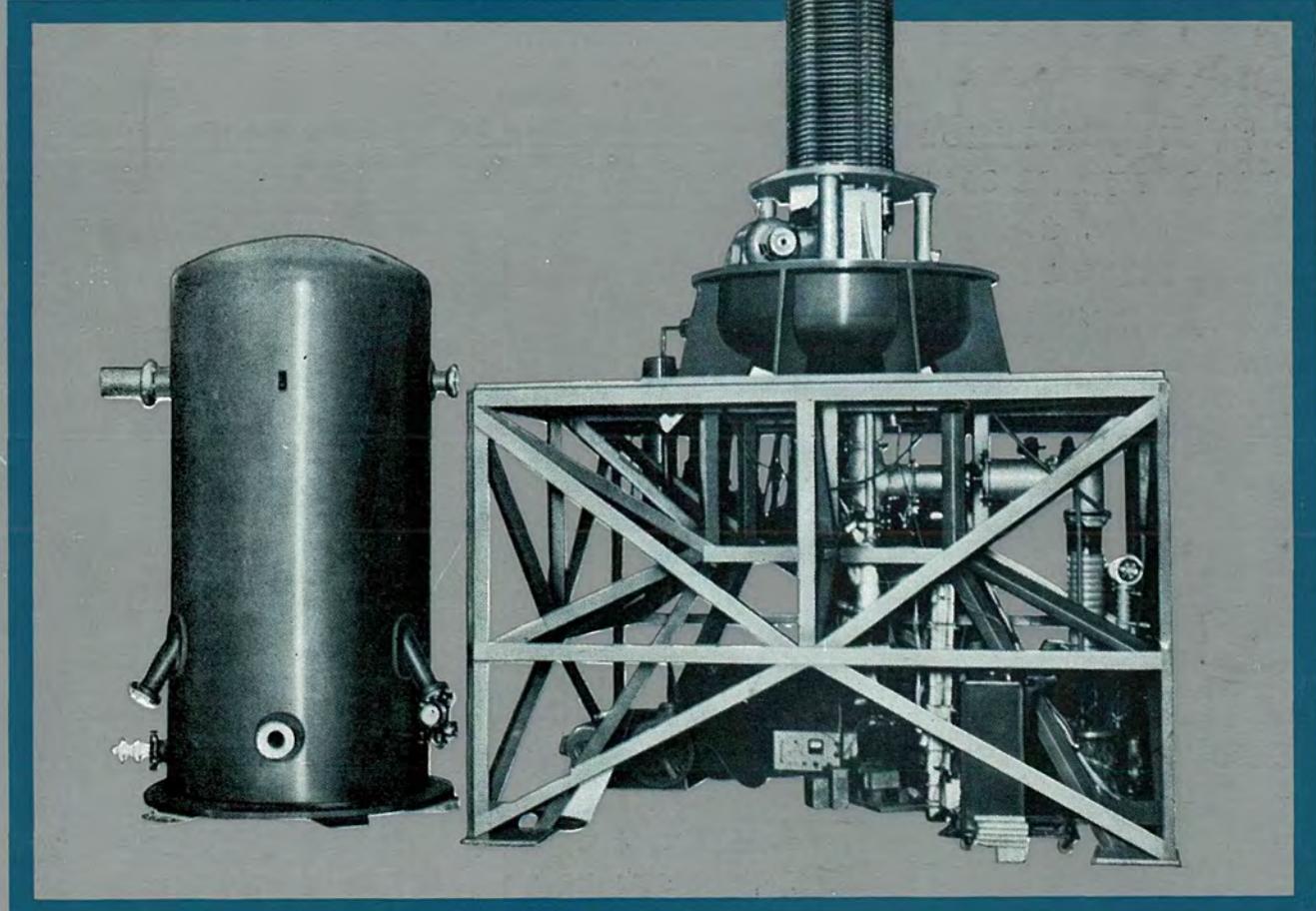


MITSUBISHI DENKI

# 三菱電機

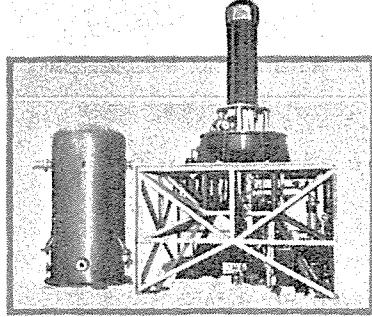
化織用電機品特集



高分子化学に応用されるベルト起電機

6

VOL31 1957



MITSUBISHI DENKI

三菱電機

### 表紙説明

当社研究所で完成した電子線加速用ベルト起電機一名 Van de Graaff 静電発電機である。

左側の高圧タンクで密封し窒素ガスを充填して気圧を上げ 2MeV まで加速することができる。

高分子物質に対する工業的応用を目的として製作されたわが国最初の記録品である。化学繊維、合成樹脂等の強度・伸び・耐熱性の改善に応用されるが、この外食品の殺菌、ゴムの加硫など種々の応用面が考えられその工業的利用の伸展が期待される。

概略仕様はつきのとおりである。

最高電圧	2MeV
電子流	250μA
高圧タンク	1,280 mmφ 3,450 mm(高さ)
全長	5,000 mm
ベルト幅	280 mm
絶縁柱の高さ	1,500 mm

## 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  
無線製作所 兵庫県尼ヶ崎市南清水  
大船工場 神奈川県鎌倉市大船  
世田谷工場 東京都世田谷区池尻町  
郡山工場 福島県郡山市宇都宮町  
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 静岡県中津市駒場安森  
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 札幌市北二條東 12  
大阪営業所 大阪市北区堂島北町 8番地 1  
(電) 大阪(34) 代表 5251  
名古屋営業所 名古屋市中区広小路通  
(電) 本局(23) 代表 6231  
福岡営業所 福岡市天神町  
(電) 中(4) 7031—7036  
札幌営業所 札幌市大通西3の5  
(電) 札幌(2) 代表 7236  
仙台営業所 仙台市東一丁目 63  
(電) 仙台(2) 代表 1601  
富山営業所 富山市安住町 23 の 2  
(電) 富山 4692・5273・2550  
広島営業所 広島市袋町 6(富國生命ビル)  
(電) 中(2) 2211~4  
高松出張所 高松市紺屋町 34 番地  
(電) 高松 3178・3250  
小倉出張所 小倉市京町 10 丁目(五十鈴  
ビル)(電) (5) 小倉 3614

昭和 32 年 第 31 卷 第 6 号

(化纖用電機品特集)

## 目次

卷頭言	常務取締役 弘田実喜	2
化纖工場用電気設備	宗村 平	3
化纖工場用誘導電動機	八木 勝	5
防食型電動機および制御器	青木武志	8
防爆型電動機および制御器	青木武志・山県 满	14
レーヨンボットモートル	戸谷利雄	23
レーヨンボットモートル電源用		
自励式静止型周波数変換装置	己斐健三郎・河合 正	27
化纖工場における自動制御	蟹江邦雄	35
化纖工場用低圧配電および制御装置	篠崎善助	40
電子線加速用ベルト起電機	今村 元・中村 貢・井上功一・藤永 敦	52
繊維工業用静電気式空気清浄装置「クリネヤ」	斎藤 寛	58
化纖工場の受配電設備	横浜 博	65
技術解説		
研究用原子炉(II)	川口 修	68
W 社文献抄訳		
サイバック・システム		73
可変周波交流駆動		73
無接点開閉器		74
ニュースフラッシュ		75
最近における当社の社外寄稿および講演		67

品質奉仕の三菱電機

# 卷頭言

常務取締役 弘田実喜



原始時代の人類は裸の生活から、やがて獸の毛皮を纏うようになり、これが衣類の最初のものであったといわれています。綿の実、蚕の繭、羊の毛を紡いで織物を作つて用いるようになったのは、よほど後のことのようあります。

先覚者の偉大な努力によって、われわれの時代に生れてきた化纖維は、はじめの頃には天然纖維の代用品という立場に置かれ、使う側の人からは、必ずしも評判のよいものであったとは申せませんでした。けれども化学者をはじめあらゆる科学技術者の熱情と、撓まない研究は未開の扉をつぎつぎと開いて進み、ただいまでは代用品としてではなく、化纖はそれ自体の存在の価値を持ち、用途によっては天然纖維を圧倒するに至りました。化纖は科学者、技術者の美しい協力の果実として生れた傑作であります、人類の歴史の上でも偉大なる事業の一つであると思います。

原子力時代の到来と共に、化纖はさらに新しい進展を示しつつあります。たとえば、電子を

高速度に加速して照射することによって、化纖はきわめてすぐれた特長を賦与されることが明らかになり、すでに実用化されつつあり、今後幾多の新しい試みが期待されております。

世界の化纖界においての日本の地位は、ご承知のとおり、きわめて高いのであります。わが国産業の花形の1つであります。

このように、文字どおり、日進月歩の化纖業界に対して、当社は電気機器製造者として重大な使命を感じ、業界のご要請に答えて、つねに積極的に、生産性向上のためのオートメーション化、品質向上のための各種設備の研究開発に参加して、不断の協力を致し、その持場において寄与してまいりました。

本号を『化纖用電機品特集』として、当社の斯界に対してないつつありますもの一端を集録することいたしました。

諸賢のご高覧をお願いいたしますと共に、今後一層のご指導ご愛顧を賜りますれば、この上ない幸と存じます。

# 化纖工場用電気設備

本社宗村平\*

## Electric Equipment for Chemical Fiber Factory

Head Office Taira MUNEMURA

It will be some time before anything new is really appreciated by the world. The chemical fiber is no exception. It has walked a hilly and rocky path to reach a present goal. It is no longer a substitute of the natural fiber, contributing to the welfare of mankind a great deal. The industry for this product is now one of the most vital ones in this country and every possible means must be used to boost it. Mitsubishi has been supplying special electric equipment to suit this industry with unflagging efforts to keep pace with its progress—nay, to help it make far greater development.

### 1. まえがき

何によらず新しいものが世に認められるまでには苦難があり、努力と時日が必要である。麻、綿、絹、羊毛などの天然繊維が、永年愛用されていたところに，“人絹”“スフ”などの化学繊維が初めて世の中に出でた際には、珍らしくはあったが、あたかも代用粗悪品の代表のごとく見られたようである。その後関係者の非常な研究努力による改良と、時日の経過に伴い、ビスコースレーションの品質も著しく改良され、またアセテートのような半合成繊維や、ビニロンやナイロンのようなすぐれた合成繊維ができ、さらにテリレン、エキスランのごとき合成繊維の製造も始められようとしている。もはや化学繊維は天然繊維の代用品として後を追うのではなく、それ自体独特の使用範囲を占めつつあり、やがて化纖とは安価にして優秀なものの代表のように思われるときがくるであろう。

綿や絹などの繊維工業で世界に覇をとなえたわが国は、レーヨン工業においてはすでに早く第1位となり、また合成繊維工業においても著々と地歩を占めつつあり、やがて化纖工業においても覇をとなえるであろう。天然繊維に恵まれないわが国にとっては、化纖工業はまさに力を注ぐべきもので、わが国においてもっとも重要な産業の1つとなった。

綿紡績工業用電機品の研究と製造に努力して、その発達に寄与してきた三菱電機は、化纖工業用電機品の研究と製造にも早くから力を注いでいたのであるが、最近2,3の新製品の完成を機会に、本誌の化纖工場用電気設備特集号が発刊されることになった。本号におさめられたものは、化纖工場用電機品の主なものだけで、綿紡績工場用と同様のものは、さきに本誌の紡績特集号（No. 8, Vol. 28, 1954）で発表されているので、本号では省かれている。また各種電機品の詳細については、以後の各章に述べられているので、本章においては全般にわたる補足事項について述べる。

### 2. 化纖工場用電機品の特殊性

一般的にみれば、綿紡績工業は非常に古い歴史を有し電機製造工業のまだ幼稚な時代に発達したので、新式電

気設備の採用には、種々の困難もあったが、化纖工業は年月をかけて浅く、電機製造工業が十分発達して後に起ったので、最初から新方式の電気設備を十分に採用した近代設備の工業である。

化纖工場用の電機品が、他の一般工場用の電機品と条件がとくに異なる点は、その設置場所は一般に液の飛沫や蒸気などが多いので、防湿についてとくに注意する必要があり、また各種の酸あるいはアルカリなど腐食性液の飛沫やガスが存在するところ、あるいはまた爆発性ガスが存在するところもあるので、このような場所に使用するものは、防食または防爆について考慮を払わなければならない。また昼夜連続作業が多いので、電機品は連続運転して故障少なく、効率の良いことが必要である。突然の停電によって作業が停止すれば、製造工程中の原料がだめになったり、作業再開が非常にめんどうで、莫大な損害を生ずることもあるので、電源設備や制御装置には、これに対する考慮が必要である。

### 3. 受電および発電設備

化纖工場の受電設備は、設備容量 5,000~25,000 kVA 程度のものが多く、受電電圧は 70 kV または 60 kV が普通である。30 kV または 20 kV まれには 10 kV のものもあるが、新設工場には少ない。変圧器は単相でも 3 相でも差支えないが、最近は 3 相のものが多い。遮断器は屋外用碍子型が多いが、最近はユニットサブステーションの採用も多くなり、この場合にはタンク型油入遮断器、また防爆防食など不要の場合には、保守の簡単な氣中遮断器を採用する場合も多くなってきた。

化纖工場では、作業に蒸気を使用することが多いのと、無停電を期する上から、多く自家発電設備を備えている。発電設備容量と買電設備容量との比率は、それぞれの工場の事情によって相違するが、少なくとも買電設備容量の半分程度の、自家発電設備をもっているものが多い。発電機の单基容量としては、2,000~7,500 kW のものが多く、予備とも 2 基~3 基である。電圧は、工場内の配電線に接続されるので、3,000 V 級が大部分である。

### 4. 配電設備

高圧配電電圧は、3,000 V 級が普通である。たいして大

\* 営業部電機技術部長

容量の電動機はないから、これより以上高い電圧の必要はない。配電盤は、据付配線が便利で保守の簡単なメタルクラッド型が良く、屋外用の場合には、ユニットサブステーション型が採用される。遮断器は油入型も使用されるが、防爆または防食の必要ないところでは、保守の簡単な点から、気中型もよく使用されるようになった。配電線は地下ケーブルが多いが、これと同様な安全性を有し、しかも敷設費が安く、保修変更にも便利な、架空ケーブルが、今後は使用されるであろう。

低圧配電電圧は、200 V 級が普通である。配電盤は、高圧用メタルクラッドと同様に、据付配線が便利で、保守簡単なパワーセンタ型が採用される。回路保護には、遮断容量が大で、しかも小形で閉鎖型配電盤に適したいわゆるノーヒューズ型が使用される。防爆を必要とする場合は、必要なものを一室に集めて、内圧防爆方式が採用される。

突然の停電によって作業が停止すれば、製造工程の途中にある原料がだめになったり、作業再開が非常にめんどくさい、莫大な損害を生ずることもあるので、外部からの受電が停電の場合には、直ちに重要負荷のみを自動的に、自家発電設備に切換える自動選択切換方式が、最近よく使用されるようになった。またこの種の工場では接地故障が比較的に多いが、従来の非接地配電方式ではその選択遮断が困難なために、選択遮断を必要とする場合には、接地配電方式の採用が検討されるようになった。この場合には、高圧回路は故障電流を制限するために抵抗接地とし、低圧回路は直接接地方式が使用される。

## 5. 電動機および制御装置

電動機は、冷凍機用などの大形電動機には、同期電動機が使用されるが、多くは中小形でしかも定速度で差支えないので、カゴ形誘導電動機である。型式は一般には防沫閉鎖自己通風型、または全閉外扇型で、爆発性ガスの存在するところでは、耐圧防爆型が使用される。また腐食性の飛沫、またはガスの存在するところには、程度に応じて防食塗装電動機や、防食型電動機が使用される。

制御装置は、カゴ形誘導電動機用のものは比較的簡単で、気中遮断器と電磁接触器を組合せて、熱動過負荷继電器を付属した、コンビネーションラインスタータが使用される。高圧の場合には、遮断器の代りに電力ヒューズを使用して、簡単にしたものもある。このコンビネーションラインスタータは、各台ごとに引出型の構造として、必要数を一群に集めたコントロールセントラの型式が推奨される。これは据付配線が簡単で、多数電動機の集中監視ができ、また保守も簡単である。原料準備工程、硫化工程、精練工程などに属するものを、それぞれ一群にまとめて、自動制御を行うことも、漸次実施されている。前に述べたような突然の停電による損害防止のために、 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}$  秒程度の停電では起動開閉器が開放しないように特別の装置を施したものもある。防食型または防爆型に製作することもできるが、一室に集めて隔離し、全体を内圧防爆とする場合もある。

## 6. ポットモートルおよびその電源設備

レーヨンの紡糸工程には、多数のポットモートルが使用される。最近は、ポットの大形化に伴い、ポットモートルの容量も 200~250W と漸次大きなものが使用されるようになった。これは最高 10,000 rpm 近くで、連続的運転を行うので、とくに軸受部分に問題が多いが、最近は特殊の簡軸受のものができた、従来の球軸受のものに比し、静粛で故障が少ない点ですぐれていると言われている。

ポットモートル用の電源は、一般に 130~150 V, 130~150 c/s 程度の加減を必要とする。従来はセルビアス式、あるいはクレーマ式などによる回転機型の可変周波数変換機が使用されたが、最近水銀整流器あるいはインバータの発達に伴い、今後は高効率、静粛、低保修性、耐腐食性などの点から、静止型周波数変換器が使用される傾向にある。

## 7. 品質改善用設備

紡糸工程後に、適当な温度を与えて、緊張処理することによって、品質を改善することが行われている。これは一定温度の処理室を、一定時間かけて通過させる方法あるいは一定温度一定速度の送りロールを通過させる方法など、種々の方法があるが、これには特殊構造の電熱装置を使用して、所要の一定温度に、自動的に調節する方法が用いられる。

また最近は放射線を照射して、分子組織的に品質を改善する方法が研究されるようになり、ベルト起電機その他の電子加速装置のごときものが、使用されるようになりつつある。

## 8. 計測および自動制御装置

製造工程中の各部の温度、濃度、粘度、圧力、水分などを計測して、集中制御し、あるいは自動制御を行う方法が、最近の工場では実施されつつある。このために、各種の電気的計測器、記録計、制御器などが使用される。

## 9. その他の電気設備

あるいはスフ綿となって以後の加工工程は、紡糸の場合と大差ない。これらの工程においては、各種の準備機、織機、綿布加工機などに、多数の電動力設備が使用される。また各種の電気的清掃設備や照明設備も綿紡績工場の場合とあまり変りはない。

## 10. むすび

化織工業は新興の近代工業で、電機製造工業が十分に発達した世に育ったので、最初から最新の電気設備を十分に採用しているものの 1つである。しかし化織工業はなお日進月歩で発達の途上にあり、電機製造業者はその発達に寄与するためには、その進歩におくれぬよう、否むしろその進歩を援助する不断の研究努力を怠ってはならない。化織製造関係者の適切な指導と鞭撻を乞う次第である。

# 化 纖 工 場 用 誘 導 電 動 機

名古屋製作所 八木勝\*

## Induction Motors for Chemical Fiber Factories

Nagoya Works Masaru YAGI

The latest development in the synthetic fiber industry has surpassed the cotton spinning industry, which has brought a renovation in the design of electric equipment going together with. Induction motors employed in the rayon and staple fiber industry have undergone not a little changes in various specifications to meet specific requirements. Some of them are required of an explosionproofness as well as corrosionproofness, while some are in not much difference from general industrial apparatus, all depending upon chemicals handled in the plant.

## 1. まえがき

近年の化学繊維工業の進歩発達は、さしも盛大であった綿紡績工業をしのぐに至り、これに伴って誘導電動機のこの分野への進出もまためざましいものがある。とくにビスコース人絹およびスフ製造工業は、海外の技術の導入と共にますますその進展を見るに至り、その電気設備の充実、運転系統の合理化と相まって、電動機の特性に種々の要求がなされている現状である。

いまこれら化学繊維製造工程を大別すると、原液部門と、紡糸および仕上げ部門に分けられるが、それぞれの工程において、その工場の状況、取扱われる薬品の種類等に応じて使用される電動機も、一般工業用電動機と大差ないもの、防食型を要求されるもの、および防爆型を要求されるものがある。

防食型および防爆型の電動機については、別稿に記載されるので、本章においては、一般工業用標準電動機の一応用分野として、化織工場に使用される3相誘導電動機の特色、用途例などについて述べることにする。

## 2. 化繊工場用電動機の仕様

## ア. 型式

化織工場は、主として化学薬品の溶液、ガス等のように電動機の絶縁性能、電気材料などにはなはだ有害なるものが取扱われ、またその装置も、ポンプ・コンベア・攪拌機・圧縮機などのように、溶液の飛沫、水滴の飛散の多いものであって、これら周囲の状況、機械装置の状態に応じてもっとも適切な型式が選定されるのは、当然のことであり、主として、防沫型および全閉外扇型の電動機が使用されており、設置場所の状況によっては、開放防滴型の電動機が使用されている。

また速度制御を必要とする装置にも、集電環刷子を有する巻線形電動機の代りに、機械的変速装置の使用により、保守の簡易なカゴ形電動機が主として選定されてい

るが、当を得た仕様選定である。

# イ. 卷 線

化学工場に使用される電動機は、化織工場のみならず、一般に湿度の高い場所に設置せられるものであって、使用電線は主として化学薬品に対して比較的安定な PVF 線を使用し、とくに耐湿性、耐薬品性の強い当社特有の熱硬化性ワニスにより絶縁寿命の安全をはかっている。

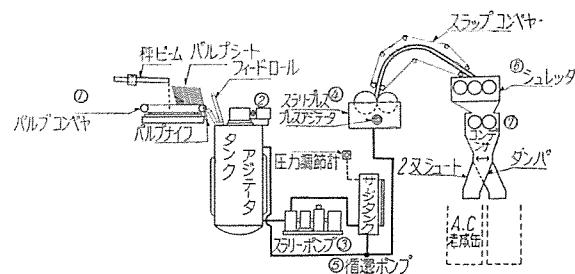
またカゴ形回転子の回転子棒とエンドリングの溶接について、とくにガスや、飛散する薬品に対して安定な特殊鑑を選定している。

また口出線、接続線についても耐薬品性の強い電線が選定されている。

#### ウ. 塗装および名板

塗装はとくに指定のない場合は、防食型電動機に使用している塗料と同等のものを使用している。すなわち下塗・中塗・上塗の3工程に分けてそれぞれカシップライマ・油性サーフェサ・カシュウルシを焼付している。また塗色の指定ある場合には、下塗りとしてさび止め塗料を塗布した上に、ビニローゼ塗料を塗布して自然乾燥している。

また名板の材質については、ステンレス鋼板を使用しているが、とくに強い耐食性の要求される場合には、プラスチックで被覆された防食名板を使用することもある。



## 1 図 アルセル製造装置系統図

Fig. 1. Diagram of slurry steeping process.

### 3. 化織工場における電動機の用途例

スラリー装置

1 表

No.	用 途	型 式	定 格	備 考
1	バルブコンベア	SF-A	1/2HP 4 p	直入起動連続運転
2	タンクアジャータ	MK FC K <sub>1</sub>	60 HP 6 p	クッションスタートによる起動後は連続運転
3	スラリーポンプ	MK FC K <sub>1</sub>	7.5 HP 4 p	直入起動連続運転
4	スラリーブレス	MK FC K <sub>1</sub>	7.5 HP 4 p	直入起動連続運転
5	循環ポンプ	MK FC K <sub>1</sub>	15 HP 6 p	直入起動連続運転
6	シェレッダ	MK FC K <sub>1</sub>	10 HP 2 p	直入起動連続運転
7	コンデンサ	SF-A	2 HP 4 p	直入起動連続運転

上記表中 SF-A はスーパーライン A 型 全閉外扇型  
MK FC K<sub>1</sub> は全閉外扇型カゴ形第1種

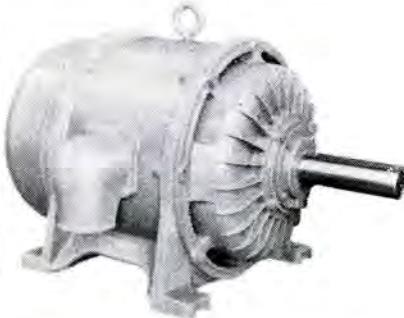


2 図 SB 防沫型 K<sub>1</sub>  
電動機 20 HP 6 p  
#2232 Fr

Fig. 2. Type SB K<sub>1</sub>  
driprrof motor.

3 図 MKFC K<sub>1</sub>  
型電動機 60 HP  
4 p #660 Fr ス  
ラリー装置タン  
クアジャータ駆  
動用

Fig. 3. Type  
MKFC K<sub>1</sub> motor  
for slurry device  
tank agitator.



4 図 SF-A 型電動機 2HP  
4 p #1114 Fr スラリー装  
置コンデンサ駆動用

Fig. 4. Type SF-A motor  
for slurry device  
condenser driving.



5 図 SB-V 型電動機  
1 HP 4 p #1111 Fr  
Fig. 5. Type SB-V motor.

### 硫化工程(補機関係)

2 表

No.	用 途	型 式	定 格	備 考
1	ウェットチャン 室送気ファン	SB 防沫型	5 HP 4 p	直入起動連続運転
2	" 排気ファン	SF-A	5 HP 4 p	直入起動連続運転
3	アルカリ循環ポンプ	SF-A K <sub>1</sub>	7.5 HP 4 p	直入起動連続運転
4	アルカリ冷却ポンプ	MK FC K <sub>1</sub>	15 HP 4 p	直入起動連続運転
5	二硫化炭素冷却 ポンプ	SF-A	1 HP 4 p	直入起動連続運転
6	ウェットチャン 真空ポンプ	MK FC K <sub>1</sub>	10 HP 4 p	直入起動連続運転
7	冷却用送水ポン プ	SF-A	5 HP 4 p	直入起動連続運転

### 溶解工程

3 表

No.	用 途	型 式	定 格	備 考
1	(dissolver) ディゾルバ	SB-V	5 HP 4 p	直入起動連続運転
2	(disintegrator) ディシントエグレーター	MK FC-V	75 HP 2 p	直入起動連続運転

### 混合工程

4 表

No.	用 途	型 式	定 格	備 考
1	ブレンダ送入 ポンプ	MK FC K <sub>1</sub>	5 HP 6 p	直入起動連続運転
2	ミキサー	SB 防沫型 K <sub>1</sub>	75 HP 6 p	直入起動連続運転
3	ミキサー	SF-V	2 HP 4 p	直入起動連続運転
4	ミキサー室送 気ファン	SB 防沫型	3 HP 4 p	直入起動連続運転
5	ミキサー室排 気ファン	SF-A	3 HP 4 p	直入起動連続運転

### 熟成工程

5 表

No.	用 途	型 式	定 格	備 考
1	熟成室温度調 整ファン	SB 防沫型 K <sub>1</sub>	40 HP 6 p	直入起動連続運転

### 脱泡工程

6 表

No.	用 途	型 式	定 格	備 考
1	脱泡装置フ ードポンプ	SB 防沫型	5 HP 4 p	直入起動連続運転
2	脱泡機関係逆 液ポンプ	SF-A	3 HP 4 p	直入起動連続運転

フィードタンク関係

7 表

No.	用 途	型 式	定 格	備 考
1	ストレージ ピン	MK FC K <sub>1</sub>	5 HP 6 p	直入起動 連続運転
2	ストレージ タンク	SF-A	1 HP 4 p	直入起動 連続運転

原液部門 その他補機関係

8 表

No.	用 途	型 式	定 格	備 考
1	アルカリ送液ボンブ	SF-A K <sub>1</sub>	7.5 HP 4 p	直入起動 連続運転
2	貯蔵タンク送液ボンブ	SF-A K <sub>1</sub>	1 HP 4 p	直入起動 連続運転
3	ミキシングタンク送液ボンブ	SF-A K <sub>1</sub>	2 HP 4 p	直入起動 連続運転
4	ベッドタンク送液ボンブ	SF-A K <sub>1</sub>	3 HP 4 p	直入起動 連続運転
5	アルカリ循環ポンプ	SF-A K <sub>1</sub>	7.5 HP 4 p	直入起動 連続運転
6	アルカリ逆液ポンプ	SF-A K <sub>1</sub>	2 HP 4 p	直入起動 連続運転

紡糸機関係

9 表

No.	用 途	型 式	定 格	備 考
1	ビスコース送液ポンプ	MK FC K <sub>1</sub>	10 HP 4 p	直入起動 連続運転
2	ゴデットロラ駆動用	MK FC K <sub>1</sub>	20 HP 6 p	直入起動 連続運転

紡糸機関係酸回収装置用

蒸発機 (evaporator) 関係

10 表

No.	用 途	型 式	定 格	備 考
1	中間送液ポンプ	MK FC K <sub>1</sub>	7.5 HP 4 p	直入起動 連続運転
2	水エゼクタポンプ	MK FC K <sub>1</sub>	30 HP 4 p	直入起動 連続運転

晶折機 (crystallizer) 関係

1	結晶伝搬拌用	SF-A	1 HP 6 p	直入起動 連続運転
2	水エゼクタポンプ	MK FC K <sub>1</sub>	30 HP 4 p	直入起動 連続運転
3	循環ポンプ	SF-A	5 HP 4 p	直入起動 連続運転
4	逆液ポンプ	SF-A	3 HP 4 p	直入起動 連続運転

酸循環関係

1	酸循環ポンプ	MK FC K <sub>1</sub>	15 HP 4 p	直入起動 連続運転
---	--------	----------------------	-----------	--------------

脱酸機関係

1	ナッシュポンプ	MK FC K <sub>1</sub>	30 HP 6 p	直入起動 連続運転
---	---------	----------------------	-----------	--------------

紡糸機関係補機用

11 表

No.	用 途	型 式	定 格	備 考
1	主排気ファン	SB K <sub>1</sub>	50 HP 6 p	直入起動 連続運転
2	紡糸室送気ファン	SB 防沫型 K <sub>1</sub>	30 HP 6 p	直入起動 連続運転
3	紡糸室排気ファン	SB 防沫型 K <sub>1</sub>	1.5 HP 4 p	直入起動 連続運転

精練機関係

12 表

No.	用 途	型 式	定 格	備 考
1	精練機コンベア	SF-A	2 HP 4 p	直入起動 連続運転
2	精練機排気ファン	SF-A	5 HP 4 p	直入起動 連続運転
3	減水ポンプ	MK FC K <sub>1</sub>	15 HP 4 p	直入起動 連続運転
4	食塩水ポンプ	SF-A	2 HP 4 p	直入起動 連続運転
5	逆洗浄ポンプ	MK FC K <sub>1</sub>	75 HP 8 p	直入起動 連続運転
6	表面洗浄ポンプ	MK FC K <sub>1</sub>	20 HP 4 p	直入起動 連続運転
7	バンド溶解ポンプ	SF-A	2 HP 4 p	直入起動 連続運転
8	注入ポンプ	SF-A	1 HP 4 p	直入起動 連続運転
9	汎用送水ポンプ	MK FC K <sub>1</sub>	60 HP 4 p	直入起動 連続運転
10	軟水ポンプ	MK FC K <sub>1</sub>	40 HP 4 p	直入起動 連続運転
11	精練機乾燥室換気ファン	SF-A	3 HP 4 p	直入起動 連続運転

延伸装置

13 表

No.	用 途	型 式	定 格	備 考
1	第1ストレッチロール	MK FC K <sub>1</sub>	25 HP 8 p	直入起動 連続運転
2	第2ストレッチロール	MK FC K <sub>1</sub>	7.5 HP 4 p	直入起動 連続運転

スフ切断装置

14 表

No.	用 途	型 式	定 格	備 考
1	スフカッタ	MK FC K <sub>1</sub>	5 HP 4 p	クッションスタート後連続運転高 GD <sup>2</sup> 起動
2	スフカッタ	MKT-E サイクロ減速機	50 W 4 p	

梱包関係

15 表

No.	用 途	型 式	定 格	備 考
1	荷造機	MK FC K <sub>1</sub>	30 HP 8 p	直入起動 連続運転
2	荷造機	MK FC K <sub>1</sub>	7.5 HP 6 p	直入起動 連続運転

# 防食型電動機および制御器

福岡工場 青木 武志\*

## Corrosionproof Motors and Controllers

Fukuoka Factory Takeshi AOKI

Even in synthetic fiber factories electric motors are predominantly used as a source of power like other ordinary factories. Their working conditions, however, are considerably different from others. There are always such noxious gases and fumes as sulphuric acid, hydrochloric acid, caustic soda and chlorine are present and the motors and controllers are subjected to danger of corrosion. The following requisitions are considered of vital importance in the design of the apparatus used there. Strong corrosionproofness, excellent moisture resistance, endurance without frequent maintenance and explosionproofness as the case demands.

### 1. まえがき

化学繊維工場においても他の一般工場と同様に、動力には電動機がもっと多く使用されるが、その使用条件は一般工場とはかなり異なっている。すなわち製品の製造工程中において硫酸・塩酸・苛性ソーダ・塩素ガスなどの化学薬品が使用され、あるいは腐食性物質が工程途中に発生する場合があり、しかも當時湿度の高い外気中において運転使用されることが多い。したがってこのような工場に使用される電動機およびその制御機器は、とくにつぎのような要求を満足しなければならない。

(1) 腐食性のガス溶液噴霧の存在する状況で運転されるので、強い耐食性があること。

(2) 全工程にわたって高温多湿の環境にあるので、とくにすぐれた耐湿特性を有すること。

(3) 電動機はほとんど休止されることなく連続運転されるため、電動機および制御機器は長期にわたって保守を必要とせずに安全に運転できること。

(4) 時として爆発性物質の存在する所では防爆型構造でなければならぬこと。

以上のような特殊要求を満足する電気機器として、近時防食型電動機および防食型開閉器ならびに防爆型機器の使用が次第に普及してきた。このうち、防爆型機器については別稿に述べることとして、ここに三菱防食型電動機および防食型制御器について以下概略の紹介をしたい。

### 2. 外部形態と保護方式

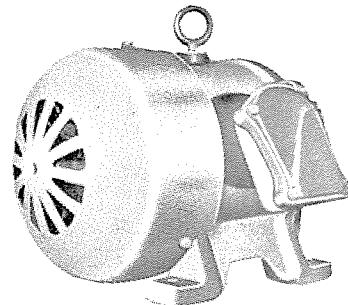
防食型電気機器としては、まず第一に、内部機構部分を腐食性物質から機械的に遮断する必要がある。したがって三菱電機ではすべて全閉構造を標準としている。しかも電動機のフレームとブラケットの嵌合面あるいは開

閉器のケースとカバーの接合面は精密な仕上の深い嵌め合せをしているか、あるいは合成ゴムパッキングを使用して完全密閉構造としている。

第2は機器の外部状態である。当社防食型電動機および防食型電磁開閉器の外観は1図、2図に示すとおりであって、酸・アルカリなど有害物質があらゆる状態のもとに機器に付着することを考慮して、たとえ溶液がかかり蒸気が外部に付着しても、冷却し液粒となってこれらが直ちに滴下してしまうような構造になっている。表面の粗、滑の程度は腐食に大きな影響を及ぼすので、できるだけ滑らかに加工している。また腐食は角の部分から始まるのでこれを防止しつつ外部塗料の保護効果を大きくするために厳格な面取りをし、大きな“R”をつけている。電動機では全閉外扇構造を標準としているが、腐食

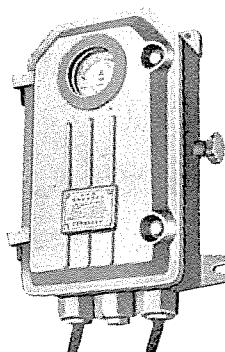
1図 MK 低圧防食型電動機

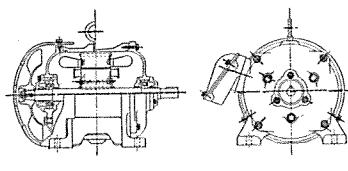
Fig. 1. Type MK low voltage corrosionproof motor.



