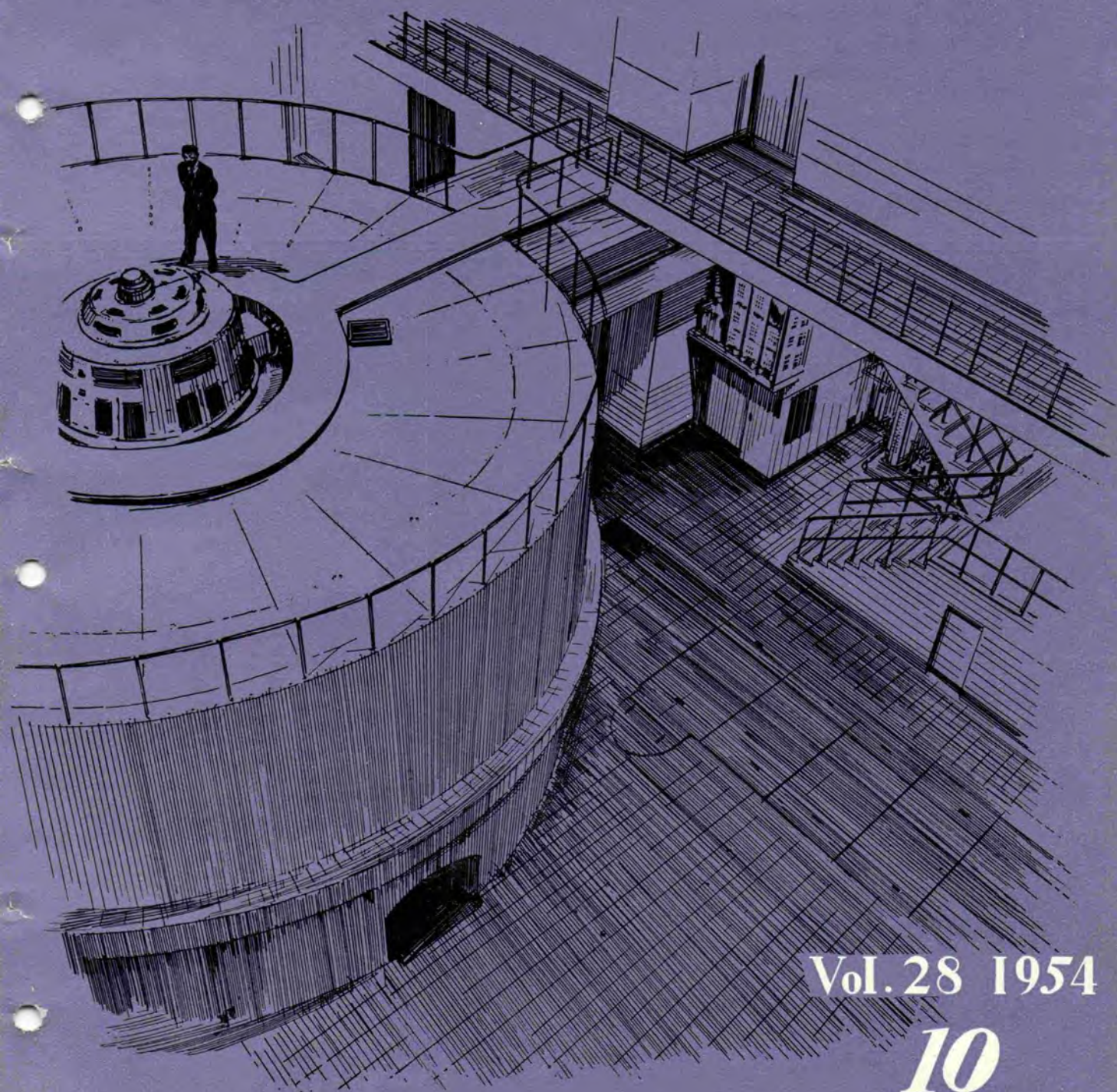


MITSUBISHI DENKI

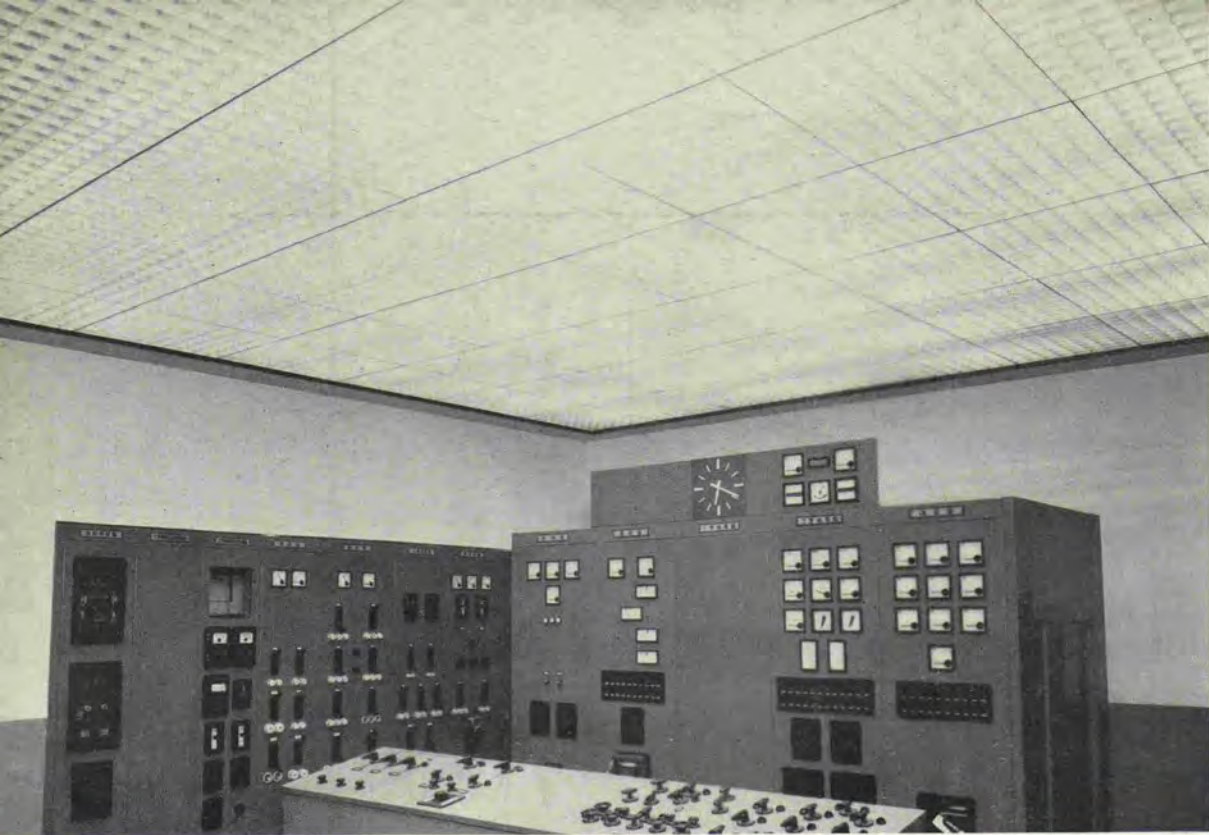
三菱電機



Vol. 28 1954

10

水力発電特集



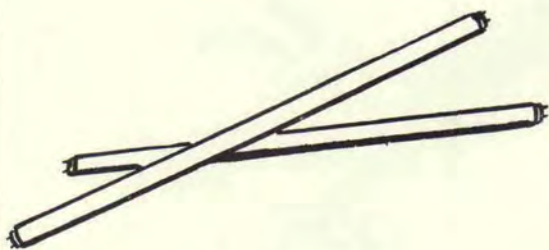
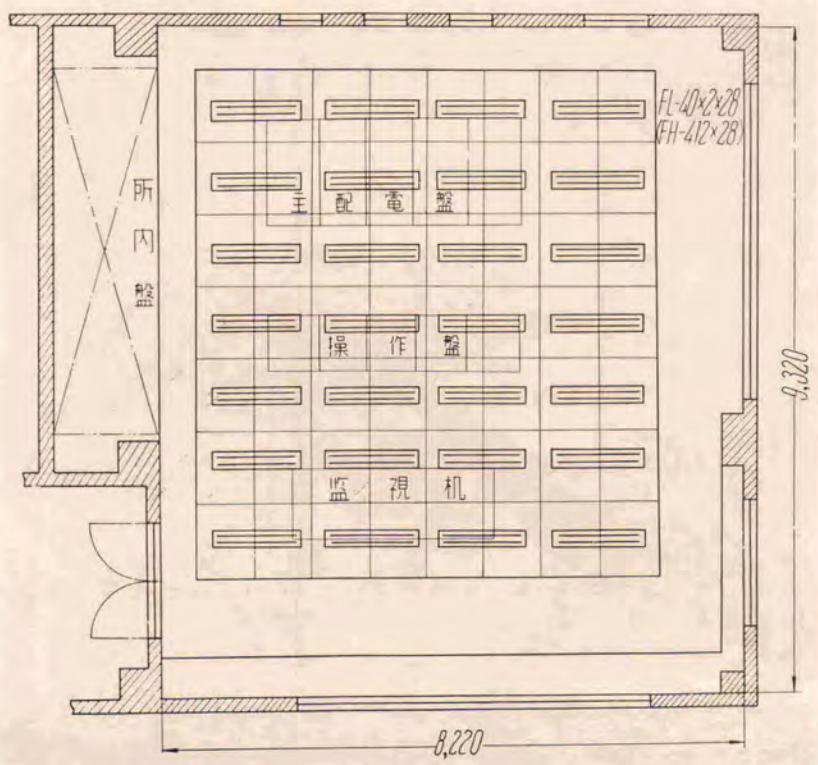
発電所の蛍光灯照明

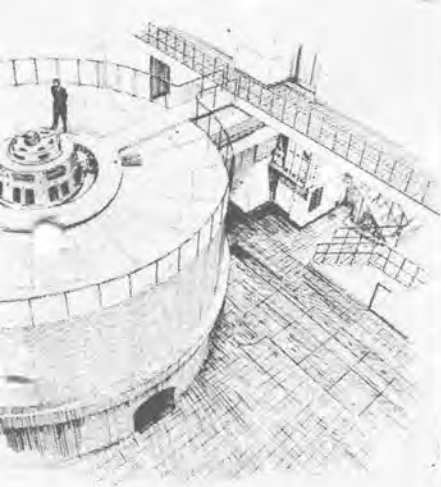
良い発電所照明とは所内での勤務が疲労少なく愉快にできるようにすることであり、このためには邪魔なまぶしさはもちろん大きな輝きの差や不適当な色彩の対比あるいは正反射などをなくすることが大切で、とくに配電盤室では計器類を正確、迅速に読み取るため高度な明視照明が要求される。

配電盤室照明の代表的なものには埋込器具を用いる方式あるいはルーバ天井方式などがあるが、写真に示すようなルーバ天井方式は光源の輝きを充分低くできるので計器面でのまぶしさが全然なくなり、しかも割合高い垂直面照度が得られるので、計器目盛が最も見えやすい照明である。

さらに演色性の良好な三菱デラックス型蛍光灯ランプの使用は充分検討された色彩調節の実施と相俟って上品でしかも落ち着いたある豪華な雰囲気を得られ、勤務者の疲労感軽減に大いに役立っている。

写真は関西電力打保発電所の配電盤室照明を示し、図はその照明器具配置図である。





MITSUBISHI DENKI

三菱電機

表紙説明

表紙のペシ画は関西電力棒原発電所納入の三菱傘型水車発電機でありまして、現在好調に運転中であります。仕様概容は下記のとおりです。

45,000 kVA 13.2 kV. 0.85 PF 42 P
171.5 rpm. なお直結水車は 42,000 kW 落差 64.2 m 水量 72.6 m³/sec 堅軸フランシス水車であります。

なお本機は東北電力柳津発電所納入の30,000 kVA 傘型カプラン水車発電機と共に当社の代表的製品であります。

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
無線機製作所 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 東京都世田谷区池尼町
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) 福島(45) 5251-9
名古屋営業所 名古屋市中区広小路通
(電) 本局(23) 6231-5

福岡営業所 福岡市天神町(三菱ビル)
(電) 西(2) 5821-5825

札幌営業所 札幌市大通り西 3 の 5
(電) (2) 7236・7237

仙台事務所 仙台市東一番丁 63
(電) 仙台 2573・8057

富山事務所 富山市安住町 23 の 2
(電) 富山 4692・5273

広島事務所 広島市袋町1(明治生命ビル)
(電) 広島中(2) 2211~3 2214

高松出張所 高松市南紺屋町 34 の 3
(電) 高松 3178・3250

小倉出張所 小倉市博労町 63(富士ビル)
(電) 小倉 3614

昭和 29 年 第 28 卷 第 10 号

(水力発電特集)

目 次

巻頭言 関 義長 (2)

最近の水車 氷室 寛 (3)

最近の水車発電機 鈴木正材 (9)

増幅器型自動電圧調整器 新谷保次 (13)

水力発電所新制御方式の二、三 尾畑喜行 (15)

水車の制御装置とサーボメカニズム 山本義治 (19)

最近の堅型水車発電機の据付 吉武正彦 (29)

13.5t 弧動型ケーブルクレーンのワードレオナード制御 紙谷鉄男 (41)

自動式バッチャープラント用電機品 篠崎善助・奥島欽吾 (44)

コンクリート凍結融解試験装置 石川嘉孝・牛田善和 (48)

パッケージ型脱湿機“ドライエヤ” 中原四郎 (56)

ニュースフラッシュ

ケーブル回路用避雷器 (60)

コルクブレン (61)

三菱レオナード式交流ウイッチ (62)

品質奉仕の三菱電機

巻 頭 言

取締役副社長 関 義 長



滞米中の筆者

W. E. KNOX, President
Westinghouse Electric International
Company.

米国の繁栄はその国土の広大なること、資源の豊富なこと、人間の進取的なること等よってくる処の理由が多数挙げられるでありましょうが、この繁栄を達成したものうち最も有力な原因の一つは電力の活用ということでありましょう。1953 年末における電力供給能力は 9,200 万キロワットに達し、その需要を約 17.5% 上回る状態にあるといわれております。

資源の乏しいわが国では到底米国を真似て直にその繁栄を招来することは困難であります。電力の開発こそは産業の発達を成就する方途であることに相違はありません。すでにご承知の如く国策としても「電源開発促進法」等により強力に推進されている処で、関係官庁、電力会社等のご努力により昭和 26 年には 1,080 万キロ、昭和 27 年 1,114 万キロと逐次電力設備の増加を見、本年 3 月現在では新旧水火力合計約 1,250 万キロワットと、設備容量が躍進したと報ぜられております。これによって逼迫した電力事情緩和に相当の成績を挙げ産業の進展を助成したことは誠に同慶の至りであります。

ただし、電力開発はいわゆる「開発 5 ヶ年計画」の半ばを達成した処であって今後さらに約 360 万キロワットの増設計画が進められているのであります。

この時期に当りわれわれは現在まで遂行してきた電源開発の実績を審に検討、製造者はまた技術の進歩推移を慎重に考察して、今後一層合理的にかつ一層能率的に施設を進めるよう、既往を反省し前途を展望して大いなる飛躍を期すべきときに逢遇していると考えるのであります。

幸に当社は水力用機械では大型傘型発電機の完成、火力用機械では水素冷却大容量高速度タービン発電機の成功等に加えてフォームフィット変圧器の出現によって画期的性能の向上、資材の節減、輸送費の節減等の実を挙げることができました。また従来付属品として電動機、

変圧器等を土木機械に供給しておりましたがもっと総合された設備として、たとえばパッチャー・プラント、ケーブルクレーン等の如きものに多種の電気品を納入し、土木作業の高度能率化に役立つことを得ました。

これ等の成果を得るためにわれわれは材料においても、設計および工作法においても多大の苦心を払った次第であります。いまこれを充分検討し欧米の現状とを比較し、かつ大方のご批判をも得て一層の発展を期したいと望んでいるものであります。

なお私は機を得て米国および欧州諸国を回り今夏帰朝いたしました。米国における旺なる産業の状況を見、また電源開発も依然として旺盛ことに水力設備の増加と共に火力設備も合理的に増設されている点は学ぶべきものありと感じて参った次第であります。

つぎに製造方面においても大型機が多数開発実用化されたがって工場建物および施設が拡充される等依然活発なるものがあります。原子力発電についてはもちろんその詳細は知ることを得ぬ訳であります。米国においてはすでに 6 万キロワット発電所が試作的に建設されつつあります。

欧州において興味を覚えましたのはイタリアの地熱発電で、ラルデレロにおいて 25,000 キロワットの発電機 7 台その他計約 25 万キロワットの発電設備を有しておりその発生電力は水力発電によるものより安いといわれております。

火山国のわが国においても一層の研究すべきものであらうと感じた処であります。

現在わが国の景気は横這いないし下降線をたどっておりますがこの時においても電力開発の問題は忽諸にできぬと思いますが同時に製造業者は高性能にして低廉なる諸機器を提供することこそ重要な命題と考えております。大方のご指導を期待いたします。

最近の水車

新三菱重工業株式会社神戸造船所

氷室 寛

Recent Developments of Water Turbines

Hiroshi HIMURO

Kobe Dockyard, Mitsubishi Heavy Industries Reorganized Company

Recently, the manufacturing technique of water turbines has made a long stride throughout the world. The chief aim is to promote overall economy of power plants, increase in the generating power, reduction of installation cost and dependability of the operation being the heart of studies. The Mitsubishi Heavy Industries Reorganized, Ltd. has been taking the utmost effort toward this end in the design of its products, achieving marked results as given herein.

1. ま え が き

水車の製作技術が最近格段の進歩を遂げたことは、世界的に共通の傾向といえる。これは要するに、発生電力量の増大、価格の低下、運転の確実性を主目的としたもので、集約すれば、発電事業全体を総合して、いかに経済的な水車を製作するかという目標に対してなされた努力の結晶といえることができる。それには、一般の産業技術の向上すなわち流体力学、材料、工作等の進歩と共に、多年にわたる水車の運転経験が寄与している。

新三菱重工業においても、上記趣旨の下に開発、研究に対する努力を傾注してきたものであるが、その中の多くのものについて、実用性の優秀さを確認している。以下にその一端を記述すると共に、併せて最近の水車製作の趨勢について触れることとする。

2. ペルトン水車

ア. 効率について

ペルトン水車の水力損失を大別すれば、バケット内の摩擦損失、風損、ノズル損失、ケーシング内における水滴による損失等に分けられるが、その中の大部分のものがレイノルズ数のかん数と考えられれば、一般に使用されている模型水車と実物水車との効率換算式はそのままペルトン水車にも適用できる。したがって同じく水車の効率といってもランナ直径と使用有効落差により値を異にすることは当然考えられるが、ピッチ円直径 500~700

mm, 落差 20~30 m 程度の模型試験では 90% 前後の効率を得ているのが普通のものである。なお一般に、比較回転数 n_s を大きくとればランナ直径とジェット直径との比 D_1/d_1 が小となり効率の低下を来す。

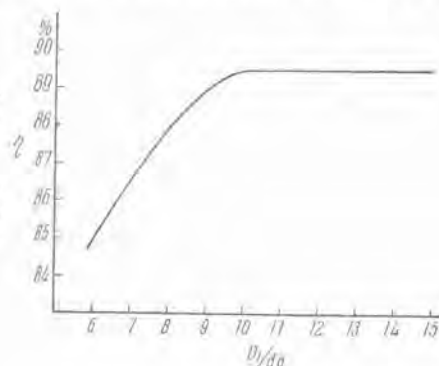
$$n_s = \frac{210}{D_1/d_1} \quad (1)$$

その関係を 1 図に示す。

またペルトン水車は一つのランナにジェット数を多く採用できる特長を持っているが、この場合軸負荷においてはその数を減小して、いわゆる高効率運転が可能とな

1 図 ペルトン水車ジェット比と効率との関係

Fig. 1. Relation between Pelton wheel jet dia. ratio and efficiency.

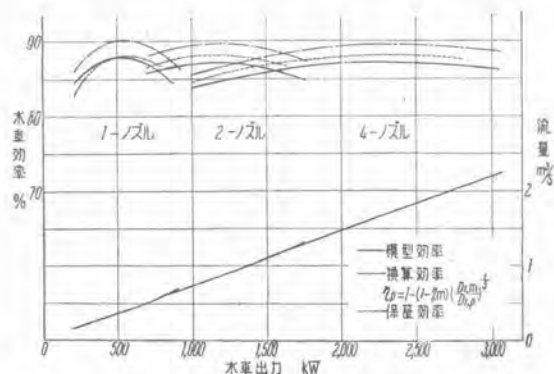


る。一例を 4 ノズルを採用した関西電力石井発電所にとると、総合効率曲線は 2 図の如くなる。

イ. 構造

(1) バケット

前述の如く、 n_s を大きくとると、僅かながら効率の低下を来す傾向にあるが、発電機、建屋等が安価となり、



2 図 ベルトン水車効率曲線
Fig. 2. Efficiency curves of Pelton turbine.

総合経済計算の結果 D_1/d_0 を小さく採用する方が有利となることも少なくない。この場合バケットの大きさはジェット直径により定まるので、ピッチ円直径に比して大きくなり、ボルトによる組立構造が困難で、一体鋳造とならざるを得ない。最近欧州では好んでこの構造が採用されている。われわれも次のバケットをいずれも一体鋳造とした経験を持ち、工数は相当低減できるが（約 10～20%）バケット 1 枚ずつの入替えはできない。

東京電力	芦安	2,200 HP
中部電力	楠川	800 HP
中国電力	下畑	800 HP
中部電力	豊根	1,500 HP

バケットの尖端角度は、水の相対速度線図より定められるが、良効率を得るため一般に尖鋭角度とするので、亀裂が入り易い。したがって材質を選択することが大切で、従来はほとんど低 Mn 鋼が使用されていたが、最近では 13Cr 不銹鋼を使用することが多い。

(2) 堅軸構造

堅軸ベルトン水車は、すでに 1924 年頃より欧州にお

いて数多く製作され、地下発電所の如く床面積の縮少がとくに有利な場合盛んに用いられていたが、最近 6 ノズルが採用されるようになって、 n_s の上昇による経済性が目立ってきた。われわれは関西電力石井発電所向として堅軸ベルトン水車を製作した。

仕様：有効落差：161.5 m
最大出力：2,800 kW
流量：2.02 m³/sec
回転数：450 rpm

本機について堅軸と横軸の比較をすると次の如くなる。

	堅軸型	横軸型
型式	1 ランナ 4 ノズル	2 ランナ 4 ノズル
最大出力	2,800 kW	2,800 kW
回転数	450 rpm	450 rpm
水車効率（最高）	89 %	89 %
（20 % 負荷）	89 %	84 %
床面積	1	1.6
建屋体積	1	1.08
クレン揚程	7.4 m	5.0 m
水車重量	1	0.9
発電機重量	1	1

また堅軸の場合はランナの点検は極めて容易で、分解の場合にも特殊の装置を用意しておけば簡単に施行できる。

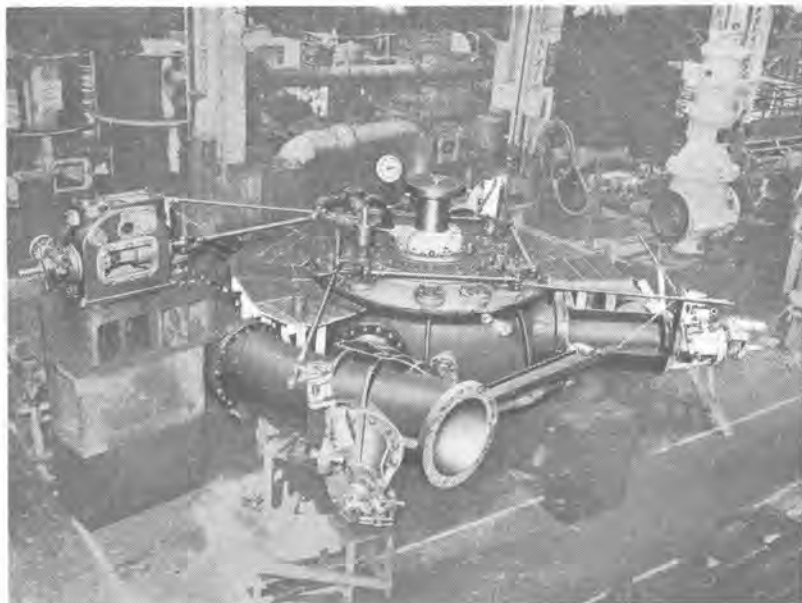
(3) 高効率運転装置

軽負荷時にノズル数を減じて高効率運転を行うためには、各ニードルにサーボモータを付し任意に制御することが望ましい。前記石井発電所は流込式の無人、自動発電所であるので、電気式水位調整機を使用し、流入量により自動的にノズル数を選択させることとした。（特許出願中）すなわち各開度は、模型試験の結果効率曲線に応じて決定されたもので、2 ノズルおよび 4 ノズルの場合は各開度を揃えてアンバランスを無くすると共に、効率の向上を期している。もちろん現場における詳細効率試験により再調整できるよう考慮されている。

3. フランシス水車

ア. 効 率

フランシス水車の効率については、最近の実測例、模型試験成績等に徴して、相当程度向上してきたことが認められる。⁽²⁾ これは羽根形状、枚数等の研究の外にスパイラルケーシング、吸出管等を含めた総合研究の結果である。しかしながらフランシス水車では、ベルトンおよびカプランに比し、部分負荷における効率低下が甚しいので、性能曲線を発電計画に合致させることが非常に重要となる。すなわち加重平均効率 η_w の検討が大切である。



3 図 堅軸ベルトン水車工場組立
Fig. 3. Shop assembly of vertical Pelton turbine.

$$\eta = \frac{\sum Q_i T_i \eta_i}{\sum Q_i T_i} \quad (2)$$

Q, T : 流量および時間

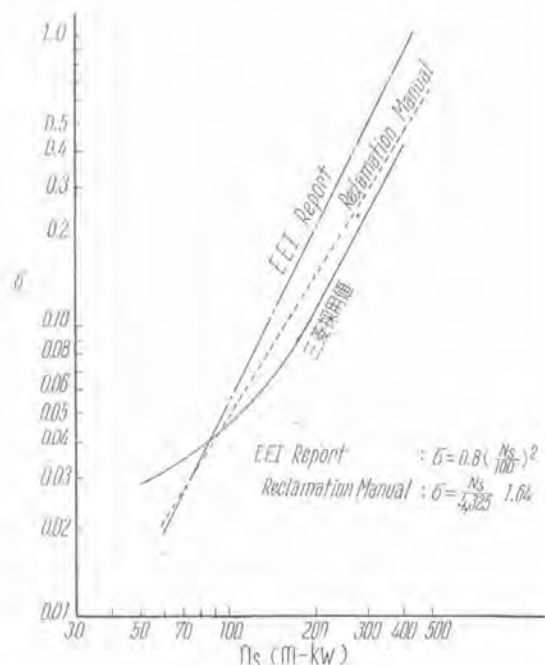
なお従来はその発電所の年間発生電力量のみを考慮して上式を採用していたが、火力料金（とくに将来の原子発電等を含めて）を総括して考えると、さらに別のウェイトをつけた平均ということになる。

また変落差および複数台数発電所においては、発電所総合高効率運転を考慮することが望ましい。(3)

イ. キャビテーション性能

フランシス水車のキャビテーション性能に関しては、相当古くから模型試験により検討されてきたが、羽根背面部の観察が困難であったので、主としてトーマの係数 σ と効率との関係が問題とされていた。最近になって合成樹脂の研究が進歩し、透明プラスチックをランナ出口に嵌装して、肉眼または写真による観察を行うようになったので、今後の開発が期待されている。現在使用されている n_s と σ との関係はほぼ4図の如くであるが、不銹鋼ランナの使用により σ の値から多少低下して行く傾向にある。

ランナに不銹鋼を使用することは世界共通であって、キャビテーションに対する耐用のみを考えると、主として出口部のみ不銹鋼被膜で充分であるが、溶接による歪に対する方案、ストリップの加工等を考慮すると、小さいものでは一体不銹鋼とする方が経済的であることも少なくない。材質の問題が解決すると、ランナ下部に適正な空気を送入することによって、首響、振動の発生を防ぎながら軽負荷運転を可能ならしめている。とくに高落差



4 図 フランシス水車 $\sigma \sim n_s$ 曲線

Fig. 4. Cavitation coefficient curves of Francis turbine.

最近の水車・水室

フランシス水車では σ の値を低く取らないと掘鑿量が増大するので注意を要する。

ウ. 自己閉鎖性能

水車の制御装置の故障によって、発電機その他に相当の被害を与えた例は必ずしも少なくないので、その保護装置については各製作者共に苦心している。案内羽根が水圧により完全に自己閉鎖する性能を与えられればこの種事故は激減できると考えられるので、われわれも種々設計に検討を加え、模型試験により性能を確認して実物に適用したのであるが、実験の結果満足すべき成績を得た。すなわち四国電力伊尾木発電所（有効落差 131 m, 出力 8,200 kW）において試験した結果、5 図の如き性能を得た。また関西電力椿原発電所（有効落差 64 m, 出力 42,000 kW）では O. C. B 遮断試験を行ったが、結果は良好であった。

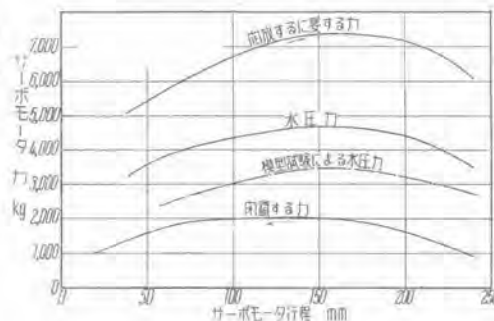
しかしこのトルク曲線でも判るように、案内羽根を超開口すればトルクが逆になるので閉鎖しなくなる。したがって変落差水車のように低落差で超開口を必要とする場合、行程の大きいごく僅かの部分で、水圧以外の外力を必要とする。この場合にはスプリング、重錘等の機械力を加えて自己閉鎖性能を満足させている。（特許申請中）

エ. 構造

(1) スパイラルケーシングの溶接

スパイラルケーシングは水車全重量の約 30%、全価格の約 25% を占めるので、これをいかに安く製作するかは最も重要な問題の一つである。一般に口径が 1.5 m 以上になると、鑄鉄または鑄鋼製とするより鋼板製の方が低廉となる。(4) また鉚接よりも溶接の方が重量も軽かつ工数も低下する。ここで技術的に最も注意を要するのは、溶接技能の問題で、とくに板厚が 25 mm 以上とあれば焼鈍を行って残留応力を除去することが望ましい。したがって分割数が少なくて輸送できるものは、フランジ接手ボルト締めが適当であるが、3 m 以上の大口徑で国鉄輸送を要するものは分割数が多くなるので、現場で焼鈍またはそれに準ずる手段が必要となる。新三菱重工では関西電力椿原発電所で、水車ケーシングの現場焼鈍に世界最初の成功を収めた。（実用新案）これは工場における数多くの試験が実を結んだ訳であるが、今後この焼鈍と、アイソトープによる検査を併せ行うことにより、

5 図 案内羽根自己閉鎖曲線
Fig. 5. Self-closing force of guide vane Francis turbine.





6 図 スパイラルケーシング現場焼鈍状況
Fig. 6. Annealing of spiral casing at site.



7 図 ヘリカル
グループ式軸
受
Fig. 7. Helical
groove type
bearing.

いかなる板厚でも現場溶接で製作できる自信を得た。なお鋸接と溶接との経済比較を行うと次の如くなる。

	鋸接	溶接
接手効率	66%	82.5%
板厚	28mm	28mm
製品重量	108	100
価格	116	100

すなわち板厚を同一とすると、溶接構造は鋸接構造に比し強度は約 20% 増し、価格は約 16% 低減することとなる。

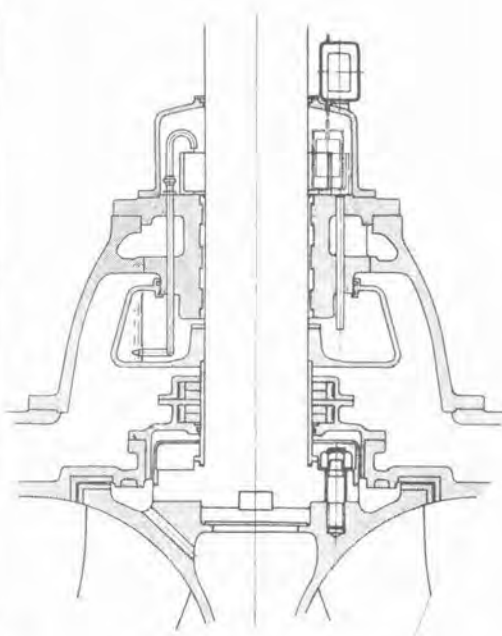
(2) 軸受

水車の軸受を油浸式にして、循環水で冷却する方式が最近世界的に採用されている。これは油を循環するよりも保守が容易なためで、ヘリカルグループ式とセグメンタル式のものとがある。運転成績はいずれも良好で、今後も広く採用されるものと思われる。しかし一般に軸受損失は次式で表わされるので、

$$N_{loss} = \alpha \frac{kD^3LN^2}{a} \quad (3)$$

α : 係数 (セグメンタルでは約 0.5)

D : 軸受直径 m



8 図 スクープ式軸受
Fig. 8. Scoop type bearing.

L : 軸受長さ m

$N = \text{rpm}/100$

a : 軸受間隙 mm

k : 油の粘性数係で

140 タービン油では
30°C 40°C 50°C 60°C
11.7 5.8 3.3 2.0

回転数の大きいものでは出力に比し軸受損失が大きくなり、機械効率が低下することがある。この場合にはスカートを出すことを避けて、油受を回転しスクープにより汲み上げる方式とすることが望ましい。(8 図)

4. カブラン水車

ア. 効率

カブラン水車の効率曲線

が負荷の変動、落差の変動および回転数の変化に対し平坦であることは申すまでもないが、これは案内羽根開度に応じてランナ羽根開度が調整できることによる。これを一元自動的に選択するためには三つの変数を巧みに組合せて、一つのカムに統合することが最も望ましい。幸い速度と落差との間には一つの関係があって、速度係数 k_{m1} で現すと次の如くなる。

$$k_{m1} = \frac{\pi D_1 n}{60 \sqrt{2gH}} = \alpha \cdot \frac{n}{\sqrt{H}} \quad (4)$$

したがってランナ羽根開度は、案内羽根開度と k_{m1} との二変数となるので、立体カムを使用すれば宜しい。この操作方式を示すと 9, 10 図のようになる。

なおこのカムの関係は模型試験により詳細に検討して決定しているが、模型と実物との相似性をチェックする必要があるので、現場でインデックス法により検討したところ東北電力柳津、上田両発電所において、多少の測定誤差範囲において一致した。(5)

イ. キャビテーション性能

カブラン水車の比較回転数と落差との関係がよくいわれるが、これは吸出落差すなわちキャビテーション性能を併せ考えなければ意味がない。とくに高落差カブランにおいては掘鑿量が大きくなるので、回転数の選び方による機械の価格と、土木費および運転維持費とのバランスを考慮しなければならない。したがってキャビテーション係数 σ の決定が重要で、有効落差 50~60m では 0.25 前後とできるようなランナの設計を行うことが望ましい。11 図に 8 枚羽根のキャビテーション発生状況を示す。

ウ. 自己閉鎖性能

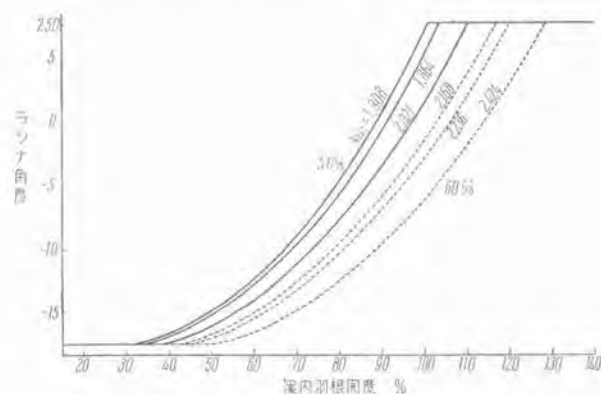
カブラン水車の自己閉鎖性能は、案内羽根開度が既し

て大きいので全開付近で開き勝手になり易いこと、およびランナ角度が小さい所では流量をランナがチェックすることになって摩擦の方が勝って閉鎖不能となることの2点でフランシス水車よりも困難となる。したがってこの場合はスプリング、重錘等の機械力により加勢せしめることが必要となる。水圧のみの自閉力を示すと12図の如くなる。

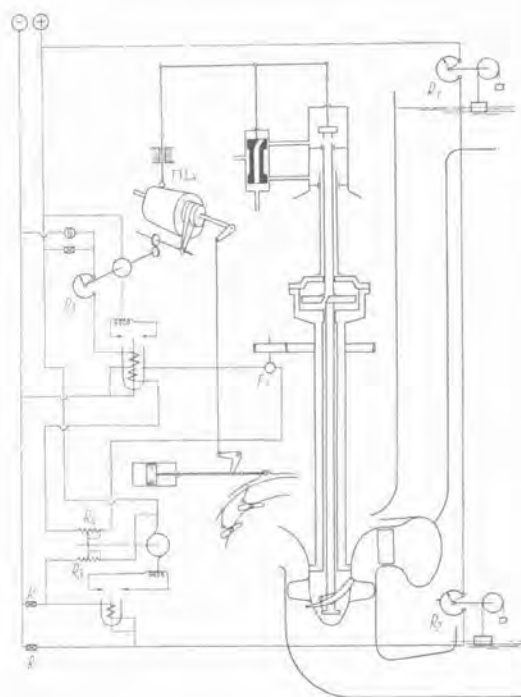
エ. 構造

(1) 水車カバー支持推力軸受

比較的低落差のカプラン水車では、ランナサーボモータを発電機スパイダ内に収納することが容易となる。この場合には発電機推力軸受をランナサーボモータと一体にして、水車カバー上に支持すれば非常に経済的な構造となる。すなわち発電機支持バレルにかかる回転部重量



9 図 変落差、変速度時ランナ羽根開度
Fig. 9. Runner blade angle under variable heads and speeds.



10 図 カプラン水車変落差 変速度時ランナ羽根自動調整装置
Fig. 10. Automatic regulating mechanism of Kaplan turbine runner blades under variable heads and speeds.

