必要がある。PCは消弧線輪等という名前を付けることはできないPCがうまく動いているという実績は統計上より40%位にしか過ぎぬといふ。PC否定と、これに対して一方PCは特効薬でもちろん万能薬でない故にそのききめが表れるよう使用すればよいといふ意見としてPCの受持つ系統を大きくし過ぎないと(すなわちループにはできぬ)、また線路は懸吊碍子を用いる必要があること(ピン碍子の系統では最初の年はよいが2年~3年後は劣化碍子を温存して多重事故を起す)等を注意すれば有効に利用できて90%の実績も出し得るという意見もある。

抵抗接地系とは線路の充電kVAと同等以上の電力をとる大きさの抵抗を中性点に挿入しなければならぬ。わが国の高抵抗接地系は非接地系に相当して異常電圧を発生する条件が沢山ある故にその値の低下が望まれている。

直接接地すればいざれでもよくなるかというと然らず、制動巻線のない発電機があり、これが故障のある線路を伴って残る時には危険であり、ループ化あるいは制動巻

線の取付け等の点が必要になる(制動巻線はどの接地方式でも必要であることを付言しておく)。また古い遮断容量が低下した遮断器がある場合には直接接地化に伴う利点のループ化が生かされない。また再投入をやらせるには古い遮断器では不能ということもある。これも個々の遮断器につき当る必要があるがいずれにしてもそれについて問題は残るわけで将来を見越した系統構成に近くのように改善の方向をたどって行く必要がある。改善はただでは改善できず投資する金額と改善度合は比例するわけであるが、第2段、第3段の改善の時に不要にならぬような案、継続できるような案をたてる必要があることはいうまでもない。

なお「昇圧問題で単巻変圧器か直列変圧器か」という問題がある。これは米国等での昇圧は全部単巻変圧器で行われておりますスエーデンの超高圧でも単巻変圧器で結んでいます。超高圧にして電圧をあげても低インピーダンスの変圧器で結ばなければループ構成時に電力はのらないのでできるだけインピーダンスの少い単巻変圧器を用いている。一方ドイツで昇圧した場合は直列変圧器を用いているがどちらが有利かという問題である。この問題はそれぞれ場所により特質があるわけであるが、ドイツの例では直列変圧器の励磁巻線に発電機より電力をつぎ込んでいる。電源のない所ではできないから、バンク容量を犠牲にしている使い方になるわけで、発電所での昇圧には利用できるがあまりよい方法とは思えない。単巻変圧器はどこでも励磁電源のない所でも使用できる故に有利であるということになる。B.P.A.等では単巻変圧器を遮断器の外側に設置して超高圧側には遮断器なしで構成して事故時には線路と一緒に遮断するという策をとっている。

5. 系統異常電圧と異常電圧記録装置

雷は阻むものを必ず打抜くということは今では通念であるが、その実態を記録し調査することには長年月が費やされている。また系統に発生する異常電圧は外より飛込む雷のみでなく系統の内部で発生するものも絶縁破壊にみちびくことが確かめられているが、これも記録装置の発達と長年月の測定の結果である。異常電圧を外雷と内雷とに区別して取扱い外雷に対しては対雷設計が考究され絶縁協調が全般的に考えられ処理されてきているのも長年月の研究の蓄積である。避雷器の改良進歩のみならず絶縁設計は幾多の改良進歩が計られ、機器の構造のみならず雷害危険率および雷害強度に応じて鉄塔構造および線路のルート構成まで考慮が払われ米国の例では既に耐雷設計の基準が確立した感があって、配電線までもその考慮が払われ最近の文献では耐雷に対するものあまり見受けないこともその進歩を物語るものと考えよいと思われる。これは要するに雷測定に関して統計的処理がうまく行われ、高度の測定装置は重点的に要点要点に集中されて集中的検討が行われ、またその範囲も一点

に偏しなかった結果であると推察される。最近の文献では飛行機に落ちる雷とかあるいは農村電化用の送電線路の雷記録とかに移っておりわが国の現在とはかけ離れている。

ところでわが国でも近時次第に IBM 統計器を用いたりして簡易測定器での測定結果を統計的に処理する傾向になってきて、線路構成あるいは系統保護継電方式までも雷測定結果が役立つ過程を踏み出したと思われるが運転業務上の系統構成までに測定結果が役立つことが必要であり今後の目的であると思われる。簡易測定器とは原始的のものであるとして軽視されその測定精度はどの位かということで活用に至らぬ傾向にあるが、その用い方および効果というものを再認識する必要がある。簡易測定器とは集中的の一時的の探究とは異り、統計処理に応用すると同時にそのまま、日常の保守点検に現場で誰でも用いることができる測定器として移って行くべきものであると思う。最近異常電圧委員会で実系統の長期異常電圧測定を目的として各種の測定器を検討されているが重要なことと思われる。避雷器に取付けたデンソーメータ式記録装置などは避雷器の放電電流の測定をすると同時にそのアレスタが健全であるか否かの判定にも役立つもので他に真似ができない特性を有する。また最近鉄塔で雷撃を受けたものと、碍子内絡で機流が流れたものの区別をするのに塔脚とカウンターポイズとの間にデンソーメータ式記録器を入れれば充分区別できるものとして応用を推奨しているが、異常電圧電流の実測と同時に日常の保守点検に役立つ簡易測定器の利用は今後ますます活用され系統構成の判断の一資料として活用されることを望むものである。

つぎに内雷に関しては各種の異常電圧の発生が考えられるわけであって、系統構成そのものがその主要な因子となっている。共振異常電圧、開閉サージ等はここ数年来の検討によって電力関係者にはなじみの深い言葉になっており、従来不可解事故として取扱われてきた事項も大体真相が把握されるようになってきたのは一大進歩と見做すべきものと思う。しかし系統異常電圧に対しては系統構成は簡単に改変できないので、開閉サージ発生の1つの因子ともなる遮断器の遮断能力の改善に拍車をかけ、また避雷器の開閉サージ処理能力の向上に拍車をかけられたこともつい最近のことと現在も努力が傾けられている。これは機器の性能向上の上より一大貢献を



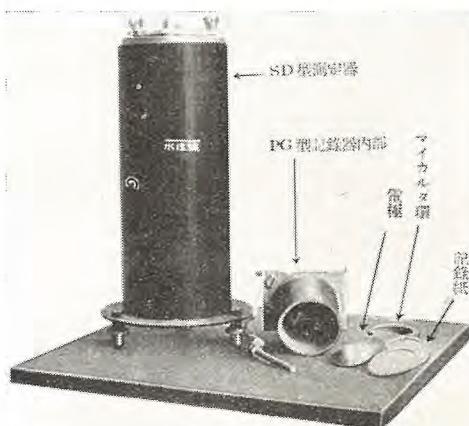
6 図 クライドノグラフ
コンデンサ、ブッシングのタップに直接取付けて屋外で異常高電圧を簡単に測定できる。
Fig. 6. Clydonograph.

電力技術に関する最近の諸問題・安藤

なしているが、一方系統構成がそのままとすれば場合によつては処理能力以上の苛酷の異常電圧を発生する可能性があるわけで、また既存の系統には旧型の機器も多数含まれている点よりも異常電圧因子を無くするためにも系統改善が必要となってくる。そのためには全系統のインピーダンスを拾い出してその共振の有無、開閉サージの発生確立等を検討する必要がある。これも今後の問題として残っていることになると思うが筆算ではできぬといふことがおくれている原因もある。一方この検討に実際の事故または異常電圧の実測の裏付けが必要とされるわけで異常電圧測定器はこの方面でもご用が期待されているわけである。

ところで機器事故の場合に劣化あるいは異常電圧かといふことが何時も論議的になっているのが、従来の経験であつて破壊したあとで確率的に発生する異常電圧の有無を論議するのは水掛論になるわけで、また一方従来の経験よりすると予想外の所が閉絡している場合もあるので、わが国の現状よりみては系統構成上より異常電圧対策ができるまでは簡易測定器を取付け判断の基礎になるデータを取るべきであると考えられる。場所により度々事故を起す所は異常電圧の巣と見做すべきで集中的の観測をやって系統改善に力をそいだ方が、結局有利ということになると推察される。しかし、百年に1度起る事故ならば毀れても仕方がないという考え方があるわけで場所により一率でないと思うが、早急の対策が必要な場所が多いようである。米国では避雷器の適用基準ができており系統の正相インピーダンスと零相インピーダンスの比で図表ができると適用を示しているが、わが国の系統でも同様のものが必要であろう。

送電電圧委員会で直接接地系の避雷器の適用基準を作成しており、いかなる故障が起きても故障前線間電圧の80%以上にならぬものを有効接地系統と称するという定義が作られたが、この定義の中に入る系統がわが国では



7 図 デンソーメータ式衝撃電流測定装置
避雷器の放電電流を測定する装置としてもっとも良好であると認められ、最近その実績を認められている。

Fig. 7. Densometer type surge current measuring apparatus.

1つもないという点が論議のまととなつた。これは系統改善にまだ本腰を入れてないということと簡単な問題でないということに原因があるわけである。

しかし異常電圧記録装置が重視されていることはこの方面に一步をふみ出したと考えてよいのではなかろうか？私の個人的意見ではクライドノグラフとデンソーメータ式記録器という如き安い簡易測定器を多数使用して統計的資料を集めることができ第一歩で、測定に手数のかかる測定器は数に制約を受けるわけであるから第2段階として活用すべきものであると思っているがこれは間違であろうか？（6図、7図）

6. 配電系統

戦後の復旧はまず発電力増強にそがれて、配電系統の整備がおくれたのは無理もないが、近時家庭用電気品が普及するにつれて配電系統整備の必要性は倍加してきたものと思考される。米国における最近の重大問題の1つに大都市配電方式の確立があり、配電系統の最も経済的なしかも特性のよい回路網構成の検討であるとされているが、わが国の現状はまだ配電系統を回路網構成にしなければならぬという所まで行っておらず配電電圧の決定という所が緊急の問題である。

現在では需要家入口の電圧の確保自体に相当の投資が必要であって、渴水時の電力不足のために停電を余儀なくさせられ、病院の手術中の停電で困ったとか何が困ったとかいわれたことも全面的に解消したとは思えなく、停電皆無が絶対に要求される線に今までにはまだ相当の経路がある。しかしとにかく発電量絶対値に対しては目標に近付いてきて、最末端の電圧確保に重点が指向されてきたことは事実である。

ところで現在検討されている配電電圧については3,300Vでは不足であって、5,200V（3相4線式）あるいは6,600V（3線式）に昇圧しなければならぬというのがどの電力会社でも共通であって、場所によっては11,500V（3相4線式）にもって行きたいという所もある。一方米国では農村電化等に沢山電力が使用されるようになってきて電圧も上昇し、13,200Vあるいは14,400V等が広く使われている。距離と負荷に応じて電圧は高くなる一方であって、TVA等では25kVを配電に使用している。つぎに既存の3,300Vを昇圧する場合に柱上変圧器を取り替えて6,600Vに一挙に昇圧してしまうというのが現在の一般的の考え方であって、それは現在の3,300Vの線路がそのまま6,600Vに使用できるということである。そこで新設の柱上変圧器はほとんど3,300V/6,600Vの2重定格に用意して、いつでも6,600Vにできるように準備をされている。またそのままの構成で電圧のみあげるという理由は負荷の性質があまり変わらぬことであって、負荷は増加したが依然として単相負荷であって、平衡した3相負荷はほとんどなく、線を2本張って単相変圧器を取付けて行く必要があると

いう理由も入っており、負荷の性質も多分に影響しており、1本の電柱に柱上変圧器を3個はのせられないといわれている。

なお配電系統より見ると6,600Vが10,000kM, 5,200Vが8,000kMある故に、3,300Vの直接接地昇圧を無視することはできない。また3,300Vを直接接地して5,200V（3相4線式）をとることはうまく系統構成ができるなら変圧器はそのままよく、第4線の省略も可能で経済的に非常に有利であるという提案がある。この方式は方々で試験的に実施されているが、（イ）第4線目を張り回さなければならぬということと、（ロ）接地故障検出が困難であるという理由で大規模の実施はやられないと聞いている。しかし（イ）の第4線を引き回さなければならぬということは単相負荷が主であり、どこにでも容易に取付けなければならぬという理由よりは止むを得ない所もあるが、（ロ）の故障検出、除去問題は研究問題ではあるが、このためにこの方式が不能というものではない。

なお6,600V系統は将来負荷増加に応じて11,500V（3相4線式）に昇圧の含みを残すことができるのであるから経済的構成についてはさらに検討の要がある。

さらに現在配電系統で欠けていると思われることにつき記述すると、配電線の再閉路問題がある。配電線の再閉路は送電線と異って脱調等の現象を考えなくてよいが、4回も再閉路するというRecloserがあつて米国では7つの会社が競争で作っていることで相当に力がそがれていることが判る。なお回路網となって故障電流が過大となった場所では、故障電流がある値を超過する場合には再閉路を行わぬという手段も加えられている。

とにかく無停電が要求され、かつスイッチを入れたままの自動機器（家庭用電気品その他）が増すと停電時間が長い程、再び生かす時の投入電流が大となるので、再閉路は線路故障を自復させると共に配電設備容量に対しても影響を及ぼす。配電系統を直接接地すれば再閉路しなければ停電回数が増し過ぎるが、非接地構成の場合にも短絡の時には矢張り再閉路を実施する要がある。

配電系統の絶縁構成もわが国ではあまり研究が進んでおらぬ部分の1つである。低圧配電線路になると雷の直撃のみならず誘導雷が苛酷の電圧になる。米国の木柱線路構成を見ると低圧の線路でも架空地線が配置してあるか、あるいは3本の線の内の最上部の1本が架空地線代用に利用できる構成になって耐雷保護がしてある。直撃雷が舞込めばもちろんその苛酷度により閃絡はやむを得ないが、誘導雷に対する効果は大きい。柱上変圧器についても米国ではW社のCSP変圧器等として知られている如く、[高圧巻線—低圧巻線] [高圧巻線—鉄心] [低圧巻線—鉄心]との3箇所の絶縁をがんじがらみに保護する3点保護方式が全般的に採用されており、接地のとりかたも柱上変圧器の所の大地電位の上昇が需要家に影響しないように低圧の1線は方々で接地して需要家の引入

の所でさらに完全に接地をとっている。この実施方法はわが国にも即刻受入れるべきものと思う。

強雷地区の民家への雷撃は毎年聞く所であるが、低圧配電線が誘雷線の如くなつてここから入り込んだ雷により危害を受けている事実は否めないと思う。さらに大都市の上空を雷雲が蔽うと方々で停電事故を起すことも毎年の例であるが、この対策も早急にたてる必要があると思う。

なお配電用変圧器について言及すると、現在 JIS 規定では負荷率を 75% として、銅損と鉄損の比が一種類のもののみを定めてあるが、電力会社により、また都市、郊外田舎により負荷率が異なるはずで、1 つの電力会社の中でも銅損と鉄損の比の異なる変圧器を用意して、負荷率に対してもっとも適したものを使用すべきである。いままでこのようなことが検討されなかつたのが不思議な位であるが、米国の電力会社では 4 種もの変圧器の使いわけをしており、ことに最近では電気冷蔵庫等の家庭用機器が増加して負荷率 86% 程度、銅損と鉄損の比が 1.6 位の変圧器が多く使われるようになってきている。

しかしわが国では負荷率 75% より低く、50% あるいは 60% の所も多いようで、銅損と鉄損の比を 2 あるいは 3 にした変圧器も必要ということになる。

7. 劣化判定

戦時に修理、保守が思うように行かなかつたので、終戦後劣化したと思われる「要注意」のものが沢山あつて、その修理順位を定めるために劣化判定が重要課題になつてきつた。米国等の例でも 1940 年頃より盛んに検討され重要問題になつておる、非破壊試験法と称して幾多の方法が重ねられており、また実地での統計例が多く、現場における事故を軽減できたと報ぜられている。

結局戦争中の悪影響が多分に入ったと思うが、使用時間が 30 年にもなり老齢に近いものが多くなつてきたことになる。判定には各種の方法が呼ばれてゐるが、いずれも決定版とも称すべきものではなく、非破壊試験法より得た結果たとえば $\tan \delta$ 等と実際の耐圧とは直接結び付けられておらぬ。

すなわち漏洩が多く $\tan \delta$ が多いものが案外耐圧値が高かつたりする。老人が早く死ぬとは限らず若いものが急に死んでしまつたりすることがあるので、劣化判定修理はある程度老人を墓に入れる気持がないとできないといふ説も出てくる。結局人間と同じで心臓、肺臓、胃腸、等々と各器管がどれが悪くても命にかかるわるわけだが、1 つの判定でどこの劣化でも解るといふことがむづかしいと同様である。最近の「人間ドック」は 1 つ 1 つしらみつぶしに検査する方法でこれを通過しても絶対大丈夫とは保証できぬことと同一と思う。

さらに実際の事故は異常電圧等が介入して健康なものを毀すという因子が入る故に実際に測定した要注意が先にかならず毀れることがないのでむづかしい。



8 図 可搬式誘電体力率測定器

電源を内蔵した測定器であり、現場の保守にわが国でもっとも広く用いられている。

Fig. 8. Portable schering bridge.

実際に製作する側よりいふと使用する材料および処理方法を同一とすると巻線の処理あるいは套管の処理等は $\tan \delta$ を測定することによって処理の良否の判定、製作の良否の判定ができる。それで当社では製作過程で $\tan \delta$ を測定して良否判定を行つておき、製作当初の値を記録しておきその経年変化を知れば劣化度合が判るということをねらつてゐる。唯 1 回測定した値で判定することは困難であるので経年変化を重視しているわけである。

ところでたとえばコロナ遮蔽の構造が悪いものはコロナが出る電圧まであげてみなければ判断できないのは当然で、また局部加熱をする構造のものは負荷をとつてみなければ判らぬし、層間絶縁の弱いものは層間絶縁の試験をやらなければ判らぬ等のいろいろの判らぬことが多いわけであるが、変圧器については大体 $\tan \delta$ で充分のようである。吸湿、油の劣化等による影響が判定できれば充分推定できるわけである。すなわち構造上油の中に入つてゐることに起因するものと思う。しかし今後乾式変圧器が多く用いられるようになるとまた別のむづかしい問題がつきまとうと思われる。

一方現在一番解決がつかなくともめているのが発電機の線輪である。これは構造上コロナを出し易い部分が多いこと、スロット中の巻線と氣中に出た曲りの部分、また支持物でおさえられた部分とそれぞれが異なる。乾式であるためにポイドがあり、絶縁の内部で発生するコロナと外部で発生するコロナの区別が困難であり、巻線をスロットに入れる工作上の差異も影響してきて、またコロナ防止塗料により変り得る等の変化が多いのが困難である理由である。そこでたとえば $\tan \delta$ を測定して一般的の材料の処理吸湿等を調べ、高圧直流法で弱点はないか等を調べ、コロナは直流分法で調べる等種々あるが、さらに高周波のコロナ振動検出とかあるいはコイルの表面でコロナが出てゐる場所を探すという方法もとられる。これでも足りなくて耐圧試験に近い電圧まで印加して強制的に弱点をはき出させるという方法も提案されるようになってきつてゐる。結局決定法がないわけであるが、 $\tan \delta$ 測定法および直流高圧法の併用が一応合理的な方法と考えられる。(8 図)

ところで工場内で製品の工作良否の判定は割合に周囲条件を一定にして測定できるが、実際の現場では測定が困難であるということが事実であって、停電して温度等を理想状態にもって行って測定できない。また測定に時間がかかるので片手間にはできぬのも事実であるが、定期的の測定は行うべきものであって、電力会社によっては相當にかっちり測定している所もある。測定結果の価値については、まだあまり資料が集っておらず、悪いと思っていたのが矢張り悪いという程度で、あまり役立ったという結果を聞かないのは残念であるが、その効果はすぐ出るという性質のものではないと考えられる。

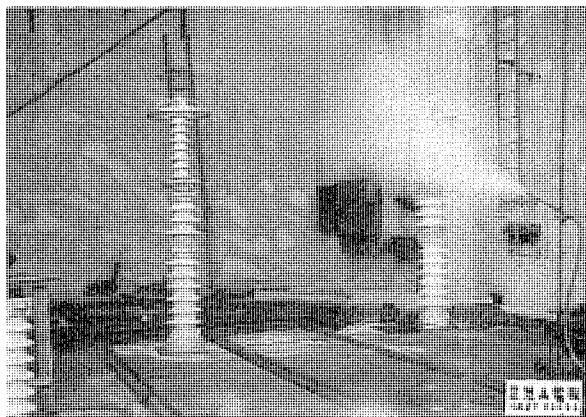
測定器につき一言すると発変電所では Eus を大電流が流れているので測定器の向きにより測定値が變るということが起るので測定器の電源電圧としては最小 10 kV 程度は入用である。

$\tan\delta$ の測定でもメータだけのものは電源の配線および測定線が長くなるので誘導を受けるし、可搬誘電体ブリッジで電源を内臓して遮蔽線を用いる測定器は可搬式にしては少し重過ぎるということになる。要するに定期的測定を現場でやるには機動力が入用ということになる。

8. 汚損問題

颶風一過で被害は各所で起る。農作物のみでなく送電線路も多分にもれない。四国を海でかこまれている島国では海より吹きあげてくる塩風による汚損により被害を受けるわけである。颶風時でなくとも海岸地帯は塩害が多い。また塩害のみならず工場地帯の媒煙も汚損問題に重要因子になる。工場が多くなり媒煙が多くなると霧が多く媒煙で汚れた碍子に霧が付くとますます閃絡電圧を低下させる。統計的には早朝の露でぬれた時間に閃絡事故が多い。いずれも汚損は大敵であることを示している。

そこで碍子個数の決定のみならず、屋外の大気にさらされる部分の絶縁は汚損した時の商用周波電圧に対する耐圧値が問題になる。衝撃電圧閃絡値より求まる数値よ



9 図 避雷器の霧中試験

避雷器に対する霧の影響をみるために実施されたものでわが国で最初の試験である。

Fig. 9. Contamination test of the lightning arrester.

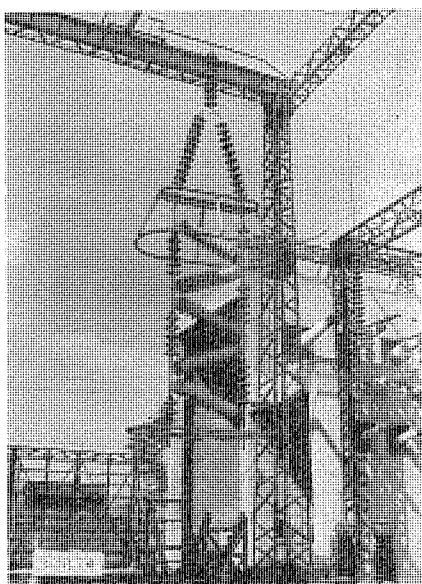
りは算定していない。現在の線路絶縁が大体 10 kV に対して標準懸吊 1 個の割合で、交流電圧に対する裕度を 4 倍近くにとっているのも汚損を勘定に入れた経験より定まっている数値であるのは周知である。

変圧器の套管等も汚損の影響があるために相当に強く作ってあるのが普通である。コンデンサ型套管は丈が高くできて外部漏洩距離が長いために交流およびインパルス耐圧は高くなっている。汚損時の低下を考慮してある。その反面清浄時に雷擊を受けた場合には内部よりも強いことになるので変圧器の截断波のレベルで閃絡する長さのギャップを付けて協調をとっている。

昨年颶風時の塩害によって方々で閃絡事故を起して碍子型遮断器でも外面閃絡事故を沢山起した。そのためのみではないが、最近汚損問題が急に切実の問題になって、学会の委員会でもとりあげられ方々で研究され出した。

碍子、碍管で実際に使用して汚損したものの閃絡値を測ると共に、構造および表面処理によって汚損し難いものの試作も進められている。いずれにしろ現在実際に用いられているものがどの位汚損されるか、どこまで閃絡電圧が低下するかを測定するのがまず第一歩であるといわれている。汚損は風等ではこぼれた塵埃が付着して湿気が付着を助けるが、また雨が降ると流されるということを繰返すわけで場所によってまた天候によって差異があるわけで一率に行かぬことが問題であり、汚損の定量的測定も困難である。しかし室内的実験および人工汚損による試験は相当に行われ 100 mA 位の漏洩があると閃絡を起すという研究結果もあり、絶縁抵抗を測定して劣化限度を判定する試みもある。

わが国のみでなく英国では有名な霧の国であるから、



10 図 丸山発電所納入の SV-W 型避雷器

抵抗スペーサを用いた避雷器でわが国最初のもので、ジグザグ接続ができるのも他では真似できない。

Fig. 10. Type SV-W lightning arrester delivered to Maruyama Power Station.