2図 EA-25 NA型防食型電磁開閉器

Fig. 2. Type EA-25 NA corrosionproof magnetic switch.





3 図 MK型 3相誘導電動機構造図

Fig. 3. Construction of type MK corrosionproof motor.

されやすい外部リブ付構造をさけ、電動機表面はできるだけ角部のない丸い構造としている。しかも適切な電気的設計と大形外部冷却扇により温度上昇は JIS. C4201 規格に比しても非常に低く余裕をもって製作されている。

### 3. 外部構造用材料

防食構造材料として圧延鋼がよいか鋳鉄がよいかについては從来山本洋一氏をはじめ数多くの著名な研究が発表されているので、ここでは簡単に結論的なものを述べると、「ニッケルクローム鋼などの高級な材料を論外にして、普通軟鋼は硫酸とかクロールスルфон酸とかの一部酸に対してはかなりな耐食性をもっているが、硝酸・塩酸・苛性ソーダ・塩その他一般化学薬品に対しては鋳鉄の方がずっとすぐれた耐食性をもっている。」その理由として (a) 鋳鉄の表面に残留する黒鉛層が反応生物の拡散を防止するが、鋼ではかかる防止作用がない。(b) 鋳鉄表面の酸化物や水酸化物は緻密にしてかつ付着性が強い。(c) 鎔物砂が鉄分と共に溶着せる珪酸質の被覆のために腐食阻止の力が大であるが鋼の圧延全肌は鱗片状にはげやすく、電解質水溶液に接して電池を構成し、鉄の侵食を加速する、というように考えられている。

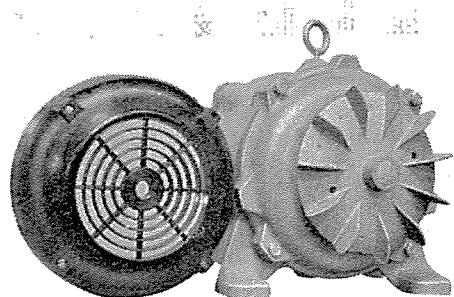
また鋳鉄の耐食性をさらに増大するために、多年研究が続けられ、Cu, Al, Zn, Mn, Si 等を単体あるいは同時に添加することが試みられ、現在では機械的諸性質および切削特性を害することなく、通常の代表的な酸、アルカリに対し、耐食性の非常に高い防食鋳鉄が見出されたので、特別な場合にはこの防食鋳鉄を使用することができる。

一般に電気機器の外面において異種金属が接触することは、電気化学的腐食を増大するので、防食型電動機および制御器では、とくに留意して厚肉の鋳鉄のみを使用している。

### 4. 構造および特長

(1) 電動機回転子は一般アルミダイキャストをさけ、銅あるいは銅合金の回転子バーおよびエンドリングを使用している。鍍付材料には耐食性より見て銀鍍がもっともよいようである。

(2) 積層鉄心の背が外部腐食物質に露呈された構造ではこの部分から浸されて鉄心がボロボロになるので、この鉄心の背面が外部に出ないように考慮されなければならない。



4 図 プラスチックファンカバー プラスチックファン  
Fig. 4. Plastic fan cover. Plastic fan.

(3) 外部冷却用扇および外扇カバーはもっとも腐食されやすい部分であるからとくに耐食性の強い厚肉鋳鉄を使用している。

また最近は化学工業の発達により、耐薬品性にすぐれた合成樹脂が種々市場にあらわれてきたため、ガラスその他の無機、有機物質を基材として、ポリエステルその他のプラスティック材によって成型されたプラスティックファンおよびプラスティックファンカバーが製作され、次第に実用に供せられるようになった。4 図はその一例である。

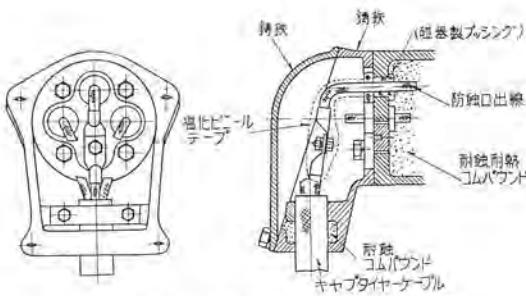
プラスティックファンは防食上有利であるばかりでなく、重量が軽く慣性モーメントが少ないので、運転負荷もそれだけ軽く、ことに起動時の温度上昇も低く、騒音がないなど種々な利点をもっている。

(4) 外部冷却扇用締付ボルト等は鋼材であるために短期間に錆びて頭部が無くなり、電動機の分解を不可能にするので、本防食型電動機では3図の構造図に示すように軸端をテープにし、取付ボルトは軸端につけ、かつ防食ペテで埋込んで外部腐食物質に露出しないようにしている。

(5) 軸受構造はハウジングカバー方式であり、玉軸受を内外ハウジングカバーで包み、ラビリンスによりグリースの流出、外部塵埃等の侵入を防いでいる。

グリースの補給構造に関しては、一般用電動機等において從来、需要者およびメーカーで種々論議されてきたが、中小形の防食型電動機ではグリースの補給孔は除き軸受の点検およびグリースの補給は外側ハウジングカバーをはずして行うようしている。多年の経験からこの方が実用にそくしていることが判ったためである。すなわち化学工場においては給排気用栓は短期間に腐食のためにねじがきかなくなるか、栓がボロボロになって使用できなくなるかがほとんどである。その時には給排油口の存在は無益であるばかりでなく、そこからしばしば外部腐食物質が入って、グリースや軸受を害う場合が多い。さらにまた最近の玉軸受およびグリースの進歩は長期間にわたって点検および補給を要しなくなってきた。ことに密閉型ボールベアリングが使用されるようになってきて、給油孔の問題にも終止点が打たれようとしている。

(6) 端子箱は大形のコンデッドボックスタイプにし



5 図 防食型端子箱構造図  
Fig. 5. Corrosionproof terminal box.



6 図 防食型端子箱  
Fig. 6. Corrosionproof terminal box.

て、構造図に示すように、枠の斜め上に取付け、さらに斜めに大きなカバーをついている。3本のリードをおのの出しているので一般に起りがちであった短絡事故を防止でき、結線作業・点検・修理にも便利である。リードの引出口には、電気的特性・耐食性・耐熱性のもっともすぐれた磁器製のブッシングを取り付け、枠間に耐熱耐酸コンバウンドを流し込んでいるので、リード線がゆるんだり、ここからガスや腐食物質が電動機内部へ浸入する恐れがまったくない。端子箱口は要求に応じて上下左右いずれの方向にも向けることができる。

(7) 口出線 近時合成ゴムの急速な発展とともに、下記のごとき諸材料を組合せて、電気的、機械的諸特性を十分確保し、かつ耐食性の非常にすぐれた防食口出線を容易に製作できるようになった。端子箱構造図および写真に示すように、全密閉された端子箱内において、この防食口出線は銅管端子接合部と共に、塩化ビニール絶縁テープで十分にテーピングされるために、もはや腐食のためには口出線を取替えるケースはほとんどなくな

1 表 合成ゴム材料の特性

種類	比重	電気的性質						機械的性質						耐 候 性	耐 酸 性	耐 油 性	耐 溶 剤 性	耐 水 性
		導電性	絶縁性	電圧	熱安定性	耐寒性	引張強度	引張破断伸長率	硬度	密度	引張強度	引張破断伸長率	硬度					
天然ゴム (無硫化)	1.4~1.8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○
GR-S (ジンクチャーフィルム)	1.4~1.8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○
ブリヂストン・エラストマー	1.4~1.8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○
ブリヂストン・エラストマー	1.2~1.6	●	●	○	○	○	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○
GR-M (メタブレーン)	1.5~1.7	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○
ブリヂストン・エラストマー	1.4~1.7	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○
シリコーンゴム	1.3~1.5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○
ブリヂストン・エラストマー	1.7~1.8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○
多機能ゴム	1.5~1.7	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○

記号	内容	電気的性質の並び		機械的性質		耐食性		耐溶剤性		耐水性	
		kV/mm	Ohm cm	tan δ	Jg/cm²	%	%				
○ 不良		<4	<10 <sup>4</sup>	>0.12	<50	<100	>14				
● 良好		>35	>10 <sup>4</sup>	<0.02	>200	>500	<0.2				
◎ 中間	● 感った区別は最低の特性 ● ママ区別は他の特性を犠牲にすればこれまでの品質が得られる										

った。

## 5. 防食処理

### ア. 5層の塗装保護膜

構造部分は前述の厚肉鉄鉄の上につきのような5層の防食塗装の保護層を作っている。すなわち

(1) 枠、軸受、外扇、外扇カバー、端子箱等の鉄鉄部品にはサンドブラスト仕上の後ポンデライズ保護層を作る。

(2) つぎにアルキッドタイプ特殊防食塗料を焼付ける。これはカゴ形回転子にも焼付ける。

(3) 機工後再び上述の防食塗料を焼付ける。カゴ形回転子にも適用。

(4) さらにその上からエポキシ防食塗料を焼付ける。

(5) 総組立後エポキシ防食塗料で仕上塗装を行う。このようにして、あらゆる腐食性物質に対して強力な抵抗力を持つ防食被膜層が形成される。

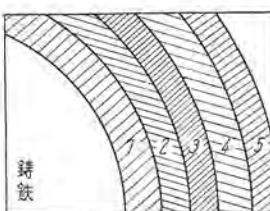
2表は現在電気機器に用いられる代表的塗料の性質一覧表である。表からもわかるようにエポキシ樹脂塗料は防食特性はもちろんすべての性質において現在容易に入手可能なもともとすぐれた防食塗料である。

### イ. 卷線絶縁ワニス

巻線した固定子は予備乾燥の後、当社研究所にて作られるサーモセッタワニスにドブ漬乾燥する。ワニスの粘度温度、さらに乾燥温度および時間を厳重に管理された状態で最少4回のドブ漬および乾燥が行われて、コイルの内部まで完全にワニスが浸透し、空気や水分のボケットを残さない。またコイルおよび鉄心の表面は耐湿耐食性のきわめて優秀な本ワニスの厚い層でおおわれる。

### ウ. 鋼材部品のニッケルメッキ

すべての取付ボルト、アイボルト、ナット、プラグおよび鉄平ねじなど鋼材部品の外部露出部分が最も弱点となり、ここから発錆腐食されていくので、これら鋼材部品の防食に注意せねばならぬ。一般に金属メッキが行われるが、そのうちCuあるいはCd等の十分な下地メッキの上にNiメッキが最も実用的である。メッキ層にピンホールのないことが必要なことはもちろんあるが、メッキ厚みは少くとも1ミル以上なければ十分な防食効果は期待できない。鋼材そのものに高級な不銹鋼を使用する場合もあるが、いずれにしてもメッキ層のみで



7 図 塗装保護膜

Fig. 7. Coated protective membrane.

2表 防食塗料の特性比較表

使用目的	主要樹脂	乾燥方法	塗料の種類	外観程度	塗料の性質										稀釀剤
					密着性	耐水性	耐候性	耐酸性	耐アルカリ性	耐油性	着色性	耐寒性	耐菌性	硬度	
電気機器の外部防食塗装	アスファルト	自然	延青質ワニス	E	D	A	D	A	B	E	E	D	B	E	ベンゾール系, ガソリン系
	サイクロラバー	ク	環化ゴムエナメル	D	C	A	C	A	A	C	C	C	C	D	ベンゾール系
	ビニール樹脂	ク	ビニールレジンエナメル	C	C	B~C	C	B	B	A	A	A	B	C	ベンゾール系, アルコール系
	塩化ゴム	ク	塩化ゴムエナメル	E	C	B	C	A	A	C	C	C	C	C	ベンゾール系
	ウシル同体族	ク	カシウルシ	A	B	B	B	B	B	D	C	C	C	B	ベンゾール系, ガソリン系
	フェノール樹脂	ク	フェノールレジンエナメル	B	B	B	D	B	D	C	C	B	C	B	ク ハ
	フェノール樹脂	加熱	フェノールレジンエナメル	B	B	B	D	B	D	C	C	B	C	B	ク ハ
	メラミン樹脂	ク	メラミンレジンエナメル	A	B	B	A	B	D	A	A	B	C	A	ベンゾール系, ブタノール
	ウルシ同体族	ク	カシウルシ焼付	A	B	B	B	B	B	B	D	C	C	B	ベンゾール系, ガソリン系
	エポキシ樹脂	ク	エポキシ樹脂	C	A	A	A	A	A	A	B	B	B	A	エステル, アルコール系
硝化繊維	セラック	自然	セラックワニス	C	D	E	D	E	B	D	B	B	B	E	アルコール系
	ラッカエナメル	ク	ラッカエナメル	A	B~C	C	C	C	D	B	A	B	C	B	ベンゾール系, アルコール系
	アクリル樹脂	加熱	アクリルレジンエナメル焼付	C	E	B	B	B~C	B~C	A	A	B	B	B	ベンゾール系, エステル系
	尿素樹脂	ク	尿素樹脂エナメル焼付	B	B	D	D	C	C	B	B	B	D	A	ベンゾール系, アルコール系
	フタル酸樹脂	ク	フタル酸レジンエナメル焼付	B	A	C	B	C	D	C	A~B	B	C	C	ベンゾール系, ガソリン系

A: 秀 B: 残 C: 良 D: 可 E: 不可

なお詳細は三菱電機中村技師発表「表面処理」OHM, 1955年臨時3月号 P193を参照のこと

恒久的な防食を行なうことはできない。標準防食型電動機および開閉器は上述のようなニッケルメッキを施して、さらに前述のエポキシ塗料の焼付を行って耐食性を増加している。

なおきわめて苛酷な条件下に使用される場合には後述するごとく、これらメッキ部品をさらにすべて防食コンパウンドで埋込んでしまう構造にして根本的に本問題の解決を図っている。

## 工. 名板

名板を腐食から保護するため、従来種々な方法がとられてきた。8図は金属名板をメタアクリル樹脂でモールディングしたものである。これは一般に有機ガラスと称せられ、耐酸耐アルカリ性の強いことはよく知られたところであるが、常温において応力が掛るとクラックを起すことがある。あるいは応力の掛けた状態で芳香族炭化水素に会うと細いひび割(クレイジング)を生じることがあるので電動機の枠にそって湾曲をつけ、耐熱アスペクトシートをクッションとして使用している。この有機ガラス名板は必ずしも金属名板を封じ込まなくとも、紙印刷を代用することもできるし、また8図「屋外型」のように有機ガラスそのままに文字を型押することもできる。

あるいはまた普通の金属名板に最近実用化してきた

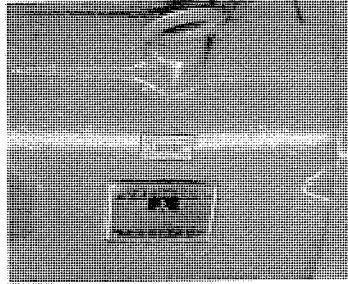


Fig. 8. Name plate of metaacryl plastic.

防食型電動機および制御器・青木

弗化水素樹脂または前述のエポキシ樹脂の透明塗料を焼付けて耐食性をもたらしたものもあり、これは処理が容易な利点がある。金属地金に高級ステンレススチールを使用することも盛んに行われている。その他プラスチックの袋に入れて鋸止めするなど、使用場所の条件によって種々な方法を採用している。

## 6. 埋込式防食機器

酸やアルカリの高温蒸気や液滴が常時飛散しているような非常に苛酷な外部条件の下において、機器がまず腐食されはじめるのは多くの場合、ボルト、ナット、ワッシャ等の部品の外部に露出した部分からである。これらの部品は前述のごとき防食処理を行い、あるいはプラスチックや合成ゴムのキャップを覆せるなどの処置が行われているが、さらに工場の特殊条件によっては、これら鋼材部品をすべて沈めてしまつて防食ペテで外部腐食物質から遮断する構造をとることもできる。

9図は本構造の埋込式特殊防食型電動機30HP, 4Pの実際に使用した状況である。また後述の第9節に示すEA型電磁開閉器およびEN型気中遮断器もすべてのボルトナットを埋込む本構造を採用している。

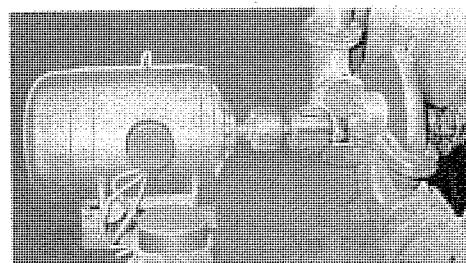


Fig. 9. Special corrosionproof motor.

防食パテの材料としてはタルク(滑石粉), バライト粉(重晶石粉), 石膏(硫酸カルシウム)等のいずれかをビニール樹脂でといて使用する。これらの材料はどこでも容易に入手でき、充填も簡単でありまた分解に際しても除去くことも容易である。市販品としてはダグシールなどを使用してもよい。ダグシール(Dux Seal)はアスベストを基材とした plastic sealing compound である。

このタイプの電動機は上掲実用写真のごとく長期間にわたって分解手入が困難な場合とか、あるいはきわめて腐食性の強い物質が存在するような場所に使用して好評を得ている。

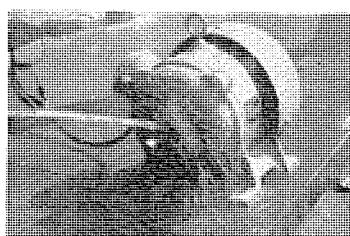
## 7. 屋外型

近年建家が省略できるという経済的理由また腐食性ガス等の外部条件を緩和できるという理由から、化学工場において電気機器を屋外に設置されることが次第に多くなってきた。

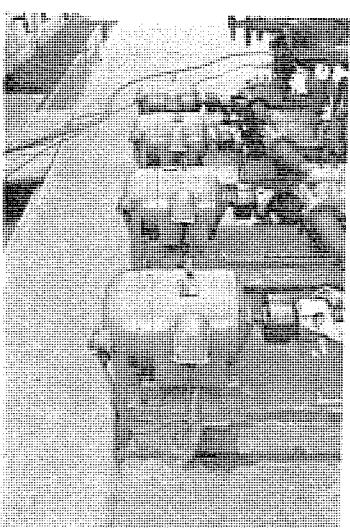
防食型開閉器は前述のごとくカバーとケースの間にパッキングを入れて気密、水密構造としているのでそのまま屋外に使用することができる。

電動機にたいしては屋外仕様としてつぎの構造をとっている。すなわち

- (1) 軸の貫通部に両側に水切りをつける。
- (2) 枠と軸受、ハウジングカバー等の嵌合部には防水塗装をする。端子箱と枠およびカバーの間にはそれぞれ合成ゴムパッキングを入れる。
- (3) 締付ボルトは坐取りをして黄銅坐金を入れ防水塗装して締め付ける。



10 図  
屋外型防食電動機の  
防水試験  
Fig. 10.  
Waterproof test on  
outdoor corrosionproof  
motor.



11 図  
屋外型防食電動機の  
使用状況  
Fig. 11.  
Operating condition of  
outdoor corrosionproof  
motors.

- (4) 絶縁はとくに耐水ワニスにて仕上げる。
- (5) 大形機にはスペースヒータを内蔵する。
- (6) 屋外用塗装を行う(三菱ウェザーコートに関しては三菱電機第29巻8号を参照願いたい)。

## 8. 大容量電動機

前項までは、中小形の低圧電動機およびその開閉機器を主として述べてきたが、当社は数千馬力あるいは数万馬力におよぶ大容量の誘導電動機を製作しており、これら大形、高圧、あるいは巻線型電動機においてももちろん前述のような防食処理および構造の大形防食型電動機として製作することができる。

大形外扇タイプの電動機では冷却効果をます必要から銅冷却管付構造等を採用することになり200 HP程度以上になると枠も鋼板溶接構造となる。またごく大容量のものは閉鎖通風型構造を採用する場合もあるが、前述のように十分吟味された諸材料と適正入念な処理により、また大形機ではそれだけ使用される側でも管理に注意を行き届くこととあいまって、苛酷な条件下においても、十分使用されて好成績を収めてきた。大形防食機器では普通、名板に高級不銹鋼を使用することが多い。

## 9. 防食型制御器

### ア. EA型電磁開閉器

特長 (a) 内部各品は厚肉鉄製の気密容器に納めているため腐食性物質のある所で不安なく使用できる。

(b) カバーは蝶番開きとし、締付ボルトはまったく外部に露出していないため、ボルトの腐食がなく点検、手入れが容易で保守に便利である。

(c) 導線引出口はゴムパッキング方式とし必要に応じて配管工事もできるようにしている。

### イ. PM-21型 押鉗開閉器

遠方操作をする場合は押鉗開閉器を使用する。これは3線式操作で低電圧になると接触器は開路するので電圧回復後は再び操作をする必要がある。

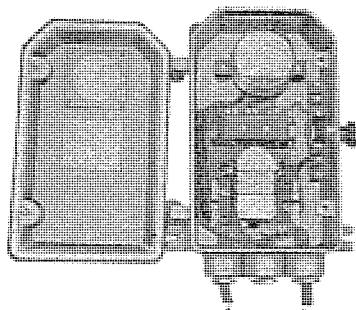
特長 (a) 箱体は防食性モールディングとし金属部分を外部に出していない。

(b) 合成ゴムパッキングにより密封しているので腐食性水滴等が内部にはいることがない。

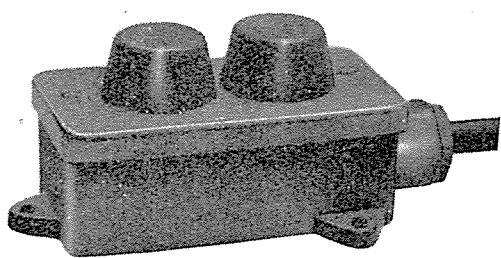
(c) 接点には銀を使用しているので電導特性ならびに耐食性が最良である。

3表 EA型電磁開閉器の定格一覧表

種類	EA-25N 25NA	EA-55N 55NA	EA-105N 105NA	EA-155N 155NA
電磁接觸器	N-25	N-55	N-105	N-155
過電流继電器	MW-11	MW-21	MW-31	MW-41
最高使用電圧 (V)	600	600	600	600
定格容量 (200V)	7.5 HP	15 HP	30 HP	50 HP
" (400~550V)	10 HP	25 HP	50 HP	100 HP



12 図 EA-25 NA 型  
防食型電磁開閉器内部  
Fig. 12. Type EA-25 NA corrosionproof magnetic switch.



13 図 PM-21 型押釦開閉器  
Fig. 13. Type PM-21 Push button switch.

(d) 押釦の径を大きくして操作を楽にしている。起動用押釦はスプリングによってオーバートラベルをもたせ、接点の接触圧力を一定範囲内にすると共に押したときの感じを良好にしている。

(e) 標準品にはキャブタイヤケーブルを取付けてるので配線に便利である。

#### ウ、防食型操作開閉器

遠方操作用の開閉器と電流計とを一体にしたものである。押釦とどうよう自動復帰式であるから、電圧回復後は再操作をする必要がある。本器は集中管理を行う場合などに使用して便利である。

#### エ、EN 型防食型気中遮断器

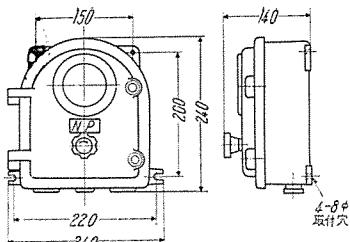
電磁開閉器の点検および短絡保護のため数台の開閉器と共に使用する電源用遮断器として EN 型防食型気中遮断器がある。

本器は操作が容易で信頼性が高く、定評ある NF 型ノーヒューズ遮断器を防食型ケースに納めたもので、100A, 200A, 600A の 3 種類がある。

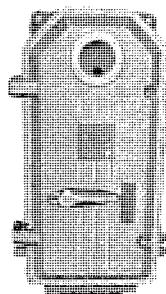
NF 型ノーヒューズ遮断器については別稿をご参照願いたい。

#### 10. 準防食型機器

なお上述の防食型電動機のように防食のために特殊な構造をとったものではなくて、汎用の全閉型、全閉外扇型、閉鎖通風型の電動機に前述の塗料およびワニス処理を行って防食性をもたせたものを当社では準防食性と称している。設置される場所、周囲の状況に応じて選択すれば化学繊維工場においても十分使用されて好成績を納めている。

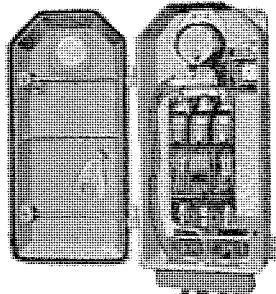


14 図 防食型操作開閉器（気中式電流計付）  
Fig. 14. Corrosionproof type operating switch.



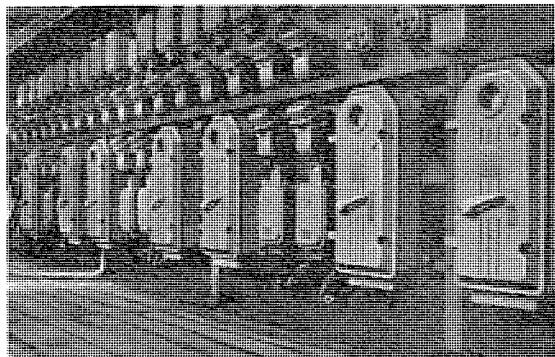
15 図 EN-200 型  
防食型気中遮断器

Fig. 15. Type EN-200 corrosionproof air circuit breaker.



16 図 EN-200 型防食型気中遮断器内部

Fig. 16. Interior of type EN-200 corrosionproof air circuit breaker.



17 図 EN-200 FAT 型 防食型気中遮断器  
Fig. 17. Corrosionproof air circuit breaker.

#### 11. むすび

以上、防食型電動機および防食型開閉器についてその製作にあたっての考え方、ならびに製品内容の概略を説明したが、紙面の都合から多くの実験データや諸資料の内容について詳述する余裕をもたず、ほんの概観に止つて恐縮な次第である。

三菱電機は戦後いちはやく本格的な防食電動機および防食開閉器を多数産業界に送って化学工業の復興発展にいささかなりとも寄与したとの自負しているが、化学工業の目ざましい発達による絶縁材料、防食材料の進歩は誠に日進月歩の状況であり、これらの新らしい材料を使用し、設計ならびに工作技術の研究とあいまって、間断ない改良と試作試験を続けている次第であって、今後ともますます優秀な防食電動機および開閉器を製作して化学工業の進展に寄与したいものと念願しているものである。各位のご指導とご鞭撻を切にお願いする次第である。

# 防爆型電動機および制御器

福岡工場 青木武志\*・山県満\*

## Explosionproof Motors and Controllers

Fukuoka Factory Takeshi AOKI · Mitsuru YAMAGATA

The latest spectacular development in chemical factories in general has come to call for the modernization of productive equipment—especially in such industries as synthetic fiber, petroleum, drugs and fertilizer. With this trend have come into existence manifold explosive gases and fumes in all the courses of manufacturing process. Electric apparatus employed in such places must be taken into account the explosionproof construction lest they should cause firehazard. There are government instructions published in 1954 covering particulars concerning explosion-proof design, which is helpful in establishing a definite measures toward this end.

### 1. まえがき

最近における一般化学工場の発展は目ざましく、化纖、石油、薬品、肥料などの諸工業では生産設備の近代化と共に、そこで取扱われる爆発性ガスおよび蒸気は多種多様であり、しかもそれらの危険物質は、製造工程途上または、その全域にわたって発生したり取扱われたりしている。したがってこれらの爆発危険物質の存在する場所において使用する電気機器は、絶対に爆発点火源とならないよう、完全な防爆構造をもつたものを使用する必要がある。わが国における電気機器の防爆構造に関する規定としては、炭坑用機器を対照とした JIS C 0901 があるが、昭和 30 年 10 月労働省安全研究所技術指針として「工場電気設備防爆指針」(以下指針と略称する)が発表され、電気機器の選定、工事、構造などに関して詳細なよりどころが示されたので、化学工場の防爆に明確なる対策を施すことが容易となった。

三菱電機においては、長年にわたり炭坑用防爆機器お

よび欧米規格による一般工場向の防爆機器を多数製作し好成績を収めてきた。以下指針に基づき最近の一般防爆用の低圧カゴ形誘導電動機および制御器について、その大要を述べる。

1 表 発火度の分類

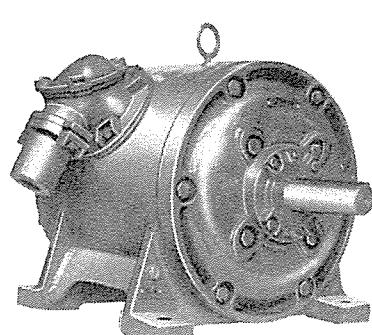
発火度		発火点 450°C 超過		
A	B	〃	300°C	〃 450°C 以下
〃	C	〃	175	〃 300 〃
〃	D	〃	120	〃 175 〃

2 表 爆発等級の分類

爆発等級 1		スキの値 0.8 mm 超過		
1	2	〃	0.5 〃	0.8 mm 以下
〃	3	〃		0.5 mm 以下

3 表 発火度および爆発等級分類例

発火度 爆発等級	A	B	C	D
1	アンモニア、天然ガス、メタン、エタン、プロパン、ブタン、ベンタノン、ベンジン、ベンゾール、トルオール、アセトン	アセトアルデヒト、エチルアルコール	ヘキサン、エチルエーテル	
2	一酸化炭素、石炭ガス、エチレン			
3	水素、水性ガス	アセチレン		二硫化炭素



1 図 耐圧防爆型 10 HP 4 P カゴ形

誘導電動機、厚鋼管配線用端子箱付

Fig. 1. Explosionproof type 10 HP motor with a terminal box for heavy steel pipe wiring.

\* 工作課

## 2. 可燃性ガスおよび蒸気の分類

指針では、爆発性ガスまたは蒸気を、発火点の温度にしたがって1表のように発火度A, B, C, Dの4等級に分類し、また点火波及を生ずる隙の値にしたがって、爆発等級を2表のように1, 2, 3級に分類しており、さらにこの両者によって代表的なガスを、3表のように分類している。指針では多種類のガスを対照としているため、メタンガスを対照とした炭坑用防爆規格よりも、より厳重な防爆構造を要求しているが、その根本的な考え方と同じである。

## 3. 防爆構造の種類

指針では、防爆構造について、つぎの5種類を認めている。

(1) 耐圧防爆構造	記号 d
(2) 油入防爆構造	" o
(3) 内圧防爆構造	" f
(4) 安全増防爆構造	" e
(5) 特殊防爆構造	" s

このうち、中小形電動機に用いられる構造は、主として耐圧と安全増防爆型で、大容量のものは内圧型を用いられることがある。制御器には主として耐圧、油入、安全増防爆型で、まれに特殊防爆のものもある。

注 石炭坑用の防爆構造の中には、狭隙防爆型があったが、本指針では認められておらず、特殊防爆構造の1種となる。

## 4. 危険場所の考慮と機器の選定

### A. 化纖工場の特異性

化学工場によっては、その工場敷地の全域にわたって、屋内、屋外を問わず危険場所となる可能性のあることもあり、重要な受電設備の一切を内圧構造とした屋内に設置された例もあるが、一般には危険の程度に応じて分類することができる。危険場所の分類は原則として、室単位に決定すべきものであるが、室内面積の広さ、床面上の高さ、およびガス、蒸気の発生源との距離などによって、これを限定して考慮することができる。指針では危険の程度にしたがって、第1種または第2種場所に分類してある。

#### 第1種場所

- (1) 爆発性ガスが通常の使用状態において集積して危険となるおそれのある場所。
- (2) 修繕、保守または漏洩などのため、しばしば爆発性ガスが集積して危険となるおそれのある場所。
- (3) 機械、装置などの破壊、または作業工程における誤操作の結果、危険な濃度の爆発性ガスを放出し、同時に電気機器にも事故を生ずるおそれのある場所

#### 第2種場所

- (1) 可燃性ガスまたは可燃性液体を常時取扱っている

が、それらは密閉した容器または設備内に封じてあり、その容器または設備が事故のため破壊した場合、または操作を誤った場合のみ上記液体またはガスが漏出して危険となる場合。

- (2) 確実な機械的通風により、爆発性ガスが集積して危険とならないようにしてあるが、通風装置の事故または異常の場合、危険となるおそれのある場合。
- (3) 第1種場所の周辺で、危険な濃度の爆発性ガスがときどき浸入するおそれのある場合。

化纖の製造に必要な各種原料、薬品はパルプ・石炭・苛性ソーダ・硫酸・二硫化炭素・硫化ソーダ・塩素・硫酸亜鉛などである。アルカリセルローズの老成硫化過程において、チャーンとディゾルバにより硫化溶解を行うが、ここで二硫化炭素を使用する。これは前項の分類表に示されたごとく、発火度D、爆発等級3である。

指針3213の(3)項には「爆発等級3に属する爆発性ガスに対する耐圧防爆構造は、現在のところ製作をわめて困難につき推奨しない」とあり、決定的な耐圧防爆構造は、製作できない現状でありここに問題点がある。

二硫化炭素(Carbon disulphide)の特性はつぎのとおりである。

化 学 式	CS <sub>2</sub>
爆発を起す空気との混合割合(%)	0.8~52
最高爆発圧力を生ずる空気との混合割合(%)	6.54
最大爆発圧力(kg/cm <sup>2</sup> )	7.8
最低発火温度(空気との混合)(°C)	120
摩擦火花による点火	可能
明瞭に知覚できる程度(%)	0.014
有害(連続作用1/2~1時間で意識不明に陥る)(%)	0.32~0.39

上記の数値は実験者により多少異なっている。<sup>(1)(2)</sup>したがってCS<sub>2</sub>は爆発限界に達する以前の濃度において、すでに人体に対して有害であり、このため作業現場はつねに通風をよくして室内の各部にガスの停滞を起きぬよう努める必要があり、また爆発の危険を最小限度に限定する最善の方法である。一方當時運転中CS<sub>2</sub>ガスの漏洩する室内では長時間作業することはできず、また人が意識不明となる濃度であっても、それは爆発の危険ある濃度以下である。このためCS<sub>2</sub>ガスが爆発を起す危険な濃度に達する機会は非常に少いことも考えられるが、機器の選定取扱については万全の注意が必要である。

### 1. 機器の選定

電気機器が発火の原因となっている災害の大部分は、機器の選定不良や大なる不注意と過失に基づくものであり、適切な選定と十分な手入れさえすれば決して危険ではない。指針1320項に防爆構造の選定指針を具体的に示してある。この中から交流600V以下の電動機、制御器に関する部分を4表に示す。これに示されているごとく第1種場所に適合する構造は、耐圧、内圧および油入であるが、前記のとおり爆発等級3のガスに対しては耐

4表 交流 600 V 以下の機器の防爆構造の選定指針

危険場所		第1種場所			第2種場所				
防爆構造の種類		耐圧	内圧	油入	安全地帯	耐圧	内圧	油入	安全地帯
回転機	スリップリング整流子などのあるもの(a)	○	○	-	1・2・3 △	○	○	-	1・2・3 ○
	" のないもの(b)	○	○	-	1・2 △	○	○	-	1・2 ○
開閉器	油入遮断器(c) 油入自動開閉するもの 開閉器 (自動開閉しないもの 10kVA 以下 10kVA 超過)	-	-	○	-	-	-	5 △ △	○ ○
	気中遮断器(c) 気中自動開閉するもの 開閉器 (自動開閉しないもの 操作用 その他)	5 △ △	5 △ △	-	5 ○ ○	5 ○ ○	-	-	-
制御器 (d)	油入制御器 (10 kVA 以下 10 kVA 超過)	-	-	△	-	-	-	○ ○	-
	気中制御器 (主幹制御器 その他の制御器)	○ △	○ △	-	○ ○	○ ○	-	-	-