を除去できる上に、その長さを著しく短縮できる。また発電機軸が省略できて重量が軽減されると共に、軸系がバレルに無関係なため、据付が極めて容易となる。ただしこの場合とくに注意を要するのは、水車カバーに軸推力がかかる外に、発電機の振動に起因する力がかかる恐れがあり、充分なる強度を与えねばならないことである。実施例を13図に示す。

(2) 全球面ランナ外筒

カプラン水車のランナ羽根は各スピンドルの回りに回転可能なため、外筒は球面構造をとらねばならない。従来はランナの挿入、分解を容易にするため中心より上部は円筒状としたいわゆる半球面構造としていたが、最近では間隙損失を少なくする目的で（とくに高落差において）全球面構造をとりつつある。この場合ランナ外筒は二重として、分解時には内面のライナのみをランナと共に抜く構造としている。（特許申請中）

(3) ランナ

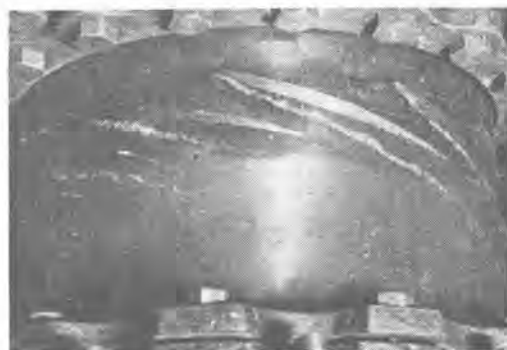
カプラン水車の水力効率は次式で表わされる。

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{l}{t} \frac{cag \varepsilon \bar{\omega}^2}{2gH_a \sin \beta}} \quad \dots \dots \dots (5)$$

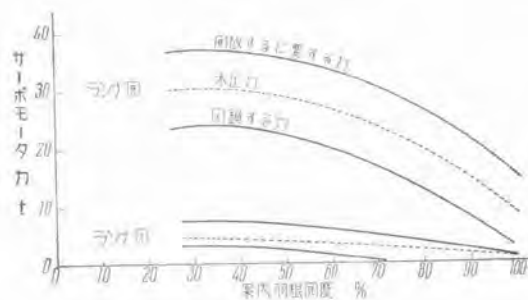
l : 羽根長さ

t : ピッチ

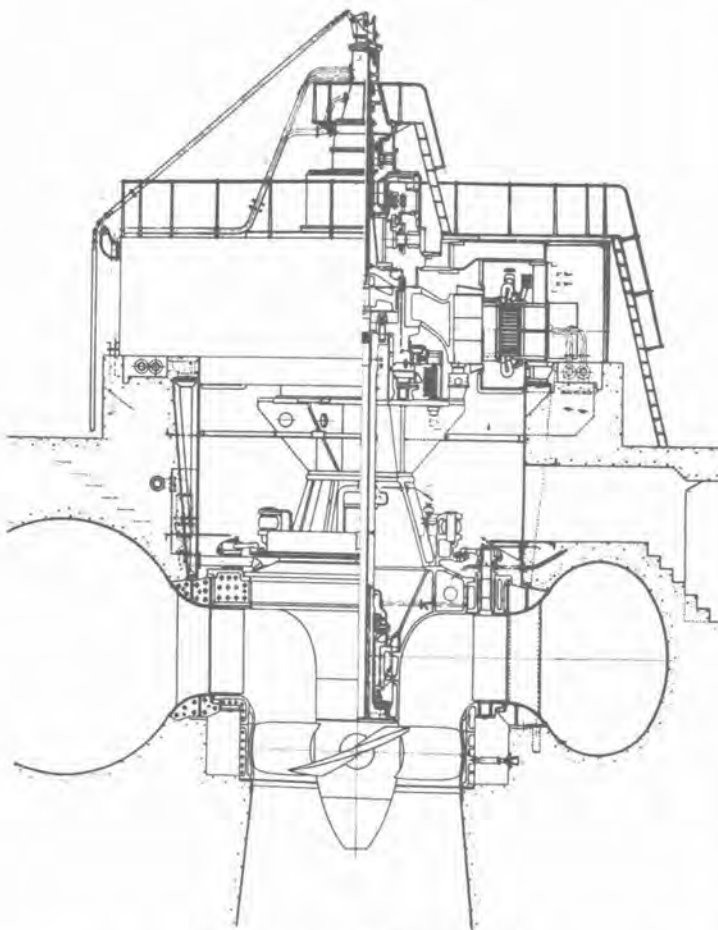
したがって羽根数が少い程 l/t が小で、効率は良くなる。しかし逆に1枚の羽根の受持つ圧力差が大きくなってキャビテーション性能は悪くなる。このために高落差となる程やむを得ず枚数が多くなるが、その決定は性能と掘



11 図 8枚羽根キャビテーション発生状況
Fig. 11. Cavitation phenomena of 8 blades Kaplan turbine.

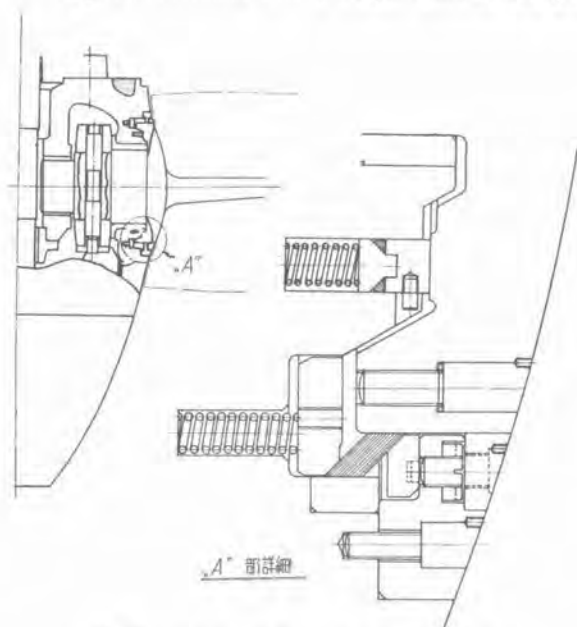


12 図 カプラン水車案内羽根自己閉鎖性能曲線
Fig. 12. Guide vane self-closing force of Kaplan turbine.



13 図 カプラン水車発電機組立図

Fig. 13. Sectional view of Kaplan turbine and generator.



14 図 カプラン水車ランナボスパッキング

Fig. 14. Runner boss packing for Kaplan turbine.

鑿量とのバランスを考慮する必要がある。現在使用されている概要は次の如くである。

適用落差(m)	羽根枚数
18 m 以下	4



15 図 溶接製スピードリング

Fig. 15. Speed ring of welded construction.

10~25 m	5
20~40 m	6
35~50 m	7
40~70 m	8

ランナ羽根がボスを貫通する部分のパッキングには種々の構造があり、L 型、菱型、V 型等で、内部の油を外部の水圧以上に加圧するものとしなないものがある。構造としては加圧しないで、水も油も完全に封ずることができればこれが勝っていることはいう迄もない。新三菱重工ではこの方式を古くから採用し、材料の吟味によって好成績をあげているが、最近金属接触面によるパッキングを併用して(14 図)完璧を期している。(特許申請中)

(4) スピードリング

カプラン水車のスピードリングは一般に溶接構造を採用した方が、鋳鉄や鋳鋼に比して安価となる。15 図に示したスピードリングは、とくに案内羽根自己閉鎖性能を考慮したもので、ガイドリブは厚板を曲げた 1 枚板で羽根数は 20 枚とした。

5. む す び

以上最近の水車の諸問題につき、主として新三菱重工の水車を中心として各国の趨勢につき述べた。

わが国にはまだ現有水力設備の約 2 倍の未開発地点を有しているが、これらは既して開発上不利な地点が多いので、余程経済性を検討する必要があるうし、一方海外に輸出する場合にも、欧米諸国の技術と競争するには、とくに総合的な経済性に立脚する必要があることを痛感される。この点せつかく勉強して今後の電源開発に貢献したいと考えている。

参 考 文 献

- (1) Boyle & White: Bridge River Development, paper recommended by A.S.M.E. Dec. 1949.
今井: 電力 38 巻 5 号 (昭 29.5)
- (2) Cannon: VD I Band 93 No. 35 1951.
Rheingans: Mechanical Engineering March 1952.
- (3) 水室: 動力 昭 29.1
- (4) Rheingans: The Welding Engineer. April 1952.
- (5) 水室: 三菱電機 Vol. 28 No. 4 1954

最近の水車発電機

神戸製作所

鈴木正材*

The Latest Water-wheel Generators

Masaki SUZUKI

Kobe Works

Promotion of the exploitation of electric power in the postwar period has encouraged the building of a number of large water wheel generators. Of them low head machines occupy the majority, especially umbrella type predominating over others with remarkable developments. Mitsubishi took a part in the projection and has built 45,000 kVA unit for Tsubakihara Station and 30,000 kVA unit for Yanaizu station, totalling 16 units. In conventional type machines, the equipment of self contained bearings is prevalent up to high speed machines.

1. まえがき

電源の多くを水力発電によっているわが国では戦時、戦後は一時的な空白時代であったが戦後産業の復活と共に電力不足ともなり既設機の保修、出力増加と相まって電源開発が行われ、また外国の技術の導入等もあり、独自の構想と共に優秀な製品を作り出した。設備としては大型機を作るべき大物組立工場、大ピット、1,000 t プレス等を整備して関西電力椿原発電所納フランス水車直結 45,000 kVA 傘型発電機、東北電力柳津発電所納カプラン水車直結 30,000 kVA 傘型発電機等と数多く製作したが、新しい設計、試みを採用して好結果を得ておりとくに傘型発電機においてはその発展は著しいものがある。ここに主要部分の最近の傾向を述べる。

2. 傘型発電機

傘型発電機は近年もっとも著しい進歩をしかつまた非常に多く用いられるようになった。米国にては 1928 年に Westinghouse 電機会社が最初に製作したもので今日まで二十数年の経験による種々改良されたものが製作され、この機種は米国全水力のうち大きな率を示している。

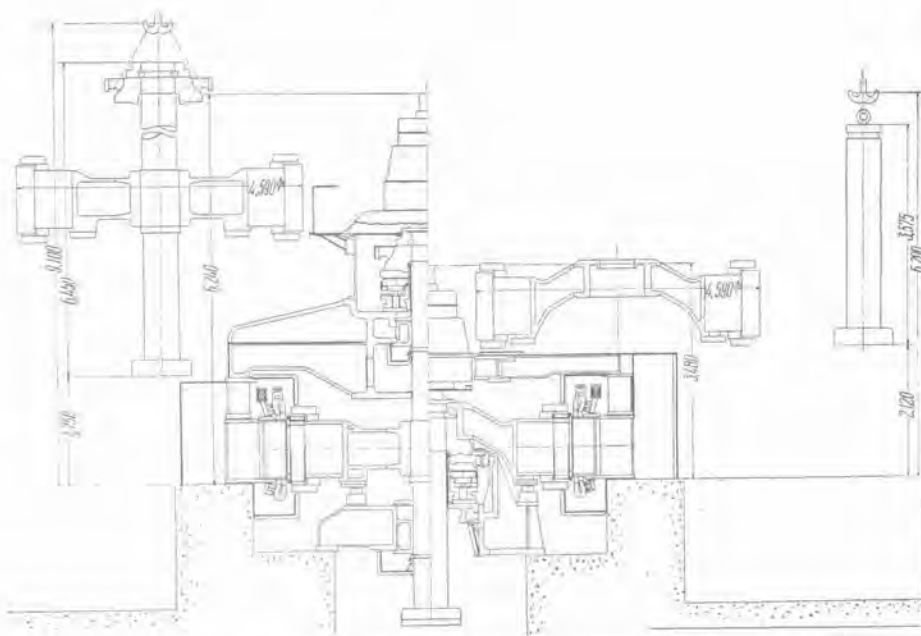
わが国では三菱電機が最初の傘型発電機として昭和16年に満州電業鏡泊湖発電所向として 20,000 kVA を 2 台製作し、その後戦後となりて電源開発の進捗と共に多くの利点を有する傘型発電機が採用されるようになったのはもっともなことである。本邦において最初に採用された傘型は夏瀬 11,000 kVA を初めとして柳津 30,000 kVA、椿原 45,000 kVA と多数製作した。現在までの製

作機は 1 表のとおりである。傘型発電機の幾多の利点はすでに詳細に紹介している⁽¹⁾⁽²⁾故ここには省略する。1 図は 11,000 kVA 普通型、傘型の比較組立図の一例にして傘型は機械の高さが低く、軸の長さが短く起重機容量および吊上代が減少できることが明らかである。また重量においても傘型は 10~15% の重量軽減となる。初期には充分安定の上にて安全率をとるために軸受冷却は外部にて行って軸受槽自身の直径を小さくして、振止軸受中心と回転子鉄心の中心を近づけ油循環による冷却方式を採用したが最近ほとんど油自蔵式を行っている。軸受部分構造としては ①軸受が半円形に 2 分割される方法、②軸受が分割されていないものに大別される。2 図は①の場合を示し主軸上下にフランジを有し下部フランジ上に 2 分割の軸受を組立てて特殊装置により所定位置まで押上げる。上部フランジと輻鉄とは一つの大きなキーまたは多数箇のノックでトルクを伝達するようにして両者はボルトにて結合されている。3 図、4 図は②の場合を示し振力軸受は一つ物にして受金を軸に押入後それ

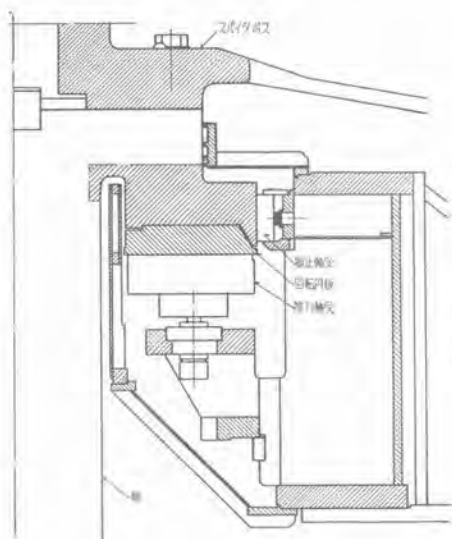
1 表 傘型発電機製作例

納 先	台数	容 量 kVA	回転数 rpm	製作年	水 車
満 洲 国 鏡 泊 湖	2	20,000	187.5	昭 16	フ ラ ン シ ス
東北電力 夏 瀬	2	11,000	166.7	昭 26	〃
岡 山 県 旭川第一	2	12,500	200	昭 27	〃
中部電力 久 瀬	2	10,000	240	〃	〃
東北電力 柳 津	2	30,000	143	〃	カ プ ラ ン
東北電力 上 田	2	25,000	150	昭 28	〃
関西電力 椿 原	1	45,000	171.5	〃	フ ラ ン シ ス
東京電力 小 田 切	2	9,500	166.7	〃	カ プ ラ ン
九州電力 大 内 原	1	9,000	180	昭 29	〃

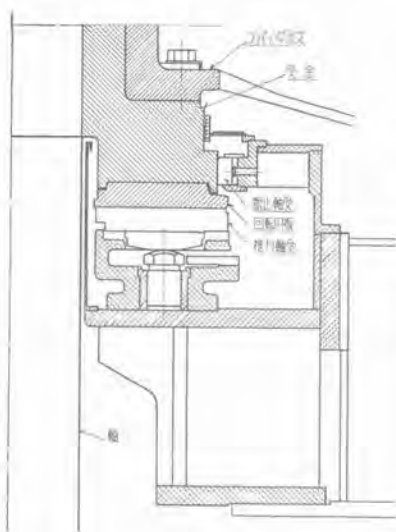
* 技術部交流機設計課長



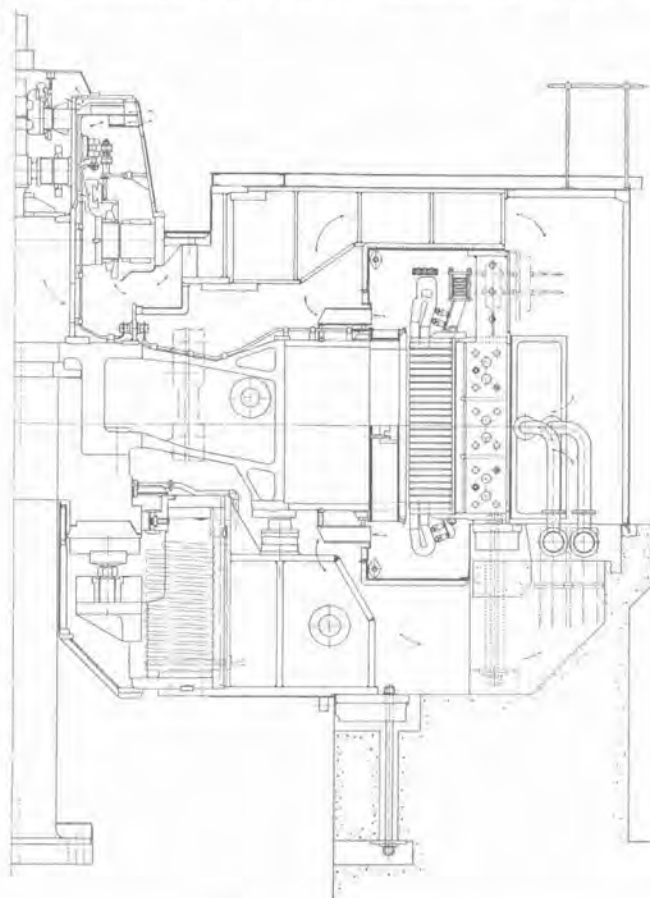
1 図 11,000 kVA における傘型と普通型の比較
Fig. 1. Comparison between umbrella and conventional type generators.



2 図 推力軸受が2分割される構造
Fig. 2. Dividable construction of thrust bearing.



3 図 推力軸受が2分割されない構造
Fig. 3. Solid construction of thrust bearing.



4 図 傘型発電機断面図
Fig. 4. Sectional view of umbrella type generator.

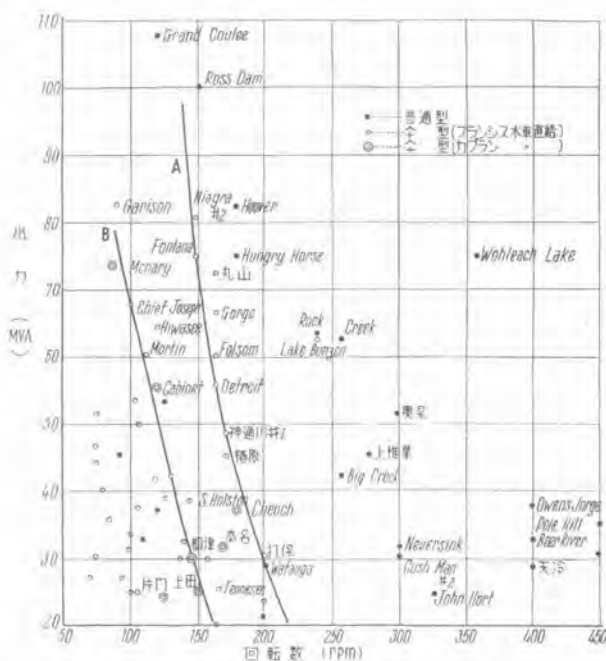
に幅鉄を挿入してトルクは多数箇のノックピンにより、両者をボルトにて締め付けている。①②共締付ボルトを取り外すと簡単に回転子を取り外し回転子、固定子の点検、修理が容易にできた建設の際は固定子、回転子の組立および5図の如く軸と軸受部の組立と調整とが同時にまた別箇にでき、工事日数を短縮できる利点あり。①の軸受2分割の方法は今まで採用の機会なく専ら当社としては②の分割されない方法を行っている。4図は下ブラケット兼推力軸受槽の外周を多角形として各々に窓を有し、推力軸受支えの構造上油冷却管を分割した

ものとして上記蓋に取り付け位置にて外方に引出して容易に内部点検等のできる構造とし好評を得ている。调速機駆動電動機電源としては、直結の別箇の発電機あるいは副励磁機を複流にしているが、低速度機に直結して商用周波数近くをとるために誘導型発電機を用いて、主



5 図 下ブラケット
組立

Fig. 5. Assembling
of lower bracket.



6 図 日本、米国、カナダにおける最近の主要水車発電機
Fig. 6. Example of latest and chief water wheel
generators Japan, America and Canada.

励磁機回転部の内側に落とし込み、背を低く、安定のよい構造を大容量、低速機に採用している。

つぎに主励磁機を低く設置する関係上、上部刷子類の点検取替えに便なよう上ブラケット周囲上に適当な高さの低床部を設けて保守の容易なるよう考慮している。

傘型発電機の適用は低速で回転子外径が大きく鉄心長の短いものは回転子鉄心中心と振止軸受中心との距離を小さくできるので傘型に適している。6 図は日本、米国、カナダの最近の主要水車発電機の製作例を示し、曲線 A の左側は傘型の可能範囲を示し、カプラン水車直結の場合は無拘束速度が高くフランシスの場合と異なり大体 B 曲線の左側の範囲となる。本 AB 曲線は大体の見当を示すものにして種々条件に左右されるものである。また設計の改良、工作、組立の精度の向上により回転子に働く不平衡荷重を小さくしてこの曲線以上を作ることでもできる

最近の水車発電機・鈴木

と思う。安定の面で傘型にできぬ場合上部に振止軸受を有する特殊な傘型としたものも作られている。つぎに軸受配置に関しては種々形式が考えられるが実施例として九州電力大内原 9 000 kVA に採用した方法は推力軸受を支えている下ブラケットを水車ケーシング上の支え台上に置き、ランナ操作用サーボモータをスライダボス内に設置して水車発電機軸を共用した。このようにすることにより軸長を短縮し、バレルを低くしてまたバレル荷重も少くできる等の利点がある。

3. 固定子

固定子枠は古くは鋳鉄製が多く使用されていたが材料の信頼度、重量の軽減、強度上の安全性等の点にて鋼材溶接型に変わっている。固定子鉄心は最近では損失の少ない良質のものができるようになり高能率の要求により多く使用されるようになった。

発電機の生命ともいふべき固定子線輪は従来は発電機の事故の内多くの率を占めていた。その対策として製作面においては絶縁材料および処理の改良によると共に種々保守試験⁽³⁾すなわち劣化検出を行い事故を未然に防ぐように行われたが完全な方法が確立されていない。近年は発電機端子にサージアブソーバを設置して衝撃波の波高値を抑制すると共に波頭峻度もやわらげて線輪を保護している。層間短絡事故に対しては保護継電器を用いて事故の増大を防いでいる。大容量機には 1 ターンコイルを用いられるようになり層間絶縁をなくして、該事故がなくなる利点があるが、ハーフコイルとして両側にて接続するのと工作に余計に時間を要する。1 ターンコイルの成否は完全にローベル転位を行うことその他種々の条件に左右されるものである。最近新しい絶縁材料⁽⁴⁾として強い弾性を有する不溶性合成樹脂の試作、研究が行われていたがすでに完成して実用の域に達し蒸気タービン発電機においてはすでに実施して好成績を収めている。水車発電機においても今後大いに使用する予定である。

4. 回転子

水車発電機においては水車の無拘束速度まで安全に耐える必要があり、最近次第に採用されつつある高落差カプラン水車の場合とはくに高い無拘束速度となる。使用者側としてはその確認に無拘束速度試験を要求される場合もあり、柳津 30,000 kVA⁽⁵⁾、上田 25,000 kVA、小田切 9,500 kVA、伊尾木 8,700 kVA について工場にて行った。この組立運転用ビットは 100,000 kVA 級の試験ができる能力がある。輻鉄は厚鋼板、氣鋼、および薄板の成層型が用いられ、大型には輸送の面より薄板成層型を用い、輸送可能範囲内にはリングホーズを行った鍛鋼製リムを用いている。リムとスポークとの締め代は無拘束速度まで持たすことなく定格速度上適当な速度までに止めあとはリムとスポーク間のキーの側部を案内として広がった状態にて平衡を保つようにして、無理のない

い設計としている。磁極鉄心にはほとんど制動巻線を設置して不平衡故障時の異状電圧を抑制し、電力動揺に対して制動作用に有効なようにしている。制動輪に関しては従来はできるだけ質の均一なる鋳鉄軸を用いていたがなお一層よい鋼板の分割したものをを用いて制動時非常に高温になった時その伸びを円周半径方向に充分逃がすようにし取り付けにも充分注意を払った方法を用いている。

5. 軸受およびその他

推力軸受にはビボット支持自動調整型を用いており、振止軸受は従来多く用いられた給油方式のときは円筒型軸受を用いており大型機になると重量が増大して取扱いが面倒になる。自蔵式としては推力軸受と同様なビボット支持による区分軸受の自動調整型を用い油冷却管を設置する。上振止軸受は推力軸受槽内に併置している。



7 図 自蔵式溝切り円筒型軸受
Fig. 7. Self contained oil grooved cylindrical bearing.

2 表 セグメントおよび溝切り円筒軸受の使用例

納 先	台 数	容 量 kAV	回転数 rpm	製作年	軸受種類 セグメント 円筒	自蔵式
満洲国 鏡泊湖	2	20,000	187.5	昭 16	○	
神奈川県 相模	2	16,000	214	昭 20	○	
旭化成 水ヶ崎	2	10,000	375/450	昭 25	○	
東北電力 夏 瀬	2	11,000	166.7	昭 26	○	
岡山県 旭川第一	2	12,500	200	昭 27	○	○
住友共同 鬼之山	2	4,000	720	"	○	○
中部電力 久 瀬	2	10,000	240	"	○	○
東北電力 柳 津	2	30,000	143	"	○	○
東北電力 上 田	2	25,000	150	昭 28	○	○
四国電力 伊尾木川	1	8,500	600	"	○	○
三重県 長	2	1,500	600	"	○	○
関西電力 椿 原	1	45,000	171.5	"	○	○
東京電力 小 田 切	2	9,500	166.7	"	○	○
中国電力 湯原第一	2	16,000	300	"	○	○
九州電力 大 内 原	1	9,000	180	昭 29	○	○
九州電力 竹 田	1	7,500	360	"	○	○
関西電力 石 井	1	3,000	450	"	○	○
徳島県 日 野 谷	3	24,000	360	製作中	○	○
東北電力 松 神	1	7,300	428.5	"	○	
富山県 大長谷第一	1	4,500	720	"	○	○
和歌山県 佐 田	2	4,000	514	"	○	○
山形県 倉 沢	2	7,500	500	"	○	○
電源開発 鎌 平	2	23,000	333	"	○	○

小型高速度機の自蔵式として7図の如く適當数に分割せる円筒型軸受内に溝を作り自給式とし、上振止軸受は上ブラケットに別置して上下軸受間の距離を短くして危険回転数を高くし振動等にも安全なるようにしている。

この区分軸受は早く鏡泊湖、神奈川県相模川より用いており自己給油式の製作例は2表の如く多数に及んでおり好成績を納めている。上下ブラケットは固定子と同様ほとんど鋼材溶接型が採用されている。推力軸受槽に上振止軸受を併置する場合は推力軸受槽を上ブラケット内部にできるだけ沈めて軸長を短くし起重機の吊上代を減少すると同時に上下軸受距離は短縮し得る利点がある。固定子台床は鋼材溶接の扇型あるいは長方形の片を用いて枠との間には周辺に放射状のノックピンを用いて故障時の異状回転力には充分耐えると同時に枠の温度による半径方向の熱膨脹に対しても無理なく伸縮ができる構造になっている。

外気中の有害なる塵や昆虫の侵入を防ぐ密閉型が小型機を除くものに専ら用いられている。循環空気を冷却する空気冷却器は固定子枠の外周に取り付け外し容易なる方法にて取り付けであり、冷風は風洞内にて上下に分流する方式で通風に無理がなく風洞内部点検が容易である。

空気冷却器は冷却効果の大なるμフィン管を用いている。湿度の高い空気の場合発生する水滴は下部通風口より機内に落ち込まぬような構造として外部に排出している。消火装置としては従来より手動注水方式が多く用いられており、最近では閉鎖風道循環型の採用と共に早期火災発見とできるだけ迅速に消火して被害を最小限にするために炭酸ガス消火装置も多く用いられるようになった。自動操作には熱、感光、感煙要素に差動継電器の動作を適当に組合せて用いられている。

三菱としては主としてもっとも簡単にして有効なる方法の熱要素と差動継電器の同時動作を採用してきた。

6. むすび

以上水車発電機的主要構造部分について最近の傾向を述べた。戦時中を境としてその後の進歩は著しく傘型発電機においてはとくにその進歩の跡を示している。

今後の電源開発も次々と行われると思われるがわれわれはますます努力を傾注して資材の節約、構造、特性となお一層のすぐれた製品を作るべく期する次第である。

参考文献

- (1) 楠瀬、大型水車発電機と傘型発電機 三菱電機 18 巻 11 号
 - (2) 三菱傘型水車発電機 C-20037
 - (3) 横須賀、交流発電機の保守試験 三菱電機 26 巻 8 号
 - (4) New Applications for Thermalastic Insulation Westinghouse Engineer September 1953.
 - (5) 鈴木、柳津水車発電機無拘束速度試験 三菱電機 27 巻 7 号
- 石橋、最近の大型水車発電機 昭和 28 年電気学会関西支部連合大会

増幅器型自動電圧調整器

神戸製作所

新谷保次*

Amplifier Type Automatic Voltage Regulators

Yasuji SHINTANI

Kobe Works

Type BJ automatic voltage regulators had been extensively used for large sized generators until an amplifier type was developed. The former is a kind of voltage relay in the principle of voltage detection, which is accompanied with a disadvantage of an insensible range (about ± 0.5) in the construction. The new type is operating in the principle of Rototrol and is assured of far better performances than the old type.

1. まえがき

従来大型発電機用の自動電圧調整器として、BJ型自動電圧調整器⁽¹⁾を、各方面に納入し、きわめてご好評を博してきた。しかしながら、その電圧検出方式は、一種の電圧継電器によるもので、構造原理上若干の不感範囲(約 $\pm 0.5\%$)を有しているため、今度新しく増幅器型自動電圧調整器を開発した。ここにその概要を紹介する。

2. 回路方式の概略

増幅器型自動電圧調整器の回路は1図のように、主励磁機に調整界磁 CF、他励界磁 AF および差動界磁 DFF を設け、AF および DFF は副励磁機により励磁を与え主界磁調整器により、負の励磁から正の最大励磁まで、広範囲に励磁を調整することができる。この主界磁調整器は、電動操作とし、手で電圧調整を行う場合に自由な励磁を与えることができる方式とした。

自動電圧調整を行わせる場合は、主界磁調整器により必要な基礎励磁のみを与え、調整界磁 CF の励磁を、ロートロールの出力電圧により、正負に急速に応動変化させることにより、精密で安定な自動電圧調整を行うことができる。

発電機の端子電圧は正相分濾波器、および電圧検出装置を経て、その変化を磁気増幅器に与え、磁気増幅器の出力で、ロートロールを励磁している。

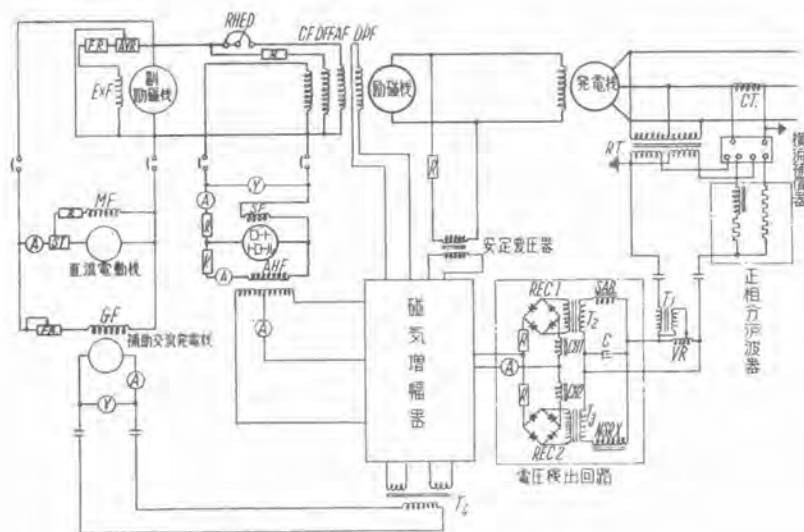
ロートロールおよび磁気増幅器の電源となる交流補助発電機は、直流電動機により駆動しているが、この直流電動機の電源は、副励磁機より与えられる。ロート

ロールおよび交流補助発電機の回転数は、その特性上変動を避けねばならないが、副励磁機に当社独特の SR 型自動電圧調整器⁽²⁾を使用しているため、副励磁機の回転数が 30% 変化しても、直流駆動電動機⁽³⁾の速度変化は僅か 2% 程度に押えることができるので、きわめて安定な運転ができる。

3. 電圧検出回路

発電機電圧の規準値からの変化を、検出するため従来の方式では、電磁石と発条の張力とを平衡させる方式、あるいは、規準となる他の補助電源を用いる方式が、採用されていたが、後者の場合はそれ自身に正確な定電圧特性が得難く、安定性に乏しい欠点があった。本方式では、何等他の電源等を使用せず回路自身で、精密な規準電圧を得る方式を採用した。

発電機の端子電圧は正相分濾波器を通りリアクトル SAR、および NSR を通じてそれぞれ乾式整流器 REC1、REC2 にて整流され、その整流電圧は両整流器を貫通するように図示の如き極性に接続する。磁気増幅器の入力巻線は、両整流器間の差回路に接続されているから、両整流電圧が等しければ、磁気増幅器入力巻線の電流は 0 である。一方リアクトル SAR は飽和特性を有し、その電圧電流曲線は2図のように OPX の如くであるに反しリアクトル NSR は不飽和で、その特性は OPC の如くである。しかし規定電圧において、両回路の電流は共に等しいようにして置けば、その電圧において両整流器の出力電圧は相等しくなる。この交点の電圧は、発電機の規定電圧に相当する電圧となり、この交点より発電機電圧が変動すれば、検出回路の出力電圧は正負に変化し



1 図 増幅器型自動電圧調整器

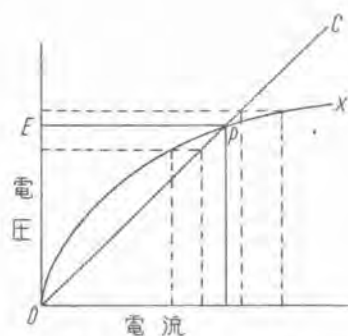
Fig. 1. Amplifier type automatic voltage regulator.

磁気増幅器の入力を変化させる。本方式では、直線回路および非直線回路はいずれも、リアクトルを使用しており、周波数の影響を受けることが少く、周波数補正回路も簡単なもので、良好な特性を得ることができる特長を有している。発電機が維持すべき電圧を広範囲に調整するため、通常抵抗による電圧調整方式が、用いられているが、本方式では、正相分濾波回路と電圧検出回路の間に、可調整単巻変圧器を入れ、電圧検出回路に掛る見掛け上の電圧を調整変化させる方式を採用しているが、発電機 PT の容量を増加させることなく、きわめて広範囲の調整ができる特長を有している。この可調整単巻変圧器は、また必要に応じ電動操作型とし、自動同期閉合および過電流保護装置付自動電圧調整方式を便利ならしめている。

4. 磁気増幅器

ロートコントロールはそれ自身でも相当の速応性、増幅率を有しているが、その所要入力が比較的大きく、乱調防止のための饋還入力も大きくなる嫌いがあるので、ロートコントロールと電圧検出回路との間に、磁気増幅器を使用して、これらの欠点を無くしている。

磁気増幅器⁽³⁾に関してはすでに多くの文献が発表されて、周知のように、きわめて大きな増幅率を有しているが、少々時定数が大きくなる欠点もある。しかしその時定数は磁気増幅器の電源周波数に逆比例するので、本方式ではその電源として 400 c/s の交流電源を使用することとしてその欠点を補う方式としている。このため時定数は標準周波数の場合の 1/7 程度となり、その高い増幅率と相まって、きわめて速応性のある制御が可能である。また磁気増幅器は二組使用しブッシュブル方式としたので、電源電圧の変動により、増幅器の動作点が変わることがなく、制御は何時も安定に行われる。



2 図 電圧検出回路特性

Fig. 2. Voltage detector circuit characteristics

5. ロートコントロール

ロートコントロールは前記磁気増幅器の電源となる交流補助発電機と共に、直流電動機により駆動される。ロートコントロール⁽¹⁾に関してはすでに種々発表されているので詳細は省略するが、本方式ではとくに速応性と安定性に重点を置いたため、その自動界磁の受け持つ励磁の割合を比較的小さくし、その代りに強力な乱調防止界磁を設けている。またその駆動電動機は自動電圧調整器付副励磁機を電源としているので、とくに全負荷遮断時の水車回転速度 30% 上昇という条件下でも、ほとんどその影響を受けることが無い。

6. 制御回路の安定法

本自動電圧調整器は、発電機負荷が急変した場合の動的ならびに静的誤差を、きわめて小さく押えるため、全制御系の増幅率は非常に高くなっている。したがって過度状態で制御系が、発振を起すこともあるので、上記ロートコントロールの乱調防止界磁の他に、二つの安定化回路を有している。その一つは主励磁機界磁に巻かれた饋還巻線 DPF で主励磁機界磁の微束変化を検出し、その出力電圧を、磁気増幅器入力に負饋還するものである。他の一つは、交流発電機の界磁電圧を安定変圧器の一次巻線に印加し、この直流電圧の変化分のみを、その二次巻線より取り出して、同じく磁気増幅器の入力に饋還せしめている。このようにして、二つの饋還回路を置いたため、安定変圧器は、比較的小型となり、また非常に優れた過度特性が得られる。

7. むすび

以上はなほ大略的ではあるが新型増幅器型自動電圧調整器のご紹介をしたが、将来は全磁気増幅器型のものも製作準備中であるので、当社 BJ 型と共に広く使用されることを考えている。

参考文献

- (1) 三菱電機 27 巻 11 号 1953
- (2) 三菱電機 19 巻 6 号 1943 同 23 巻 1 号 1954
- (3) 三菱電機 25 巻 8 号 1951
- (4) 三菱電機 24 巻 2 号 1950

水力発電所新制御方式の二、三

神戸製作所

尾 畑 喜 行

A Few of Control Systems for Hydro Electric Power Station

Yoshiyuki OBATA

Kobe Works

Control system of hydro electric power station has reached a stage next to standardization, but it does not necessary mean that there is no room left for further improvement in it. On the contrary, the wheel of progress is constantly rolling along this line. In this article are given a starting method of water wheel, a low speed detector, a high efficiency operating device and a water level response device which are all our new contrivances around varying head power stations.