汚損問題はひどく度々の閃絡でなやまされたらしいが、絶縁物の縁面距離を 1,000 V につき 1 in にのばしたら理窟は解らぬが事故を起きなくなった。この例によるとわが国のものも相当に絶縁距離を長くする必要がある。英國ではまたアレスタの放電間隙も汚損のために閃絡電圧の低下を來して困ってしまって棒間隙におきかえてしまったということで雷危険度という点ではそれ程苛酷でないと推定できるけれども汚損には随分なやんでいるようである。

それにくらべて歐州は一般に雷は少く汚損問題は楽のようだ、ことにスエーデンとかスイスでは楽天地のよう話である。

わが国の汚損でアレスタがなやまされている問題は、アレスタの間隙部分にシリコンレジンをぬって露が付かぬように工夫したり、また間隙部分に抵抗スペーサを応用して間隙部分の電位分布が外部汚損に影響を受けないようにしたりして対策をたてて面目を一新している。(9 図, 10 図)

さらに汚損に関連して碍子型遮断器で漏洩距離が短いのもあって、襟を深くする必要があるなどといわれているものもあるが、汚損のみでいうと全体が碍子でかこまれている汚損部分が多い構造のものは不利であることはいうまでもない。この点ではタンク型の碍子部分は套管のみで有利な特長をもつ。とくに塩害の多い所では 1 段上の定格の套管を使用することもある。

直接接地系が増加しつつある現状で絶縁低下および碍子個数の減少が実施に移されている現状では汚損問題は重要であり、台風の多い特殊事情がある所ではわが国の特異性を考慮に入れる必要がある。

9. 保護方式

Silent Sentinel (沈黙の哨兵) と称せられる保護リレーは系統構成および中性点接地方式により大幅の影響を受けるのは議論の余地がない。そこで遮断器で保護しやすい保護可能な系統を構成すべきであるという意見と、電気を送ることが第一義でそれに追隨して保護を完了しなければならぬという意見との対立が起るのは当然の事柄である。

わが国では並行 2 回線で平衡リレー保護方式が現在全面的に使用されているが、同一鉄塔に 2 回線併架した所では 1 度の雷撃で両回線に雷が飛むことがしばしばあって、平衡リレーとしては、迷惑この上もない。また現在母線保護がほとんど用いられておらぬために母線に起きた事故がつぎつぎと他の母線で多重事故を起して平衡リレーが動作できない所でばかり事故を起したという意地の悪い例もある。また両曲線に亘る短絡事故でリレーが変な動作をすることもある。そこで平衡リレーの締出しが呼ばれているが、外国の例でも系統リレーの整備は第一に平衡リレーの締出しであったと聞いている。

そこで距離リレーを採用するために、ここ数年間イン

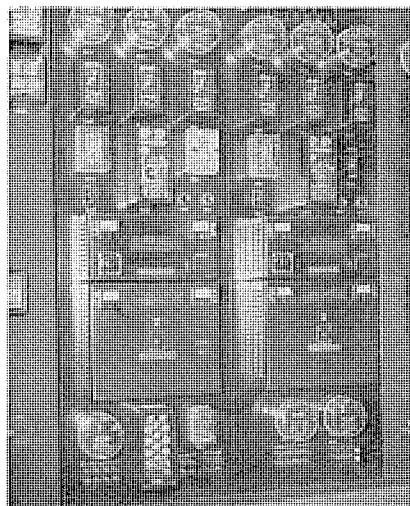
ピーダンスリレーの現地試験が繰返されたが、全面的に距離リレーに変更できない結果重要区間のみに区間選択性遮断器を採用して、低圧とか、あるいはこれに連結する他系統のリレーが従来通りの遅いリレーのために他で起った事故で重要区間のリレーをトリップさせてしまうということも起っている。これは過渡的の現象として止むを得ないことになるが遮断器動作の協調という点が今後考慮されるべき問題である。

結局新型リレーを用いても、他系統と共に協調がとれないといその効果は減殺されるということになる。

ところで遮断方式の動作率を遮断器自体の欠陥で左右されているのか、系統構成上やむを得ないことであるのかを実例により確かめるために電力中央研究所主催の委員会で事故 1 件につき調査表を集め IBM 統計器にかけて整理することに着手されたが、これらの統計結果は実系統に反映するものと思う。なお実系統に自動オシロが重要地点に取付けられ、個々の遮断器の動作順序の解析を助けているが、この自動測定もますます広く実施される傾向にある。

つぎに中性点接地方式とリレーとの関係は方々で論ぜられている所で詳細な記述はしないが、短絡に行かぬ内に 1 線接地事故の内に処理してしまうのが重要であり論をまたない。すなわち接地故障電流が沢山とれればリレー動作上有利であることになる。停電時間の長短、安定度問題がからまる故に切ってしまえば終りとはもちろんならぬけれども遮断器が選択できる事故電流の範囲が広い程楽であり、打つ手が沢山あることになる。

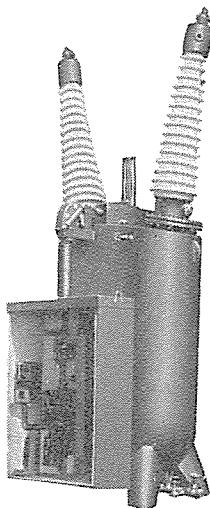
直接接地とすれば遮断器動作上有利なのは論を待たぬ所であるが、他に抜本策が付随する故に、要求度合が高くなり直接接地してもリレー単独で処理できぬ部分が大幅に拡大注視されがちである。理論的には直接接地、リ



11 図 国鉄、新鶴見—武蔵境間に取付けられた HKB 型位相比較搬送遮断装置

抵抗接地系に用いた位相比較方式としては世界最初となると思うが、区間選択性遮断に優秀な実績を示している。

Fig. 11. Type HKB phase comparison relaying equipment installed at the New Tsurumi Substation of the National Railways.



12 図 GW 型（ウォッチ・ケー
ス型）遮断器

北電横平および関西電力古川橋等に納入される型式のもので、その性能は期待されている。3 c/s 遮断器。

Fig. 12. Type GW, (watch case type) circuit breaker.

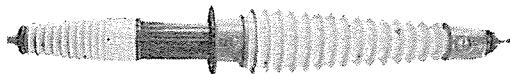
アクタンス接地、抵抗接地、非接地、PC 接地の順序で接地事故に対してリレーのみで処理できる範囲が減少する。逆にいうと系統の区間選択遮断、ループ構成運転の場合には上の順序と逆に搬送装置に頼らなければならぬ範囲が大となる。一方歴史的に見ると信頼度は継電器、送電線搬送装置、マイクロ波通信装置の順で低下すると一応考えるのが妥当であって、直接接地系統よりも現在系統の方が搬送装置に頼らなければならぬ範囲が多く、強固な通信回線が必要であるということにもなる。

つぎに多端子送電線については現在わが国では多端子送電線が多いこと、経済的に多端子を棄て切れないという理由とで多端子保護継電方式が盛に検討されているが、搬送関係に頼らなければならぬ事故の数が増々多くなることは否めない。(米国でも多端子といつても 3 端子程度であるが、経済的理由のために捨てきれず、3 端子回路の保護の検討が進められている。)

結局安定度を問題にしない線路で、事故が長引くと系統の多重事故を起すために早く切ってしまうという意味からは多端子回路の継電器の普及は必要と思われる。しかし安定度を考慮に入れると多分に問題が残るわけで切ることはできたとしても、再閉路まで持つて行くことは至難のわざと常識的に考えられ、これを実施することは 2 端子回路でしかも 3 相再閉路というのが世界的技術レベルであることを考え合わせると技術的的一大飛躍を行わなければならぬことになる。

変圧器の差動継電器は高圧側の CT と低圧側の CT との間で特性の差があり、また直流分の影響が入るので高速度型では誤動作が多く、どこでも困っている問題の一つであって、変圧器の突入電流および外部事故による直流分の影響が消える程度に時限をもうける必要があるがこの問題は送電線での事故とは性質が異り、変圧器内部での損傷拡大を防止するのが主眼である故に、感度は高い必要があるが動作速度の点は高速度を必要とする問題ではないと思われる。

発電機の保護方式に言及すると層間短絡保護リレーは有効な動作をすることがみとめられ、御岳発電所での試



13 図 コンデンサ型套管

O 型と称して上部、下部共に套管を取付けたもので、内部処理方法も向上しており、ボテンシャル・デバイスを取付け得るタップもある。

Fig. 13. Condenser type bushing.

験でも一層短絡事故も検出できることが判り、また事故の多くが層間事故より発生することより考えても今後の使用が推奨されている。

相間事故に対しては差動継電器は有効に動作している。接地事故保護に対しては最近柱上変圧器接地方式により、中性点に発生する電圧を検出して感度の高い検出ができることが、外国で報ぜられ、またわが国でも実験で確かめられ、unit system の発電機に多数応用されてきている。しかしこの柱上変圧器接地方式とは高抵抗接地方式のことであって接地電流を制限して鉄心が傷むことを防止し、かつ即時遮断せずにその事故を起した発電機の負荷をしぶって他に移してから遮断するという点に利点があるわけである。現在は新設の大事な発電所に採用されて真先に遮断して逃出すように利用されているのはうまくない。その特長を生かして運転する必要がある。

あと回しになってしまったが搬送継電方式の中に位相比較方式があるが、この方式は米国では非常に広く用いられている方式で、わが国でもこの方式を採用できる所が非常に多いはずである。この方式は既設の遅い継電器を後備保護リレーとして用いてその挿入区間を高速度化するのに経済的有利である。他の旧型リレーとの協調の点も有利であるのでこの方式の活用が望まれる。また直列コンデンサを用いた回路ではこの位相比較方式に頼るほかないといわれている。(11 図)

10. 機器に関する問題

以上ながらと電力技術上の問題点と見做される所をひろってみたが、この辺で少し範囲を拡めて機器自体の関連問題と思われる事項を並べてみよう。

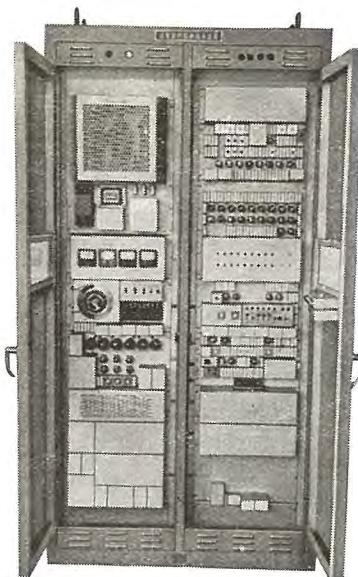
ア. 土ビンと鉄ビン問題

これは既に学界雑誌に提出された問題であるが、それ以外の点として、「据付上の問題」および「変電所鉄構との関係」を見ると、活線部分は眼の高さより以上の所におかなければならぬという安全規定により碍子型遮断器は台の上にのせなければならぬ。タンク型はそのまま大地面に置くことができるという差異が発電所の鉄構の高さに影響してくる。現場据付けの点では一方は遮断器本体と台とは別々に作られ、操作機構は現場の台に取付ける必要があるのに比し、他方はタンクに最初より取付けて調整できるので現場据付に簡単という如き差異がある。碍子型万能の時代があったが、最近碍子型とタンク型の寸法の差異の比較をみたらタンク型が小型にまと

14 図 B 型送電開閉器
点指示装置

関西電力新北幹および東京電力の猪苗代幹線に取付けられ、B 型方式の中ではわが国の最高級のもので、今夏は相当の実績をあげている。

Fig. 14. Type B transmission line fault locator.



まつていてその差が大きいのに驚いている。(12 図)

イ. 変圧器と套管

套管は変圧器の部品であり、フォーム・ヒット型となり、寸法が小さくなると、套管の取付面積も不自由になって、直径の小さい套管が必要になる。すなわちフォーム・ヒット型変圧器とコンデンサ型套管とはコンビになって発達してきたものである。また套管の直径が細いと特性のよい套管型 CT が製作できるわけで、付随した利点が付いてくる。

套管を有するタンク型遮断器ではコンデンサ型套管を用いることにより、CT 内臓およびポテンショナルバイスを取付け得るわけで、本体のみの比較ではその利点を殺す恐れがある。(13 図)

ウ. 避雷器と変圧器

避雷器は放電開始電圧、制限電圧、許容端子電圧がおさえられれば付属した性能が大体定ることになるが、この規定が変圧器自体の絶縁耐力と遊離しないように心掛けているのはもちろんである。それでも開閉サージに対する特性、商用周波に対する放電開始電圧等に関して論議はつきない。「自爆型」「ソップ型」という論議が繰返されるのも被保護機器を主体とした討論である。

また変圧器と避雷器との距離、線路構成と避雷器の性能との関連等もやはり関連事項である。

エ. 窒素封入装置と変圧器の使用温度

変圧器の常時使用最高温度は 90°C と規定に定めているが、どの変圧器でも、この最高温度で常時使用して差支えないかというと、油の劣化問題で簡単ではなくなる。窒素封入装置を取付けて始めて最高温度で常時使用可能で、夏と冬とで負荷の量を温度に応じて変更可能であるという使用法ができる。

オ. 系統の遮断容量貯蓄と遮断器の型式

将来系統拡大を見込んで、現在の所では必要以上の遮断容量を有する遮断器を設置しなければならぬことにな

るが、この時には遮断電流の小さい所より大きい所まで遮断能力が変化しない型式のものが望ましい。大は小を兼ねるという型のものが必要となる。プレーン・ブレークの自力型遮断器では大は小を兼ねるというわけに行かなくて定格の遮断容量の 1/3 位の所で遮断困難の点が出てくる。そこで他力を加味した自力型遮断器とか、完全他力の遮断器が望ましいことになる。自力型と他力型の比較には種々優劣があつて面白い問題があるがここでは割愛する。

カ. 発電機と自動電圧調整器 (AVR)

古い発電所の発電機には AVR が取付けてないものが多くあって、線路事故で遮断された場合には、非常に電圧が上昇して、発電所の電燈が過電圧のために焼け切れるというようなこともあった。しかし最近の新しい所ではほとんど AVR が取付けられるようになってきて、その速応度も増え向上してきた。しかし発電機本体および励磁機の時常数との関係で、そのものの個々について適合した応動が必要であるわけで、いたずらに早いものを取付てもそれだけの感度は必要でないということも起り得る。この関係は事前に Analogue Computer で算定されるようになってきた。

キ. 搬送電話と開閉点指示装置

B 型開閉点指示装置は既存の搬送回線にそのまま組込んで、送電線路上の事故点を自動的に指示する利点があり実施に移されているが、既存の搬送回線で濾波器その他の損失を極度に制限している回線に接続する場合には、その濾波器構成に制限を受け、また外来サージを受信してスタートする場合に、その起動感度は従来の保護間隙の寸法によって左右される等の影響がある。これも相対的の問題で互に関係してくる問題である。(14 図)

本節では問題を狭めて機器自体の小規模の関連問題を例にとったが、この種の問題も多いと思う。

11. むすび

以上にて電力技術上の問題点として、わが国の技術レベルの現状、担当者が苦心を続けている点、技術的の分岐点、将来の推定等を述べることを試み、かつ何故問題点と称せられるかという根拠もできるだけ説明することを試みた。

なお本文は主として系統問題およびその運用に関する大規模の問題を主としてとりあげたが、最後に機器自体の小規模の関連問題もとりあげてご参考に供した。頁数の関係上割愛した問題もあるが、お気付の点はご指摘とご指導をお願いしたい。

最後に本文を草するに当り、種々ご指導を賜った本社の電力技術部長たる浅井徳次郎氏(大阪営業所在勤)、荒井潔氏(名古屋営業所在勤)、成富公一氏、中野光雄氏(福岡営業所在勤)、および木村久男博士等に感謝の意を表する次第である。

高周波自動加熱装置

名古屋製作所

大森淳夫*・岩田博*

Automatic Hardening Equipment with Induction Heaters

Kiyoo OMORI・Hiroshi IWATA

Nagoya Works

Induction heating was one of marvellous introductions after the restoration of peace. This new technique has been well adapted by us to varied processes. Its time of application, however, is so short that the hand operation can hardly give satisfactory heat treatment to works in a big quantity.

To overcome this difficulty, automatic equipment has now been devised to control the time of heating and cooling. It is a combination of the control circuit of elevators and control system of machine tools, and, working with the induction heater, carries out automatic hardening of steel products automatically with success.

1. まえがき

高周波加熱は加熱速度が非常に速くて経済的で、しかも他の方法では行き難いような局部加熱ができるため、金属の鍛付・焼入・鍛造・溶解等いろいろと工業的に利用されている。そのうち焼入はとくに数秒というごく短時間で焼入温度に達するため、その焼入を完全にしかも均一な品質を保持するためには、すべて自動制御によって行わなければならない。しかし焼入部品が非常に大量にある場合には、一定な自動焼入装置で行えばよいが、現在の日本においてはこのようなことは稀で、ほとんどの場合少くない焼入部品を処理しなければならない。このため焼入部品の形状が異り、材質が鋼と錆物の如く異り、その上焼入部品の全体表面焼入、またはとくに指定された部分の焼入などいろいろの焼入を処理しなければならない。このため全自动であると同時に、使用範囲の広いすなわち万能な装置が必要である。それで当社では棒状の部品の万能な自動焼入装置を製作し使用している。

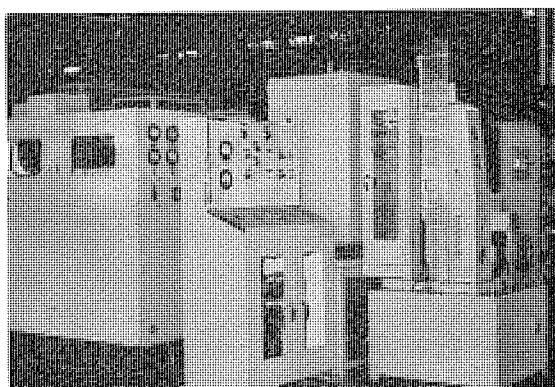
この自動焼入装置はエレベータの制御回路と工作機械が最近使用されている制御方式と併用して、加熱時間・冷却時間・デレイタイム等広範囲に調節することができ、かつ一度特定の部品に対して機械を調整して置けば、後は単に品物を取り付けるのみで、すべての操作は全自动的にかつ厳密に反復されるようになっている。以下この自動焼入装置の構造とその制御方法について記す。

2. 自動焼入装置の構造および制御方法

この高周波自動焼入装置はあらかじめ決められた部分

を連続的に、あるいは特別に指定された部分のみを加熱焼入することができるもので、それは1図に示すように被焼入部品を垂直に移動送りする機械装置とそれを制御する制御盤とから構成されている。

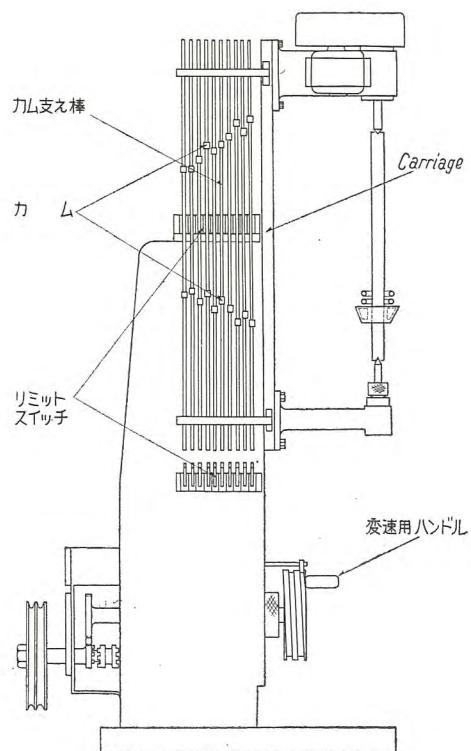
その移動送り装置は2図に示すように垂直に昇降するCarriageには、品物をセンタにより支持し回転させるブラケットと、カム支え棒とが取り付けられている。またそのCarriageには無段変速装置により駆動され任意の送り速度に調節ができる、その上焼入が終ると、早戻機構により元の位置に急速に返る。そのカム支え棒はCarriageの上下運動と共に上下し、それに取り付けられたカムによってリミットスイッチを動作させて電気回路に指令を与えるので、そのカム支え棒のカムは3図に示すようにCarriageの上下運動によ



1図 高周波自動焼入装置

Fig. 1. Induction automatic hardening equipment.

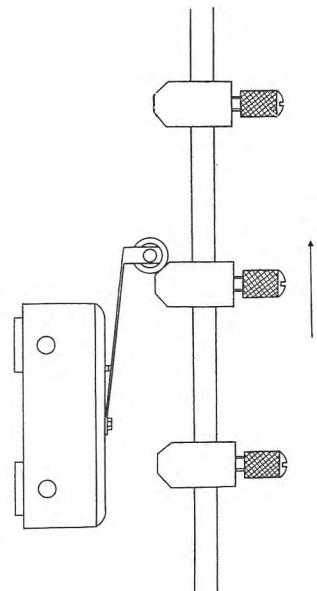
りカムがマイクにスイッチの滑車にあたってこれを動作させる。そのカム支え棒は全部で 10 本で、左側より①被焼入部品の回転・②加熱・③冷却・④上下送りの切換え・⑤One Shot Heating の停止位置・⑥上昇リミットスイッチ・⑦下降リミットスイッチ・⑧⑨⑩ One Shot Heating の加熱・冷却時間の選定である。また被焼入部品を回転しながら焼入できるように、上部センタは Car-



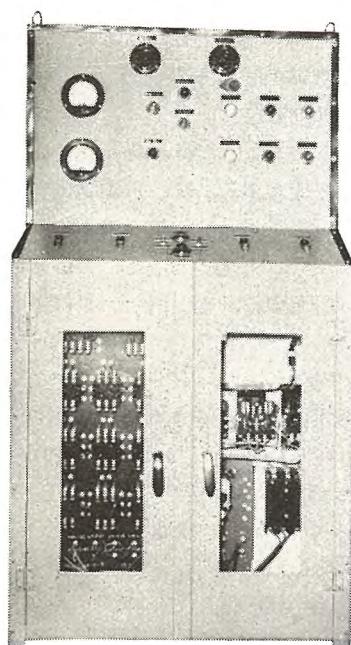
2 図 移動送り装置
Fig. 2. Feeding device.

riage に取り付けられたモータによって回転し、また種々の長さの品物が支持せられるように下部センタは上下に移動できる。

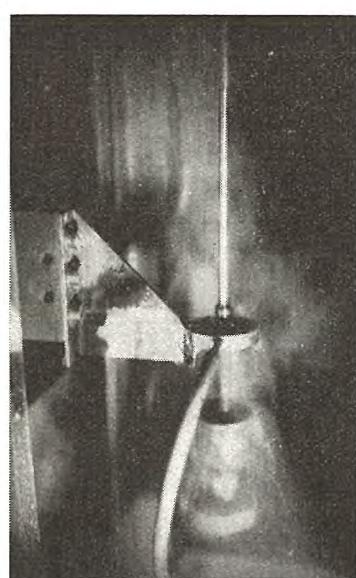
つぎに制御盤は 4 図に示す、この制御盤は手動制御と自動制御との両方ができ、その上緊急時の場合には、Emergency Switch によってすべての制御が解かれる。またパネル板のパイロットランプはその制御動作をすべて指示する。手動制御の場合は、押しボタンスイッチによって上下送り、被焼入部品の回転・加熱・冷却がそれぞれ任意にしかも単独に行なうことができる。自動制御の場合は自動的に Progressive Heating および特定な数多くの場所を順次に One Shot Heating することができる。その制御動作はカム支え棒のカムの位置を調整することによって、随意の箇所で何回でも被焼入部品の回転・加熱・冷却・上下送りの切換え・One Shot Heating の停止位置の決定・One Shot Heating の加熱・冷却時間の選定・上下送りの限界位置の決定等自動的



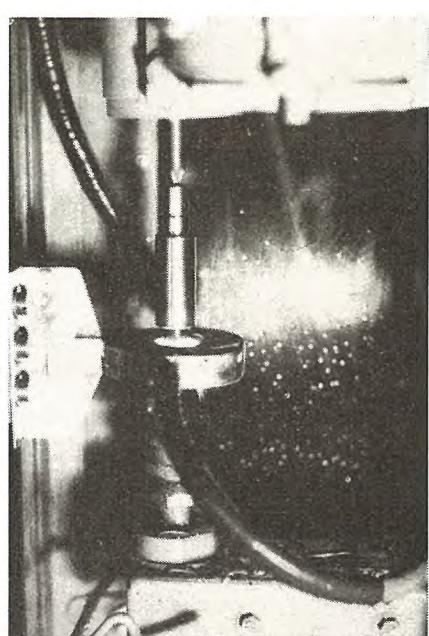
3 図 リミットスイッチ
の on-off 動作
Fig. 3. On-off operation of limit switch.



4 図 制御盤（正面）
Fig. 4. Controlling panel (front).



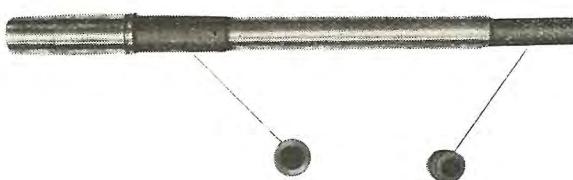
5 図 スピンドルの progressive
heating
Fig. 5. Progressing heating
of spindles.