注 ○印は適するもの、△印は使用しても差支えないがなるべく避けたいもの。

a 卷線型電動機、直流機、交流整流子機、コンデンサ電動機、分相起動型電動機、反撲起動型電動機などをいう。

b 3 相カゴ形誘導電動機などをいう。

c 遮断器とは短絡電流を自動的に遮断するものをいう。

d 制御器とは主幹制御器、起動制御器、速度制御器、可逆制御器、スターデルタスター、起動補償器、リアクトル起動器などをいう。

1. 全閉構造とする。

2. 热動型過負荷保護器(3 相誘導電動機の場合は単相遮断の防止できるもの)またはこれと同等以上の過負荷保護装置を設ける。

3. スリップリング、整流子などは耐圧または内圧とする。

4. 過熱保護装置または過負荷保護装置を設ける。

5. 遮断器またはヒューズを取り付ける場所に流れうる短絡電流に対し十分な遮断容量を有するものであることを。

圧構造は製作困難であり、内圧構造が理想的であるが、種々の理由から現状では本器の採用は少い。また油入のものは油入開閉器のみである。したがって開閉器類は第2種場所または、より安全な場所に設置して油入構造の押ボタン開閉器により遠方操作することが望ましい。電動機は當時火花の発生する部分のないカゴ形を使用し保守、点検を厳重に行い故障を未然に防止しなければならない。

## 5. 防爆型電気機器の具備すべき条件

一般防爆機器の構造上具備すべき条件としては、防爆構造が完全であるほか、防湿、防食の点も考慮する必要があり、さらに屋外設置の場合もある。したがって防爆構造のほかに特殊の構造をとる場合もあるが、一般的な条件を列記すればつきのとおりである。

- (1) 防爆構造が完全であること
- (2) 防湿、防食特性がすぐれていること
- (3) 堅牢かつ取扱いが簡単であること
- (4) 部品の互換性がきくこと

## 6. 三菱防爆型機器の特長

### ア. 防爆型電動機

#### (1) 防爆構造

防爆構造は、指針の各項に照しても少していねいすぎるほど、厳密な防爆構造としている。しかも部品の数を必要最小限とし、極力構造を単純化して取扱いを容易にしている。

#### (2) 端子箱

端子箱は、大形コンジットボックス型として、内部空間を大きくとり、端子箱のカバーは斜めに大きくあけてるので、電線の接続および絶縁作業が容易で、短絡事故が起らないようにしている。

### (3) 特性

特性は定評ある三菱電動機としての優秀な諸特性を十分発揮しており、外部冷却扇をできるだけ大形とし、2重式冷却構造により、温度上昇を低く設計製作し、安全度ならびに寿命の増加を図っている。

### (4) 絶縁材料

絶縁材料は十分吟味し、ことに絶縁ワニスには、耐湿、耐食性にきわめてすぐれた当社製サーモセッタワニスを使用し、入念な処理をしているので、化学工場のようにつねに湿度が高く腐食性物質の多いところでも安心して使用することができる。

### (5) 互換性

完全な品質管理のもとに厳密な限界ゲージ方式により多量製造を行っているので、製品の品質が一定しており、かつ製品および部品は相互に完全な互換性をもっている。

### イ. 防爆型制御器

一般工場における電気機器の選定に当り、特殊の場合を除けば、防爆を必要とする場所と、その必要のない場所とに分けることができる。設備費用および保守の点から考えると制御器は、安全な所に設置し非防爆型を採用して遠方操作などにより、必要最小限度の防爆機器を使用することが得策である。制御器関係も前記の電動機と同様の特長を有するが、開閉器類はカゴ形電動機と異なり當時火花を発生するものであり、とくにつぎの方針をとっている。

#### (1) 防爆構造

600 V 以下の主開閉器の防爆構造としては、耐圧防爆構造としている。油入型は保守が完全でないと火災の危険があるため、特別の場合の外は採用しない方針である。

#### (2) 箱体の構造

軽量で丈夫であることを目標としており、このため操

作用の小形機器以外は、箱本体には鋳鉄製を使用せず、すべて鋼板溶接製を標準としている。これは補強材の組合せにより強度も増し軽量とすることができるためであり、また鋳鉄製では鋳物凧の発生が絶無ではないため計画どおりの強度を保証することのできない場合のあることを恐れるためである。

5表 静止部分のスキおよびスキの奥行

列 行			1	2	3	4	5
	内 容 積	2 cm <sup>3</sup> 以下	2 cm <sup>3</sup> をこえ 100 cm <sup>3</sup> 以下	100 cm <sup>3</sup> をこえ 200 cm <sup>3</sup> 以下	2000 cm <sup>3</sup> をこ えるもの (1)		
I	最大スキ (直径差) W	爆発等級 1	0.3	0.2	0.25	0.3	0.4
		〃 2	0.2	0.1	0.15	0.2	0.25
		〃 3	別に示す爆発試験において外部混合ガスに点火しない最大スキの 50% (2)				
II	スキの最小奥行 L	5	10	15	25	40	
III	ボルト穴までの最短距離 L <sub>1</sub>	5	6	8	10	15	

- 備考 1. 内容積が 2,000 cm<sup>3</sup> をこえるもので最大のスキ (W) が爆発等級 1 において 0.3 と 0.4 との間にある場合、爆発等級 2 において 0.2 と 0.25 との間にある場合は L および L<sub>1</sub> の数値は表の数値から比例算出する。  
 2. 2 cm<sup>3</sup> 以下の内容積のものは、容器が相互にねじ込みされているか、または合せ面が相互にかみ合わさった構造であれば、一般にそれだけで点火波及は確実に防止されることが実証されている。

6表 回転軸のスキおよびスキの奥行

列 行			1	2	3	4	5
	内 容 積	2 cm <sup>3</sup> 以 下	2 cm <sup>3</sup> をこえ 100 cm <sup>3</sup> 以 下	100 cm <sup>3</sup> をこえ 500 cm <sup>3</sup> 以 下	500 cm <sup>3</sup> をこ えるもの (1)		
I	最大スキ (直径差) W	爆 発 等 級	1	0.45	0.3	0.45	0.45
			2	0.3	0.2	0.3	0.4
			3	0.15	※	※	※
II	軸 受 の 種 類	スキの 最 小 奥行 L	1				
			2	5	10	15	25
			3				40
III	滑 り 軸 受	最大スキ (直径差) W	1	0.3	0.2	0.3	0.5
			2	0.2	0.1	許容しえない	
			3	0.1	※		
IV	類 似 軸 受	スキの 最 小 奥行 L	1				
			2	5	15	25	40
			3				

- ※ 別に示す爆発試験において外部混合ガスに点火しない最大スキの 50%  
 備考 内容積が 50 cm<sup>3</sup> をこえるもので、最大スキ (W) が爆発等級において 0.45 と 0.6 との間にある場合、爆発等級 2 において 0.3 と 0.4 との間にある場合、L および L<sub>1</sub> の値は表の数値から比例算出する。

## 7. 耐圧防爆型

耐圧防爆型は、機器の点火源となるおそれのある部分を、強固な容器の内部に密閉してしまい、たとえ火花、過熱などの原因で、内部で点火爆発が起っても、容器はその爆発圧力に耐えるだけの強度をもち、フランジ、軸受、その他の小間隙を通して、火焰が噴出して外部に出てくるまでに十分冷却されて、外部の危険ガスに引火するおそれのないような構造である。このため容器の強度、接合部における接合面のスキとその長さについて指針に規定しており、5~7 表にこれを示す。耐圧防爆型の機器を 2~7 図に示す。

### A. 適用範囲

#### (1) 発火度

三菱電機の防爆機器は、すべて JIS C4002 に準拠して製作しており、電動機でいえば巻線の温度上昇は、抵抗法の 65°C 以下であり、したがって電動機外面の温度上昇はさらに低い値であり、制御器とも指針の発火度 A, B, C 級までのガスに対して安全に使用できる。8 表に温度上昇限度の表を示す。

#### (2) 爆発等級

##### a. 電動機

爆発等級は 1 級を標準として製作している。ただし 2 級は客先の指定に応じて容易に製作できる。標準を 1 級にしているのは 1 級ガスの範囲で使用される場合がもっとも多いため、1 級の隙間でよい場合に不必要に狭い 2 級の隙間とすることは、それだけ原価高になるばかりでなく、軸受の摩耗などに際して、軸とハウジングが接触して焼付くなどの事故が起り易くなるからである。

##### b. 制御器

爆発等級は 2 級を標準として製作している。制御器は

7表 内 部 壓 力

内 容 積	2 cm <sup>3</sup> 以下	2 cm <sup>3</sup> をこえ 100 cm <sup>3</sup> 以下	100 cm <sup>3</sup> をこ えるもの
爆 発 等 級 1			
		8 kg/cm <sup>2</sup> 以上	10 kg/cm <sup>2</sup> 以上
		スキを詰めた密閉容器においてゲージにより測定する爆発圧力の 1.5 倍 ただし最小	
爆 発 等 級 2			
爆 発 等 級 3			

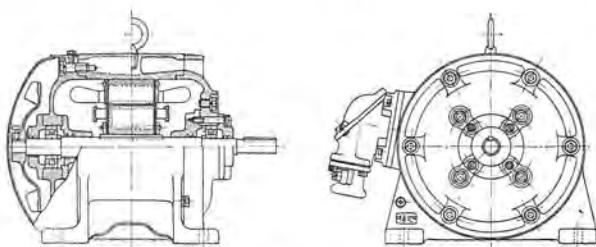
- 備考 容器の内容積とは容器自身の内積から運転上欠くことのできない内容物の容積を差引いた容積をいう。

8表 温 度 上 升 限 度

発 火 度	最 高 温 度 (°C)	温 度 上 界 限 度 (°C)
A	200	160
B	155	115
C	115	75
D	80	40



2 図 GM 7.5-EMX 型耐圧防爆型 減速電動機 7.5 HP 4 P  
Fig. 2. Type GM-7.5 EMX explosionproof reduction speed motor.



3 図 MK 型 3 相誘導電動機構造図  
耐圧防爆型 全閉外扇型  
Fig. 3. Construction of type MK pressure-resisting explosionproof motor.

電動機に比較して、構造上 2 級とすることが容易であるためである。ただしとくに大物の場合はスキの程度により、加工法の変更を要する場合もあり、使用される場所のガスに応じた爆発等級を目標として製作している。

#### イ. 耐圧強度

電動機は鋳鉄製である。全閉フレーム、プラケットおよび締付ボルトなどは  $10 \text{ kg/cm}^2$  の内圧に対して十分な強度をもつようがんじょうに作っている。

中形大形の制御器の箱体は、鋼板溶接製としている。鋼板製箱体の設計に際してとくに注意している点は、水圧試験または爆発試験などのように、箱内に圧力が発生すると箱体は必ず幾分の変形を伴うものである。この変形がスキを広げることを助けない構造、また変形による応力が溶接部に集中しない構造とすることに努めている。

耐圧防爆の容器は、一般の圧力容器と異なり、前表のように内部での爆発が、外部のガスに引火しない程度の隙間があるため、内部圧力は爆発直後最高となるが、瞬時に減少するものである。指針にも（解説 3310）「容器の強さはボイラなどと違い、比較的余裕の必要はないから圧力試験を行った場合多少開くようなことがあっても外部に引火せず安全が確保できればさしつかえない」とある。しかしながら  $10 \text{ kg/cm}^2$  の水圧試験により、箱体が大きな永久歪を起さないようにするために、ある程度の安全系数を確保しておくことが必要である。

#### ウ. 端子箱

第 1 種危険場所においては、 $600 \text{ V}$  以下の場合は、原



4 図 NE-600 型 600 V 600 A  
耐圧防爆型気中遮断器

Fig. 4. Type NE-600 pressure-resisting explosionproof air circuit breaker.



5 図 EDX-13 B 型  
600 V 100 A 耐圧防爆型  
電磁開閉器

Fig. 5. Type EDX-13 B pressure-resisting explosionproof magnetic switch.



6 図 600 V 50 A  
耐圧防爆型電磁開閉器

Fig. 6. Pressure-resisting explosionproof magnetic switch.



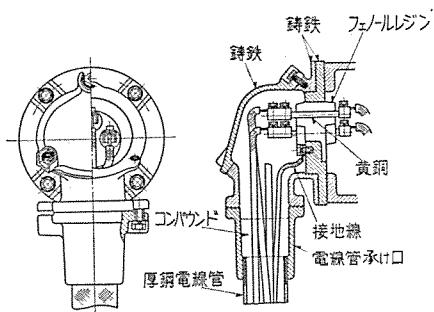
7 図 AS-1 PX 型  
耐圧防爆型自立型計器箱

Fig. 7. Type AS-1 PX pressure-resisting explosionproof stand type meter box.

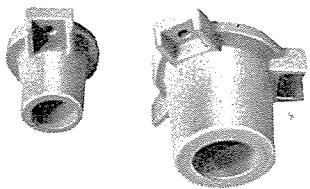
則として特厚または厚鋼電線管配線が行われるため、ケーブル引込口に管ねじをもつといわゆる電線管工事用端子箱付を標準としている。本端子箱は前掲の 5 表および 7 表にしたがい十分な耐圧強度と接合面をもつ耐圧防爆構造としている。端子はスタッダ式引込方法で、貫通導体は大きな黄銅角材を用い外箱と共に絶縁物と一緒にした構造で使用中に回ったりするなどするおそれはない。充電部分の沿面距離、絶縁間隙、接続方法、温度上昇などすべて安全増防爆規定に従って安全度を増加している。8~10 図にこれを示す。特別な場合として、ケーブル配線が行われる場合には 11 図のごとき構造の G 型端子箱を取り付ける。この端子箱の接合面は  $10 \text{ mm}$  以上の防塵構造をとっており、端子箱へのケーブル引込口は、ベルマウス方式とし、パッキンおよびクランプを装着している。その他の点はすべて前述の電線管配線用と同一構造である。

#### エ. 錠締構造

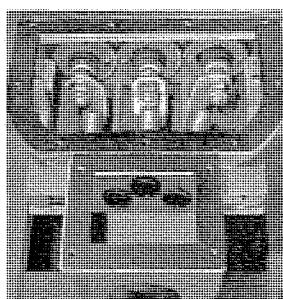
フレームとプラケット、プラケットとハウジングカバー、スイッチ類のカバーおよび端子箱カバーの取り付ボルトまたは空隙測定用プラグなどは、防爆構造を保持するに必要なボルトであるから、責任者以外の取扱いを防止するために錠締構造とし、かつゆるみどめをしている。分解、組立に際してはボックス、スパナなどの特殊工具を必要とする。



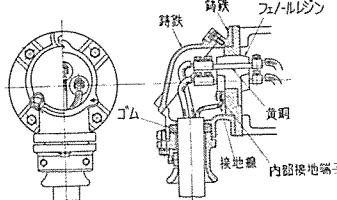
8 図 電線管用端子箱  
Fig. 8. Terminal box for conduit tube.



9 図 電線管受口  
Fig. 9. Receptacle for conduit.



10 図  
600 V, 600 A 用  
端子箱  
Fig. 10.  
Terminal box.



11 図  
G型端子箱  
Fig. 11.  
Type G terminal  
box.

#### オ. 接地端子

接地事故防止のため、また電動機における静電誘導による危険防止のために、防爆型機器は必ず接地しなければならない。このため端子箱に内部接地端子を設け、さらにフレームの脚部に外部接地端子を設けている。外部接地用ボルトは黄銅製として腐食を防止している。ただし電線管工事のものは電線管を接地用として利用できるため接地端子は省略しても差支えない。

#### カ. 軸受構造

軸受部分はハウジングカバー方式としているので、外部カバーをゆるめて容易に、内部軸受およびグリースの検査ができる。かつ 20 HP 以上はカートリッジ型として軸受部分の保護を図っている。防爆上必要なスキとその奥行は内部ハウジングカバーでもっている。軸受には高級玉軸受を厳選しており、しかももっとも一般的な

6300 型深溝单列型を標準としている。

なお 2 級ガス以上の爆発等級に対しては、6 表に示すように滑り軸受の使用が許されていないが、これは玉軸受に比較し大なる隙間になってしまっても滑り軸受では運転される可能性があるため、これに原因した事故を防止する必要からである。

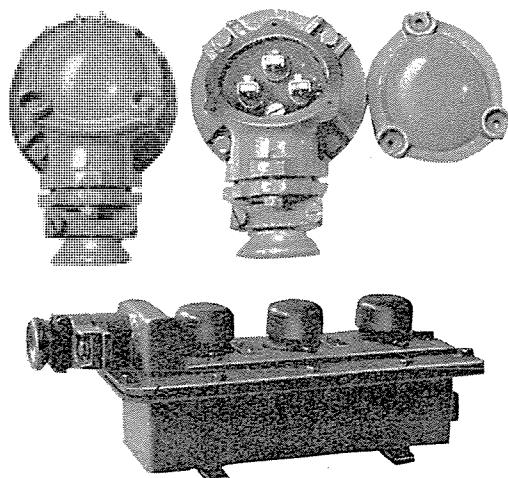
#### キ. その他

以上、耐圧防爆型についての主要事項を述べたが、この他指針には、耐圧容器内では油入の開閉器は使用できない。貫通ねじはできるだけさけること、結合部のねじの本数は 3 本以上とすること、ねじ山は 5 山以上であること、観窓に関する規定、また防爆面におけるパッキンの使用は、できるだけさけること。もしこれが脱落しても防爆上支障のないものであることなど詳細に規定している。

機器の用途により、ときに耐圧防爆でかつ防水型の要求があるが、当社では防爆面にはパッキンを使用しない方針であり、パッキンのない防爆面に注水すると、水はわずかながら浸入する。このため厳密な意味での防水型は製作しない方針であり、このため屋外で使用されるものに対しては後述のごとく特殊の構造としている。

#### 8. 油入防爆型

火花またはアークの発生するおそれのある部分を油中におさめ、これらを外部の爆発性ガスと接触させないようにした構造である。油入では油の劣化、漏洩および過大電流開路時の防爆性などから、第 1 種場所での使用は避けた方がよく、主回路の開閉器具は、第 2 種場所またはそれ以上安全な所におき、操作用の開閉器のみを第 1 種場所に設置することが望ましい。12 図は油入防爆構造の押ボタン開閉器を示す。



12 図 油入防爆型押ボタン開閉器  
Fig. 12. Oil immersed explosionproof push button switch.

## 9. 内圧防爆型

内圧型は容器内部に、不燃性ガスを圧入することによって、容器内部にガスの浸入することを防止する構造であり、防爆構造としてはもっとも完全な方式のもので、爆発等級3に属するものに対し安心して使用できる。高圧用機器では電動機のスリップリング、開閉器、変圧器などの例があるが、低圧用の機器では製作例が少いため詳細については省略する。

## 10. 安全増防爆型

安全増防爆型は、その電気機器が正常な作動をしているときにはなんら危険がない部分であるが、接触不良とか、過熱焼損、その他異常状態となった場合には、火花やアーケを生じて爆発点火源となる可能性のある部分に対して、事故発生を防止するよう、構造や温度上昇などの点において安全度を増した機器である。すなわちそれ自身の性能によって、操作運転上例外的な場合にも点火爆発事故を起きないことを目的としたものである。

しかしながらこれは耐圧防爆構造よりも安全度が高いということを意味するものではない。前述したように耐圧防爆型はその内部で点火爆発が起っても、容器は強度的にその圧力を耐え外部の危険物に点火波及しない構造であり、安全増は点火爆発が起らぬようしようとしたものである。したがって万一内部で点火爆発が起ったときには構造的に防爆性が保証されていないから、とくに危険度の高い場所での使用は避けなければならない。9表に安全増構造における最高温度および温度上昇限度を示す。

9表 安全増構造における最高温度および温度上昇限度

	0	1	2	3	4	5	6	
発 火 点	通 規				10秒以下			
	防ジン型カバーのある場合	防ジン型カバーのない場合						
	最高温度(°C)	温度上昇限度(°C)	最高温度(°C)	温度上昇限度(°C)	最高温度(°C)	温度上昇限度(°C)	最高温度(°C)	温度上昇限度(°C)
A	250	210	200	160	300	260		
B	220	180	155	115	220	180		
C	140	100	115	75	140	100		
D	100	60	80	40	100	60		

備考 防ジン型カバーの表面温度は防ジン型カバーのない場合の規定によること。

### ア. 適用範囲

一般に危険度の少ない場所（第2種危険場所等）での使用に際しては、本構造の電動機を適切に採用することによって、多くの場合他の防爆型よりも安価であり、容量の大きいものにおいてはことに有利である。第1種危険場所においても、回転機、低圧乾式変圧器、液体抵抗器、定着白熱燈などは機器の性質、周囲条件等を考慮の上必要やむを得ない場合に限り、最小限度に使用して差支えないことになっている。（指定1310参照）

### イ. 全閉構造

この型の電動機の保護方式は、少くとも遮閉型以上の構造でなければならぬが、指針では600V以下のものでは全閉構造のもののみを使用するよう限定されている（4表参照）。三菱電機においては600V以下のカゴ形安全増電動機は従来より全閉外扇型構造を採用しているので、固体異物が機体内にはいり込む心配もなく、塵埃や湿気の多い化学工場にも安心して使用できる。13、14図に本構造の電動機を示す。



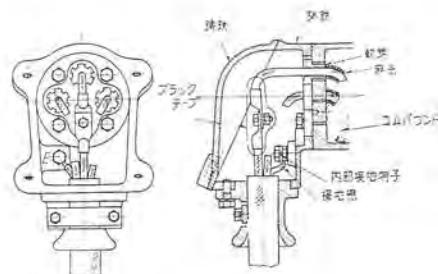
13図 GM-20-EPV型  
安全増防爆型  
20 HP 4P 縦型減速電動機  
Fig. 13. Type GM-20-EPV  
Increased safety explosionproof vertical speed reduction motor.



14図 安全増防爆型  
7.5 HP 4P カゴ形全閉外扇型 3相誘導電動機  
Fig. 14. Increased safety explosionproof motor.

### ウ. 端子箱

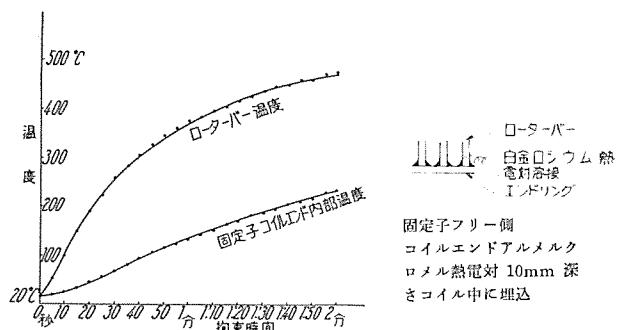
15図に示すように、フレームの内側にコンパウンドで固定した固着式引込方式としている。ケーブルの引込口はベルマウスおよびクランプを装着している。カバーは責任者以外の取扱いを防止するため、錠締構造としカバーの接合面は10mm以上の防塵構造としている。その他すべて安全増の規程にしたがって安全度を増加している。



15図 安全増防爆型端子箱  
Fig. 15. Increased safety explosionproof terminal box.

10表 許容拘束時間を定める温度

発火度	回転子	固定子
A	160°C	95°C
B, C, D	T <sub>1</sub> —T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub> —T <sub>3</sub>

T<sub>1</sub> : 第6行の温度上界限度 (°C)T<sub>2</sub> : 運転状態における回転子巻線の温度上界 (°C)T<sub>3</sub> : " 固定子 " " (°C)

16図 電動機の長時間拘束によるローターバーとステーターコイル温度実測

MK カゴ形 5 HP 4 P 3 相誘導電動機, 室温 20°C

Fig. 16. Temperature measurement of rotor bars and stator coils of motors locked for a long period.

## 工. 許容拘束時間

許容拘束時間とは回転子を拘束し、初温 40°C のとき定格周波数の定格電圧を加えた場合の温度上昇が 10 表の値に達するまでの時間であって、指針では 10 秒以上なければならず、いかなる場合にも 5 秒以下は許されないことになっている。16 図はカゴ形 3 相誘導電動機 5 HP 4 P について拘束時間とローターバーおよび固定子コイルエンド内の温度を実測したもので、参考のために掲げる。

## オ. 回転子および空隙

回転子棒は鉄心に固く打込まれており起動時に鉄心との間に火花を発するおそれはない。また棒とエンドリングは硬質鋳で十分溶接しがんじょうな構造としている。

回転子と固定子の間の空隙は、指針に示された 11 表よりも 2 段階程度大きく製作しており、玉軸受の適切な選定と相まって、軸受の磨滅に伴う固定子回転子間の接触の危険はきわめて少ない。

## 11. 特殊防爆型

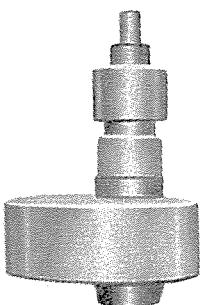
以上に述べた耐圧、油入、内圧および安全増以外の構造で、外部ガスへの引火を防止できることを試験によって確認された構造である。三菱電機では浮動水銀開閉器が特殊防爆型である。これは水銀スイッチを特殊樹脂で包み浮子と一緒にしたもので、水銀スイッチ自体一応の防爆構造であるが、ガラスの破損、導線の破損などが起るため、これを防止する方法として特殊の構造としたものである。17 図にこれを示す。

坑気防爆構造では狭隙防爆型があるが、指針では採用

11表 安全増構造のエアギャップ

誘導電動機出力 kW	HP	エアギャップ寸法 mm			
		転り軸受 2極	4極以上 2極	滑り軸受 4極以上	2極
0.1	1/8	0.25	0.2	0.35	0.3
0.2	1/4	0.25	0.2	0.35	0.3
0.4	1/2	0.3	0.25	0.4	0.35
0.75	1	0.3	0.25	0.4	0.35
1	—	0.35	0.3	0.45	0.4
1.5	2	0.35	0.3	0.45	0.4
2	3	0.35	0.3	0.45	0.4
3	—	0.4	0.35	0.5	0.45
4	5	0.4	0.35	0.5	0.45
5	7.5	0.5	0.35	0.6	0.45
7.5	10	0.5	0.4	0.6	0.5
10	15	0.6	0.4	0.7	0.5
15	20	0.6	0.4	0.7	0.5
20	25	0.7	0.45	0.8	0.55
25	30	0.7	0.45	0.8	0.55
30	40	0.8	0.5	1.0	0.65
40	50	0.8	0.5	1.0	0.65
50	60	1.0	0.65	1.2	0.8
60	75	1.0	0.65	1.2	0.8
75	100	1.0	0.65	1.2	0.8

以下略す



17図 特殊防爆型

FM-1 X 型浮動水銀開閉器

Fig. 17. Type FM-1 X Special explosionproof float mercury switch.

されていない。メタンは発火度 A、爆発等級 1 に属しており、この群のガスに使用することは差支えないため、狭隙型は特殊防爆構造の一種とされている。

## 12. 防食処理

化学工場における防爆型電気機器は、ほとんどの場合腐食性物質に対する耐食性を同時に要求される。本防爆型機器も防食型機器の章（8 頁参照）でのべられているように、外表面に強力な防食処理を行うことができる。また錠締構造を利用して、ボルト類を防食パテで埋め込む特殊埋込式構造とすることもできる。

## 13. 屋外使用の機器

近時防爆型電気機器の屋外使用は、建家不要の経済的見地、また危険度の減少などの防爆的見地から、次第に普及し石油化学などにおいては、ほとんど全面的に屋外型が使用してきた。18 図に屋外型電動機を示す。

屋外型電動機としてはつぎの特殊構造としている。

(1) 電動機全体に防滴カバーをつける。これはまた日光の直射による温度の影響を避ける手段ともなる



18 図 耐圧防爆型 20 HP 2P カゴ形 全閉外扇型  
3 相誘導電動機厚鋼電線配管線用端子箱付  
(屋外型)

Fig. 18. Outdoor type pressure-resisting explosion-proof motor with a terminal box for heavy steel pipe wiring.

- (2) 軸受部分に水切りをつける。これは耐食性合成ゴム製とし内部に撥水性グリースを入れる。
- (3) 大容量機では内部にスペースヒータをつけ運転休止時の絶縁抵抗の低下を防止する。
- (4) 耐候性の塗料で外部処理を行う。耐候性三菱ウェザコート塗装に関しては、本誌 Vol. 29 1955 8月号を参照願いたい。

開閉器では軸受部分がないため、電動機のごとく厳重な処置は不要である。使用実績から考えると中小形の耐圧構造のものでは、風雨によりフランジ面からの水の浸入は避けることはできないが、水が内部取付品に影響しない構造のものであれば、とくに雨の多い地方以外での使用は差支えないが、集中して設置する場合は簡単な屋根を設けたがよい。屋外設置のものでとくに注意を要する点は、導線引込部分を厳重に工事すること、配管の下部などで管の外部に発生する水滴が常時落下していくような場所、またつねに霧状の雰囲気にさらされる場所などは、不適当である。19 図に屋外形パワーセンタの例を示す。

#### 14. む す び

以上三菱防爆型電気機器のうち、主として低圧カゴ形誘導電動機および制御器について、指針によりながら大略の紹介を行った。もちろん当社としては、高圧大容量



19 図 300 kVA 耐圧防爆型パワーセンタ (屋外用)

Fig. 19. 300 kVA pressure-resisting explosionproof power center. (outdoor use)

の防爆型機器をも多数製作しているが、これらは構造、内容等それぞれ多種類にわたっており、これについてはつぎの機会に譲った。この大形機器に関しては具体的な要求に応じて、もっとも適切なものを製作することができる。

防爆機器は、製造者、電気工事者および使用者の防爆に関する知識と指針の守則、実行によってその性能を發揮するものであり、勝手な判断や習慣にとらわれてはならない。また災害を恐れるあまり理由なく指針に示されている以上の要求を出して高価な機器とする必要もない。化学工業の日ざましい進展と共に、化学工場における爆発事故防止の問題がいよいよ大きくクローズアップしてきた現在、当社の防爆型機器の果す役割はますます大きくなってきたものと考えられる。われわれは今後とも研究を重ね、より優秀な防爆型電気機器を製作したいと念願している。

#### 文 献

- (1) 防爆電気機器原論  
Dietrich Müller-Hillebrand
- (2) International Electro Technical Commission Technical Committee No. 31 Flameproof Enclosures.

# レーヨンポットモーター

名古屋製作所 戸 谷 利 雄\*

## Rayon Pot Motors

Nagoya Works Toshio TOYA

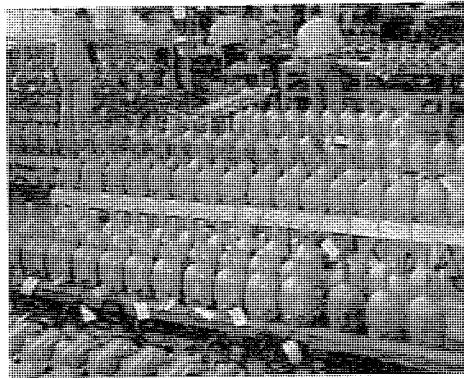
Rayon production is on the rapid increase with more and more importance added to it not only for domestic consumption but also for the export. A new field is expanding for the mixture spinning with other synthetic fiber, thus its future being very promising. With this trend Mitsubishi has resumed the manufacture of pot motors based on an innovative technique as a result of engineering concert with Westinghouse. A new design employs all sleeve bearings lubricated by oil, which has replaced the conventional design of ball bearings. The new model is named type PE with distinctive features including the foregoing points.

### 1. まえがき

レーヨンの生産は急激に増加して国内消費はもちろん輸出品としてもますますその重要性を加えているが、他面各種の化繊との混紡の分野も開け、その廉価と国内資源による強味でさらに将来の発展が予想される。当社においても多年レーヨン機械用電機品を生産してきたが紡糸に用いるポットモーターの製作は第2次大戦と共に中絶して数年の空白があった。戦後綿紡の復元と共にこの遠心紡糸法の特長を綿糸に応用し、若干の生産を行ったこともあった。近年化繊工場の拡張と共にわれわれは再度新しい構造で研究を進めてきたがポットの大形化により従来の玉軸受方式では振動特性、耐久度等において不満足な点が多く、時たまたま米国Westinghouse電機会社との技術提携が再開され、ポットモーターに関する詳細な技術資料を得ることができ、多年の懸案も解決され水油潤滑の全スリープ軸受によるPE形ポットモーターを完成した。

なおこの製作には東洋レーヨン株式会社の非常なご協力を受け、まず数百台の研究使用の結果好成績をあげ、その結果数千台に上る追加注文をいただき振動、騒音および故障がなく、維持が容易な点できわめて好評を博するに至った。

この機会にその概要を紹介する。



1 図 PE 形ポットモーターの製作工場

Fig. 1. Works for PE pot motors.

### 2. ポットモーターの問題点

レーヨンがこの半世紀の間に繊維の中で重要な位置を占めた主原因は遠心紡糸法の発明によるといえる。

遠心紡糸法は簡単にかつ糸を紡ぎ燃りをかけ硫酸浴の結果付着した薬液を取り糸を巻取る工程を一挙になしとげたのである。

しかしポットモーターには高速回転の問題以外に種々の困難が付加されてきた。

#### ア. 耐酸構造であること

硫酸浴をするために原糸に付着した硫酸、二硫化炭素等の有害な薬液がポットより飛散して電動機の内外に付着する。

#### イ. 不平衡荷重を受けること

ポット本体の不平衡、巻取られるケーキ（紡出され巻取られた糸束）の不平衡および高速回転による空気力学的の不平衡に耐えなければならない。

#### ウ. 高速回転で振動を生じないこと

120~180 c/s の周波数で 7,200~10,800 rpm (同期速度) の高速で振動のない静かな運転を続け起動、停止時通過する危険速度の場合も極力振動を少くすることが要求される。

#### エ. 衝撃に耐える構造であること

ドッフィング（ケーキの取出し）の際にポットを速かに交換する作業がある。このときの衝撃に耐えるよう軸受その他を考慮しなければならない。

#### オ. 溫度上昇の低いこと

商用周波数の 2~3 倍の高周波電源で運転され、起動停止を繰り返され、とくに停止時には直流または逆相制動をしてドッフィングの能率化を図るたび極力温度上昇を低くして絶縁寿命を保持しなければならない。

以上の諸点に対しては従来より種々の工夫がなされ、いろいろの形式のポットモーターが製作してきたが、もっとも困難な点は振動（運転時ならびに危険速度通過時）および軸受の寿命の点である。

振動の点では普通長いスピンドル（可撓軸）を用い取

付座にゴム、コルク等の緩衝材を置いた取付かまたは高粘度の油を封入したオイルダッシュボットが用いられている。

軸受は上下共に玉軸受にする構造か、上部軸受はボール、下部はスリーブの併用の方式などが考えられ、いずれもボットの大形化高速化につれてますます困難を加え、莫大な維持費を強いられている現状である。

つぎに述べる PE 形は上下共スリーブ軸受とし、1 個のスラスト軸受を有し、なんら複雑なパッキングを用いずに水油潤滑をしてしかも緩衝装置を内蔵して固定取付を可能にした方式である。

### 3. PE 形ボットモートル

#### A. 定格

形 式	全閉耐酸形
出 力	100~250 W 各種
電 壓	100~180 V "
周 波 数	100~180 c/s "
極 数	2 極
同期回転数	6,000~10,800 rpm 各種
定 格	連続

#### I. 構造

2 図は外観を示し、3 図は内部構造を図示したものである。

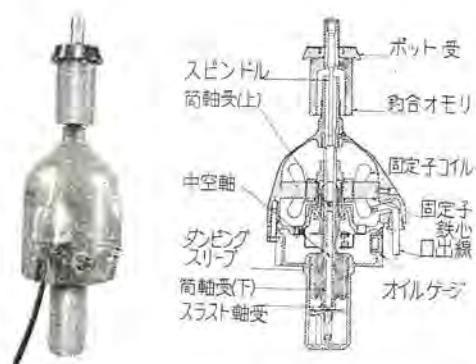
外部はすべて平滑な流線形として酸結の発生を防止しとくに切削面が上部に裸出しないように注意した。

ねじ穴および銘板は合成樹脂でおおい外面はすべて防錆の化学処理をして防食塗装を施してある。

上部に釣合おもりの付いたボット受を有し、その内側には内部に通じる細隙を設け、呼吸作用による酸の浸入を防ぐ構造としている。

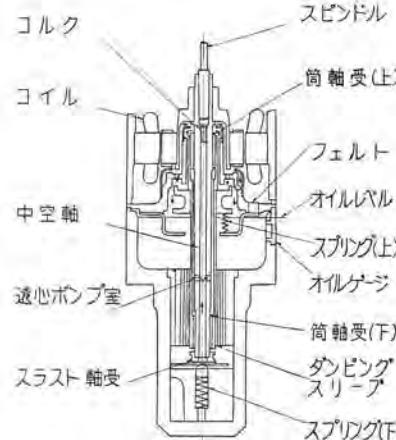
電気設計上は周波数の高いこの種電動機の鉄損の減少と回転子の風損を減少させるため良質の珪素鋼板を用いた全閉溝とし、極力能率の向上を図り、ひいては入力を小さくしている。とくに絶縁には新しい樹脂を用いて耐熱、耐酸の効果を上げ寿命の向上を図った。

回転子軸は中空としてその上部に長い可撓性のスピンドルをつけスピンドルにボット受を嵌合し、その上にボ



2 図 PE 形ボットモートル

Fig. 2. Type PE pot motor.