1. ま え が き

水力発電所の運転制御装置は学会、電力会社、製作者等幾多先輩の努力によって急速な進歩を遂げ、今日ではほぼ標準化されたといっても過言ではない。しかしより自動的に、より経済的に運転制御の実を挙げたい自然の欲求は不断であり、ここに新しい制御理念、制御方式の萌芽もまた不断である。

従来わが国の水力発電は流れ込み式が多くしたがって落差の変化が少いために、落差変動を運転制御の中に考慮された例は少なかったが、最近のように貯水式発電所が多くなれば当然落差の変化による運転制御方式の形態に一考を要することは当然である。カプラン水車の発電所が貯水式発電所である例は少いが、放水路の水位変化が有効落差に大きく影響するから矢張り変落差発電所として考えねばならぬことが多い。

落差の変動が制御方式に影響するのは主として水車の起動と能率の点にあるから、本項ではこの点を主眼として新しい制御方法を若干述べることにする。

2. 起 動 方 式

起動時の導水弁開度を過大にすると水車が過速度する心配がある。これは调速機が速度と関連して導水弁開度を調節するのは規定速度の上下数 % に限られていることと、負荷遮断時の水圧上昇抑制のために数秒の導水弁閉鎖時間を要することから宿命づけられるものである。

このために通常は導水弁開度をあらかじめ起動に必要な程度に制限するようにしてあるのであるが、落差変動の大きい発電所ではこの開度を水位と関連して変える必要がある。したがって起動時開度制限を落差と関連して自動的に変化させればこの目的を達することができるが、落差は上水槽水位と放水路水位との双方から定まるものであるから、ここに実落差導入上の困難があるし、また導入し得たとしても落差と開度制限装置とを関係づける機構は簡単ではない。したがって落差に関連させるよりは起動前に導水弁を全閉にしておき、その位置から導水弁を除々に開いてゆけばやがて水車は起動するから、その位置をもってその落差に対する起動開度と定める方式を採用する方が簡便である。

1 図はこの主旨によるもので A はアクチュエータ、 V は圧油制御弁で平衡レバー LA の位置によって導水弁サーボモータ SM を制御する。しかして以上の要素は復元機構 R と共に通常の调速機を形成する。 M は起動時導水弁開度を調節する電動機でいわゆる負荷制限電動機を流用する。この電動機は前回の水車停止過程において接点 K_1 (たとえば停止継電器接点) により付勢された時には LB の一端 P を上方に押し上げ極限開閉器 L_1 を開いて停止する。この状態においては V の操作極端 Q は上方に押し上げられるから V は LA の位置に関係なく SM の右側に油圧を送り導水弁は全閉された状態にある。

つぎに水車起動用接点 K_2 を閉じれば起動確認継電器 S の停止時接点を通じて間歇継電器 T が付勢され、その接点により M が間歇的に付勢される。この時 M は P を下げる如く間歇回転するから Q の位置も徐々に降下し、このため V は SM の左側に油圧を送り導水弁を除々に開くことができる。開度が適当となって水車が起動すれば起動確認継電器はその接点を開き T は消勢され M は停止することになる。

起動を確認する継電器 S は 2 図のような主旨によるもので、図において P は回転軸に取付けられ導電性セグメント Sg を備えた回転円板、 R は同軸上に取付けた滑動環である。 B_1, B_2 は対向的に取付けられた刷子で P に接した B_1 は R と接する刷子である。 X, Y は即時動作限時復帰式継電器で消勢後も数秒の時限をもつて復帰する特性を有する。

いま回転方向を矢印のようにすると（これはいずれの方向でもよい）、最初 B_1 と Sg が接触した時 X が作動する。つぎに B_1 と Sg が離れれば X は消勢されるが若干作動状態を継続する。つぎに B_2 と Sg が接すれば Y が動作するがこの時までの時間が X の有する時限を

超過すればそれ以前に X は復帰する。しかしやや速度が上昇すれば何時かは X の時限が Sg が B_1 から離れ B_2 に接するまでの時間に等しくなる時がくる筈であるから、 X, Y 共に作動状態にあることを以て起動の確認を行うことができる。

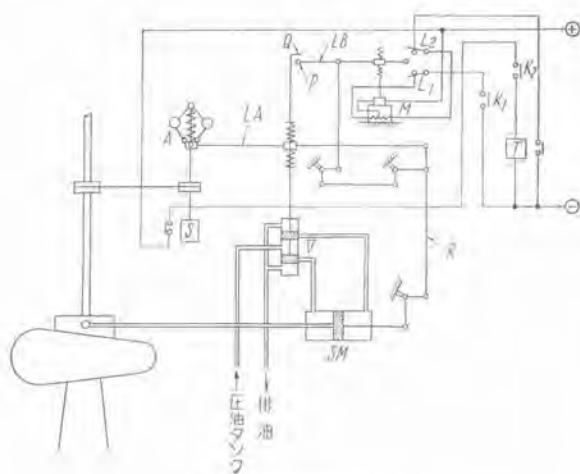
以上は最初 B_1, Sg が接する場合であるが過去の停止位置によっては B_2, Sg がまず接しつぎに B_1, Sg の接する場合もあるが前述の説明から明らかなように Y も X も同様の継電器であるから矢張り X, Y 共作動状態にあることをもつて起動と認定することができる。なおかような構造のものは反対に停止の確認としても利用できるものである。すなわち X, Y のいずれかが復帰していればある速度より低いことを意味するから、 B_1, B_2, Sg の幅または X, Y の時限を適当に選定すれば毎分數回転の速度状態を検知することができるものである。

水車の起動開度はさほど嚴重なものでないから、起動の確認は通常速度検知方法を採用しても実用上差支えない。しかし水車の停止後油圧を遮断したり滑油の循環を停止するような場合またはベルトン水車の背水制動の停止を自動的に行うような場合には、かような超低速度検知装置を必要とするものである。

3. 高能率運転装置

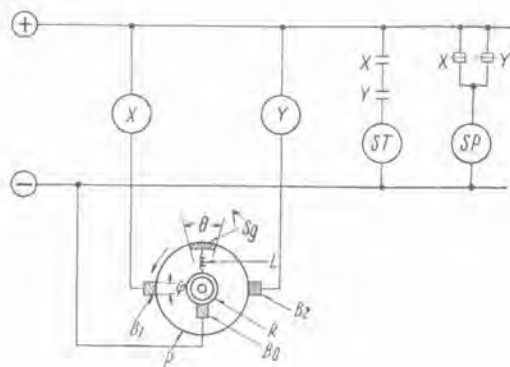
でき上った水車の能率は落差と流量によって若干変化しこれを最高にする特定の相互関係がある。これは水車はその落差において出し得る最大出力曲線とは別なもので基準以上の落差においての出力はその落差での最大出力より小さくなる傾向を有し、また基準以下の落差においての最大出力は導水弁開度に制限があるために最高能率曲線に従う出力よりは小さくなるものである。したがって最高能率曲線にしたがって運転し得る範囲はほぼ基準落差以上の落差部分に限られることになるが、この部分の流量を落差に対して関係づければ高能率運転の実を挙げることができる。なお流量そのものの利用は誤差も多いし自動制御に導入する上に幾多の増幅装置や転換装置を必要とするから、導水弁開度に求める方が簡単確実である。

3 図において曲線 bc は最高能率を実現し得る落差 H と導水弁開度 θ との関係曲線とする。 RH, RT はそれぞれ水槽および放水路水位にしたがって変化する抵抗器、 R_0 は立地条件によって定まる固有の落差に対する抵抗器である。これに図のように電圧を印加すれば ef 2 点間の電位差は落差に比例するようにすることができる。一方 RG は導水弁開度と関係を有する函数抵抗で、 gh 間とは曲線 abc に比例する電位差を発生するようにしてある。継電器 BR は負荷制限電動機 M を制御する電圧平衡継電器で、前記の落差、導水弁開度と関連した電圧の平衡状態に応じて右または左の接点を閉成する。しかして H に対応する θ が大きすぎれば θ を減少するように、また θ が小さすぎればこれを増加させるよう



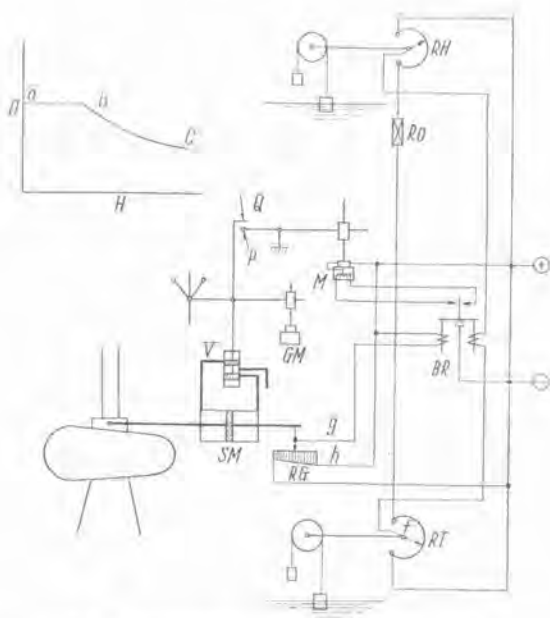
1 図 水車自動起動方式

Fig. 1. Automatic water wheel starting system.



2 図 超低速度確認装置

Fig. 2. Super low speed detector.



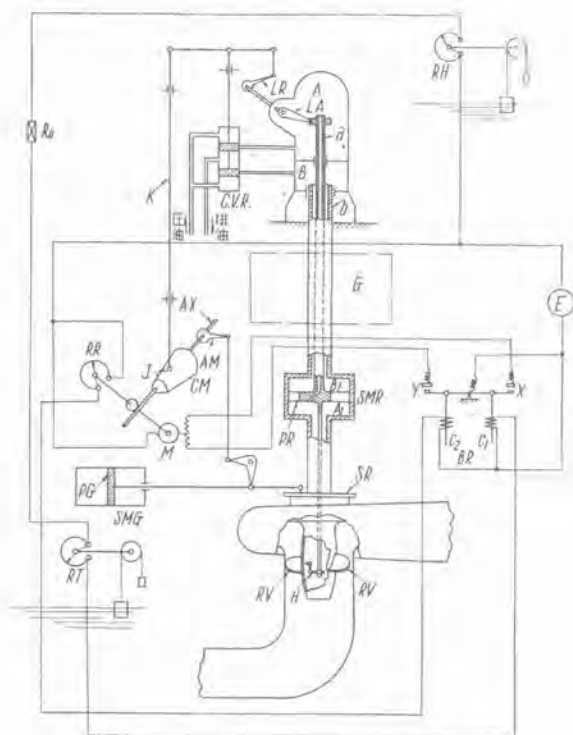
3 図 導水弁開度を制御する高能率運転装置

Fig. 3. High efficiency operation system controlling guide-vane opening.

に作動しつねに H と θ の関係を abc になるように開度制限を行うように作動せしめるものである。かかる構成において速度調整電動機を最高速度位置に推移させれば、水車は abc 曲線に添う導水弁開度にて運転され高能率運転状態を維持することができる。函数抵抗 RG は負荷制限位置 P に関連させてもよく、また BR によって速度調整電動機を制御するにしてもよい。なお以上の説明においては水車単独の高能率運転として述べたが、水車、発電機、変圧器、時には送電線をも含めた全発電送電設備の高能率運転を考えるべきであり、これに見合う H, θ の関係を求めるとよい。

カプラン水車においてはランナ開度と導水弁開度との間に特定な関係を設けて各出力状態において高能率運転を行うことができるが、ランナ開度を落差の変化によって補正するとさらに能率を向上させることができる。カプラン水車は製作技術上低落差水車に限られるから、上水槽、放水路水位の変動は有効落差に影響する所が大きく落差変動による補正を施すことが望ましい。

4 図においてランナ翼 RV は開閉機構 H を通じてサーボモータ SMR により開度調節が行われ、 SMR は圧油導入管 a 、中空軸 b を通しランナ翼制御弁 CVR からの圧油によって制御される。導水弁開度とランナ開度とを関係づけるカム CM は普通平面型であるが、これを立体的にし軸 AX の回転によってランナ翼、導水弁の相互関係を、また軸方向の移動によって水位との関係を保たせるように電動機 M によって制御される。 RH, RT, RO は 3 図の如きもので平衡継電器 BR の線輪 C_1 と直列に接続され C_1 の電流は有効落差の増加と共に増加する。また RR は CM の軸方向移動に伴って変化する抵抗器で BR の他の線輪 C_2 と直列に結ばれ、



4 図 落差によるランナカム制御装置

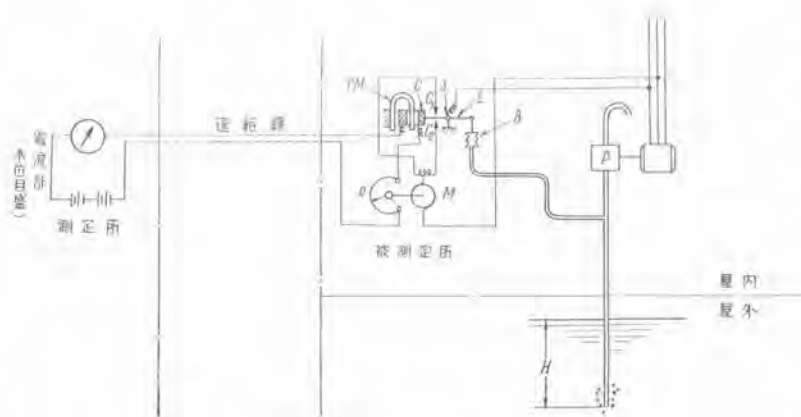
Fig. 4. Position control of Runner-Cum by head variation.

CM の位置が落差に対応する点にあれば C_1, C_2 の電磁力は平衡し M はいずれにも回転しない、しかし CM が落差に対応した位置に無ければ BR はいずれかの接点を閉じ CM の位置を是正するものである。かくて導水弁とランナ翼開度は落差の変動によって補正され、つねに最高能率状態にて運転することができる。

高能率運転に影響するものはこの外に回転数がありこれを導入した補正方法があるが、電力事情の好転によって周波数変動を考える必要はないと思われるから割愛することにした。また前述の説明ではもっぱら電気的方法について述べたが機械的な方法も当然考えられる。

4. 圧縮空気式水位応動装置

水位応動装置の一次要素としては通例浮子が用いられているが、これが浮遊を防止する土木工事は簡単ではない。また設置場所が屋外であるために風雨雪、凍結の影響を防止する設備が複雑で往々不具合を伴う。これらの点からここ数年来ほとんど圧縮空気式を採用している。この方法によれば屋外設備はパイプのみですみ浮子式の欠点を悉く除去することができ、水位計側のみならず前述のような水位に関係する諸種の制御にも広く応用している。水深に比例した空気圧はそのままでも機械的制御方式、水位計側に利用することができるが、これらを電気的に行うには空気圧を電気量に変換する装置が必要であるから次に水位計を例にとってその方法を述べる。



5 図 圧縮空気式の水圧計
Fig. 5. Compressed air type depth meter.

5 図において P は電動圧縮空気ポンプでその圧縮空気は管を経て水中に放出される。ただし管は最低水位においてもその下端が水中にあるように設備すると共に、空気ポンプは最高水位においてもつねに空気を放出し得る能力を有する必要がある。かくすれば空気圧は管の設置状態に関係なく水深に比例するから、管の上部に分岐を設けその空気圧を変換器に導き電気量に変換することができる。図は空気圧に比例した電流を得るもので、 B は圧力を変位に変換するペロー、 L は支点 S にて支えられ B の変位によって動く衡桿、 C は L の他端に取付けられた線輪で固定された永久磁石 PM の磁極が C の中に挿入されている。したがって C に直流を通ずれば電磁力の作用を受けて B の力と相反する方向に変位する。 C_1, C_2 は接点で L の平衡が破れればいずれかの接点が閉じ M を右または左に回転させる。 M は抵抗 R を制御する電動機でその回転によって R の値を変化するものである。 R, C は直列に結ばれかつ測定所の直流電流計および電源に接続されている。いまある水深において L は平衡し C_1, C_2 はいずれも開かれた状態にあったものが水位の上昇によって空気圧が増加したとすれ

ば、 L は反時計式に回転し接点を生ずる。このため M は R の抵抗を減少する方向に回転し C に流れる電流を増して再び平衡状態となる。逆に水位が低下すれば C_1 によって C の電流は減少することになり、水深と C の電流とはつねに比例するように作動する。したがって測定所の電流計にあらかじめ水位目盛を付しておけば水位を電流計で読むことができる。

このような水位応動装置はとくに水位変化の大なるもの、調圧水槽のような水位変動の急激なもの、凍結の懸念のある所、水位所と利用所の距離の大きい場合に珍重されるものである。

5. むすび

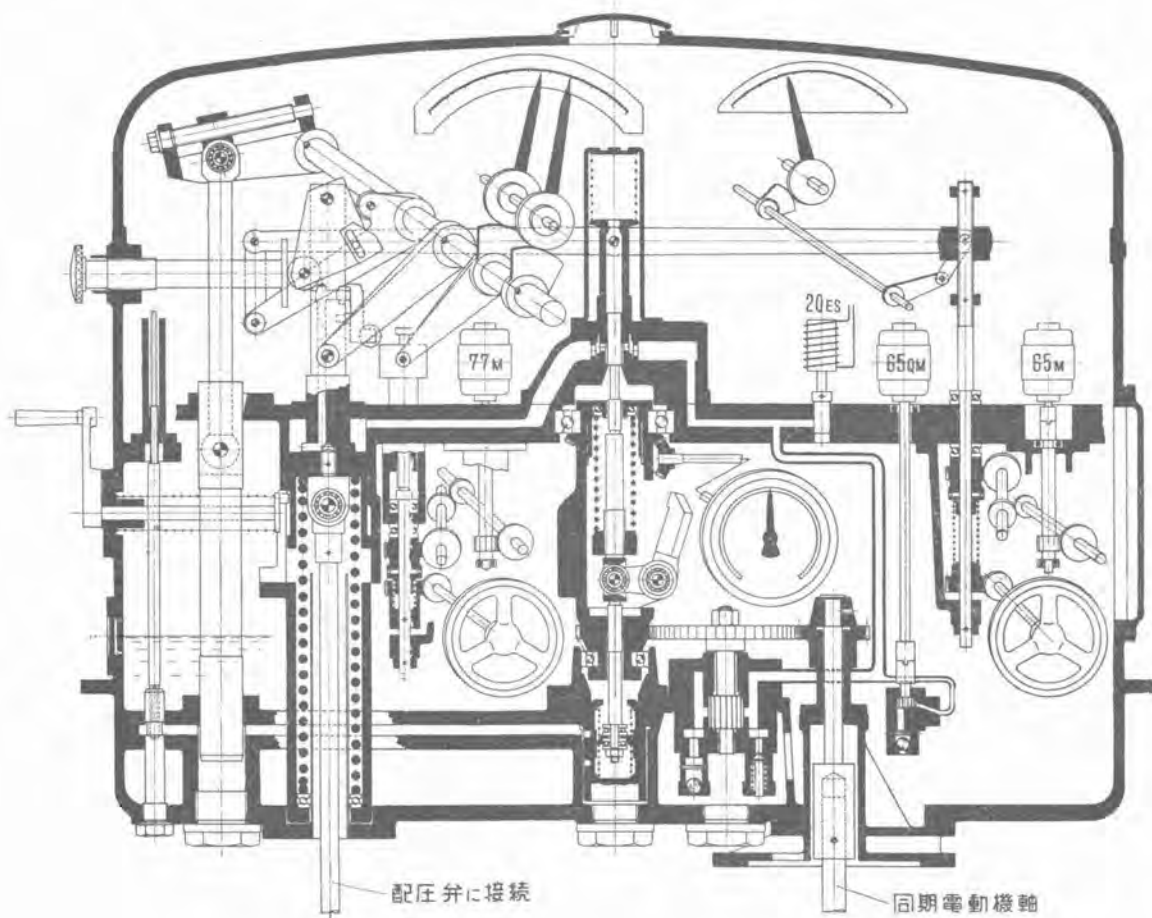
以上水力発電所制御装置の新らしい方法を変落差発電所を主体として述べた。落差の変動は水車に最も強く影響するからこれに関連する制御方法も勢い水車中心になるのも当然なことである。

以上説明した諸方法を応用した発電所名は

- 1 図によるもの 柳津、上田、小田切、湯原第一、伊尾木川、長（三重県庁）、小又川第四（三菱金属）等。
- 3 図によるもの 湯原第一
- 4 図によるもの 上田
- 5 図によるもの 柳津、榎原、久瀬、伊尾木川、上田、旭川（岡山県庁）、長（三重県庁）等である。

変落差発電所制御上の諸問題については今後とも幾多考慮を要する点もあるが、成案を得れば別の機会に発表することとする。

終に臨み幾多の教示と援助を賜った新三菱重工業神戸造船所流体実験場長富永技師、水車設計課長氷室技師の厚意と友情に深く感謝するものである。

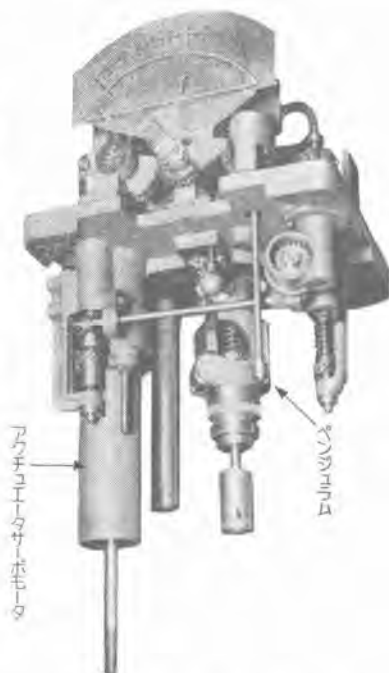


2 図 AIII 型 アクチュエータ

Fig. 2. Type AIII actuator.

2. 調速機

水力発電所の自動運転操作の発達について、調速機は水車の自動起動装置や、危急停止装置、また遠方操作とその監視など、種々の機構が付加され内容は多角的となり、また外観も整頓され取扱も合理的になった。本来の使命たる調速原理は、往時の機構と何等異らないが、調速機の生命とする鋭敏な感度による即応性と、速かに制御を落ちつかせる安定性は、多年の研究改善、工作技術の向上により飛躍的の進歩を見ている。1 図は調速作用のブロック線図で、矢印はシグナルの進行方向を示し、点線で囲んだ部分はアクチュエータで2と3図のように纏めている。新三菱重工製 AIII 型アクチュエータは、水車型式の相違、容量の大小にかかわらず、いずれにも共用できる標準



3 図 アクチュエータの内部
Fig. 3. Interior of actuator.

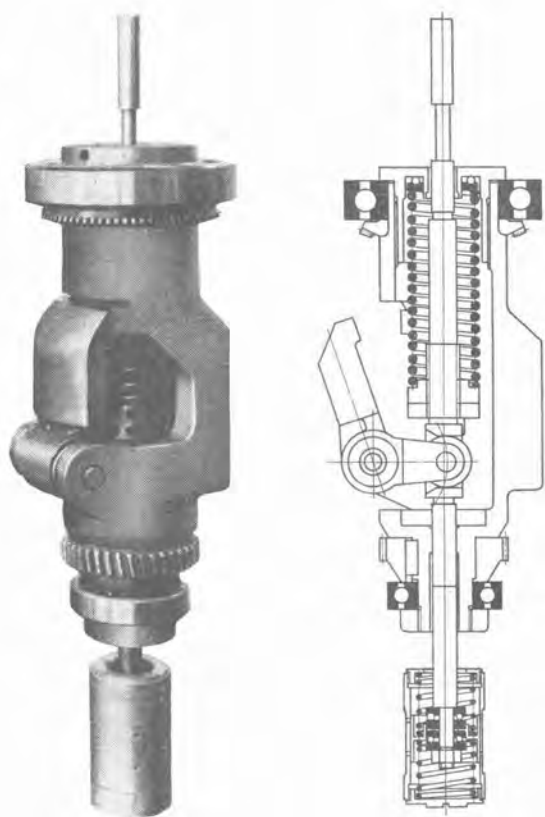
型である。

ア. 検出部

速度変化の検出は、遠心ペンジュラム型を用い、4 図のように、単一ペンジュラム型としている。この型は工作の際の調整が簡単で、特性がはっきりする特長を有している。

ペンジュラムの重量は、検出能力、すなわちペンジュラム機構の感度に影響があり、近時工作精度の向上は、慣性の小さい軽いものを用い感度を上げる傾向にあるが、軽きに過ぎると、僅かな摩擦や油温の変化で作用が乱され、製品の均一を欠く恐れがあるから、適当な重さの選定が大切である。

5 図は、速度の変化による、ペンジュラム作用力を示し、単純な構造は堅牢で確実に作動し、しかも速度変化に対する感度は 0.03% 以内で検出部として優れた性能を有している。



4 図 ペンジュラム機構

Fig. 4. Pendulum mechanism.

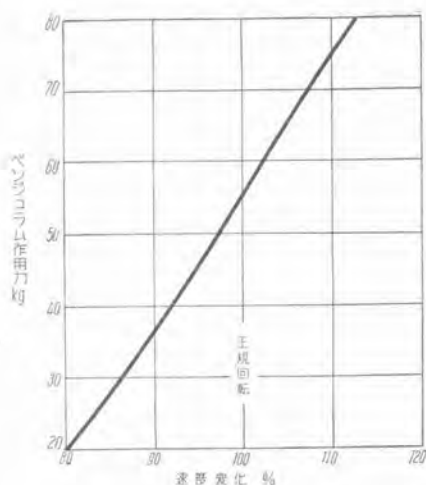
最近欧州で電気式調速機および加速度調速機が採用されている。精度は 0.01~0.03% 程度で実用上大差はないようであるが、機構が巧妙で広く採用される傾向にある。

なお 50, 60 c/s 両地区へ切換送電する発電所用調速機には、ペンジュラム機構の変位揚程を特別に大きくし、感度ならびに特性を犠牲にすることなく、速度調整範囲を下限 42 c/s から上限 65 c/s まで使用できるようにし

5 図 ペンジュラムの作用力曲線

Fig. 5.

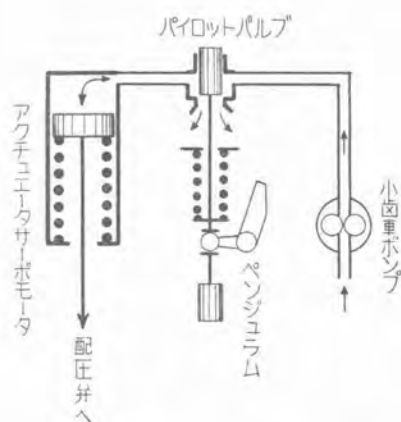
Force of pendulum.



6 図 増幅機構

Fig. 6.

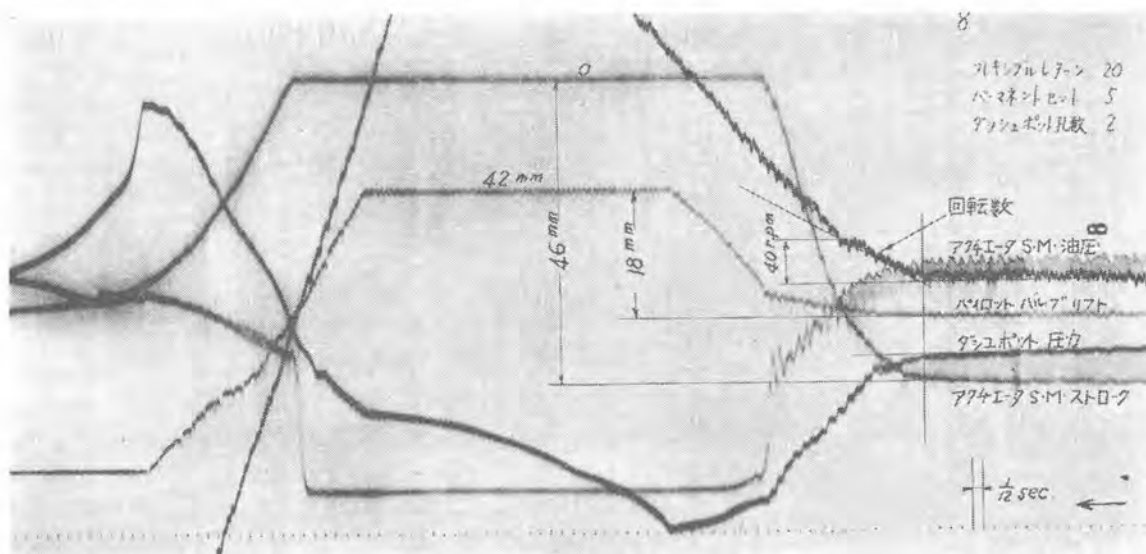
Mechanism of amplifier.



たものを作製している。これにより切換に際し、駆動ギヤの取換等の特別の装置を要せず、配電盤操作により並列を解くのみで、極めて簡単に切換えられる。

1. 増幅部

ペンジュラム機構の検出した微小変位は、油圧力で増幅するが油圧源は他の圧油装置からとらず、内臓の小型



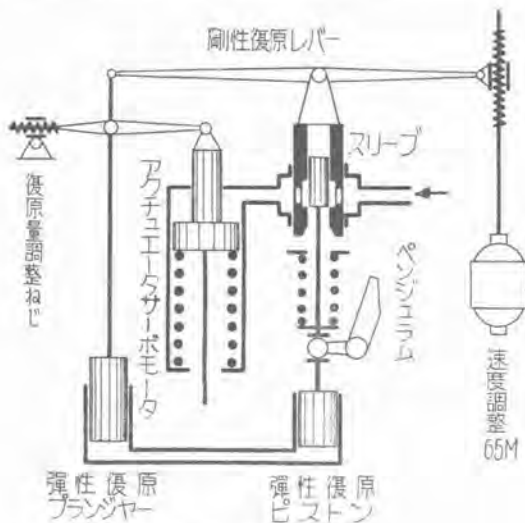
7 図 アクチュエータ試験オシログラム

Fig. 7. Oscillogram of actuator tests.

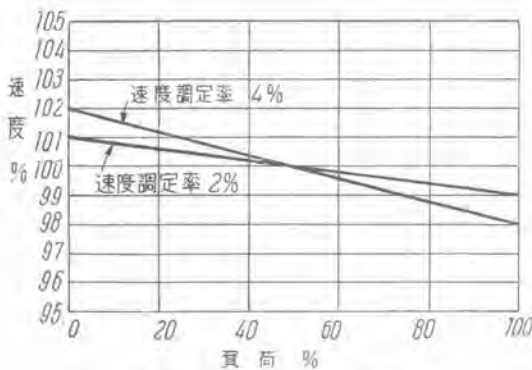
歯車ポンプを備えている。

6 図は増幅機構の説明図で、ベンジラム機構のスピンデル頭部に設けたパイロットバルブは、絞り弁の作用をし、スピンドルの絞りを変化させ、歯車ポンプから送られる油の圧力が変化して、小サーボモータ内のばねと油圧力の平衡は失われピストンは変位する。

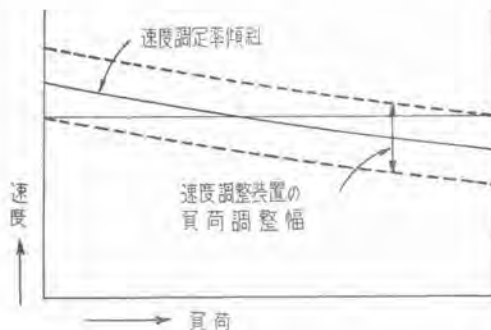
絞り弁型のパイロットバルブは、ピストン型のようにラップがないから、不動帯を生ぜず、検出変位はそのまま増幅伝達される。またスリーブとの嵌合仕上は、ピス



8 図 復元機構
Fig. 8. Return mechanism.



9 図 速度と負荷の関係曲線
Fig. 9. Speed-load curves.



10 図 速度調整装置による負荷変更曲線
Fig. 10. Load change curves.

トン型のように精度を要求せず、工作容易で回転撓動による摩擦抵抗が小さく、したがって摩擦も少ない。

7 図はアクチュエータ工場試験で採取した速度変動に対するベンジラム感度と、増幅サーボモータの作動オシログラムである。

この増幅機構の特長は、調速機駆動源の故障の際には歯車ポンプも同時停止し、油圧が消失して、サーボモータピストンをばねで押し上げ、ガイドベーンを閉鎖し水車を停止させる。

ウ. 復元機構

8 図において、検出部の上部パイロットバルブを囲むスリーブと、小サーボモータの動きを、浮動レバーで関連させた機構が剛性復元であり、また検出部の上部ダンピングピストンと、小サーボモータの動きに応動するプランジャー間を、油をもって結んだのが、弾性復元である。調速作用に特別の安定性をもたす上記2種の復元機構を備えているのが、水車用調速機の特長である。また安定した高度の制御作用を要求するには、両復元機構共に撓動箇所の摩擦抵抗と、各リングの接合部遊隙を最小として不感度を少くし乱調を防止することが必要なので、工作は慎重に行い優良ボールベヤリングを使用する。

(1) 剛性復元

水車の速度変化は、水車の流入量を調整し負荷の変化となつて現れる。この負荷の変化量は、剛性復元機構により、変化した速度に比例して行われる。すなわち水車の回転数変化と負荷との関係は、9 図の如く相互に一定比率をもってほぼ直線的に変化する。

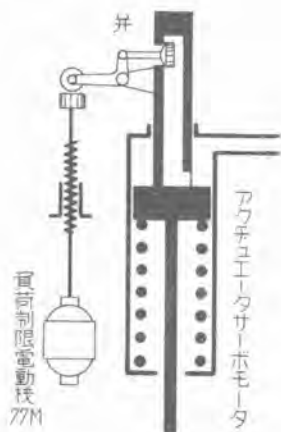
全負荷と無負荷間の回転数変化量は、普通正常回転数の3%前後とし、この率を調速機の前速度調整率と称し、必要に応じて剛性復元機構の復原量を調整して変えることができる。

(2) 弾性復元

速度の変動に応じ、調速機が水車に流入する水量の調整を行う時間は、水槌作用による異状水圧上昇から、導水管を保護するため、適当な時間をかけてガイドベーンを閉鎖する。この際に流入する余分のエネルギーは、水車の速度を上昇させようとするから、これを一定範囲に抑えるため、水車発電機には大きな蓄勢輪効果を持たせてあり、制御作用が終っても、速度変化の現れるのは遅れ、したがって速度整定以前に、制御動作の作用を検出側に反映させ、制御動作の行き過ぎを防止せしめる機構が弾性復元であり、制御の初期の状態で復原量を大きくし蓄勢輪効果の消滅をまって、徐々に復原量を減少し、安定した永久速度に落つかせる。

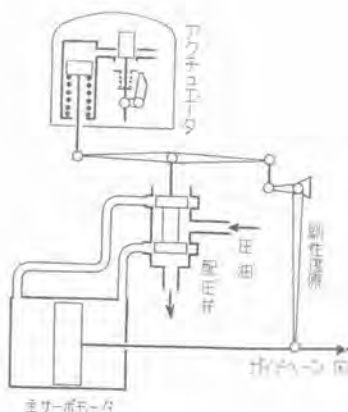
エ. 速度調整装置

水車発電機が系統と並列運転しており、系統の周波数に関係なく負荷の増減を行うには、剛性復元の浮動レバーの支点を移動すれば、10 図の点線のように、周波数と負荷の関係が換えられる。操作は電動機 (65m) を回転して行う。



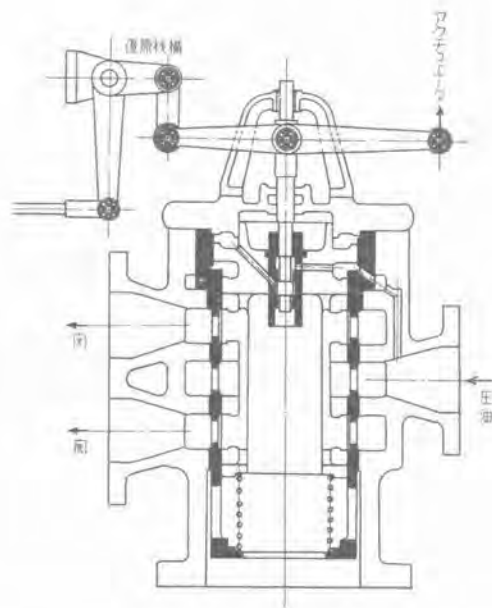
11 図 負荷制限装置

Fig. 11. Load limiting device.



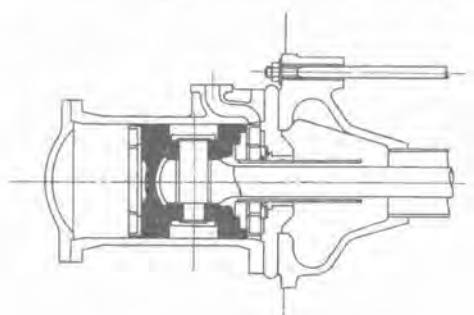
12 図 流量調整の操作機構

Fig. 12. Regulating gear.



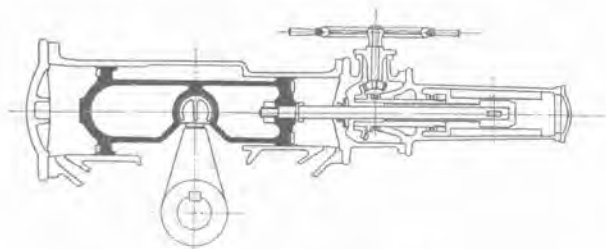
13 図 配圧弁

Fig. 13. Control valve.



14 図 サーボモータ (復動型)

Fig. 14. Servo motor (Double acting type).



15 図 サーボモータ (差動型)

Fig. 15. Servo motor (Differential type).