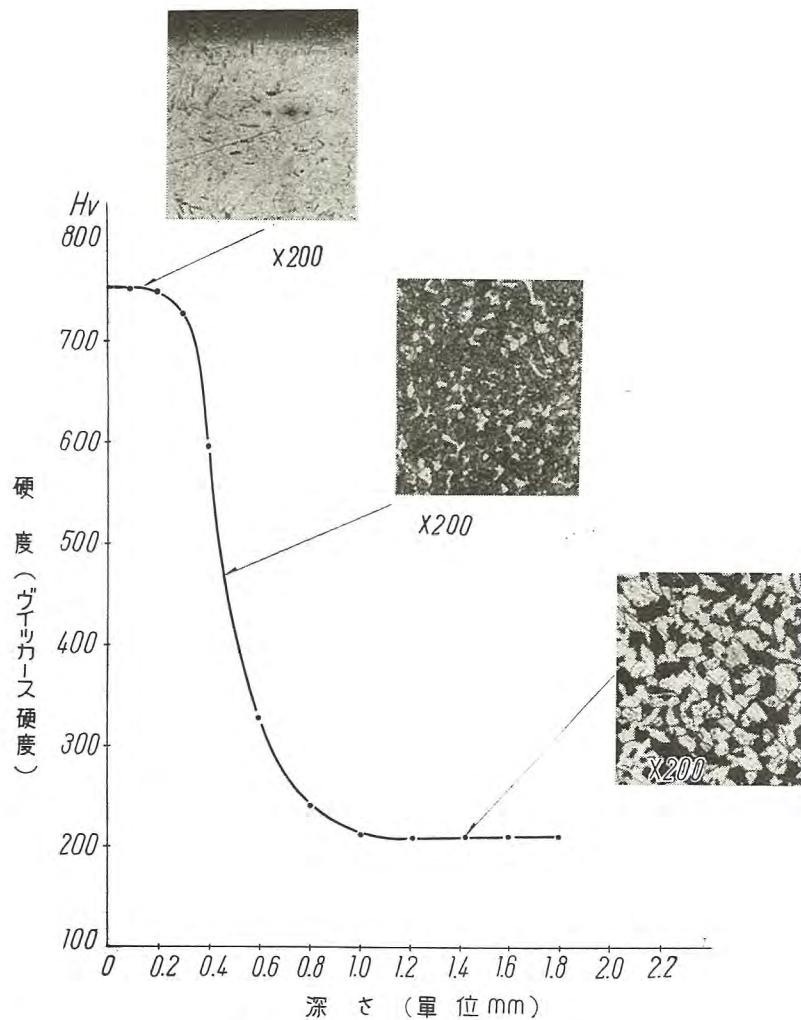
6 図 ギヤーの One shot heating
Fig. 6. One shot heating of gears.



7 図 案内軸
Fig. 7. Guide bearing.



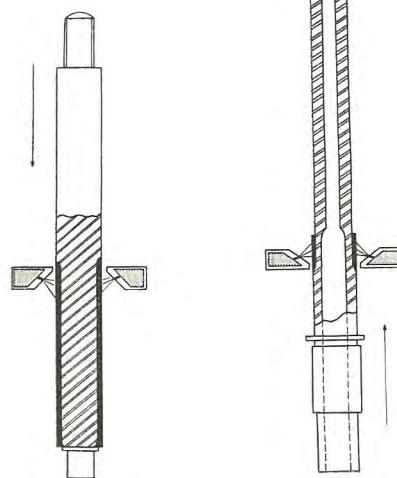
10 図 中空軸
Fig. 10. Hollow shaft.



9 図 案内軸の Depth hardness curve
Fig. 9. Depth hardness curve of guide bearing.

に行われる。また One Shot Heating の場合は、制御盤内のタイマによって加熱時間・冷却時間・加熱冷却間のデレイタイム等制御することができる。その上自動制御の場合にはすべての手動制御用スイッチは動作せず、逆に手動制御の場合にはすべての自動制御用スイッチは動作しないようになっている。

それで実際の焼入の場合には、手動制御で上下送り・焼入部品の回転・加熱・冷却等を個々に行い、その最適の条件を決定し、この条件を反復させるようカムの位置およびタイマを調整し、しかる後自動制御に切り換えて品物を取り付け扉を閉じると同時に、自動的にスイッチが入り焼入周期を開始することができる。その実際の



8 図 案内軸の焼入方法
Fig. 8. Hardening of guide bearing.

11 図 中空軸の焼入方法
Fig. 11. Hardening of hollow shaft.

Progressive Heating および One Shot Heating の状態は 5, 6 図に示す。

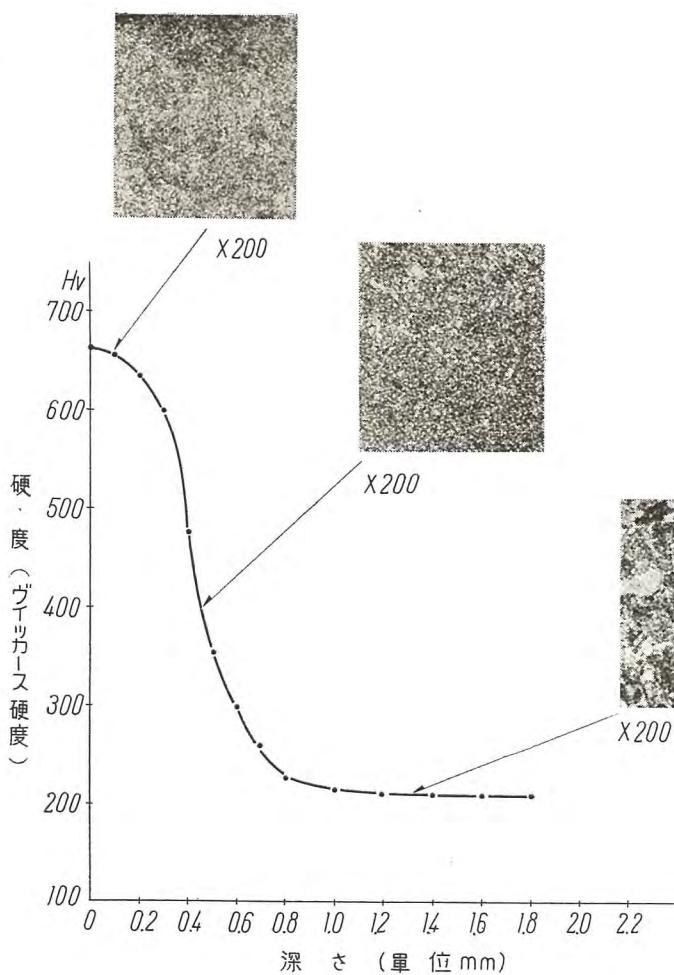
以上の自動焼入装置の機能はつきの 4 つの条件に要約することができる。

ア. Progressive Heating の部分が 1 箇所の場合

7 図に示すような部品を 8 図のように高周波焼入するには、手動制御にてカム支え棒の回転・加熱・冷却用カムを焼入部分の先端と末端とに合わせ、

その後自動制御にて反復焼入する。その焼入結果は下記のようである。

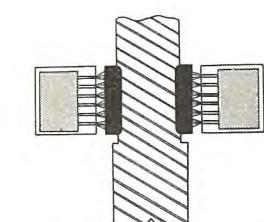
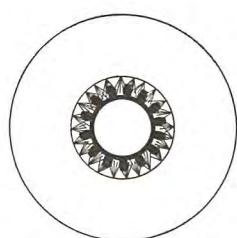
1. 品名 案内軸
 2. 材質 機械構造用炭素鋼 6 種 (S35C)
 3. 形状 外径 15 mm 長さ 135 mm
 4. 焼入送り速度 12 mm/sec
 5. Depth Hardness Curve 9 図に示す
 6. 焼入歪 0.02 mm 以下
 7. 1 時間当りの生産量 90 本
- 注 使用発振器
 入力 21 kW
 周波数 450 kc



12 図 中空軸 Depth hardness curve
Fig. 12. Depth hardness curve of hollow shaft.

イ. Progressive Heating の部分が多箇所ある場合

10 図に示すような部品を 11 図のように高周波焼入するには、手動制御にてカム支え棒の回転・加熱・冷却用カムの位置を A 焼入部分(軸受部分)の先端と末端および B 焃入部分(軸受部分)の先端と末端とに合わせ、その後、自動制御で反復焼入する。その焼入結果は下記のようである。



14 図 ギヤーの焼入方法
Fig. 14. Hardening of gear.

高周波自動加熱装置・大森・岩田

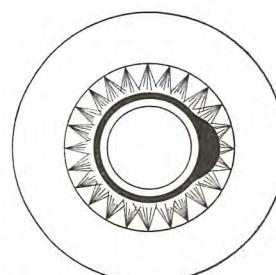


13 図 ギヤー
Fig. 13. Gear.

- 4. 焼入送り速度 15 mm/sec
- 5. Depth Hardness Curve 12 図に示す
- 6. 焼入歪 0.02 mm 以下
- 7. 1 時間当りの生産量 80 本
- 注 使用発振器
入 力 21 kW
周波数 430 kc

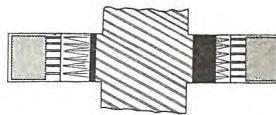
ウ. One Shot Heating の部分が 1 箇所ある場合

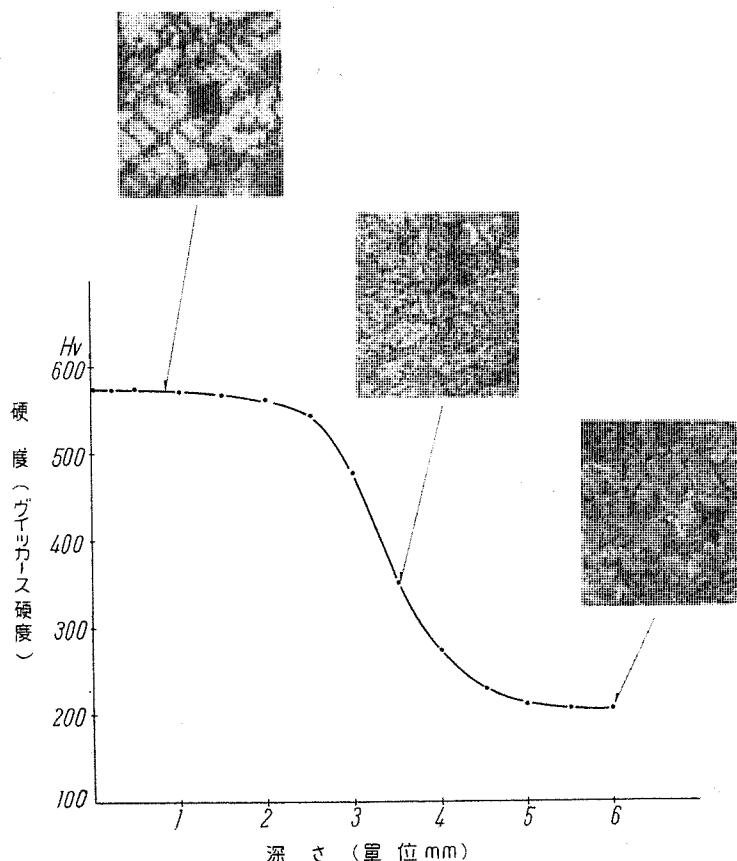
13 図に示すような部品を 14 図のように高周波焼入するには、手動制御でカム支え棒の回転・加熱・冷却用カムの位置を One Shot Heating の停止位置用カムを焼入部分(ギヤー)に合わせ、また制御盤内のタイマを規定の加



15 図 カムシャフトおよび焼入部切断面
Fig. 15. Cam shaft and cross section of hardened part.

16 図 カムシャフトの焼入方法
Fig. 16. Hardening of cam shaft.





17 図 カムシャフトの Depth hardness curve
Fig. 17. Depth hardness curve of cam shaft.



18 図 伝導機軸
Fig. 18. Power transmission shaft.

熱・冷却時間に調整し、その後自動制御にて反復焼入する。その焼入結果は下記のようである。

1. 品名 ギヤー
 2. 材質 機械構造用炭素鋼
8種 (S45C)
 3. 形状 外径 21 mm 幅 15 mm
歯形モジュール 1.25
 4. 加熱時間 2.6 sec
 5. 焼入歪 0.01 mm 以下
 6. 1時間当たりの生産量 120 本
- 注 使用発振器
入力 21 kW
周波数 430 kc

エ. One Shot Heating の部分が多箇所ある場合
15 図に示すような部品(カムシャフト)を 16 図のように高周波焼入するには、手動制御でカム支え棒の One

Shot Heating の停止位置用カムを各焼入部分(カム部分)に合わせ、また制御盤内のタイマを規定の加熱時間・加熱冷却間のデレイタイム・冷却時間に調整し、その後自動制御で反復焼入する。また 18 図に示すような部品(洗濯機用伝導機軸)も同様な方法で焼入できる。それらの焼入結果は下記のとおりである。

1. 品名 カムシャフト
 2. 材質 鋳鉄
 3. 加熱時間 15 sec
 4. デレイタイム 3 sec
 5. 冷却時間 10 sec
 6. Depth Hardness Curve
17 図に示す
 7. 焼入歪 0.03 mm 以下
 8. 1時間当たりの生産量
大型自動車用 7 本
小型自動車用 10 本
- 注 使用発振器
入力 28 kW
周波数 450 kc
1. 品名 伝導機軸
 2. 材質 機械構造用炭素鋼 8種 (S45C)
 3. 形状 外径 17 mm 幅 13 mm
歯形モジュール 1.0
 4. 加熱時間 2.0 sec
 5. 焼入歪 0.01 mm 以下
 6. 1時間当たりの生産量 90 本
- 注 使用発振器
入力 24 kW
周波数 430 kc

3. むすび

以上は当社における万能自動制御装置を有する高周波加熱焼入装置の概要で、いかにこの装置の応用範囲が広いかがお判り願えたと思う。この他 2 種類の万能自動制御装置すなわち横送り式およびターレット式の 2 種類を用いれば、ほとんどすべての形状の品物に任意の加熱・冷却を行うことができる。これら 3 種類の焼入装置を設置することによって、従来部品個数の不足により高周波加熱の導入が不適当と考えられていた広い新分野にも応用可能となり、他のすべての方法では到底考えられない高度の品物の均一性および処理時間を数分の一または数十分の一に低減することが可能となった。

洗濯性能の試験方法

名古屋製作所

武井 久夫*

Testing Methods of Washing Performances

Hisao TAKEI

Nagoya Works

To make thorough studies of washing machines, significance of washing performances and varied conditions affecting on them have been analized. Of a number of problems, tests have been particularly conducted to make clear quantitatively the effect of the cleaning ability, wear, washing time, washing capacity and requisition of washing solution upon the performances. On the test, present method of washing was taken into consideration to proceed the study.

1. まえがき

電気洗濯機が普及してきたのは、最近の4~5年のことであるが、その普及ぶりはミシン、ラジオ等に比敵するのも間近いと思われるほどで、今や生活必需品として欠くことのできないものとなってきている。

一方洗濯機の構造もこれにつれて全く多種多様で、性能、特性にそれぞれの利点を競っている。さらに洗濯機を使用する人が多くなるにつれて洗濯機の性能、特性にたいする関心も深くなり、試験方法を専門のテーマとして研究する人も多くなってきて各種の方法が提唱されてきている。洗濯機メーカーにおいてもこれらの性能、特性にたいする批判に応じ性能、特性向上のために各種の試験をおこなっているが、さらに監督機関によっても洗濯機としての要件にたいする試験方法を規定する規格類、すなわちJISまたは付録、解説として逐次制定されてきている。

2. 洗濯性能にたいする考察

洗濯性能について考える対象は、家庭用電気洗濯機に洗剤（石けん、化学合成洗剤等）を水または湯に溶解した洗液（と呼ぶことにする）を使用し、家庭で洗濯する場合について考える。したがって洗濯物としては木綿、人絹、スフ、麻等を主とし化織、羊毛製品についても研究する。

洗濯性能に影響する条件は種々のものが考えられるから、試験項目も種々あるが対象となる主なものを

あげればつきのごときものがある。

- a. 洗浄効果
- b. 洗濯物の損耗
- c. 洗濯時間
- d. 洗濯容量
- e. 洗液、量、濃度、温度

これらの条件は1つ1つが独立したものではなくて、いずれが主、いずれが従と判断することができない。たがいに相関関係にあるので試験は複雑、不確定となりやすい。洗濯性能試験の研究が今日なお充分な結論を出しえないでいる原因もここにある。したがってメーカーとしてはこれらの諸条件のうちいずれに重点をおき、洗濯性能として要求されるところにうまく合致した洗濯機を設計し生産するか、すなわち相互長もあるいは相反する諸条件をいかにして調和させるかが課題となるわけである。以下これらの諸条件について説明しつつその試験方法、試験結果を示す。

3. 洗浄効果

ア. 洗浄効果の意義

洗浄効果は洗濯機の洗濯作用をいうのであるが、洗濯作用は洗液による化学作用と、洗濯機の機械作用とに大別することができるが洗濯機の試験の対象はすべて後者の場合である。

イ. 洗浄率

洗浄率は洗浄効果を定量的に比較できるようにするためきめられたものであって、洗濯機でどれほどきれいに

* 技術部

洗濯できるかを示す値であるから、以下述べる各種の試験も洗浄率と関連のないものは全くないし、つねにどんな場合にも洗浄率として結果をあらわし、あるいは洗浄率と比較検討することによって結論を得たりする重要な要素である。

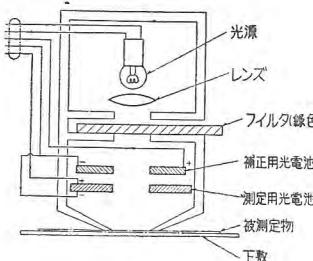
洗浄率は JIS C 9606 解説につきの(1)式をもって示されている。

$$\text{洗浄率 } (D\%) = \frac{\text{洗濯後の汚染布の反射率}(R_m\%)}{\text{原布の反射率 } (R_0\%)}$$

$$= \frac{\text{洗濯前の汚染布の反射率 } (R_s\%)}{\text{洗濯前の汚染布の反射率 } (R_s\%)} \times 100 \quad \dots (1)$$

ここに反射率(%)という言葉があるが反射率は表面反射率光度計、光電反射率計、あるいは分光光度計等を用いて(1)式中の各種の布の表面反射状態によって示す値を測定するものである。表面反射状態とは白い表面ほど表面に投射された光をよく反射するとして、マグネシア白の反射を100、完全黒体の反射を0として考え、ある物体の表面反射光線を測ってその100分率によって比較し、物体の反射率とする方法である。表面反射率光度計の一例を1図に示す。1図のうち洗浄率の測定には光源が一定の明るさを保つように電圧が調整できる装置をもたせている。このためには電源は直流交流いずれでも使用できるが直流によった方がよいとしている。フィルタはJIS C 9606解説にあるように通常人が白色一灰色一黒色に変化する。いわゆる灰色系の色彩に感ずる波長域をもたせるようにするために、視覚度曲線によるものを使用するか、光源そのものが510~550 m μ の波長域になるようなものを選択することを指定している。1図では光源から投射され、レンズによって収れんされた投射光はフィルタによって510~550 m μ の波長域をもって被測定物の表面に当り、その表面で反射された反射光は測定用光電池に当って光電池に或る電流を流し、これを電流計によって読むようにしたものであるが、反射率を直読できるように電流値を反射率に換算しメータにしてある。

光度計は投射光の波長域の精度や電流値の読み精度をどのくらいにするかによって種々の構造のものがつくられているが、通常洗浄率の測定には0.1%迄の精度があれば充分であるので、われわれは米国のPhotovolt社製 Photo electric Reflection Meter #610を使用している。本計器は小型で測定も簡単で精度も充分であるので工場実験には手頃である。



1図 表面反射率計構造の概要

Fig. 1. Brief construction of surface reflection power meter.

ウ. 洗浄率試験の方法

洗浄率試験についてはJIS C 9606解説として洗浄力試験法委員会の研究⁽¹⁾矢部助教授および⁽²⁾その他の方々の研究された方法を元にして電機工業会でとりあげて検討された方法が採録されている。その方法にはつきの条件が示されている。

(1) 洗剤 JIS K 3303に規定する洗濯用粉石けん
第1号

(2) 洗液の濃度 0.5% (重量比)

(3) 洗液の温度 40°C±2°C (水道水、硬度1.4程度)

(4) 洗濯物 幅約1ヤード、長さ約1ヤードの晒金巾2,003番同等品 (番手30×36 1cm間打込30内外 1枚の重量約100g)

(5) 洗濯時間 20分

(6) 試験片 人工汚染布による

上記(1)~(3)の条件によってつくられた均一濃度の洗液を各洗濯機それに指定している規定量を入れて、上記(4)の洗濯物に人工汚染布を中央に縫いつけたものを洗濯容量によってきめられた1表の枚数に汚染布をつけない洗濯物を洗濯容量の1/2になるまで混ぜて20分間洗濯する。洗濯後3分間2回洗濯機で水洗してのち汚染布をとりはずし、1枚ずつすすいで自然乾燥する。

エ. 人工汚染布 (汚染布)

洗浄率の測定に使用する上記人工汚染布は、洗剤の洗浄力の研究において洗浄の対象となる汚垢が自然のものにもっとも近いもので、しかもいつも同じ条件で得られるように試験条件と再現性との2点について苦心が払われて完成されたものを使用している。

洗濯機の洗浄力試験においては洗剤の洗浄力試験とは逆に洗液を同一条件とするが洗浄対象は全く同じであるので上記の2点が満足できればよいので洗剤の場合と全く同様のものを採用してよいわけである。

(1) 人工汚染布の作成 JIS C 9606解説に示されている方法を行っているが、洗浄率試験はまず人工汚染布の良否によって、半ばその目的の達成する程であるからとくに周到な準備と熟練が必要である⁽²⁾。したがって人工汚染布についてはつきのようにしてこの要求を充てている。

a. 布地(原布) 専門に研究している方に依頼して分譲をうけている。したがって直に汚染浴することができる状態のものである。

b. 汚染浴 布地と同様つねに吟味されたものを分譲

1表 汚染布の枚数の一例

種別 (洗濯容量にて示す)	人工汚染布試験枚数			
0.5 kg				3
1 kg	1.5 kg			6
2 kg	2.5 kg	3 kg	4 kg	12

注 1. 反射率は汚染布を四つ折にし反射率計によつて測定し本表に示す枚数の平均値をとる。

2. 矢部助教授の研究では1回の洗浄率測定には少くとも10枚以上の汚染布を使用するのがよい結果をうるといわれている⁽³⁾。

をうけている。また汚染はつねに計画的に専任者によって研究実施している。

c. 保存 専用デシケータ中に保存
d. 試験計画 人工汚染布の反射率には「バラツキ」があるので、これらをいかに平等な条件とすることができるかを考えて試験計画のうちに汚染布の配分も一項目として折込み最少の資料で最大の効果を期待するようにしている。もちろん汚染布のロットは1のものを使用し、汚染布の配分と洗濯機の組合せは無作為としている。

オ. 洗浄率試験結果ならびに考察

洗浄率試験の結果は、洗濯したものを見て見た結果とよく一致しており、人工汚染布の管理、試験方法、測定データの整理が良好ならば恐らくは他の方法で行うよりも容易で精度も良い試験方法であると考えられる。ただしこの試験は人工汚染布の調整に相当の熟練を要することと汚染後の保存日数にも制限があるので多少の不便があるし、洗濯機の型式によって洗濯時間、洗濯容量等試験技術上の問題で各種の洗濯機の比較にはなお研究の余地があると考えられる。また

- (1) 汚染浴には四塩化炭素(CCl_4)を使用するので人体に有害であること。
- (2) 汚染浴の濃度が逐次変化することは特殊な装置⁽³⁾がなければ長時間の作業を不可能にするし、そのうえいつも同じ染浴ができなくうえに、1ロットで製作可能な枚数に制限をうけるので、実験計画において注意すべきである。

カ. 洗濯むら

洗浄率が反射率の平均値によって個々の偏差を補正して洗浄効果を表現する方法であるとすれば、洗濯むらは個々の偏差によって洗浄効果を表現するものであって、前者が巨視的、後者が微視的な検討態度であるかと考えられる。

洗濯むらはつぎの(2)式によって示す単純な洗浄効率の「バラツキ」の幅であって、

$$\text{洗濯むら}(\%) = \text{人工汚染布の洗濯後の反射率の最大}(\%) - \text{人工汚染布の洗濯後の反射率の最小}(\%) \dots (2)$$

である。

(2) 式はもちろん、試験回数を多くして推計的に分析するのは当然であって、これがさらに洗浄率と結びつけるための方法もあるし、洗濯機型式の特性を比較検討する手懸りになるものもある。

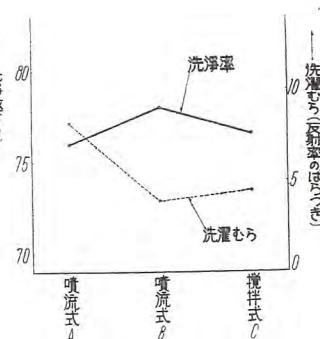
洗濯むらの試験は上記(2)式でわかるように洗浄率試験のもので行われるから試験として特別に行うものではない。

キ. 洗浄効果の試験結果とその考察

以上述べたように洗浄効果には洗浄率と洗濯むらとの2つの見方があり、これらの試験結果の一例として2図を示す。2図でわることは、洗浄率のよいものはむらも少いといふことがいえるようで、逆にむらなく洗えない洗濯機ではきれいに洗えるとはいえないといふことも

2図 洗濯効率試験結果の一例

Fig. 2. One example of washing efficiency test.