3 図 PE 形ボットモートル  
断面図

Fig. 3. Cross section of PE pot motor.

4 図 ボットモートル潤滑方式

Fig. 4. Lubricating system of pot motor.

ットが取付けられる。このボット受には後述する危険速度通過時の振動を減衰させるのに有効な釣合おもりをつけてある。

ボット、ボット受は摺動しうる結合で上部の磨耗を防ぐため黄銅板を埋込んだ緻密なペークライト製で自由にスピンドルと分解交換ができる。

#### ウ. 軸受ならびに潤滑機構

軸受は上下共電動機の回転子の下部において上部軸受は水油の強制潤滑方式を採用してあり、しかも電動機の内部の絶縁を損することなくなんらの油密機構をつけていない。

詳細は 4 図に図示したように中空の回転子軸の下端に 1 個のスラスト軸受を有し、磨耗した場合も容易に交換できる構造とした。

2 個のスリーブ軸受は特殊合金を使用して長い停止時間をおいても焼付を起す懸念はなく上下共にパイプ状の中空軸に挿入されて、3 個のスプリングを介して保持されている。

中空の回転子軸には図示のように、2 個の小穴を明けて回転によりポンプ作用をして、上部軸受に強制潤滑をする。

矢は油の通路を示しているが常に油は軸受と油溜りを循環して良好な運転を維持する。

油は良質のスピンドル油を使用し、豊富な油溜りをもってこの潤滑油は後に詳述する油ダンバとしても作用させているのが 1 つの特長である。

長期の使用に際して油の消耗は当然考えられるから合成樹脂製のオイルゲージをつけて保守を容易にしている。

#### エ. 緩衝機構

ボットモートルとして重要な振動を減衰させる緩衝機構について説明すると、その詳細は 4 図に示してあるがボットと電動機は長い可撓性のあるスピンドルで結合され、とくにこのスピンドルは細く設計してあり製作にもとくに注意した点である。

このスピンドルは回転子の中空軸に嵌合されて駆動される。

この回転子軸を支持する軸受が前記のスプリングを介して、プラケットに取付けられた回転子鉄心は固定子鉄心内を自由に動きうる構造となっている。

この軸受を内蔵したパイプ状の軸受管の下部にはスラスト軸受とダンバスリーブがあり、このダンバスリーブは数層のスリーブとその間の油の抵抗により横振動を吸収する。

また回転子軸の下端のスラスト軸受の下にある 2 個のスプリングはドッフィングの際の衝撃を吸収し、危険速度通過時の上下方向の振動を吸収する。

以上の緩衝装置により、1 次、2 次の危険速度通過時の振動、ドッフィングの衝撃、ボッ

ト本体ならびにケーキにより必然的に存在する不平衡による振動などに対して、減衰の効果を上げると共に機構の強度を節約している。

#### 4. 振動

ポットの振動を少くすることは入力の点でも糸質の向上的ためにも重要なことであり、この見地より従来より振動に関する研究は非常に多い。しかしながらポットモートル全体としての研究はまれで単にポットと可撓軸との検討に重点がおかれており、実際はポットおよびアダプタの釣合よりも、電動機の回転子とこれらを結合した可撓軸または剛性軸、あるいは軸受の油膜条件などによりきわめて複雑な現象を示し、一方では高速に伴う空気の流れによる影響などが無視できない。これらを総合して検討しなければ本当の振動は解明できない。

ポットと可撓軸の自由振動の解析は多くの研究がなされているが、単に円板として取り扱われ軸は一端固定の片持ち梁としての検討で、ここに述べる形式とは相当の誤差が見出される。ポットの実際の質量は円盤分布であり、直立駆動がなされるから重力の影響も考慮されなければならない。

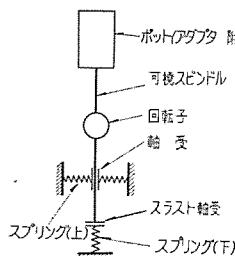
従来より、多く用いられている形式は大別すると据置形(Standing Type)と懸垂形(Suspension Type)の2種類となるが前者はロッキング現象を伴うので小形のものにのみ見られ、大部分は後者で最近はゴム、コルク等より、オイルダンパ形式の複雑なものまで見られる。

ここに述べるPE形ポットモートルは外観はまったく据置形で内部に弾性固定機構を備えている形式で機能の上ではまったく懸垂形の範囲にはいるものである。

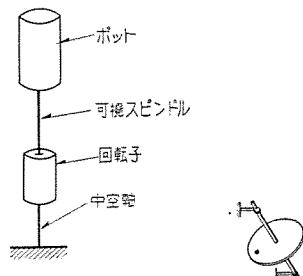
つぎにPE形の振動を解析してみると5図のごとくなり3図と併せて見ると、ポットとアダプタおよび回転子との2つの質量中心があり、両者は可撓軸で結合され回転子は剛性の中空軸でスラスト軸受に乗っているが軸受がスプリング支持されているからスプリングの弾性を持った可撓軸とみなしうる。したがって振動系としては6図として差支えない。

厳格にはこれらは非線形の振動系でありその解析は複雑なものとなる。

6図から明らかなようにポットは回転子に比較して非常に大きな慣性能率を持ち普通20~30倍になる。使用回転数が現在のように1万回転程度ではポットとスピ



5図 PE形構造図  
Fig. 5. Type PE construction.



6図 PE形振動系図  
Fig. 6. Type PE description of vibrating system.

ドルの振動のみを考えても良い。しかしながら重心移動のとくに大きい場合は中空軸自体も吸振作用をしてスピンドルを保護する。

#### ア. 1次の危険速度

周知のように回転軸はある速度で不安定になり大きな横振動を起し易い。この現象は共鳴の結果に基くものであって、軸の危険速度とは軸の毎秒回転数がその横振動の自然振動数に等しいときの速度である。

軸の自重の影響を考えないで7図のような1個の円板について考える。

$$P = kx \quad \begin{cases} P: 軸の反力 \\ k: 軸のばね係数 \\ x: 撓み \end{cases}$$

釣合の条件としては

$$\frac{W}{g}(x+e)\omega^2 = kx \quad \begin{cases} W: 重量 \\ e: 橫軸方向の偏心 \\ \omega: 角速度 \\ g: 重力の加速度 \end{cases}$$

この横振れ $x$ が最大となるときは分母が0のときである。すなわち

$$\frac{k \cdot g}{\omega^2 W} = 1$$

$$\therefore \omega = \sqrt{\frac{k \cdot g}{W}} = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad m: 質量$$

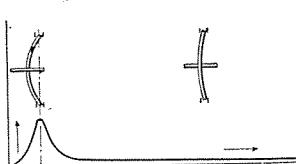
すなわちスピンドルについて考えると1次の危険速度はスピンドルのばね係数の $\sqrt{-}$ に比例し回転体の質量の $\sqrt{-}$ に逆比例する。質量はポットの大きさと構造で定まればスピンドルは細いほど低速に押えることは常識的の考え方と一致する。この点よりPE形のスピンドルはきわめて細いものとして1次の危険速度の憂いをなくした。

#### イ. 2次の危険速度

2次の危険速度は直理氏<sup>(4)</sup>、大富氏<sup>(5)</sup>、太田氏<sup>(3)</sup>により詳細な研究がなされているが7図の円板あるいは集中荷重の順向プレセッション(順才差運動 Forward Precession)と逆向プレセッション(逆才差運動 Backward Precession)を取り上げ大富氏はその同期のものについて計算している。しかしながら実際の回転体は円筒形の質量分布をし直立運転による重力の影響も無視できない。この重力の軸方向への荷重としての考慮の必要を太田氏は説かれている。

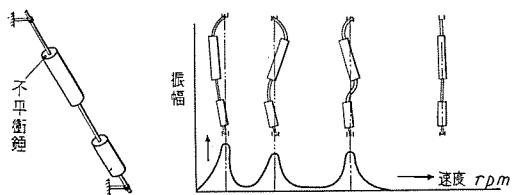
この複雑なる現象を式にするといったずらに繁雑となるからここでは簡単な定性的な解析をしてみる。

回転体の慣性は上記円板とは異なり軸の自重も含めて円筒形に近いから、水平分と垂直分の2方向に存在する。ここでは回転体を軸に直角の平面で考えその円周方向の慣性能率を $I_{fr}$ としそれと直角の方向のものを $I_{rz}$ とする。そして可撓軸の2次危険速度を通過するときのばね常数を $k'$ とする。



7図 直立円板の振動系図  
Fig. 7. Type PE description of vibrating system on vertical disc.

6図のポットモートルが加速減速のときの振れの現象は8図のように表わされる。同図のごとく加速につれて1次2次3次の危険速度を通過して定速に達する



8 図 各危険速度の分布図  
Fig. 8. Type distribution of dangerous speed.

と振れは減少して安定運転にはいる。

この場合第2次の危険速度は次式により増減することが考えられる。第3の危険速度は十分に加速されているとき生ずるから実際は振れの点でも強度の点でも考慮しないで良い。前述の式  $\sqrt{\frac{k'}{I_H - I_r}}$  についてさらに考察すると危険速度を低くすることは第1次の場合と同様に  $k'$  を少くすることが考えられ、これはスピンドルの材質と寸法によることはまったく前述と同じでありつぎに取りうべき方法は分母を大きくすることで、これは  $I_H$  を大きくするか  $I_r$  を少くすることが  $(I_H - I_r)$  を大きくする。これによって第2次の危険速度を運転速度より低くして安全にすることができる。 $I_H$  を少くすることは7図の円板の振動系に近づくことであり、必然的にポットの高さを少くすることでケーキの減少となりレーヨンの生産コストが上り望ましいことではない。

$I_r$  を大きくすることはポットの側壁を厚く重くすることで可能であるがポットの製作費の増大と同時に  $I_H$  も増える。したがって実験により  $I_H, I_r$  の値をもっとも適当にして運転速度よりなるべく低くしたのが本方式のポットモートルである。

一方これらの慣性能率の選定に際して回転体の質量の増加はドッフィングの際に繰返す加速、減速の時間を長くすることになり、実稼動時間の減少を来し経済的方法ではない。同時に危険速度を通過する時間も長びき振幅が増大する。すなわちなるべく回転体の慣性能率を少くして短時間に加速減速をなし危険速度による振幅が最大にならないうちに通過することが望ましい。そこで  $I_r$  をなるべく大きくしないで成果をあげるように設計することと同時に  $k'$  を極力少くして危険速度を下げることが必要である。この2つの点より理想的なアダプタの設計が生れるのである。そしてアダプタの釣合おもりは鋼材を使用することにより効果的に  $I_r$  を大きくすることができます。

ポットはアダプタの上面で摺動しうる構造としたから加速減速のときに苛酷なトルクを受けることがなくその点でも  $k, k'$  の小さいより細いスピンドルになしめた。

以上は危険速度が運転速度より十分に低いものとして設計されたものであるが、脱水および精練等の特殊な用途では危険速度が運転速度より十分高いところで生ずるよう設計することもできる。この場合は上述とは逆にスピンドルを太く ( $I_H - I_r$ ) をなるべく少くして危険速度の起る回転数を高くする方法を採用している。

上記の現象を数式で定量的に求めることはきわめて複雑でかつ興味あることではあるが実験的には簡単に光学的に測定ができ、筆者もアダプタの釣合おもりを種々異なったものとスピンドルも数種類変化させたもので実

験したがこの結果は稿を改めて記述する。しかし共通していえることはこの方式では危険速度の際の最大振れは非常に少くまま検出が困難な程度のものもある位でこれは軸受とその支持方法がボールベアリング方式と比較して非常にすぐれている証拠といえる。

他面危険速度のときの最大振幅により大きな反力が軸荷重として加わるが、これは油膜の持続性のよい構造とすることにより、なんら事故を起すことなく、従来の保険費をはるかに下回るものと思われる。

## 5. む す び

このPE形ポットモートルの特長としては下記があげられる。

- (1) スピンドルはきわめて可撓性に富みポットの不平衡によるならびに加速減速度時の振動は少い。
- (2) 危険速度のとき生ずる振れは回転体の独自の設計によること、および有効なダンパ機構によりきわめて安全かつ静粛な運転が可能である。
- (3) 軸受は2個のスリーブと1個のスラスト軸受とし潤滑とダンパ機構の油は共通として構造を簡単にしならんのパッキングを必要としない。
- (4) 内部にダンパ機構を有し固定取付を可能にした。
- (5) ドッフィングの際の衝撃に対してはスラスト軸受の下にスプリングを置いて不安のない構造とした。
- (6) 長期の使用に対して油の補給を容易に検査するため油の点検窓を設けた。

その他取扱いを容易にするため外被構造物をすべて耐酸アルミ合金としたものがある。これはPE-A形と称している。

上記のごとく非常に良好な結果が得られたが米国においてはすでにドッフィング間隔が8~12時間に伸び、したがってポットの形状も径12インチのものが15,000 rpm位まで常用されている。これはこの方式と同じであるがポット本体の設計製作もまた重要な要因をもっている。紡糸上の要求を満足してしかもポットモートルと一体としてよりよい慣性を持たした研究が必要である。いかなる構造としてもポット自体の不平和およびポットケースの適切な構造が考慮されなければ良好な結果は得られない。その点からも終始ご指導を賜ったレーヨン工場の方々のご協力を深く感謝する。

## 参 考 文 献

- (1) S. Timoshenko, 下谷市松著「工業振動学」上、下巻
- (2) John G. Baker etc. (Westinghouse) U.S. PATENT "High Speed Electric-Motor Assembly"
- (3) 太田友弥著「直立回転軸の振動」日本機械学会編、昭和27年5月
- (4) 宣理厚著「繊維機械のための振動学」繊維機械学会誌、昭和30年2~7月
- (5) 大富真、塩野哲三著「人絹用ポットモータの常用回転における振動について」繊維機械学会誌、昭27年2月
- (6) 相田英三郎著「ポット電動機の危険速度」電気学会誌、昭28年1月
- (7) 太田友弥、他「ポットモータの機械的振動」繊維機械学会誌、昭26年3月
- (8) C. L. Hamm. "Man-Made Fibers Challenge the Motor Industry" G. E. Review 1955年6月
- (9) C. P. Walker "Pot Spinning" Rayon and Synthetic Textiles. 1950年12月

# レーヨンポットモートル電源用 自励式静止型周波数変換装置

伊丹製作所 己斐健三郎<sup>\*</sup>  
研究所 河合正<sup>\*\*</sup>

## Self-Excited Static Frequency Changers for Pot-motors of Rayon Industry

Itami Works Kenzaburo KOHI  
Engineering Laboratory Tadashi KAWAI

As a 150 cycle power source of rayon pot-motors, static frequency changers based on a mercury arc converter are now on increasing demand. They have a number of advantages over the conventional rotary machines, but it does not necessarily mean that they are faultless. To improve them a new system using a series inverter with a condenser and a special reactance connected in parallel with a load is introduced. Stability against a very large and abrupt load fluctuation, good waveform of output voltages and its control and protection system are accounted for based on experimental data and practical results.

### 1. まえがき

最近レーヨンポットモートルの電源として、水銀アーク変換器を用いた静止型周波数変換装置に対する要望がとみに高まってきている。この理由としては、静止型変換装置が従来の回転機型のものにくらべて

- (1) 変換効率が高く 93% 程度になしうる。また無負荷損失が少いため、軽負荷でも効率があまり低下しないこと。
- (2) 静止器であるため、据付が簡単で工事費が節約できること。
- (3) 刷子、整流子などの定期手入を要する部分がなく、起動、停止もきわめて簡単であるため、運転保守が容易で保守人員を節減することも可能であること。
- (4) 後述のごとく自励式の場合は、1 次電源の変動にかかわらず 2 次周波数を精密に一定に保つことが容易で、製品の均一化を図ることができること。などの大きな利点をもっているため、今後ますますその発展が予想される。

元来、静止型周波数変換装置は他励式と、自励式に大別せられる。前者は多くの実績によってすでに確立された技術となっており、その技術は現在では高圧大容量の直流送電にまで発達せんとしている。しかしながらこの方式は、ほぼその出力容量に匹敵する並列回転機を必要とし、独力では出力母線の電圧も周波数も維持できないため、既設設備にこのような回転機がない場合は使用できない。したがって一般的に要望せられるものは、単独

運転を使命とする自励式変換装置であるが、その実用化は遅々として進まず、今日に至っている。

この理由で本稿では、他励式については述べることを割愛し、自励式について従来のものの問題点をあげ、最初三菱電機研究所において開発されその後伊丹製作所と協同で実用化のための綿密な研究をかねて遂に完成した新方式をここに初めて発表して各位のご参考に供したい。

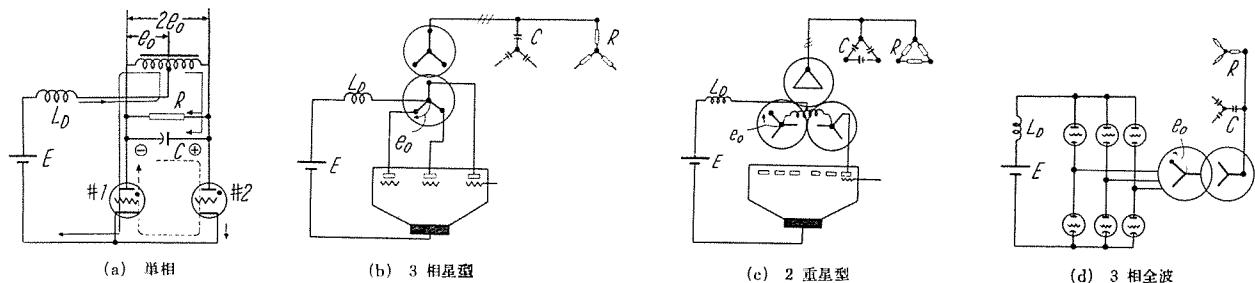
### 2. 従来の方式の問題点

自励式にかぎらず、一般に静止型変換装置は、通常入力交流を順変換装置（整流器）によっていったん直流に変換し、これをさらに逆変換装置（インバータ）によって所要周波数の交流に変換する方式がとられる。

整流器についてはよく知られているため、インバータについてのべると、これは直列型と並列型の 2 つの系列に分類できる。新しい方式についてのべる前に、従来のこの 2 つの基本型について簡単に検討を行ってみよう。

#### A. 並列型インバータの問題点

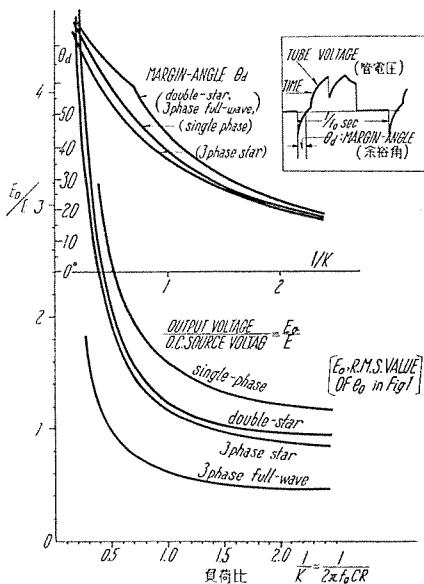
1 図は並列型の代表的な諸結線を示している。この型の動作原理を同図 (a) で少し説明すると、管 #1, #2 は所望の周波数  $f_0$  で交互に格子が付勢されており、初めの半サイクルは管 #1 に実線で示す電流が流れ、蓄電器 C は図に示す極性に充電されている。その後管 #2 が点弧すると、C の放電電流が点線のごとく流れるため、管 #1 の電流はたちまち減少し零となり、管 #1 より #2 への転流が行われる。この電流の引継ぎを行う蓄電器 C を転流蓄電器といい、並列型の名はこれが負荷 R と並



1 図 並列インバータの代表例

Fig. 1. Typical examples of parallel inverters.

(a) single-phase (b) three-phase, star connection (c) double-star connection (d) three-phase, full-wave connection



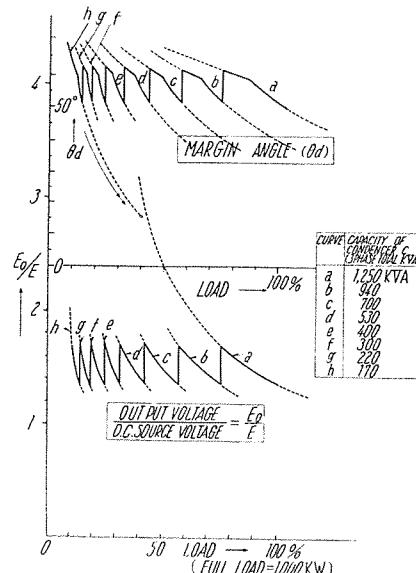
2 図 並列インバータ(1図)の一般化された特性

Fig. 2. Normalized characteristics of parallel inverters in Fig. 1.

列にはいることに由来している。

2 図は 1 図の諸回路の抵抗負荷の場合の特性を、直流リアクトルが無限大（直流電流が完全に平滑）で、かつ転流リアクタンスが零であるという理想条件のもとに解析した計算結果<sup>(1)</sup>で、横軸の負荷比  $1/K = \frac{1}{2\pi f_0 CR}$  に対する余裕角  $\theta_d$  の変化、および直流電圧  $E$  に対する交流出力電圧  $E_0$  の比の変化状況を示している。

図中に定義した余裕角  $\theta_d$  の期間に、転流を終えた管が消イオンを十分に完了できない場合は、この期間の直後にかかる順電圧のために、早めに放電をおこし多くの場合転流失敗にまですすむ。したがって余裕角の大小は、運転の安定度を左右するもので、これは管の消イオン時間よりも大でなければならない。しかもここでは無視した転流リアクタンス 1 図 (a) に点線で示すループ中のリアクタンス) は実際の場合は無視できず、転流は瞬時に完了せず 2 管が同時に電流を流す期間——通常これを重なり角と呼ぶ——が生じ余裕角はその分だけ少くなる。この重なり角は負荷が重くなるほど大となって余裕角が少くなりがちだから、実際の場合にはこれを考慮し



3 図 3 相, 150 c/s, 1,000 kW, 2 重星形並列インバータの運転特性〔概算〕

Fig. 3. Operating characteristics of double-star, parallel inverter, the rating of which is 3-phase, 150 c/s, 1,000 kW [estimated value].

て余裕のある設計をしておかなければならない。

いまこの 2 図にもとづいて、具体例として 3 相, 150 c/s, 1,000 kW の 2 重星形結線の場合の運転曲線を書いてみよう。100% 負荷時の余裕角を十分大きくして 50 度（約 900 μs）と与えることとする。したがってこの時の  $1/K$  は 1.25 となり、負荷 1,000 kW に対して 1,250 kVA の転流蓄電器を必要とすることになる。誘導負荷の場合は負荷力率をちょうど 1 にする程度の蓄電器を追加せねばならない。出力変圧器はいわゆる巻線利用率がわるいため、1,400~2,000 kVA 程度で、相間リアクトルは約 400 kVA となるであろう。直流リアクトルはもっと複雑な条件が与えられぬと定らぬが、相当大となる。定格負荷時管にかかる順および逆電圧は直流電圧の大約 3.5, 2.5 倍となる。

1,250 kVA の蓄電器を入れた時の運転曲線は 3 図の a 曲線となる。出力電圧  $E_0$  と直流電圧  $E$  の比は、負荷が減るにつれて急増し、75% 負荷では 100% 負荷時の約 1.25 倍となるから、この間で  $E_0$  を一定に保つためには  $E$  を下げいかねばならない。これは直流電源としての

整流器の格子制御を行えば簡単であるが、受電電力の力率はこれに伴って次第にわるくなり、75% 負荷では大略 70% となり、同時に整流器には大きな飛躍逆電圧がかかることになる。また直流電圧の脈動も大となり、これが出力電圧に波及する度合もひどくなるから、それだけ直流リアクトルは大きな容量を必要とすることになる。したがってこの辺を限度として、転流蓄電器を  $\frac{1}{4}$  切下げて図の b 曲線にうつらねばならない。この曲線上でも同様で、負荷が軽くなるにつれて c, d, e 等の曲線になるように蓄電器を減少していくねばならない。20% 程度の軽負荷ともなると、わずかな負荷変化で  $E_0/E$  は鋭く変り、蓄電器の切替えでは制御することが不可能となる。さりとて過度の格子制御で行うことも直流リアクトルの渦波効果の少いこののような軽負荷領域では慎まねばならぬから、20~10% の基本負荷はぜひとも必要となる。

なお負荷急増の場合、転流蓄電器の投入は急速には間に合わぬため、たとえば 10% より 40% に負荷が増大した場合、管の余裕角は h 曲線の矢印の方向に急降下して 15 度程度にまで落ちる。重なり角を考慮するとかかる値は完全に転流失敗の危険域にはいったことを意味する。

以上のことから並列型インバータの特性を要約するとつぎにのべる直列型に比して直流電流の波形を平滑にすることが比較的容易で、入力側と出力側の高調波による相互干渉を少くでき、かつ共通陰極の結線すなわち多陽極型整流器の使用を可能にするという長所を有しているが、つぎのような抜きがたい欠点をもっている。

負荷の増大と共に余裕角すなわち運転の安定度が急激に減じ、逆に負荷が減少すると出力電圧が上昇する。負

荷が誘導性であればあるほどこれらの欠点はさらに増す。このため整流器の位相制御に過度に依存せねばならず、入力側力率がわるくなり、直流リアクトルも大容量となる。この欠点を緩和するため転流蓄電器の切替によるとすれば、突発負荷変動に対しきわめて弱くなり、結局変換効率上軽視できない基本負荷を入れ、負荷変化範囲に制限を設ける等好ましからざる種々の対策に頼る必要がある。また出力電圧波形は相当な高調波を含み、抵抗負荷ではとくに著しくなる。

#### イ. 直列型インバータの問題点

4 図はこの 3 つの結線例を示し、5 図はこれらの回路の抵抗負荷時における動作様式の区分図を示している。

4 図(a)について動作を少し説明しよう。回路常数は 5 図の領域 A にはいるような値になっているとする。管 #1 が放電すると実線の電流が流れ、負荷 R には正の電圧が生ずるが、この振動性電流の零値で #1 は消弧し、転流蓄電器 C には図のような極性の電荷が残ったまましばらく回路は休止状態となる。やがて #2 が通電すると C の放電電流が点線の方向に流れ、負荷には負の電圧が与えられることになる。定常状態ではこの正負の電流はまったく同一となる。

5 図で座標の原点に近づくほど、上記の休止期間は大となり、遠ざかるほど小となる。同図にかきこまれた出力電圧の波形はこのありさまを示したものである。図の円周上の素子常数では休止期間は零となり、円周外では一方の管は他方の管の自然消弧をまたずに点弧し転流リアクトルの作用により後者の電流を強制遮断する。この

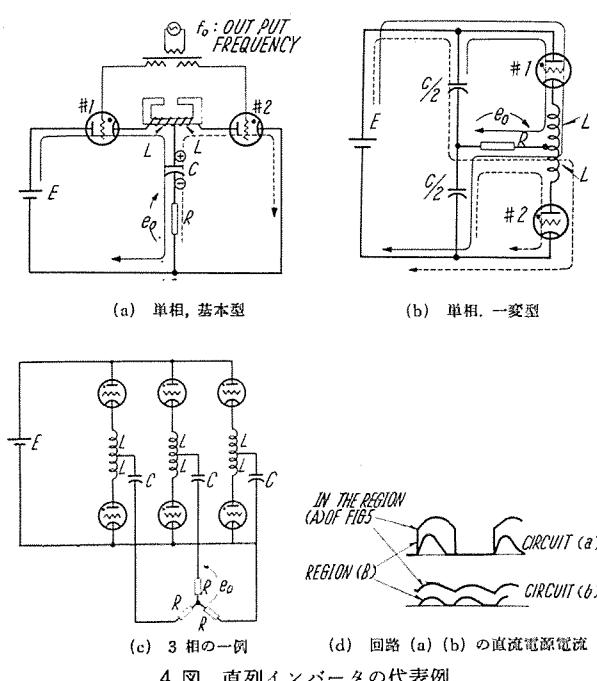
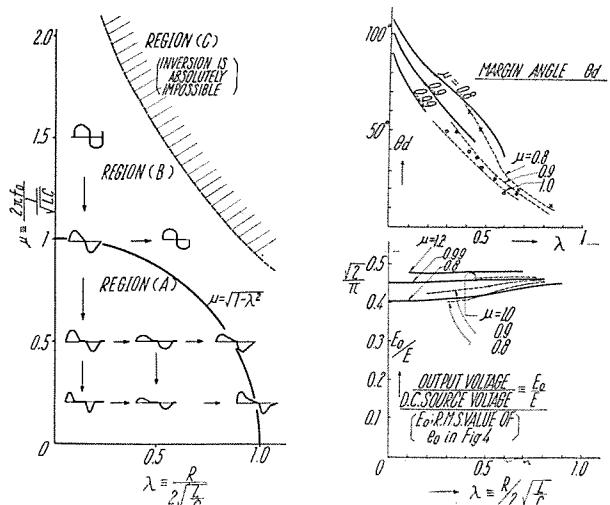


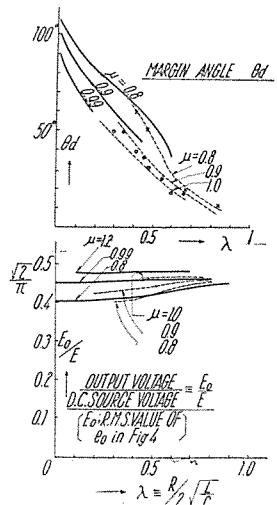
Fig. 4. Typical examples of series inverters.

- (a) single-phase, original type
- (b) single-phase, variation of the former
- (c) a sort of three-phase connection
- (d) D-C supply currents in the circuit (a), (b)



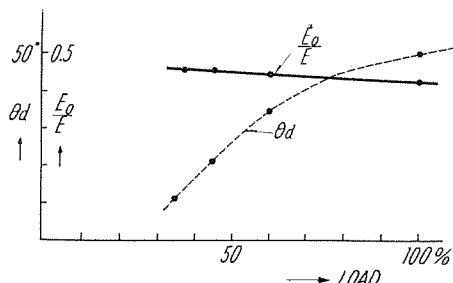
5 図 直列インバータ(4 図)の動作様式区分図〔各点の概略の負荷電圧波形も併せて示す〕

Fig. 5. Diagram showing the mode of operation of series inverters in Fig. 4. [Schematic wave form of load voltage is also shown at each point.]



6 図 直列インバータ(4 図)の一般化された特性  
— 計算値 …… 実測値

Fig. 6. Normalized characteristics of series inverters shown in Fig. 4.  
— calculated value  
…… experimental value



7 図 3 相, 150 c/s, 1,000 kW 直列インバータの運転特性〔推定値〕

Fig. 7. Operating characteristics of series inverters, with rating of 3 phase, 150 c/s, 1,000 kW. [estimated value]

ような強制転流も斜線の領域では不可能となる。なお円周上を上にゆくほど正弦波に近くなり、下にゆくほど三角波に近くなる。

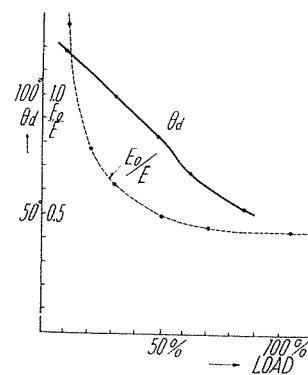
4 図 (a) では直流電源からは半サイクルしか電流が供給されず、直流電流は不平滑となり好しくないが、同図 (b) では各半サイクルでそれぞれ実線と点線で示すような電流が流れるため、同図 d に示すように直流電流波形は改善されている。

6 図は 5 図の回路について、計算や実測で求めた特性曲線を示している。ただし横軸には負荷抵抗  $R$  に比例する量をとっている。いまこれにもとづいて 3 相、150 c/s, 1,000 kW の電源を設計してみる。負荷は純抵抗とし、 $\mu$  を余裕角と出力電圧変動率の両方を考慮して 0.9 とする。

定格負荷に対する入の値を  $\lambda_r=0.3$  と低めにとる。この  $\lambda_r$  の値に対しては、管の順および逆電圧の尖頭値は定格負荷時には直流電源電圧  $E$  に対してそれぞれ 2.2, 2.0 倍となり、一方管の 1 本あたりの平均電流は直流電流の  $1/3$  に等しいから、かかる管の責務は変換電力  $E I_d$  に対して過大である。転流リアクトルと転流蓄電器の 3 相分の定格容量は、定格負荷 1,000 kW のそれぞれ  $\mu/2\lambda_r$ ,  $1/2\mu\lambda_r$  倍の 1,500 kVA, 1,800 kVA となる。出力変圧器は前の並列型と異なり 1,000 kVA でよい。

このような常数のもとに得られた特性を 7 図に示す。30% 負荷で余裕角はすでに 10 度を割っているから、これ以下の負荷では安定な運転はまず望めず、30% に及ぶ基本負荷が必要となる。 $\lambda_r$  をもっと下げて 0.2 とすれば基本負荷を 20% 程度に下げることができるが、管の順、逆電圧は約  $3E$  に増大し、転流リアクトル、転流蓄電器の容量もさきの 1.5 倍に増大することになる。

以上のことからこの特性を要約してみると、軽負荷時に余裕角が小となり、転流が困難となる故、大なる基本負荷を入れるか、または諸機器の容量を著しく大きなものとする必要があり、直流回路に直流リアクトルを入れていないため脈動の大きな直流電源の高調波はそのまま出力交流電圧に波及し、いろいろの障害を生ずる。また陰極共通の結線が不能で、多陽極型整流器では利用できない。



8 図 負荷と並列に蓄電器を有する 3 相、150 c/s, 1,000 kW 直列インバータの運転特性

Fig. 8. Operating characteristics of 3 phase, 150 c/s, 1,000 kW series inverter with condenser parallel to load.