また水車発電機が単独運転の場合、負荷が一定であれば、回転数の増減機構となり、並列投入の場合は同期揃速装置の操作により、系統の周波数に一致させるに使用する。

オ. 負荷制限装置

系統の周波数が少々変化しても、負荷を一定に保つ装置は 11 図のように、アクチュエータサーボモータに設け、制限位置からピストンが降下せんとすれば、弁を開いてサーボモータ内の圧油を排出し、制限以上に負荷をとらない。しかしガイドベーンの開鎖方向には制限を加えず、周波数が速度調整装置の設定位置以上に上昇すると、ガイドベーンは閉鎖する。

カ. 操作部

アクチュエータの、検出・復原・速度調整・負荷制限の各作用の総和が、アクチュエータサーボモータの行程

となり、負荷制御量となって現れる。しかしアクチュエータは水車の大きな水圧に抗して、ガイドベーンを操作する力はないから、さらに大きく増幅してガイドベーンを強力に操作する機構は、12 図に示す。油圧サーボモータと配圧弁と、両者を結ぶ剛性復原を組合せ形成し、アクチュエータの動きは配圧弁を作動し、圧油の分配により主サーボモータピストンは移動し、復原機構は配圧弁を中正位置に戻し、ピストンの動きは停止する。

配圧弁の構造は 13 図のように、パイロットバルブとメインバルブを組合せ、アクチュエータはまずパイロットを動かし、メインバルブは油圧力により、強力確実にパイロットの動きに追従する。

メインバルブが中正位置にあるときは、無駄な圧油の消費をなくするため、ポートとの間に僅小のラップを付してあるが、ラップは不感度となるから、油の消費とにらみ合せて小さいことが望ましく、また摩耗の少ない材料を使用せねばならぬ。

油圧サーボモータは簡単な構造で、水圧力に抗してガイドベーンを短時間に操作する強力性と、低い慣性は制御を確実に果し、操作機構として広く利用される。その構造は 14 図の如く、配圧弁はサーボモータピストンの両側にそれぞれ圧油を分配して作動させるものと、15 図のように、大小のピストンを有し、小ピストンは大の半分面積で、つねに圧油を受け、配圧弁は大ピストン側のみ操作する。なおこの型式の小容量のものでは、小ピストンをばねに置き換えることができる。

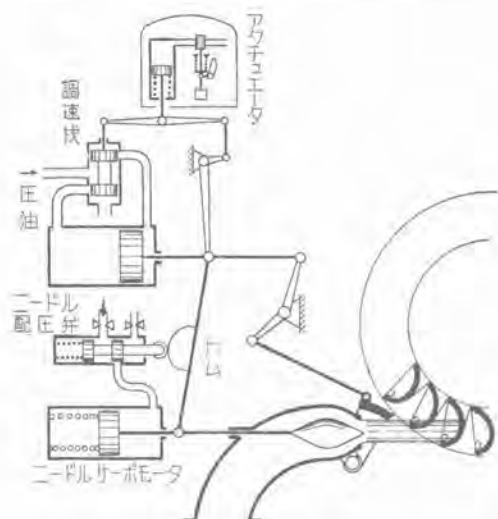
3. 水圧制御

水車の負荷が急減して、調速機が急閉動作を行う際に発生する導水管の異状水圧上昇を防止する機械的方法は、次の二つの機構が採用される。

ア. デフレクタ

ペルトン水車では、負荷の急減に際し調速機はまずデフレクタを短時間に作動し、ノズルより噴出する水柱を屈折してランナバケットより外し、水車の速度上昇を小さくしておき、しかる後にニードル弁をゆるやかに閉鎖し、導水管内の水圧上昇率を 10% 以内に抑えることができる。

16 図はその操作機構線図で、調速機はデフレクタのみ操作し、ニードル弁の開閉はカムにより多少遅れて運動する。一般にニードルは水圧とばねによりつねに閉鎖方向に作用させ、開くには油圧を用い、閉鎖時はサーボモータがダッシュボットとなり、徐々に閉める。



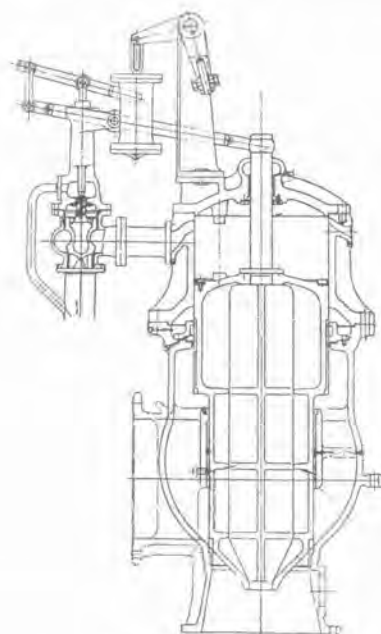
16 図 デフレクタ操作機構

Fig. 16. Operating diagram of deflector.

イ. 制圧機

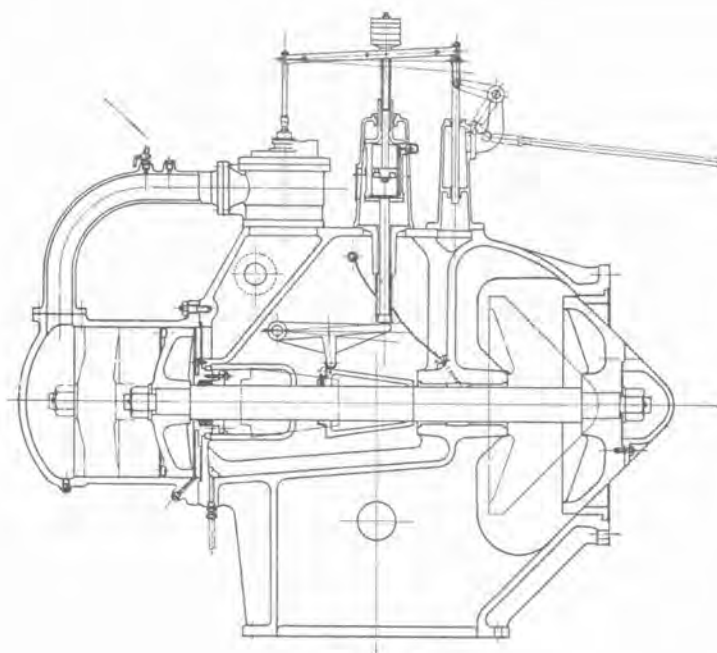
フランシス水車の水圧上昇の制御は、ガイドベーンの急閉により阻止された余分の水量をケーシングから直接放水路に放出する制圧機を用いる。

制圧機は操作機構は種々あるが、油圧式が作動確実で調整も簡単であり、17 図の横型と 18 図の縦型の 2 種あって横型は常時弁管に水圧が作用せず、容量の割合に軽く製作できるが、放水時には流れが乱される欠点があり、縦型はニードル弁型で放流は極めて静かなため、放水弁



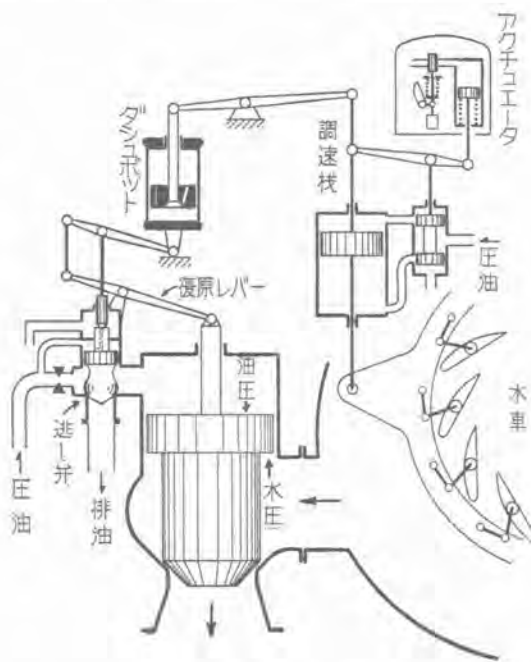
18 図 縦型制圧機

Fig. 18. Vertical type pressure regulator.



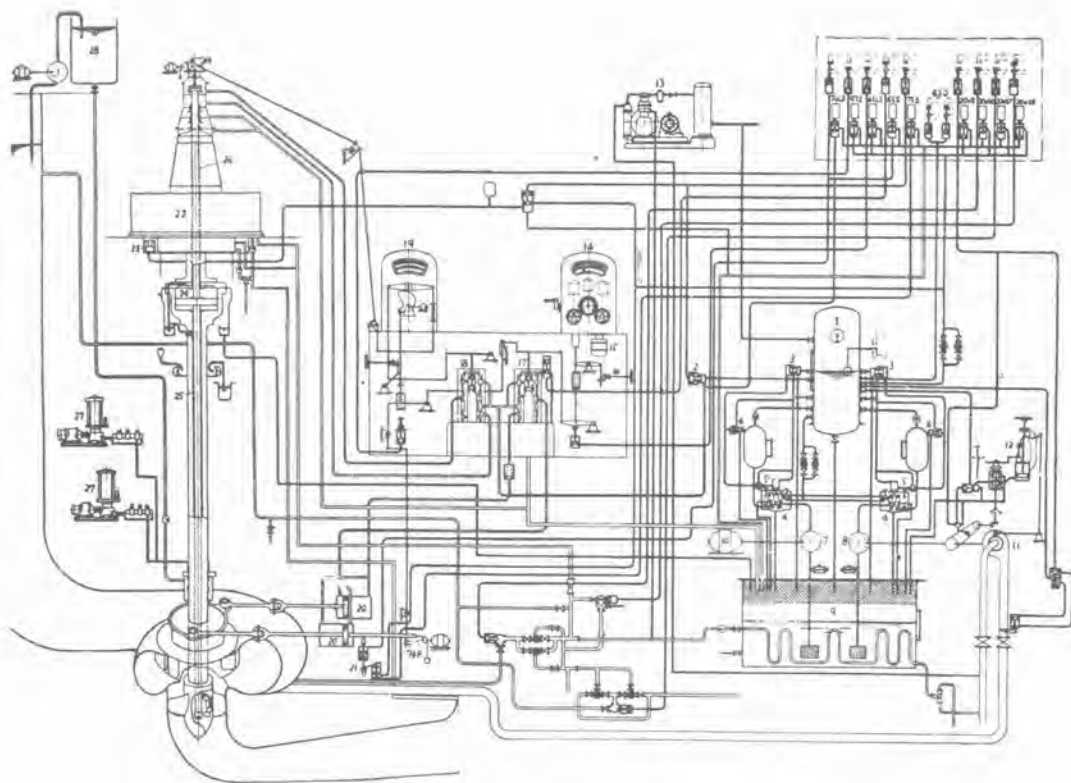
17 図 横型制圧機

Fig. 17. Horizontal type pressure regulator.



19 図 制圧機操作機構

Fig. 19. Operating diagram of pressure regulator.



- | | | |
|-----------------|-----------------|------------------|
| 1 圧力油槽 | 63Q 油圧継電器 | 25 ランナ調整棒 |
| 2 圧油阻止弁 | 14 調速機アクチュエータ | 26 圧油導入管 |
| 3 自動油面調整装置 | 15 調速機駆動電動機 | 27 グリースポンプ |
| 4 油圧調整弁 | 16 手動装置 | 28 上水槽 |
| 5 安全弁 | 17 ガイドベーン配圧弁 | 74LS 起動準備用電磁石 |
| 6 自動空気弁 | 18 ランナベーン // | 97S ランナ起動用電磁石 |
| 7 油圧ポンプ(常用) | 19 // // | 65S 調速機用電磁石 |
| 8 油圧ポンプ(予備) | 20 ガイドベーンサーボモータ | 65LS 無負荷閉度制限用電磁石 |
| 9 油溜 | 21 緊錠装置 | 75S 制動機用電磁石 |
| 10 電動機 | 74P 極限開閉器 | 20WCS 冷却水用電磁石 |
| 11 補助水車 | 発電機付近 | 20WBS 本体排水用電磁石 |
| 12 補助水車調速機 | 22 発電機 | 20WHS 所内 // |
| 13 空気圧縮機 | 23 制動機 | |
| 20WS 補助水車起動用電磁石 | 24 ランナ調整ピストン | |

20 図 カプラン水車自動操作線図一例

Fig. 20. Diagram of an example of controlling system for kaplan turbine.

としても使用でき、据付面積も小さいが、全体の型状が大きくなる。

19 図は堅型の操作骨組図で、弁は差動式で水圧により開き方向に作用し、常時は油圧が弁を全閉位置に押つけている。ガイドベーンが急閉鎖すると、連動レバーはダッシュポットを引きあげ、逃し弁が上昇すると、排出される油量は、圧油装置より絞られてサーボモータに供給している油量より多いから、サーボモータ内の油圧力は減小し、弁は水圧により上昇しケーシング内の水は放出されるが、復原レバーの作用は、ガイドベーンの閉鎖量に比例した開きに弁を停止させる。次にダッシュポットピストンに設けられた小穴から、下部の油が上部に移動し、ダッシュポットシリンダは重量により徐々に降下し、弁は

ゆっくり閉鎖する。

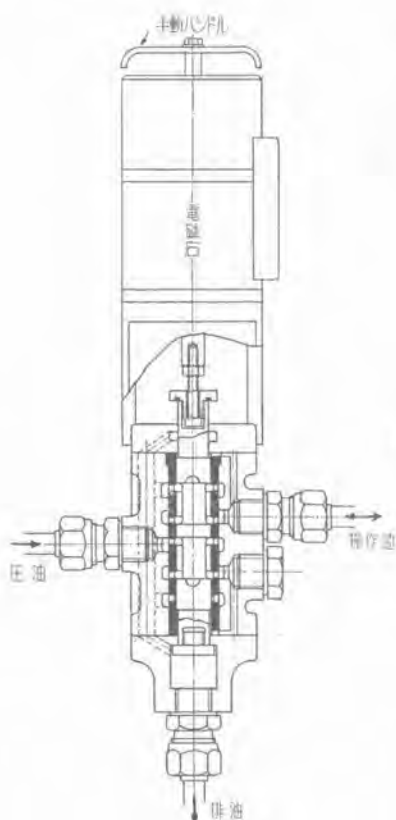
4. 自動制御

水車の運転が手動式から、はじめて自動方式が採用された当時に比較して、各制御方法は改善され、良質の電力を安定かつ経済的に供給するよう考慮されている。すなわち 1 人制御方式、遠方監視制御方式および全自動方式のうち最も適したものが有効に採用されている。

20 図は一例としてカプラン水車機械部分の自動操作線図を示し、線図に見られるとおり、そのほとんどが配圧弁とサーボモータとばねによって構成されている。

ア. 電磁弁

水車の起動、停止や故障時の保護装置などの自動操作



21 図 電磁弁

Fig. 21. Magnet valve.

指令が、電氣的に發せられたのを機械的に変更し、各制御装置を操作するもので、21 図のように電磁石と直結し電磁石を励磁すれば、弁は引き上げられた圧油を送り、消磁すれば排油する。

電磁石が連続的に励磁するのは、電流の消費となるから、弁が上昇または下降すると、自己の油圧によって弁自体をその位置に保持し、同時に電源を絶つ構造となっている。

イ. 入口弁

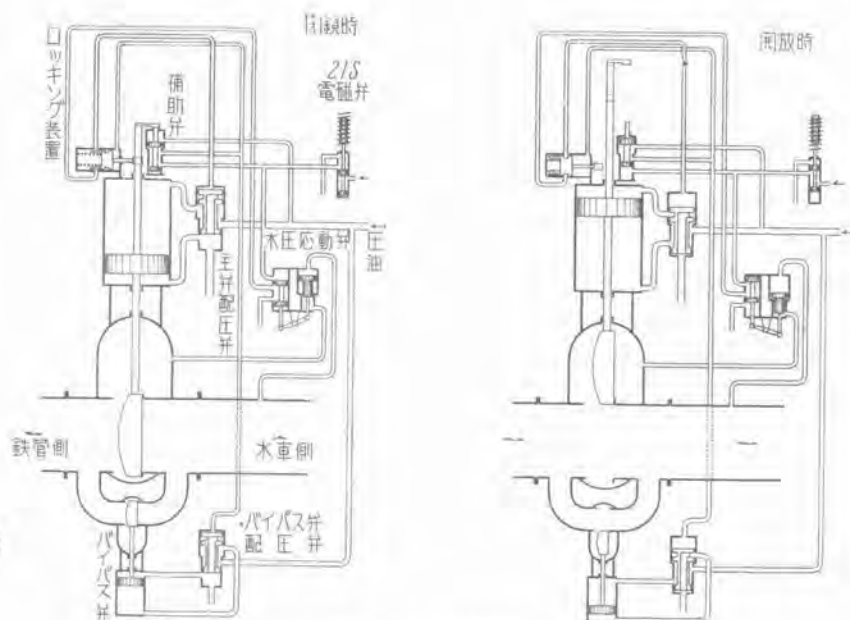
水車入口弁の自動開閉操作は、電動式・水圧式・油圧式・重錘式等があるが、22 図の堰戸弁油圧操作のものについて述べる。なお蝶形弁の開閉操作も同一方式である。電磁弁 21S が作動すれば、圧油は、ロック装置を外し、その条件によってバイパス弁用配圧弁ピストンを押し下げバイパス弁を開いてケーシングに通水する。ケーシングに充水し水圧が上昇すれば、水圧応動弁が作動し、圧油は、主弁用配圧弁に送られ、ピストンを押し主弁サーボモータ開側に圧油が入り主弁は開かれる。

なお水圧応動弁は、鉄管側水圧とケーシング側水圧の差動式となっているから、落差変動の大きい水車の際も確実に作動する。

閉操作の場合は、電磁弁が落ちると、開き動作の際と逆に、まず主弁が閉鎖しロック装置が掛り、次に補助弁によってバイパス弁が閉鎖する。

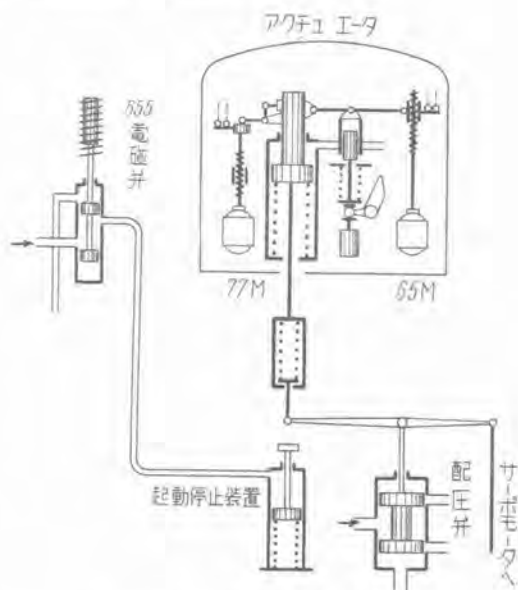
ウ. 水車自動起動停止装置

自動起動操作は、前述の負荷制限装置と速度調整装置



22 図 入口弁操作装置

Fig. 22. Operating diagram of inlet valve.



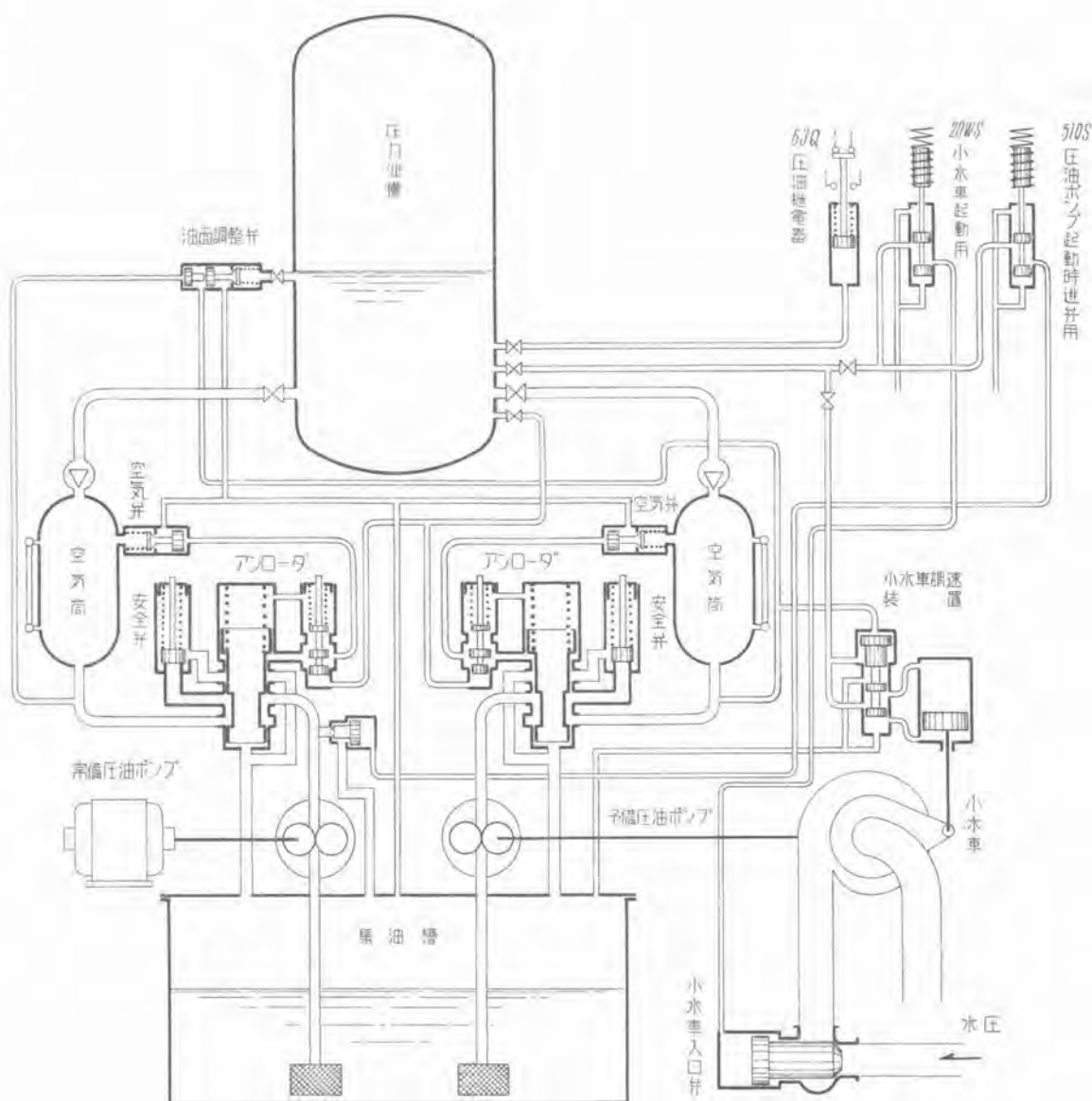
23 図 自動起動および停止装置

Fig. 23. Aut. start and stopping device.

の両者を利用して、短時間に簡単円滑に起動できる。

23 図説明図で水車の起動に際しては、負荷制限電動機 77M および電動機 65M は、極限開閉器により起動に必要な位置を保つ。また調速機アクチュエータ内に組込まれた、起動用小型歯車ポンプを運転してアクチュエータを活かす。次に電磁弁 65S を作動し、起動停止装置が配圧弁を閉方向に押し上げているのを解放すれば、ガイドペーンは、負荷制限装置が設定する起動開度まで開いて水車は起動する。水車の回転が正規回転に近づくとき、調速機が作動をはじめ、速度調整装置の設定位置までガイドペーンを閉鎖して、水車は正規回転前後に落付く。

ダム式発電所で落差の変化の大きな水車のガイドペーン起動開度は一定しないので電動機 77M により、ガイ



24 図 圧油制御の一例

Fig. 24. Diagram of pressure oil pumping plant.

ドベーンを徐々に開き、水車が起動すれば起動確認装置の作動によりその開度に止める方式を採用している。

水車の普通停止は、速度調整 65M を操作し負荷をとり去り、電磁弁 65S を落して配圧弁を閉方向に押し上げ、ガイドベーンを閉鎖する。危急停止は直ちに電磁弁 65S を落して水車を停止する。

エ. 圧油制御

圧油装置の構成やその制御方式は種々の組合せがあるが、要は圧力油槽の油圧と油面を規定値に保たせるのが目的である。

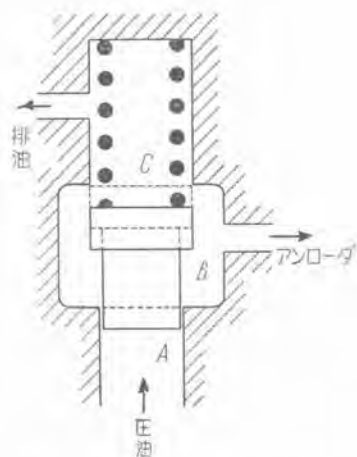
24 図の説明図は、電動機駆動の圧油ポンプを常備とし、小水車駆動の圧油ポンプを予備とした。信頼性の高い方式で、電動機ポンプが停止するか、あるいは圧力油槽の油面が異常低下して、油圧継電器 63Q が作動すれば、電磁弁 20WS が上り、小水車入口弁を開いて小水車ポンプは起動し圧油を補給する。

常用圧油ポンプは連続運転しているが、圧力油槽内の水車の制御装置とサーボメカニズム・山本

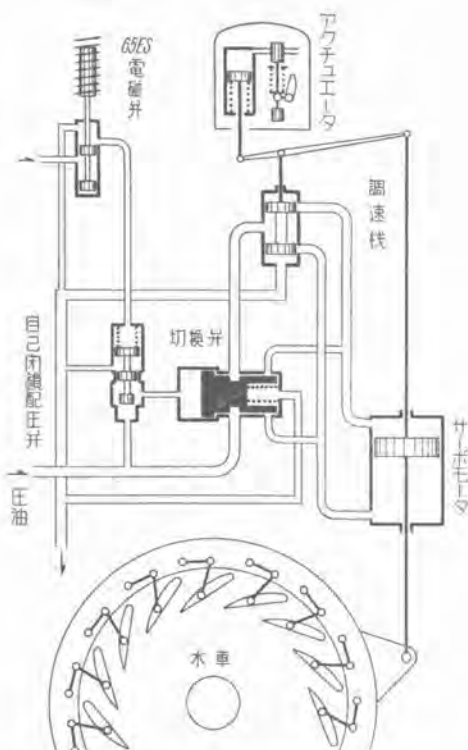
25 図 パイロットバルブ作動図

Fig. 25.

Action of pilot valve.



油圧が規定値で、送油の必要なき時は、アノローダとして知られている。バイパス弁をポンプと圧力油槽間に設け圧油ポンプより吐出された油を、無圧にして直接集油槽に戻し、圧油ポンプの負荷を減じると共に、ポンプの



26 図 ガイドベーン自己閉鎖装置
Fig. 26. Self closing device of guide vane.

摩擦を助け、油の温度上昇を防止する。

アンローダの作動油圧は、通常規定油圧の上下約 1 kg/cm^2 でこの上限下限の油圧にアンローダを正確に作動させるため、アンローダ用パイロットバルブは 25 図のように、面積の違った二つのピストンを装備し、油圧が上昇すると小ピストンはばねに抗して上昇し、上限圧力で点線の位置に達すれば、A 室と B 室は連結し圧油は大ピストンに作用するから、ピストンは大きく上昇し、ポートは広くなり圧油は充分に送られ、アンローダは確実に作動する。

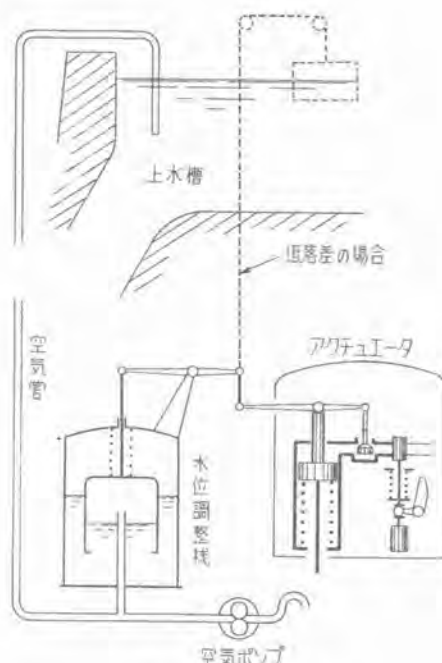
油圧が降下して下限に達した際は、前記と同様にピストンは急速降下してローディング状態となる。

圧力油槽の油面を規定値に保つ装置は、アンローダの作用を利用して、一定小量の空気を、空気筒を経て補給すると共に規定以上の空気は油面調整弁を経て排除する方式としたもので、作動は極めて確実で、圧力油槽の油面はつねに規定値に保たれる。

オ. ガイドベーン自己閉鎖装置

ベルトン水車のニードル弁は水圧によりつねに閉鎖方向に力が作用しているが、フランスス水車およびカプラン水車のガイドベーンは、従来水圧力により開く構造に設計されていた。近來ガイドベーンの軸の位置を変更して、つねに閉鎖方向に水圧力が作用する構造とし、調速機が機能を失った際に、自動的にガイドベーンを閉鎖して、水車を停止させ加速の危険を防止している。

26 図は装置の線図で、電磁弁 65ES が上ると、自己閉鎖配圧弁が切換弁を操作し、調速機に送る圧油を遮断すると同時に、サーボモータの開側と閉側が連絡し、サ



27 図 水位調整装置
Fig. 27. Water level regulating device.

ーボモータは操作力を失い、ガイドベーンは自動的に自己閉鎖する。この装置の目的とする所は、圧油槽油圧低下する外に配圧弁その他がつまって作動不能となった時、サーボモータ内の油を抜き水圧により閉鎖させるようにしたものである。

なお自己閉鎖配圧弁は、油圧が異常低下した場合に、電氣的油圧継電器の保護以外に第二段の保護として、機械的に切換弁を作動させる構造となっている。すなわち圧油装置アンローダのパイロットバルブと同様の装置を組み込み、油圧が規定値に低下すると、切換弁に送っている圧油を排出し、前述の如くガイドベーンを自己閉鎖させる。

カ. 水位調整装置

河川の流量に応じて、水車の負荷を自動的に制御するには、上水槽の水位をほぼ一定に保たせる水位調整装置によって行い、これは水位による負荷制限の方法で、水位の状態を調速機に伝達する機構は、低落差では浮子を直接調速機に連絡し、高落差のものは浮子位置を電氣的に伝達し負荷制限装置の 77M を操作するか、あるいは 27 図に示す空気ポンプによる装置を用いる。

5. むすび

以上現在の水車制御の概要について述べた。

これらはすべて着実な成果をあげているのであるが、将来電氣器具の進歩につれますます良質の電氣を送電することが要求されるので、制御装置もより精巧にして信頼性の高いものとする必要がある。

これに答えるためわれわれは、現在の方式を絶えず吟味検討し、これを基として装置の合理化および単純化を計り、とくに電氣技術および通信技術の提携強化によって、完全な制御方式を開発したいと念願している。

最近の豎型水車発電機の据付

神戸製作所

吉 武 正 彦*

Installation of the Latest Vertical Water Wheel Generators

Masahiko YOSHITAKE

Kobe Works

Perfect installation of water wheel generators at the site is as important as excellent design of machines, which can never display their fullest value without it. Based on our experience in the installation of scores of vertical units in the past, a certain practice taken as a standard by us is believed to be highly recommendable.

1. まえがき

土木工事が進んで機械の据付が始められるようになると関係者一同が工程会議を現地において行う。これによって据付開始の時期を決め、無負荷運転までの工事の総合計画を立てる。以下据付作業の順序にしたがって運転までに遭遇する技術的問題について記述する。

2. 工程会議

打合せ会議の出席者は一般につぎの関係者である。

発電所建設者側(電機器関係および土木)

据付下請業者(直営の場合は除く)

製作所側(水車および発電機)

現地工事の進捗状況を詳細調査の上、主として下記の点に関して打合せをする。

- (1) 工事工程表の作成検討
- (2) 発電所作業場の完成の時期および使用の順序
- (3) 工具および補修工場設備
- (4) 作業員および指導員

(5) 起重機使用の時期および通水期日、完成期日

(6) 品物の運搬倉庫の状況

(7) 特殊作業を行う場合の段取方法について

一般に据付工事は土木側の建屋の完成を待たず始められることが多いから、ステータのワインディングとか回転子組立が充分危険の無い場所で始められるようにまた時間を充分にかけられるような工程を立てなければならぬ。工程表には主作業で直列に連なる作業をまず決めて平行に行われる作業は合せ記入する。工程表中の二、三の重要作業を中間目標として決める。作業は水車および発電機据付作業が主になるが同時に変圧器の組立時期および場所等についても良く考えて後日起重機とか組立場所で問題が起らないようにする。予備試験には充分な日時を取るようにして最後になって何日も作業者が徹夜したり夜間遅くまで作業したりしないようにする。最近の発電所はバレル型式のものと結構式あるいは、単床、二床、三床というように大別されるが発電機そのものの工程はあまり変らない。しかし

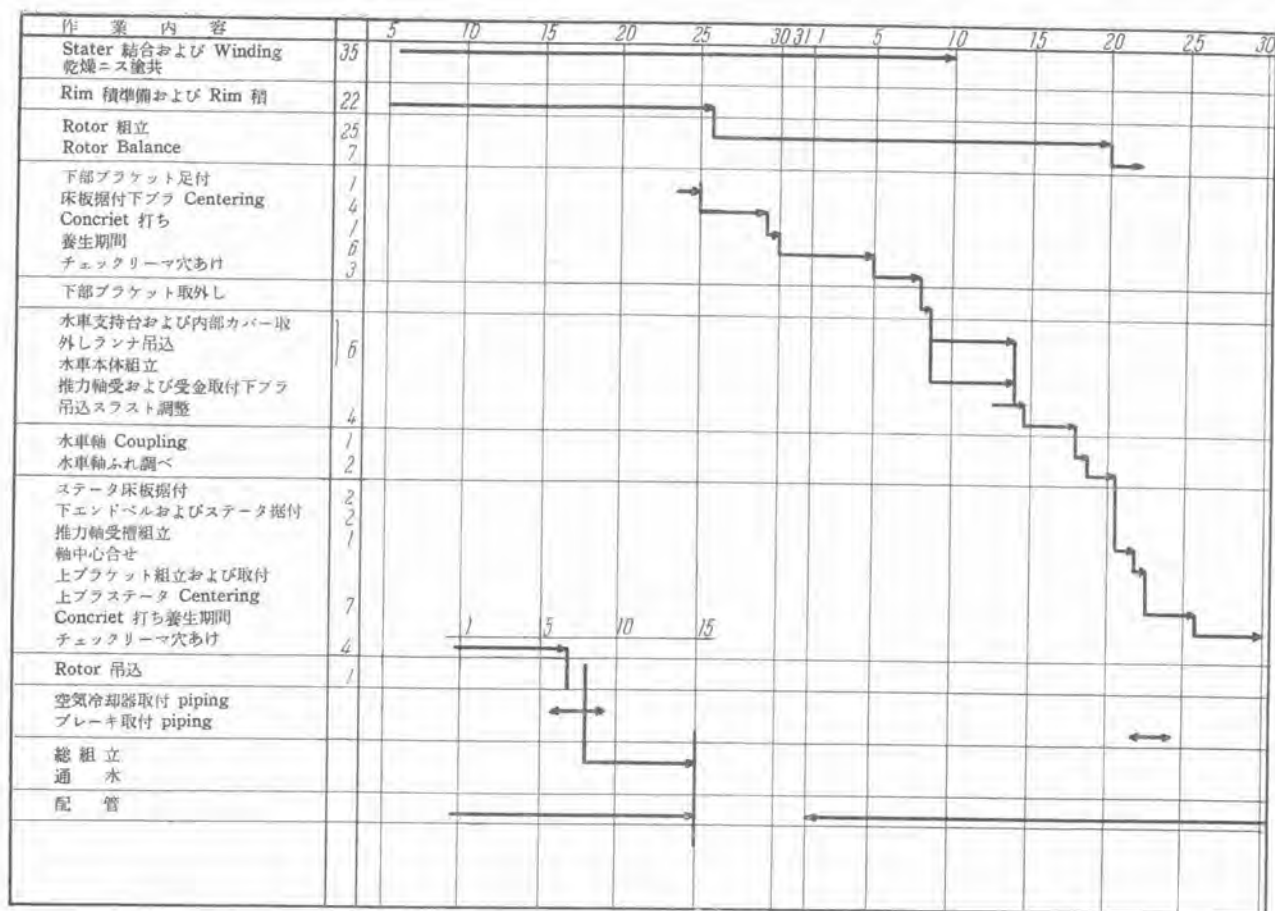
傘型(アンブレラ)と普通型

とでは幾分違ってくる。同一容量、同一回転数の機械であれば傘型は普通型に比して据付期間は短縮できる。それは傘型にあっては回転子組立(リム積み、磁極取付、バランス等の作業)とステータ結線作業と主要部のアライメントが並行して始められるからである。普通型ではアライメントに際しかならずステータを必要とするが傘型では上部に軸受が無いので精密な心出し作業を必要とせず推力軸受調整後に中心および高さをスラストカラから求めてコンクリート打すれば宜しい。また三菱傘型水車発電機はスラストカラから簡単に回転子を取除き得るし推力軸受調整は主軸のみで行えば良くまた推力ブラケットをいずれの場所に移して調整しても差支えない。3図は傘型水車発電機の組立順序を簡単に図示したものである。



1 図 某発電所工程会議時の状況

Fig. 1. State of power station as of the process conference.



2 図 某発電所 9,500 kVA 傘型水車発電機工程表
Fig. 2. Progress of work of 9,500 kVA Umbrella type generator.

3. 荷箱の検査

小さな機械は組立てられたまま現地に送られるが、大型機は分解されて部分品毎に荷造りし



3 図 傘型水車発電機組立順序
Fig. 3. Assembly order of Umbrella type water-wheel generator.

て送られる。据付工事が始められる前に製作所から送られてきた出荷案内書によって内容品を調査し不足部品とか破損部品とかをできるだけ早目に補充して置くことが望ましい。倉庫は一般に大物倉庫、小物倉庫等と分けられるがいずれも場所の選定と現場までの輸送の便、不便は作業能率に直ちに影響する。工程表にしたがって工事の順序が決められたら持込順序にしたがって解箱する。一号二号と同一機種が2台以上ある場合に据付順序と解箱順序を間違えないようにする。倉庫保管もまた重要な作業である。小物で直ちに必要としないものは取出す時に不便を感じないように札を付けて確実に整理保管する。据付までに長期間放置される場合には雨水湿気の浸入に注意し床をコンクリートとし荷箱を床面より一尺位上げる等の方法が採られる。三菱水車発電機は絶縁物を含む荷箱（たとえばステータコイル、回転子コイル、配電盤等）鉄板張りにしたケースに入れて雨水、湿気に対して耐えるようにしてあるから解箱にも注意しなければならない。4 図は現地における開箱の一例である。

4. 基礎

製作所から送られてきた基礎図面にしたがって基礎コンクリートが施行される。基礎コンクリートは良質のも



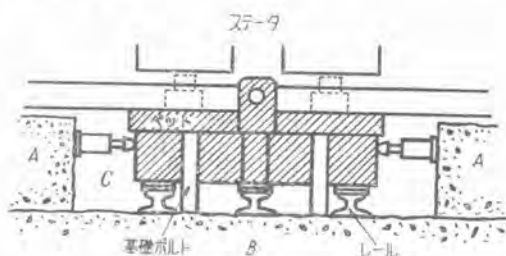
4 図 ステータの開箱
Fig. 4. Unpacking of casing.