事実である。

4. 洗濯物の損耗

ア. 洗濯物の損耗にたいする試験・研究

布の損耗についてはあまり目に見えてわからないので一口にいっても多くの関心を呼ばないようである。したがって試験方法も洗浄力試験ほど研究されていないのでまだJISに規定されるまでに至っていないが、以下洗濯物の損耗試験について行われている2, 3の方法を説明する。

イ. 洗濯による試験

日常生活では破れるまで着て、破れたときをもってその着物のライフであるとするので、破れる寸前の状態の試験布によって洗濯してみて判定する方法である。しかしこの方法では判定に基準がないと破れる寸前の状態の試験布を得ることがほとんど不可能であるうえに、さらには破れるまで洗濯して判定するためはずっと同一条件で洗濯を行うことの困難があるので不完全である。

ウ. 洗濯物の重量減少によって判定する方法

この方法は洗濯前の洗濯物の重量と洗濯後の洗濯物の重量差によって損耗度とするものである。この方法は実験室で布そのものの性質を見るような目的の試験には適しているかも知れないが、洗濯機のごとく一時に大量を洗濯して試験するものでは秤量精度、試験条件の点から誤差が不安定となってくるのでこれも不完全である。

エ. 縮絨によって判定する方法

一般に繊維、とくに羊毛製品に弱ってくると縮絨する性質がある。毛糸、毛織物いずれでも同様である。したがって試料を一定張度にして所要寸法(洗濯物の形状を考慮してきめる)に切断し、毛糸の場合には、大体長さを1mとし10cm間隔に印をつけたものを数本、毛織物の場合には、普通ポプリンを使用し、幅1ヤール、長さ1ヤールのものに碁盤目状に10等分等適宜に印をつけたもの数枚を準備し、洗浄率の測定の場合のごとく他の洗濯物と合せて洗濯容量の1/2量になるようにして洗濯し、何回もくり返し行う。洗濯を終れば充分濯いだ後、かるく押ししほり等して引張らないように注意して自然乾燥する。乾燥後アイロンでしわをのばし、目印の間隔を測定し洗濯前の間隔との差を縮み代としてこれを百分率であらわした平均値を求めて損耗度とする。

これらの方法は比較的簡単で特別な装置を必要としないので工場における試験には非常に便利である。しかし

- (1) 洗濯物の布質・形状が実際の対象と違う。
- (2) 布質の均一保持は毛織物・毛糸では充分望みえないでの再現性に乏しい。
- (3) 精度確保の意味からすれば、相当枚数の試験片を必要とするので試験費用がかさむ。
- (4) 毛糸のごときものは洗濯むらがかえって縮み代を少くする結果となってあらわれるので洗濯性能の判定に悪影響を与える。

以上の点から工場の試験としては便利な方法ではあるが充分に信頼し、かつ頻繁にできる試験方法ではない。

オ. 強伸度測定によって判定する方法

この方法は全く物理的な方法で、洗濯物を晒金巾・ブロード・人絹等日常使用するものに選んで行うので布質・形状を実際に近いものにすることができる。

試験方法はつぎの方法によっておこなう。

(1) 試験布

布質の均一をはかり、かつ入手容易な点から、ブロード #60 双糸と人絹塩瀬 120 デニールのものとを選定した。この2つは試験精度と再現性との両方の重要な条件を満足するのに充分なものであり、有力メーカ品を指定して購入するようにすればよいと考えられる。ブロードと人絹塩瀬とを選んださらに他の理由としては、

- a. 洗濯機型式の違ないと布質による損耗の違ひの関係
- b. 布質によって損耗試験にもっとも適しているものは何であるか。

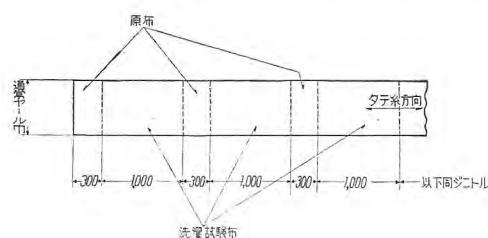
を研究するためでもあった。

布質の再現性については、洗浄率試験ほど厳密でなくとも上記したごとく信頼しうる一定メーカの品を指定する程度で充分であると考えている。

試験布のとり方は3図に示す点線のところを鋸で切断し、原布と試験布とに分けておき、試験布のみを洗濯する。

(2) 試験方法

前述の試験布を洗浄率試験の場合の汚染布の枚数のごとき基準で洗濯物に混ぜて洗濯容量の 1/2 になるようにして行うか、あるいは全量を試験布にして行うかは洗濯容量、洗濯機型式、あるいは試験時の緩急等によってきまるのであるが、本試験において今まで行ってきた結果では試験精度の点よりいって、つぎに述べる引張試験片が最少の場合でも 20 枚はとれるようにした方がよ



3 図 損耗度試験試料切断図

Fig. 3. Cross section of specimen for wear test.

いといふ結論になっている。

洗濯はつぎの条件を満足させて行う。

- a. 洗液 JIS C 9606 解説洗浄率試験の場合に準ずる。
- b. 洗濯時間 洗濯機に指定している時間とするが、現在の指定方法は洗濯物の状態とに無関係のものが多いので試験に当っては大体つぎのごとく一率に時間をきめている。また洗浄率測定における洗濯時間は JIS C 9606 解説ではたとえ洗濯機の指定が少い場合でも型式に区別なく一率に 20 分とすれば、20 分よりも短い時間を指定している洗濯機では洗浄率は向上して表われる所以であるから差支えないとしているが、損耗試験は洗浄率の場合の解釈によれば時間は短くする方がよいことになるわけで、現在市販されている洗濯機では噴流式の 5~7 分がもっとも短い時間を指定しているので他の型式の場合でも 5~7 分という時間でよさそうであるが、損耗については実際の状態によく合せたいという点から型式別に洗濯時間をきめているわけである。すなわち

噴流式 7 分

攪拌式 20 分

回転式 20 分

としている。

- c. 洗濯回数 洗濯の1回は指定洗濯時間をもって数えるのであるが、各回毎に運転をとめ、洗濯物の状態を元のように手直してから繰返すようにする。試験は 30 回、50 回、さらにできれば 70 回の場合について行う。

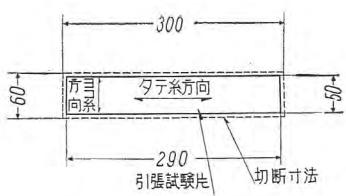
(3) 測定

洗濯し終った洗濯物は濯いでから乾燥し、4 図に示す引張試験片を、原布および試験布からそれぞれ採集する。

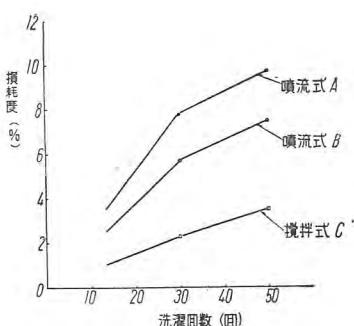
- a. 引張試験片 4 図に示すように点線部分を鋸で切断し、ついでタテ糸とヨコ糸を手で無理に引張らないよう注意してほぐし、実線の寸法になるまで仕上げる。

b. 引張試験片の管理 試験片はできれば、原布、試験布のものを同じ場所に 24 時間以上保存し、同一湿度になるようにしておくことが必要である。さらに、温度、湿度をいつも一定条件にすることができるよう Air Conditioning してあるところに保存できれば将来の各種の試験結果を比較するのに好都合である。布の引張試験等について大気の条件を規定しているものとしては JIS L 1004 がある (1004 は綿織物試験方法の場合である)のでこれによるのがよいと思う。すなわち「大気の標準状態」あるいは「普通の状態」とは温度 20°C ± 1°C 湿度 65% ± 2% となっていて、この状態が織物の状態としては常識的に普通であるとしている。

- c. 引張試験 本試験は JIS L 1004 における強伸度の測定の項(第 11 項)に準拠している。方法としては 4 図の引張試験による、いわゆるストリップ方法である。引張試験片を強伸度試験機にかけて引張り、破断時の荷重を記録しつぎの(3)式によって損耗度を算出する。なおこの強伸度試験機は金属材料試験に使用する「アムスラー引張試験機」とほとんど同じ構造のものであるがと



4 図 引張試験片寸法図
Fig. 4. Dimensions of test piece for tension test.



5 図 損耗度試験結果の一例
Fig. 5. One example of wear test.

くに引張速度を均一にするようにしてある。通常布の引張速度は 15 cm/min としており、試験に使用した試験機は 500 kg のものである。布の引張試験は引張試験布の幅(タテ糸数)をとくに厳重にしておく必要がある。そうでないと結果に思わぬバラツキを生ずることがある。

損耗度(%)

$$\text{損耗度}(\%) = \frac{\text{原布の引張強さ(kg)} - \text{試験布の引張強さ(kg)}}{\text{原布の引張強さ(kg)}} \times 100 \quad \dots (3)$$

原布 試験布とも引張強さは各試験片の平均値をとる。
d. 試験結果の一例 引張試験結果の一例を 5 図に示す。本例はプロード #60 の場合で、人絹の場合とは相当異った結果が出ているが、人絹は糸の太さ織り方等に相当むらがあるのと、洗濯による強伸度の変化の度合について疑問が起るような試験結果が出るので人絹の織り方などについてさらに研究する余地もあると考えているので、単なる損耗度については現在プロードを主として試験布として採用している。本章のはじめに述べた布質、洗濯機型式等の関連については本文では割愛させていただくこととする。

(4) 損耗試験のまとめ

洗浄率 洗濯むらとによって表わされる洗濯効果に比較して検討できるようにするため損耗度を定めたが損耗度を出すために必要な試験布の枚数についてはさらに研究しなければならない。

しかし強伸度の測定による方法は、洗浄率の測定の場合と条件が同じにできるので、洗濯性能の重要なこの 2 因子の比較に便利である点はとくに推奨できるところではなかろうかと思われる。

洗浄率と損耗度との関係は洗濯機の構造によって現在のところ種々様々で比較することは難しいが同一洗濯機を使用して、たとえば噴流式洗濯機において回転翼の回転速度を早くすれば洗浄率がよくなるのにたいし、損耗度は大きくなるという結果は常識的にも考えられることで、試験結果もこれを表わしている。

5. 洗濯時間

洗濯時間を長くすれば洗浄率がよくなるのであるが、

洗濯性能の試験方法・武井

洗濯時間が早く、洗濯容量が多いのにこしたことではない。洗濯時間の試験は、洗浄率と洗濯容量との関係をさらに洗濯時間をいろいろにかえて行い、一定以上の洗浄率がえられ、所要の洗濯容量を満足する範囲で、洗濯時間のもっとも短いものを選択する。ここで注意することは、洗浄率と洗濯時間ばかりにとらわれて損耗度を忘れると思わぬ問題が起きるような洗濯機となることがある。気の早い日本人の性格から洗濯時間についてのみ重視して他の条件を忘れてしまっているかのごとき表現をしている点は改めなくてはならないといふ識者の声はたしかに洗濯機メーカーとしても謹聴すべき言である。

洗濯時間に関しては JIS C 9606 解説に示すように一律に 20 分をもって洗濯時間とし、洗濯型式の違いや洗濯容量による考慮が全くなされていないので実情にそわない点が多いので、メーカーの立場としては損耗度も考慮に入れて、各種の場合について検討しなくてはならない。

洗剤の洗浄力の点から考えても、洗濯機、洗液を一定にして洗濯時間だけの factor になるようにして試験をしてやればその洗浄率は洗濯時間によって有意差としての偏差が表われており⁽⁴⁾洗濯時間の選定は洗濯機の特性をきめる重要な要素である。

6. 洗濯容量

洗濯時間と同様趣旨にしたがって一定以上の洗浄率がえられ、一方一定以内の洗濯時間 (JIS C 9606 解説によれば 20 分としてあるから、長くとも 20 分を限度とする) で一度に洗濯できる量を求める。この試験は洗濯物の形状、布質さらには洗濯槽の形状、表面処理等によって相当の差を生じるが、標準としては洗浄率試験の場合の洗濯物 (JIS C 9606 による) をもって行っている。この場合、もちろん洗濯容量は電動機容量に左右されるので、各洗濯機の比較にはこの点を考慮しておく必要があり、したがってこの表わし方として (4) 式のようにしてもよいと思う。

$$\text{比洗濯容量 (kg/W)} = \text{洗濯容量 (kg)} / \text{電動機入力 (W)} \quad \dots (4)$$

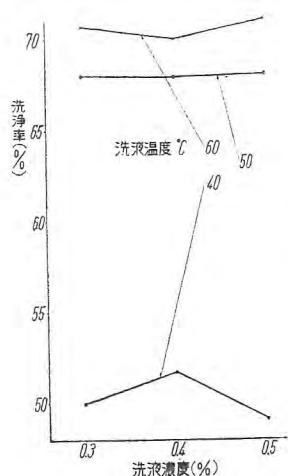
さらに、洗濯時間と洗濯容量との関係を示す方法として (5) 式のように表わすこともよいと思う。

$$\text{比洗濯容量 (kg/min)} = \text{洗濯容量 (kg)} / \text{洗濯時間 (min)} \quad \dots (5)$$

7. 洗液

ア. 濃度

主として洗剤の性能に関係するもので各洗剤メーカーによって研究されており、現在 JIS C 9606 に示すように JIS K 3303 粉末洗たく石けん 1 号を使用し、濃度 0.5%



6 図 洗液濃度と洗浄率との比較

Fig. 6. Comparison between the density of washing solution and washing power.

としている。しかし、洗濯機の試験においてもこの点は確認しており、その試験方法は各濃度、各温度について一定洗剤のものの洗液をつくりおののの場合について洗浄率を測定する。その結果の一例を6図に示すが、この結論としては、濃度は0.3~0.5%で大差はないので、各種の試験は他との比較からもJIS C 9606に準拠して0.5%で行っている。

イ. 温度

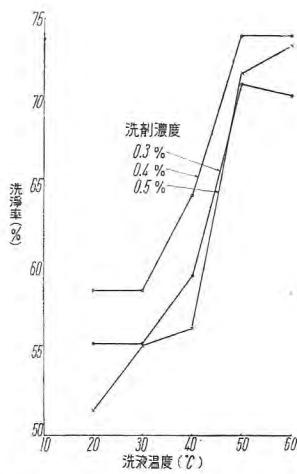
濃度と関連があるので、濃度の場合と同時に試験するし試験方法にも変りはない。試験結果の一例を7図に示している。この結果では50°C~60°Cでは有意差は認めないが40°C以下では相当の差がある。JIS C 9606による洗浄率試験には40°C±2°Cとしているので一般にこれによって比較の資料を得るようにしているが、これは洗剤のみの洗浄力試験の場合との条件の差によるものであろうかと考えられる。

ウ. 洗液量

洗液量と洗濯容量との関係は、洗浄率に相当大きな開を示す結果となって表われる。洗液量と洗濯容量との関係を示すものとしてはつぎの(6)式をもって比較の資料とするが、この原因となるものは、洗濯機の型式の違いである。

$$\text{浴比} (l/kg) = \text{洗液量} (l) / \text{洗濯容量} (kg) \dots (6)$$

洗剤濃度、温度、洗濯物の形状、および布質等すべてが関係するので、充分な結論を出すまでには相当の試験経験の結果を必要とするが、現在までの結果では、浴比は



7 図 洗液温度と洗浄率との比較

Fig. 7. Comparison between the temperature of washing solution and washing power.

2表のごときものである。もちろん本試験は洗剤濃度、温度、洗濯物、洗濯容量はJIS C 9606の洗浄率試験の場合に準拠したものである。

浴比はその値が大きい程、洗液が多く要るので不経済であるわけであるが、これは洗濯機の原理からくる現象であることは想像できることであるので、いわゆる宿命的なものといわなくてはならない。

2表 浴比の一例

洗濯機型式	浴比 (l/kg)
攪拌式（大型）	10~15
噴流式	15~20
回転式	10

8. むすび

洗濯機の洗濯性能の試験方法にはまだ決定的な方法は確立されていないが、逐次研究されたものを纏めJIS C 9606として一応の規格の制定をみた。しかしJISにおいても解説として参考程度であって、法的なものとしての存在ではない。洗濯性能の試験によって特性を定量的に比較し、使用する立場にたって洗濯機をcheckする程度ならば現在行っている試験方法で充分であると思う。試験のさらに大切な目的としてはこの結果によって上述したように洗濯性能に影響する諸条件を分析し、一層優秀な性能をもつ洗濯機を設計し生産するという点であって、相反し、相助長する好ましい条件、好ましくない条件の調和をはかり根本的に洗濯性能の改良に利用できるよう試験方法を研究しなくてはならない。これが今後の研究課題であって、微力ながら日々この方向への研究を行っているものである。この目的に合致する試験方法が確立されたときにはじめて、洗濯機の飛躍的な発展が期待しうるし、試験の広義の意味が展開できることと思っている。

参考文献

- (1) 油脂化学会誌 Vol. 2 No. 2 1953
- (2) " Vol. 1 No. 3 1952 p. 124~129
- b. Vol. 3 No. 1 1954 p. 18~23
- c. Vol. 3 No. 3 1954 p. 79~83
- (3) 電機 83号 No. 5 1955 p. 36~41
矢部：電気洗濯機の洗浄力試験法について p. 37 連続汚染機等がその一例である。
- (4) 前掲 (2) のa. に同じ p. 128
- (5) 前掲 (3) p. 38

神戸製鋼所納分塊ミル用 3,500 kW 電機設備

神戸製作所

片岡高示*・伊藤嗣郎**

3,500 kW Electric Equipment for A Blooming Mill

Takeshi KATAOKA・Tsugio ITO

Kobe Works

The Kobe Steel Mill has been supplied with a 3,500 kW Ilgner motor generator and necessary apparatus built by Mitsubishi for its blooming mill. Of many features worthy of mention, that stands out most is the construction of the yoke of principal machine which is built of laminated steel sheets to cope with eddy currents. As a result, even at a peak load of over 300% of the nominal value, a good commutation was assured through the factory tests. A rototrol control of the electric pole operation of the slip regulator and an employment of a bias rototrol on the voltage controlling circuit of the generator are equally conspicuous.

1. まえがき

当社においては終戦後、富士製鉄釜石製鉄所に 5,000 HP イルグナ設備をまた日亜製鉄呉工場に 3,500 HP イルグナ設備を納入してきたが、昨昭和 29 年 10 月神戸製鋼所葺合工場に 3,500 kW イルグナ設備を分塊ミル用として納入した。本設備は、

- (1) 主機の継鉄は成層構造としたこと
- (2) 従来鉄鋼製であった部分をほとんど鋼板の溶接構造としたこと
- (3) 工場試験にて 300%以上の尖頭電流における整流状態を検したこと
- (4) 滑り調整器の電極昇降は交流トルク電動機によるものでなく、ロートトロール制御による直流電動機を使用したこと
- (5) 発電機電圧制御回路にバイアスロートトロールを使用したこと
- (6) 通風方式として Down Draft 方式を採用したこと

など種々新しい装置や方式を採用した。その結果 300%以上の尖頭負荷においても整流の良好なことを確認した。また発電機電圧上昇時間 0.5 sec, 電動機の逆転時間 0.9 sec というすばらしい成果がえられた。以下その電機設備の詳細について発表する。

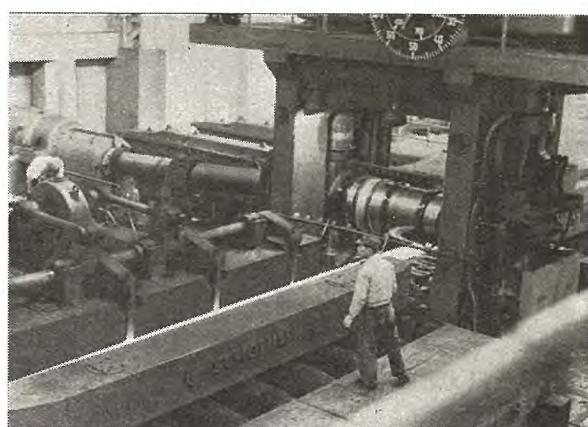
なお圧延機はドイツシュレーマン社製 2 重可逆式での仕様は

ロール寸法	900φ × 2,300 mm
日 産	1,200 t
慣性能率	12 TM ²
回転数	54~120 rpm

である。(1 図参照)

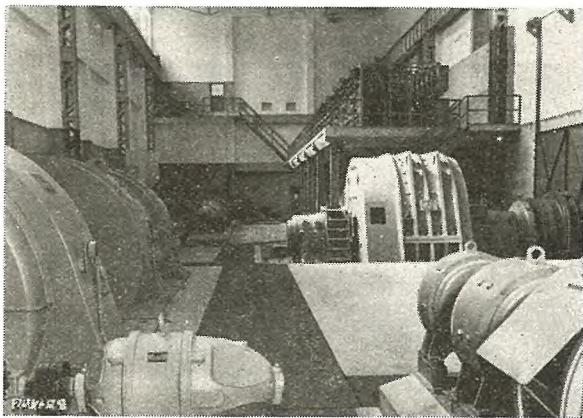
2. 主圧延用回転機の仕様 (2 図)

(1) 主圧電動機

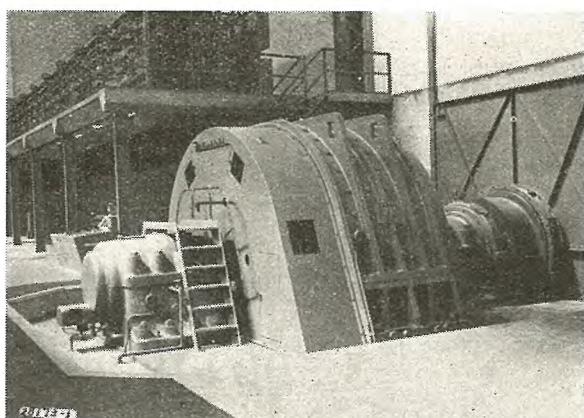


1 図 分塊圧延機

Fig. 1. Blooming mill.



2 図 電気室
Fig. 2. Electric room.



3 図 3,500 kW 圧延電動機
Fig. 3. 3,500 kW motor for rolling mill.