以上の諸欠点のため、出力電圧変動率が一般に良好で、重負荷になるほど余裕角が増大して、安定度が高く、誘導性負荷にも楽に耐える外、出力波形も一般に並列型に比し良好で、また管の失弧も事故とはならないという大きな長所をもっているにもかかわらず、この価値が低く評価されている。

#### ウ 採択すべき型式

以上の両基本形の問題点から、これらのいずれもレーション工業の苛酷な要求をみたしえないことは明らかで、このため多くの改良型の研究が行われてきたが、なお完全に実用化に達したものは聞かない。

三菱電機の新しい方式は、長短相反する両型式の特性を徹底的に吟味し、これに新しい各種の要素を組合せて試験した結果、得られたもので、その出発点としてはつぎの理由によって直列型を選んでいる。

(1) 転流の安定度 重負荷で安定な直列型がすぐれている。とくに負荷が誘導性になると並列型は苦しくなるが直列型はこれを恐れない。軽負荷時の直列型の不安定は比較的小容量の機器で救えるであろう。

(2) 出力電圧変動率 明らかに直列型がすぐれている。

(3) 失弧による危険度 直列型では事故とならない。

(4) 出力波形 直列型が若干すぐれている。

(5) 受電および出力両母線間の高調波による相互干渉 これは従来直列型の大きな欠点としてとりあげられてきた問題であるが 4 図(b)を 3 相分組合せたごとき回路では出力側よりの高調波次数は高くなり、また直流リアクトルの使用も可能となるから問題とならなくなる。

(6) 陰極共通結線その他 多陽極型整流器にとつては、これは死活の問題であったが、単陽極型整流器の発達した今日では、もはや問題とならない。さらに逆に直列型では出力変圧器の容量が並列型に比して小さくなる利点がある。

このような理由から出発した直列型改造の 1 つの例として負荷に並列に蓄電器をいれた回路をここで簡単に検討してみよう。これに似た回路は 2,3 発表されている。<sup>(2)</sup>

8 図はこれを示すもので、前と同様 3 相、150 c/s, 1,000 kW のインバータとし、前項 2 の場合に比し転流蓄電器

が約 500 kVA 減り、その代り並列蓄電器が約 400 kVA 追加されたもので、転流リアクトルおよび管の尖頭逆電圧はそれぞれ 20, 30% だけ低くなっている。このように機器容量は低減され、しかも 2 項の運転不可能領域は完全になくなり、特性はかなり改善されている。しかし電圧変動率は中負荷以下では並列型ほどではないとしても相当わるく、余裕角はこの図の範囲では重負荷になるほど下っており、また出力波形も鋸歯状となる点等よりみて、並列型に近い欠点があり、なお一歩前進する必要があると考えられる。

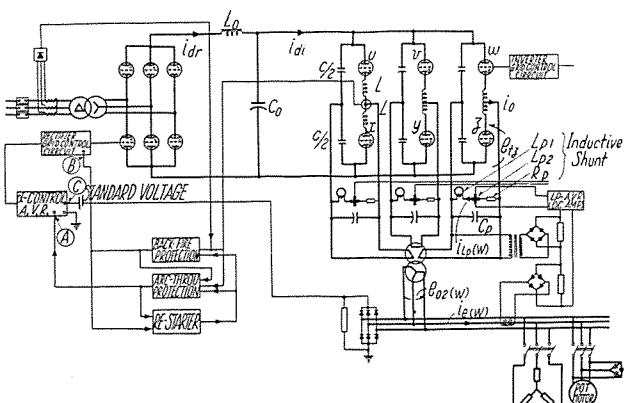
### 3. 新方式の変換装置

この新しい方式は前述のような観点から多くの試みを経て後にたどりついたもので、問題の核心となる主回路方式および制御様式の決定は研究所に設備されたモデルセットによる詳細な研究にもとづいて行われた。このセットは当社の大形サイラトロン 6G67 20 本と各種の変圧器、リアクトル、蓄電器などからなり、100 c/s より 300 c/s にわたる各周波数について、各種結線の周波数変換装置の試験を行いうるごとくなっている。また制御方式、保護方式の研究も行いうるごとく、増幅度、レスポンスを自由に調整しうる各種の電子管式制御保護系を備え工場試験では望み得ないような詳細綿密な研究をあらゆる条件の下に簡単迅速に行いうるようになっている。

#### ア. 回路の構成

このようにして得られた最終の最良の回路は 9 図に示すものである。すなわちインバータは直流電流の波形を良好にするため 4 図(b)の回路を 3 相化したもので、直流側に  $L_D$ ,  $C_D$  なる汎波器を有している。したがってインバータには脈動のない直流電圧が加わり、整流器にはほぼ平滑な電流が流れる。負荷には並列素子として、飽和リアクトル  $L_{p1}$ 、可飽和リアクトル（直流励磁巻線つき可変リアクトル） $L_{p2}$ 、および基本負荷抵抗  $R_p$  を直列にした並列リアクタンス路と、並列蓄電器  $C_p$  が接続されている。

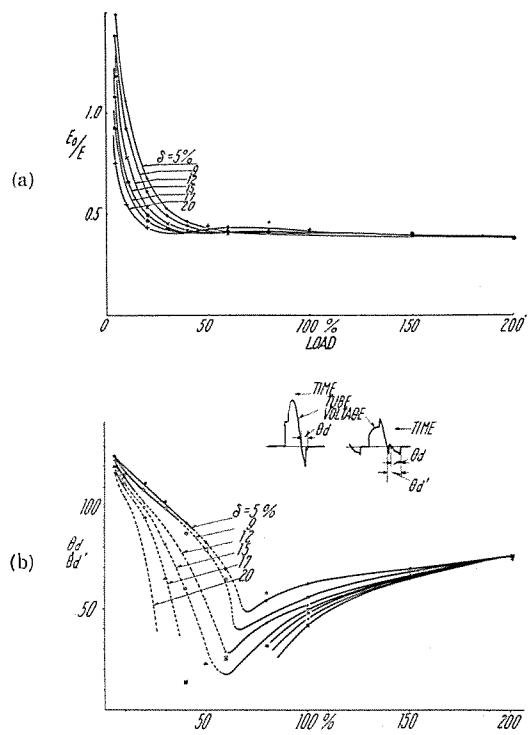
自動制御装置として  $\alpha$ -AVR と、 $L_p$ -AVR を有して



9 図 新方式周波数変換器結線図

Fig. 9. Connection diagram of new frequency changer.

レーヨンボットモートル電源用自励式静止型周波数変換装置・己斐・河合



10 図 (a) (b)  $\delta$  をパラメータとした新方式変換器の基本定常特性  
〔並列リアクタンス路が直線的リアクトル  $L_p$  のみで成立つばい〕

Fig. 10. Fundamental characteristics of new changer at steady state using  $\delta$  as parameter  
[In case when the inductive shunt in Fig. 11, only consisting of linear reactor  $L_p$ .]

いる。後者は出力側の 1 相の負荷電流とその相の出力電圧のそれぞれの整流値の差をとって増幅し、負荷が軽くなるほど、また電圧が上るほど、強く  $L_{p2}$  を励磁するようになっている。 $\alpha$ -AVR は出力側交流電圧の 3 相整流電圧を検出し、基準電圧と比較して、整流器の格子制御を行い、出力交流電圧を一定にするように制御するもので、 $L_{p2}$  の制御とは並行して働く。

保護装置としては、インバータの転流失敗を検出して瞬時に整流器の急速位相制御を行う通弧保護装置と、整流器の入力交流母線の過電流検出回路からの信号で整流器を直ちに消弧遮断する逆弧保護装置とがあり、逆弧通弧いずれの場合も一定時間後自動的に再閉路が行われるようになっている。

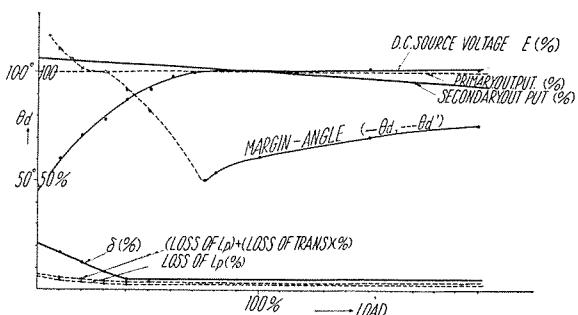
#### イ. 動作原理ならびに特性

説明の都合上まず並列リアクタンス路が一定のリアクタンス  $L_p$  のみで構成されている場合についてのべよう。

10 図は模擬負荷について求めたその特性を示している。すなわちポットモータ負荷としては、力率が  $82\% \pm 1\%$  の誘導性回路網で模擬し、一般に人絹工場で行われているようにこれを蓄電器で  $92 \pm 1\%$  に改善したものを採用した。パラメータとして並列リアクタンス路のアドミッタンスをとり便宜上これを

$$\delta = \frac{\text{並列リアクトル容量 (kVA)}}{(\text{転流蓄電器と並列蓄電器の容量の和}) (kVA)}$$

で示している。図にみるように余裕角には 1 つの谷がで



11 図 新方式変換器の運転特性一例 [ $L_p$  のみ使用]

Fig. 11. An example of operating characteristics of new changer [Only  $L_p$  is used in the inductive shunt].

き、これを境にして軽負荷では並列型、重負荷では直列型の特性を示している。そしてこの $\delta$ を適当に選ぶことによって、たとえば $\delta=12\%$ とすると、余裕角は28度を谷としてそれ以下には下らず、また出力電圧は30%負荷以上では、完全に平らで、それ以下でも10%程度の負荷までなら完全に整流器の位相制御のみで押さえられる。したがって基本負荷として大体5~10%程度のものを入れればよい。出力電圧波形も大体良好で、軽負荷のとき少しわるくなる。

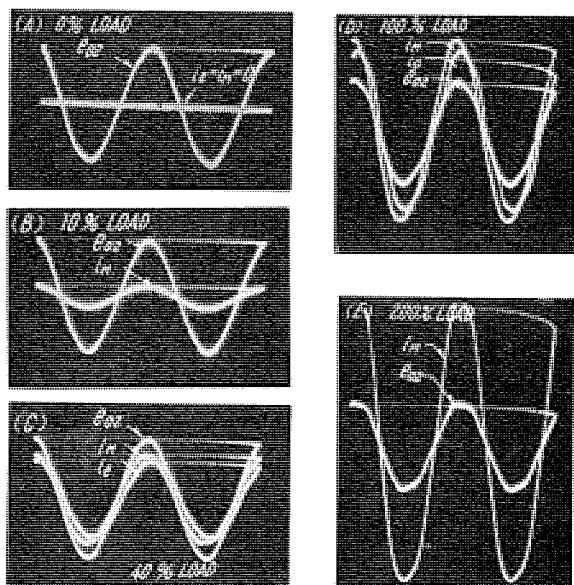
なお図の余裕角の点線の部分は $\theta d'$ で示してあるが、これはこの負荷領域では消弧した管に2度くりかえして順電圧がかかり、その第1の順電圧はきわめて低く、たかだか0.2Eの程度であるため、実際のイグナイトロン整流器を使用した場合、かかる電圧では再点弧し難いこと<sup>(4)</sup>を考慮して採用したものである。

このように一定並列リアクトルのみを加えたものでも実用上差支えない程度のすぐれた特性を得ることができる。

つぎにこのリアクトルを可変リアクトルに変えると、11図のような特性曲線がえられる。これは10図の特性曲線をもとに、可変リアクトルの制御曲線を定め、図中 $\delta$ で示すように $L_p$ -AVR制御を行い、出力電圧は $\alpha$ -AVRで一定に保つようにした。このように制御を行うと余裕角の谷は50度を下らず、出力波形も軽負荷にいたるまで良好で、直流電圧は60%以上ではほとんど制御せず、無負荷状態で約1/2に落せばよいことを示している。この場合 $L_p$ の制御は、出力側電流の変化によって行われ、その範囲は $\delta=5\sim20\%$ である。すなわち並列蓄電器と転流蓄電器の容量合計にくらべて、たかだか20%程度の容量のリアクトルを制御すればよく、これに要する制御電力はこの容量のたかだか数%である。これは並列型の場合の転流蓄電器を負荷に応じて広範囲に切替えることに比すると、非常に簡便かつ迅速な手段である。

12図はこの場合の各負荷における出力電圧、電流の波形を示しており、ほとんど正弦波に近い非常に好ましい波形になっている。

ここで残された問題は突発負荷変動に対する過渡特性



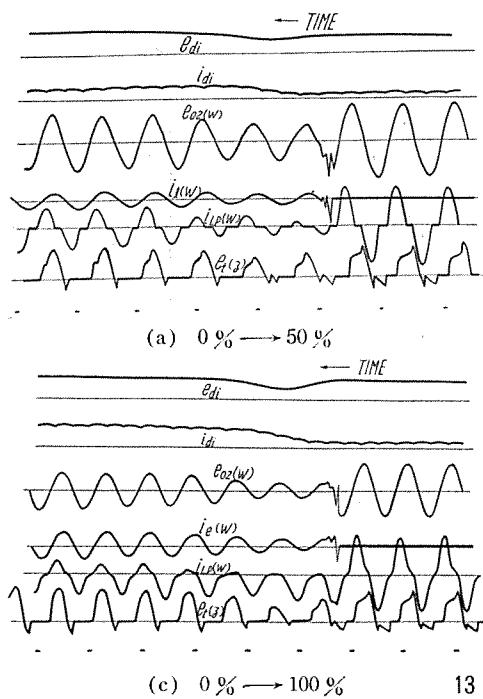
12 図 11 図のばあいのインバータ 2 次線間電圧  $e_{o2}$ 、  
負荷電流  $i_e$ 、モータ電流  $i_M$  の波形  
〔負荷はモータと力率改善蓄電器から成る〕

Fig. 12. Wave forms of secondary line voltage of inverter  $e_{o2}$ , load current  $i_e$ , motor current  $i_M$ .  
[Load consists of motors and their P.F.-correcting condensers.]

であって、これは並列リアクトルの励磁のおくれが余裕角に及ぼす影響で定まる。本来このインバータは重負荷に対して絶対的に強く、中負荷より重負荷にわたるいかなる負荷変化に対しても恐れるところはない。ただ軽負荷から中負荷への負荷投入の場合、並列リアクトルの強励磁を解放する暇もなく、中負荷の余裕角最小域に突入するため、たとえば0から40%負荷のもっとも苦しい変化の際、余裕角は数サイクル間20度以下となる。これは実際のイグナイトロンを用いた場合、150c/sではまだ危険な値とはいえないが、より高周波の目的に対しこの最後の弱点を十分除いて完全無欠なものにするため前述の9図に到達したのである。

すなわち並列リアクタンス路として、可変リアクトル $L_{p2}$ の外に、可飽和リアクトル $L_{p1}$ および抵抗 $R_p$ が加えられた。 $R_p$ は定格負荷時1%程度、無負荷時数%の損失を発生する基本負荷であり、 $L_{p1}$ は使用電圧ですべて飽和しているものである。かくすることによって問題となる軽負荷より中負荷への急変の場合、出力電圧は過渡的に、 $L_{p1}$ の飽和解除点近くに低下するから、 $L_{p1}$ のリアクタンスは自動的に大となり、この瞬間の余裕角を大に保つことになる。出力電圧が $\alpha$ -AVRの制御によって回復するにつれて、 $L_{p1}$ は再び飽和して小となるが、この頃には $L_{p2}$ の励磁制御も効いてきてそのインピーダンスを十分高めているから、結局合成インピーダンス( $L_{p1}+L_{p2}$ )は十分な余裕角を常に保証することができる。

13図(a), (b)のオシロはこれを示すもので、無負荷より50%負荷を投入した場合で並列リアクタンス路の電流 $i_{Lp}$ がみごとにちぢんでおり、管電圧 $e_t$ から、余裕角が十分大に保たれていることもわかる。同図(b)も同様であるが投入の位相が違うため、 $i_{Lp}$ に大きな直流分がでてはいるがその振幅がかなり抑えられ、余裕角の減少を阻止していることを示している。(c), (d)のオシロは



13 図 負荷変動時のオシロ

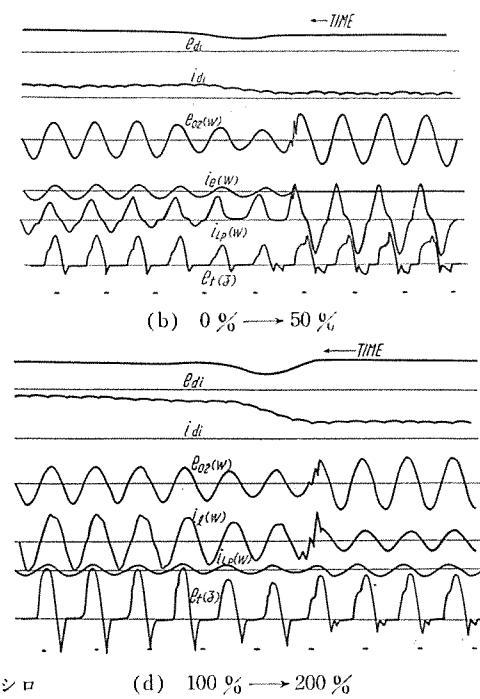
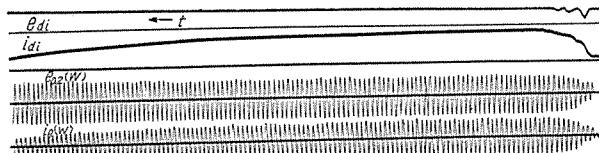


Fig. 13. Oscillograms of abrupt load changes.



14 図 ポットモータ起動時のオシロ

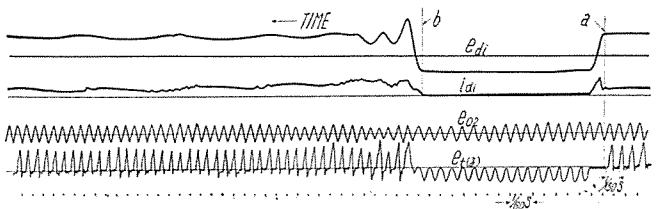
Fig. 14. Oscillogram of pot-motors starting.

この結線方式ではなんら問題とならない  $0 \rightarrow 100\%$ ,  $100\% \rightarrow 200\%$  の突発負荷変動の場合を示しており、今までのインバータでは不可能とされていたような負荷変化に、平然として耐えている。このようにあらゆるきびしい負荷変化に対してみごとに耐え、しかもこの間周波数はもちろん変わらず、かつ電圧もわずか数サイクルの動揺後直ちに回復できるということは、他の大きな特長と相まって、回転機型のものの追随を許さぬ優越性を示している。

等価負荷の代りに実際のポットモータを使用した場合の起動時のオシロが 14 図に示してある。元来このような誘導電動機の起動電流はきわめて大きく、しかも著しく誘導的であって、インバータにとっては安定上非常に好ましくない性格をもっている。また直列回路その他の外部回路とともに共振して速度の異常な停滞や動揺を起すおそれがある<sup>(2)</sup>。この点を確認るために数%の基本負荷で無負荷運転しているこのインバータに 30% 負荷に相当する定格容量値のポットモータ群を突然投入した。図にみるとモータは中負荷の領域をきわめて悪い力率でかけぬけ、数十 c/s 間、百数十 % の重負荷となってインバータにのしかかり、その後次第に減少して定常状態におちつく。オシロはインバータがこのように手きびしい電力のスイングによく耐えて完全に危険を乗りきっていること、速度の上昇中何も異常な停滞や動揺がおこらなかつたことを示している。

つぎに保護としてもっとも重要な再起動について

15 図に示した。もちろんこの変換装置に用いる水銀整流器としては与えられた責務に十分な余裕をもって耐えるものを選ぶことは当然であるが、さらに万全を期するために万一通弧、逆弧が発生した場合容易にこれを遮断し自動的に再閉路しうることが必要である。このオシロは  $z$  相を人為的に  $a$  点で通弧させしめ  $b$  点で自動再閉路をした場合である。図に示すように通弧によって、  $z$  相、  $w$  相を通じて直流母線が短絡され直流電流が増大し始めるが、通弧検出装置によって直ちにこれは検出され整流器の急速位相制御が働いて事故電流は低い値で遮断されている。遮断後変換装置は休止状態となるけれども、この間ポットモータは大きな慣性でほとんど減速されずに回転しつづけ力率改善用コンデンサなどの並列素子が存するため自己励磁されて定格周波数より低い周波数の電圧を発生している。約 8 c/s 後 (2, 3 c/s まで短縮することができる)、再起動が行われると、このモータの発生電圧とインバータの発生電圧の周波数の差のために、回路に相当の動揺がおこることになる。突発負荷変動に弱いインバータであればここで再び転流失敗を起し、結局モータが停止するまでは再起動できなくなるであろう。幸いこの方式のものはよくこの変動に耐え、楽に再起動に成功している。直流電圧  $e_{di}$  の波形はこのようなショックの余波が次第に弱っていく過程を示しているが完全に回復するまでには十分の数秒を要する。このよう



15 図 通弧後の再起動のオシロ

Fig. 15. Oscillogram showing re-starting after arc-through.

に異周波数の起電力を有する負荷に対する再起動に成功していることはこの方式の信頼度を決定的なものにしていると考えてよいであろう。

#### ウ、この方式に使用される機器

つぎにこの方式に使用される実際的機器について簡単に述べよう。

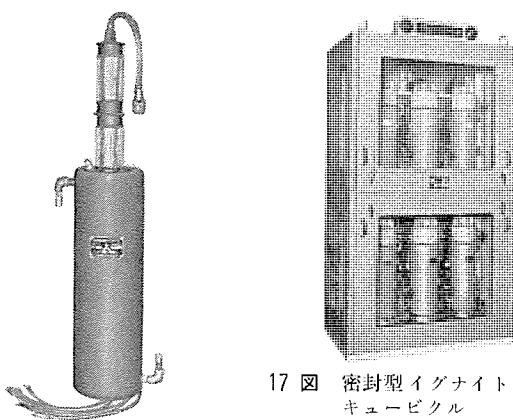
まず用いられる変換器としては、当社が従来製作してきた単陽極型イグナイトロン整流器が容易に使用できる。イグナイトロン整流器は小形軽量の整流タンクに分割されているため、結線、配列の自由度が容易に得られるほか、運搬、取扱も簡単で、万一不良タンクを生じた場合はそのタンクのみを予備タンクと取替えればよく、予備器の節減が大きい。また小形であることは、使用材料の選択、耐真空溶接等の工作工程、あるいは排気処理として行われる熱化成等を、容易にしかも徹底的に実施することができ、必然的にすぐれた品質のものが得やすくなる。

この密封型イグナイトロンは風冷式、水冷式の両方式が製作されており、いずれのご要望にも応じうるが、前者は冷却効果のため整流タンクが大となり、ファンのため若干騒音を発生する嫌いがある。後者はきわめて小形で再冷器の使用等によって電食問題も解決されており十分推奨に値するものと信じている。ここでは後者について例をあげてみると、16図は最新の液冷型イグナイトロンである。これはとくに高圧用として製作されたもので、最大逆耐電圧、順耐圧 20,000 V、消イオン時間 150  $\mu$ s 以内の高性能をもっており、この種装置にもっとも適するものである。なおタンクは17図に示すときューピクル内に納められるから、高圧の場合も安全に使用できる。

一般に周波数変換装置においては、直流電圧は任意に選ぶことができるから、能率、経済性、信頼度を考えてこれを決定すべきである。また単陽極型の場合、直流電源としての整流器は3相全波回路を選ぶことができるため整流器用主変圧器は多陽極型整流器用の相間リアクトル付2重星型結線の場合に比して、20%以上容量を軽減できる。さらに電源母線が3.3 kV、11 kV である場合は、前記高圧イグナイトロンを使用することによって、整流器用変圧器を省略し、母線電圧を10%程度の転流リアクトルを経て、直接直流に変換することができる。この場合変圧器損失がないため、総合変換効率は高くなり、かつ設備床面積装置価格も低減される。

3相 150 c/s, 1,000 kW のものに対しては整流器、インバータともに前記イグナイトロン6タンク宛でなく、床面積 1,500 × 3,500 mm<sup>2</sup> の前述のごときキューピクル内に、これら両変換器の12本のイグナイトロンと冷却装置一式を納め小形にまとめることができる。

この外には約 1,000 kVA のインバータ用主変圧器、転流蓄電器 1,600 kVA、並列蓄電器約 500 kVA、約 160 kVA の可飽和リアクトル、約 250 kVA の可変リアクトルおよび小容量の転流リアクトルが必要となるが、製作上問題となるものはない。



16図 密封型高圧3重格子イグナイトロン

Fig. 16. Sealed-off high voltage pentode ignitron.

17図 密封型イグナイトロンキューピクル

Fig. 17 Sealed-off ignitron cubicle.

制御装置としては、研究試験には電子管装置が用いられたが、これは磁気増幅器、回路網移相器におきかえうることが実証されたので、製鉄用ミルなどに実績のあるもつとも確実な方式が使用できる。インバータ格子点弧子回路の電源には 150 c/s の 5 kVA 程度の発電機が必要であるが、この駆動用電動機を制御することによって、出力側周波数を所望値に精密に一定に保つことができる。

#### 4. む す び

以上三菱電機の新しい方式の自励式インバータがどのような技術的な理由から、どのような道筋をたどって案出され改良されてきたかを述べ、かつその性能を詳細に説明し、これが従来の静止型変換器の欠点を克服し、レーヨン工業用としてすぐれた特性を有することを立証するとともに、その実際的具体化をした場合の機器について簡単に述べた。

自励式変換器の実現上の障害は、個々の機器の製作や種々の制御技術の上にあるのではない。このような面に対しては今日の技術は、他励式周波数変換器や苛酷な製鉄用ミル電源としての変換装置に対する豊富な経験にもとづいて十分な能力をもっている。唯一の障害は、主回路方式とその制御様式の上にあったのである。われわれはこれに対して着実なアイデアにもとづき大容量機器の実験では望み得ない正確な豊富なデータをあらゆる条件の下につみかさねて、この方式を確立したものである。そして実際の大容量実用設備の実現に対してはなんらの障害もなく、十分な自信をもって需要者各位のご要望に答えるものであることをここで表明したい。

おわりにこの研究に対して終始激励とご指導を賜った横須賀正寿博士、阿部久康研究員その他の方々と、本実験の進行に献身的な協力をいたいた杉本盛行技手に深甚の謝意を表する次第である。

#### 文 獻

- (1) 河合：31年連大予 253
- (2) Bowles and Nims: AIEE. Tr. 66 1947 pp. 31-38
- (3) 若林: 電学誌 昭30年7月 pp. 737-749 等
- (4) 河合, 岡: 29年連大予 239 及 238  
阿部, 山口: 30年連大予 252

# 化繊工場における自動制御

名古屋製作所 蟹江邦雄\*

## Automatic Controls in Staple Fiber and Rayon Plant

Nagoya Works Kunio KANIE

Synthetic fiber is seemingly displacing cotton yarn nowadays because the industry of the former is more fitting in this country with respect to the supply of raw materials. It is partly a chemical industry to produce such fiber, making particular design of apparatus very helpful in the production. Viscose rayon continuous slurry steeping, pressing and shredding equipment introduced as a means to change the process to continuous automatic control system in a rayon plant is epochal and efficient machinery, reducing productive hours, economizing personnel and floor space, elevating equality and enlarging yield.

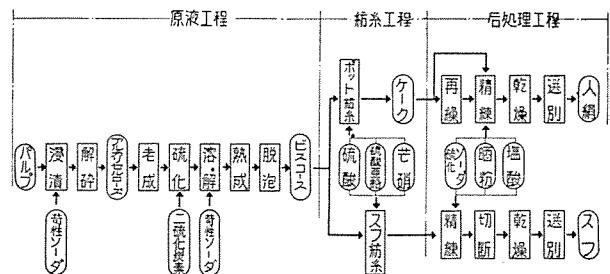
### 1. まえがき

平和産業復興の花形として纖維産業の復活はまず綿紡績部門より始められたが、最近の世界的傾向として以前は綿糸綿布の輸入国であった各地に紡績設備の建設が促進されて着々と自給態勢が整えられたため、わが国の綿紡績は需要面から見ると飽和状態に達した感がある。

原料の綿花を全面的に輸入する綿紡に比べてスフ人絹などのいわゆる化繊部門は原料供給面から考えてもわが国情に合っているので、その進歩発展は近時とくに著しいものがある。その上化学的処理工程の多いスフ人絹工場においては、旧来の方式に対する合理化および製品の向上が要望されていたところ、アメリカの Rayon Consultants' Inc. 副社長シュミット氏の考案による斬新な諸方式が新三菱重工によって導入された。三菱電機ではその電機品関係を一式製作して優秀なる成績を得、さらに同様な装置を引き続き多数製作納入してきたのであるが、今回新三菱重工と納入先のご好意により概要を公表できる運びとなったので、その代表的装置を 2, 3 ご紹介して各位のご参考に供することとする。

### 2. 連続アルセル製造装置

化繊工場の製造工程を概略図示すると 1 図のようであ



1 図 化繊工業製造工程図

Fig. 1. Manufacturing process diagram of chemical fiber industry.

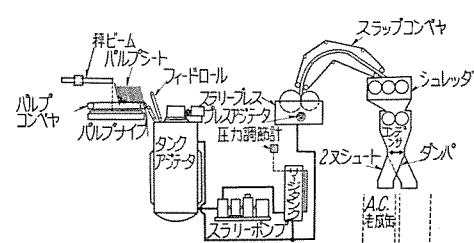
る。すなわちヴィスコース法による人絹スフの製造では、最初苛性ソーダにパルプを漬け粉砕してアルカリセルローズを作る工程がある。従来は多量のパルプシートを一斉に長大なるタンクの中に並べ、これに苛性ソーダを入れて放置することによって苛性ソーダをパルプ中に滲透させ、その後ソーダ液を抜き、さらにパルプを圧縮して絞ってから、クラッシャにかけて粉砕する方式によっていた。

本文に紹介するものは以上の工程を合理化し、さらに連続自動制御式とするために根本的に機械の構造を革新したもので、正確には Viscose Rayon Continuous Slurry Steeping Pressing and Shredding Equipment (ヴィスコースレーヨン連続漬漬圧搾粉砕装置)と呼ばれて、一方からパルプを供給すれば自動的に各工程を経てアルカリセルローズが得られるものである。

#### ア. 装置の概要

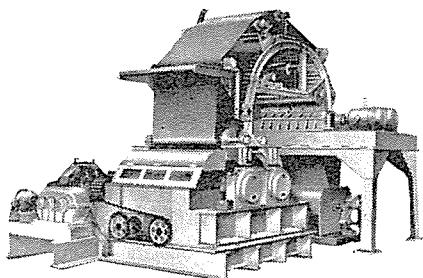
2 図はこの装置の大体の系統を示し、3 図はその中のスラリープレスよりコンデンサに至るものの写真である。

最初のパルプコンベヤは全体が秤の上に載っておりコンベヤとパルプの目方の和が秤のビーム上を等速度で移動する分銅と常にバランスするようにされている。すなわちアンバランスが生ずるとパルプコンベヤの速度が自



2 図 アルセル製造装置系統図

Fig. 2. Slurry steeping process diagram.



3 図 圧搾粉碎装置  
Fig. 3. Press and shredder.

動的に制御されるようになっており、フィードロールとパルプナイフの動作によりパルプが常に、1枚1枚一定の割合でタンクアジテータ内に投入される。タンクアジテータ内には一定レベル、一定温度の苛性ソーダが循環ポンプおよび自動温度調節装置によって供給されるようになっており、かつ攪拌装置によりシート状パルプが一様にほぐされてどろどろの糊状すなわち Slurry となる。したがって従来シート状のままで滲漬されたパルプに比べてはるかに完全かつ均一に苛性ソーダを含浸されたスラリーはスラリーポンプによって単位時間に一定量の割合で汲出され、サージタンクを経てスラリープレスに送られる。

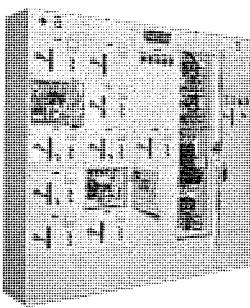
プレス内のアジテータによってスラリーが、プレスローラの間にかき集められ、ロールによって押上げられると共に苛性ソーダ溶液が絞られて板状の Slab となったアルカリセルローズがスラップコンベヤによってシュレッダに送られる。シュレッダ内には Garnet Wire を巻いた3本の高速ローラが近接して同一方向に回転しておりしたがって送り込まれたアルカリセルローズがかき削るように粉碎され、シートに導かれてコンデンサ内に落ちる。コンデンサ内には2本のローラが密接して反対方向に回転しており、アルカリセルローズが適当な密度に圧縮されて、二又シートを経てアルカリセルローズ老成罐に落ちる。

#### イ. 主要電機品

電動機、制御装置とともに密閉防湿構造になっており、名板類はすべてステンレスを使用するなど化学繊維工場の雰囲気に対する耐食性を考慮してある。

電動機は大部分直入起動であるがタンクアジテータ用は機械に対する緩衝保護と電源容量に対する考慮も兼ねてクッションスタートするため、1次抵抗と限時继電器により自動減圧起動方式になっている。

主制御盤は NC 型コントロールセンタ形式として、その各ユニットはそれぞれの電動機の起動用 EK 型電磁開閉器と NF 型ノーヒューズ遮断器とを組合せてコンビネーションラインスタータとし、起動用押鉤、電流計なども含まれている。その他減圧起動用ユニット、继電器、信号燈、切替開閉器ユニットなどもあり、4図の写真に示すように体裁良くまとめられて、床面積の少い、整然とした運転の容易な構造になっている。



4 図 スラリー用主制御盤  
(コントロールセンタ)  
Fig. 4. Control center for slurry.