のでなさるべきである。ビットの直径、基礎ボルトの穴、風洞の通風口、ケーブルダクト、パイプ溝等は予め寸法、位置を充分調べて置く。とくに基礎ボルトの穴の位置、ビットの水車中心に対する位置、一号二号の関係位置等には注意しないと機械の床板を置いてから基礎ボルトの穴を掘り返したり完成後ビット中心と機械中心と違って外見の悪いものができる。良い基礎を得るためにはコンクリート施行前に鉄筋を組みあげた時に機械据付者が立会って寸法を調べるのがよい。とくに

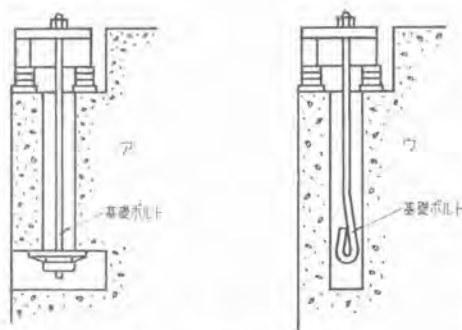
- (1) ビットの中心および直径
- (2) 基礎の高さ
- (3) 基礎ボルトの位置深さ寸法
- (4) ダクト寸法(水、油、配線工事のための)
- (5) 埋込フックの位置(組立に都合の良いために)

に注意し完成後に手間どらないようにしたい。また往々にしてステータのベッドとベッドの間の5図Aの部分为基础打に際してBと同時に打たないことがあるが良くない。コンクリートの二度打は完全には接着しないものと考えてAおよびBは共に打つかBからAに鉄筋を充分に出す。基礎ボルトの穴に材木で埋木をすると木が水を吸って膨れ抜けなくなることが多いから抜き易いように工夫する。5図Cの部分はコンクリート表面が滑かな方がよい。ライナの真下になる部分に凸凹があるとステータあるいは回転子を乗せてから水平が狂ったりすることがあるから充分慣らして水洗いする。他の部分は表面コンクリートを起して接着を良くする。

5. 基礎ボルト



5 図 ベッド
Fig. 5. Bed.



6 図 基礎ボルト
Fig. 6. Foundation bolt.

基礎ボルトは原則的にいへば予め基礎コンクリートにあげられた基礎ボルトの穴に埋込んでコンクリート、フレームを乗せてから基礎ボルトを締上げる。しかし予め埋込むには高い精度が要る。現在三菱水車発電機

ではつぎの3種の基礎ボルトが使用される。

(1) 両端にねじを切った基礎ボルトで基礎コンクリートビットの側面に穴をあけて上下から(普通余裕のあるパイプの中を通す)締付ける。この型はボルトが充分に中で動けるので据付は楽である。

(2) (1)と同じで側面に出ず盲になったもの。

(3) 普通に利用されるL型のもので基礎に穴を明けて置いて埋込むものでベッドのコンクリート打の時に同時に打つ時と先に基礎ボルトだけ打ってベッドの穴に少し大きな融通をつけて後で心を合わせる時とある。一般の場合は前者を用いる。

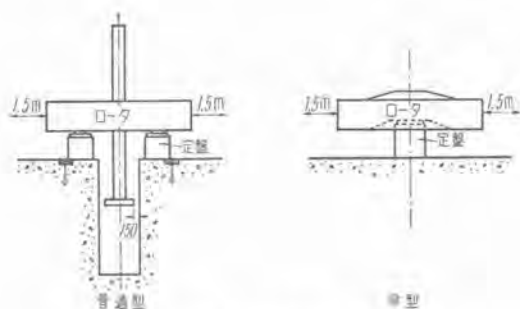
6. 据付開始に対する準備

本格的な発電機据付作業が開始される前に、水車のアライメント、回転子の組立、ステータ結合、結線、ブラケット組立等の作業が完了されていることが望ましいが色々な現地の条件から理想どおりに行かぬことが多い。

ア. 回転子組立に対する準備

普通型の2軸受の回転子の場合にはスパイダーリムを組立てたり回転子磁極を取付けたりするための組立場所の床面に回転子の主軸の下部接手が入る穴をあける方が便利である。その穴は接手の直径よりも片側で150mm位あけて回転子を降す時に便利にする。リム板を積層するためには回転子完成直径よりも半径で最小1.5m広く場所をとらないと不便でこの余裕は磁極の取付の際にも必要である。また位置は起重機使用の可能な場所とする。また前述の接手穴はしばしば焼嵌め用ビットとして利用される。回転子を支える床面はもちろん回転子の重量を全部支えるに十分な強度を持たなければならない。また回転子リムを組立てて行く際にボルトで締付けて行くがこの場合に床面から他のボルトで締付ける場合とリムの締付穴を利用して締付ける場合とがある。二、三の発電所においてはアンカプレート(Anchor plate)をコンクリート打の際に回転子の図面と照し合わせて埋込んでこのアンカを利用して締付けて便利であった。

傘型水車発電機の場合も同様である。前述のとおり三菱傘型水車発電機は回転子と主軸部分は簡単に取外せるのでこの場合は焼嵌めビットは不要で回転子を支える台



7 図 回転子組立準備
Fig. 7. Provision for rotor assembly.

を用意する。この台はリム積みに際して荷重によって傾かないように鋳鉄製の定盤を使用したり、コンクリートブロックを用いたりする。角材を使用することは面白くない。

イ. ステータ組立に対する準備

ステータは鉄心にコイルを入れて送られる場合と入れずに送られる場合とがある。いずれの場合にしても発電所に送られるまでの道路、橋、貨車制限によって制限重量が決められたステータの割れ数を三つとか四つとか六つとかに分けて送られる。送る場合のステータの位置は鉄心を堅にすると鉄心内面を上に向けるとか下に向けるとかを予め決めて置いた方がよい。現地に送られてきた姿勢からステータを合わせるまでには起重機によって天地されるが非常な注意が払われなければならない。ワイヤロープの掛け方、角度、長さを予め考えてロープを作成して置く。フレームを合わせてから定位置に持って行く作業でフレームに変な応力を生ぜしめたり、ワイヤロープでフレーム上部をしぼって変形させたりしないようにしたい。強度的に心配な場合には上ブラケットを取付けて吊る。起重機が1台でブックが2箇の場合、起重機が2台の場合等二つのクレーンで吊る場合、吊上げの速度に注意しないと負荷をかけて異なるものがある。ステータの組立と回転子の組立、水車部品の組立等は同時に行われることが多いから組立場所の使用順序、期日を決めて置く。時には組立場所が狭くてステータの組合せおよび結線作業を基礎の上で行わなければならないことがある。この場合にはステータを基礎から 60 cm 位上げてコイル入れ等の便利にし、またピットの内側には足場を造って作業が容易なようにする。結線中に水車組立作業が行われるような場合のためにバレル型式の場合には足場の中央に蓋を作る。いずれにするステータの結線作業に対しては特別の注意をして準備する。

7. 回転子組立

回転子を大きく分けて普通型と傘型とに分ける。普通型の2軸受型のものは鋳鋼、鍛鋼の輻鉄を直接軸に締り代を持たして結合されるものとスパイダーボスを軸に締付けまたは他の方法で結合してその外側にリムを積層する型式のものとなる。順次その組立について説明するが普通型がすべての基礎になる。

ア. 軸

工場から送られてきた軸は全面に防錆塗料が塗られているから洗油またはガソリン等で落し、輻鉄の嵌まり込む部分の寸法を正確に記録した方がよい。軸の全長および接手から磁極中心までの寸法等は工場にて正確に測られているが据付の高さを決めるのにもっとも重要な要素であるから再確認測定する。水車軸、中間軸、も同一のスケールで測定する。軸受部分は当社にては超仕上されているからエメリークロス等を使用しない。

イ. 輻鉄

直接軸に結合される輻鉄は軸と同じく防錆塗料を塗って送られる。普通数分割されるが重量物であって現地の取扱いが不便なので直ちに焼ばめ圧入のできる姿勢で送られる。軸同様に輸送中の損傷、かえりを取り去って輻鉄の内径を測定記録し締代を計算して置く。

発電所現場において軸を輻鉄に押込む方法にはつぎの三つの方法が一般に用いられる。

(1) 圧入

水圧機でもって主軸を輻鉄に圧入する方法であるが現地においては適当なる水圧機が得られにくいために余り多く用いられない。このために使用されている水圧機は可搬式のものをを用いる。

(2) 冷し嵌め

中小型機のものに対して冷し嵌めを用いることがある。これはアセトンとドライアイス、アルコールとドライアイス等の混合体を使用して桶の中に入れて軸を冷却する。しかし現地においてドライアイス等の入手が困難なために余り行われない。中空軸のものでは太い軸に対しても行われることがある。

(3) 焼嵌め

回転子輻鉄を熱源によって暖めて内径を拡大して軸を挿入する方法でもっとも普通に行われる。これには主軸を輻鉄に挿入する場合と輻鉄を主軸に挿入する場合とがある。いずれの場合にしても、輻鉄の重量および主軸の重量と起重機の容量、輻鉄の構造、締り代の実測、工具、方法を事前に調査し方針を立てる。輻鉄の温度を上昇せしめる方法は最近ではつぎの二つの方法によって行われる。

Strip Space Heater による方法

Induction Heating による方法

この使用選択は輻鉄の種類によって決まる。すなわちスポークを持った積層リムのものに対してはスペースヒータを用い中実輻鉄のものに対しては誘導加熱を用うことが多い。またスラストカラに対しても誘導加熱が簡単である。これ等の加熱に使用される電源の容量についての簡単な計算式をつぎに示す。

a. 必要な温度上昇の計算…………… $\tau^{\circ}\text{C}$

$$\tau = \frac{\Delta d}{kd}$$

Δd …………… 拡大代 (cm)

d …………… 穴の直径 (cm)

k …………… 1.12×10^{-5}

b. 加熱時間の決定…… t 時間焼
 嵌めに対しては 8~10 時間焼
 抜きに対しては 0.5~1 時間に
 とりスラストカラ等はその都度決める。

c. 以上から単位時間の温度上昇を決める。

$$\frac{\tau}{t} \text{ } ^\circ\text{C}$$

d. 必要な電力 P の計算

$$P = 0.268 W \frac{\tau}{t} \text{ kW}$$

W …… 熱する輻鉄の重量 (t)

以上により必要な電力 P kW が得られたならばこれに相当したスペースヒータを用意して輻鉄周辺に吊して加熱する。誘導加熱による場合には以上の計算をしてからさらに

a. 線輪に流すべき電流 I アムペアの計算をする。

$$I = \frac{P}{0.6 E}$$

E …… 仮使用電圧

E の決め方はつぎのようにする。実際使用電圧は交流の 50 または 60 c/s の 100 V, 200 V がほとんどであるのでこの仮使用電圧は 100 V, 200 V, 400 V, 600 V というように実際使用電圧の倍数に採る。そしてたとえば仮使用電圧が 400 V で実際に使用する電圧が 200 V の場合にはつぎの b. の項で計算される巻数 N を二つに分けて並列にし 200 V ずつかけるようにする。

b. 巻数 N

タブティル溝が余りに大き過ぎる場合を除いて一般に次式によって計算する。

$$N = \frac{L}{I} (143 \sqrt{\frac{P}{A}} - 28)$$

A …… 輻鉄円筒表面積

$$\pi D L \text{ cm}^2$$

L …… 線輪を巻く長さ

(輻鉄の軸方向の寸法) cm

N …… 巻数で小数点以下

四捨五入する。

c. $\frac{L}{N}$ の検算

$$\frac{L}{N} < 5 \text{ cm}$$

としたい。これに入らない時には E を変える。

d. 必要な電線の長さ

…… L_e cm

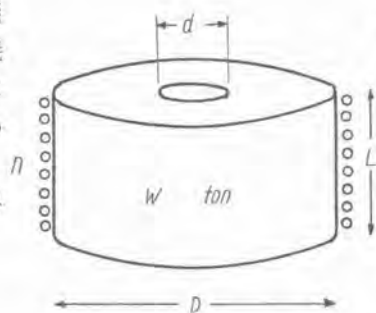
$$L_e = \pi D N \text{ cm}$$

e. 必要な変圧器の計算

$$\frac{P}{0.6} \text{ kVA から決める。}$$

以上によって 9 図のような電

最近の堅型水車発電機の据付・吉武



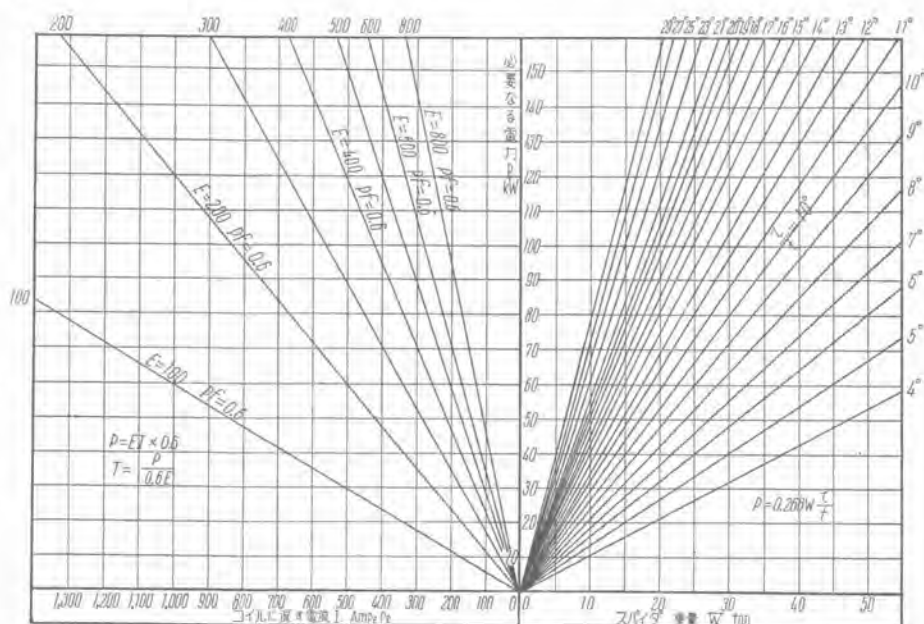
8 図 スパイダ寸法
 Fig. 8. Spider dimension.



9 図 誘導加熱
 Fig. 9. Induction heating.

線を巻いて誘導加熱する。絶縁はアスベスト布またはガラス布を用いる。被覆電線の場合には一般安全電流の半分位にとる。10 図 は誘導加熱の時の目安をつけるためのものである。

いずれの場合にしる加熱は徐々に行わないと熱応力を内面に生じて良くない。温度上昇がいちじるしい時には開閉器を入れたり切ったりして電源を調整するかまたは放熱効果を調節するがいずれにしても十分に慣れた経験者であることが望ましい。温度は直接輻鉄に取付けられた棒状寒暖計によって測定される。温度上昇が予測した値に近づいたならば主軸を挿入する場合には主軸を天地して水平を出して置く。キーは加熱前に主軸に対しても輻鉄に対しても十分に合わせてから主軸に取付けておく。温度が予測値を越えたならば温度の影響を受けないように注意しながらマイクロメータまたは棒ゲージによって確認してから軸を入れる。逆に輻鉄を主軸に挿入する場合には温度が上昇してから急いでスペースヒータあるいは誘導加熱コイルを取外しロープを掛ける。主軸は



10 図 スパイダの加熱早見図
 Fig. 10. Guide to spider heating.

予め水平を完全に出して置く。また輻鉄は重量物であるので吊り上げると水平は決ってしまうので逃げが無いから主軸に輻鉄が入り始めてから主軸を締付けているボルトを幾分緩めるとよい。いずれの場合でも挿入前に輻鉄内径、主軸嵌合面を清掃して油、黒鉛、または白鉛ペイントを冷い側に塗る。白鉛ペイントは熱によって固るので余りすすめられない。

ウ. リム積作業

リムを積層する型式のものでは、回転子組立作業中でこのリム積作業は時間の掛るものであるから早い時期に始められた方がよい。この作業は同一作業の繰返しであって作業者の数と時間を注ぎ込みさえすればある程度工程の短縮可能な作業である。作業日数も積層されるリム板の数によって大体計算される。ただ作業中に回転子の周囲で多くの作業者が同じような仕事をするのと隣りの人の作業との関連性があるので作業能率は作業者のチームワークによって大いに異なり、作業速度は最低能力者の速度で決まることは考えて置かねばならない。スパイダボスを定位置に置いてからあるいは傘型の場合だとスパイダボスを定盤の上に乘せてからリム積み作業が始められる。

(1) スパイダボスを清掃して定められた場所に置く。傘型の場合には前述のように定盤の上に置かれるがハブの下面を傷つけないように敷金を敷いた方がよい。スパイダスポークの端の下面と床面の間は500mm位の距離を保つ。ボスの上面にて水平を見て作業中に狂わないように注意して据付ける。つぎにリムの下側の端板を一円のものとして取付けるがこの時制動輪および下側ファンとの関係位置に注意する。また下側クランプはジャッキにて水平を保つようにする。

(2) リム板は輸送のための錆止めを落してから回転子外周にまたはスパイダボスの上に台を作成して置く。スパイダボスとリム板との間で作業者が自由に動きうるだけの空間を残す。すべて連続して同じような作業が繰返されるからもっとも能率良く配置することが肝要である。

(3) すべての準備ができたなら図面の指示どおりに切れ目をずらしてリム板を積む。リム積みの基準になるものはスパイダボスとリムとの間のキーおよび案内ピンである。250~300mm 積まれる毎に仮締めして、順次図面に指定してある高さまで積み押え板または上側端板をつけてすべての穴に仮ボルトを通して仮締めする。この締付けは数も多く一定の応力をボルトに与えなければならないので当社ではトルク測定器付ギヤドレンチを用いている。積み上げて行く時にはスポークの端とリムとの間隙が一定になるように注意しかつ締付毎に高さの不平均を修正する。

(4) 規定どおりの高さにリム板の成層を終ったならば押え板使用の場合には上部端板と取替えて一本ずつ本ボルトと入れ替える。この際も指定の応力を与えるよう



11 図 某 30,000 kVA カプラン水車発電機リム積作業
Fig. 11. Rim piling work of 30,000 kVA Kaplan turbine generator.

に一定のトルクで締めまた内側のボルトから締めつぎに中側、外側と締めてゆく。

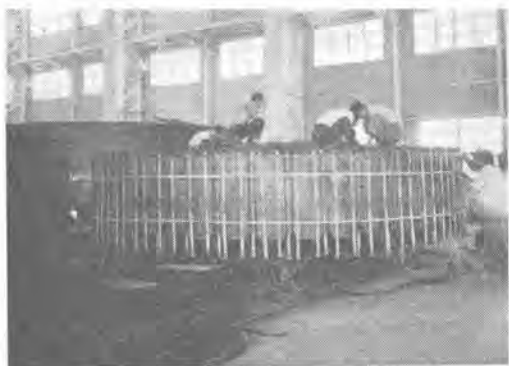
エ. リムの加熱およびキーの打込

リムの成層が完成してからリムを加熱して拡大し、トルクを伝達するキーを打込む。キーはリムとスパイダスポークとの間のキー溝の深さより寸法が大きく合わせてあり、この間に締め代を生じてこれが初期応力として残る。リム板の加熱にはスペースヒータを使用する。加熱に要する電源の計算には前述の式を用いてよい。

(1) スペースヒータはリムの外周に配列する。一般にリムの上端から吊り下げてリム表面に密着するようにする。ダブティルスロット内に3箇、リム外周に2箇というようにリムの直径と鉄心の長さに応じて適当に選択する。結線する場合には加熱の途中で開閉器を切ったり入れたりして温度が全周にバランスするようにする。温度の測定は棒状寒暖計、丸型温度計を用いる。

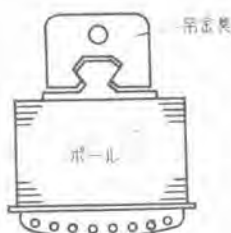
(2) 加熱の際に放熱を防止するためにアスベスト布、ガラス布、アスベストペーパー等にてカバーする。これはリムの部分だけでよい。アスベスト布等が得られない場合には板囲いするが火災に注意して内面はトタン張にする方がよい。温度上昇に不平衡がある場合とかとくに下部の温度上昇が遅れる場合には適当なる電熱器を入れて調節する。

(3) 所定の間隙がリムとスパイダの間にできるまで加熱を行う。途中隙間を常に調べつつ、全体の温度上昇



12 図 リム加熱準備中
Fig. 12. Rim under heating.

にいちじるしい不平衡が起らないようにする。いちじるしい不平衡はリムに歪を生じて悪い。キーは予めキー溝に対して合わせて置く。所定の間隙を生じたならば片手ハンマで軽く打込む。キーを入れてからは全体が平均になるようにして徐々に冷却する。以上完了してから再び締付ボルトの応力を調べる。



13 図 吊 上 げ 具
Fig. 13. Metal fittings for suspension.

オ. 磁極の取付け

磁極および回転子線輪には重量に僅かな不平衡がある工場にて磁極および線輪の重量を測定してバランスを取って番号を刻印している。発送表によって磁極番号と箱番とを調べて運搬し開箱する。磁極はダブティル側を上にして荷造りされているからダブティルに入り込む13図のような吊り金具を作成して注意して吊り出し角材の上に並べる。特別の場合を除いて線輪は磁極に入れた状態で送られる。開箱したら輸送中にダムバ、口出し等に破損が無いかを確かめてから一極ずつ絶縁抵抗を測定する。磁極を清掃しコイルを痛めないように木またはボロ等で保護しつつ磁極取付用の工具で吊り上げる。磁極を取付ける時は下側ワッシャの下部にあるばね敷金を押え金で押えて置かないと磁極をダブティルスロットに入れにくい。

磁極をスパイダに入れてからダブティルキーを打込む。キーは工場に合わせてあるものはマークに従って白鉛ペイントを塗って打込む。キーの摩擦係数は 0.2 位で打込圧力の大部分は摩擦力に対抗する。充分な初応力を磁極に与えるにはハンマの選択が大切である。

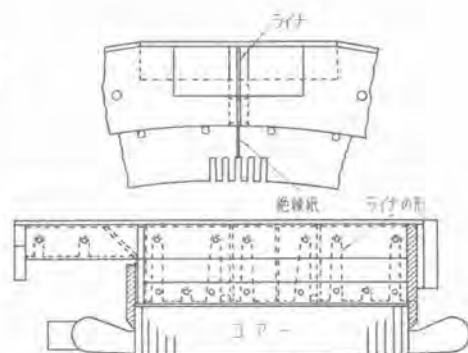
磁極の磁極中心は取付の際に注意して合わせる。キーの打込に際してはコイルを痛めないようにする。またキーは始めから全部打込まず全磁極を取付けてから本打込とする。

磁極取付完了後、界磁コイルの渡り線を継ぐ。同時にダムバの継ぎを結合してから線輪締金を取付ける。

傘型水車発電機の回転子は回転子完成後にバランスを取る。これはビボットで回転子スパイダハブの中心を支えて八次郎兵衛式に平衡を求める。測定のための工具の取付誤差、加工誤差を消去するために少くとも1回は測定部分を 180° 反対にしなければならない。回転子を回わすとビボットを痛める場合には回転子を回さない。

8. ステータの結合

輸送の都合上幾つかに分割して送られてくるステータは現地で合わせられる。先に述べたように解箱してからステータの各部分を I ビームやライナを使用して水平にして結合部のリーマ穴が充分合致してから合わせる。合せ目およびあげコイル以外は全部完全に結線されているから最大の注意を払ってコイルを絶対に傷つけないよう



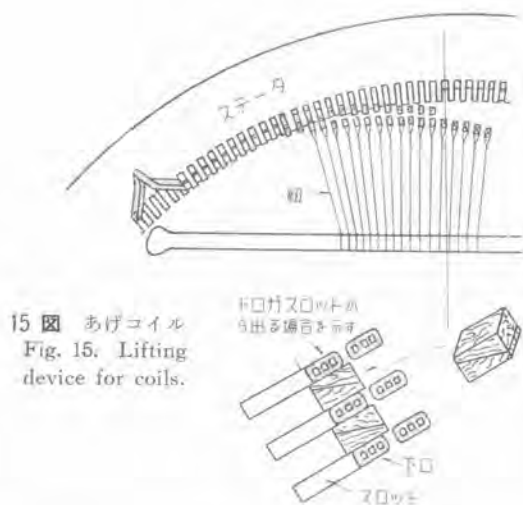
14 図 ステータ合せ目
Fig. 14. Joint of spider.

にする。ステータは工場内で内径を削る時に 14 図のように合せ目にライナを入れて削ってから鉄心を積んであるからステータフレーム結合の際にはライナの鉄心の合せ目に適当な厚さの絶縁紙を入れて結合する。この合せ目の絶縁紙は積まれた鉄心の端をしっかりと押えてこの部分からの振動、雑音の発生を防ぐために必要なものである。フレーム結合後にこの絶縁紙が確実に把握せられているかを調べる。フレームが結合されたステータコイルを支持している支えリングがうまく合っているかを調べ修正して継ぐ。リングの上を図面指示にしたがってテーピングするがこの際テーピング部分が他の部分より太くなったりリングが内側に入り過ぎているとコイルを入れた時につかえるからゲージを造って調べる方がよい。

9. ステータコイル入れおよび結線

ステータコイルは互換性その他の理由からダイヤモンド型の開きコイルを使用しているものが多い。合せ目の部分のコイルは1ピッチ入れずに送られているから現地で入れなければならない。この作業は水車発電機現地組立の際のもっとも大切な作業であるから経験ある作業員によって充分時間を掛けて行わなければならない。フレームの合せ目の数多くていわゆるあげコイルが全コイル数に比して相当多くなる場合にはコイルを工場にて入れずに現地にて全部入れる方がウイークポイントの数を減少できるので良い。

合せ目のコイルを入れるには 14 図に示すように徐々にステータコイルを上げる必要がある。これをあげコイル (Raised Coil) という。あげコイルを何箇にするかはスロットの深さ、コイルのピッチ、スロットの幅、絶縁方式が A 種であるか B 種であるかによって慎重に決められるが大体コイルピッチの 3~5 倍にとる。たとえばコイルピッチが #1~#9 のものでは4倍と見て 36 コイル以上を上げることが望ましい。あげコイルの部分は工場発送の際は支えリングには完全には縛りつけずまたウエッジも正式に入れず直ちに取外しうるようにして送られている。また合せ目のコイルは完全に密閉した荷箱の中にコイル番号を付けて送られているからその番号にしたがって間違いないように入れる。あげコイルも合せ目



15 図 あげコイル
Fig. 15. Lifting
device for coils.

コイルも共に作業にかかる前に充分暖めてコムバウンド、ワニス等を軟化して作業中に亀裂を生じたりしないようにする。合せ目コイルは箱に入れて電熱器等でコイルを焼損しないように注意しつつ温度を上げて良いがコイルは一般に電流によって内部から暖められる。もっとも簡単な方法は直流溶接機または適当な M—G を使用することである。直流溶接機の場合には Duty が 60% 位のもので連続負荷 70% 位までしかとれない。交流を使用する場合にはあげコイルを一つ一つ逆に継いでリアクタンスを打消すようにすると電流を流し易い。温度が上がってきたならばコイルを上げ始める。もっとも端になるあげコイルの下口スロットの出口でもっとも無理をするから充分注意する。15 図において左端から順次上げて紐で縛る。コイルを上げる時には支えリングの縛り紐をゆるめてよく整理して置かないと時間がかかる。コイルを引き上げる部分でコイルに当たる部分は柔いなめし皮等をバンドにして用いるとコイルを痛めなくて良い。コイルを上げ終ればスロット内を清掃して割れ目コイルを番号にしたがって入れる。コイル入れを完了したら再びあげコイルを暖めて今までとは逆の順序に 1 本ずつ入れて支えリングに縛って行く。コイルの高さに注意しないとコイルエンドで当って最後の方のコイルが入り難くなることがある。

いかなる場合もコイルは充分暖めて無理をしない。コイル入れを完了したら直ちにできうればコイルが暖い中にウエッジを入れる。ウエッジは運転中に緩んだりずり落ちたりしないように注意する。ウエッジを入れ終わったらエンドの結線を開始する前に耐圧テストを行いコイル入れの作業中に不具合の無かったことを確認してから結線を始める。結線に先立って巻線作業者は結線図面を完全に理解し充分な準備のもとに始める。結線はシリーズの結線を先にしてジャンプを後にする。サーモカップル、サーチコイルはコイル入れの時に痛めないように注意し、リードを取付けて端子板までの配線を行う。

全結線を完了したら乾燥にかかる。乾燥は電熱器、熱

風乾燥器、電流等によって行われる。ニス処理を乾燥途中にて行う。普通一週間位を見込む。

10. 発電機心出し作業

発電機心出し作業はセンタリングとかアラインメントと呼ばれる。その目的とする処は水車から発電機までの静止部分の中心および高さの相関関係を決めるにある。心出し作業の順序および方法には色々あるがもっとも一般的に行われる方法は下記の 5 種類である。すなわち

普通型
(1) 水車軸受支持台⇄下ブラケット⇄上ブラケット⇄ステータ。

(2) 水車軸受支持台⇄下ブラケット、
下ブラケット⇄上ブラケット⇄ステータ。

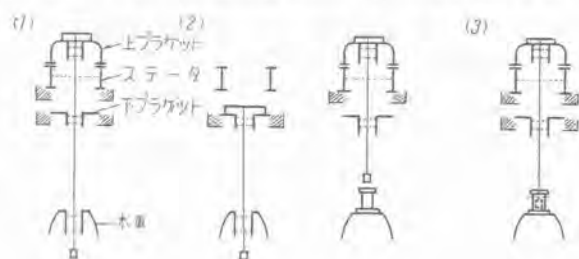
(3) 水車組立完成（水車を水平中心共に正しく据付け）水車軸内径⇄下ブラケット⇄上ブラケット⇄ステータ。

傘型

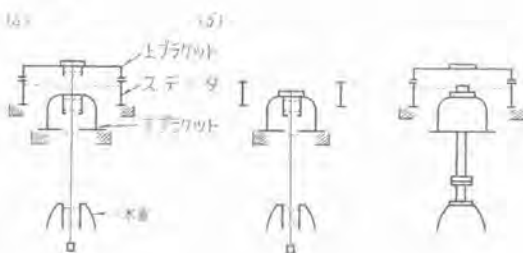
(4) 水車軸受支持台⇄下ブラケット⇄上ブラケット⇄ステータ。

(5) 水車軸受支持台⇄下ブラケット、
スラストカラー⇄ステータ⇄上ブラケット。

である。これ等は現場の状況、工程によって、あるいは機械の種類によって選択される。(3) の場合に下ブラケットからピアノ線を 4 本降ろして水車軸に下ブラケットを合わせるという方法もあるが理論的に考えられるが実行し難い。傘型の場合には普通 (5) を採用する。これによってステータ部分と他の部分との組立が並行しうからである。心出し作業の基本型は (1) であってこれに



傘型



..... 測定箇所
■ ■ ■ コレアリット箇所

16 図 心出し作業

Fig. 16. Alignment.

いて述べる。

ア. 発電機の心出し作業に先立って水車側の心出し作業が行われる。

水車側の心出し作業の不良は水車および発電機振動に直ちにひびくからもっとも注意を要する。水車が決ってから発電機ブラケットおよびステータを基礎コンクリートの上にのせる。最近の機械ではリングベースを用いず分割されたベッドを使用するがこれは事前にステータあるいは下部ブラケットに取付けて置く。基礎ボルトも同時に取付けた方がよい。またコンクリート硬化後にステータを僅か移動修正することが多いのでステータの取付ボルトにはブッシュを入れて締める。ベッドと基礎コンクリートとの間には鉄板ライナ、くさび、レール、チャンネル等を入れて高さを調整するがステータあるいはロータをのせてから水平が狂わないようにし、全体のライナに平均に荷重がかかるようにする。

イ. 高さをチェックする。

マグネットセンタ、推力軸受、上下ブラケット、エンドベル等の高さを回転部分の寸法と合わせる。同時に上部ブラケット上にて水準器によって水平を出し、ステータベッド下部のライナを調節する。この水平が悪いと励磁機の間隙寸法に影響する。上ブラケット上で測定してライナを入れる方向（もっとも低い方向）が決まれば17図のように、各ベッドに入れるライナ寸法を決める。すなわちAの方向にBだけのライナを入れる場合には、各ベッドの位置を1, 2, 3, 4, 5, 6とするとそのそれぞれのベッドに入れるライナの寸法は

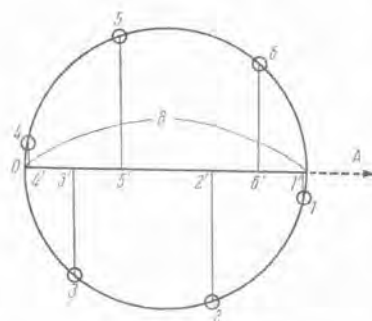
1...0-1'	4...0-4'
2...0-2'	5...0-5'
3...0-3'	6...0-6'

で決まる。

ウ. 水平がほとんど決ってから上部ブラケットに取付けられた門枠からピアノ線を下す。

ピアノ線は 0.3~0.5 mm の良質のものを引強度 150 kg/mm² 以上のものを用い、ウェートは油のタンクの中に入れる。心出し作業の順序は最初ピアノ線を上部ブラケットの軸受中心に合わせつぎに上部ブラケットを移動せしめてピアノ線をステータの鉄心の中心に合わせる。つぎにステータ全体と一緒に移動せしめてピアノ線を

水車軸受支持台の中心に持ってくる。これにて水車と上部ブラケット中心が一致するからつぎに下ブラケットを移動せしめてピアノ線に中心を合わせる。心出し作業にはレーザーと電池によつ



17 図 ライナ寸法図
Fig. 17. Liner dimensions.



18 図 センタリング
Fig. 18. Centering.

て、耳の助けを借りて合わせるが目による測定も疎かにできない。すべてブラケット、ステータの移動にはインジケータを4箇周辺に用いその移動方向を確認しつつ中心に持っていくと早い。

エ. 中心合せ。

水平出しが完了したら直ちにコンクリートを打つ。この時ライナを動かしたり中心を狂わせないように埋込ジャッキ、ターンバックル等にて完全に固定する。コンクリート硬化期間は最低 10 日間をとりたい。硬化後再び中心をチェックして修正する。この場合にはベッドに付いている押しボルトによって移動する。中心の狂いは容易に修正し得るが高さおよび水平の狂いは修正し難いから始めコンクリート前に再三再四調べる。以上によって決定記録を得たならばノックピンの穴明けを行う。当社の機械はステータ部分に対してもいわゆるラディアルノックピンを使用しているのでステータの膨張によってノックピンに剪断力の加わる恐れがない。

中心合せの精度は軸長、軸受間隙によっても異なるが大体 $\frac{5}{100}$ mm 以内に入る。

11. 推力軸受およびその調整

当社の堅型水車発電機はキングスベリ型の推力軸受を使用している。この推力軸受の主要部は

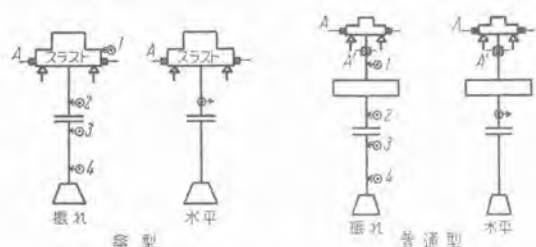
パッド、パッド支え、ジャッキボルト、台枠、回転板からなり扇形片は6箇またはそれ以上になっている。この型は潤滑理論において勝れていて、高さの調整が容易で、各パッドの調整によって回転部分の中心を容易に心出し作業によって得られた静止部分の中心線に持てることができる。推力軸受の調整はつぎの三つの作業をする。

- (1) 水平の調整
- (2) 軸の振れの修正
- (3) 扇形片の圧力を平均にする

(1) および (2) の項についてはいわゆる動的法と静的法とがある。これ等の調整に特殊な技術を要するように考えられているがそれは誤りである。動的とは回転子を回しながら測定し、静的とは軸を 180° 転換を行うことに



19 図 スラスト軸受
Fig. 19. Thrust bearing.

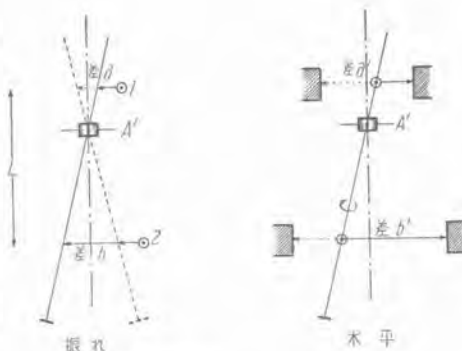


20 図 スラスト調整
Fig. 20. Adjustment of thrust.

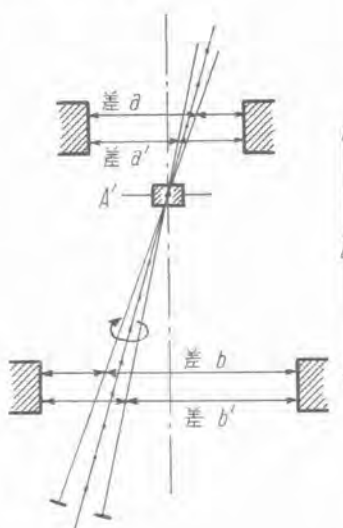
22 図 静的法
Fig. 22. Static method.

よって修正値を発見する。

20 図の左は傘型の場合で右は普通型の場合を示している。傘型の場合には回転子は不要で主軸のみで行えば良く、回転子重量がいかに大きくても差支えない。また必ずしも据付場所で行わなくても差支えなく他の場所で行ってから床板の上に持込んでもよろしい。水車修理の際には推力軸受は分解せず下ブラケットのまま簡単に取外しうる。動的法の場合に回転部分が軸受の融通だけ動くので測定値に不同ができて測りにくいので A または A' という部分で調整用の工具を使用して動きを止める。1 から 4 まではインジケータの位置を示す。もちろん発電機単独の場合には 1 と 2 のみで良い。水車を直結して全体の軸の傾きを見る時に 3, 4 を取付ける。1 本の軸に対してかならず 2 箇以上のインジケータを取付けることが必要である。振れ見の場合には上下の測定値によって a および b を得る。軸の長さを L とすると振れは $\frac{b+a}{2L}$ である。修正する部分の直径を R とすると修正値は $\frac{b+a}{2} \cdot \frac{R}{L}$ である。つぎに主軸にインジケータを取付けて静止部分の心出し作業に使われた適当な場所に走らせると軸の振れに関係なく a' と b' から主軸の傾きが得る。すなわち $\frac{b'+a'}{2L}$ であって推力軸受のジャッキボルトの直径を R' とすると $\frac{b'+a'}{2} \cdot \frac{R'}{L}$ となる。



21 図 動的法
Fig. 21. Turning method.



得るこれから、軸の振れは

$$\frac{(b+a)-(b'+a')}{4L} \quad \text{となつて、} a=a'=0 \quad \text{の時は}$$

$$\frac{b-b'}{4L}$$

となる。修正する部分の直径 R とすると修正値は

$$\frac{(b+a)-(b'+a')}{4} \cdot \frac{R}{L}$$

となる。また水平の狂いは

$$\frac{(b+a)+(b'+a')}{4L} \quad \text{となつて} \quad a=a'=0 \quad \text{とすると}$$

$$\frac{b+b'}{4L}$$

となつてジャッキボルトの半径を R' とすると修正値は

$$\frac{(b+a)+(b'+a')}{4} \cdot \frac{R'}{L}$$

となる。

静的と動的はいずれによつて行つても差支えない。両者を比較すると精度においてほとんど差異がない。

発電機の推力軸受の調整後に水車を直結し、水車と発電機の軸の振れ修正をしてから総組立に入る。総組立においては

- (1) 推力軸受組立
- (2) 推力軸受槽取付
- (3) 上下軸受取付
- (4) 上下軸槽取付

各パッドの圧力を平均にするにはトルクスパンを使用すると良い。大きな軸受に対してはテンションチューブを使用することもある。パッド圧力の不平均は軸受の焼損にはそれ程響かないが振動の原因となるから注意を要する。

静的法とは機械調整法の理論を応用したもので回転部分を 180 度ずつ適当な方法で反対にして得られた測定値から軸の振れと水平とを同時に求めるものである。

22 図によつて明らかなように心出し作業に使用せられた静止部分から軸までの距離を適当な測定器 (マイクロメータとかインジケータ) によつて測ると aa' bb' という四つの値を



23 図 スラスト部分の吊込
Fig. 23. Inserting the part
of thrust bearing.