1 台 3,500 kW 750 V 5,050 A 54/120 rpm
B 種絶縁 40°C
定格回転力 64 TM
常用最大回転力 150 " (237%)
非常最大回転力 180 " (285%)

(2) イルグナ式電動発電機

a. 直流発電機

2 台 2,000 kW 750 V 2,670 A 514 rpm
B 種絶縁 40°C 最大出力 285%

b. 誘導電動機

1 台 3,500 kW 3,300 V 505 rpm
B 種絶縁 40°C 最大回転力 250%

c. 儲勢論

1 個 GD² 280 TM² 鋼板製

d. 始動装置

1 式 25 kW 220 V 720 rpm 1 時間定格 全閉
巻線型 最大回転力 250% 誘導電動機 その他減速装置

(3) 励磁機電動発電機

a. 圧延電動機用励磁機

1 台 45/90 kW 150/300 V 300 A
B 種絶縁 50°C

b. 発電機用励磁機

1 台 7.5/30 kW 75/300 V 100 A
B 種絶縁 50°C

c. 誘導電動機制動用励磁機

1 台 25 kW 35 V 714 A 30 分定格
B 種絶縁

d. 定電圧電源用

1 台 10 kW 220 V 45.5 A 複巻
B 種絶縁 50°C

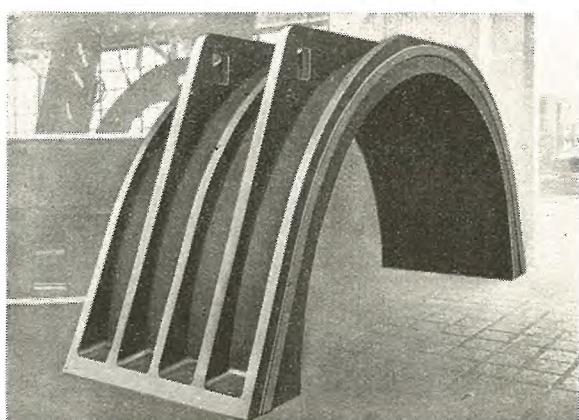
e. 駆動用誘導電動機

1 台 150 kW 3,300 V 1,800 rpm

(4) ロートトロール電動発電機

a. 圧延電動機用

1 台 7.5 kW 500 V 15 A A01-KS 型 F#222B



4 図 3,500 kW 電動機の継鉄
Fig. 4. Yoke of 3,500 kW motor.

b. 発電機用

1 台 7.5 kW 500 V 15 A A01-KS 型 F#222B

c. 圧延電動機界磁電流用

1 台 3 kW 200 V 15 A A01-KS 型 F#192

d. 発電機バイアス用

1 台 2.4 kW 800 V 3 A A01-KP 型 F#192

e. 電流制限用

2 台 3 kW 300 V 10 A A01-KS 型 F#192

f. 駆動用誘導電動機

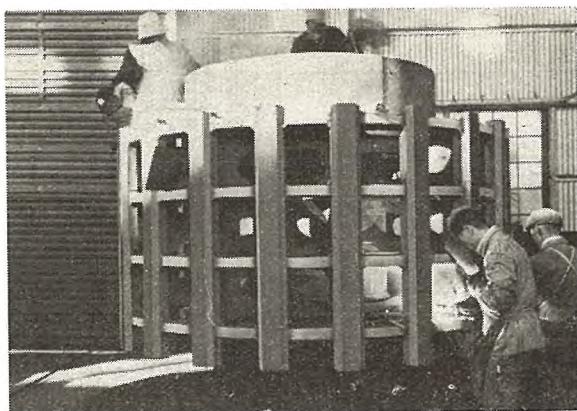
1 台 40 kW 220 V 1,800 rpm

3. 主機の特色

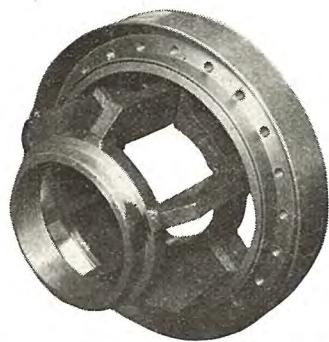
ア. 主圧延電動機 (3 図)

この種可逆圧延電動機の最大回転力は通常、常用最大 225%，非常最大 275% とするのであるが、今回のものは圧延機側よりの要求により前記のようにそれぞれ 237%，285% となっている。各部の構造および寸法はこの最大回転力に適するよう設計してある。

直流機の継鉄は通常厚鋼板の溶接構造になっているが今回のものは薄鋼板の成層構造とした (4 図参照)。その目的は主極磁束および整流磁束の急速な変化を妨げようとする継鉄中に発生する滑流を防止するためである。その結果界磁電流の変化に対する電圧変化の遅れを少くし、



5 図 3,500 kW 電動機の電機子スパイダ
Fig. 5. Armature spider of 3,500 kW motor.



6 図 2,000 kW 発電機の整流子スパイダ
Fig. 6. Commutator spider of 2,000 kW generator.

また過渡時における整流を改善することができた。厚板構造では電流が変化したとき厚板中に渦流が発生して整流磁束が電流の変化より遅れその結果、同一電流値に対しても過渡電流のときの整流状態は定常電流のときの整流状態より悪くなる。本機の如く 20,000 A/sec 程度の電流変化を常時繰返す機械ではこの方法は非常に有効である。

電機子スパイダは従来主として鋳鋼製であったが今回は厚鋼板の溶接構造にした(5 図)。また台枠も同様鋼板構造である。

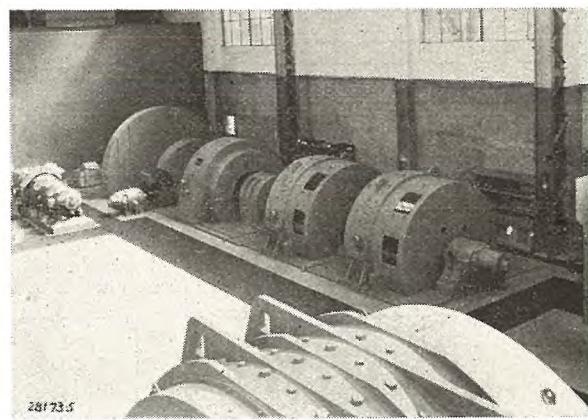
イ. 主発電機

電動機と同様の目的のために、発電機も成層構造にした。電機子スパイダはもちろん鋼板製であるが、電機子鉄心セクタ相互間の力および遠心力に対する強度は鉄心内軸方向に通した数十本のピンによっており、回転力は通しボルトによって側板に伝えられるようになっていて従来のようにダブルテールは全然ない。

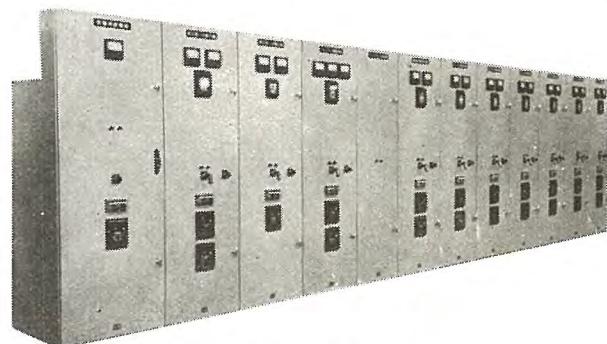
つぎに整流子スパイダ、クランバについても締付け力のかかる V 部分のみ鋳鋼として他の部分すなわちハブリングおよびハブと V 部とのつなぎは鋼板の溶接構造である(6 図)。

ウ. イルグナ電動発電機(7 図)

従来発電機、誘導電動機、蓄勢輪の配列は発電機 2 台を真中に両端にそれぞれ誘導電動機と蓄勢輪をおく配列であったが、今回は軸受の荷重、回転力に対する軸の強



7 図 イルグナ変流機
Fig. 7. Ilgner converter.



8 図 メタルクラッド型配電盤
Fig. 8. Metal clad type switch boards.

度等を計算の結果蓄勢輪を誘導電動機の外側に配列する方が発電機の軸受が小さくなることが判ったのでそのように変えた。

4. 主圧延用回転機の制御装置

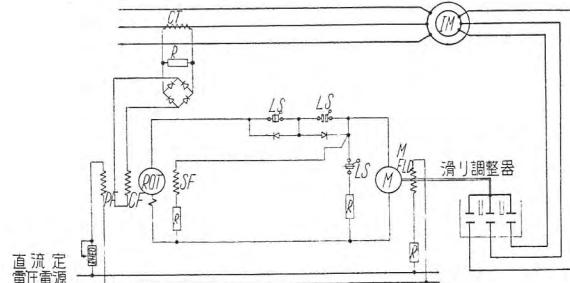
ア. 交流側制御装置

(1) 高圧配電盤

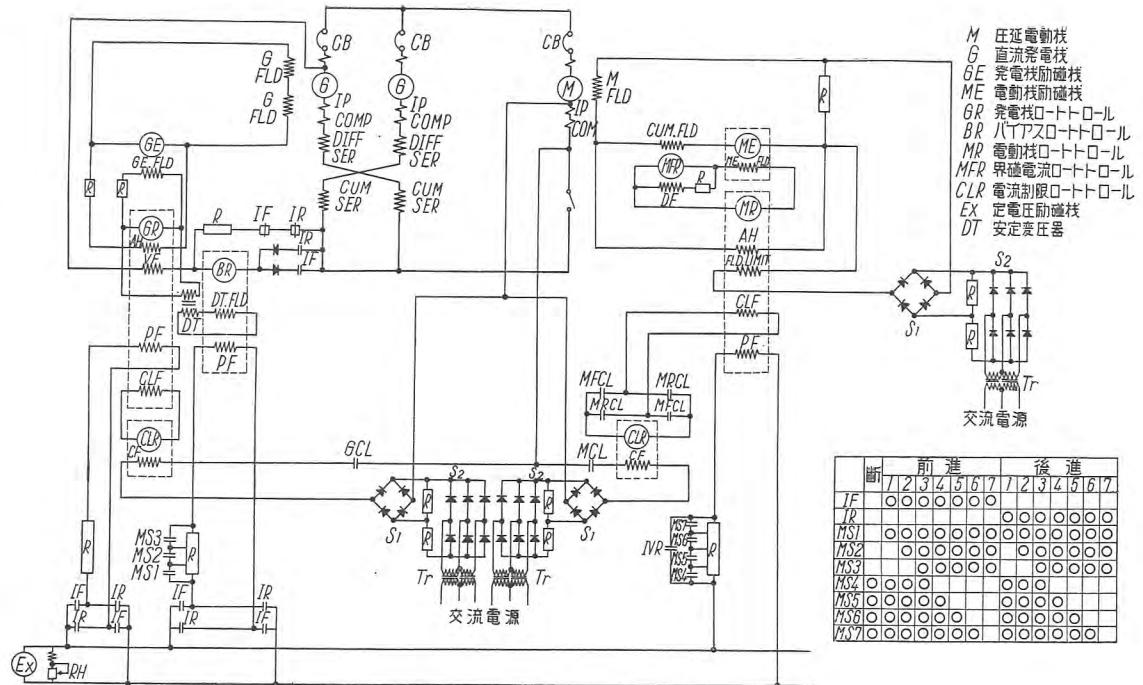
交流高圧回路の油入遮断器はすべてメタルクラッド型配電盤に格納してある。8 図は配電盤の外観を示す。

(2) 滑り調整器

滑り調整器の電極操作電動機は直流分巻電動機を使用し、これをロートトロール発電機で制御する方式を採用した。9 図に制御回路の簡略結線図を示してある。ロートトロールの基準界磁は直流定電圧電源より励磁さ



9 図 滑り調整器制御簡略結線図
Fig. 9. Schematic diagram of slip regulator.



10 図 分塊ミル直流側制御簡略結線図

Fig. 10. Schematic diagram of the D-C side of blooming mill.

れ、電流界磁は CT、セレン整流器を経て主回路電流に比例して励磁される。ロートトロール発電機は分巻自励界磁と抵抗により同調をとっているから、極めて高い増幅率を有している。主回路電流が整定値に保たれているときは、基準界磁のアンペアターン (AT) と電流界磁の AT とは平衡しており、ロートトロール発電機の出力は零で電極は静止している。主回路電流が整定値より増大すれば、電流界磁の AT が基準界磁の AT より大きくなりロートトロール発電機は電極間隙抵抗を増す方向に操作電動機を駆動し、誘導電動機の負荷電流を減少させる。主回路電流が整定値より減少すれば、ロートトロール発電機は上記と逆に動作して誘導電動機の負荷電流を整定値に回復する。本方式はロートトロール発電機の高い増幅作用により電流界磁の僅かな変化も検出されるから、従来のトルク電動機操作方式に比して感度がよくなっている。滑り調整器の整定電流は基準界磁の調整により簡単かつ連続的に調整することができる。

イ. 直流側制御装置

(1) 発電機電圧制御回路

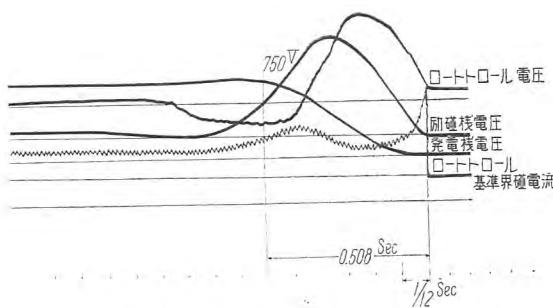
制御回路の簡略結線図を 10 図に示す。発電機の界磁は励磁機 (GE) を通してロートトロール (GR) により励磁される。励磁機およびロートトロールは極めて高い頂上電圧を有し、ロートトロールの基準界磁 (PF) にはロートトロールが極めて高い電圧を発生するような励磁を与えており、電圧界磁 (VF) には直列にバイアスロートトロール (BR) が接続されており、バイアスロートトロールの発生電圧により発電機電圧を制御している。

ロートトロールおよびバイアスロートトロールの基準

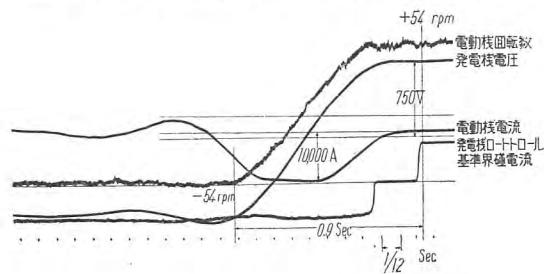
界磁は主幹制御器により同時に励磁され、ロートトロールの電圧界磁は発電機電圧がバイアスロートトロールの発生電圧以上になるまでは励磁されないから、ロートトロールは極めて高い電圧を発生し発電機界磁を強制的に励磁して、発電機電圧を急速に上昇させる。発電機電圧がバイアスロートトロールの発生電圧以上になれば、両者の差電圧によって電圧界磁が励磁され、発電機電圧は一定に保持される。ロートトロールの電圧界磁に直列に接続されたセレン整流器と正逆転用電磁接触器の接点により、運転者が主幹制御器を正転ノッチから急速に逆転ノッチにとったときに、発電機電圧が過度に急速に反転するのを防止している。主幹制御器が停止ノッチにあるときは、バイアスロートトロールの電機子回路は開路し、抵抗を接続して発電機の残留電圧の発生を防止している。発電機の電圧制御においては、発電機の電圧上昇時間を短縮し、しかも過電圧は圧延に支障ない程度に抑えなければならない。本回路においては、バイアスロートトロールの安定界磁と安定変圧器との作用により過電圧を実用上さしつかえない程度に抑えている。発電機の無負荷電圧上昇試験のオシログラムを 11 図に、電動機を正転 54 rpm から逆転 54 rpm まで逆転させた場合のオシログラムを 12 図に示してある。これらのオシログラムに示されているように、発電機の電圧上昇時間は 0.5 sec、電動機の逆転時間は 0.9 sec という画期的なものであり、しかも安全な運転が行われている。

(2) 電動機界磁制御

電動機の界磁電流は励磁機 (ME)、界磁電流ロートトロール (MFR) を通してロートトロール (MR) によって制御され、ロートトロールの電圧は基準界磁によって



11 図 2,000 kW 発電機無負荷電圧上昇試験
Fig. 11. No-load voltage rise tests of 2,000 kW generator.



12 図 3,500 kW 電動機無負荷逆転試験
Fig. 12. No-load reversing test of 3,500 kW motor.

制御される。したがって電動機の速度はロートトロールの基準界磁によって整定される。励磁機界磁はロートトロールと界磁電流ロートトロールとの差電圧によって励磁され、界磁電流ロートトロールはその和動界磁の作用により、常に電動機界磁電流に比例した電圧を発生しているから、ロートトロールの基準界磁の励磁を変化させた場合電動機界磁電流は極めて急速に変化する。電動機速度の界磁制御範囲においては、後述の過電流制限回路は電動機の界磁を強めて過電流を制限するように動作する。この場合電動機の界磁電流を定格電流以上に増加しても効果がないばかりか、かえって有害であるから、ロートトロールに界磁電流制限界磁を設け、界磁電流が定格電流以上に増加するのを防止している。界磁電流制限回路の動作原理は過電流制限回路と同一であるので省略する。界磁制御範囲においても、制御の行き過ぎは電動機を過速して圧延作業上好ましくないから、ロートトロールに乱調防止界磁を設け安定な制御を得られるようにしている。図中の接点 1 VR は主幹制御器を急速に界磁制御範囲まで動作させても、発電機電圧が確立するまでは電動機を強め界磁に保つように動作する。

(3) 過電流制限

圧延作業中発電機および電動機に課せられる尖頭負荷電流を自動的にそれぞれの許容電流値内に制限するため、発電機および電動機ロートトロールに電流制限界磁を設け、それぞれ電流制限ロートトロールによって励磁している。電流制限ロートトロールの界磁はセレン整流器 (S_1) および抵抗と直列に接続され、電動機の補極および補償巻線と並列に接続されている。抵抗には変圧器およびセレン整流器 (S_2) によって商用交流電圧を整流して直流基準電圧を与えている。したがって電流制限ロ

ートトロールの界磁には負荷電流に比例した電圧降下が印加されるが、基準電圧がこれと反対しているので、負荷電流が一定電流以下では電流制限ロートトロールの界磁は励磁されない。この場合セレン整流器 (S_1) は基準電圧によって電流制限ロートトロールの界磁が励磁されるのを防止している。負荷電流が一定電流以上になれば、電動機の補極および補償巻線の電圧降下が基準電圧に打勝って、電流制限ロートトロールの界磁が急速に励磁される。したがって加速時、発電機電圧制御範囲では発電機電圧を下げ、電動機界磁制御範囲では電動機の界磁を強めて負荷電流を発電機および電動機の許容電流値内に制限する。減速時には制動電流の方向は電動機電流の方向と逆になるが、セレン整流器 (S_1) によって基準電圧は電動機の補極および補償巻線の電圧降下と反対する。したがって制動電流が一定電流以上にならなければ電流制限ロートトロールの界磁は励磁されないが、制動電流が一定電流以上になると急速に電流制限ロートトロールの界磁を励磁して、電動機界磁を弱め、発電機電圧を高めて制動電流を安全電流値内に制限する。

5. 工場試験

ア. 主機の単独試験

直流発電機は 2 台直結し負荷返還法により定格における温度上昇試験を行った。また定格電圧にて 150% 負荷まで添加励磁曲線をとった。それ以上は設備の関係で負荷が増せないので電圧を下げ、250% 電流まで無火花整流を確認した。

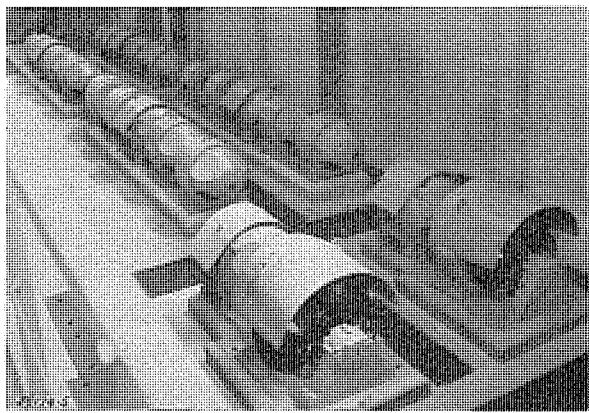
圧延電動機は速度が低いために負荷返還法を行うことができない。それで起動の際に流れる過渡電流によって整流を検することを考えたが、54 rpm のベース速度まで 0.5 sec で加速するとしてもほぼ定格電流しか流れない計算になる。それでは過負荷時の整流を検することができない。結局電動機の GD^2 の約 2 倍の GD^2 をもった蓄勢輪を電動機に直結して起動試験を行った。その結果 300% 以上の電流を流すことができて、非常最大回転力のときの整流を検することができた。もちろんこのときは発電機 2 台は直結しさらに蓄勢輪も直結し、この MG より電動機に電力を供給しているから電動機と同時に発電機の整流も検することができた。

イ. 組合せ試験

前述のように電動機と発電機を接続しさらに電動機励磁機、発電機励磁機およびそれぞれのロートトロール等現地における運転状態と同一の接続をして過渡状態の調整を行った。その結果発電機の電圧上昇時間 0.508 sec、また正転のベース速度 54 rpm より逆転のベース速度までの逆転時間は 0.895 sec という画期的成果がえられた。

6. レオナード制御による補助電動機

以上主圧延用機器の他に補機駆動用電動機のうちレオナード制御による直流電動機およびその電源の電動発電



13 図 補機用電動発電機 (手前の 2 セットは剪断機用)
Fig. 13. Motor generators for auxiliary machines.

機には次のものがある。なお電動機はすべて AISE 標準のミルタイプで B 種絶縁、75°C 上昇、強制通風、連続定格、最大回転力 250% (剪断機のみ 260%) である。

(1) ロール圧下用 2 台

100/200 HP 220/440 V 485/970 rpm

(2) ワーキングテーブルおよびマニプレータ用 10 台
75/150 HP 220/440 V 515/1,030 rpm

(3) フィードロール用 2 台

50/100 HP 220/440 V 550/1,100 rpm

(4) 剪断機用 2 台

200 kW 440 V 700 rpm

(5) レオナード電動発電機 No. 1 2 組

a. 90 kW 直流発電機 ロール圧下用 1 台

b. 65 kW " マニプレータ、ワーキングテーブル用 2 台

c. 50 kW " 定電圧電源 1 台

d. 300 kW 3,300 V 1,200 rpm

誘導電動機 1 台

(6) レオナード電動発電機 No. 2 2 組

a. 45 kW 直流発電機 フィードローラ用 1 台

b. 65 kW " マニプレータ、ワーキングテーブル用 3 台

c. 300 kW 3,300 V 1,200 rpm 誘導電動機 1 台

(7) 剪断機用電動発電機 2 組 (13 図)

a. 220 kW 440 V 直流発電機 1 台

b. 250 kW 3,300 V 1,200 rpm 誘導電動機 1 台

以上の発電機は過負荷耐量約 280%，最大電流 250% (剪断機用は 260%) で、誘導電動機の最大出力は 300 kW 250%，250 kW 260% である。

(8) ロートトロール電動発電機 4 組

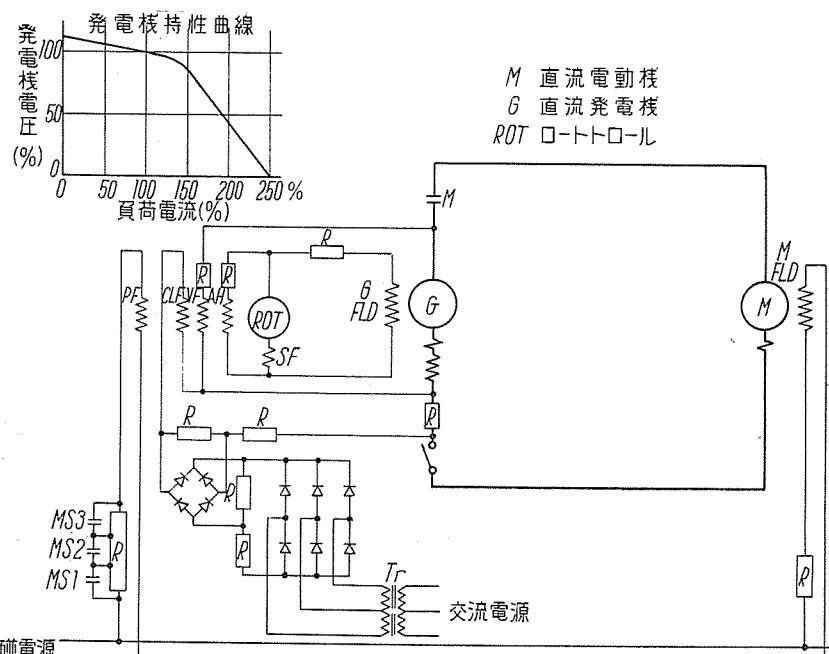
a. 7.5 kW 500 V 15 A F#222B ロートトロール 4 台

b. 30 kW 220 V 1,800 rpm 誘導電動機 1 台

これらロートトロールは上記補助電動機のレオナード速度制御を行う際に、発電機の強制励磁、垂下特性および電流制限を行うためのものである。

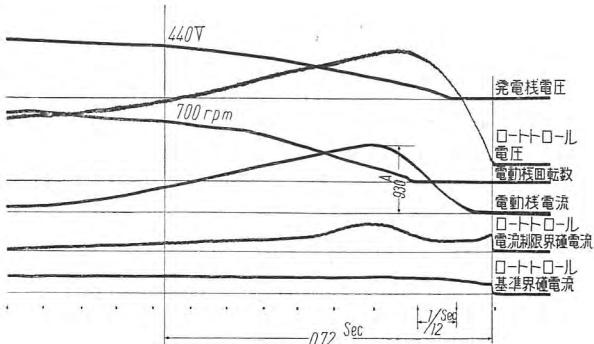
7. 補助機械の制御装置

分塊ミルの圧延時間の約 70% はスクリューダウン、マニプレータ、前後面ワーキングテーブル、およびフィードローラの補助機械の運転に消費されるから、分塊ミル全体としての総合能率を向上させるためには主ロール以外に上記補助機械の加減速、逆転時間を短縮しなければならない。またシャー電動機は加速トルクと切断トルクとが重複しないように短時間で加速する必要がある。したがって上記補助機械の制御はワードレオナード方式を用いた。14 図に制御回路の簡略結線図を示してある。発



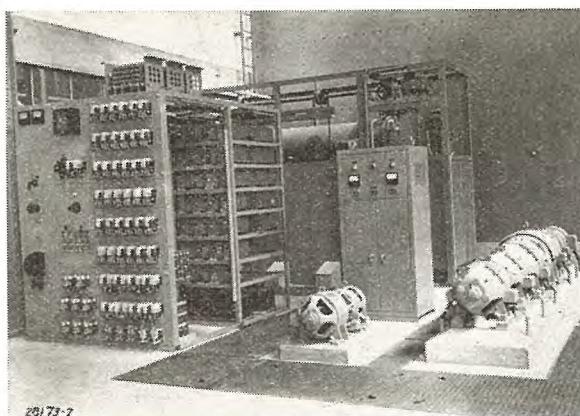
14 図 分塊ミル補助機械制御簡略
結線図

Fig. 14. Schematic diagram of the auxiliary machine of blooming mill.