パルプコンベヤとバランスして置かれるスケールを納めた箱の中には、ビームの分銅運動用小形電動機および各種继電器、電磁弁、信号装置が取付けられている。

パルプナイフおよびサージタンクにはそれぞれ警報盤が設けられて继電器、信号燈を納めた警報装置も取付けられている。

最終工程のコンデンサにはタイマ用小形電動機とカムスイッチ、交互接触器が付属して電磁弁およびダイヤフラムモータの動作により二又シート内のダンパを一定時間置きに切替えてアルカリセルローズ老成罐内に一定量ずつ落すようになっている。ただし最近は連続式老成装置の発達とともに、老成罐を省略して、アルカリセルローズを直送する方式も用いられつつある。

なお、各電動機の近くにもそれぞれ起動、停止用の押鉤が取付けられている。さらに中央管理室方式にする場合には、中央制御用として各電動機用の押鉤、信号燈、電流計などを1ヶ所にまとめた操作盤を設けている。

#### ウ. 運転の概要

主制御盤にある切替開閉器により各機械を単独に運転できる手動運転と、工程順にインターロックされて動作する自動運転とを選択することができる。

自動運転の場合でもタンクアジテータおよびスラリープレスのアジテータは連続運転であり他の機械とは無関係に起動停止できるようになっている。それ以外の機械は大体工程の終りの方から、すなわちコンデンサーシュレッダ No. 3, 2, 1, —スラリーポンプ—スラリープレス、パルプナイフ—フィードロール—パルプコンベヤの順にのみ起動できるようにインターロックされる。ただし最近はフィードロールを先に起動し、スラリープレス起動と同時にパルプナイフ、パルプコンベヤが起動するようにした方式を多く採るようになっている。しかしてこの系列の中1台が停止するとそれより前の工程のものすなわち起動順序の後のものは直ちに停止するようになっている。ただしシュレッダの3本のローラは各別々の電動機によって運転されているためその中のいずれの1つが停止しても他の2つも自動的に停止せねばならない。これは順序起動とは相反する条件のようであるが特殊の继電器回路によって電気的にインターロックすることにより可能となっている。またスラリープレスとスラリーポンプも機能上いずれか一方が停止した場合他方も停止の必要があるため、同様な继電器回路を利用している。

サージタンクはスラリープレスへ送られるスラリーの圧力を調節するための装置であるが、その圧力は必然的にスラリーポンプおよびスラリープレスの運転と関連している。そのため圧力調節計を付けて所定の圧力範囲以下になるとスラリープレスを停止し、その範囲以上にな

るとスラリーポンプを停止するように動作する圧力開閉器を内蔵している。なお停止する圧力限界の少し手前で、警報盤の赤ランプがつきかつ警報ベルが鳴るようになっている。

アルカリセルローズの状況によってはコンデンサ内に集積してつかえる場合もあるが、その時にはダイヤフラム開閉器が働いて自動的にシュレッダを停止するようになっている。

前記のごとくパルプコンベヤ上のパルプとバランスしながら秤のビーム上を分銅が等速度で移動するが、そのストロークについては移動限界、パルプ積込時期、および移動途中において生ずる可能性のある極端なアンバランス（ロービーム、ハイビーム）のいずれに対しても警報装置が用意されている。またパルプナイフに異常な荷重が加わる場合にはパルプ供給量に不均一をきたし、時にはナイフを破壊するおそれがあるので、パルプナイフの警報盤にある赤ランプが点燈し警報ベルも鳴るようになっている。

ビーム上の分銅が限界に近くなるとパルプコンベヤ上のパルプも少くなってくるから、運転を停止して分銅のリセッタ、パルプの積込、再起動などの操作にある程度の時間を見込む必要があるが、主制御盤の継電器ユニット内に取付けた時間継電器によって自動的に行われるようになっている。この場合分銅戻し用の小型電動機、時間継電器の動作により、押鉤操作のみで所定の時間後自動運転が再び開始される。

そしてパルプ積込時間中はパルプコンベヤを停止するため、タンクアジテータ内へのパルプ投入も止められるので、補償荷重を設けてコンベヤ再起動後コンベヤの速度を上げて補正するようになっている。

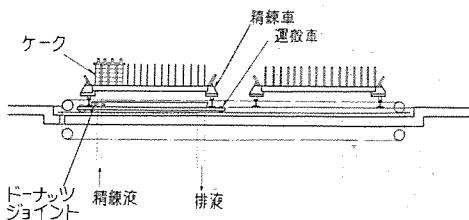
### 工. 本装置の特色

以上のごとく本装置はすべて自動化されておりかつ保護装置、警報装置も完全に設けられているために、所要の運転人員は従来の  $\frac{1}{3}$  以下で十分であり、さらに時間当たりの生産量は 5 倍以上にもなる。また本装置によって作られるアルカリセルローズは均一に良質なものが得られるので以後の工程も簡単になって時間も短縮できる。その上パルプ原料の歩止り、あるいは処理工程で多量に使用される苛性ソーダその他の歩止りも旧来の方法に比べて格段に良くなっている。

### 3. ケーク精練機

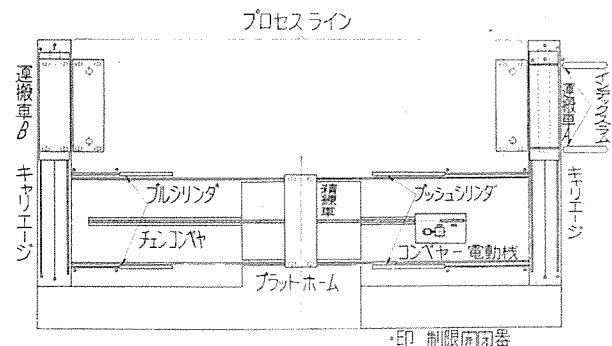
前述の装置によって作られたアルカリセルローズは、1 図に示すように硫化、溶解、熟成などの工程を経て紡糸工程に送られ、ポット電動機により始めて糸状となってポット内に巻取られ、いわゆるケークとなる。この紡糸工程においては化学液中を通して巻取られるのであるから、それより人絹を作る場合には精練工程を経て、ソーダ処理、水洗などを十数回繰返さなければならない。

そのために従来はポットから一応かせに巻取って後に



5 図 ケーク精練機側面図

Fig. 5. Cake purification machine.



6 図 ケーク精練機配置図

Fig. 6. Cake purification machine layout.

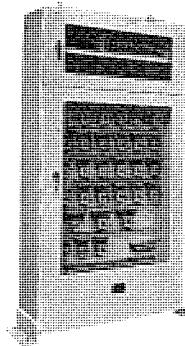
広大なる精練室に移し長時間を費して精練を行ったのであるが、最新のケーク精練機においては 5 図の側面図に示すようにケークのままで精練車に載せて、精練液の送り出しポンプに接続されたパイプの上に移し、ケークの内側より圧力のかかった精練液を注いできわめて有効に処理することができる。その上電気制御方式として限時継電器、電動式カムスイッチ、制限開閉器および数多くの継電器回路の適切なる組合せによっているので、十数回繰返される一連の精練工程を全自動的に連続運転することが可能になった。

### ア. 装置の概要

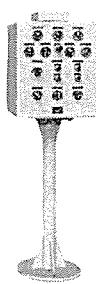
6 図は装置の概略の配置を示す。最初にプラットホームにある空の精練車に處理すべきケークを積込む。精練車の移動はプラットホームでは電動機に運転されるチェンコンベヤによって送られるが、その他はすべて圧縮空気操作のシリンダによっており、それを電磁弁によって切替えることにより自動運転が可能となる。プロセスラインまで送り出された精練車は全部ドーナツジョイントによって精練液のパイプに接続され、おのおののポンプにより加圧された精練液がケークを取付けているパイプの側面にある多数の穴より噴出する。1 周期ごとにこのようにして所定の時間だけ精練処理を受け、つぎつぎと順に送られて十数回の精練工程を完了した精練車は最後にはプラットホームに戻って処理済みのケークが取外され、再び新しいケークが積込まれてプロセスラインへと送り出される。

### イ. 主要電機品

電動機はチェンコンベヤおよびポンプ用として全密閉カゴ形構造のものが使用される。限時継電器、電動式カ



7 図 主制御盤  
Fig. 7. Control panel.



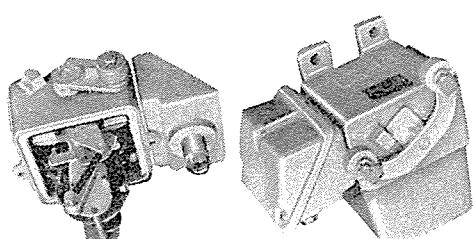
8 図 操作盤  
Fig. 8. Operating panel.

ムスイッチおよび多数の継電器は一括して水防構造になった主制御箱内に納められている。また操作用の押鉗信号燈・切替開閉器類は警報用ベルブザーとともに操作盤として組立てられ、その他に同じく水防構造の油入型制限開閉器、電磁弁および圧力開閉器が多数使われている。

前述の連続アルセル製造装置と同様に機器は全部密閉型防湿構造にしてあり、またステンレス名板を使っている。主制御箱は7図の写真に示す如くアングル枠組高級仕上鋼板製キャビネット内の上部に電動式カムスイッチを取り付け、その下方に限時継電器始め多くの継電器類を配置良く取付け、最下部にターミナルブロックを並べたものであり、扉は有機ガラスの窓付として点検保守に便ならしめている。

電動式カムスイッチは電動機より数段に減速された軸に多くのカムを固定しており、自動運転周期中の各位置に応じて順次ユニット開閉器を動作させるようになっている。ユニット開閉器は作動ばねに対しカムがローラを押上げて接点を閉じるようにし開閉動作を確実にしている。限時継電器は時計用小形同期電動機式のもので、警報ベルの動作時間・精練時間・排液時間・ドーナツジョイントの動作時間などを規定するために使用され、電動式カムスイッチと相まって限時動作および順序動作を確実に行わせることができる。

操作盤は8図に示すごとくポスト型の水防自立構造で、ポンプ停止信号燈、圧縮空気の圧力低下を警報する装置、電動式カム開閉器の位置指示燈、自動手動切替用開閉器および各表示燈が付いている。また切替開閉器としてドラム開閉器、タイマ開閉器、さらに操作用の押鉗ではブザー停止用、チェンモータ寸動用、周期運転の起動停止用がある。



9 図 制限開閉器  
Fig. 9. Limit switch.

9図に示す制限開閉器は精練車運転経路の区間ごとに数多く配置されるもので、油入式壁取付型構造で耐食性に留意してあり、動作に応じて单極と2極、さらに閉路式と開路式を適宜使い分けている。

精練液ポンプ用電動機は別室に配置してあり排液時間中はポンプを停止している。しかして精練時間開始の際にはポンプ電動機を順次起動するようになっている。あるいは排液中もポンプを停止せずバイパスにより精練液の噴出を外す方法もある。いずれの場合でも運転しているポンプのどの1台が止っても直ちに全部停止するようになっている。また精練と排液相互の切替には、圧力開閉器によって精練液の圧力を検出している。その他ドーナツジョイントおよびダイヤフラムバルブの圧力確認およびシリンダ操作用圧縮空気の圧力監視用にも多数圧力開閉器が使用されている。電磁弁はシリンダの圧縮空気系統用および精練、排液系統用とあり、後者はダイヤフラムバルブを働かせて液の送り方向を制御するようになっている。

#### ウ、運転の概要

切替開閉器“手動”的場合には1周期ごとに周期運転用押鉗によって起動することになるが、“自動”的場合には限時継電器の整定する時間に従って周期動作を連続的にかつ全自动運転で繰返すことができる。

運転の開始に当っては表示燈により電動式カム開閉器の位置を調べて、中間にある場合にはドラム開閉器により起動位置ヘリセットする。またタイマ開閉器を操作して限時継電器始めすべての継電器に対する自己保持回路を形成し、その後に周期運転の起動鉗を押せば全自动運転が開始する。なお精練液ポンプはあらかじめ運転して置くことが必要である。

周期運転が始まるとチェンコンベヤが起動してまだ処理していないケーキを満載してプラットホーム上にある精練車をプッシュシリンダまで移す。移動が終ると制限開閉器の動作によってコンベヤが停止し、つぎに電磁弁が作動しプッシュシリンダが動いて精練車を運搬車Aの待機しているキャリエージまで押出す。プッシュシリンダ終端の制限開閉器が働くと電動式カム開閉器が第1の動作を始め、精練時間を規定する主限時継電器が起動してタイミングを開始し、プッシュシリンダは後退し、精練車の乗った運搬車Aが前進してプロセスラインに達する。電動式カム開閉器の第2動作により運搬車Aは開放される。同時にドーナツジョイント用限時継電器がタイミングを開始し、他方ポンプ電動機がいっせいに停止するとともに精練液の加熱を一時中止する。ジョイント用のタイミングが終ると電磁弁の動作によりドーナツジョイントが閉く。完全に閉くと圧力開閉器が働き強力なるインデックスラム用の電磁弁を操作する。ラムの動きによりプロセスライン上のすべての精練車が新しく加わった精練車とともに前進して一応中間位置に達しラムが後退する。電磁弁、ダイヤフラムバルブ、圧力開

閉器の動作により排液系統が作られると同時に排液用の時限継電器がタイミングを開始して排液を所定の時間続ける。タイミングが終ると電動式カム開閉器が第3の動作を行って排液系統が精練系統に切替り、インデックスラムは再び前進してプロセスラインの精練車全体を中間位置より終端まで進め、つぎの精練パイプの上に移動させる。この際、それまでに既定回数の精練を済まして最終工程にあつた精練車はインデックスと反対側のキャリエージに押出されて運搬車に乗る。

ラム終端の制限開閉器により電動式カム開閉器が第4の動作を行い、インデックスラムが後退してドーナッジジョイントが閉じる。ジョイントが完全に閉じると圧力開閉器が働いて精練ポンプを順次起動し同時に精練液の加熱も行われる。かくしてプロセスラインにある精練車全部に精練処理が行われ、つぎの周期でポンプが停止するまで継続される。

一方プロセスラインの外ではインデックスラムが後退し終ると直ちに運搬車が動き始め、精練済みのケーキを乗せてプラットホーム側に後退し、到着と同時に制限開閉器、電磁弁が動作し、プルシリンドが出て精練車をつかむ。つぎに電動式カム開閉器の第5動作によりプルシリンドが戻って精練車をチェンコンベヤに移すとコンベヤは直ちに起動して精練車をプラットホームの最初の位置に送る。電動式カム開閉器が最終動作を行い回路を切替えてつぎの周期開始を待つ。

この間にプラットホームにおいては、精練済のケーキを卸し新しいケーキを積込ねばよい。

やがて主限時継電器のタイミングが完了するとベル用限時継電器を働かせ、同時にベルを鳴らしてつぎの周期が開始することを警告する。ベル用限時継電器タイミングの終了とともにチェンコンベヤが起動し新しいケーキを載せた精練車を動かしてプッシュシリンドに移す。この間ベルは鳴り続けて移動が終ると鳴りやむ。

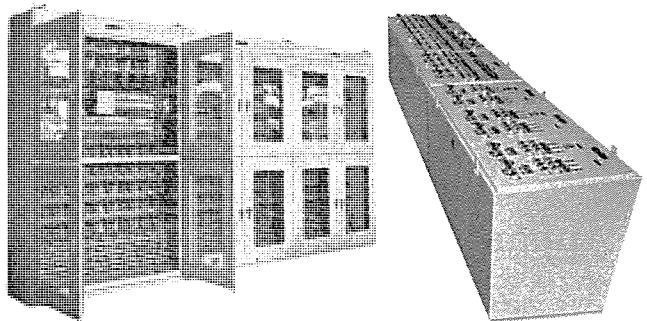
以下本項の初めから列記したような動作を繰返し、同様にして全自动運転をいつまでも連続することができる。この間で、液圧、気圧系統の異常圧力発生または精練ポンプの故障停止の場合には直ちに警報を発しまたは全自动運転を停止するようになっている。

なお、ケーキの積込みあるいは積卸しの位置を2つに分けてプロセスラインの前と後にし、それぞれ運搬車AあるいはBに乗せたままで行う方式もあり、とくに積卸し用の限時継電器を用いて時間の調節を行っている。

また排液工程を完全にするため限時継電器を2個使用して排液を2回繰返すことも可能であり、工場の実情を考慮して適当に機器の配置および動作順序を変更することもできる。

### A. 本装置の特色

本装置も従来の方法に比較すると以上のように工程時間の短縮、運転人員および工場スペースの節約などの点で画期的なものであり、その上本来の目的とする精練作



10 図 主制御盤

Fig. 10. Control panel.

11 図 操作盤

Fig. 11. Operating panel.

用の効果も纖維全体に十分に滲透させることができて、今までの装置よりも格段にすぐれている。また精練処理用に使われる塩酸、晒粉、硫化ソーダなどの歩止りもきわめて良くなっている。

### 4. 連続硫化・溶解装置

アルセル製造装置で得られたアルカリセルローズよりビスコースを作る硫化、溶解工程についても、連続化、自動化が種々計画されているが、10図、11図は硫化機、溶解機を含む一連の工程を自動運転するための制御盤、操作盤で、各工程を連系する空輸圧送機、ギヤポンプ類の起動、停止および薬液処理、加熱冷却処理、大気真空処理などの電磁弁操作を一定の時間計画に従ってすべて自動的に順序動作を行わせるものである。

各動作時間は、ケーキ精練機の場合と同様に、電動機操作のカムスイッチと限時継電器群の組合せによって規制され、制限開閉器、圧力開閉器などとインターロックされて保安信号系統も完備しており安全確実な運転ができるようになっている。

この硫化、溶解工程においても二硫化炭素、苛性ソーダなど防爆、防食上問題になる雰囲気があり、構造的にも考慮を要するところであるが、動作説明とともに他日の機会に譲ることとする。

### 5. む す び

スフ人絹など化纖工場の設備は化学処理工程を多く含み、自動制御の効果はきわめて著しいものがある。本文に記載したものの外にも、連続漂白晒装置、染色仕上装置などに最新の方式が導入されており、いずれも生産に顕著なる貢献をしている。これら最新の装置については具体的データおよび制御方式の詳細にはなお記述をはばかる点もあるので、本文は概略定性的の説明に止めたが、新しい化纖設備に興味を有する方々に多少とも参考になれば幸いである。

終りにあたり本装置の製作に際し懇切なご指示をいただいた新三菱重工名古屋製作所の中野技術部次長初め各位の方々に深甚なる謝意を表してむすびとする。

# 化纖工場用低圧配電および制御装置

名古屋製作所 篠 崎 善 助\*

## Low Voltage Distribution and Control Apparatus for Chemical Fiber Factories

Nagoya Works Zensuke SHINOZAKI

Expansion of production in the chemical fiber in Japan is outstanding. All companies concerned to the industry are trying to increase the facilities with the latest equipment. The modernization of the factories lays emphasis on the continuity of the work, automatic weighing and central control system. Turning the slurry steeping process into a continuous one and making schedule control of churn and dissolver are the most actively carried out. The company supplied a number of electric apparatus for these purposes, but there are many problems involved in the design. Of many items, low voltage distribution boards and control apparatus are taken up herein to introduce the latest development.

### 1. まえがき

化学纖維の生産と需要とは年々急速に増大しつつある。天然纖維系のビスコース、アセテート纖維も、合成纖維のナイロン、ビニロンもいずれも美しい上に高度の実用性をもち、綿、羊毛、絹の3大天然纖維との交織混紡によって互に長を伸ばし、短を補う時代となり、化学纖維の需要は拡大の一歩をたどっている。わが国における化学纖維の生産拡充はきわめて旺盛で、各工場ともきそって最新式の生産設備の整備に力を注いでいる。三菱電機はこれら化学纖維工場の動力設備に多数の電機品を納入しその生産拡充に貢献しているが、本稿はこれら電機品のうちとくに低圧配電設備と制御装置とのうち、最近の製品を中心として記す。

天然纖維系化纖工場を原料面から見れば、纖維素の原料としての木材からパルプに至る工程も考えられるが、この工程は亜硫酸法によってレーヨンパルプを作るもので、工場設備は製紙パルプ工業を母体として発達しており、一般に化学纖維工場と呼ばれるものはビスコース原液製造工程以降であるから、この慣例に従って原液工程以降に用いられる電機品について記する。なお紡績および染色加工工程については紡績とほとんど同様ですべて本誌 Vol. 28 No. 8 紡績特集号で述べてあるから割愛する。

### 2. 化纖工場における電機品の特長

最新の工場では各国ともにビスコース原液工程の連続化・連続浸漬・連続圧搾・連続粉碎・連続老成・連続脱泡などが考案され、浸漬からアルカリセルローズ老成までの連続作業が行われ、バッチ方式は旧時代の設備となつた。さらに最近では硫化工程をも連続化しスケジュールコントロールによる生産合理化が行われつつある。また

一工場の生産規模が逐次増大して最新工場では生産単位も100トンに近い設備をもち、これに伴う電力の需要も急速に増大している。これらの傾向から制御装置も複雑となり、電動機の単位運転から総括運転に変りつつあり、制御要素である器具の信頼性が高度に要求せられ、かつ総合された制御装置の有機的な操作が高度に維持されることが必要となってきた。これらの総括制御装置については別稿に譲る。

化纖工場の電機品としてとくに注意すべきことは、工程中に腐食性ガスや液体、あるいは爆発性ガスを使用し、また加熱処理および保温などのために多量の蒸気が消費され、操業は24時間1日も休まず実施されるという特長を有している。電機品の選定においてはこれらの条件に応ずるようとくに耐久性と信頼度の高いものでなければならない。また停電は原液の化学変化を早め、はては廃棄の余儀なきに至らしむるので供給電力の質の問題も重要であり、停電による操業停止の損害を防ぐために自家発電設備をもつ工場が多く買電の停電のときの切換時に起動器に無電圧時限開放をつけたものを使用することが多い。腐食性ガス、液体あるいは爆発性ガスにたいしては現場に設置する電動機は防食型、防爆型とすることは避けられないが、制御装置はある程度の防食加工を行いとくに酸、ガスなどの多い部屋には設置を避け別室として遠方操作することが賢明である。

工場の規模が大きくなると配電々圧の選定も重大な問題で、通常低圧は200Vが用いられるが、400Vまたは500Vを採用しているところもある。この配電々圧は制御器具の型式に種々影響を及ぼし、電動機容量にたいする制御器具容量を左右する。化纖工場の電動機は他の纖維工場に比し単位容量が大きく、したがって起動時の電圧降下を小さくする点から400Vまたは500Vを採用する方が得策である。

\* 技術部管制器課長

### 3. 制御装置の基本構成

工場動力の制御器具はその用途に応じ種々のものがあるが、起動方式と相手機械の要求に応じて変化しても、その制御の基本構成は変わらず保護の完全を期すべきで、いかなる電動機に対しても制御の基本要素はつぎの4つである。

- (1) 分岐回路には完全に回路を分離するための断路装置
  - (2) 回路の過熱と短絡とから回路を保護する装置
  - (3) 所要の動作特性をもって電動機を起動し、制御する装置
  - (4) 過負荷および単相運転から生ずる過熱から電動機を保護する装置
- (1) にはナイフスイッチ、(2) にはヒューズが用いられるが、(1) と (2) の組合せは遮断器で、油中、気中遮断器や配線用遮断器がある。(3) と (4) とは電動機の起動と運転保護であり、起動方式によって相違する各種の起動装置と過電流継電器との組合せである。これらの基本となる器具は、用途、電源容量、使用電圧に応じ、それぞれ適切なものを選定しなければならない。

### 4. 低圧分岐回路の保護

#### A. 短絡電流容量

電動機用制御器は起動方式によって閉路・遮断容量が規定されているが、直入起動の場合は電動機全負荷電流の10倍の閉路、遮断容量をもつものを用いる。しかし回路の故障による短絡電流の遮断には不十分で、ヒューズまたは遮断器によって、分岐回路を保護しなければならない。この保護装置は回路の最大短絡電流以上の遮断容量を持つことが必要である。

工場または給電系統に設置された配電変圧器の容量が最大短絡電流を決定し、この短絡電流は変圧器のインピーダンスと短絡点までの電線のインピーダンスとによって定まる値で、短絡点までの電線のインピーダンスは不定であるから最大短絡電流を求めるには変圧器のインピーダンスのみから求めて、遮断器の遮断容量を決定する。変圧器の自己インピーダンスはその容量によって大した変化がないから、変圧器の容量が大きくなるほど短絡電流は大きな値となる。近年工場の規模が大きくなり、電気設備容量も増大し、大型の変圧器が設置され分岐回路保護装置の遮断容量が問題となりJISで決めたヒューズの遮断容量では不足する工場ができた。一例として300kVAの変圧器では25,000Aの遮断容量が必要である。

短絡電流を制限する方法には、リアクタンスを大きく設計した配電用変圧器を使用するか、回路に限流リアクタを用いるかであるが、この限流リアクタはなるべく分岐回路に入れて、事故発生時の影響を他の分岐回路に波及せしめないことが肝要である。また限流ヒューズも用いられるが、これの使用には十分注意し、ヒューズと遮

断器とをカスケードに使用するときに、これら両者の選択遮断を完全に行わせることが必要であるが、往々にして遮断器の動作前にヒューズが溶断する等、ヒューズの電流一時間特性からかなり困難が伴う。

#### I. 配線用遮断器

低圧回路の饋電盤には気中遮断器が用いられてきたが近時配線用遮断器の大容量のものが作られるようになって広く用いられてきた。とくに分岐回路用遮断器としては小形であり、ヒューズと比べてその動作特性がつねに一定で、特性が確認できる利点から非常に広く用いられるようになり、盤構造を普通の分電盤とどうようにし、遮断器ユニットの取替が便利なキュービカル型として後述するコントロールセンタと列盤にしたもののがついさいとスペースの節約から非常にたくさん用られてきた。

配線用遮断器は JISC 8370 によるモールドケースの気中遮断器で、三菱電機が長年の経験とすぐれた技術とともに製作してきた BH 型クイックラグおよび NF 型ノーヒューズ遮断器のこと、最近特許の消滅とともに類似品が市場に現われてきた。1図は当社ノーヒューズ遮断器の定格電圧 600 V A-C 250 V D-C、定格電流 15 A から 600 A に至る遮断器の全機種を示したもので、その種類、定格および仕様の大要を1表に示してある。とくに BH 型遮断器は NF 型遮断器に比べ構造が簡単で、小形軽量であり電燈回路の点滅器の用を兼ねているので、工場および付帯設備の簡易分電盤用遮断器として貢用せられる。

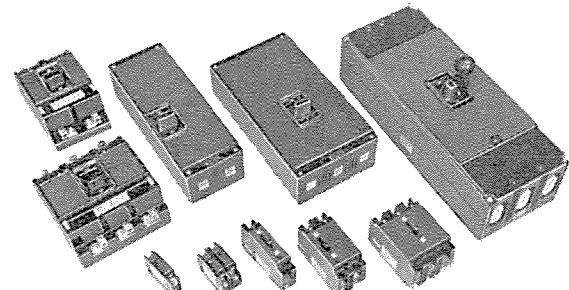
JIS 規格配線用遮断器によって要求される構造および動作特性の概要は下記に示すとおりで当社の各種遮断器はこの要求に準拠して製作されている。

##### 動作機構

- (1) 多極遮断器は各極が同時に遮断すること。
- (2) 機構は引外自由型（トリップフリー型）で可調整の電磁引外し装置を除き、引外機構は調整後に封印する。
- (3) 250 V 以下の 50 A フレーム以下の遮断器は引外装置が取替形でないこと。

##### 動作特性

- (4) 遮断器は基準温度 25°C において定格電流の 200% および 125% の電流を通じ 2 表に示す時間以内で自動的に動作すること。



1図 ノーヒューズ遮断器の全機種  
Fig. 1. Varied kinds of no-fuse breakers.

1表 三菱ノーヒューズ遮断器仕様一覧表  
(P-1型, AQB型およびNQB型を除く)

型 名		B H		N F									
フレーム		50 A		50 A			100A		225 A			600 A	
極 数		1	2 *	1	2	3	2	3	2	3	2 △	3	
定	電流定格(A) 周囲温度 25°C あるいは 50°C	15, 20, (25), 30, (35), 40, 50	15, 20, (25), 30	(10), 15, 20, (25), 30, (35), 40, 50			15, 20, (25), 30, (35), 40, 50, (60), 70, (75), (80), 90, 100	(50), (60), 70, (75), 90, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600			125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600		
	定格電圧(V) (V)	A-C D-C	125 125 250	125 125 250	250 250 250	250 125/250	600 250	600 250	250 125/250	250 250	600 250	600 250	
格	遮断容量(A) (A)	A-C D-C	5,000 5,000	5,000 5,000	5,000 5,000	5,000 5,000	15,000 10,000	15,000 10,000	10,000 10,000	10,000 10,000	15,000 10,000	25,000 20,000	
	デアイオン消弧装置	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
標準仕様	早入早切開閉機構	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	熱動一電磁型自動引外装置	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
標準仕様	共通引外機構			○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	取替型自動引外装置					○	○	○	○	○	○	○	
特殊仕様	熱動引外し	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	電磁引外し	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
特殊仕様	低電圧引外し					○	○	○	○	○	○	○	
	分路引外し			○	○	○	○	○	○	○	○	○	
特殊仕様	補助開閉器			○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	信号開閉器			○	○	○	○	○	○	○	○	○	
特殊仕様	電動操作								○	○	○	○	
	機械連動子			○	○	○	○	○	○	○	○	○	
特殊仕様	600 V D-C 消弧装置				○	○	○	○	○	○	○	○	
	裏面接続スタッド		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
特殊仕様	挿込型接続器		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	デアイオン開閉器	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
通産省工業技術院型式承認番号	15~30A 5-1865 35~50A 5-1913	5-1981	5-1980	250 V A-C 5-1914	250 V A-C 5-1915	—	—	—	—	—	—	—	
日本海事協会認定番号	—	—	—	種別2種 250/125 V A-C/D-C NK認電 第4005号	500/250 V A-C/D-C NK認電 第4006号 (種別3種) 10,000 A	500/250 V A-C/D-C NK認電 第4007号 (種別3種) 10,000 A	500/250 V A-C/D-C NK認電 第4011号 (種別4種) 20,000 A						
主なる用途	電燈分電盤の分岐回路遮断器 電盤の分岐回路遮断器	引込口遮断器, 分電盤の分岐回路遮断器	電燈分電盤の分岐回路遮断器	引込口遮断器, 分電盤の分岐回路および主回路遮断器, 配電盤用遮断器									

- (注) 1. ( ) 内電流定格は特殊品を示す。  
 2. 定格電圧 125/250 V は単相3線式あるいは直流3線式用を示す。  
 3. \*印は同一定格单極遮断器2個にそれぞれ延長ハンドルを設けた単独引外式。  
 4. ◇印の電磁引外装置は可調整式。  
 5. △印2極遮断器は3極遮断器の中央極導体部分および消弧装置を取り除いたもの。

(5) 遮断器は定格電流の6倍(ただし最小電流150A)で規定の操作頻度で50回開閉する(過負荷試験)。

(6) 定格電圧125V、定格電流50A以下の遮断器はタンゲステン電球の越流によって動作しないこと(越流試験)。

(7) 遮断器は定格電流を温度一定となるまで連続通電するも動作せず、各部の温度上昇は規定値を超えないこと(温度試験)。

(8) 耐久試験 3表による。

(9) 短絡試験 規定の試験電圧および力率0.45~0.5直流の場合はなるべく無誘導で、2,500A, 5,000A, 10,000Aを遮断しうること。遮断器の動作責務はO-2分CO。

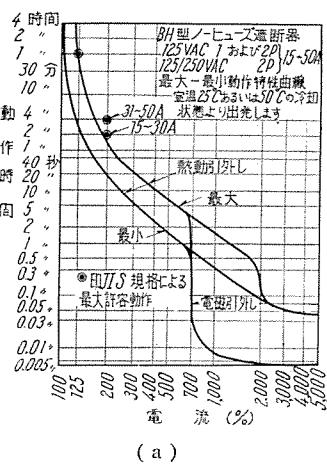
(10) コード保護試験 30A以下の遮断器では器具用コード1m<sup>2</sup>を試験回路に直列に接続してコードの溶断溶融しないこと。

(11) 短絡試験後に(4)の200%電流で引外試験を行い規定時間内で動作すること。

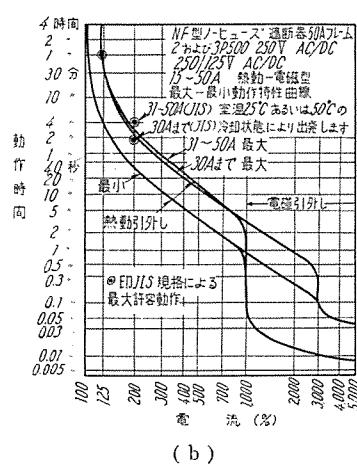
(12) 絶縁抵抗は500V絶縁抵抗計で5MΩ以上。

(13) 絶縁耐力は定格電圧の2倍に1,000Vを加えた値(最低1,500V)で1分間耐えること。

2図は当社ノーヒューズ遮断器の動作特性を各フレームについて示したものである。



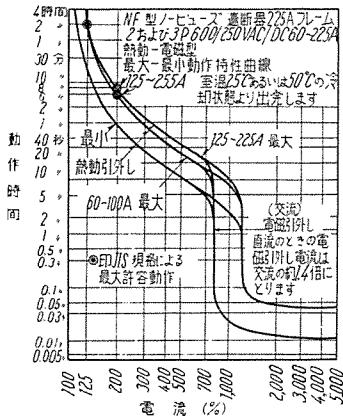
(a)



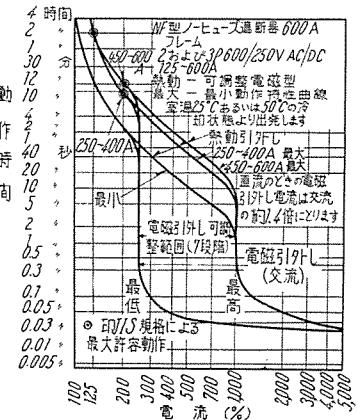
(b)



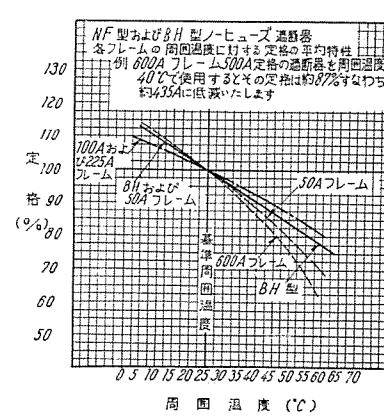
(c)



(d)



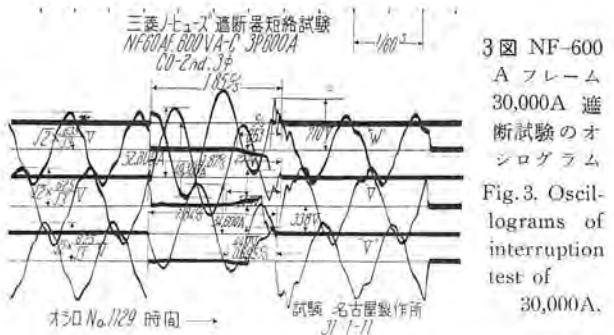
(e)



(f)

2図 三菱ノーヒューズ遮断器の動作特性曲線一覧

Fig. 2. Operating characteristic curves of Mitsubishi no-fuse breakers.



3図 NF-600  
A フレーム  
30,000A 遮  
断試験のオ  
シログラム  
Fig. 3. Oscillograms of interruption test of 30,000A.

電流のような一時的過電流や、無停の過負荷で不要な動作は行わず、長時間の過負荷には動作し、また回路の短絡事故の場合には電磁引外が動作してわずか1サイクルで安全に遮断することができる。ヒューズは一般に構造が簡単で安価であるが溶断のつど可溶体の取替えが必要であり、保守が煩わしく、溶断特性がそのものについて確認できない欠陥があり、取換が煩わしく適正ヒューズの使用が守られず乱用されることが多い。またヒューズ自体では回路の開閉ができないので別個に断路器が必要であり、また溶断によって単相運転の危険がある。これに反し遮断器では事故に対する時延、瞬時の遮断ができる、ハンドルによって開閉可能で、多極遮断器では全極同時に動作するので単相運転の心配がなく、取付面積も小さく遮断容量も大きい。当社ノーヒューズ遮断器の米国NEMA規格による遮断容量を示したのが1表の遮断容量であり、交流250Vにおける遮断容量は100Aフレームで20,000A、225Aおよび600Aフレームで30,000Aで、この遮断試験の結果を3図に示してある。

#### エ. ノーヒューズ遮断器の特殊型および付属装置

標準型ノーヒューズ遮断器は用途に応じつきの特殊型も製作できる。

##### (1) 熱動型ノーヒューズ遮断器

電磁引外をとり去って瞬時引外動作を除いたもの。

##### (2) 電磁型ノーヒューズ遮断器

電磁要素のみにより瞬時引外動作のみとしたもの。

##### (3) 基準周囲温度40°Cまたは50°Cの遮断器

##### (4) 電動操作式遮断器

NF型225Aおよび600A、遮断器は4図のように電動操作装置をとりつけ、電気的に遠方操作ができる。操作電動機は交流100Vまたは200V、直流100Vで使用定格は30秒である。



4図 NF-M型600A電  
動操作式ノーフューズ  
遮断器

Fig. 4. Motor operated  
no-fuse circuit breaker 600 A.