24 図 セグメントガイド
メタルの調整
Fig. 24. Adjusting the
segmental guide
metal.

- (5) 見回り台、励磁機組立 (9) 保護装置の取付
- (6) 風洞および冷却器取付 (10) 刷子摺り合せ
- (7) 配管工事の完成 (11) 手すりの取付
- (8) 油を通ずる

等のあらゆる作業を行うがあまり問題になる点はない。

12. 運 転

総組立を完了した機械は水車、水路関係が完成すれば試運転に入る。最初の運転では回転部分が静止部分の一部と接触したり、思わぬ処から漏油、漏水を起したりするものであるから事故に対して直ちに應じる体制をとった上、手動にて起動した方がよい。

最初の運転でもっとも問題になるのは振動と軸受である。この問題について二、三記述する。

ア. 振 動

水車発電機は回転数が 100 rpm 付近から 900 rpm 付近までに分布する回転機械であって電気機械の振動としてはそれ程困難なものではないが原動機として水車をもつために時に変わった振動を発生することがある。まず第一に水車にいちじるしい振動は水車に、発電機にいちじるしい振動は発電機に原因があると考えて差支えない。発電機に原因するものとして

(1) 回転子の不平衡重量によるもの

これは回転部分とくに磁極、コイルの重量不平衡、スパイダの加工不平均等に原因するものでいわゆるバランス修正によって直し得るものである。

(2) 軸の振れに原因するもの

軸の曲りあるいは直結部の曲りに原因するもので曲りの修正あるいは再直結によって、また (1) と同様にバランスをとることによってもある程度修正し得るものである。

(3) 軸受中心の狂い

軸受中心すなわちセンターリングの狂いに原因するもので古い水力発電所等においてセンターリングを修正する

と一般に地球に垂直な線に対して建屋だけが従って発電機の軸受中心が傾いたものと、基礎から水車発電機共に中心が傾いたものがある。この場合センターリングは地球に対して垂直であることはかならずしも必要ではなく後者の場合各軸受、水車ラビリンス等が一直線にあればなら使用には差支えないが前者の場合は回転部分が斜めに水車に入り振動を発生し易い。一部の軸受たとえば下軸受だけがセンターリングの線から外れているような場合にはその軸受を過熱する原因となる。またいちじるしい場合には軸受との摩擦力によって自励振動を起すことがある。

(4) 推力軸受の調整不良

これに原因するものは (3) の場合と関連することが多いが、パッドの圧力が不平均で対称の位置にあるパッド圧力にいちじるしい不平衡がある場合に発生する。

(5) 磁気吸引力によるもの

回転子コイルのレアショート等に原因するもので回転子コイルの保守取扱いが悪いと不完全レアショートを起し磁気吸引力の不平衡によって (1) の場合に非常に良く似た振動を発生する。

(6) 鉄心の振動によるもの

励磁してから鉄心部分に発生するもので周波数の 2 倍の振動数を持ち、鉄心締付圧力が不足していたり、合せ目に入れられる絶縁紙が十分に把握されず締っていないかったりする時いちじるしい音響をともなって発生するものである。

(7) その他電気的事故によるものである。水車に原因するものとしては

- (1) キャビテーション
- (2) ランナラビリンス部分の不良
- (3) ランナベーンの不均衡
- (4) ガイドベーンの不均衡
- (5) ランナの重量不平衡
- (6) バランスパイプの不具合

等種々の原因があるが詳細は省略する。運転中の発電機の振動を判断する方法としては、無負荷、励磁、負荷の三段階に分けて振動を測定して

(1) 低速度になっても主軸の振れているものは主軸の振れ、曲りを疑い (この場合周波数と回転数とは同一である)



25 図 某 30,000 kVA
水車発電機の完成
Fig. 25. 30,000 kVA
water wheel genera-
tors Completed.

(2) 無負荷で速度増加と共に増加する場合はまず回転子重量不平衡を修正する。

(3) 負荷増加と共に増加するものは主軸の曲りとか中心不良が無ければ水車に原因するものと考え。

(4) 軽負荷で衝動的に振動があり推力軸受付近でも感じ、またドラフトにても感知しうるものは多くの場合キャビテーションに原因する。

(5) 励磁を増加したり力率を変えると振動に増減のある場合には不完全レアーショートを疑う。

(6) 鉄心締付の不良に原因するものは音によって容易に判別しうる。

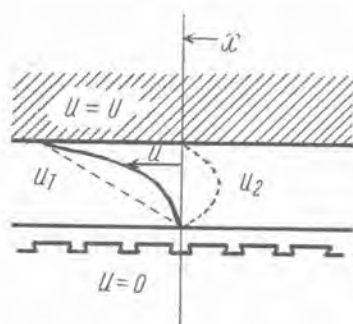
(7) 全負荷付近で割合にゆるい周期で水車軸をゆり動かす振動は多くの場合ランナラビリンスの圧力不平均によって起るものである。

主軸の振れは一応軸受遊隙の 4 分の 1 以内に納めたい。振動は軸受の丈夫な場合には外部振動として現われずあらゆる場合を同一数値で率することはむずかしいが見回り台において三菱振動計で測定して 100 分の 7 mm 全幅以内に納るようにしている。

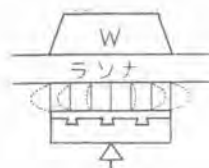
1. 軸 受

堅型水車発電機では推力軸受をもっていることが最大の特徴であって機械構造的にはこの部分の改良が堅型水車発電機構造の歴史ともいえるものである。推力軸受について二、三の問題について述べる。

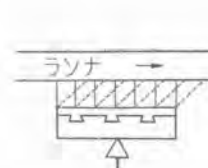
キングスベリ推力軸受が運転中定常状態でランナに対してパッドが傾斜することは一般にはつぎのように考え



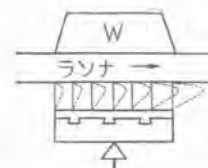
26 図
Fig. 26.



27 図
Fig. 27.



28 図
Fig. 28.



29 図
Fig. 29.

られている。すなわちランナ面とパッド面との相対運動の二面の間に考えられる潤滑剤の速度分布曲線は二つの面の間の距離の函数であっていま速度分布を 26 図のように u_1 と u_2 とに分けて考えて u_1 は二面の間に全く圧力が加わらない時にランナの移動によって生ずる直線速度分布を示した u_2 は二つの面の間に圧力のみが作用する時に潤滑剤の移動する方向で拋物線に分布するとすると、一般にはこの u_1 と u_2 との合成で u のような曲線になる。推力軸受の扇形に作られたパッドを横から見た図を作り、紙面に対して直角の方向にはエンドレスで端面漏洩の無いようなものと仮定すると以上の考え方から推力軸受に加わる圧力 P によって生ずる速度分布は 27 図のようになるであろう。また一定の間隔に二面を保って回転板を走らせると 28 図のようになる。二者の合計は 29 図のようになってこの全体が均合うためには負の圧力となる右側の方が上ってパッドは傾斜しなければならない。パッドにキングスベリのように支持点を与えるかスプリングでパッドを支えたとそれを支点にして扇形片は傾くのである。これはキングスベリの推力軸受のもっとも簡単な解釈である。ところが起動時においては油膜が切れているので金属接触を起している。この場合起動すると摩擦力によってパッドは逆の方向に傾こうとしてから離れる。この時新しい軸受でも古い軸受でもゴーンというような音を発生する。これは軸受の不具合を示すものではないが軸受の寿命に対しては大きな影響を持っている。油膜は起動直後から発生する。推力軸受の焼損とか寿命に対しては運転中の問題は油が抜けたとかなかにか特別に不具合のない限り余り問題にならない。むしろ頻繁な停止起動とか軸受温度が高い時に起動停止をすることによって軸受面を痛めることが多いものである。近年になって潤滑油の油性向上のために添加剤を加えたり、特殊減摩剤をパッド面に使用するのはそのためである。一般に推力軸受の温度 40°C 以下にて起動することが望ましい。また新しい推力軸受扇形片は焼鈍不十分な場合に歪を生じたり、含有水素による剥離を生じパッド面を傷めることがあるから据付時に充分点検し、試運転後も馴れるまでは細心の注意を払わなければならない。

14. むすび

以上にて組立据付上の諸問題についてもっとも一般的方法、技術的要点を述べたがもちろん機種によってあるいは工事の状況によって臨機応変な処置がとられなければならない。

13.5 t 弧動型 ケーブルクレーンの ワードレオナード制御

神戸製作所

紙谷鉄男*

Ward Leonard Control for 13.5 t Cable Crane

Tetsuo KAMITANI

Kobe Works

The Tohoku Electric Power Company, with its plan to build a dam at a remote site in Yamagata Prefecture, has placed an order for an electric apparatus to be used in conjunction with a 13.5 t cable crane with Mitsubishi. This is a Ward Leonard Control system operating on D-C, the particulars being described herein.

1. まえがき

東北電力会社が山形県八久和村に建設されるダム工事に代用される 13.5 t ケーブルクレーンが住友機械にて、製作されることとなり、その電機品を当社にて製作することになった。この運転に採用されている方式は、ワードレオナードによる直流方式で、その機械の概略を1図に示している。

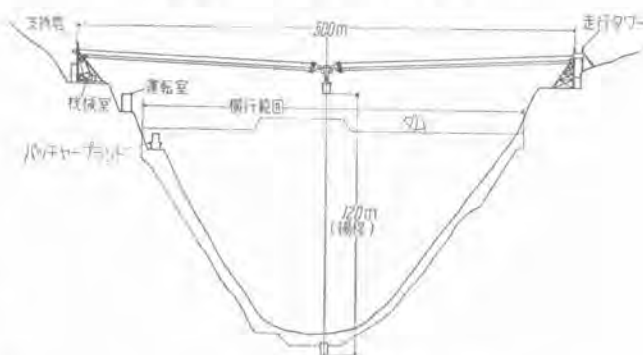
一般にこの種機械の運転に採用される電気方式は、交流方式と直流方式である。交流方式としては、巻線型誘導電動機が使用されているが、300 kW 以下の小型のものであれば、設備費が安く堅牢であるので多く採用されるが、大型になればワードレオナードによる直流方式が採用される。この方式は設備費は高いが、速度制御が容易であり、ことに制動方式が容易に行われ、所要電力も節約できる。また本制御に対して、ロートロールを使用しているが、そのために制御電力が僅少で済み、したがって速度制御が正確容易に行われ、開閉器具は小型となり、保守も容易であり運転しやすいものとなる。

走行および主素調整電動機は、谷向いの走行タワーに据付けられているため、電機室と非常に離れているので電線材料節約の意味から、交流低圧電動機は 400 V を採用している。

2. 電機品仕様

本機械に使用している主なる機械仕様ならびに電機品は次のとおりである。

据付場所	山形県東田川郡八久和村
巻上能力	13.5 t
径 間	500 m
揚 程	約 120 m
バケツ容量	4.5 m ³
巻上速度	全負荷巻上 100 m/min 空バケツ巻上 180 m/min
巻下速度	150 m/min
横行速度	360 m/min
巻上電動機	1 台 300 kW 連続定格

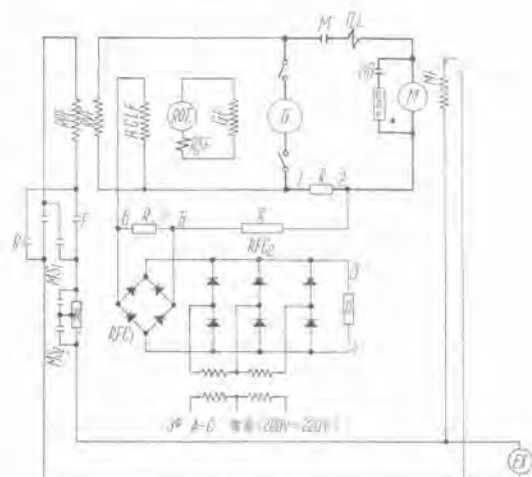


1 図 機械据付簡略図
Fig. 1. Installation of machine.

600 V 600/1,080 rpm
 閉鎖遮断防滴型強制通風
 横行電動機 1 台 300 kW 連続定格
 閉鎖遮断防滴型強制通風
 同上用電動発電機セット
 巻上用発電機 1 台 330 kW 連続定格
 0±600 V 980 rpm
 横行用発電機 1 台 330 kW 連続定格
 0±600 V 980 rpm
 同上用駆動電動機 1 台 800 HP 連続定格
 A-C 3,000 V 50 c/s 1,000 rpm
 巻線型誘導電動機
 励磁機およびロートトロールセット
 励磁機 1 台 15 kW 開放複巻
 220 V 1,450 rpm
 巻上および横行用ロートトロール 2 台
 15 A 100 V 1,450 rpm
 同上用駆動電動機 1 台 35 HP
 A-C 400 V 50 c/s 1,500 rpm
 カゴ形誘導電動機
 動力用変圧機 1 台 200 kVA 50 c/s 三相
 3,000/400 V

制御器具

1 台	運転操作盤	机型
1 台	巻上および横行制御盤	鉄板箱入型
1 台	高压誘導電動機盤	〃
1 台	走行制御盤	〃
1 台	主索調整制御盤	〃
1 台	励磁機起動盤	〃
1 台	分電盤	〃



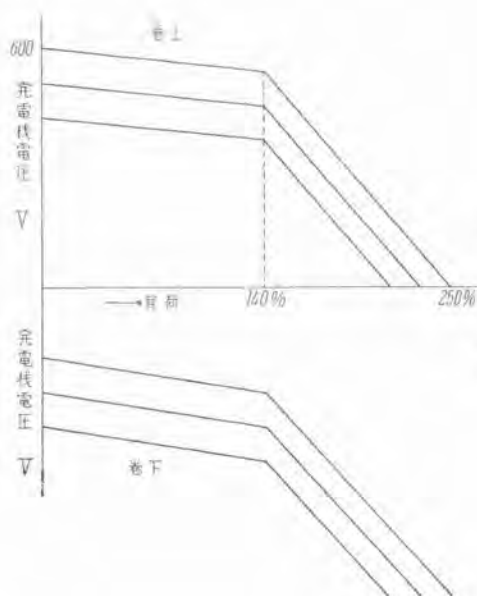
ROT……ロートトロール
 RSF……ロートトロール自励界磁
 RFF……ロートトロール規準界磁
 RVF……ロートトロール電圧界磁
 RCLF……ロートトロール電流制限界磁
 DB, MF, MS₁, MS₂, MS₃……コンタクタ
 RFC₁……電流制限用整流器
 RFC₂……三相全波整流器
 GF……発電機界磁
 MF……電動機界磁
 OL……過電流継電器

2 図 制御簡略図

Fig. 2. Schematic diagram of Ward Leonard system.

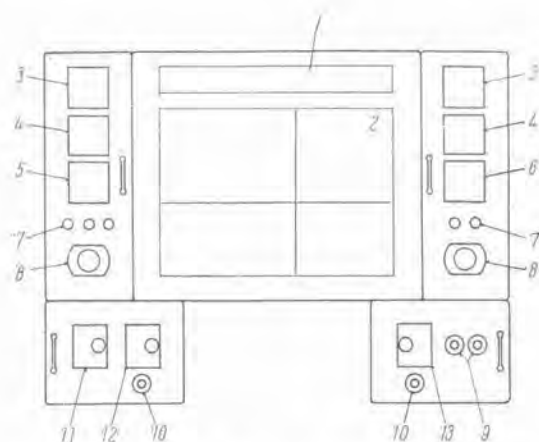
3. 制御方式

本ケーブルクレーンの巻上および横行電動機に対して採用せる制御方式の簡略図を 2 図に示している。発電機の界磁はロートトロールにより励磁される。ロートトロールには基準界磁(RPF), 電圧界磁(RVF), 電流制限界磁(RCLF), 自動界磁(RSF), 乱調防止界磁(RAHF)が巻かれている。発電機電圧は, RPF のアンペアターンによって決められ, ロートトロールは RPF のアンペアターンと RVF のそれとが等しくなるように動作する。RPF は MS₁, MS₂ 等のコンタクタにより制御され, そのコンタクタは運転盤上の主幹制御器により操作される。ロートトロールは自動界磁を有するために非常に増幅率が高く, したがって主幹制御器のノッチの操作に対し, 各ノッチに相応する電圧に急速に応動する。しかし機械の慣性により電動機の回転数は, そのノッチに相応する速度に達するのに時間を要するために, 電動機に過大な電流が流れ, 機械に衝撃を与えると共に電動機ならびに発電機の整流を害する。もちろん急速なる加速減速をすることは, 作業能率上望ましいことであるから, 機械に支障を生じない許容電流を一杯に利用するようにする必要が生ずるわけである。この目的のために RCLF なる界磁が巻かれ, もし許容以上の電流が流れた場合にはこの界磁に電流が流れて発電機電圧を制御し電流をそれ以上には流れないようにしている。2 図において, 3~4 間には三相交流を全波整流した直流電圧が与えられており, 6~5 間の電圧と比較されている。整流器 RFC₁ は全波整流器からの直流が RCLF に流れないようにするための阻止用整流器である。もし主回路の電流が増して 1~2 間の電圧が高くなると, 当然 6~5 間の電圧も高くなり, その電圧が 3~4 間の電圧より高くなれば電流は RFC₁ を通じて 3~4 間の抵抗を流れさらに RCLF を通じて主回路に戻る。すなわち 6~5 間の抵抗に 3~4 間の回路が並列に接続されるから 1~2 間より見た RCLF の抵抗が減ることになり RCLF の電流が増加する。その特性を 3 図に示している。この RCLF の極性は巻上機の場合を考えれば, 加速中は発電機電圧を下げる方向に働き, 巻下しの場合は電動機は発電機として作動し, 発電機は電動機として動作するので発電機の逆起電圧を増す方向に働く。すなわち巻上の場合には発電機電圧を下げて電流を減らし, 巻下しの際は発電機の逆起電圧を増して電流を減らすことになる。巻下しの場合に限らず, 一般に電動機を停止する場合に, RPF の減少に対し差動に作用する RVF のアンペアターンの減少が遅れ勝ちであるために, 急速に発電機電圧は減少するために電動機はその慣性により発電機となり制動電流が流れる。この電流は加速の場合と同様に, 急速なる停止のために有効であるが, やはり過大な制動電流となることは避けなければならぬので制限する必要がある。かくの如き制御により, 主幹制御器のノッチを急速に進めても過



3 図 電流制限特性曲線

Fig. 3. Current limiting characteristic curves.



4 図 運転盤

Fig. 4. Operating panel.

大な電流を流すことなく、円滑な加減速を行いさらに機械に支障のない電流を有効に利用し急速な加速停止が安全に行われる。なお制限すべき電流値は 3~4 間の電圧値により調整できる。

巻上機はすでに述べた如く、全負荷巻上の場合 100 m/min で、空バケット巻上の場合 180 m/min の速度とならねばならぬ。これに対し電動機の界磁を制御し 100~180 m/min の速度を出すようにしている。その自動的な切換は、電動機電流の差違により継電器を動作させてその選定を行い速度制御をなしている。巻上主幹制御器は、巻上巻下共に 7 ノッチとし、6 ノッチ迄が電圧制御 7 ノッチを界磁制御としている。横行は前進後進共に 6 ノッチで行っている。

バケットの急速な運転は、応々にしてバケットの振れを生ずる。これは作業者にとって不便でありまた危険でもあるので、操作者がいかに急速にノッチの操作を行ってもある時間以上にはノッチ進め用コンタクタが動作せぬようインターロックをなし、電流制限回路と相まって円滑な動作をなさしめている。

4. 制御盤

この種機械の電機品はほとんど山奥に据付けられるために、その運搬ならびに雨風雪に対して考慮を払う必要がある。

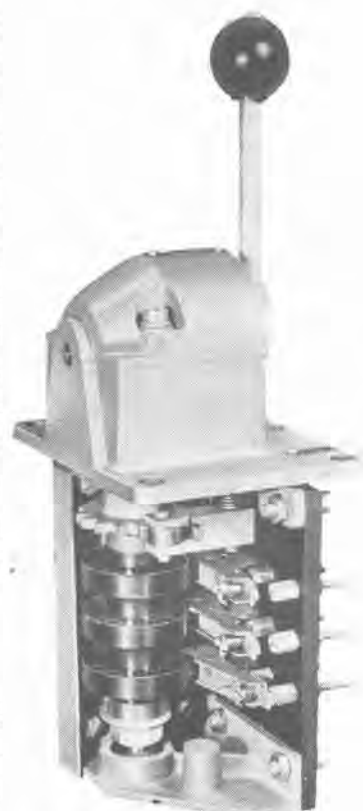
屋外据付けの走行および主索調整に関する電機品は、電動機はもちろん制御盤も完全なる防水型としている。電機室のものも全部鉄板箱入型として保護している。また他のダム工事に移設使用することも考え、簡単に運搬できまた配線据付も簡単なような構造としている。

運転盤の表面図を図 4 に示している。すべての操作を容易に行い、また電動発電機類の計器類を取付け監視できる如くしている。運転者がバケットを見透しできぬ場合もあり得るので、バケット位置表示器(名電製)を取付けまた走行タワーの位置をも表示する走行タワー位置表示器(名電製)をも取付けている。

主幹制御器は運転者が取扱い易く小型で堅牢なものが望ましい。新らしく設計された DM 型主幹制御器をすべての操作用として使用している。その写真を 5 図に示している。

5. むすび

当社としてケーブルクレーンのロードレオナード方式による運転方式は今回のものが始めてなので、好成績を収めることを期待しているが、ロートロールによる速度制御ならびにその電流制限方式は、製鉄関係の制御にはすでに使用し好成績を収めている。実際にはまだ運転されていないのでこの制御による実際の資料については後日何等かの機会に発表したいと思っている。



5 図 DM 型主幹制御器

Fig. 5. Type DM master controller.

自動式 バッチャー プラント 用 電 機 品

名古屋製作所

篠崎 善助^{*}・奥島 欽吾^{**}

Electric Apparatus for Automatic Batcher Plants

Zensuke SHINOZAKI・Kingo OKUSHIMA

Nogoya Works

Batcher plants are invariably employed to the construction work of the dam and play an important part to the work, their efficiency and performance directly affecting on the proceeding. Importance should be attached to the electric apparatus for automatic operation of the plants accordingly. The one ordered by the Kubota Iron Works for their 56 cub. ft. batcher plants is featured by unique design in the weighing method and sequence.

1. ま え が き

大規模のダムの建設には多量のコンクリートを能率よく処理するために、最近では自動式のバッチャープラントが多く採用されている。自動式バッチャープラントとはコンクリートを構成するセメント・骨材・水および AE 剤を自動的に計量し、それらの各種の材料をあらかじめ決めた順序にしたがってミキサに投入し、混練する一連の装置であって運転方式、調整範囲、各種機器の容量、および台数によって多様な組合せがある。練りあがったコンクリートはバケットに取出して貨車で現地まで輸送し、ケーブルクレーンで吊って所定位置に打込むのである。したがって材料の集積所からコンクリートの打込みまでは一貫した流れ作業であるから、これに使用する各種機器の容量および性能は慎重に計画される。

関西電力丸山ダム（米国 Johnson 社製、56 サイ×4 自動式バッチャープラント）の例をみても 500,000 m³ のコンクリートを、18 カ月間に施工するには、100 m³/h の処理能力で毎日 16~20 時間の連続稼働が要求された。このように高能率で苛酷な運転を行う機器の電機品は、操作、調整が便利で故障が少く、かつ保守、点検が容易でなければならない。

当社はさきに近畿地方建設局猿谷ダム向、56 サイ (ft³)×2 自動式バッチャープラントの電機品を納入し、引続いて中部地方建設局美和ダム向、56 サイ×3 自動式バッチャープラントの電機品を納入した。機械装置なら

びに計量機関係は、いずれも久保田鉄工株式会社製である。

つぎにこれらの自動式バッチャープラント用電機品の概略を述べる。

2. 構造および操作方法

セメント・小砂・大砂・小砂利・中砂利・大砂利・水・AE 剤等を自動的に計量してそれを数台（普通 2~4 台）のミキサへ順次にシーケンス払出（混練能率をよくするためにセメントおよび骨材を定められた順序にしたがってミキサに投入する方法）を行う。

それぞれのミキサが、所定の混練時間を経過して混練完了の信号を発すると、操作鉤によりそのミキサを傾動して、練りあがったコンクリートをホッパに放出する。放出が完了するとミキサは自動的に復帰する。この動作を連続的に繰返すもので、各部の機能を大別すると下記のとおりである。

受材設備

自動計量

計量槽と、ミキサの連結

（二股シュートあるいはスイベルシュート）

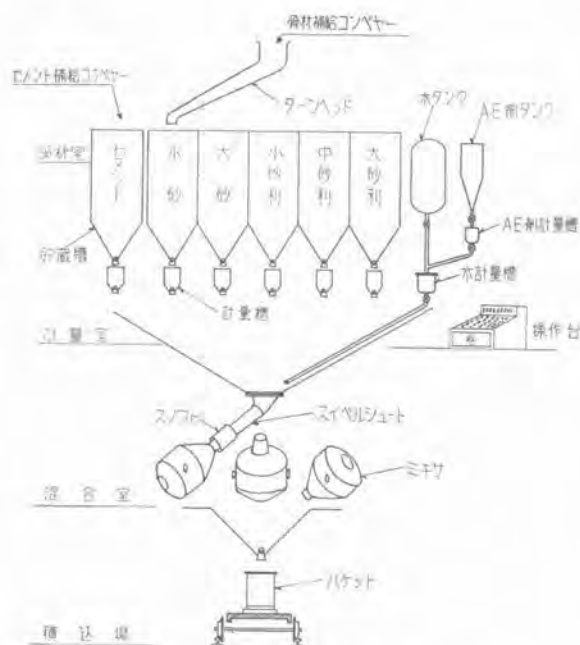
シーケンス払出

ミキサの運転

ミキサの傾動および復帰

コンクリートの取出し

各場所間の連絡用信号装置



1 図 バッチャープラント系統図

Fig. 1. Schematic diagram for batcher plant.

1 図にバッチャープラントの系統を示す。

ア. 受材設備

プラントの最上部に設けたセメントおよび骨材の貯蔵槽には、ダイヤフラムスイッチを取付けて、槽内の材料レベルに応じた上槽、中槽あるいは下槽のランプが表示盤上に点ずる。

セメントは付近の貯蔵サイロからスクリュウコンベヤ、バケツエレベータあるいはニューマティクフィーダ等で補給される。

小砂・大砂・小砂利・中砂利・大砂利等は各集積所から共通のコンベヤで輸送され、ターンヘッドを操作して各貯蔵槽に選別、補給する方法が一般に用いられる。水および AE 剤は貯蔵タンクにフロートスイッチを設け自動的に揚水ポンプを駆動して補給する。

受材室と各材料集積所の連絡はベルと信号燈で行う。

イ. 自動計量

正しく計量するために計量槽に所定計量値の 90~95% の投入が終ると、ジョッキング(微量投入)に移り、徐々に追加して 100% 計量を行う。

(1) セメントの計量

貯蔵槽のゲートが開くと同時に、電動ロータリベーンフィーダが回転して、セメントを計量槽に投入する。所定計量値の 95% に達すると、計量機の水銀スイッチが入り、貯蔵槽のゲートを半閉にしてジョッキングに移る。100% になると、別の水銀スイッチが入って、貯蔵槽のゲートが閉まると同時に、ロータリベーンフィーダが停止して計量を終る。ゲートの開閉は電磁弁によるエア操作である。

(2) 骨材の計量(砂・小砂利・中砂利・大砂利)

貯蔵槽のゲートが開いて骨材を計量槽に落下投入す自動式バッチャープラント用電機品・篠崎・奥島



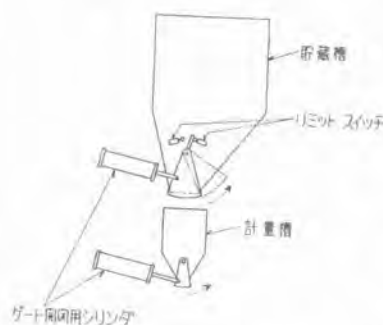
2 図 貯蔵槽表示盤

Fig. 2. Level indicator.



3 図 連絡用信号箱

Fig. 3. Signal box.



4 図 骨材計量装置

Fig. 4. Weighing for gravel and sand.

り、電磁バルブが閉まって計量を終る。この場合はジョッキングを行わない。AE 剤の計量および払出を水と並行して行う方法と、水の払出中に次回分の AE 剤を計量し、水を計量する際にすでに計量済みの AE 剤を混入する方法のいずれかを要求に応じて採用している。

セメントや小砂用の貯蔵槽には、パイプレータを取付けて、アーチングによる投入の不揃いを防ぎ、AE 剤の貯蔵タンクには攪拌用のアジテータを設けている。

ウ. 計量槽とミキサの連結

計量されたセメントおよび骨材を 2~4 台のいずれのミキサに投入するかを選定して、シュートとミキサの投入口を連結する。

(1) ミキサ 2 台の場合

ミキサが 2 台の場合は、二股シュートによる切替えが多く用いられている。

5 図のようにセメントおよび骨材はダンパで、水および AE 剤は切替バルブで通路を切替え、リミットスイッチの確認装置がついている。

各ミキサとシュート下部の連結もリミットスイッチで確認する。

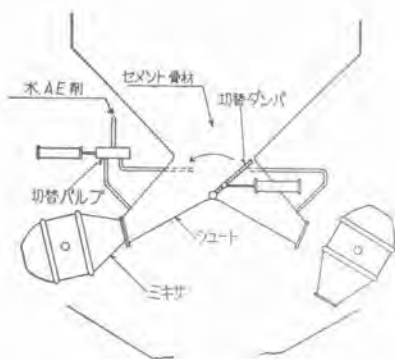
(2) ミキサ 3 台あるいは 4 台の場合

6 図に示すようにミキサを対称に配置し、小型電動機

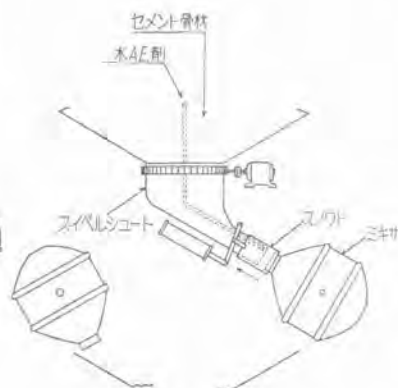
る。所定計量値の 95% に達すると、計量機の水銀スイッチが入ってゲートが閉まる。ゲートが完全に閉まるとリミットスイッチが動作して、ふたたびゲートを開く。ゲートが完全に開くと別のリミットスイッチによってゲートが閉まる。このようにゲートの開閉を繰返してジョッキングを行い、100% に達すると、別の水銀スイッチによってゲートを閉めて計量を終る。ゲートの開閉は電磁弁によるエア操作である。(4 図参照)

(3) 水および AE 剤の計量

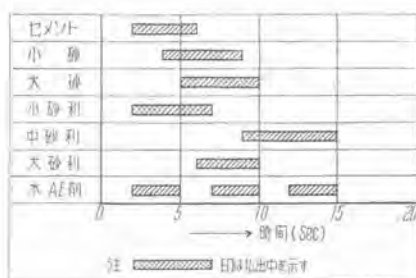
水および AE 剤は所定計量値の 100% に達すると計量機の水銀スイッチが入



5 図 二股シュート
Fig. 5. Two way chute.



6 図 スワイベルシュート
Fig. 6. Swivel chute.



7 図 シーケンス払出の一例
Fig. 7. Sequence for mixer charging.

で駆動するところのスワイベルシュートによって、連結する。スワイベルシュートはつぎに運転するミキサの位置まで回転すると、リミットスイッチによって停止し、エア操作でスノウが下降して、シュートとミキサの投入口を完全に接続する。連結の確認はリミットスイッチによる。

エ. シーケンス払出

エア操作で計量槽のゲートを開くと、各材料はシュートを通してミキサに払出される。ゲートはあらかじめ決めた順序および時間にしたがって開閉する。すなわちシーケンス払出を行う。シーケンス払出の状態を7図に示す。シーケンス払出のためには、電動機で駆動するシーケンスタイマが、普通用いられているが当社は払出順序および時間の調整を簡単に、かつ精度をあげるために、数箇のタイマを組合せる方式を採用した。

オ. ミキサの運転

ミキサは連続運転でその都度起動、停止は行わない。材料が投入されてから、所定の混練時間を経過するとタイマによって混練完了の信号燈を点じ、同時にブザーが鳴る。

カ. ミキサの傾動および復帰

傾動用の押釦を押すとミキサは回転しながら傾動して、練りあがったコンクリートをホッパに放出する。タイマの時間を経過するとミキサは自動的に復帰する。

ミキサの傾動および復帰は、電磁弁によるエア操作である。

キ. コンクリートの取出し

ホッパに溜ったコンクリートはエア操作のゲートを開いてバケットに取出す。ホッパ内のコンクリートの量は、パッチ数でもって表示するようになっている。

ク. 各場所間の連絡用信号装置

受材室、計量室、混合室および積込場の間には、信号用のランプとベルを設置しインタホーンまたは伝声管を並置する。

3. 自動運転

自動式パッチャーフロントでは、受材関係を除くすべ

ての操縦を計量室に設けた操作台で行う。いわゆるワンマンコントロールである。最初に運転するミキサを1号とすれば、1号ミキサにシュートを連結するために、シュート移動用の1号釦を押す。スワイベルシュートは、1号ミキサの位置まで回転して停止する。自動的にスノウが下降して、シュートと1号ミキサが連結されたことを表示する白色信号燈が点ずる。

つぎに払出釦を押せば各計量槽のゲートが開いて材料の払出を行うが、その順序および時間はあらかじめ決めたシーケンスによる。

1号ミキサの混練は払出釦を押した時を、起点として始まる。第1回目のシーケンス払出が完了して各計量槽のゲートが閉まると、自動的に次回分の材料を計量する。すなわち各貯蔵槽のゲートを開いて計量槽に材料を投入し、所定計量値の95%に達するとジョギング放出に移り正確に所定値を計量する。計量中は赤色信号燈が点じ、計量を完了すると緑色信号燈が点ずる。もしこの場合に計量誤差を生ずると橙色の信号燈が点じ、以後はそのままでは自動運転ができないようにインターロックしてある。

このようにして全材料の計量が完了すると、シュート移動用の2号釦を押して、2号ミキサにシュートを連結して払出を行う。

1号ミキサが所定の混練時間を経過すると、混練完了を報知するブザーが鳴り、かつ白色信号燈が点ずるから、1号ミキサ傾動用の押釦を押す。ミキサは傾動して練りあがったコンクリートをホッパに放出し、放出が終れば自動的に復帰する。

ミキサの運転、停止および傾動は、混合室に設置したミキサ操作台(10図)でも行うことができる。この操作を順次に能率よく繰返すのである。

11図に自動運転の一例を示す。

4. 手動運転

切替スイッチを手動にすると材料の計量、および払出を手動で行うことができる。すなわち計量は、計量機のダイヤルを読みながら任意の計量ができるし、払出は、



8 図 連絡用信号箱
Fig. 8. Signal box.



9 図 計量室操作台兼制御箱
Fig. 9. Batcher control desk.



10 図 混合室操作台
Fig. 10. Mixer control desk.

シーケンスに関係なく、任意の時期に払出が行える。

手動運転は全材料にわたって行うこともできるが、自動運転の状態で一種類あるいは数種の材料のみを、手動運転にすることもできる。自動運転中にひとつの材料が不正計量をした場合は、その材料のみを手動運転で行い、ふたたび自動運転に戻して続行すればよい。

5. インタロック

誤操作による不都合や故障をなくするために、つぎに列記するインタロックが設けてある。

- (1) ミキサが傾動中は払出ができない。
- (2) シュートとミキサが完全に合致して、スノウトで接続されないと、払出ができない。
- (3) 計量中は払出ができない。
- (4) 自動運転中に計量誤差の生じた場合は、手動で計量および払出を行って修正する。
- (5) 払出中は計量ができない。
- (6) スノウトがはずれないと、スイベルシュートは回

転しない。

- (7) 一度払出を行うとそのミキサを傾動しなければ、ふたたび払出することができない。ただし、リセット釦を押すことによって、二重払出をすることができる。

6. 調整部分

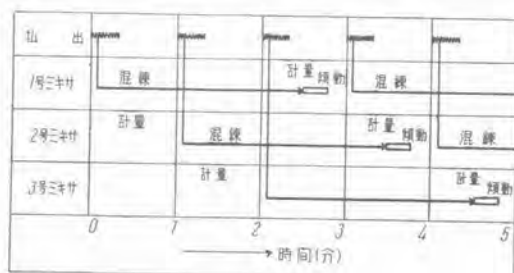
自動式バッチャープラントは下記の調整を簡単に行うことができる。

- (1) 配合比の選択は切替スイッチによって行う。
- (2) シーケンス払出は、各材料についてタイマ(0~40 sec)を有し、払出の順序および時間を調整する。
- (3) 混練時間は各ミキサにタイマ(0~300 sec)があつて調整する。
- (4) 傾動時間も各ミキサにタイマ(0~40 sec)があつて調整する。

各タイマはダイヤルを回すだけで、時間を簡単正確に調整することができる。タイマはそれぞれ単独でまともっているから保守、点検や故障の際の取替えにも便利である。

7. むすび

当社で最近に製作した自動式バッチャープラント用電機品の概略を述べたが、骨材の補給方式やプラント操作方式の一層の自動化、および各種使用機器の構造や性能の改善は、実際の使用状態を基として、鋭意研究中であるから、将来はより合理的で高能率のものを製作する確信をもつものである。



11 図 バッチャープラントの運転サイクル
Fig. 11. Operative cycle of batcher plant.

コンクリート凍結融解試験装置

名古屋製作所

石川嘉孝^{*}・牛田善和^{*}

Concrete Test Plants on Freezing and Thawing

Yoshitaka ISHIKAWA・Yoshikazu USHIDA

Nagoya Works

Concrete test plants are to measure the resistance of concrete specimen quickly at a laboratory. A piece, 100 mm×100 mm×420 mm, is put into a bag containing water and is repeatedly frozen and thawed at the rate of 10 cycles a whole day and night. Cooling of it is done in CaCl_2 brine operating by means of 5 HP freon refrigerator, while heating resorts to a 7 kW Almica heater. The operation is made by a thermostat and a time relay.