15 図 シャー電動機無負荷起動特性

Fig. 15. No-load starting characteristics of sear motor.



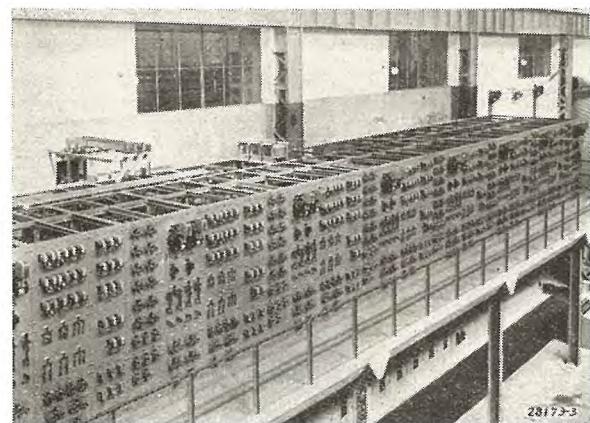
16 図 イルグナ制御盤および滑り調整器

Fig. 16. Ilgner control panel and slip regulator.

電機界磁はロートトロールで励磁され、ロートトロールは電流制限回路を備えた電圧調整器として動作する。発電機電圧は基準界磁によって整流される。ロートトロールは自励界磁と同調抵抗とによって同調をとっているから極めて高い増幅率を有している。したがって基準界磁に励磁を与えるとロートトロールは発電機界磁を強制励磁して発電機電圧を急速に上昇させる。発電機端子電圧によって励磁される電圧界磁は基準界磁と差動に働き、規定の電圧においては基準界磁の AT は電圧界磁と電流制限界磁との合成 AT に平衡するが、発電機はロートトロールの自励界磁により基準界磁で整定された電圧を維持する。電流制限回路の動作原理は主圧延用回転機の場合と同様であるが、発電機電圧に上記補助機械に適した垂下特性を与えるようにしてある。発電機電圧の特性の一例を 14 図に示してある。15 図はシャー電動機を無負荷で起動した場合のオシログラムで定格速度まで 0.72 sec で加速している。

8. 制御盤および運転盤

本設備の使用器具は敏速動作と頻繁苛酷な使用に対する耐久性とを考慮して、とくにこの種の用途のために設計されたものであるが、ある程度の損傷部分品の取換えはさけられないから部品の取換え、補給を容易にするた



17 図 ワードレオナード補助機制御盤

Fig. 17. Ward leonard auxiliary machine control panels.

めに、極力使用器具の種類を少くするように設計上考慮が払われている。イルグナ制御盤、ワードレオナード補助機械制御盤の外観を 16, 17 図に示してある。

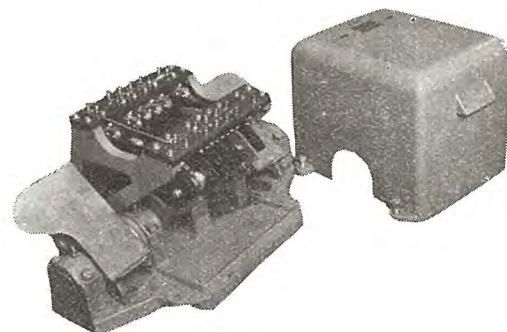
圧延機の運転は足踏主幹制御器と机型運転盤により、2人の運転者で行われる。すなわち1人の運転者は両足で主ロールの正逆転を行い、両手でスクリューダン、前後面ワーキングテーブル、フィードローラ、ギヤードローラおよび主ロールの微動運転を行う。前後面ワーキングテーブル、フィードローラおよびギヤードローラの運転編成の選択は切換開閉器で行う。他の1人の運転者は両手でマニプレータ、カントおよびアプローチテーブルの運転を行う。新開発の FM 型足踏主幹制御器、DM 型手動主幹制御器および運転盤の外観を 18, 19, 20 図に示してある。

電気室には総合監視盤を設け交流高圧回路用油入遮断器、圧延電動機および補助機械関係の低圧交流電動機の操作を総括して行うとともに、故障表示器、信号装置および必要な計器を備え全体の監視ができるようにしている。21 図に総合監視盤の外観を示してある。

9. 据助設備

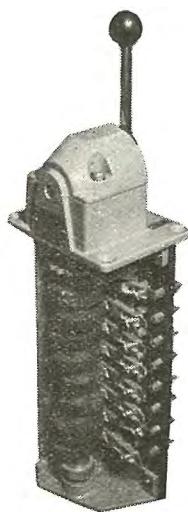
ア. 通風冷却設備

主圧延電動機、主発電機誘導電動機など主機の通風方式は Down Draft 式である。すなわちフィルタを通



18 図 FM 型足踏主幹制御器

Fig. 18. Type FM foot operated master controller.



19 図 DM 型手動主幹制御器

Fig. 19. Type DM hand operated master controller.



20 図 運転盤

Fig. 20. Operating panel.

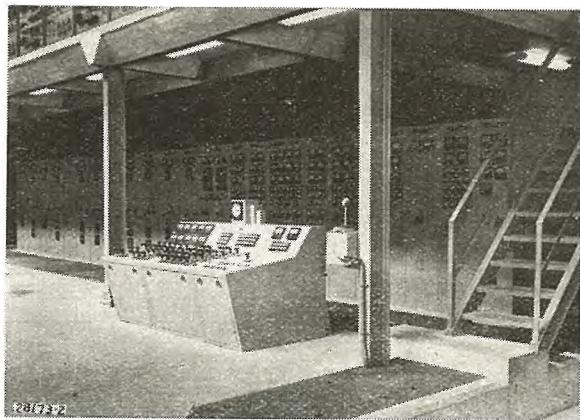
た清浄な空気をまず電動機室に入れる。主機は電動機室の空気を吸込み、地下風道を通って吸出し送風機によって室外に吐出される。この方式の特色は

- 電気室の空気はいつも清浄である
- 電気室の室温が上昇しない
- 通風用風道は排気用のみでよい

等である。

通風機器の定格はつぎのとおりである。

- 空気炉過器
American Air Filter Multiduty Type
205,000 f³/min (5,800 m³/sec)
- 電気室用送風機
風量 : 2,500 m³/min, 風圧 : 60 mm, TV 135 型



21 図 総合監視盤

Fig. 21. Supervisory panel.

電動機 60 HP 220 V 900 rpm

- 圧延電動機用送風機

風量 : 1,300 m³/min, 風圧 : 120 mm, TV 105 型
電動機 60 HP 220 V 720 rpm

- 発電機用送風機

風量 : 1,100 m³/min, 風圧 : 100 mm, TV 100 型
電動機 40 HP 220 V 720 rpm

- 誘導電動機用送風機

風量 : 500 m³/min, 風圧 : 100 mm, TV 90 型
電動機 20 HP 220 V 900 rpm

- 剪断機電動機用送風機

風量 : 110 m³/min, 風圧 : 140 mm, TV 65 型
電動機 7.5 HP 220 V 1,800 rpm

- その他補機電動機用送風機

風量 : 550 m³/min, 風圧 : 140 mm, TV 90 型
電動機 40 HP 220 V 1,200 rpm

イ. 軸受潤滑油循環設備

主圧延電動機用潤滑装置としては、油ポンプ、油冷却器、油濾過器、油槽その他バルブ類であるが、イルグナセットの方は交流電源が停止してからイルグナセットの回転の停止するまでの潤滑を考慮して上記の他に電池を電源とした直流電動機によって駆動されるポンプを余分に設けてある。

また高圧空気を導入したエアーベッセルを油冷却器と軸受との間に設けて、

- 油ポンプより吐出油の脈動を減少する
- 吐出油中の気泡水分の除去

をはかってある。

10. むすび

本設備は去る3月下旬より圧延運転に入り引続き目下好調に運転中でありかならず計画どおりの性能を充分發揮しうるもの信じているが、ここにその大略を記述して大方のご批判をおおぐ次第である。

建設省立川宿舎ユニットサブステーション

本 社

井 上 八 郎*

Unit Substation for Construction Ministry's Tachikawa Residences

Hachiro INOUYE

Head Office

Unit substations have made a marked development of late. Their reliability, economy of personnel expenses, simplicity of buildings and varied advantages as well as their beauty in appearance have been recognized commonly. Mitsubishi has been making extensive studies on this apparatus, since its technical cooperation with Westinghouse to further the merits so as to suit to the conditions in Japan. The installation at Tachikawa for the residences of the Construction Ministry is one of the fruits of the company's untiring efforts.

1. まえがき

最近の Unit substation の普及発達はいちじるしく、その理由は建物の簡略化、機器の信頼性、人件費の節約等幾多の利点が認識されたためであると思う。当社は米国 Westinghouse 電機会社との技術提携によりその優秀な技術を採り入れ、わが国の国情に適するよう研究し、かつ顧客のご批判とご指導により実際の変電および配電方式に合致するように絶えず新製品の開発と機器の改良に精進しつつある。

最近その機器の納入および据付配線工事一切を完成した建設省立川宿舎の Unit substation について概要を説明することとする。

本変電所の概要はつぎのとおりである。

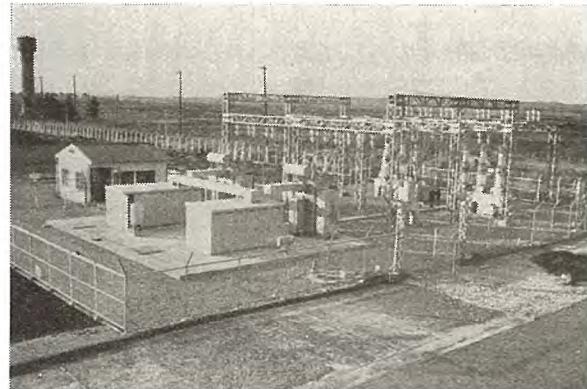
容 量	3,000 kVA (2×1,500 kVA 単位)
1 次受電電圧	66,000 V 50 c/s
2 次配電電圧	3,300 V 50 c/s
配 電 線 数	7

1 図は本 Unit sub の全景で幾多の特長と外観美を發揮している。2 図はその単線接続図である。

2. 主変圧器および 1 次側機器

ア. 主変圧器

Unit sub の主体をなすもので高度の信頼性を有し、据

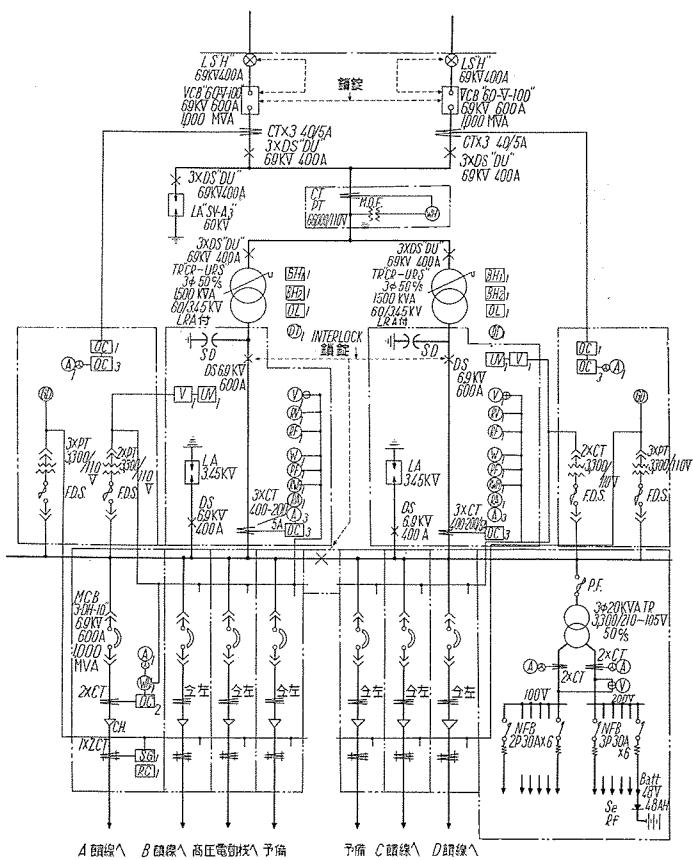


1 図 立川宿舎地区ユニットサブ全景
Fig. 1. Full view of a unit substation at Tachikawa.

付面積の節約と 2 次側銅帯を Metal clad と接続する上および電圧制御上 3 相変圧器が採用されている。

その定格は	容 量	1,500 kVA
	相 数	3
	型 式	CR-URS
	周波数	50 c/s
1 次電圧		F66-F63-R60-F57-54
2 次電圧		3,450
絶縁階級	1 次	60 号
	2 次	6 号
総 重 量		12,000 kg (油を除く)

* 業務部次長



2 図 3,000 kVA 屋外ユニット変電所単線接続図

Fig. 2. Single line connection diagram of 3,000 kVA Outdoor unit substation.

油 量 6,700 l

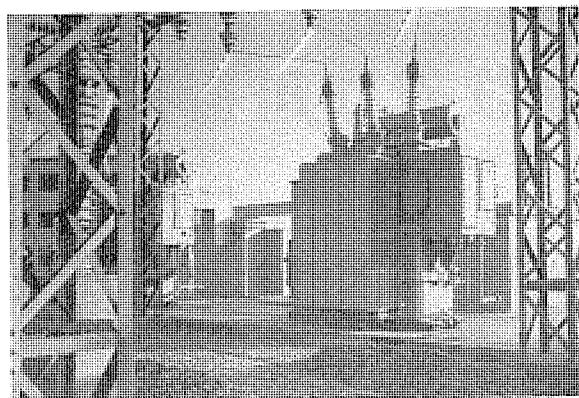
であって3図はその外観写真である。本変圧器は同図でわかるように URS 型負荷時電圧調整装置が採用され、後で説明するようにタップ切換を電圧繼電器による自動制御として配電電圧の安定を計っている。この自動電圧制御用器具は外箱に収納して変圧器本体に取付けてある。

また本器は4図に示す窒素ガス封入装置付完全密閉式とし絶縁油および絶縁物の劣化を防止し、補修および点検の必要度の減少を計っている。なおブッホルツ継電器(1段および2段動作)ダイアル型温度計、油面低下保護装置等を付している。

イ. URS 型負荷時電圧調整装置

URS 型負荷時タップ切換器による調整電圧は $\pm 345V$ ($\pm 10\%$) とし、調整タップは ± 8 段、17 点 1.25% ステップとする。この URS 型負荷時タップ切換器は母線電圧を調整する方法として従来誘導電圧調整器を使用されていたが電圧変化が段階的に変更する。また接点の損傷が若干あるという欠点を漸次克服して使用されつつある。

その理由は絶縁強度が大きく常時損失が少い、電圧変化による力率の変動が少い、変圧器と一体(3図参照)になっている故に据付手数がなく据付面積も少ないからである。なお接点は耐弧合金を使用しその保証寿命は等価



3 図 1,500 kVA 3 相変圧器、URS 型負荷時

電圧調整装置付

Fig. 3. 1,500 kVA 3 phase transformer type URS with under load voltage regulator.

連続動作試験の結果から推定して負荷の大小により大いに相違し、全定格で連続使用したとしても200,000回を保証しうるが、一般の配電器具と異なり運転中の動作回数は格段に大きいからこの点の保守点検に留意願いたい。

ウ. 得子型遮断器

受電用遮断器としては下記定格仕様の得子型遮断器を採用している。

型 式 60-V-100 型

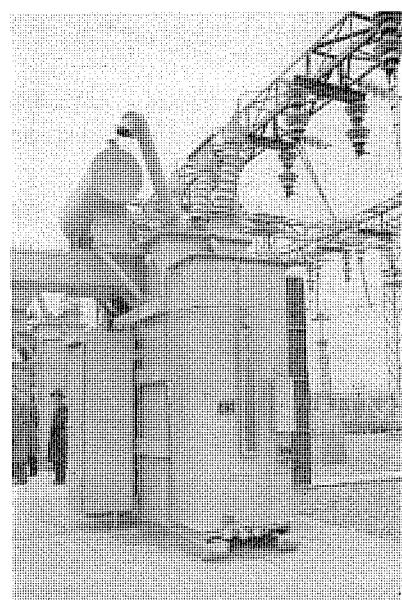
電 壓 69,000 V

電 流 600 A

遮断容量 1,000,000 kVA

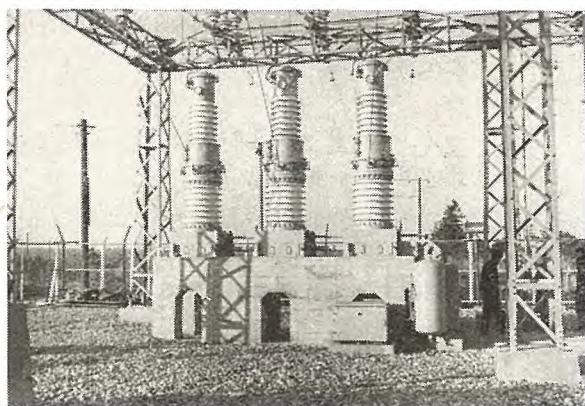
絶縁階級 60 号

上記は当社の標準製品で投入は 4.5 kg/cm^2 の圧縮空気操作とし、遮断は直流 48 V , 48 AH の蓄電池にて操作する。5図は本遮断器の側面写真で変電所の運転起動時に無電圧にて調整用操作把手で手動操作できる。手動操作機構はきわめて軽快である。



4 図 GT 式窒素封入装置

Fig. 4. Form GT Nitrogen sealing equipment.



5 図 60-V-100 型碍子型遮断器

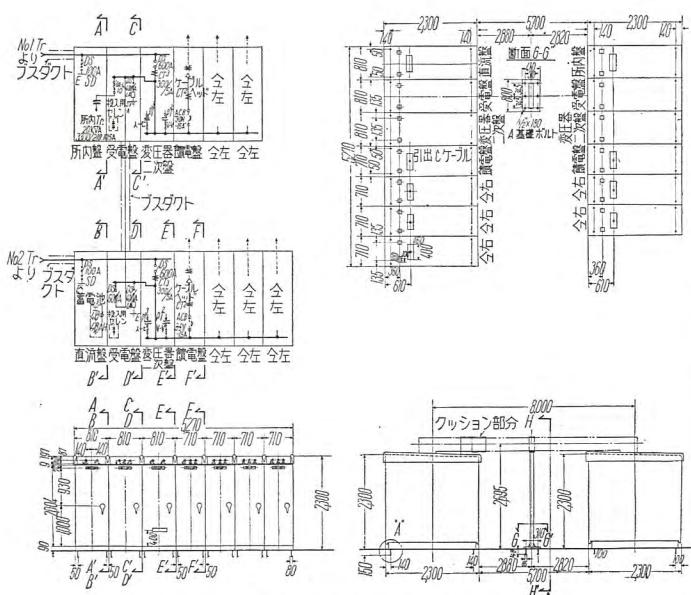
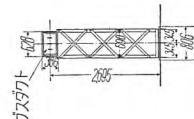
Fig. 5. Type 60-V-100 Vertical flow type circuit breaker.

工. H 型断路器

6 図は H 型断路器の現場写真で、本器は新規開発品でありその性能を満足するためつぎの諸点を考慮して設計している。

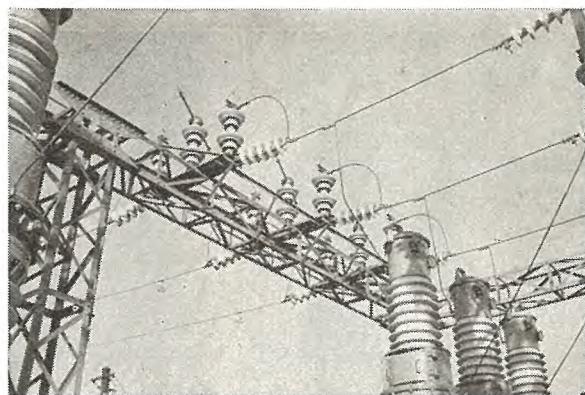
- (1) 頻繁に長年月使用しても操作が円滑容易で氷結等で操作が不工合になることはない。
- (2) 送電容量が充分で接触部の温度上昇が低く、異常時の短時間電流にも充分耐える。
- (3) 長年月の間に酸化および腐蝕等によるとか、塵埃異物による有害な温度上昇を起きない。
- (4) 変圧器の励磁電流、送電線の充電電流を遮断する。
- (5) 絶縁階級に応じる衝撃電圧に充分耐える。

3. 屋外用メタルクラッドと DH 型遮断器



7 図 屋外用メタルクラッド据付図

Fig. 7. Installation of Outdoor metal clad switch gear.



6 図 H 型 3 極単投断路器

Fig. 6. Type H T.P.S.T. disconnecting switch.

WH 型メタルクラッドは NEMA 規程による完全なる装用開閉装置 (Metal clad Switch Gear) である。

本変電所の屋外用メタルクラッドの構成は 7 図のとおりである。

受電用メタルクラッド	2 面
変圧器 2 次用メタルクラッド	2 面
饋電流用メタルクラッド	7 面
所内用メタルクラッド	1 面
制御電源用メタルクラッド	1 面

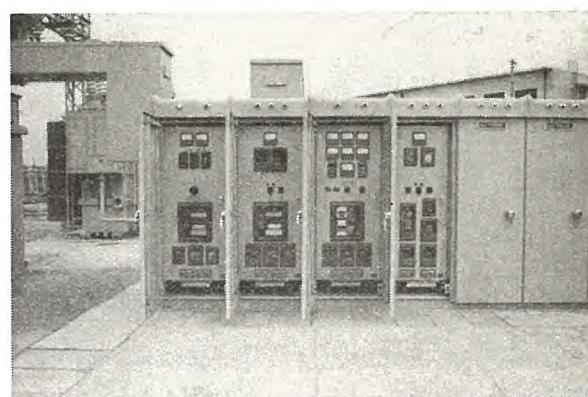
8 図は屋外用メタルクラッドの写真で一部扉を開いて可摇計器盤を示している。

受電用メタルクラッド 2 面の内部可摇計器盤には 1 次側電流計、碍子型遮断器用制御開閉器、赤および緑色表示燈、過電流継電器、接地継電器、低電圧継電器および

2 次側記録電圧計を取付けてある。

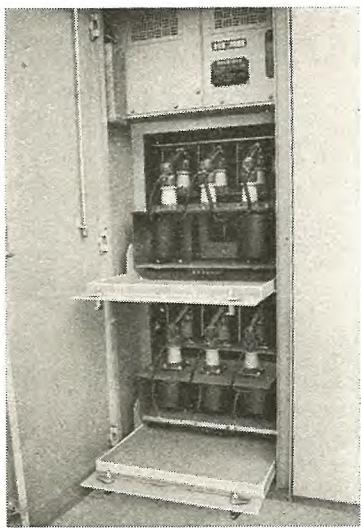
メタルクラッド内部は 1 面には遮断器投入用セレン整流器、3 相オートバルブ避雷器および同用 3 極単投断路器を格納している。他の 1 面には母線連絡用 3 極単投断路器および所内変圧器用 BAL-10 型電力可熔器を収納している。

変圧器 2 次用メタルクラッド 2 面の可摇計器盤には交流電圧計、電流計、指示電力計、不平衡 3 相功率計、周波計、3 相記録積算電力計、過電

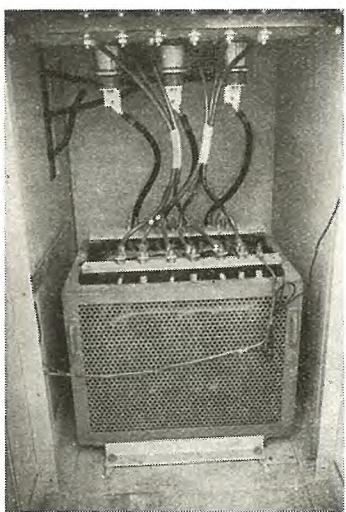


8 図 屋外用メタルクラッド (扉を開いたもの)

Fig. 8. Outdoor metal clad switch gear with door open.



9 図 乾式計器用変圧器（引出型）
Fig. 9. Dry type instrument transformer. (Draw out type)



10 図 20 kVA 乾式所内用3相変圧器
Fig. 10. 20 kVA Dry type station 3 phase transformer.