#### (5) 付属装置

標準の遮断器にそのまままたは一部加工してつぎに示す特殊の付属装置をとりつけることができる。

- (1) 低電圧引外し装置
- (2) 分路引外し装置
- (3) 補助開閉器および信号開閉器
- (4) 機械連動子
- (5) 挿込型接続器(プラグインターミナル)
- (6) 裏面接続スタッド
- (7) 中間スタッド

#### オ. 電動機回路用遮断器

低圧電動機回路の保護に用いるノーヒューズ遮断器の容量決定についてはすでに幾度か述べられているがおもな点について説明する。交流電動機用起動器は電動機の回転子構造によってその起動電流が大いに相違し、また起動方法によっても左右されるので使用すべき起動器の閉路遮断容量が上の条件によって変る。最近の大工場では電源容量が起動時の大電流によって起る電圧降下で運転中の他の機器に影響しないよう十分大きなものとなっているので、ほとんどの電動機は直入起動のカゴ形電動機が用いられる。したがって起動器はすでに述べたようにA級の電磁接触器が用いられ全負荷電流の10倍の閉路遮断容量があり、この値以下の過電流は起動器の運転保護装置としての過電流継電器が受持つ。ただし実際の汎用電動機では拘束電流は全負荷電流の5~6倍とみてよく、この範囲での保護にはもちろん十分である。回路に短絡が発生した場合に遮断器で適正な遮断を行わしむるには電動機の停動電流以上で動作するようになることが必要で、遮断器の動作特性から各フレームによって多少の相違はあるが、電動機全負荷電流の250%の定格電流を有する遮断器を用いれば適切な短絡保護ができる。

電動機の過電流から短絡電流に至る全範囲の保護を考えた場合つきのような協調ができていればよい。

- (1) 電動機の持続的過電流より拘束電流までの電流は過電流継電器によって電動機を保護する。
- (2) 過電流継電器は上記電流を適切な時間内で保護し、遮断器を動作させない。
- (3) 遮断器は電動機の起動電流によって動作しない。
- (4) 電動機および電線の事故による短絡時の過大電流は遮断器で遮断して分岐につながる電機品を保護する。

遮断器の適切な選定表を4表および5表に示し、この場合の継電器と遮断器との動作特性の一例を5図に示した。

#### 5. ノーフューズ分電盤

##### ア. クイックラグ、ロードセンタ

三菱クイックラグ、ロードセンタはBH型ノーフューズ遮断器を用い、分岐回路の保護と開閉とを目的とした小容量小形分電盤である。遮断器は单極ユニットからなり6図のように2回路用、4回路用、8回路用の3種

5表 三菱ノーヒューズ遮断器の電動機分岐回路用定格選定表

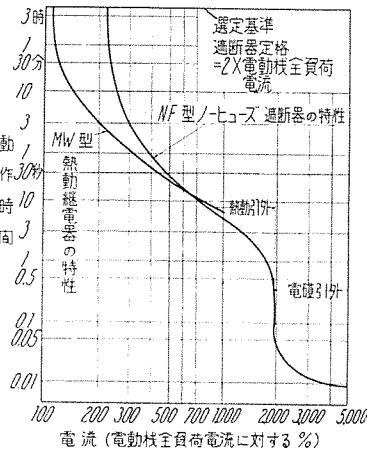
電動機 の全負 荷電流 (A)	電動機分岐回路遮断器 の最大電流定格 (A)			電動機分岐回路用最小電線			電動機 の全負 荷電流 (A)	電動機分岐回路遮断器 の最大電流定格 (A)			電動機分岐回路用 最 小 電 線		
	行番(4表記載による)			600V ゴム絶縁電線 600V ビニール電線	電線の許容 電流 (A)			行番(4表記載による)			600V ゴム絶縁電線 600V ビニール電線	電 線 の 許容電流 (A)	
	1	2	3		1	2		1	2	3			
1	15	15	15	1.6mmあるいは 2mm <sup>2</sup>	18あるいは19	82	125	175	225	38mm <sup>2</sup>	113		
2	15	15	15	"	"	84	150	175	225	"	"		
3	15	15	15	"	"	86	150	175	225	"	"		
4	15	15	15	"	"	88	150	200	225	"	"		
5	15	15	15	"	"	90	150	200	250	50mm <sup>2</sup>	113		
6	15	15	15	"	"	92	150	200	250	"	"		
7	15	15	20	"	"	94	150	200	250	"	"		
8	15	20	20	"	"	96	150	200	250	"	"		
9	15	20	30	"	"	98	150	200	250	"	"		
10	15	20	30	"	"	100	150	200	250	"	"		
11	20	30	30	"	"	105	175	225	300	"	"		
12	20	30	30	"	"	110	175	225	300	60mm <sup>2</sup>	153		
13	30	30	40	2mmあるいは 3.5mm <sup>2</sup>	24あるいは26	115	175	250	300	"	"		
14	30	30	40	"	"	120	200	250	300	"	"		
15	30	30	40	"	"	125	200	250	350	80mm <sup>2</sup>	180		
16	30	40	40	"	"	130	200	300	350	"	"		
17	30	40	50	"	"	135	225	300	350	"	"		
18	30	40	50	"	"	140	225	300	350	"	"		
19	30	40	50	3.5mm <sup>2</sup>	26	145	225	300	400	100mm <sup>2</sup>	209		
20	30	40	50	2.6mmあるいは 5.5mm <sup>2</sup>	33あるいは34	150	225	300	400	"	"		
22	40	50	70	"	"	155	250	350	400	"	"		
24	40	50	70	"	"	160	250	350	400	"	"		
26	40	70	70	"	"	165	250	350	500	"	"		
28	50	70	70	3.2mmあるいは 8mm <sup>2</sup>	43	170	300	350	500	125mm <sup>2</sup>	241		
30	50	70	90	"	"	175	300	350	500	"	"		
32	50	70	90	"	"	180	300	400	500	"	"		
34	70	70	90	"	"	185	300	400	500	"	"		
36	70	90	90	"	"	190	300	400	500	"	"		
38	70	90	100	14mm <sup>2</sup>	62	195	300	400	500	150mm <sup>2</sup>	278		
40	70	90	100	"	"	200	300	400	500	"	"		
42	70	90	125	"	"	210	300	500	600	"	"		
44	70	90	125	"	"	220	350	500	600	"	"		
46	70	100	125	"	"	230	350	500	600	200mm <sup>2</sup>	328		
48	90	100	125	"	"	240	350	500	600	"	"		
50	90	100	125	22mm <sup>2</sup>	82	250	400	500	600	"	"		
52	90	125	150	"	"	260	400	600		"	"		
54	90	125	150	"	"	270	400	600		250mm <sup>2</sup>	383		
56	90	125	150	"	"	280	400	600		"	"		
58	90	125	150	"	"	290	400	600		"	"		
60	90	125	150	"	"	300	400	600		"	"		
62	100	125	175	"	"	320	500			325mm <sup>2</sup>	459		
64	100	150	175	"	"	340	500			"	"		
66	100	150	175	38mm <sup>2</sup>	113	360	500			"	"		
68	125	150	175	"	"	380	600			400mm <sup>2</sup>	522		
70	125	150	175	"	"	400	600			"	"		
72	125	150	200	"	"								
74	125	150	200	"	"								
76	125	175	200	"	"								
78	125	175	200	"	"								
80	125	175	200	"	"								

- (注) 1. 電動機の起動時間は 20 秒以内として選定した。  
 2. 最小電線は電動機全負荷電流の 125% として選定した。  
 3. 電線の許容電流は通産省告示昭和 30 年 12 月 1 日付第 323 号別表 4 および 5 による。

4 表 三菱ノーヒューズ遮断器の電動機回路用定格選定の基準一覧表

電動機の種類	電動機の起動方法	電動機の起動階級	遮断器定格の最大整定を15表に示す電動機決定するための電動機、分岐回路遮断器の全負荷電流への乗率	行番
すべての单相電動機 すべての3相カゴ形誘導電動機 同期電動機	全電圧抵抗 リニアタ	A	150%	1
		B-E	200%	2
		F-V	250%	3
すべてのカゴ形誘導電動機 同期電動機	単巻変圧器		150%	1
		B-E	200%	2
		F-V	200%	2
すべてのカゴ形誘導電動機 同期電動機	全電圧抵抗 リニアタ	なし	250%	3
高アラクタンス、カゴ形 誘導電動機(深溝形または 2重カゴ形)	30A以下	なし	250%	3
	30A以上	なし	200%	2
巻線形電動機		なし	150%	1
直流水動機		なし	150%	1

- (注) 1. もし電動機起動状態の関係で上表の乗率にて定格が不足するときには400%まで増加することができる。  
 2. どうように上表の整定定格が多過ぎるときには最小115%まで減らすことができる。  
 3. 電動機の起動階級については日本工業規格 JISC 4204 を参照。



5 図 ノーヒューズ遮断器と電磁開閉器の組合動作特性

Fig. 5. Operating characteristics of the combination of no-fuse breaker and magnetic switch.

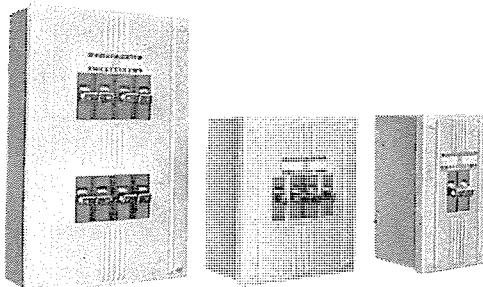
があり、それぞれ鋼板製キャビネットに納めてある。各種とも最大回路数内で将来の増設に備え遮断器が追加できるよう盲蓋とすることができる。配線方式は単相2線式、単相3線式などに用いられる。

#### イ. NF型、BH型分電盤

三菱ノーヒューズ分電盤は工場における電燈、電熱および電動機回路の配電設備として貢献せられ、遮断器の定格は15Aから600Aまでの組合せで作られる分電盤であり、電燈、電熱には主としてBH型遮断器とNF-50型遮断器が分岐回路に使用され、動力回路には系統の推定短絡電流に応じて3極のNF型ノーヒューズ遮断器が用いられる。標準型は表面または埋込型の壁取付であるが、後記するコントロールセンタと列盤とするためにキュービカル型とすることもできる。一般工場向としては鉄箱の閉鎖型であるが、化織工場用としてはとくに防食に注意し特殊加工の外、防食塗装、完全防食構造とすることもできる。一般向としての標準構造分電盤の種類を6表に示す。

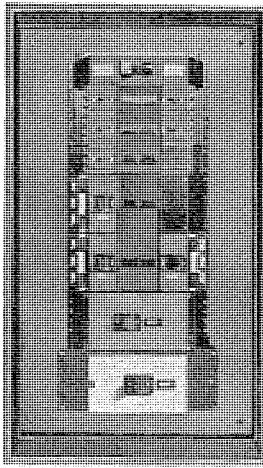
#### ウ. NF-C型動力回路用ノーヒューズ分電盤

この分電盤は主として電動機回路に用いるキャビネット型式の饋電盤で、構成する遮断器は50A、100Aフレームは電燈分電盤のように縦2列配置とし、225Aフレーム



6 図 BH型ロードセンタ外観

Fig. 6. Type BH load center.



7 図 NFC型動力分電盤内部組立

Fig. 7. Type NFC power distribution panel interior assembling.

ーム以上の遮断器は縦1列配置とし、50Aから600Aまで任意の組合せができる。壁取付として他の動力盤に比べてわめて小形で取付面積が小さい利点がある。この分電盤内部組立の一例を7図に示す。

#### エ. CNF型ノーヒューズ分電盤

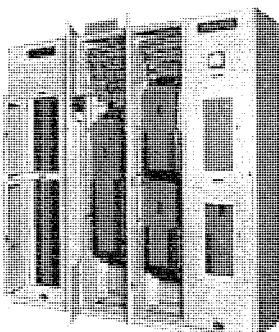
この分電盤の内部構造はNF型分電盤とどうようで、箱構造をキュービカル型としたもので、引込口および負荷側の端子を完備しNC型コントロールセンタと列盤にして用いるのに都合がよい。表面から回路の開閉状態がみえるように、有機ガラスの補助扉を設けたものが多く作られ、構造は防湿防塵型で防食の必要な場合はエヤーパージした例もある。8図はこの分電盤の一例である。

#### オ. ノーヒューズ分電盤用遮断器の選定法

分電盤の分岐用遮断器はJIS規格で基準周囲温度が25°Cである。この遮断器は前述のように周囲温度によってその動作特性がわずかではあるが変化する。また遮断器

6 表 三菱ノーヒューズ分電盤の種類

用途	ノーヒューズ分電盤の型名	分岐回路用遮断器の配置
電燈および電気器具回路	BH	BH型ノーヒューズ遮断器の縦2列配置
	NF	NF型ノーヒューズ遮断器、50Aフレームの縦2列配置
	BH-X	BH型ノーヒューズ遮断器の縦1列配置
	NF-X	NF型ノーヒューズ遮断器、50Aフレームの縦1列配置
電燈、電熱および動力	BH-NF	BH型ノーヒューズ遮断器とNF型ノーヒューズ遮断器、50Aフレームの縦2列配置
動力あるいは配電	NF-C	NF型ノーヒューズ遮断器、50A、100Aフレームは縦2列配置で、225A、600Aフレームは縦1列配置
特殊	-	-



8 図 CNF 型キュービクル型分電盤  
Fig. 8. Type CNF cubicle distribution board.



9 図 N-25 型電磁接触器（消弧室を取りはずしたもの）  
Fig. 9. Type N-25 magnetic contactor with arc chute removed.

を分電盤に組込んで箱に入るために箱内温度が外気と変る。しかし使用する配線でもほどどうような変化があり電線の保護には適当な特性といえる。なおとくに室温が高いところでの使用には 40°C または 50°C で較正した遮断器を用いることが好ましい。動力分電盤では電動機全負荷電流による選定基準による外、箱内温度の考慮も必要で回路数の多い分電盤ではそのつど慎重に選定すべきである。また電燈電熱回路には箱内温度の上昇を考慮して負荷電流を遮断器定格電流の 70% 以下に選ぶことが望ましい。

## 6. 電動機起動装置

化織工場における電動機は機械に直結して単独運転される点は一般工場と変わらないが、原料すなわちアルカリセルローズ処理工場では、1 台の電動機容量がかなり大きく、ときには高圧電動機を使用する場合もある。一般にはカゴ形電動機の直入起動で、とくに原液工程における連続化が進んで電磁式の直入起動器が多く使用される。

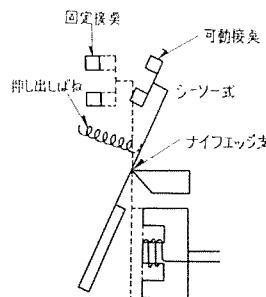
現在実用される電動機の起動方法は、巻線形にあっては起動抵抗器を用いて起動電流を制限すると同時に相当大きな起動トルクを得られるもの、カゴ形電動機に対しては 2 重カゴ形、深溝形などの特殊カゴ形の場合を含めてつぎの起動方式がある。

- (1) 直入起動（全電圧起動）
- (2) スターデルタ起動
- (3) 起動補償器
- (4) 1 次リアクトル起動または 1 次抵抗起動
- (5) その他の特殊起動

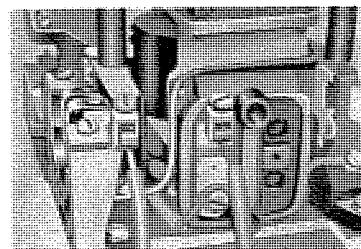
以上の起動方法のうちほとんどが直入起動が採用されているから、電磁式直入起動器のうち当社の新らしい標準系列について紹介する。

### A. EK 型電磁開閉器

電磁石の動作によるカゴ形電動機の直入起動には通称マグネットスイッチと呼ぶ電磁開閉器が用いられる。当社の電磁開閉器は EK 型と呼ぶ N 型電磁接触器と MW 型熱動過電流継電器とを組合せたもので、その保護構造の標準は閉鎖型であるが、化織工場向としては防食性を



10 図 N 型電磁接触器のシーソ式機構部分  
Fig. 10. Type N magnetic contactor, seesaw mechanism.



11 図 EK 型電磁開閉器の結線の例  
Fig. 11. Wiring of type EK magnetic switch.

加味した防湿防塵型のものが用いられる。

この電磁開閉器は JISC 8325 交流電磁開閉器の A 級（遮断および閉路電流が定格容量にたいする全負荷電流の 10 倍以上）、1 号（開閉頻度が 1 時間 1,200 回以上）、1 種（寿命が電気的に 50 万回以上、機械的に 500 万回以上）の特性をもっている。

### (1) 構造

#### a. N 型電磁接触器

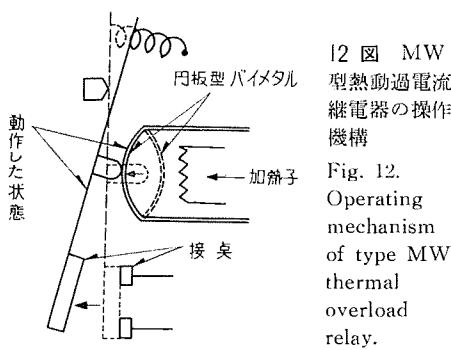
N 型電磁接触器の動作機構は 9 図および 10 図に示すように可動部分がナイフエッジを支点としてシーソ式に動作する。電磁石が励磁されると可動鉄心が吸引され、はなしへに抗してナイフエッジを支点として反時計式に回転し接点を閉じ、電磁石が消磁するとはなしへによって積極的に接点を開く。この機構は摩擦が少なく、動作が確実である。また可動部分の重心が大体支点の近くにあるから、動作は重力にあまり影響されずたとえ傾斜しても誤動作のおそれがない。

接触子は銀もしくは特殊銀合金を使用し、2 重遮断構造であるから遮断が容易であり、5 HP 以上のものにはデアイオン消弧装置を設けて積極的な消弧を行ふ。端子はすべて押縮めねじ端子を使用している(11 図参照)。

電気連動子は接触器を自己保持するために標準では 1 個取り付けてあるが、必要に応じて 4 個まで取りつけうる。その接点には銀を用い 2 重遮断で定格は 600 V, 5 A である。

#### b. MW 型熱動過電流継電器

MW 型熱動過電流継電器は熱動要素として円板型バイメタルを使用し、電動機が過負荷になったとき、バイメタルに接近して取りつけた加熱子によって加熱され、温度上昇によって急速に反転して接点を開きコイル回路を切って電磁接触器を開き、電動機を停止する。バイメタルは冷却するとともとの状態に反転する。12 図はバイメタル動作の要領を示す。この継電器は調整ばねの位置に

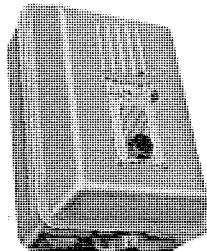


12 図 MW  
型熱動過電流  
繼電器の操作  
機構  
Fig. 12.  
Operating  
mechanism  
of type MW  
thermal  
overload  
relay.

型名	A	AA	AB	AC	B	BA	C	CA	CB	CC	O	P	Q	定格容量 (200V)
ED-10	230	170	240	60	610	550	130	35	165	60	11	28	22	5 HP
ED-11	230	170	240	60	610	550	130	35	165	60	11	28	22	7.5 HP
ED-12	300	240	310	75	830	770	160	35	195	70	11	35	22	15 HP
ED-13	370	290	380	90	1,150	1,070	180	70	250	75	14	44	22	30 HP
ED-14	370	290	380	90	1,150	1,070	180	70	250	75	14	50	22	50 HP

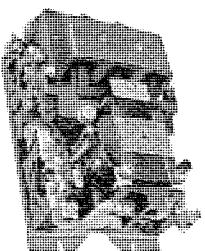
外形寸法 (mm) AA 付

8 表付図



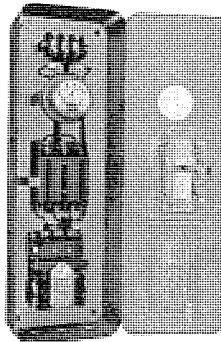
13 図 EK-15 型電磁開閉器

Fig. 13. Type EK-15  
magnetic switch.



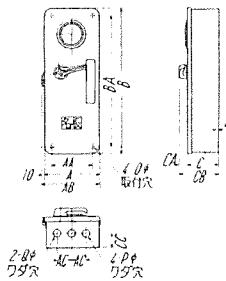
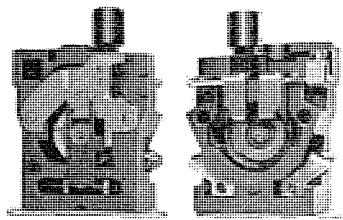
14 図 EK-105 型電磁開閉器内部

Fig. 14. Type EK-105  
magnetic contactor.



15 図 MW-11 型熱動過電流繼電器

Fig. 15. Type MW-11 thermal overload relay.



16 図 ED-11  
型電磁開閉器  
Fig. 16. Type  
ED-11  
Combination  
line starter.

動機分岐回路および電動機の保護の万全を期するためのもので、取付面積の節減、配線の簡約が得られる。種類と定格は 8 表のとおりで、表示燈、電流計付のもの、保護構造を水防型、防湿防塵型、防食型などの特殊構造のものがある。遮断器と電磁開閉器の組合せは 4 表および 5 表にもとづいているが、短絡電流を考慮し一段大形のフレームのノーヒューズ遮断器との組合せとすることもできる。16 図は ED-11 型電磁開閉器である。

#### ウ. LH 型高圧コンビネーション・ラインスター

化織工場では硫化機、溶解機のように大形の機械が多く、したがって大容量の電動機が用いられているが、50 HP をこえるものには高圧電動機を使用するのが種々の点で得策である。従来高圧電動機制御の直入起動器には電動機の運転保護のみ付属せしめ、短絡事故は電源側の遮断器に依存しており、かつ設備費の関係で数台の電動機に対して 1 台の遮断器を設けることが多く、1 カ所の事故を他に波及するおそれがあった。三菱電機は遮断容量が大きく、信頼性の高い電力ヒューズと新形気中式または油中式高圧電磁接触器との組合せによって単基にて短絡保護と運転保護とを備えた高圧コンビネーション・ラインスターを完成し化織工場用として多数実用されている。これら直入起動器の種類と保護型式とは 9 表に

より自動リセット、手動リセットの選択ができるようになっている。動作特性は JIS 規格に規定する特性に準拠し加熱子は電動機容量により選定され、称呼は引外電流目盛を採用し、目盛電流値で繼電器が動作し、目盛電流の 90% の電流では動作しない。

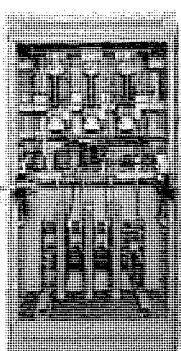
EK 型電磁開閉器の種類と定格は 7 表に示すとおりで 13 図は EK-15 型電磁開閉器の外観、14 図は EK-105 型電磁開閉器の内部を示す。また 15 図は MW-11 型熱動過電流繼電器の操作機構を示す。

#### イ. ED 型組合せ電磁開閉器 (コンビネーション・ラインスター)

分岐回路保護としての NF 型ノーヒューズ遮断器と、電動機起動用 EK 型電磁開閉器とを同一箱内に納めて、電

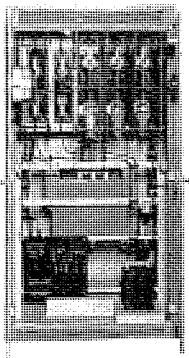
9 表 高圧コンビネーションラインスター型式および定格表

型 名	電磁接触器 型名	定格電圧 (V)	定格電流 (A)	遮断容量 (MVA)
屋内型	LH-312-P 型 FN-205-OH 型 油入電磁接触器	3,500	200	10
	AH-205-OH 型 氣中電磁接触器	3,500	200	30
屋外型	LH-312-PW 型 FN-205-OH 型 油入電磁接触器	3,500	200	10
	AH-205-OH 型 氣中電磁接触器	3,500	200	30



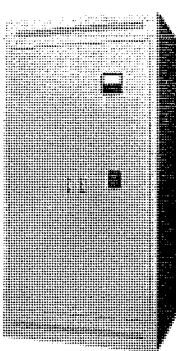
17 図 LH-332-P 型  
高圧コンビネーション・ライнстーター  
内部

Fig. 17. Type LH-332-P high voltage combination line starter, interior.



18 図 LH-312-P 型  
高圧コンビネーション・ライнстーター  
内部

Fig. 18. Type LH-312-P high voltage combination line starter, interior.



19 図 LH-332-P 型  
高圧コンビネーション・ライнстーター  
外観

Fig. 19. Type LH-332-P high voltage line starter, exterior view.

10 表 高圧コンビネーションライнстーター標準取付器具一覧表

個数	型 名	定 格	備 考
3	BA-200C 型 電力ヒューズ	3,450V 200A まで 遮断容量 3,450V において 15MVA	カゴ形 300HP 以上, 卷線型 1,000HP 以上には BA-400C 型
2	BAL-10 型 電力ヒューズ	3,450V 10A 遮断容量 3,450V において 150MVA	操作用変圧器保護
1	AH-205型または FN-205-OH 型 3 極電磁接触器	3,450V 200A 遮断容量 3,450V において 30MVA (AH-205) 10MVA (FN-205-OH)	AH-205 型は気中式 FN-205-OH 型は油入式
1	TR-32 型 熱動過負荷继電器		仕様によっては CO 型 誘導型過電流继電器を 2 個使用する
1	F-CV 型 不足電圧继電器	110V (60-65-70-75-80V 調整) 220V (120-130-140-150-160V 調整)	半埋込 角型
2	LF-340型 補助继電器	250V 15A	乾式 自冷型
1	操作用 単相 変圧器	2kVA 3150/210V 50/60%	"
1	計器用 変圧器	30VA	"
2	計器用 变流器	40VA	半埋込 角型
1	交流 電流 計		
1	2 枚 単接型 開閉器	250V 30A	
2	包装可溶器	250V 30A	
2	高圧カットアウト	3,500V 1 A	計器用変圧器 1 次側保護
1	低圧カットアウト	250V 1 A	計器用変圧器 2 次側保護
1 式	ケーブルヘッド	J CMS 型	
1 式	機械的鎖錠装置		

示したとおりである。

### 種類

LH 型高圧コンビネーション・ライнстーターは内部取り付けの高圧電磁接触器の構造によって気中型と油入型とに分けられる。油入型には FN-205-OH 型 3 極電磁接触器を、気中型には AH-205 型 3 極電磁接触器を使用し、高圧電力ヒューズや保護装置とともにキュービカル構造の鉄箱に納められる。電磁接触器の両者を比較すれば、気中型が油の取り替えが不要で、保守点検が容易であり、遮断容量も大きいなどの点から今後は気中型が貢用されることと思うが、化織工場ではすべての条件が気中型に適するとはかぎらないので、防食型の必要な場合には油入にすることが必要となる。

設置場所による分類として屋内型、屋外型とあり、屋外型にはまったくパッキング類を使用せず、ほとんど半永久的に性能の変化しない独特の防水構造を採用している。17 図はこれら気中型、18 図は油入型電磁接触器を

使用した高圧コンビネーション・ライнстーターの内部器具の配置を示したもので、19 図はこれらの外観を示し、また 10 表はこれら標準取付器具の内容とその定格を示した。

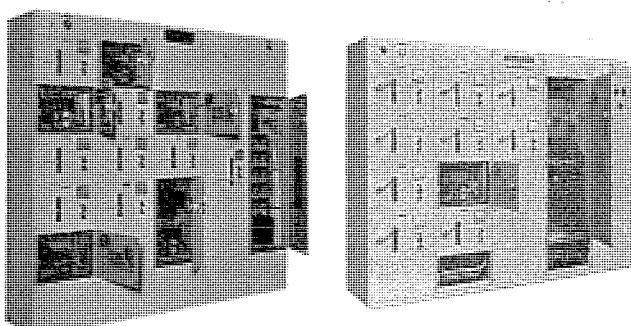
### 7. NC 型コントロールセンタ

工場設備合理化のために、各種の自動制御装置が採用され、機械および電機品の集中配置、中央管理方式が採られるようになったことは前に記した。当社は化織工場用の電動機集合制御盤としてのコントロールセンタを多数納入し、生産力を向上に貢献しているが、とくに新三菱重工業株式会社製の連続浸漬圧搾粉碎装置(スラリー装置)の電機品として大体 5 面をもって 1 機分となるコントロールセンタを約 40 機分を製作しており、これはアルセロ日産約 1,000 トン分に相当する。その他化織工場用として受注中のものも 200 面をこえる。このコントロールセンタは米国 NEMA 標準に準拠したもので、前項の組合せ電磁開閉器を 1 つのユニットとして各容量に応じてそのサイズに寸法的互換性を持たせた新しい型式の制御盤である。

電動機の起動器は機械の据付場所で起動状態を見ながら運転されることが好ましいが、化織工場では制御装置を工場の有害な雰囲気から隔離して使用することの必要から遠方操作方式によることが多い。そして分岐回路保護のノーヒューズ遮断器と電動機起動用の電磁開閉器とを

同じ箱に納め 1 ユニットとして保護の協調をはかり、かつ防潮防塵構造としたキャビネット型の制御盤とすることが取付面積の節約にもなり、また管理にも都合がよい。

20 図、21 図はスラリー装置用の NC 型コントロール



20 図 NC-2300 B 型  
コントロールセンタ

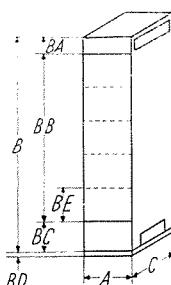
Fig. 20. Type NC-2300 B control center.

21 図 NC-1900 B 型  
コントロールセンタ

Fig. 21. Type NC-1900 B control center.

22 図 NC型 コントロール  
センタ 外形寸法図  
(mm)

Fig. 22. Type NC  
control center  
outline dimensions.



11 表 NC 型コントロールセンタ 標準外形寸法表

型名	基準ユニットの数 ノット	負荷端子引出	A	B	BA	BB	BC	BD	C
NC-1900T	4	上	510	1,900	380	360×4 1,440	80	50	520
NC-1900B	4	下	510	1,900	180	360×4 1,440	280	50	520
NC-2300T	5	上	510	2,300	420	360×5 1,800	80	50	520
NC-2300B	5	F	510	2,300	180	360×5 1,800	320	50	520

(注) 主回路電磁接触器の電流定格が 150Amp をこえるばあいには "A" の寸法は 610 になる。  
BA および BC のスペースは主母線ならびに相互の結線あるいは配線端子用である。

センタで前者は高さ 2,300 mm, 5 段ユニット、後者は高さ 1,900 mm, 4 段ユニットとした場合の外観を示す。その外に連続硫化、溶解装置用電動機の制御装置にも用いられている。

22 図は NC 型コントロールセンタ 1 面の標準構造で、ほぼ等辺の直方体でその寸法は 11 表に示すように高さは 2,300 mm と 1,900 mm の 2 通りがある。

左右両側面は高級仕上鋼板をコの字に曲げて相対せしめ、側板の中央に補強をかねて直立した U 字枠鋼を取り付け、これに渡した取付金に絶縁物を介して平面銅線の垂直母線がキャビネットの中心に支持される。両側板上部に窓を設け、600 A 容量の水平母線が隣接キャビネットを貫通するようになっている。数面並べて設置する場合に通常この水平母線の一端に電源を接続し、各キャビネットごとに垂直母線を分岐させる。22 図の BA, BC 部分は配線、通風、水平母線の取りつけに必要な部分で、それらを除く BB 部分を等分した BE の寸法 360 mm が最小ユニットの高さ寸法でこれが基準寸法となって、引出型のユニットが取りつけられる。各容量に応じてのユニットの寸法は 12 表に示すとおりである。

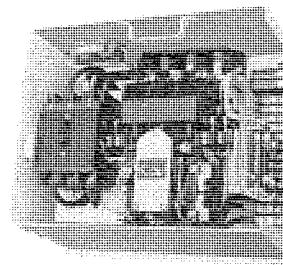
ユニットの構造は 23 図のように右側面のない箱で、これに遮断器・電磁開閉器・押鉗・信号燈・端子板・電源接続用クリップ端子などが納められる。ユニットは引出式で内部に設けた引手によって引出すことができ、接続用クリップで垂直母線に挿込み接続ができる。

ユニットの前面には別に扉があり、扉と外箱の当り面はパッキングで完全防塵構造となっており、扉には遮断器操作用ハンドルが取りつけられる。この機構には機械的インターロックを設け、遮断器が断の位置でのみ扉を開きうる構造で、ハンドルの位置で遮断器の開閉状態を

12 表 NCU 型コンビネーションラインスター ユニット  
取付のスペースと標準適合馬力との関係

型式	ユニット型名	A	B E	C	電動機容量
非可逆型	NCU-0	510	360	260	3 HP まで
	NCU-1	510	360	260	7.5 HP まで
	NCU-2	510	360	260	15 HP まで
	NCU-2×3	510	720	260	20 HP まで
	NCU-3	510	1080	260	30 HP まで
	NCU-4	510	1080	260	50 HP まで
可逆型	NCU-5	610	1440	520	100 HP まで
	NCU-2×0	510	720	260	3 HP まで
	NCU-2×1	510	720	260	7.5 HP まで
	NCU-2×2	510	720	260	15 HP まで
	NCU-2×2.3	510	1080	260	20 HP まで
	NCU-2×3	510	1440	260	30 HP まで
	NCU-2×4	510	1440	260	50 HP まで
	NCU-2×5	610	1800	520	100 HP まで

(注) 上表は 200-220V 回路のはあいを示す。C の寸法 258 はユニットを前面両面に取り付けできることを示す。



23 図 NCU-2 型  
コントロールセ  
ンタユニット

Fig. 23. Type  
NCU-2 control  
center unit.

表示する。

このコントロールセンタの特長を列記すれば下記のとおりである。

- (1) 安全な構造で外観はていさいがよい。
- (2) 便利な前面作業である。
- (3) 据付および配線に手数を要しない。
- (4) 据付面積が節約できる。
- (5) 運転保守が便利である。
- (6) 標準寸法によるから互換性があり増設変更が容易である。
- (7) 効果的な集中管理ができる。

#### ア. 種類

コントロールセンタの国内規格は未制定のため、当社は米国 NEMA 標準 IC1-1954 を参考とし、その配線方式によってつぎのような種類がある。

A 型 ユニット内に負荷側および制御回路用の端子板をとくに設けず、構成器具の端子を外部接続用としたもの。

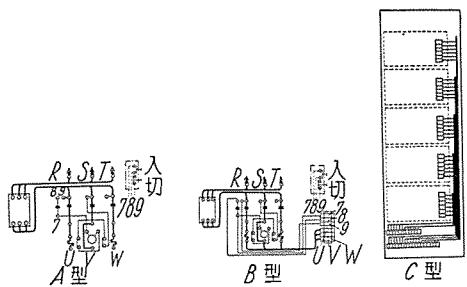
B 型 各ユニットに負荷側および制御回路用の端子板を設けたもの。

C 型 もっとも完備した型式で、各ユニットに端子板を設け、さらに上部または下部に配線用端子を集めして各ユニットからの内部配線を行ったもの。

以上を図示すると 24 図のとおりで、C 型は下部端子の場合を示した。

#### イ. 電源容量の制限

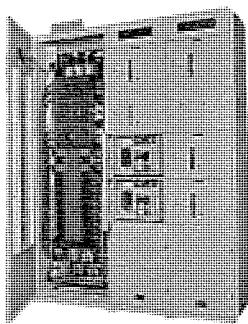
コントロールセンタの引込口遮断器には 600 A フレーム NF 型ノーヒューズ遮断器を使用する。その遮断容



24 図 コントロールセンタユニット接続図  
Fig. 24. Connection diagram of control center unit.

25 図 NC 型コントロールセ  
ンタと CNF 分電盤との列  
盤の一例

Fig. 25. Examples of type NC control center and type CNF distribution board.