1. まえがき

工業技術の進歩はその試験と計測にありと称しても過言ではない。とくに材料についてはそれが基礎的なものであるだけに関連する処は大である。試験と計測とはその要素が多く、また試験条件が多くの要素によって規定されると困難となり、さらに試験条件があるプログラムで変化するものを試験し度い時にはそれを人的に手動操作で行うことはほとんど不可能で、極端な場合は試験条件が不正確となりその試験に対する信頼性が疑われ、試験結果が無意味に近くなることすらあるように思える。

ここに述べるものは関西電力株式会社の注文により製作納入したコンクリートの自動凍結融解試験装置であって、この種のものについてはわが国最初のものである。コンクリートに対するこの種試験方法としてわが国には

規格がないが、米国規格として3種のものがあり、本方式はその一つに該当している。

2. 試験装置

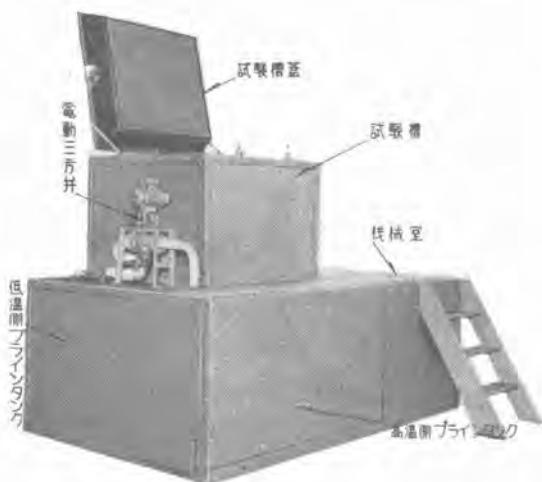
ア. 仕様

本装置は全自動的にコンクリート供試体の温度を、定められた時間表に従って、定められた範囲に変化させ、供試体に凍結融解の状態を周期的に繰返させることを目的としているものであるが、その仕様は下記のようなものである。

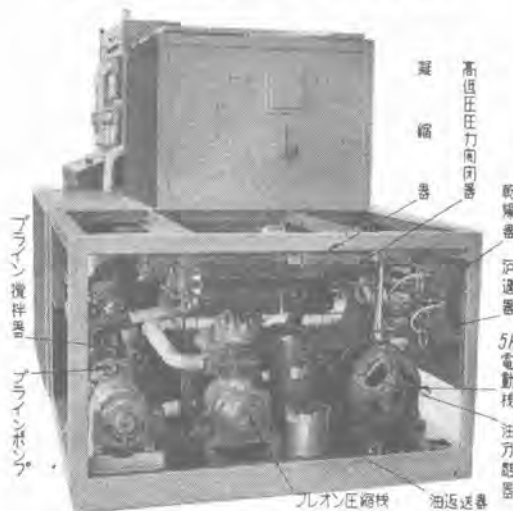
- (1) 供試体の大きさ 10×10×42 cm
- (2) 供試体の数 16 箇
- (3) 能力 下記温度に対し1日10 c/s
- (4) 動作流体 塩化カルシウムブライン(凍結融解共に)
- (5) 凍結時到達温度 $-18^{\circ}\text{C} \pm 1.5^{\circ}\text{C}$
- (6) 融解時到達温度 $+4.5^{\circ}\text{C} \pm 1.5^{\circ}\text{C}$
- (7) 供試体が最高最低温度に達した場合の任意の供試体間の温度差 1.5°C
- (8) 凍結時間 1時間20分～1時間40分¹⁾
- (9) 融解時間 40分
- (10) 凍結融解時間の再現性の許容範囲 ± 5 分
- (11) 供試体は厚さ1/8 inのゴム製の容器に入れられ容器と供試体との間には1/8 inの厚さになるように水を入れる。(A.S.T.M C290-52Tの試験方法)



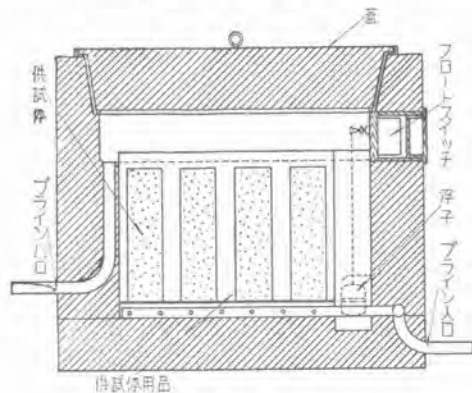
1 図 コンクリート凍結融解試験装置
Fig. 1. Freezing and thawing apparatus of concrete.



2 図 試験装置の外観 (試験槽の蓋を開いた処)
Fig. 2. Outside view of the test plant.



3 図 機械室
Fig. 3. Machine room.



4 図 試験槽
Fig. 4. Test tank.

注1) 凍結時間の1時間 20 分~1時間 40 分とは20分の許容範囲があるという訳ではなくこの間の任意の時間で凍結行程を行うという意味である。また凍結融解以外の時間は排水(試験槽より高温または低温タンクにブラインを戻す)に要する時間であって、全部を合計して1日 10 c/s になるよう調整しなければならない。

1. 機器の仕様

2 図は装置の外観を示している。試験槽は装置の上部に位置し、その直下に低温ブラインタンクがあり、その

手前の鋼板の下は高温ブラインタンクである。機械室は装置の右端に位置しその内部は3図に示すとおり冷凍機、ポンプ、攪拌器、電動機、その他の機器部品が納められている。機械室の上部および高温ブラインタンクの上部は操作台となり梯子により昇降を便ならしめてある。使用している主な機器の詳細仕様はつぎのとおりである。

(1) 試験槽

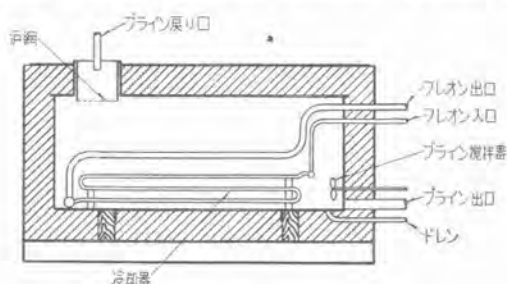
試験槽は4図に示すようなものであって、鋼板製で、内部にブライン取入口、供試体用台、ブライン出口、フロートスイッチが設けられている。ブライン取入口はブラインが試験槽内を均一に流れ供試体を一様に冷却または加熱させること、および排水行程にブラインが容易に逆流するように、とくにパイプを槽中に入れその側面に多くの小穴を明けてある。ブライン出口はブライン取入口と同様ブラインをできるだけ均一に取出せるように試験槽の周囲に溝を作りブラインは周囲からオーバーフローして溝に入り集って槽外に出ようになっている。試験槽はまた外気温の影響を受けないように、すなわち1年を通じて同じ条件で試験ができるように周囲に8inのグラスウールの保温を行った。防蝕に対しては通常の製氷等のタンクが光明丹のハケ塗り程度であるのに対して、鉛メタリコンを0.5mm 施行し、さらにその上へ光明丹が2回焼付けてある。

(2) 低温ブラインタンク

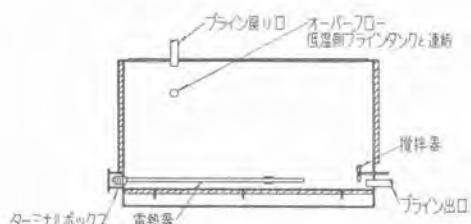
低温ブラインタンクは6図に示すようなものであり、鋼板製であって、試験槽と同様の内面処理および厚さ6inのグラスウールの保冷を行っている。低温ブラインタンクはまたブライン冷却器を兼ね、内部に銅管で作られた熱交換器が取り付けられ、銅管の内側で冷媒液が蒸発気化し、管外面のブラインを冷却するようになっている。

(3) 冷凍機

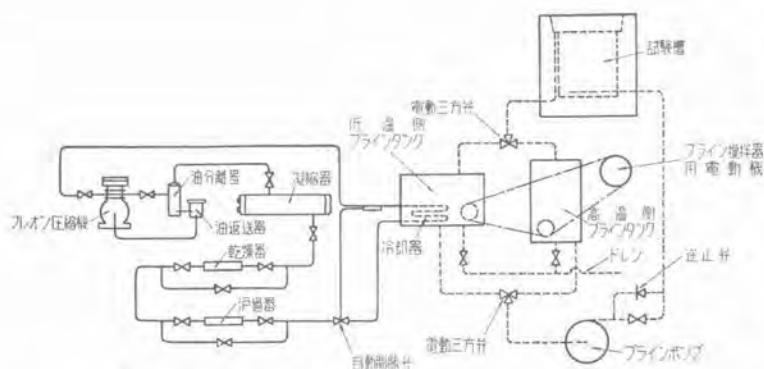
冷凍機、圧縮機、油分离器、油返送器、凝縮器、乾燥



5 図 低温側ブラインタンク
Fig. 5. Cold brine tank.



6 図 高温側ブラインタンク
Fig. 6. Warm brine tank.



7 図 系統図 (実線部分は冷媒側, 点線部分はブライン側)
Fig. 7. Diagram of flow system.

器, 濾過器, 自動膨脹弁, 冷却器 (前項低温ブラインタンク内に設置), およびそれ等の連絡配管, 弁類より成っており, 能力としては凝縮温度 35°C 蒸発温度 -35°C の

場合約 $3,000 \text{ kcal/h}$ である。圧縮機は当社標準 T 型であって気筒径 85 mm 行程 90 mm 気筒数 2 である。凝縮器はシェルアンドチューブ型で外形 190 mm 長さ $1,000 \text{ mm}$ であって, 冷却管は銅管で外径 16 mm のフィン付管が使用してある。

(4) 高温ブラインタンク

高温ブラインタンクは 6 図に示すように鋼板製のものであって, 内面処理は試験槽と同様鉛メタリコンおよび光明丹の焼付が施行し

てある。高温ブラインタンクはまたブライン加熱器を兼ね, 内部に 5 kW および 2 kW の当社製アルミカヒータを備えている。

(5) ブラインポンプ

ブラインポンプはエバラ製作所 SLM 38 型を使用し, ブライン用としてケーシング, インペラは砲金製, 軸は 18-8 不銹鋼製となっている。能力は揚程 9.5 m の際流量で 130 l/min あって 1 HP 電動機直結型である。

(6) 三方切換電動弁

三方切換電動弁は自動的に電動機によってブライン流路の切換を行うものであって, 全

砲金製口径は $1\frac{1}{4} \text{ in}$ で電動機は $100 \text{ V } 60 \text{ c/s } 40 \text{ W}$ である。電動弁は弁の開閉に時間がかかるからとくにこの弁は補助接点を設け弁が十分に切り換ってからポンプが起動するようにインターロックを付けた。

ウ. 系統図

各機器の系統は 7 図のとおりであり冷媒系統およびブライン系統に分れている。

(1) 冷媒系統 (実線部分)

圧縮機によって圧縮され高温高压になった冷媒ガスは油分離器を通して凝縮器に入り冷却水によって冷され液化する。冷媒液は凝縮器下部より取り出され乾燥器および濾過器を通して膨脹弁に至り減圧され冷却器内に入り外部より熱を奪って蒸発気化し再び圧縮機へ戻る。この循環を繰返すことによって熱を冷却器周囲の物体 (ブライン) より凝縮器冷却水に移動させることが可能であり, その移動させるに必要な仕事が圧縮機駆動動力である。

(2) ブライン系統 (点線部分)

供試体の凍結を行っている場合は低温側, 融解を行っている場合は高温側のブラインタンクより電動三方弁を通してポンプに吸引されたブラインは試験槽に送られ試験槽内部で供試体と熱交換した後オーバーフローして電動三方弁を通して再び元のブラインタンクに戻る。

3. 制御装置

仕様に定められてある動作を行わせるための制御装置はベンチボード型のキャビネット内に納められている。

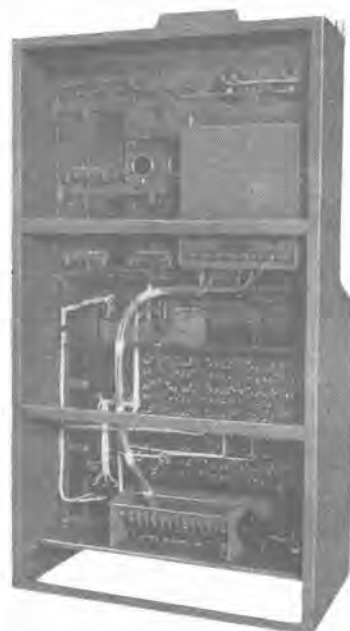
8 図は外観を示し,



8 図 制御装置の外観
Fig. 8. Outside view of control apparatus.



9 図 制御装置の前面
Fig. 9. Front view of control apparatus.



10 図 制御装置の裏面
Fig. 10. Back view of control apparatus.

1 表 制御装置に含まれている主な機器

機 器 名	使用 回路	仕 組 み お よ び 用 途
交流電圧計 信号燈	2 14	冷凍機用、電熱器用 主電源、制御回路電源、冷凍機、ポンプ、電熱器、 溶接器、凍結、排水、融解、排水の各指示、自 動、手動の指示、冷却不足、加熱不足の指示
ブザー	1	冷却不足の場合の警報用
ベル	1	加熱不足の場合の警報用
圧力計	1	冷凍機高圧用
速度計	1	冷凍機低圧用
電圧計	1	室温用
温度記録計	1	島津製 ARP 型熱電対式電子管式自動平衡記録計 6 点 $-30 \sim +20^{\circ}\text{C}$ 、供試体その他の温度記録
温度調節計	1	島津製 ERC 型電熱式指示温度調節計 $-40 \sim +10^{\circ}\text{C}$ 低温ブライントタンク $-30 \sim +20^{\circ}\text{C}$ 試験槽用 $-10 \sim +40^{\circ}\text{C}$ 高温ブライントタンク
温度調節計	1	「
切替開閉器	1	3 極主電源用
電圧接点器	16	FL15 型、リレー用
熱動過電流继电器	3	TR-32 型
ドラム型電動機用	1	行程転移用
ランプスイッチ	7	記録計、調節計、低温短絡、高温短絡、浮動短絡、 ブザー、ベル切、電圧信号燈
起動停止用押しボタン	2	冷凍機、電熱器（いずれも手動）
押しボタン	2	ドラム回転（手動）、ブザー、ベル切
切替開閉器	1	OK 型 手動、自動の切り替え
「	1	「 手動の場合の行程移行用
「	1	「 電熱器の 7kW、5kW、2kW の切り替え
限時继电器	1	0~120 min 凍結時限用
「	1	0~60 min 融解 「
「	1	0~30 min 排水 「
デアイオン遮断器	1	NF-50 3P 冷凍機
「	1	「 電熱器
「	1	「 ポンプ
「	1	「 溶接器
「	1	「 2P 制御回路

9 図は前のリレー部分の扉を開いた所、10 図は裏面を示している。制御装置は通常自動運転を行うものであるが、場合によっては手動運転ができるように手動回路もつくってある。制御装置に含まれている主な機器は 1 表のとおりである。

4. 動作説明

本装置はすでに述べたように凍結、排水、融解、排水の各行程を順に行ってゆくものであるが、温度の保証と時間の保証とを同時に限られた誤差範囲内において行なわなくてはならず、そのためにやや複雑な制御方式となっている。以下各機器の制御および各行程について説明する。

ア. 冷凍機制御方法

冷凍機制御方法としては一般にその大きさ、要求等によって種々の仕掛があるが、いま本装置についてその要望条件を列挙すれば、

(1) 供試体を定められた時間内に定められた温度まで下げなければならない。したがって供試体の熱容量に対して、供試体表面の熱伝導率および伝熱面積すなわち供試体表面積が小さい場合は、温度差をつけて伝熱量を増さなければならない。したがって冷凍機を小型ですまそうとすれば凍結行程に入る前にブラインを予冷して置く必要がある。

(2) 予冷の温度は試験の条件を均一にするために外

気の温度には関係なく一定に保たなければならない。しかもこの一定温度は試験の種類すなわち、たとえば供試体の数、供試体の包み方等によって簡単に変え得るものであることが望ましい。

(3) 凍結行程に入ってブラインが試験槽を通過して循環し始めると試験槽内部は融解が終わったばかりであって温度が高いため循環ブラインの温度は急激に上昇する。したがって冷凍機を運転しなければならないが、この際の冷凍機の制御は低温ブライントタンクの温度よりも直接供試体中心部温度によって制御した方が好都合である。

(4) 供試体中心温度が規定温度に達したならば、供試体の過冷をなるべく少なくするために冷凍機の運転は直ちに止めるべきである。

(5) その後侵入熱等により供試体中心部温度が規定温度より上ったならば冷凍機の運転を開始し供試体中心部の温度を規定温度に保つよう調節しなければならない。

(6) しかし圧縮機をあまり頻繁に起動停止することは好ましくない。

(7) 冷凍機の安全装置として用いている高低圧遮断器は自動運転の場合も手動運転の場合も上記制御にかかわらず作動し圧縮機用電動機の電源を切らなければならない。

以上の条件のもとに制御方式の主眼点はつぎのとおりのものである。

a. 予冷の場合冷凍機は 2 点 2 位式の電気式温度指示調節計 ThC により制御され、その測温抵抗体は低温ブライントタンクに取り付けた。

b. 冷凍機の発停は上記調節計の低温の指標点以下に下った場合停止し、高温指標点以上に上ったら起動するようにして起動停止の間に幅をつけた。この幅によって圧縮機の起動停止の頻度を調節することができる。またこの指標温度は -40°C までの範囲において自由に変え得るようにし、もっとも適当な予冷温度を実験的に出し得るようにした。

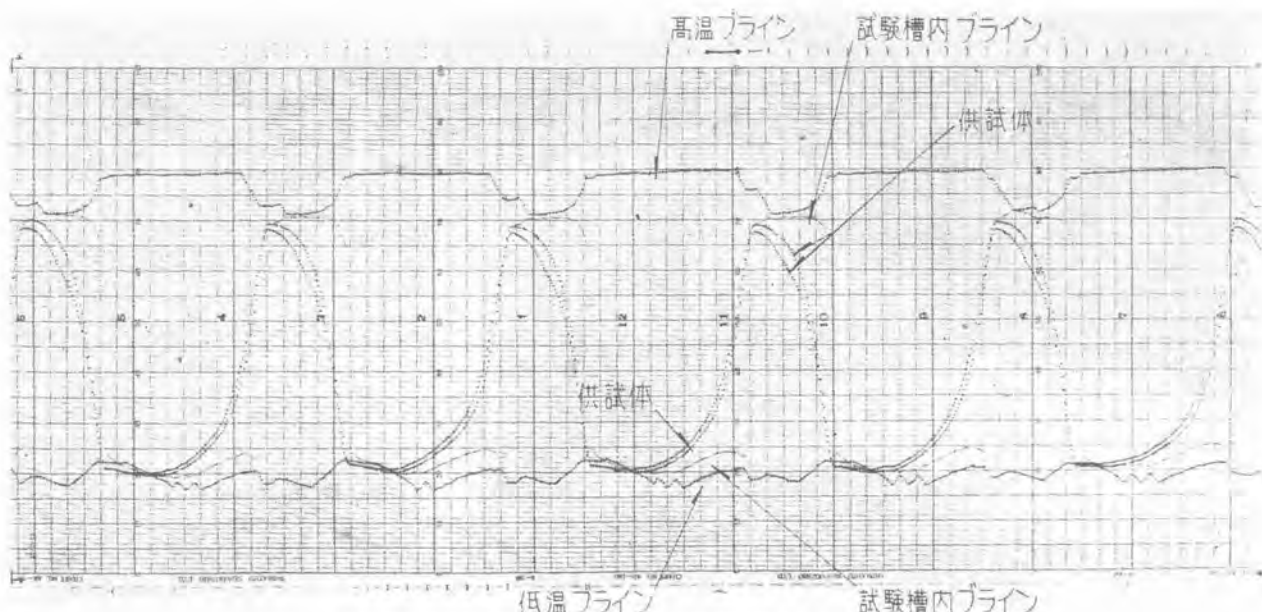
c. 凍結サイクル中の供試体中心部温度を測定感知するため 2 点 2 位式温度指示調節計 ThT を用い、16 箇の供試体中任意の供試体中心部に穴を明け測温抵抗体を取り付けた。

d. 上記温度指示調節計の低温標示点を規定された温度 (-18°C) に調整して置き、供試体温度が規定温度より下ったら、たとえ低温側ブライントタンクの温度が予冷時調節温度に達していなくても直ちに冷凍機を停止するよう結線した。

イ. 電熱器制御方式

電熱器の制御は大体において冷凍機の制御と同様であるから説明の重複をさけるが、異なる点を挙げればつぎのとおりである。

(1) 融解行程に与えられた時間は凍結行程に比べて短い。したがって予熱温度を相当高くして置かなければ規定時間に規定温度に加熱することができない。



11 図 試験結果 (限時継電器および温度調節計によったもの)
Fig. 11. Test results curves (controlled by the time relay and the thermostat).

(2) しかし融解工程終了時において供試体内部の温度勾配をできるだけ小さくすることが望ましい。したがって融解行程中のラインの調整温度は予熱温度よりも低い温度が望ましく、供試体到達温度である $+4.5^{\circ}\text{C}$ に近い温度にしたい。すなわち加熱時における供試体温度曲線を到達温度付近においては水平に近くすることが望

ましい。

(3) さらに供試体が要求された温度に到達すれば直ちに電熱器を切って過熱を少なくするようにしなければならない。

以上の温度数値を予め計算等によって正しく求めることは困難であり、実際問題として試運転を行った場合の調整が必要であり簡単にまた相当の精度をもって温度を変え得るように、また一度決定したら実験は相当長い日数を要するからその間の外的条件が変るとすぐ試験の過程において変化が起るようでは条件一定の試験とはいえない。したがっていわゆる逃げをつくって置かなければならない。

以上の要求事項により電熱器の制御方法としてはつぎのようなものとした。

a. 高温側ブライントタンクに測温抵抗体を取り付けた2点2位式の電気式温度指示調節計(ThH)により予熱時には電熱器は調節計の高温指標点において制御される。

b. 融解時は調節計の低温指標点において制御される。

c. 融解時は同時に供試体中央部温度を感知する試験槽用調節計の高温指標点($+4.5^{\circ}\text{C}$)により直列に制御される。

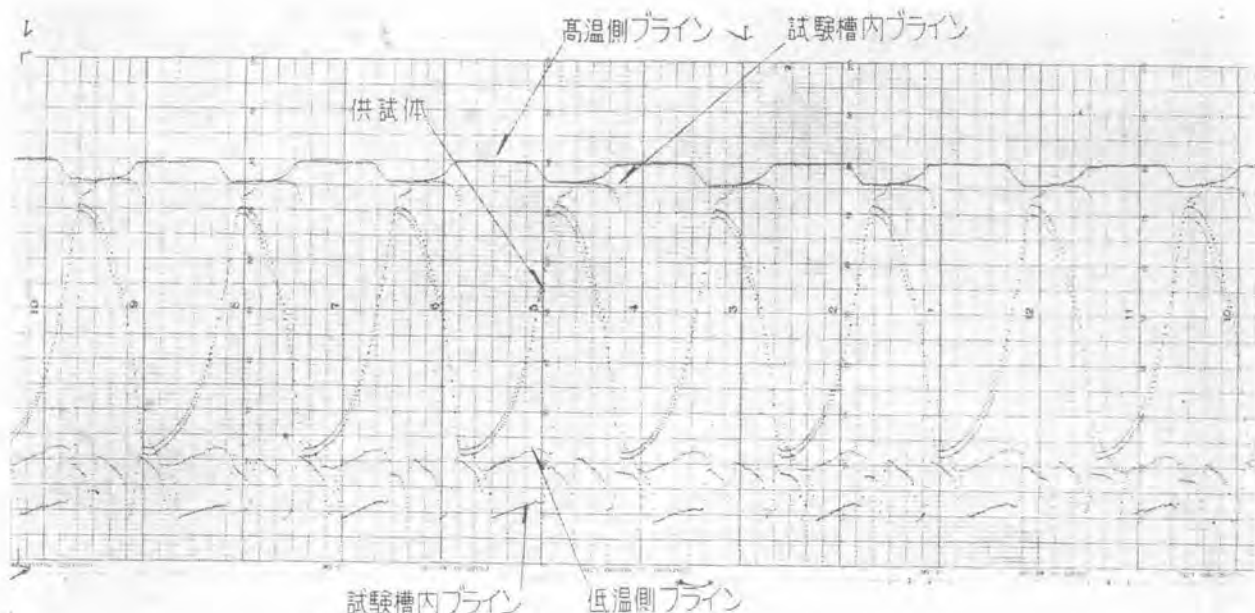
ウ. 行程移行

すでに述べてきたように本試験装置の目的が凍結融解の変化を一昼夜10回コンクリート供試体に与えるという点にあるから、時間(限時継電器)により行程が転移するものとし、その時間までに規定温度に達しなかった場合は温度調節計によってインターロックされ、規定温度に達するまで移行しないようにした。もちろん時間のみで行程を進めたい場合は温度調節計を短絡することができるようにスイッチを付けてあるし、また逆に時間には

2 表 行程移行一覧表

行程	低 温 側	高 温 側
凍結	$\rightarrow \text{CT} \rightarrow \text{MV}_1 \rightarrow \text{BP}$ $\text{MV}_2 \leftarrow \text{TT} \leftarrow$	HT 予熱 (ThH $+10^{\circ}\text{C}$)
凍結 ↓ 排水	① ThT が規定温度(-18°C)に下ってからリレー回路を閉じるインターロック付にてタイムリレーが作動する。もし ThT が閉じないうちにタイムリレーが作動する時はシグナルランプおよびブザーを鳴らして警報する。 ② ポンプ停止 ③ $\text{CT} \leftarrow \text{MV}_1 \leftarrow \text{BP} \leftarrow \text{TT}$ HT 予熱 ④ TT 中ブラインの一定レベル以下を検知する FS によってリレー回路を閉じるインターロック付にてタイムリレー作動する。 ⑤ MV_1 , MV_2 を切り替える。 ⑥ ポンプ起動	
融解	CT 予冷 (ThC -22°C)	$\rightarrow \text{HT} \rightarrow \text{MV}_1 \rightarrow \text{BP}$ $\text{MV}_2 \leftarrow \text{TT} \leftarrow$
融解 ↓ 排水	① ThT が規定温度($+4.5^{\circ}\text{C}$)に上ってからリレー回路を閉じるインターロック付にてタイムリレー作動する。もし ThT が閉じないうちにタイムリレーが作動する時はシグナルランプおよびベルを鳴らして警報する。 ② ポンプ停止 ③ CT 予冷 (ThC -22°C) HT $\leftarrow \text{MV}_1 \leftarrow \text{BP} \leftarrow \text{TT}$ ④ TT 中ブラインの一定レベル以下を検知する FS によってリレー回路を閉じるインターロック付にてタイムリレー作動する。 ⑤ MV_1 , MV_2 を切り替える。 ⑥ ポンプ起動	
凍結	元へ戻る	

CT: 低温側ブライントタンク HT: 高温側ブライントタンク TT: 試験槽
 MV₁: 低温および高温ブライントタンクとポンプとの間の電動三方弁
 BP: ブラインポンプ
 MV₂: 試験槽より流出して低温または高温タンクへ戻る分岐点の電動三方弁
 ThT: 試験槽中供試体中心部に測温抵抗体を取り付けた温度指示調節計
 ThC: 低温側ブライントタンク中に測温抵抗体を取り付けた温度指示調節計
 ThH: 高温側ブライントタンク中に測温抵抗体を取り付けた温度指示調節計
 FS: 試験槽内部に取り付けられたフロートスイッチ



12 図 試験結果 (限時継電器に関係なく温度調節計のみによったもの)
Fig. 12. Test results curves (controlled by thermostat only).

関係なく温度のみで行いたい場合は限時継電器の時間を零に調整すればその目的を達することはいうまでもない。

行程移行の際の各機器の作動は2表に示すとおりである。

5. 試験結果

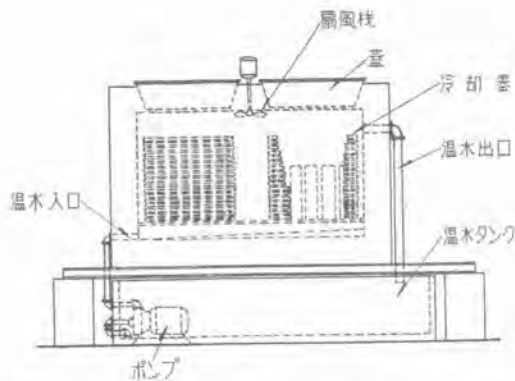
試験は規定された大きさのコンクリート供試体を作りビニールの袋に入れ、その中に水を約 1l 入れた。

温度の記録は制御装置についている熱電対式電子管自動平衡6点記録計により、その測定位置は供試体中心部2箇所、試験槽内ブライン温度(試験槽出口温度に近い)、低温側ブラインタンク中のブライン温度、高温側ブラインタンク中のブライン温度をとった。室温は大体において昼間 20~23°C、夜間 17~20°C であった。

11 図は連続試験中の一部であって午後6時より午前6時まで 12 時間の運転結果を示している。縦軸は時間を示し横軸は温度を示している。丁度温度目盛に合った記録紙が無かったため 100 等分目盛のものを使用したため 100 が +20°C、0 が -30°C を表わしているが正しくは温度目盛が等齊でないで中間部は 70 が約 5°C、60 が約 0°C、20 が約 -20°C を示し、1 目盛が大体 0.5°C である。縦軸の時間は太線が 1 時間、細線が 10 分を表わしている。

試験結果を見ると曲線は大体よくそろっており、与えられた仕様ならびに ASTM の規格も充分満足している。二つの供試体中心部の温度にずれがあるのは熱電対が正しく中心に入っていないか(熱電対を鑄込まず予め穴明きとなった中心部に挿入したため)、充填のため入れた水の入れ方が異ったため遅れがあるものと思われる。凍結行程において、たとえば 10 時 40 分頃凍結行程に入ったサイクルについて見れば、試験槽の中に冷いブラインが入って行くと試験槽内ブライン温度は急速に下るがつぎ

に一寸上昇するがこれはブラインと供試体との温度差が大きいと熱の伝達量が大きく、冷凍機の冷却能力との平衡点が若干上るためである。供試体の温度が下って大体 -10°C 付近になると、平衡点が復帰しその後温度差が少くなるにしたがって熱の伝達量が減少し冷凍機の冷却能力によってブライン温度は下降する。低温側ブラインタンクの温度は同様に下降するが温度調節器によって一定範囲内に保たれるように冷凍機の起動停止を行う。11 時 50 分~55 分の間に供試体の中心部の温度が規定温度に達したという信号が発せられている。その後冷凍機は低温ブラインタンクの温度が調節器に調整された温度以上上昇しても運転しない。供試体の温度は慣性のためそのまま続いてしばらく下降するがやがて上昇の方向に変わる。そうして 12 時 5 分頃低温ブラインタンクの曲線上に表われた、はっきりはしないが曲率の変った点にて凍結の限時継電器が働き凍結が終了して続いて排水に移り変わる。この時二つの供試体の温度差は大体 0.3°C 位で供試体の温度曲線が水平になっている所から判断して供試体全体が大体同一温度になっているものと思われる。排水行程に約 10 分を要し、電動弁が切り換って 12 時 16 分頃より高温ブラインが試験槽内に入り始めている。試験槽のブライン温度を測定する熱電対は試験槽内の上部の出口付近に取り付けてあるからその温度は徐々に上昇しブラインが到達すると急激に上昇する。しかしその上昇曲線も供試体との熱交換のために上昇度はゆるやかになりやがて高温側ブラインタンクの温度より少し低い温度に達しその後供試体との熱交換によって極く僅か下降を示し、1 時 4 分頃融解を終り排水に入っている。融解行程の終了は供試体の温度曲線の傾斜がやや急な点すなわち供試体内部の温度勾配がまだ水平になってしまっていないと思われる点で終っている。(16 図を参照されたい)これは同じ伝達面積を通じて同じ熱量を短時間に伝達し



13 図 空気冷却式コンクリート凍結融解試験装置 (ナショナルサンドアンドグラベル協会発行のサーキュラ 46 頁より)

Fig. 13. The test plant of concrete specimens to rapid freezing in air and thawing in water.

なければならないため凍結行程に比べて生ずる無理の影響等によって止むを得ないものと思われる。しかし与えられた仕様条件には入っている。これを改善するには予熱温度を高くしましたブラインの量を減じてその熱容量を減ずることによって供試体を急激に暖めると同時にブライン温度も急激に冷却させ融解終了時近くにおいてその差をできるだけ少なくする方向に持って行かなければならない。この点は操作が上手くなるにしたがって解決して行くものと思われる。

12 図は限時継電器の調整を零にして温度調節器のみで試験を行った試験記録である。記録計の測定点は上の例と同じであるが、低温ブラインタンクに入れた熱電対が冷却器に接触していたものらしく、その温度変化が非常に大きい。装置全体として余裕があるため 1 サイクルに要する時間は前の場合に比べて約 3 割減少し約 1 時間 36 分で終了している。両者を比較して見ると判るように凍結時間は短縮されているのに比べて融解時間はあまり変わっていない。このことは前の試験で調整した高温ブラインタンクの温度が一杯一杯であったということを示している。凍結行程の終了時の供試体の温度曲線の傾斜はほとんど融解工程の終了時と同じ型をして供試体内の温度勾配の大きいことを示している。これは温度調節器のみの運転では止むを得ないことであって、限時継電器と温度調節器とを併用したことに意味があったことが判る。

6. 空気冷却式試験装置

コンクリート凍結融解試験方法として、いままでに述べてきたブライン方式とは異って、ASTM C-291 に規定された試験を行うため冷却を空気で行い、融解を温水によって行う方法がある。その方法について簡単に説明すると 13 図は National sand and gravel Association の報告にある空気冷却温水加熱式の自動凍結融解試験装

3 表 ブライン冷却方式と空気冷却方式との比較

	ブライン冷却方式	空気冷却方式
動作流体	塩化カルシウムブライン	冷却は空気 加熱は温水
冷凍機の冷媒蒸発温度	高	低
予冷時間	短	長
予冷	可能	不可能
冷凍機低圧圧力	ほとんど一定	凍結と融解の場合 とで圧力が変わる 水であるから比較 的小さい
タンク内面の腐蝕度	大きい	不要
自動切換弁	必要	比較して簡単
制御関係	複雑	小
設備費	大	

置である。試験槽は装置の上部にあって内部に冷却器および扇風機を備えている。温水槽は試験槽の下部にあり内部に電気ヒータを有することはブライン式と同じである。冷凍機および制御盤は図面の外にある。凍結行程においては試験槽内の冷却器が冷凍機によって冷され、供試体は空気を媒介として冷却される。冷却効果を挙げるため扇風機により攪拌する。凍結が終了すれば直ちに冷凍機、扇風機を停止し、ポンプを起動して温水タンク中の温水を試験槽へ入れ供試体を融解する。温水は試験槽上部より温水タンクへ戻り循環する。融解が終ればポンプを停止し温水はポンプ中を逆流して温水タンクへ戻る。

この方法とブライン式とを試験装置そのもので比較すれば 3 表のようになる。したがって装置からみれば既に空気冷却式の方が簡単だといえよう。

7. むすび

本装置によってコンクリートの凍結融解繰返し試験を所定の条件で精度よく行われることが判ったが、これの複雑な機能を有する試験装置を使用し、精度よき試験によって優秀なセメントの研究製作が促進されるならば、筆者等の喜びこれに過ぐるものはなく、またこのような自動試験装置、ひいては生産工程が逐次要求され使用されるようになることを望みつつ筆を擱くものである。

なお本装置の設計製作に当り種々鞭達を頂いた関西電力西井、野網両技師ならびに当所技術部管制器課の各位、および熱伝達計算にご援助を頂いた研究所長沼技師に厚く謝意を表する次第である。

補 記

コンクリート供試体を 14 図のように z 方向には無限に広がり、 $x=0$, $x=a$, $y=0$, $y=a$ なる 4 面で限られた角塊と考える。

供試体の温度を θ_K 、ブラインの温度は一定で θ_H とする。いま

$$\theta = \theta_K - \theta_K \dots \dots \dots (1)$$

とおけば、この場合の熱伝導の方程式は

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \kappa \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} \right) \dots \dots \dots (2)$$

ただし κ = 温度伝導率 = $\frac{\lambda}{c_p \gamma}$

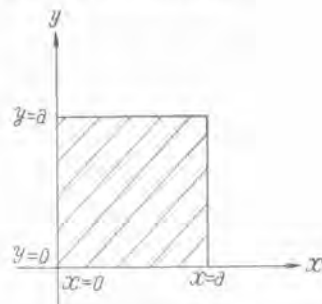
境界条件は

$$\left. \begin{aligned} \left(\frac{\partial \theta}{\partial x} - h\theta \right)_{x=0} &= 0 & \left(\frac{\partial \theta}{\partial x} + h\theta \right)_{x=a} &= 0 \\ \left(\frac{\partial \theta}{\partial y} - h\theta \right)_{y=0} &= 0 & \left(\frac{\partial \theta}{\partial y} + h\theta \right)_{y=a} &= 0 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (3)$$

ただし $h = \frac{\alpha}{\lambda}$ で α = 表面の熱伝達率

λ = 供試体の熱伝導率

14 図
Fig. 14.