流继電器、饋電線共通の接地继電器等を取付けている。

メタルクラッド内部には乾式計器用変流器、3極単投断路器、乾式計器用変圧器およびBAL-PT型高圧可溶器を引出用台車と共に格納している。(9図)

饋電線用メタルクラッド7面の可搖計器盤には交流電流計、3相積算電力計、遮断器制御用開閉器、赤および緑色信号燈、過電流继電器、選択接地继電器、再閉路继電器等を取付けている。

メタルクラッド内部には3-DH-15A型3極単投磁気遮断器、乾式計器用変流器、零相変流器を収納している。

所内用メタルクラッド1面の可搖計器盤には所内変圧器2次側用の交流電流計、交流電圧計、欠相停電继電器各種補助继電器、変圧器2次回路用記録電流計、各種ノーヒューズブレーカ等を取付けている。

メタルクラッド内部には20 kVA乾式所内用3相変圧器3,300/210-105 V(10図参照)、乾式計器用変流器、静電放電器、单極単投断路器を格納している。

制御電源用メタルクラッド1面の可搖計器盤には直流

電圧計、直流電流計、自動充電用各種继電器、電圧器2次回路用記録電流計等を取付けてある。

メタルクラッド内部には充電用電源変圧器、充電用セレン整流器、耐湿密閉エボナイトクラッド型蓄電池、同上用台車、静電放電器、单極単投断路器等を格納している。

耐暴風雨雪構造としては外部扉の上部および両側面を特別に考慮し、暴風雨によりたとえしぶきが入っても線樋を通じて下部に流れ内部に入らぬようになっている。

また内部に湿気のこもらぬよう通風部分の構造に改良を加え雨や吹雪の入らぬようになっている。

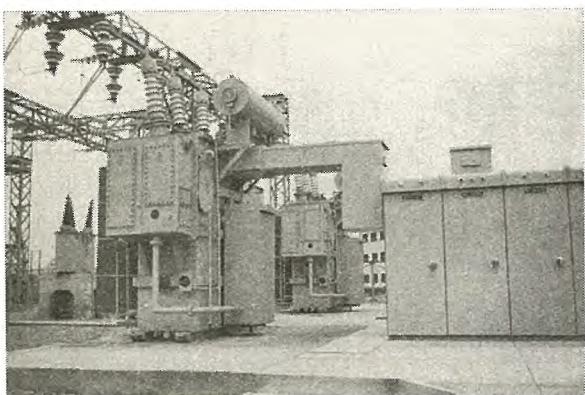
強風の時外部扉を開いた折動揺して破損せぬようストッパを付し、また内部盤面とも接触せぬようになっている。多湿時の温度変化により内部に水滴を生じないよう内部にスペースヒータを設け乾燥をよくし、水蒸気がこもらぬよう内部の通風に万全を期している。

スペースヒータは遮断器開路の場合は自動的に容量を増加するようにしてある。

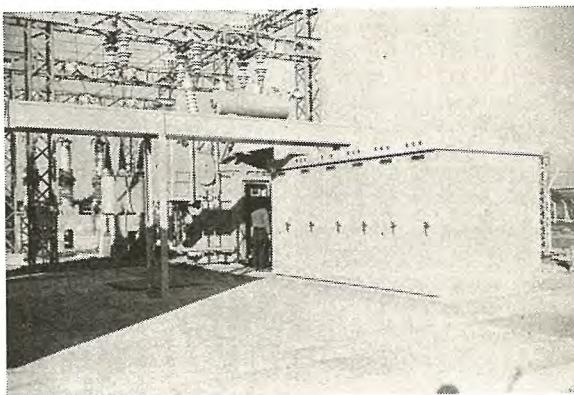
ブスダクトは11図に示すように変圧器2次側と屋外用メタルクラッドを連絡するため設ける。12図は母線連絡用ブスダクトの写真である。

屋外用メタルクラッドは運搬中に歪まないように堅牢にして、しかも外観が優美になるよう角鉄あるいは溝型鋼を溶接してフレームを形成し、それに3,2mmの厚さの高級仕上鋼板を溶接あるいはねじ止めした外被を有するもので、防錆のためポンデライス(磷酸亜鉛処理)を施し、その上に防錆塗装を行い、上塗りには曝露性の強い特別の塗装を行ったものである。

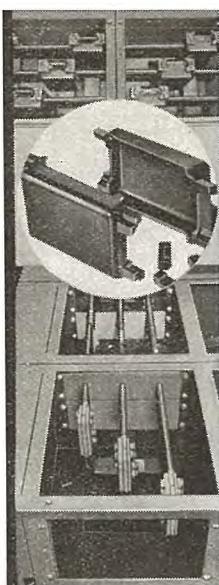
色彩は周囲の状況によりもっとも適当な色彩調節による塗装を行っている。内面は白色不燃塗料を使用している。母線はマイカルタで絶縁し、その接続部分は銀メッキシボルトで締付ける。13図に示すようなマイカルタ製



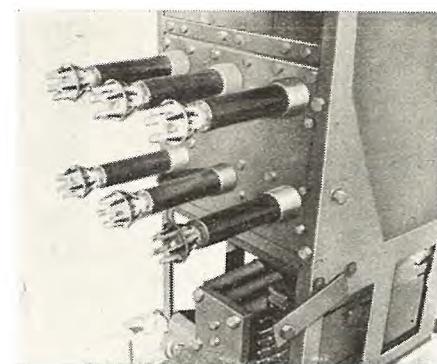
11 図 変圧器とメタルクラッドを連絡するブスダクト
Fig. 11. Bus duct connecting transformer and metal clad gear.



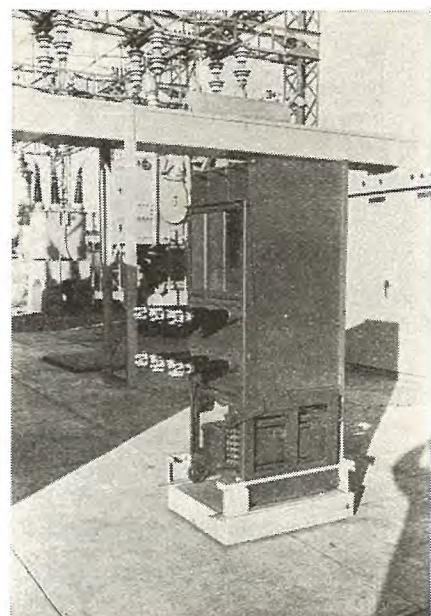
12 図 母線連絡用ブスダクト
Fig. 12. Bus duct connecting buses.



13 図 母線室
Fig. 13. Bus compartment.



14 図 チューリップコンタクト
Fig. 14. Tulip contact.



15 図 3-DH-15A 型磁気遮断器
(台車で引出したところ)
Fig. 15. Type 3-DH-15A magnetic circuit breaker (pulled out with a truck).

のカバーを被せその中に特殊コンパウンドを流し込む。母線は接地部分ならびに母線相互間に適當な距離をとつたためまたは故障電流による機械的歪を防ぐため充分厚いマイカルタ製支持板を各盤ごとに設けている。

饋電線箱に取付ける遮断器は 3-DH-15A 型磁気吹消型遮断器であるから、箱よりの出入は単に水平移動により回路と接続または切離される。遮断器はもちろん互換性を有している。

遮断器が引出型であるため断路部分が必要である。これを 1 次接触部（チューリップコンタクト）と称している。1 次接触部はつる巻ばねの型のものを 14 図のように板ばねと特殊リングを用いた型のものに改良して現用している。接触片の接点部は銀のチップを付しその上に 2 点接触としているので接触抵抗は非常に少く接触部の温度上昇は低い。1 次接触部の固定部は碍管内に取付けられ電気的にも機械的にも頑丈にできている。1 次接触部は通電中に開閉して焼損することのないよう引出し、入れ共に遮断器を開路してから開閉するよう厳重な鎖錠装置を付してある。

15 図は磁気遮断器を屋外用台車に乗せて引出した写真である。DH 型磁気遮断器は磁気吹消による磁気的発生空気吹付の冷却消イオン作用と細長いスリットにアークを電磁効果で追い込んでアークの占有面積を小さくせばめ、その隔壁端で冷却消イオンさせてアーク抵抗を増す方法とアークを延ばすことを併用したものである。

本遮断器の特長としてはつきの点が上げられる。

(1) 火災発生の危険がない

油を発生しないので火災発生の危険なく、また点検保守が容易である。

(2) 遮断能力が低下しない

消弧室は耐弧性絶縁物の特殊耐熱磁気製であるから、消

弧物質の劣化による遮断能力の低下ではなく、開閉頻度が多くても保守が容易で消弧室は半永久的に使用できる。

(3) 点検手入れが簡単にできる

消弧室は軽くて簡単に取外しができ、接触部点検手入が容易である。

(4) コンタクトの損耗が少い

主接触部は銀コンタクトで通過電力が大きくアーク接触子は耐弧性合金を使用してあるから、遮断による損耗は従来の油入遮断器に比較して格段に少い。

(5) メタルクラッド配電盤に適している

水平引出しが軽快にできるような構造になっているのでメタルクラッド配電盤に収納するのに最適である。

(6) 低圧操作回路は保護されている

金属隔壁が操作機構部との間に設けられ低圧回路は保護されている。

4. 制御および保護方式

本ユニットサブステーションの制御および保護方式は下記の条件のもとに定めたものである。

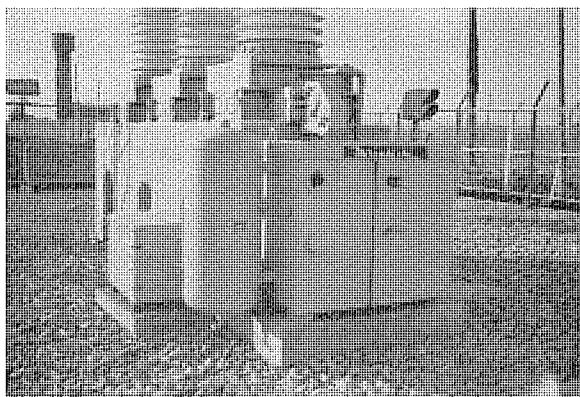
(1) 遮断器の引外し電源として 48 V 48 AH の蓄電池を設ける。

(2) 遮断器の投入はセレン整流器による直流電磁式による。

(3) 監視員室は操作は行わず單に故障表示および警報のみする。

(4) 変圧器の保護装置としては油面低下、ダイアル温度計、ブッホルツ繼電器(2段)、窒素漏洩、を考慮する。

(5) 飴電線の故障遮断は過電流繼電器と選択接地繼電器によつたが、故障遮断に際しては再閉路を考慮する。



16 図 圧縮空気操作機構

Fig. 16. Compressed air operating mechanism.

(6) 母線電圧の調整は 1 次遮断器により自動的に行っている変圧器と一体になっている URS 型負荷時タップ切換器による。

ア. 遮断器の制御

1 次側碍子型遮断器の操作はメタルクラッド内の制御開閉器により投入は 16 図に示す単独式圧縮空気発生装置により発生した気圧 4.5 kg の圧縮空気操作とし、引外しはメタルクラッド内の 48 V 48 AH 蓄電池による電磁トリップとする。

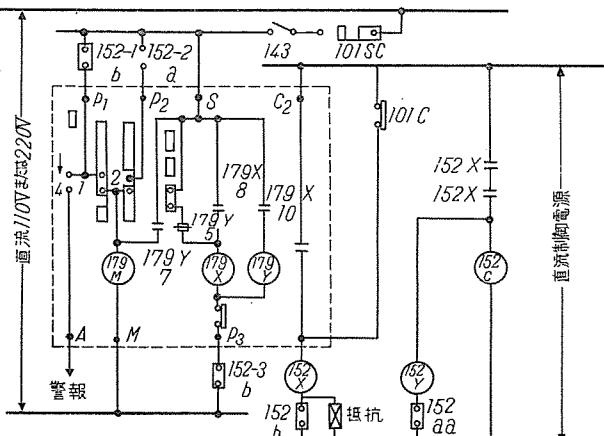
配電線用磁気遮断器の操作は各配電線用メタルクラッド内の制御開閉器により、投入は 2 次側に設けられた遮断器投入用セレン整流器により整流された直流による電磁操作とし、引外しは 1 次側遮断器と同じ 48 V, 48 AH 耐爆密閉エボナイトクラッド型蓄電池による。

イ. 配電線の自動制御

配電線の故障遮断は過電流遮断器 #51 と選択接地遮断器 #50 によって行われるが、故障遮断による再閉路は 1 回再閉路式 120 sec を採用している。

再閉路に失敗すれば遮断器を閉塞し、表面扉上に白色信号燈で表示するとともに監視室に報知する。

17 図は F-RC 型自動再閉路遮断器の写真で同遮断器

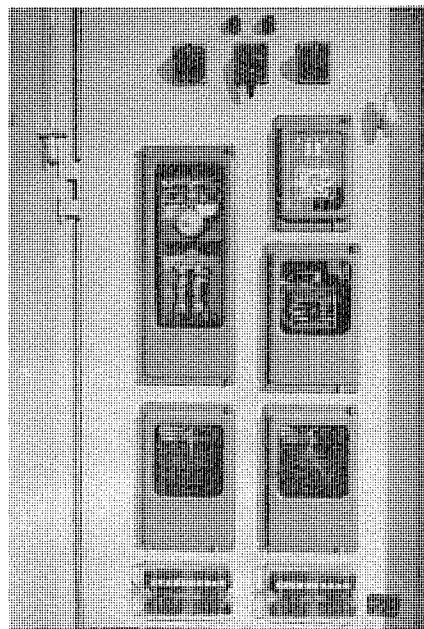


18 図 RC 型自動再閉路遮断器外部接続図

Fig. 18. External connecting diagram of Type RC automatic reclosing relay.

17 図 RC 型再閉路遮断器

Fig. 17. Type RC Reclosing relay.

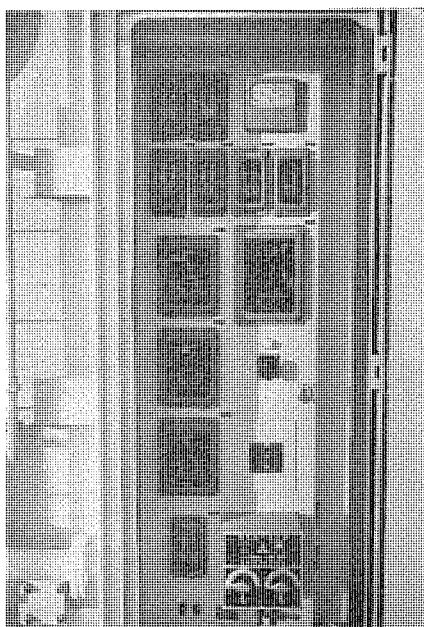


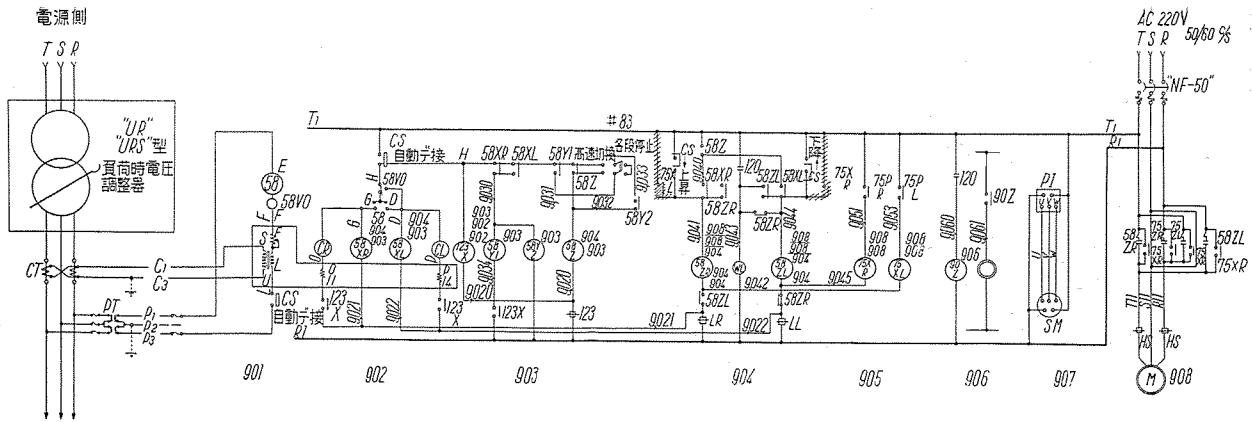
は小型電動機によって駆動されるドラム型限時装置と補助遮断器として 2 点接触遮断器および喇叭型遮断器とを同一の箱に収納している。

18 図はその外部接続図の一例で故障により遮断器が開路するとその補助接觸子により電動機 #179M を起動し、ドラムの第 3 カム上のねじ頭が接觸子を閉路すれば 2 点接触遮断器 179X を付勢し、続いて補助遮断器 179Y, 制御遮断器 152X, 遮断器の閉合線輪 152C を順次に付勢して遮断器を閉路する。この場合もし故障が除去されれば電動機は遮断器の補助接觸子とドラムのカムの接觸子によって起動の位置まで戻る。もし故障が除去されておらず遮断器が開放すれば遮断器は閉鎖される。電動機はカムの接觸子の開路された位置に停止し、第 4 の別のカムにより警報を鳴らすこの遮断器は接觸子の各部分を適当地調整すれば再閉路方式のいかなる要求にも適応することができるものである。

19 図 自動電圧調整盤

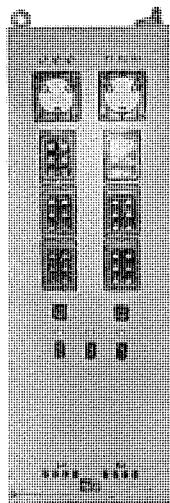
Fig. 19. Automatic voltage regulator.





20 図 URS 型電圧調整器操作説明図

Fig. 20. Type URS voltage regulator operation diagram.



21 図 故障表示図
Fig. 21. Fault indicating panel.

ウ. 負荷時タップ切換自動電圧制御

19 図は URS 型負荷時タップ切換器の自動電圧調整盤の写真で、これを箱内に収納して変圧器本体に取付けてある。

20 図はその操作説明図である。RI 型電圧調整器と JD-60 型限時继電器を組合せ電圧調整器が動作してから一定时限の後、タップ切換を自动的に行っている。電圧変化の少ない場合のタップの自动切換に対してはタップ 1 段切換ごとに适当な休止时间約 30 sec を与えて、不必要に頻繁な切換動作の抑制と操作机构の时间的不同を補正せしめる各段停止を行なうが、電圧変化の激しい場合には電圧が規定値になるまでデットタイム無しの高速切換も行なうことができる。自动切換の時間が规定値以上に滞滑したときは限時继電器動作して警報する。

エ. 故障表示方式

21 図は故障表示盤でこの変電所で故障発生の場合は構内の小監視室に設けられた本盤に故障種別を一目瞭然ならしめている。故障表示にはターゲット式 DI 型故障表示器を使用し、その电源としては直流 48 V 蓄電池を

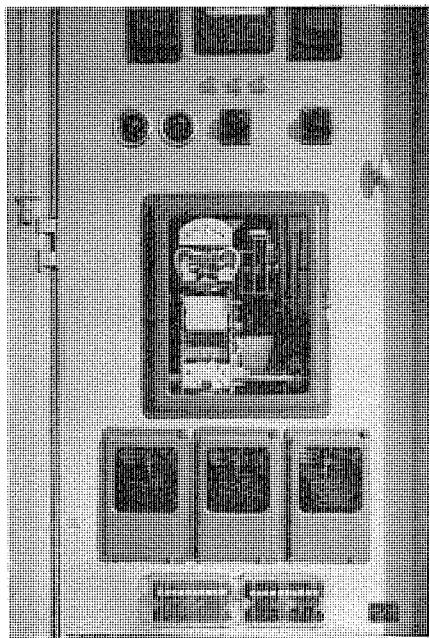
記号	型名		記号	型名	
58	F-RI	電圧調整继電器	75XR	F-SG-20	補助继電器 (ブレーク用)
58 VO		RI リレー内蔵 1 ボルトリレー	75XL	"	" " (" ")
G		RI リレー接点電圧が下つた時に接	90Z	F, JD-10	限時继電器 (滞滑警報用)
D		" " 上昇した "	PI	KS-2	タップ位置指示計
58XR	F-SG-20	辅助继電器	SM	SM	セルシン送量器
58XL	"	" "	# 83	2P2T	選択切換開閉器
CR CL		RI リレー内蔵ホールディングコイル	123	インターロックスイッチ	URS 定タップ位置で接
58Y1	F-JD-60	限時继電器	12C	"	タップ時間 "
58Y2	"	" "	LL	"	最下限タップ位置で開
58Z	F-SG-21	辅助 "	LR	"	最上限
58ZR	FL-25NA	電磁接触器	HC	インターロックスイッチ	手動レバーハンドル挿込めば開
58ZL	"	" "	CS	" W "	制御開閉器
58RX	F-SG-21	辅助继電器	WL		白色信号燈

使用している。集合故障表示器には下記を表示している。

- (1) 1 次側遮断器を遮断し故障表示するとともにベルにて警報を行うもの。
 - a. 1 次側過電流
 - b. ブザー
 - c. 変圧器用ブッフホルツ继電器 (第 2 段) 動作
- (2) 配電線遮断器を遮断し故障表示するとともにベルにて警報を行うもの。
 - a. 配電線過電流
 - b. 配電線接地

上記故障の場合は再閉路继電器により自動再閉路を行う。

 - c. 変圧器の 2 次電圧下降し低电压继電器動作
- (3) つぎの故障の場合には故障表示すると共にブザーで警報を行う。
 - a. 変圧器 1 次側接地继電器動作
 - b. 変圧器用ブッフホルツ继電器 (第 1 段) 動作
 - c. 変圧器用警報接点付ダイアル温度計動作
 - d. 変圧器用警報接点油面計低下
 - e. 変圧器用温度继電器動作
 - f. URS 切換滞滑
 - g. 3.3 kV 側検漏器動作
 - h. 直流电源の接地继電器動作
- オ. 記録計器



22 図 MZ 型記録積算電力計
Fig. 22. Type MZ recording watthourmeter.

無人変電所に必要な記録計器としては記録電圧計、記録電流計、記録電力計および印字式記録積算電力計を使用している。R型記録電流計およびR型記録電圧計は計測要素を構成しているケルビン平衡部は常時平衡しているが計測すべき回路の電流、電圧等の変化に応じてそれぞれその平衡を破り電気的接触部を開閉して記録装置の電動機を回転して指針および記録用ペンを移動する。記録紙は時計装置により一定速度でドラムを巻きとるものでその速度は毎時 50 mm を標準としている。

22 図は MZ-1 型記録積算電力計をメタルクラッド内

の可搬計器盤に取付けた写真である。その構造の大要は大別して計測要素、記録装置および時計装置の 3 要素からなっている。計測要素は積算電力計部分、計量部分、衝流器発振部分とよりなり積算電力計は積算電力量を計算する部分で精密級の高精度であり、各種調整装置は精确に調整してある。

計量器は高精度にするためにとくに指針型にしたもので乗率をかけて計量する。計量器の上部には衝流発信器が固着されている。

記録装置は記録文字車送り装置と打印装置とよりなり打印装置部分には記録紙送り車および巻取装置、記録紙取付用ローラがある。

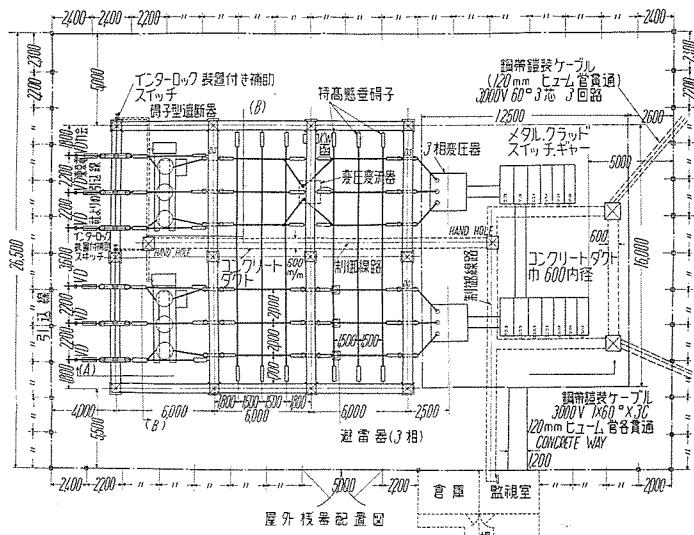
打印用電磁石に 1 時間ごとに電流が流れるとバートは可動して記録紙の背面を叩き元に復帰する。

記録文字送り装置は衝流発信器よりきた衝流により電磁石が作動し記録文字車を 1 分割づつ順次に送る。時計装置は一定速度で記録紙を運行させると同時に一定時間ごとに打印用電磁石に電流を通じるため、自動電気巻時計方式である小型周期電動機でぜんまいを巻き、記録紙の送り速度は毎時 10 mm になっている。制御電源は直流 48 V でお制御電流を A-C 100 V とし、発信器と受信器に分離した MZ-3A 型記録積算電力計も製作している。

5. 据付上の注意

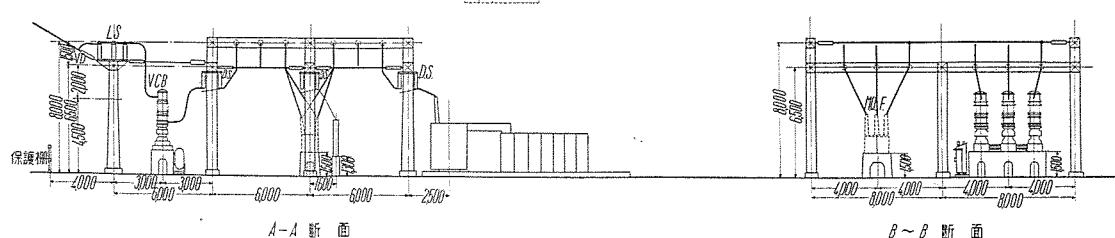
本変電所は屋外鉄槽および据付配線工事の一切を当社で施工したが 23 図は屋外機器配置である。

主変圧器得子型遮断器その他の屋外用配電器具等の据



23 図 屋外機器配置図

Fig. 23. Layout of outdoor apparatus.