初期条件として

$$(\theta)_{t=0} = f(x, y) \quad (4)$$

が与えられているものとする。

この解を求めるためにまず $f(x, y)$ を境界条件 (3) 式を満足するカチの級数に展開すると

$$f(x, y) = 4 \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\mu_m^2 \mu_n^2}{(\mu_m^2 + h^2 a^2) a + 2 h a^2} \frac{1}{(\mu_n^2 + h^2 a^2) a + 2 h a^2} \times \left(\cos \frac{\mu_m x}{a} + \frac{h a}{\mu_m} \sin \frac{\mu_m x}{a} \right) \left(\cos \frac{\mu_n y}{a} + \frac{h a}{\mu_n} \sin \frac{\mu_n y}{a} \right) \times \int_0^1 \int_0^1 f(\lambda, \nu) \left(\cos \frac{\mu_m \lambda}{a} + \frac{h a}{\mu_m} \sin \frac{\mu_m \lambda}{a} \right) \left(\cos \frac{\mu_n \nu}{a} + \frac{h a}{\mu_n} \sin \frac{\mu_n \nu}{a} \right) d\lambda d\nu \quad (5)$$

ただしこの式における μ_m および μ_n は

$$\tan x = \frac{2 a h x}{x^2 - h^2 a^2} \quad (6)$$

の正根を大きさの順序に並べたときの m 番目および n 番目の根である。

つぎに微分方程式 (2) 式の解を求めなくてはならないが、それは (5) 式により

$$\theta = e^{\mu_m x} \left(\cos \frac{\mu_m x}{a} + \frac{h a}{\mu_m} \sin \frac{\mu_m x}{a} \right) \left(\cos \frac{\mu_n y}{a} + \frac{h a}{\mu_n} \sin \frac{\mu_n y}{a} \right)$$

とおいて (2) 式に代入すれば

$$p = -\kappa \left(\frac{\mu_m^2}{a^2} + \frac{\mu_n^2}{a^2} \right)$$

を得る。故に求める解は次式で与えられる。

$$\theta = 4 \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\mu_m^2 \mu_n^2 e^{-\kappa \left(\frac{\mu_m^2}{a^2} + \frac{\mu_n^2}{a^2} \right) t}}{(\mu_m^2 + h^2 a^2) a + 2 h a^2} \frac{1}{(\mu_n^2 + h^2 a^2) a + 2 h a^2} \times \left(\cos \frac{\mu_m x}{a} + \frac{h a}{\mu_m} \sin \frac{\mu_m x}{a} \right) \left(\cos \frac{\mu_n y}{a} + \frac{h a}{\mu_n} \sin \frac{\mu_n y}{a} \right) \times \int_0^1 \int_0^1 f(\lambda, \nu) \left(\cos \frac{\mu_m \lambda}{a} + \frac{h a}{\mu_m} \sin \frac{\mu_m \lambda}{a} \right) \left(\cos \frac{\mu_n \nu}{a} + \frac{h a}{\mu_n} \sin \frac{\mu_n \nu}{a} \right) d\lambda d\nu \quad (7)$$

とくに初めの温度分布

$$f(x, y) = \theta_0 = \text{一定}$$

の場合には (7) 式の積分が実行できる。すなわち

$$I = \int_0^1 \left(\cos \frac{\mu_m \lambda}{a} + \frac{h a}{\mu_m} \sin \frac{\mu_m \lambda}{a} \right) d\lambda = \frac{a}{\mu_m} \left\{ \sin \mu_m - \frac{h a}{\mu_m} (\cos \mu_m - 1) \right\} = \frac{2 a}{\mu_m} \cos \frac{\mu_m}{2} \sin \frac{\mu_m}{2} \left\{ 1 + \frac{h a}{\mu_m} \tan \frac{\mu_m}{2} \right\} \quad (8)$$

(6) 式より

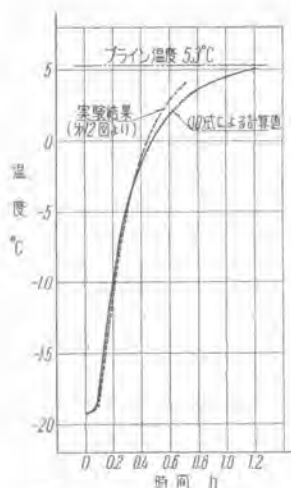
$$\frac{2 \tan \frac{\mu_m}{2}}{1 - \tan^2 \frac{\mu_m}{2}} = \frac{2 h a \mu_m}{\mu_m^2 - h^2 a^2}$$

これより

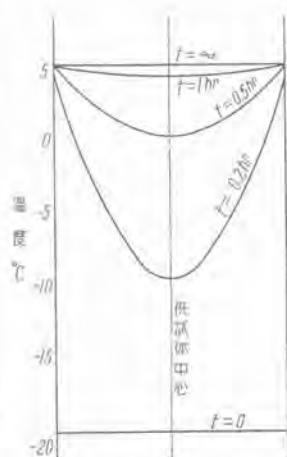
$$\tan \frac{\mu_m}{2} = \frac{-(\mu_m^2 - h^2 a^2) \pm (\mu_m^2 + h^2 a^2)}{2 h a \mu_m}$$

を得る。しかし $(m-1)\pi < \mu_m < m\pi$ なる故 $\tan \frac{\mu_m}{2}$ は m が奇数なら正、偶数なら負である。故に

$$\left. \begin{array}{l} m \text{ が奇数の時は } \tan \frac{\mu_m}{2} = \frac{h a}{\mu_m} \\ m \text{ が偶数の時は } \tan \frac{\mu_m}{2} = -\frac{\mu_m}{h a} \end{array} \right\} \quad (9)$$



15 図 供試体中心の温度時間曲線
Fig. 15. Temperature at the center of specimen time curve.



16 図 供試体中央断面における各時間の温度分布
Fig. 16. Temperature distribution in the section of the specimen.

この値を (8) 式に代入して

$$I = 0 \quad (m \text{ は偶数}) \\ = \frac{2 h a^2}{\mu_m} \quad (m \text{ は奇数})$$

同様に

$$\int_0^1 \left(\sec \frac{\mu_n \nu}{a} + \frac{h a}{\mu_n} \sin \frac{\mu_n \nu}{a} \right) d\nu = \begin{cases} 0 & (n \text{ は偶数}) \\ \frac{2 h a^2}{\mu_n} & (n \text{ は奇数}) \end{cases}$$

これより (7) 式はつぎのようになる。

$$\theta = 16 h^2 a^2 \theta_0 \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} e^{-\left(\frac{\mu_m^2}{a^2} + \frac{\mu_n^2}{a^2} \right) \kappa t} \times \frac{\cos \frac{\mu_{2p+1} x}{a} + \frac{h a}{\mu_{2p+1}} \sin \frac{\mu_{2p+1} x}{a}}{(\mu_{2p+1}^2 + h^2 a^2) a + 2 h a^2} \times \frac{\cos \frac{\mu_{2q+1} y}{a} + \frac{h a}{\mu_{2q+1}} \sin \frac{\mu_{2q+1} y}{a}}{(\mu_{2q+1}^2 + h^2 a^2) a + 2 h a^2} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \text{いま } \alpha &= 650 \text{ kcal/m}^2 \text{h}^\circ \text{C} \\ \lambda &= 1.10 \text{ kcal/mh}^\circ \text{C} \\ a &= 100 \text{ mm} = 0.1 \text{ m} \\ \kappa &= 0.002 \text{ m}^2/\text{h} \end{aligned}$$

とおく。凍結終了の場合は供試体内部の温度分布が大体一様であるものと見做すことができるから

$$\begin{aligned} \text{供試体の初めの温度分布 } \theta_0 &= -19.2^\circ \text{C} \\ \text{ブライン温度 } \theta_n &= +5.3^\circ \text{C} \end{aligned}$$

として、供試体中心すなわち $x = \frac{a}{2}, y = \frac{a}{2}$ なる点の温度と時間との関係を (10) 式により求めれば 15 図の実線のようになる。15 図の点線は 11 図より求めた実験結果である。計算式との間にずれがあるのはコンクリート中に含まれる遊離水分の影響であって、氷が融けると急に温度が上昇するものと思われる。

16 図は上記条件の場合の供試体中央断面 $(x = \frac{a}{2})$ 上の各点の各時間に対する温度分布を求めたもので 40 程度では内部の温度勾配が相当大きい。1 時間後では周辺と中心部との温度差は 0.74°C 、1.5 時間後になると 0.015°C となって温度分布は大体一様であるということができよう。

パッケージ型脱湿機“ドライエヤ”

名古屋製作所

中原 四郎

Package Type Dehydrator “DRIAIRE”

Shiro NAKAHARA

Nagoya Works

Package type dehydrators have been placed on the market as one of applications of refrigerators and have come to enjoy popular demand now-a-days. They are not only adaptable to warehouses, libraries and basements, but are to be used favourably in tool rooms, precision machine factories, communication apparatus rooms, telephone exchange rooms. Industries for medicine and provision are also a good field of this application. “DRIAIRE” is the apparatus designed and named by us to meet these requirements.

1. まえがき

わが国でパッケージ型脱湿機が製作販売され始めたのはここ 2, 3 年で、未だその歴史は非常に浅い。米国においてはすでに 10 数年前に遡るといっても、本格的に使用され出したのはやはり 4, 5 年前に過ぎない。しかしその動作原理は、冷凍サイクルをそのままの形で応用し空気を冷却、脱湿するもので、従来の冷凍装置、空気調和装置等と到る所にその現象を見ることができ、いまさら何等目新しいものではない。ただ、脱湿機として十分な性能を発揮するためには、各部分に脱湿機としての最適の構造を持たせる必要がある。

当社では MH 型脱湿機“ドライエヤ”を標準品として製作し、ことに今回関西電力丸山発電所にも納入し、倉庫その他の脱湿に使用して頂くことになった機会にその概要を述べんとするものである。

2. 空気の減湿、乾燥

空気中に含まれている湿気を減じて空気を乾燥することは、われわれの日常生活にもまた工業的にも種々利用されることが多い。

たとえば、室内の相対湿度 80% 以下では木綿、皮革類に含有されている水分だけでは黴は成長し難いが、膠および糊に対してはその危険性があり、相対湿度をさらに 40~50% まで下げてこれを防ぐ必要がある。すなわち図書・大切な家具・什器等の格納に脱湿が必要な所以である。

さらにわれわれは常に体から周囲に熱を放散して体温の調節をはかっていることはいふまでもない。その方法として

- (1) 呼吸による熱の放散
- (2) 人体表面からの伝熱による熱の放散
- (3) 人体表面からの発汗による熱の放散

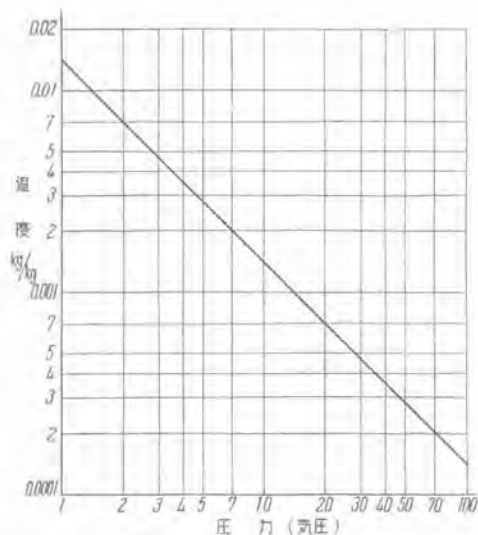
(1) による熱放散は (2), (3) に比し非常に小さく、(2) は体温と周囲温度との差に比例し、(3) は周囲の相対湿度に大きく影響される。したがって周囲温度が低くても相対湿度が高ければ不快を感じ、逆に周囲温度が少々高くても相対湿度が低ければ発汗が促進され放散熱量が増し、不快を感じることも少ない。すなわち娯楽室、遊戯室等で脱湿を必要とする理由である。

以上空気乾燥の必要性を述べたが、空気中の湿気を除去し空気を乾燥する方法として次の四つが考えられる。すなわち

- (1) 吸収性物質を使用する方法
- (2) 吸着剤を使用する方法
- (3) 空気を圧縮する方法
- (4) 空気を冷却する方法

第 1 の方法は吸収性を有する物質を使う方法である。周知の如く、硫酸、塩化カルシウム等は水分を非常によく吸収する薬品であるが、これらの薬品を使って日常使用する場所を乾燥することは、その取扱い、臭気、危険性および再製が困難等の理由のために不適当なのが普通である。

第 2 の吸着による減湿法は近來次第に活用されている



1 図 種々の圧力における空気の飽和湿度
Fig. 1. Saturated humidity of air under varied pressure.

方法で、たとえばシリカゲル、活性炭素の如くその表面に水分を吸着する能力を有する物質によるものである。吸着による場合は第1の吸収による場合と異り、吸湿によって薬品の物理的性質は何等変らないから、これらの物質を吸湿前の状態に戻すにはその中に含まれている水分を追い出すために適当な温度に加熱するだけでよい。

現今使用されている吸着剤の代表的なものは前述の如くシリカゲルと活性炭素であるが、これ以外に塩化カルシウムの如く吸収と吸着の両作用で湿気を除去するものもある。

しかしこの吸着による方法も前述の吸収による方法に比較し、その程度こそ違え再製の問題においては日常の使用には適しない。

第3の方法は圧縮による方法である。すなわちある温度におけるガスの飽和湿度は圧力が増加すれば急速に減少する。たとえば 20°C の空気が種々の圧力下で含み得る飽和絶対湿度は1図のとおりである。

したがってある状態の空気を圧縮した場合もし最初不飽和であれば圧縮によりまず飽和状態となり、さらに圧縮を続ければ水分の凝縮が起るから普通の断熱圧縮と考えて圧縮加熱された空気を冷却すれば過飽和の水分の脱湿が行われる。ただ、設備、効率の点から前二者同様日常使用するには不適當である。

第4の方法は空気を露点以下に下る方法で、これには空気を冷水の噴霧中に通すか直接冷却装置の冷却コイルに接触せしめる方法があるが、ここでは後者の方法による脱湿機のうちとくにパッケージ型脱湿機について述べることにする。

3. パッケージ型脱湿機の発達

冷凍サイクルを使用して機械的に空気を乾燥する方法は古くから使用されており、現在の如きパッケージ型のものも米国ではすでに 10 数年前に販売されている。しかし今日の如く広く一般に利用されたのはここ 4, 5 年来的ことで、その販売数も年と共に累増し昨 1953 年



2 図 脱湿量を示す空気線図

Fig. 2. Air chart showing dehydrated amount.

には 98,000 台を数えるに至っている。

元来米国の家庭生活には暖房、温水設備は不可欠のもので必然的にボイラ、温水器等の据付場所の必要を生じこれを地下室で賄うようになった。すなわち住宅には必ず地下室が付随しているわけで、この地下室を従来の単なる道具置場、物置等の觀念から日常生活の一室として使用でき、品物に黴を生じたり品物が毀損したりすることのない地下室として一層高度に利用するために脱湿機が実用化されるに至った。

上述の如くそもそも脱湿機は米国一般家庭の地下室を基準にして設計されている。しかもこれが後述の如く能力的に見て家庭用冷蔵庫に使用する圧縮機を流用できる所にも利点があり、さらに用途としては単に地下室に止らず、暗室・娛樂室・書齋・ロッカールーム・倉庫・洗濯場等各所に応用できる点にも脱湿機が実用化されるに至った大きな原因がある。

以上の如く脱湿機は米国住宅の地下室が基準であるが Carl F. Alsing 氏の論文によれば、地下室の平均大さは 50×25×8 尺、すなわち室の大さは 10,000 立方尺、床面積約 34 坪である。

いま2図で判るように 27°C、相対湿度 85% の空気を 27°C、相対湿度 30% に減湿するとすれば、脱湿量は約 4.1 l となる。さらにこの空気が接触している物体、すなわち壁、室内にある家具等にも等量の水分が含まれているものとして1日でこれを脱湿すれば、所要脱湿能力は 8.2 l/日となる。今日市販されている脱湿機の能力が二、

三の特殊のものを除き 7~11 l/日の範囲であることもこの基準と合致しており、しかもこの程度の能力には 1/8 HP 程度の圧縮機が適当であり、家庭用冷蔵庫用のものが流用される所以である。

4. 脱湿機の構造、脱湿作用

わが国で現在製作販売されている脱湿機はいずれも家庭用冷蔵庫に使用する圧縮機を利用したもので、各社とも 1/6 HP 前後で能力的にも大体同様である。ただ

(1) わが国は米国に比し湿度が非常に高い。

(2) 米国の如く一般家庭の地下室を対称とすることはできない。したがってその利用分野を他に求めなければならない。

これらの意味から脱湿能力を少しでも大にすることが望ましい。

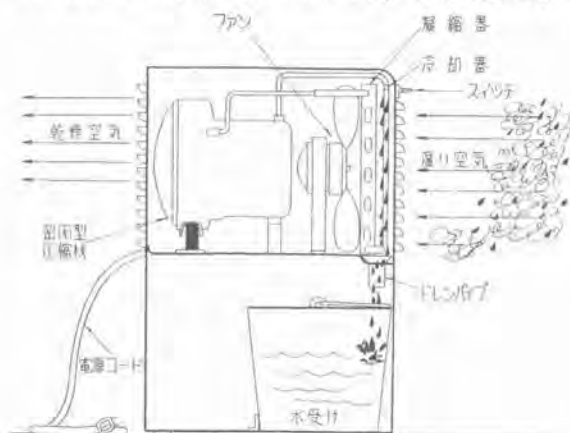
3 図はパッケージ型脱湿機の構造概要を、4 図は冷媒電気系統を示したものである。

空気は脱湿機の前より吸入され、冷却器、凝縮器を通り、さらに圧縮機の外側を経て後方より吐出される。湿気が多い室内空気は冷却器を横切る際に冷却され、とくに冷却器表面近くを流れる空気は露点以下に冷却される。この際過飽和の湿気は水滴となって凝縮器の表面に凝縮、分離され一応脱湿の目的を果すわけである。いま述べた 2 種の冷却作用のうち空気温度が下るのは感熱であり、湿気が凝結するのは潜熱である。したがっていま同じ冷却能力を有する冷却装置を使用してもその冷却能力が感熱と潜熱に消費される割合によって脱湿機の脱湿能力の優劣が決定され、この主要な因は冷却器にある。以上を総合すれば

- (1) 冷却器各部の温度が一樣であり
- (2) 冷却器を通る空気が一樣に冷却され
- (3) 冷却器には一樣に着露する

如き構造の冷却器を選ぶ必要がある。しかも脱湿機が使用されるすべての状態においてこの条件を満足する冷却装置を作ることが理想である。

ことに周囲温度、湿度が下れば負荷、冷媒凝縮圧力、吸



3 図 脱湿機作動説明図

Fig. 3. Illustration of dehydrating action.

入圧力共に低下して冷却器温度も下り、遂には冷却器表面に着霜を起し脱湿能力は急速に減ずる。米国では周囲温度が 20°C 以下になれば着霜するのが標準のようであるが、わが国のように一年中を通じ全般的に湿度の高い地理的条件の下では、脱湿機の利用範囲を一層拡大する意味からも着霜温度をさらに下げる必要がある。もちろん風量を増せば着霜温度は下げ得るし、ある条件では脱湿能力も増し得るが、負荷が増加するために冷媒吸入ガス温度が上昇して冷却器の能力が逆に低下する場合も生じ、さらには過負荷の状況を惹起して起動困難となり、あるいは音響が大きすぎる等の欠陥を生ずる恐れもある。

以上の如く冷却器で冷却、脱湿された空気は凝縮器を冷却するのと逆に加熱され、さらにファン、圧縮機側面を通過する際にも温度が上昇する。すなわち脱湿機では空気中の水分を減ずると同時に冷却装置全体の損失効率に相当するだけ室内温度が上昇するわけであるが、これは吐出空気の相対湿度を減ずることになり、また室内各部の表面温度が上げばそれだけ湿気が凝結し難くなる利点もある。

以上構造、動作の概要を述べたが、脱湿された水分は付属の容器に受けて捨てるなり、あるいはゴムホースで排水溝に捨てるのが普通である。

さらに脱湿機の使用条件から見ても

- (1) 機構各部共耐湿性のもので、ことに塗装、メッキ等は特殊処理を必要とする。
- (2) 軽量で取扱い持運びが容易である。

ことも当然である。

5. MH 型脱湿機 “ドライエヤ”

当社では MH 型脱湿機 “ドライエヤ” を標準品として製作しているが、5~8 図はこの外観、内部構造ならびに冷却装置を示したもので、仕様概要は下記のとおりである。なお冷媒、電気系統は 4 図と同様である。

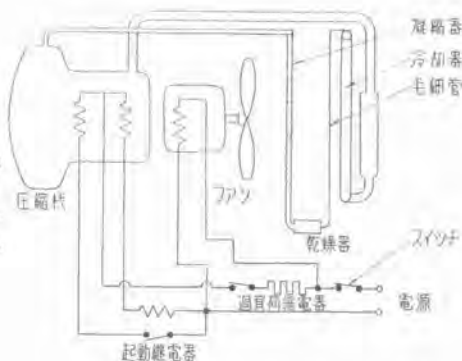
外形寸法 幅 365×高 650×奥行 500 mm

キャビネット 高級仕上鋼板製、耐湿性特殊塗料仕上

冷却装置
圧縮機 密閉型、モータ直結
気筒径 26 mm×衝程 22 mm
気筒数 1

4 図 冷媒・電気系統

Fig. 4. Diagram of refrigerating cycle and electrical connection.





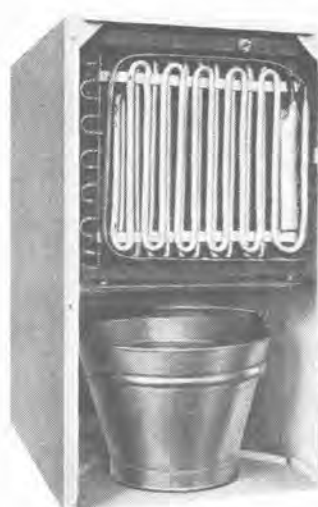
5 図 脱湿機正面

Fig. 5. "DRIAIRE" front view.



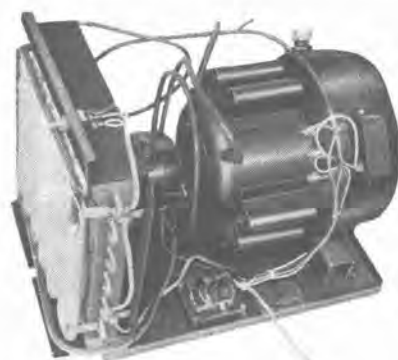
6 図 脱湿機背面

Fig. 6. "DRIAIRE" rear view.



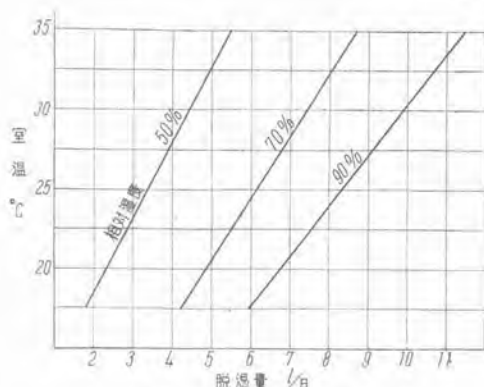
7 図 脱湿機内部

Fig. 7. "DRIAIRE" without front panel.



8 図 冷却装置

Fig. 8. Refrigerating unit.



9 図 脱湿機の性能

Fig. 9. Performance of "DRIAIRE".

モータ	毎分回転数 1445/1725 分相起動单相誘導電動機 100 V, 125 W
保護装置	自動復帰式過負荷継電器
冷却器	パイプクーラ
凝縮器	クロスフィン型
冷媒	フロン 12
冷媒制御	毛細管方式
ファン	10 in, 吸込型
風量	3.7 m ³ /min
重量	約 50 kg

5~8図で明かな如くキャビネット正面上下の面板は容易に取外すことができ、その内部上半には冷却装置を取付け、下部には水受けを入れ冷却装置直下に落ちる水を受けて1日1回ないし2回捨てる程度でよい。あるいは冷却器下部にある露受けのドレンパイプにゴムホースを挿込みキャビネット正面あるいは背面の穴から引き出して排水溝に導くようにすればこの手間もなく済む。

冷却器に関しては第4項にも述べた所であるが、一般空調用に使われるクロスフィン型と異り、とくに脱湿能力を大にする目的からフィン無しのパイプクーラ

そのままを使用したのが“ドライエヤ”の特長である。ことに運転を続ける間には空気中の塵芥が冷却器表面に付着し次第に脱湿性能が劣化するものであるが、この場合にもクロスフィン型、あるいは押出フィン型のものよりも単なるパイプクーラの方が遙に掃除のし易い利点もある。

圧縮機は家庭用冷蔵庫に使用するものと同じものを使用しているが、家庭用冷蔵庫の場合と異り冷却器に着霜することを防ぐ意味からその温度は最悪の条件で 0°C、常時は 0°C 以上であり、したがって圧縮機の負荷も冷蔵庫に比べ遙に大きい。ことに高温、高湿の場合はなおさらであるが、いかなる場合にも容易に起動、運転できるような特殊の構造を有している。

いまその性能を示せば9図のとおりであるが実際に使用する場合には周囲からの湿気の浸入、最初にその室内各部に含まれている水分量等をも考慮に入れて脱湿機の必要能力、必要台数を決定すべきである。

また実際に運転した場合の吐出空気の温度上昇は約 3°C 前後であり、前にも述べたとおりこれが相対湿度を減じ、品物の着露を防ぐにも役立つわけで、もちろん部屋の状況によって相違はあるが部屋からの熱損失等も考えれば極端に室内の温度が上昇するような心配はないものと思われる。

6. むすび

以上 MH 型脱湿機“ドライエヤ”について概要を述べた。脱湿機の歴史はまだ浅いがその用途としては倉庫・写真暗室・図書館・地下室等はいふ迄もなく、精密機械室・工具室・通信機械室・電話交換室・薬品室・その他紙・皮革・布・食品関係等あるゆる分野に今後はますます拡大するものと思われる。

さらに脱湿機は空気の乾燥を行うと同時にある程度脱臭にも役立つものである。今後はさらに種々精密な試験を続け一層性能的にも構造的にもすぐれたものを製作したいと念願するものである。



ニュースフラッシュ

ケーブル回路用(内雷用)避雷器

(中部電力三重変電所における動作責務試験)

従来の標準型避雷器は外雷の保護を目的とし、開閉・接地・短絡・断線等回路条件の急変に起因する内雷に対しては動作させないことを建前としており、継続時間の長い(数百 μ s ないし数 ms) 内雷に対する放電耐量・動作責務特性等は保証されていない。

中部電力会社においては内雷用(ケーブル回路用)の避雷器を開発する目的をもって、同社三重変電所において昭和 29 年 3 月中旬より約 10 日間にわたって同所設備を利用して大規模な模擬回路を形成し頭記の試験を実施せられた。

この画期的試験に対し当社は欣然参加し供試品を提供した。

試験の結果、当社の製品は極めて優秀な性能を示し、継続サージ動作責務試験、反覆継続サージ動作責務試験、衝撃大電流動作責務試験のいずれにも、ただ 1 箇の同一供試品をもって次々と合格し、続流遮断不能ないし破壊等に陥入ることは 1 回もなかった。

本試験結果により内雷用避雷器製作に対し当社はたいなる自信を得ると共に、今後該器に対するご要望に進んで応じ得ることを欣快とするものである。

以下に該供試避雷器の大略仕様ならびに試験結果の一例(ブラウン管オシロ記録)をご紹介します。

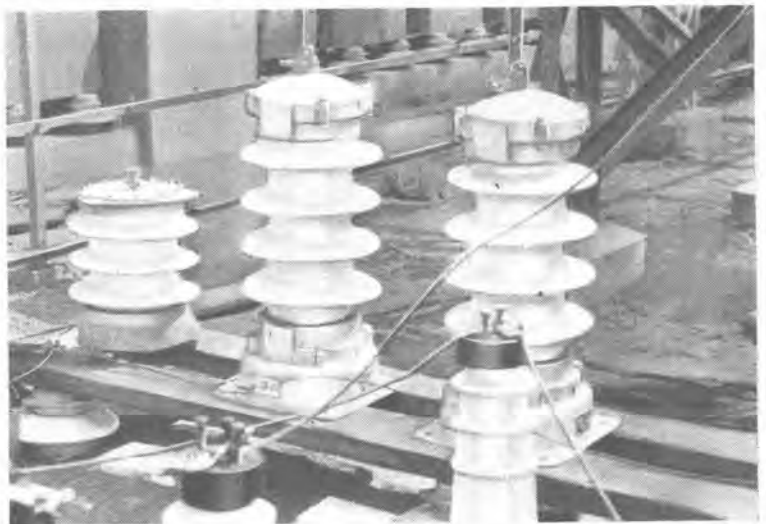
内雷用避雷器(供試)仕様概略

公称電圧 7 kV

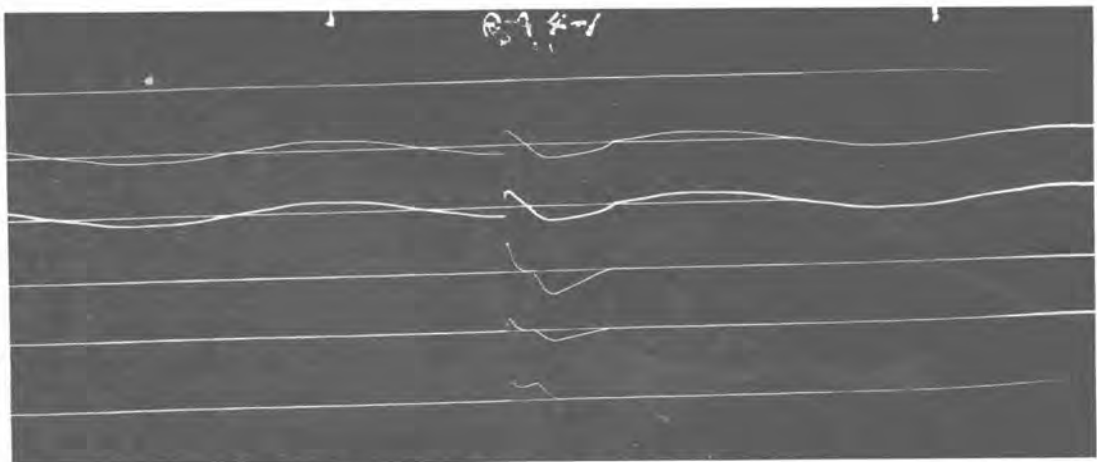
商用周波許容端子電圧 10 kV 1.4 E

制限電圧 30 kV 程度以下

衝撃放電開始電圧 約 30 kV 以下



試験中の当社内雷用避雷器



継続サージ動作責務試験避雷器電圧電流特性

(継続サージ電流 358 A)



ニュースフレッシュ

コルクブレン

○コルクブレンの用途

変圧器、油入遮断器、油入開閉器等の油密を保つためになくてはならぬ耐油性パッキングです。

○コルクブレンの構成

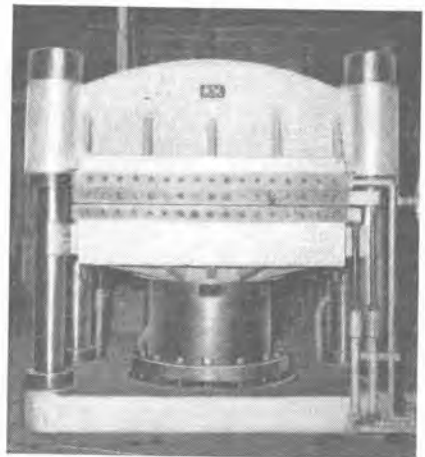
コルク粒子と耐油性合成ゴムからなる理想的の耐油パッキングです。

○コルクブレンの特性

米国でもっとも多く使用されている耐油性パッキングの特性と完全に一致した特性をそなえております。

○コルクブレンの製法

当社世田谷工場で数年間研究された特殊製造技術をもって独特の製造設備によって製造されております。

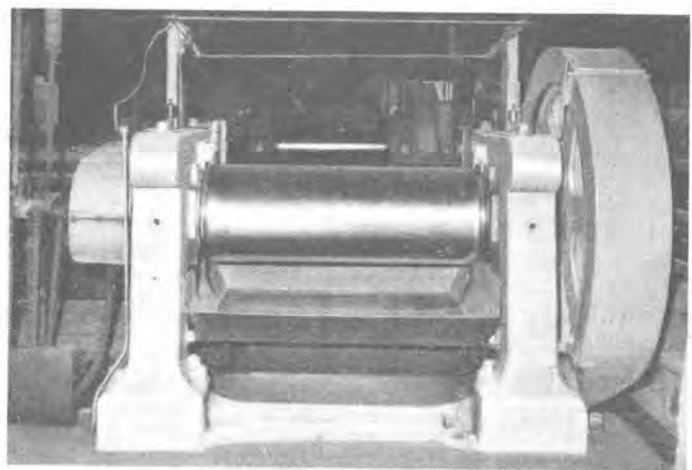


コルクブレン加熱加硫プレス



コルク乾燥装置

コルクブレン製造装置



コルクとゴムの混合機

コルクブレン特性表

品名	厚さ (mm)	密度 (g/cc)	高さ (ショア-A)	圧縮セット (%)	圧縮率 (%)	回復率 (%)	耐油性 (容積増加%)	引張強さ (kg/mm ²)	伸び (%)	耐油性 (重量増加%)
コルクブレン #1 (硬質)	3	0.65	65	30 以下	23~30	94 以上	±10 以内	25 以上	80 以上	10 以下
	6	~	~		26~33					
	9	0.75	75		30~36					
コルクブレン #8 (軟質)	3	0.50	55	35 以下	30~40	92 以上	±10 以内	20 以上	60 以上	18 以下
	6	~	~		34~44					
	9	0.65	70		36~46					

ただし引張強さ、伸び、および重量増加による耐油性は参考値とす。



ニエス・フナツシエ

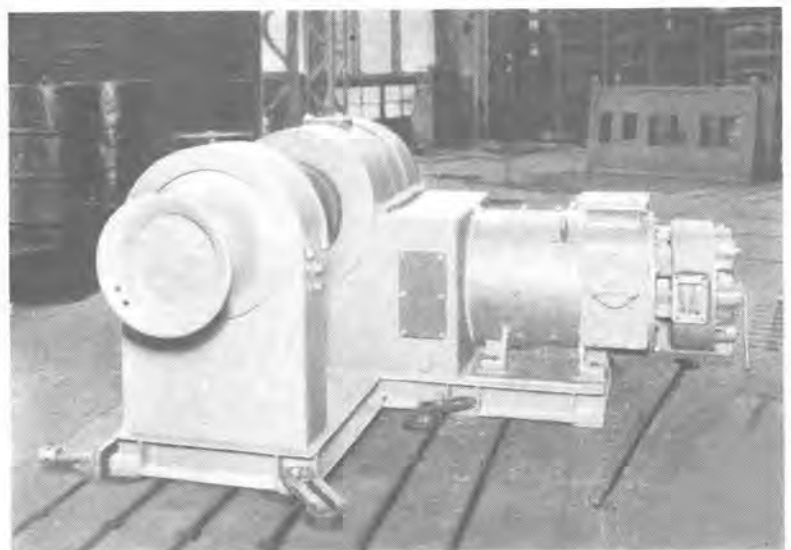
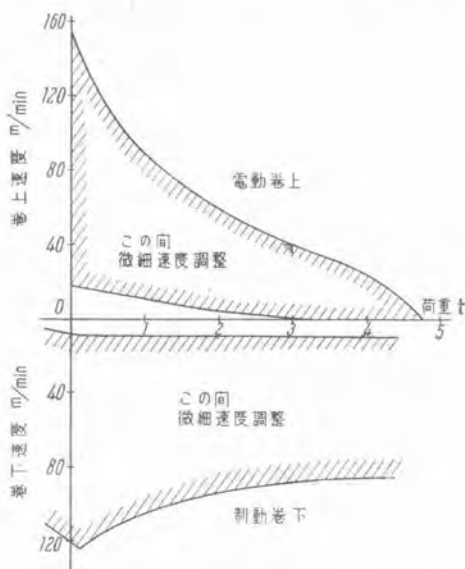
三菱レオナード式交流ウインチ完成

3 トン 40 m のものを完成し、引続き 5 トン 40 m を試作中である。
ウインチ 2 台をもって一組とし、定格はつぎのとおり。

	3 トン 40 m				5 トン 40 m			
	ウインチ 電動機	駆動用誘 導電動機	直流発電機	励磁機	ウインチ 電動機	駆動用誘 導電動機	直流発電機	励磁機
台 数	2	1	2	2	2	1	2	2
容 量	34 HP	45 kW	29.7 kW	2 kW	57 HP	75 kW	49 kW	3 kW
定 格 (min)	30	30	30	30	30	30	30	30
電 圧 (V)	220	440 60 c/s	220	120/105	220	440 60 c/s	220	120/105
電 流 (A)	135	70	135	8.3/9.5	223	117	223	12.5/14.3
回転数毎分	500	1,750	1,750	2,000 (ベルト増速)	445	1,750	1,750	2,000 (ベルト増速)
型 式	全閉水密	閉鎖通風	閉鎖通風	閉鎖通風	全閉水密	閉鎖通風	閉鎖通風	閉鎖通風
重量 kg (ウインチ 1 台 分につき)	機械部分および電動機		3,150		5,170			
	電動発電機、配電盤		1,115		1,355			
	主 幹 制 御 器		100		110			
	計		4,365		6,635			

特 長

1. 機械部分を銅板製としたため重量を軽減できた。
2. ウインチ電動機は全閉水密型だから運転中でも通風穴等を開ける必要がない。
3. 巻上、巻下ともウインチとして理想的な特性曲線が得られた (3 トン 40 m 特性曲線図参照)。
4. 巻上の場合ノッチ進め時の突入電流を制限できる。
5. ウインチ電動機主回路には電流を開閉するものは一切使用していない。
6. ウインチ 2 台を一組として電動発電機を備えているので駆動用誘導電動機の容量をへらすことができ、したがって空回し時の損失を減少し得ると同時に重量も軽減できた。
7. 励磁機には多重電圧発電機 (特許第 138293) を使用し 1 台で一定電圧と可変電圧が得られ、ウインチの特性を良好にした。
8. ウインドラス用に本電動発電機を流用する場合にも良好な垂下特性が得られる。



上野松坂屋百貨店納入の
三菱 1200 L 型エスカレータ



三菱1200L型エスカレータ

- 欄干の幅が約 4 尺あり楽に 2 人ならんで乗れます。
- 輸送能力は 1 時間に 8,000 人で普通の大きさのエレベータ 15 台分に相当します。
- 運転は極めて円滑で、雑音、振動を発生することなく、永年の使用に耐えます。
- 優美豪華な意匠部品は建築に一段と光彩を加えます。

昭和 29 年 10 月 27 日 印刷

昭和 29 年 10 月 30 日 発行

「禁無断転載」 定価 1 部 金 60 円 (送料別)

「三菱電機」編集委員会

委員長 大久保 謙
委員 浅井徳次郎 荒井 潔 石橋英樹 石黒克己
市吉惟浩 伊東祐義 大久保鳳郎 岡屋精二
金内幸三郎 川田勝利 小林治一郎 進藤貞和
渋谷進一 田宮利彦 松田新市 毎熊秀雄
前田幸夫 松尾米太郎 松岡 治 宗村 平
森 範 馬場文夫
幹事 市村宗明 成富公一

(以上 50 音順)

編集兼発行人 東京都千代田区丸の内 2 丁目 3 番地 市 村 宗 明
印刷所 東京都新宿区市谷加賀町 1 丁目 大日本印刷株式会社
印刷者 東京都新宿区市谷加賀町 1 丁目 長 久 保 慶 一
発行所 三菱電機株式会社内 「三菱電機」編集部
電話和田倉 (20) 1631
日本出版協会会員番号 13013
発売元 東京都千代田区神田錦町 3 の 1 株式会社オーム社書店
電話 (29) 0915・0916 振替東京 20018