付および屋外鉄槽等の据付配線工事は従来とあまり相違はないが、屋外用メタルクラッドは当社で製作組立されまた試験されたそのままのものを据付ければ後は母線の接続、饋電用引出線のつなぎ監視室との連絡線等を接続すればよいので、現場における据付工程は従来の開放型配電盤に比較して格段に短縮され従来起り易い配線の結線の誤り等のないのが特長である。

屋外用メタルクラッドは工場より発送する際は1面宛の単位体として荷造りし、片面の防水板張りを取り除き定められた位置に基礎溝形鋼およびコンクリートの上に配列しボルト締付か基礎ボルトにより固定する。この際主母線は1面宛を内部に入れておくことを忘れてはならない。母線の接続は堅くボルト締付の上、一度通電し温度上昇を確認してから後に二つ割りのクランバ内に絶縁充填物を流し込む。これは接続部分よりの湿気の浸入を防ぐため溶解温度は170°C位で中断せずに流し込まねばならない。

6. 特 長

立川宿舎ユニットサブステーションの特長は下記のとおりである。

(1) 建家の簡易化

3kv側は純然たる屋外メタルクラッドの採用により従来の変電所建家は不要となり1図にみえる簡略な小屋に監視室および宿直室を設計した外、主回路および制御ケーブルが格段に僅少となり従来の変電所と異った簡素美がみられる。

(2) 人件費の節約

少数の監視人をおき簡単な故障監視盤により監視できる完全無人に設計することもできる。

(3) 高度の信頼性

屋外用メタルクラッド内の母線、計器用変成器および遮断器その他の機器の絶縁階級は6号Aとし、母線は当社独特のマイカルタおよび特殊コンパウンド絶縁を施工する故、高度の信頼性を有している。

(4) 操作の安全性

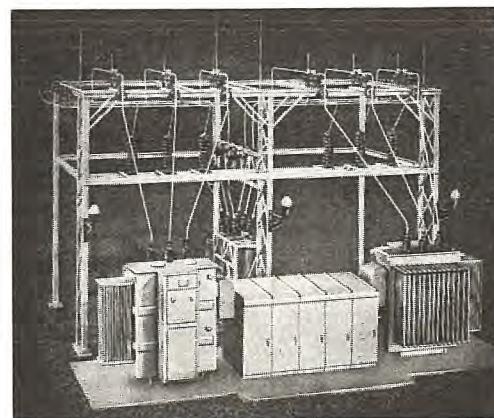
屋外用メタルクラッドは全密閉型でまた遮断器と断路器間その他の鎖錠装置が完備しているから、開放型配電盤のように断路器の誤動作により重大な故障は絶対ない。遮断器は3-DH-15A型磁気遮断器を採用している故、油入遮断器のように油によるトラブルはない。

なお遮断器および計器用変圧器は引出型であるから点検は容易である。

(5) 標準化と互換性

屋外用メタルクラッドは遮断器の種類および遮断容量母線の型式によりその内部構造に相違があるが、これを極力標準化し治具工具により寸法の正確を期し、同一遮断器に対して互換性を与え予備遮断器を設備して万一に備えている。

(6) 据付期間の短縮



24 図 米国のユニットサブステーション

Fig. 24. Unit substation in America.

屋外用メタルクラッドは製作所で完全に組立られ試験されたそのままのものを据付けるので現場における据付工程は非常に短縮される。したがって据付場所の移設も従来の変電所に比べて非常に簡便である。

7. むすび

以上立川宿舎地区のユニットサブステーションの概要を述べたが今後に残された研究課題としては

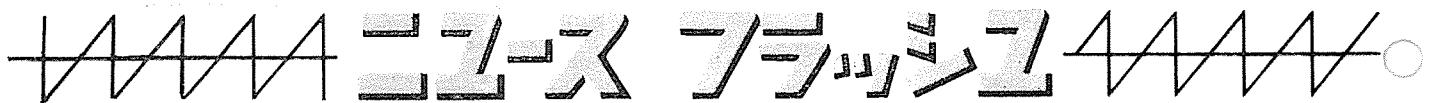
- (1) 屋外用メタルクラッドの箱を個々に標準化して量産に移し価額を低廉にする。
- (2) 維持、補修に手数を要する蓄電池を使用しない制御方式を採用する。当社で実績を有するキャパシタトリップ方式等はその一例である。
- (3) 特高側の設備を簡易化してユニットサブステーション全体の建設費を低廉にする。
- (4) 米国のユニットサブステーションは特高側の機器が24図に示すように非常に簡略である。

(3) 項の具体案としては特高側遮断器を電力ヒューズその他に置き換えて鉄構を簡単にする。したがって敷地面積を半減できる。当社では硼酸電力ヒューズ、プロテクターブリンクおよび負荷時断路器等の製作実績を有している。

上記の問題を順次解決してユニットサブステーション全体を簡素化し、建設費の少いわが国に適切なユニットサブステーションの普及発達を願う次第である。

参考文献

- 新井、樺沢、小橋： 新型屋外断路器「三菱電機」 Vol. 28 No. 2
 水野： 単位自動変電所について「三菱電機」 Vol. 27 No. 6
 五十嵐、清水： W型メタルクラッド「三菱電機」 Vol. 27 No. 6
 新井、五十嵐、志賀、富永： DH型磁気遮断器「三菱電機」 Vol. 27 No. 6
 新井、平田、志村、阿澄： 電力遮断器のキャパシタトリップ「三菱電機」 Vol. 27 No. 6
 新井、樺沢、岩崎： 三菱硼酸電力ヒューズ「三菱電機」 Vol. 28 No. 5
 田村： URS型負荷時電圧調整変圧器「三菱電機」 Vol. 28 No. 3
 吉岡、小林、田村、矢野： 単一回路ユニットサブステーション「三菱電機」 Vol. 29 No. 3



ダイヤレジンを使用し

台湾最大の容量を誇る

天輪発電所向水車発電機

台湾電力公司の天輪発電所向4号機が完成し去る9月中旬船積を終った。この発電設備は1年前はげしい国際入札のすえ、受注したもので1台の容量としては台湾最大のものである。

容量 28,500 kVA 11,000 V 力率 90%

60 c/s 18 P 400 rpm

励磁機 主 120 kW 220 V

副 40 kW/1.5 kVA 110 V/110 V

水車 26,500 kW 立フランシス水車

昨年12月製作に着手し本年7月無拘束速度試験を好成績でパスするという極めてスピーディな完成振りで、種々の新しい構造を採用しており、特長はつぎのとおり

1. 型式は普通型であるが新しいスラスト・ベアリングを使用し、水冷却方式を採用した。
2. 固定子コイルにダイヤレジンを使用し好結果を得た。またワントーンのハーフコイルでローベル転位を採用している。
3. 発電機の起動時に軸受摺動面に油がないため軸受の損傷を防ぐために特殊ブレーキ兼ジャッキを用いて自動的に発電機をリフトし、イモボンプと電磁ポンプの油膜を自然に張らせる方法はわが国最初のものである。

営業運転に活躍する

姫路発電所納 88,235 kVA

タービン発電機

関西電力姫路火力発電所はすでに営業運転に入っているが、これは尼崎火力地帯、多奈川、中央火力を含めた4火力センター建設の一環であり、国産記録品である当社製水素冷却タービン発電機が活躍している。

その定格はつぎのとおり

出 力 70,588 kVA 81,176 kVA 88,235 kVA

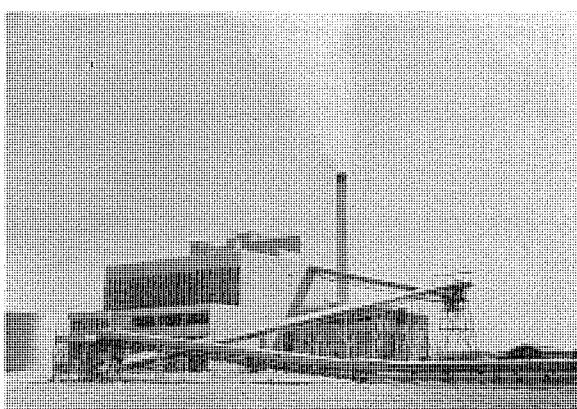
水素ガス圧 0.5 psig 15 psig 30 psig

力 率 85% PF 85% PF

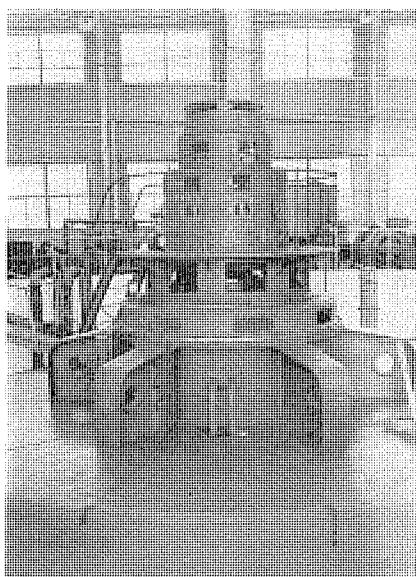
相等出力 60,000 kW 69,000 kW

回 転 数 3,600 rpm

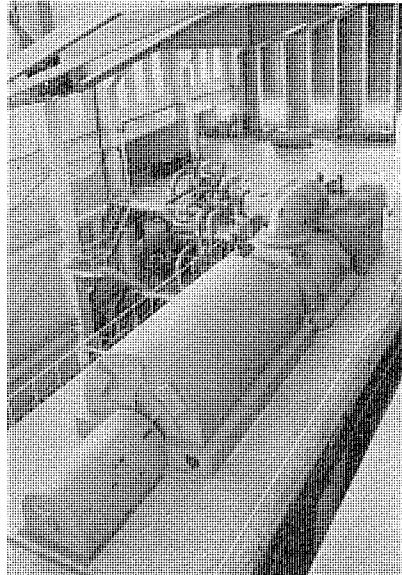
端子電圧 13,800 V



関西電力姫路火力発電所



ピット内の 28,500 kVA 水車発電機



88,235 kVA 水素冷却タービン発電機

パキスタン火力発電所開所式に 東芝、三菱の技術関係者労を犒まる

パキスタン国パンジャップ州新モントゴメリーハ力発電所開所式は州主席大臣サーダル・アブドル・ハシソド・ダスター氏が出席して同発電所機器据付工事に努力した東芝、三菱両社技術者にその労をねぎらい感謝状が授与された。

この火力発電所用 3,000 kVA 発電機 2 台は去る 26 年国際入札で東芝、三菱両社が 1 台ずつ落札し、29 年 6 月から据付を開始したもので今夏完成をみたものである。

主なる特長

1. 碓子型と比較して油洩れ、保守の面などから数段優れている。すなわちタンク内は横膜の蓋から自由に入出ができる点検が容易であり、かつ油量が豊富なので定期間隔を長くすることが可能である。
2. 最近における高速度大容量の高性能遮断の要求に対しては 2 つの套管の下に任意の遮断点数の消弧室が取付けできるので碓子型のように碓子の長さに制約されず大遮断および過遮断にも充分な安全係数を考慮して設計が可能である。
3. 据付基礎台の工事は平面で空気遮断器または碓子型の基礎のように高くする必要がなく、占有面積が僅少で工事費も安い。
4. 特性が良好で絶縁劣化のおそれがない套管型変流機が内蔵でき、コンデンサーブッシングからボテンシャルデバイスが利用できるから計器用変圧器の必要がない。

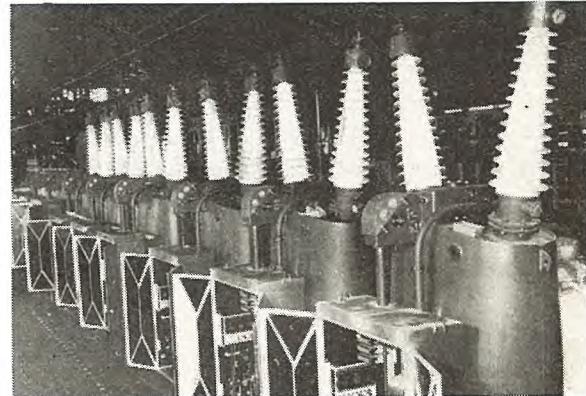
わが国最初の騒音防止型変圧器

最近都市における騒音問題が重要視されるようになり、東京都ではとくに都条令により騒音防止規定を発令し、厳重に実施されている。

当社が納入した東京電力閑田変電所 30,000 kVA 3 相変圧器はこの趣旨によって、モデル変圧器を製作して騒音測定試験を施行した結果、従来の変圧器に比べ 55 ホーン以下に騒音度を低下させ得ることを実証した。

仕様は下記のとおり

30,000 kVA 50 c/s 3 相外鉄型フォームヒット変圧器	
定格電圧およびタップ電圧	定格出力
1 次 60,000 V 66,000 V 63,000 V 57,000 V	30,000 kVA
2 次 22,000 V	30,000 kVA
3 次 3,450 V	6,000 kVA



量産中の鉄槽型遮断器

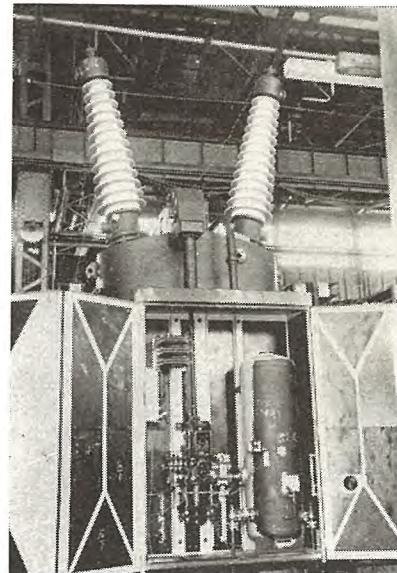
鉄槽型遮断器

続々と納入 !!

当社は電源開発会社および北海道電力より受注した 195,000 kV 送電線用鉄槽型超高压油入遮断器 8 台を完成し、好成績裡に立合試験も終り電源開発会社糠平発電所(3 台)同足寄変電所(1 台) 北海道電力若松変電所(3 台) 同新札幌変電所(1 台)へそれぞれ納入した。

主なる定格

型 式	170-GW-350
遮断容量	5,000 MVA
電 壓	195.5 kV
電 流	800 A
重 量	18,000 kg
油 量	15,000 l

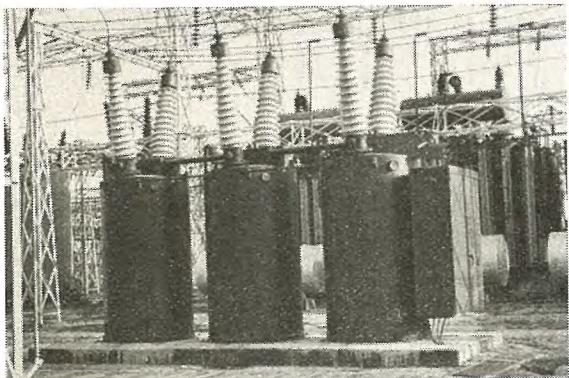


鉄槽遮断器内部

140-GM-350

油入遮断器納入

最近関西電力小曾根変電所へ油槽型の遮断器を納入した。本器は旧型の油入遮断器と異りマルチフロー型消弧室を採用した斬新な油入遮断器で、定格 161 kV 600 A 遮断容量 3,500 MVA である。



140-GM-350 油入遮断器

6,700 Mc 帯通信機用

マグネットロン MX-702

MX-702 は 6,700 Mc 帯 ($6725 \text{ Mc} \pm 150 \text{ Mc}$) P. T. M. 多重通信機に使用できるパッケージ型マグネットロンである。

陽極空洞は当社独特の方式を採用し、また永久磁石組込型であるため磁石は非常に小型となり、重量容積共にいちじるしく軽減されている。

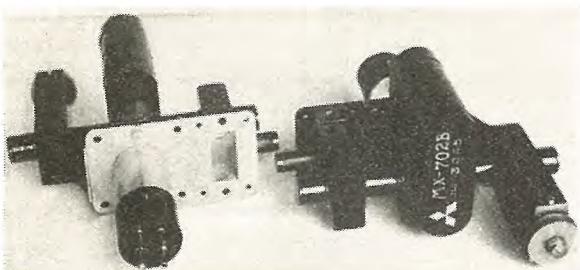
特性は、下記のとおり

線条電圧 6.3 V 陽極電圧 1.2 kV (尖頭値)

線条電流 0.76 A 陽極電流 0.5 A (〃)

尖頭出力 100 W 以上

周波数可変範囲 150 Mc.



マグネットロン MX-702

新型 AS モータ

最近、速度制御の可能なカゴ形誘導電動機、AS モータを完成した。これはカゴ形誘導電動機と渦電流型電磁接手 (AS カプリング) とを一体に組合せたものである。

この電動機の特長は

1. 摩耗する部分がない。
2. 自動制御 (磁気増幅器または電子管増幅器を使用) により正確かつ広範囲に速度が制御できる。
3. 大きな慣性負荷を楽に起動できる。
4. 頻繁な起動停止を行っても電動機を過熱しない。
5. 理想的なクッションスタートができる。
6. 自由にトルクを調整できる。
7. 振り振動の伝達を防止する。

以上のように非常に多くの特長を有するから、用途は広範にわたり、現在まですでに多数製作し好成績を収めている。なお、近々大容量機 (50 HP 以上) の開発を行う筈である。

仕様

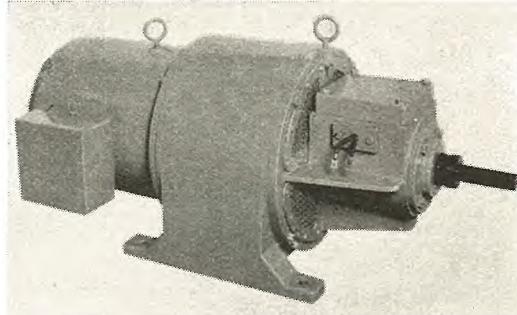
1.5 kW AS モータ

回転数 1,650 rpm 以下 無段減速

電動機 全閉外扇 カゴ形 4 極 60 c/s

直流励磁電圧 75 V

直流励磁電流 0.75 A



新型 AS モータ

徳島県営日野谷発電所完成

徳島県那賀川水系日野谷発電所は去る九月機器の据付を完了した。

本発電所計画要項はつぎのとおり。

有効落差 m	最高 128 m	基準 115 m	最低 87 m
最大水量 $23 \text{ m}^3/\text{s}$	26,200 kW	23,400 kW	15,500 kW
正常水量 $20 \text{ m}^3/\text{s}$	23,000 kW	20,700 kW	15,000 kW

仕様概略:—発電所は二床式、中間軸設置スパイラルケーシング全埋込式

水車:—(新三菱重工業神戸造船所製作)

3 台—26,200 kW, 立軸单輪单流渦巻フランシス水車。

360 rpm/min. 無拘束速度 660 rpm/min (有効落差
128 m において)

発電機:—

3 台—24,000 kVA, 3 相交流同期発電機立軸回転界磁閉鎖風
洞循環型, 自己通風水冷式 11 kV, 60 c/s 360 rpm/min
力率 87.5% ハズミ車効果 (GD²) 400 Tm².

自動電圧調整器:—

新型コンタクトレスの WR 型回転機式を設置した。すなわち回転式増幅器ロートトロールおよび磁気増幅器を使用した速応励磁方式である。

主変圧器:—

3 台—24,000 kVA, 3 相フォームヒット型変圧器, 外鉄型サージプルーフ型, 送油風冷式 (3 重定格式) 電圧 1 次 10.5 kV, 2 次 11.95 kV, (星型結線) 69 kV, (三角形結線), 60 c/s.

115 回路遮断器:—

6 台—“100-M-250”型マルティフロー式碍子型遮断器。
115 kV, 800 A, 遮断容量 115 kV において 2,500 MVA,
69 kV において 1,500 MVA 以上投入電流 31,000 A 定格短時間許容電流 20,000 A.



日野谷発電所納 24,000 kVA 水車発電機

==== 最近における当社の社外寄稿一覧 =====

寄稿先	掲載号	題目	執筆者	所属
冷凍	5月号	超低温装置	石川嘉孝	静岡
新生活と電気	8月号	工業用テレビジョンの応用について	島村和也	無線機
生産と電気	8月号	工業用テレビジョン装置	島県和也	無線機
マネジメント	8月号	WF の適用基準と時間設定資料	奈川敏雄	本社
紡織界	8月号	デラックス螢光燈ランプの演色性	井手平三郎	大船
オーム	9月号	タービン発電機	進藤貞和	長崎
火力発電	9月号	タービン発電機回転子材料破壊試験に寄せて	今北孝次	長崎
電力	10月号	電源開発佐久間発電所用超高压特別3相変圧器について	田宮利彦	伊丹
マネジメント	10月号	締切作業に対する考察	早瀬弘	名古屋
電気工事の友	10月号	改良された柱上変圧器	松井武男	名古屋
電燈と鉄道	11月号	ノーヒューズ遮断器	高見滋	名古屋
東北7線使用合理化協議会機関誌		最近の絶縁材料と機器	森田義男	研究所
機械技術	11月号	超硬バイトの寿命基準	山田三郎	名古屋

==== 最近における当社の社外講演一覧 =====

講演月日	主催	演題	講演者	所属
7月15日	分光学会関西支部	赤外線ガス分析計	八島英之	研究所
8月3日	北海道電気関係新製品紹介講演	無線機について (電子工学, 最近の応用例) (故) 薄井廉介	薄井廉介	本社
8月12, 16日	大阪能率協会品質管理講習会	抜取検査	小原巖	本社
8月19日	生産性向上と生産管理技術講習会	包装梱包の技術と管理について	堀直昌	本社

特許紹介

最近登録された当社の特許および実用新案

区別	名 称	特許または登録日	特許または登録番号	発考案明者	所 属
特 許	高周波ミシンの予熱装置	30-6-13	214112	馬場文夫	無線機
"	亜鉄酸塩磁心	30-6-13	214129	中村 弘・照川庄作	大 船
"	含水率並に厚さ変化に応動する自動制御装置	30-6-27	214417	馬場文夫・大鳥羽幸太郎	無線機
"	電解研磨装置	30-6-27	214418	斎藤長男	研究 所
"	電磁繼電器	30-7- 5	214606	繩井一雄・待鳥 正	伊 丹
新 案	塑成扇風翼車	30-6- 6	429272	奥田文一・増谷良久	名 古 屋
"	磁石発電機	30-6- 6	429309	宮崎秀夫	姫 路
"	誘導型計器の過負荷特性補償装置	30-6-13	429450	上野 弘	福 山
"	放電燈の起動装置	30-6-13	429451	大盛真次	研究 所
"	螢光燈起動用点燈管カバー	30-6-13	429452	市村宗明	本 社
"	誘導型計器の過負荷特性補償装置	30-6-20	429769	山県 穆	福 山
"	誘導型計器の磁気分路子	30-6-20	429770	佐藤貞雄・上野 弘	"
"	計器用端子箱	30-6-20	429771	加藤義明	"
"	トースタ	30-6-20	429772	服部卓也	名 古 屋
"	電気洗濯機の洗濯槽	30-6-30	430264	小森光正	"
"	立軸回転電機の振止軸受装置	30-6-30	430265	鈴木正材	神 戸
"	立軸回転電機の推力軸受装置	30-6-30	430266	"	"
"	油入電気機器の端子箱	30-6-30	430267	加藤義明・林 正之	福 山
"	口出線接続装置	30-7- 5	430422	加藤義明・神本明輝	福 山
"	含水率測定装置	30-7-13	430750	馬場文夫・大鳥羽幸太郎	無線機
"	密封槽の水套	30-7-13	430751	尾島学二・塙見清士	研究 所
"	熱動型回路遮断器の熱動引外し装置	30-7-13	430752	高見 滋	名 古 屋
"	計器用調整抵抗体	30-7-14	430806	山県 穆	福 山
"	引出線取付装置	30-7-26	431301	佐藤龍興	名 古 屋
"	摺動接触子	30-7-26	431302	待鳥 正・大和 繁	伊 丹