量は 600 V, 25,000 A であり、したがって最大短絡電流がこの値以内であることが必要である。引込口遮断器のない場合は 100 A または 225 A フレーム遮断器が各ユニットに用いられ、その遮断容量は 600 V で 15,000 A でありこれらの遮断容量から電源容量を推定すると、電源変圧器のインピーダンスや事故条件によって相当の相違はあるが下記範囲で使用できる。

a. 引込口遮断器のない場合

600 V で 500 kVA, 200 V で 200 kVA まで

b. 引込口遮断器のある場合

600 V で 900 kVA, 200 V で 300 kVA まで

さらに大容量の電源にたいしては、短絡電流値を遮断容量以内におさえるために、電源側に限流リアクタまたは限流ヒューズを使用するか、新設の場合には変圧器の

インピーダンスをとくに大きく設計したものを用いればよい。

すでに述べたように分岐回路の事故保護および電動機の過負荷保護については、電動機の仕様、用途に応じ十分考慮して設計されるから保護の万全が得られる。

以上標準型のコントロールセンタの概略であるが、電動機の制御盤と並置して所内の電燈、電熱その他の饋電盤としてノーヒューズ分電盤を設けることがあり、この場合のノーヒューズ分電盤は前記の CNF 型キュービカル型分電盤を用いる。25 図はコントロールセンタと分電盤とを列盤にしたものの一例で、NF 型動力盤との組合せで共通母線に接続され、端子構造も共通部品を用いている。この組合せは各種の組合せがあり要求によっていかなる組合せも製作できる。

## 8. む す び

以上化織工場への納入品のうちとくに最新の製品について述べたが、化織工場用の制御装置はその作業の特殊性から相当長期間にわたって連続運転されるものが多く制御装置の選定には一般工場におけるような、いわゆる 8 時間定格をもとにした制御器具の選定では必ずしも十分ではなく、接点の温度上昇の点などに特別の配慮が必要である。したがってその選定には器具の適用容量にある程度の余裕を見込むとともに、とくに信頼度の高いすぐれた製品を選ぶべきであり、また工場の特殊雰囲気についても十分な注意が必要で、できればエヤーページするが望ましい。制御装置の構成部分となる器具自体も回路の開閉時に電弧の発生を皆無とすることは困難で接触子はつねに電弧によって消耗していく。器具がその全機能を発揮し、かつ長い寿命を確保するためには、器具そのものの設計の要否のほかにつねに最良の条件を維持するよう不斷の保守点検が必要である。使用者におかれてもこの点に留意し保守の万全を期せられることをお願いして筆をおく。

# 電子線加速用ベルト起電機

研究所 今村 元\*・中村 貢\*・井上功一\*・藤永 敦\*\*

## Belt Type Electrostatic Generator for Electron Acceleration

Engineering Laboratory

Gen IMAMURA · Mitsugu NAKAMURA

Koichi INOUE · Atsushi FUJINAGA

Peaceful utilization of atomic energy is now a popular cry. It is a well known practice to irradiate a polymer with radiation from radioactive isotopes to change its property. This process, however, sometimes requires a great amount of R.I. To obviate the trouble it has been worked out to accelerate electrons to high speed for the irradiation to polymers instead of R.I. A belt type electrostatic generator is the one to produce a stable, high energy with relative simplicity among accelerators now available. This machine is now produced for the first time by Mitsubishi for commercial application in this country.

### 1. まえがき

「原子力の平和的利用」という言葉は、近頃ではもはや少しも耳新しいものでなくなったが、これは粒子加速器の発達により物質の構造およびその複雑な性質が研究された結果に負うところが大きい。現在では電界や磁界を利用して数百万または数十億電子ボルトのエネルギーまで、陽子、重陽子、 $\alpha$ 粒子等の陽イオンおよび電子を加速して原子核破壊を行わせている。

ここで説明するベルト起電機は粒子加速器の1つで、静電的に数百万ボルトという高電圧をつくり、この電圧を利用して電子または陽イオン粒子を加速する装置である。わが国では東京・東北・大阪・九州の各大学に原子核実験用のイオン加速ベルト起電機が稼動中である。現在 M.I.T. 大学の教授である Van de Graaff が 1931 年無限軌道式ベルトを使用して静電的に高電圧を発生する装置を考案し、1935 年には R.G. Herb 達が改良を加えて現在のような形にしたが、高電圧発生の方法がベルトで行われるのでベルト起電機とよばれ、また彼の名前をとって Van de Graaff 静電発電機とも呼ばれている。

いわゆる放射性同位元素 (R.I.) からの放射線を物質に照射して、その物質の性質を変化させるということはすでによく知られていることであるが、目的によってはきわめて多量の R.I. を必要とする場合がある。この多量の R.I. の代りに電子またはイオンを高速度に加速して物質に照射するということが考えられるが、このような加速装置のうちで比較的簡単に高いエネルギーがしかも安定性よくえられるものとしてとりあげられたものが「ベルト起電機」で、わが国で工業的応用としてその製作

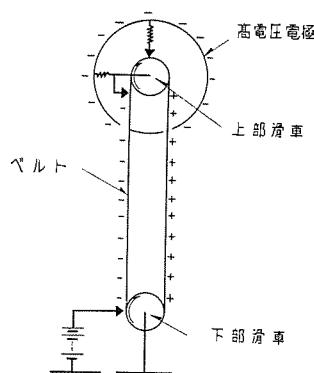
に乗り出したのは三菱電機が最初である。

このたび試作したベルト起電機は電子線加速用のもので、その設計は最高電圧 200 万 V、最高電子線電流は 250  $\mu$ A である。以下、この装置の原理、構造の概要および実験結果の一部を述べる。

### 2. 原 理

この発電機の原理は1図に示すようなものである。上方の球が高電圧電極であり、この電極内に滑車がある。これに対応して接地した滑車があり、両方の滑車の間に無限軌道式の幅の広い絶縁物のベルトを掛けておく。このベルトに下端で電荷を与えると、それがベルトの運動と共に機械的に上方の電極内に運び込まれ、そこで取り去られるのである。

下端において電荷をベルトに与えることと、上端においてこれを取去るには通常「コロナ放電」を利用する。その方法は、たとえば針を 10mm 間隔で櫛の歯のように一列に並べたものを作り、これをベルトから約 10 mm 位離してベルトに向わせておく。下端においてベルトに



1 図 ベルト起電機の原理  
図

Fig. 1. Schematic diagram of belt electrostatic generator.

電荷を与えるときには、この針に正または負の 10~50 kV の直流の電圧を与えると針の先から「コロナ放電」が起り、ベルトに正または負の電荷が付着する。ここで正と負との電荷を区別したのは陽イオン加速の場合には正の電荷を与え、電子を加速する場合には負の電荷を与えなければならないからである。高電圧電極内に運び込まれた電荷は上端において針にとくに電圧を与えるなくても、ベルトに乗ってきた電荷による電界によって「コロナ放電」が起り、電荷は針に移り、さらに高電圧電極の表面に移る。このとき高電圧電極に蓄積された電荷による電界は、その内部では全然影響がないので好都合である。

この起電機で第 1 に問題になるのは、これからとって利用できる電流の大きさである。高電圧電極からとりうる電流はベルトが持ち上げる電荷の大きさによるわけで、これが機械的に行われるのあまり大きいものになり得ないのではないかという懸念がある。もしベルトに乗った電荷が全部上で取り去られるならば、この電流はベルト上の電荷密度、ベルトの幅、およびベルトの速度によってきまるわけである。ところでベルトに乗りうる電荷密度には限度がある。その理由はベルト上に電荷がつくと、そのために空気中に向って電界を生じ、その大きさは電荷密度とともに増大し、大体空気中で  $30 \text{ kV/cm}$  以上になると空気を破って放電が起るからである。このときの電荷密度は  $2.65 \times 10^{-9} \text{ クーロン/cm}^2$  になっている。

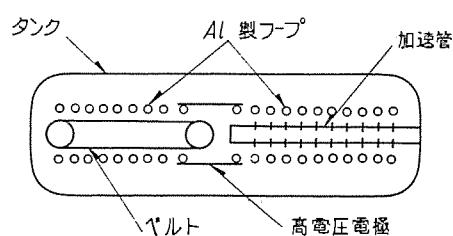
もしベルトの上昇部分だけでなく、降下する側においても反対符号の電荷を持ち運ぶようにしてやると、結果的にみてベルトの両側で高電圧電極内に同じ符号の電荷が運ばれることになる。その方法としては高電圧電極内に下部におけると同様に直流高圧電源（普通発電機を用いる）を備えるか、または 1 図のように昇ってきた電荷の一部分を最初のコロナ針で取り去り、これを抵抗を通して滑車に与えると第 2 の針がこれに向って「コロナ放電」する。しかもこのとき滑車は負に帶電しているので正の電荷が針からベルトに飛びベルトは正の電荷をもって降りていく。この場合は電子加速の場合であるが陽イオン加速の場合ならば同様にしてベルトの降下する側に負の電荷を持ち運ばせることができる。この抵抗を利用する代りに「コロナ放電」を利用する方法もある。

以上のように理想的にベルトの上昇、降下両側で電荷が運ばれる筈であるが、実際にはその通り行われない。その原因は種々あるが、ベルトが絶縁物であるから、もしベルトの外側に正または負の電荷がつくと、その反対側に反対符号の電荷が誘導され、同時に昇ってくることが考えられる。いずれにしても種々の起電機で実験された結果  $I \sim 3.5 b \cdot v \times 10^{-9} \text{ Amp}$  までの電流が得られることになっている。ここで  $b$  はベルトの幅 (cm),  $v$  はベルトの速度 (cm/sec) である。この電流値は理論値の約 60% に相当する。

つぎに最高電圧について考えてみる。もし高電圧電極から全然電流をとらないとすると、運び上げた電荷はつぎつぎに高電圧電極に蓄積される訳である。したがって周囲壁、床等に対する高電圧電極の電気容量を  $C$  とすると電圧は  $V = Q/C$  ( $Q$  は高電圧電極に集った電気量) の関係で幾らでも上昇する筈である。しかしここにも限度がある。電圧が非常に高くなると、電極付近の電界の強さが大きくなって空気を破って放電が起ったり、高電圧電極の一部から「コロナ放電」が起り、その電流が電圧の上昇と共に増加して、遂にはベルトで運び上げられる電流と平衡の状態になって、それ以上電圧が上昇しなくなる場合がある。したがって高電圧をうるためには電極は滑かに作るとともに、できるだけ曲率半径の大きい曲面、いいかえると、できるだけ大きい球形か円筒形にする必要がある。

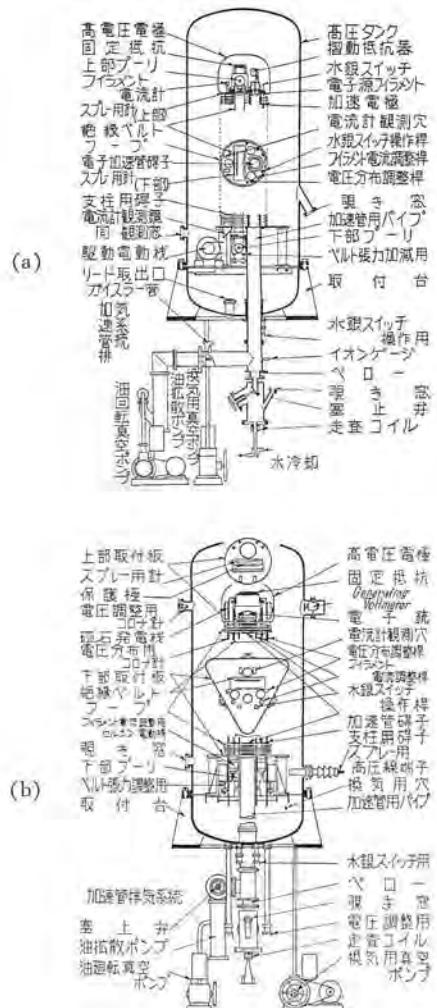
たとえば Van de Graaff が 2, 3 の人達と共同で作った装置は、直径 4.5 m の球を 2 個合せて高電圧電極とし、2 本の円筒形の絶縁物を支えているものであるが、この装置では最高電圧は 2.4 MV、電流は 2.1 mA であり、これが空気中でのベルト起電機の最高電圧ではないかと考えられている。このように大気中で使用すると、非常に大きな設備が必要になるので、起電機を絶縁のよい特殊な気体中あるいは空気でもこれを数気圧以上に圧縮した中で働くようにすると、放電の起るのを抑制して小形のものでも割合電圧を上昇させることができるようになる。R.G. Herb 一派が 1935 年、これに成功し、1937 年にはさらに改良を加えて現在のような装置をしている。その改良した点はつぎのような点である。

まず理想案として、中央に円筒形の高電圧電極があつて、その両端が電気抵抗の大きいほど絶縁物に近い円筒で支えられている。このようにして中央の電極が高圧になったとき、そこからわずかの電流がつねに両端の方に流れていると電圧も一様に両端に降下するので、どこにも電圧勾配の大きいところ、すなわち電界の強いところができなくて、放電の起るおそれが少くなる。したがって電圧も十分上昇させることができるようになる。しかし実際にはこのような好都合の円筒形の高抵抗物質をうることは困難であるから、2 図に示すような装置を作った。これは高抵抗円筒の代りに、非常に多数の Al 製の円環（これをフープと呼んでいる）を図のようにわ



2 図 R.G. Herb 達の高気圧型ベルト起電機

Fig. 2. High pressure type belt electrostatic generator by R.G. Herb, et al.



### 3 図 装置の概要図

Fig. 3. Schematic diagram of the machine.

ずかの間隔をおいて平行に並べたものである。Al 環はたがいに絶縁してあるが、全部にコロナ針をとりつけて、わずかのコロナ電流が順々に環から環へ流れるようにしてある。このようにして電圧の分布状態をできるだけ理想案に近づけている。

ここで電圧分布用にコロナ針を使用する代りに高抵抗を用いている装置も非常に多いことを付記しておく。このように高気圧の気体中で働くことと、金属環を用いて電圧分布をよくしたことは、ベルト起電機製作上の一つの大きな進歩である。R. G. Herb 達が 1937 年に製作したものは、タンクの直径が 165 cm、長さが 6 m, Al 環は  $1.7 \text{ cm} \phi$  の管をまげて作り、 $1.35 \text{ cm}$  の間隔で並べたものである。彼らの実験結果では空気 1 気圧で最高  $600 \text{ kV}$ , 7 気圧にすると  $2.2 \text{ MV}$  になっている。Van de Graaff 達も X 線用電源として製作したもので、空気 1 気圧で  $200 \text{kV}$  のものが 11 気圧で  $1.4 \text{MV}$  になっている。空気以外にも窒素と炭酸ガスの混合気体、フレオン、 $\text{SF}_6$  等が現在使用されている。

起電機を高気圧の気体中で働くことの利益はさらに  
つきの点にもある。すなわち気圧が高くなると放電が起

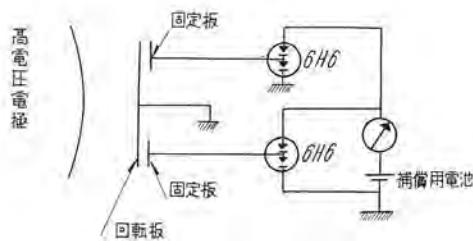
りにくくなるので、ベルト上の電荷密度を増加させることができる。したがってベルトの運び上げる電気量を増すことができる。さきに述べた Van de Graaff 達の装置で得た結果では、空気 1 気圧で  $400\mu\text{A}$  のものが 10 気圧で  $1.8\text{ mA}$  に増加している。

これまで述べてきた方式のほかに、とくに最高電圧が3 MV 以上になると、中間電極を備えつけて装置の小型化が行われている。そのほかフープの断面を橢円形にして高電圧部分の電界の強さをできるだけ小さくするよう種々の改良が行われている。

### 3. 構造

試作した装置は機械的構造上都合がよいように縦型にしたが、3図(a, b)に構造の概要を示してある。

タンクは蓋と底部とにわけられ、縫付には  $1\frac{1}{4}$ " ポルト 48 本を使用している。タンクの内径は  $1,280 \text{ mm} \phi$ 、高さ  $3,450 \text{ mm}$ 、肉厚  $12 \text{ mm}$  で検査鋼板を使用した。このタンクとしては、その内部に窒素ガスを  $9 \text{ 気圧}$  まで充填できるようにするために、 $13.5 \text{ 気圧}$  の水圧試験を行い労働基準局の検査に合格したもの用いた。タンクの蓋と底部のパッキングには  $6 \text{ mm}$  厚、 $40 \text{ mm}$  幅のゴム板を使用した。タンクの内面はできるだけ滑かである方がよいので、蓋の部分にはとくに亜鉛のメタリコンを施し、内面を仕上げてある。タンク蓋の上部には電圧測定用の発電電圧計と電圧調節用のコロナ針とが備えられている。発電電圧計はペークライト円筒で絶縁された 8 枚の扇形の固定板と 4 個の扇形に穴をあけた回転板とからなる。回転板は  $20 \text{ W}$ 、 $1,800 \text{ rpm}$  の同期電動機の軸に取り付けて接地し、一方固定板はペークライト円筒を同期電動機のケースにとり付ける。これらの回転板と固定板とからなる可変蓄電器を高電圧電極に向けておくと、固定板と高電圧電極との間の電気容量が周期的に変化する。それによって発生する電圧を 4 図に示す整流回路を通して真空管電圧計で読むと、その読みは高電圧電極の電圧に比例するので測定上好都合である。もちろん、この電圧計は既知の電圧に対して較正をしておく必要がある。4 図に示す整流回路で最初は 6H6 を用いたが、熱電子放射の影響が大きくて補償用の電池を必要としたが、ゲルマニウム・ダイオードを使用することによって補償用の電池を省くことができるようになった。整流回路によ



#### 4 図 発電電圧計の結線図

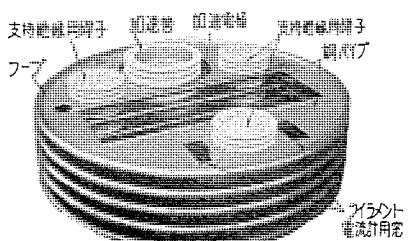
Fig. 4. Connection diagram of generating voltmeter.

り真空管電圧計までは誘導を防ぐためにシールド・ワイヤを使用した。

電圧調節用コロナ針はタンク外部にとりつけたスプロケットとチェインにより高電圧電極との距離を自由に加減できるようにしてあり、充填ガスの漏洩をふせぐためウイルソンシールを用いてある。またタンク蓋には直流高圧電源用のブッシング、高電圧電極付近の覗き窓3個、フィラメント電流計用覗き窓、および下部スプレ用コロナ針の模様がみえる覗き窓を備えている。覗き窓には強化ガラスを使用した。気圧測定用ゲージと安全弁もタンク蓋に取り付けてある。タンク底部には取付用台板があり、 $1,650 \text{ pc}\phi$  に  $28 \text{ mm}\phi$  の穴を16個あけてある。タンク内にガスを充填する前に、タンク内を真空にする必要があるので、タンク底部に排気用およびガス充填用の塞止弁を備えている。タンク内に装備する電動機などの配線はすべてコバール・シールを施した取出口を通して行った。タンク底部には加速管および4個の調節用ウイルソン・シールが取り付けられている。

タンク底部には滑車用ブラケット、駆動用電動機、絶縁支柱用台板が取り付けられている。駆動用電動機は5HP、2極、3相誘導電動機を使用した。滑車は直径 $100 \text{ mm}\phi$ で2本のVベルトで駆動される。使用した絶縁ベルトは木綿とゴムを4重に張り合せたもので、幅 $280 \text{ mm}$ 、長さ $4,100 \text{ mm}$ 、厚さ $2.5 \text{ mm}$ であり、内側が木綿、外側がゴムになっている。ベルトの速度は $50 \text{ c/s}$ では約 $16 \text{ m/sec}$ 、 $60 \text{ c/s}$ では $19 \text{ m/sec}$ になる。下部の滑車は自由に上下できるようになっており、滑車の自重と別に取り付けた錘りとでベルトの伸びを逃げうるようにしてある。

ベルトに電荷をスプレするには前述のようにコロナ針を用いる。この針としては蓄音機用の針を用い、 $8 \text{ mm}$ 間隔に34本、L型の真鍮板に植込んで電極とした。これは高電圧電極内におけるコレクタ、ダブル用スプレ電極および下部のダブル用コレクタ電極にもすべて同様のものを用いてある。下部でのスプレ電源は $75 \text{kV}, 30 \text{mA}$ 、ケネトロン整流のX線用高圧電源を用い、安全抵抗およびタンク蓋にとりつけたブッシングを通してコロナ針に電圧を与えた。スプレ電流は制御盤でスプレ電圧を加減することにより調節することができる。また高電圧電極の電圧は発電電圧計の電圧の変動を $6J7G$ を通してス



5図 フープおよび加速管の構造

Fig. 5. Assembly of hoops and acceleration tubes.

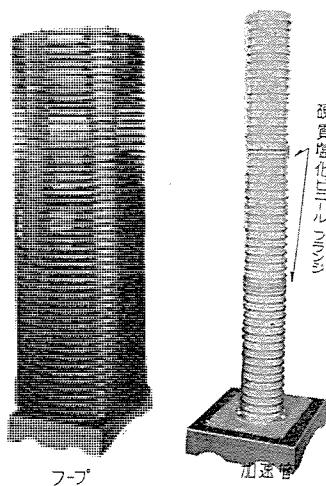
電子線加速用ベルト起電機・今村・中村・井上・藤永

レ電流を制御するようにしてある。

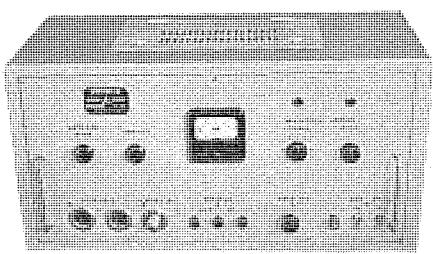
フープは $1.6 \text{ mm}$ 厚の銅板を絞り加工して作ったもので、外径 $540 \text{ mm}\phi$ 、フープ間隔は $30 \text{ mm}$ 、フープの円環部分の直径は $14 \text{ mm}$ である。高電圧電極の支持絶縁柱は高さ $1,500 \text{ mm}$ で、フープと直径 $100 \text{ mm}\phi$ の巻きの付いた得子3個と鉄板3枚とをアルダイトで接着し、これを1ブロックとし、これらを各段ねじじめにして50段積み重ねた。その模様は5図に示すとおりである。フープにはベルトの通る外側の部分に2本の銅のパイプをハンダ付けし、ベルトの内側にも同様に2本の銅パイプをねじ止めするようにしてあり、組立の際にとりつけるようになっている。5図にはベルト内側の2本の銅パイプはとりつけてない。フープにはフィラメント電流計および高電圧電極内にある調節用装置のための穴があけてある。各フープには電圧分布用に2組のコロナ針が備えられており、それらはタンク下部のウイルソンシールを通して操作できる塩化ビニールの棒にねじ止めされている。ウイルソン・シール部のハンドルの回転によりコロナ針を自由に上下させることができる。

高電圧電極は $2 \text{ mm}$ 厚のAl製で直径 $600 \text{ mm}\phi$ 、高さ $480 \text{ mm}$ で上部台板にねじじめする。高電圧電極は仕上げにとくに注意し、できるだけキズがなく、滑かにしてある。高電圧電極内にはそれぞれベークライトで絶縁された上部滑車用ブラケット、フィラメント調節用可変抵抗器、水銀スイッチ、およびダブル用固定抵抗体が納められている。上部滑車は下部滑車と同様に直径 $100 \text{ mm}\phi$ で、両端には2個の磁石発電機をとりつけてある。

フィラメント調節用可変抵抗器は $100\text{W}, 10\Omega$ のものを2個使用し、水銀スイッチによりフィラメント回路の開閉ができる。その操作には可変抵抗器は下部台板にとりつけた2台のトルク同期電動機に連結した塩化ビニールの絶縁棒を用いてタンク外部より調節でき、水銀スイッチはタンク下部にとりつけたウイルソン・シールと塩化ビニール絶縁棒を用いて開閉できる。フィラメント電源としては上部滑車にとりつけた磁石発電機を使用する。

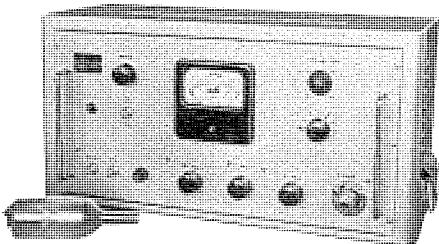


6図 フープおよび加速管の組立構造  
Fig. 6. Construction of hoops and acceleration tubes.



7 図 電子線走査装置

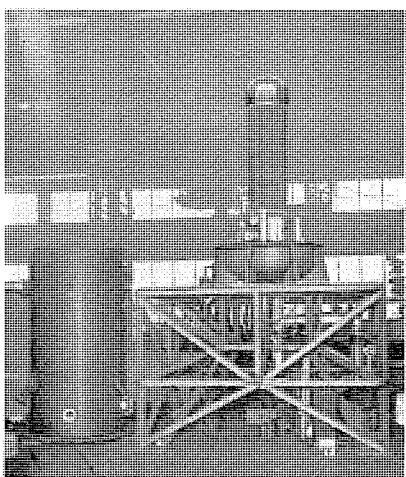
Fig. 7. Electron beam scanning device.



8 図 イオン・ゲージ装置

Fig. 8. Ion gauge device.

加速管の上部には電子放射用フィラメントを備え、フィラメントは  $0.20 \text{ mm}\phi$  のタングステン線をヘア・ピン型にして使用している。フィラメントの加熱は前に述べたように上部滑車に連結された磁石発電機および水銀スイッチ、可変抵抗器を用いて加熱でき、フィラメント電流は高電圧電極内の計器を下部台板にとりつけた鏡で反射させてタンクの外部より読むことができるようになった。加速管は外径  $170 \text{ mm}\phi$ 、内径  $130 \text{ mm}\phi$ 、高さ  $29.4 \text{ mm}$  の碍管を用いた。加速電極には  $0.6 \text{ mm}$  厚の不銹鋼を使用し、特殊な方法を用いて絞り加工して作った。碍管と加速電極とはアラルダイトで接着し、3段にわけ、各段は約  $500 \text{ mm}$  程度になるように組みあげた。各段の接続にはゴム・パッキングおよび硬質塩化ビニールのフランジを用いて気密をもたせた。加速管は組み立てる前に各段ごとに漏洩試験を行ってから使用した。とくにアラルダイト接着には種々実験を行い、適当な処理温度、処理時間を選んで行った。加速管の位置は 5 図に示すとおりであるが、6 図にはフープと加速管とを積み重ねたところを示してある。実際に下部台板に加速管を取り付ける場合には硬質塩化ビニールのフランジを用いて締め付けた。加速管の延長部分は外径  $168 \text{ mm}\phi$ 、内径  $150 \text{ mm}\phi$  の鋼管を用いてタンク外部へ取り出し、T型接続管、ベロー、塞止弁を経て電子線取出箱に達する。ベローは電子線の中心を調節するために備えたものであり、塞止弁は電子線取出窓に使用する  $0.05 \text{ mm}$  の Al 箔を取り換える際、加速管の真空を破らずに操作できるためのものである。塞止弁には電子線覗き窓があり、前述のベローを用いて電子線を取出窓に取り出すことができる。電子線取出箱の上部および下部は水冷却ができるようにしてあり、電子線取出窓には  $5 \text{ mm}$  幅、 $80 \text{ mm}$  の穴があけてあり、 $0.05 \text{ mm}$  の Al 箔を真空グリースでと



9 図 装置全体の写真

Fig. 9. Photograph of belt electrostatic electron accelerator.

めたうえにゴム・パッキングで締め付けて真空を保つようにしてある。電子線取出箱には電子線走査用コイルがあり、その電源は 7 図に示すとおりでテレビジョンと同様な走査方式を用い、 $200 \text{ c/s}$  で走査できるようになっている。本装置が操作中故障を起した場合には、Al 箔を保護するために電子線の放射が止まるようになっている。

T型接続管には真空度を調べるためにガイストラ管およびイオングージが取り付けてある。イオングージは 8 図に示す装置で  $10^{-6} \text{ mmHg}$  まで読むことができる。一方 T型接続管からわかれ、トラップ、 $6''$  塞止弁、油拡散ポンプ、 $3''$  塞止弁を経て油回転真空ポンプに至り加速管排気系統を形成する。トラップにはドライ・アイスを使用するようにしてある。油拡散ポンプは  $1,000 \text{ l/sec}$  の排気速度を持ち、油回転真空ポンプは 1 HP の電動機により駆動される。

装置全体は高さ  $2,000 \text{ mm}$  の架台に乗せてあり、9 図に示すとおりである。本装置に必要な電力は  $10 \text{ kVA}$  (3 相、 $220 \text{ V}$ )、および  $2 \text{ kVA}$  (単相、 $110 \text{ V}$ ) であり冷却水は  $2 \text{ gpm}$  で十分である。

#### 4. 実験結果

まず最初ベルトの回転が約  $20 \text{ m/sec}$  程度の高速度であるため、ベルトの回転を確めるための実験を行った。それにはフープを組み立てる代りに、3 本の鉄の支柱を使用した結果、ベルトの左右の移動は上、下部の滑車の高さをわずかに調節するだけで成功した。一方ベルトは縫目が直角方向であると、張り合せ方にもよるが、はがれ易くなる欠点があることが判明したので、ベルトの縫目は斜方向にすることにした。

つぎに加速管およびフープのアラルダイト接着であるが、これは表面の状態、処理温度および処理時間を十分注意することによって成功し、とくに加速管は碍管と電極とを接着後漏洩試験を行ったところ、ほとんど漏洩の

ないことを確めた。

以上の予備実験を終ったうえで装置の組立を行った。まず加速管の真密度は、プロパン・ガスを使用して漏洩をしらべたところ、主としてゴム・パッキング部分に漏りのあることがわかり、それを直すことによりイオングージのある位置でつねに  $5 \times 10^{-6}$  mmHg の真密度が得られている。

つぎにベルトに電荷を与えた場合、下部で  $80 \mu\text{A}$  スプレして運び上げられた電流は  $65 \mu\text{A}$  で、これをダブルにすることによって  $120 \mu\text{A}$  にすることができた。もちろんこれは空気中での実験であるが、空気中では高電圧電極およびフープからの漏洩が激しく、電圧も上昇し難いうえに電子線も地磁気の影響をうけるので調節がやっかいで実験が困難であった。

それでタンク蓋をかぶせて窒素ガスをゲージ圧力で 4.5 気圧まで充填して電子線を中心にして、そのエネルギーを Al 中の飛程を測定して求めた。飛程の測定には  $\beta$  線計数管を使用し、Al は 0.1 mm の薄板を使用した。実験の結果、電子線取出窓の Al 箔、空気中の距離および  $\beta$  線計数管の窓の厚みの補正を施すと 1 MV の電圧が得られていることが判明した。このときの発電圧計の読みは 2.5V であった。フィラメントの wehnelt tube に電圧を掛けない場合の電子線束は直径 20 mm 程度であるが、電圧を掛けることによって 5~6 mm $\phi$  程度の電子線束にすることができた。

組立は変圧器工場の一部を利用して行ったが、そこでは遮蔽も不十分なので、電子線電流も  $1 \mu\text{A}$  以下に抑えている。しかし、今後は遮蔽設備の完備した科学研究所においてさらにエネルギーの測定を続行する予定である。現在の結果を Van de Graaff 達の実験と比較すると、9 気圧まで窒素を充填することにより少くとも 1.6 MV は確実に出せると思われる。

## 5. おもな応用面

現在、わが国でベルト起電機を持っているのは、東京・東北・大阪・九州の各大学で、みなイオン加速用のものであり原子核実験に使用されて非常な成果をあげている。

試作した電子線加速用ベルト起電機による応用面は種々考えられるが、今までにアメリカ、イギリス等で発表されたところを参考にすると、繊維工業・合成樹脂工業・ゴム工業等の高分子化学がある。すなわち高分子物質に高エネルギーの電子線を適量照射すると、普通の化学的方法では起らなかった新しい変化が起り、その強度・伸び・耐熱性などが改善され、またあらゆる溶剤に対して不溶性のものが得られる。現にアメリカにおいては、すでにイラセーン (Irrathene) 101 および 201 という商品名で、電子線を照射したポリエチレン・テープを電

気絶縁用として市販している。その特長は前者は室温から 100°C まで、後者は室温から 120°C まで連続使用可能であるという点である。これは工業的には新しい型の高分子製造法の可能性を示しており、今後ますますこの方面的発展が予想される。

このようにすでに外国においては電子線加速用ベルト起電機を使用して製品を市販しているが、一方わが国ではまだ研究の緒についたばかりで主として放射性同位元素の放射線、またはサイクロトロンからの高速イオンの照射等が行われているだけでベルト起電機による電子線照射についてはほとんど行われていない状況である。

この装置による実験はもちろん照射量と物質の特性変化との間の量的関係を実験的に確かめ、将来は繊維工業・合成樹脂工業・ゴム工業における高分子応用の諸製品の特性改善に役立てようとするものである。

## 6. む す び

試作した電子線加速用ベルト起電機の組立が完了し、窒素ガスをゲージ圧力 4.5 気圧まで充填したときの実験が終ったので、その構造の概要と実験結果の一部を簡単に報告した。

遮蔽設備その他の制約のため現在までに完全な実験が完了していないが、Van de Graaff 達の実験結果と比較すると 9 気圧まで窒素を充填することにより少くとも 1.6 MV までは確実に出せることが判明した。

終りに臨み、本装置の試作に際し多大のご指導とご援助を下さった科学研究所篠原健一主任研究員、東京大学工学部雨宮綾夫助教授、当研究所大野所長、菅野参事、および工作部門を担当していただいた工務課塙見課長、高部技師、伊丹製作所板金課の各位、組立実験にご援助下さった倉敷レーヨン佐伯安男君に深くお礼を申し上げるとともに、本装置の組立実験に場所を長期間提供していただいた伊丹製作所第 1 工作課変圧器組立工場の関係各位に厚くお礼を申しあげる。

なお本研究は通産省、応用試験研究補助金を戴いて行ったことを付記する。

## 参 考 文 献

- (1) Van de Graaff: Phys. Rev., 38, 1919 (1931).
- (2) Herb, Parkinson and Kerst: Rev. Sci. Inst. 6, 261 (1935).
- (3) Herb, Parkinson and Kerst: Phys. Rev., 51, 75 (1937).
- (4) Trump and Van de Graaff: Phys. Rev., 55, 1160 (1939).
- (5) Trump and Van de Graaff, and Safford: Rev. Sci. Inst., 11, 54 (1940).
- (6) Buechner, Van de Graaff, Sperduto, Mc Intosch and Burrill: Rev. Sci. Inst., 18, 754 (1947).
- (7) Campbell: Material and Method, 40, 91 (1954).

# 纖維工業用静電気式空気清浄装置「クリネヤ」

神戸製作所 斎藤 寛\*

## “Cleanaire” in Spinning Industry

Kobe Works Hiroshi SAITO

In the course of spinning from raw materials to yarn, particles of soot floating in the air are often adhered to the materials and contaminate them. To avoid it, Mitsubishi electro static air purifying equipment—cleanaire—has been tried and proved to be very successful. Factories employing this equipment claim that the defective goods are almost reduced to none and go so much as to declare they can not do without it.

### 1. まえがき

最近本邦の紡績業界において異常な関心を集めている1つの問題がある。それは從来から紡績業者にとって悩みの種であったいわゆるスミ糸（空気中の浮遊煤煙粒子によって黒く汚染された糸）が、静電気式空気清浄装置クリネヤを使用することによってほとんど皆無になるといたる事実が、敷島紡績城北工場および日清紡績名古屋工場においてそれぞれ実証されたことである。その効果はクリネヤを運転し始めたその日から明瞭に現われ、上記工場において生産される糸は全く面目を一新し、しかも汚染による不良品がほとんど姿を消してしまったのである。このためにこれらの工場においては、その操業時間中は寸時もクリネヤの運転を休止することができないほど重要な役割を果しつつある。これはクリネヤが今後の紡績工場のあり方という問題に関連して注目すべき新事実を紡績工業界に提供したものというべきであろう。

わが国では遺憾ながらまだあまり普及しているとはいひがたかったクリネヤも、紡績工場に絶対必要な設備であることを実証したことにより、まずこの分野よりその普及度が急速に高揚することが期待されるようになったのである。一度クリネヤが紡績工場に設置されると、昨日までは薄汚れた糸しか生産されなかつた数万ないし数10万錘の大工場から、一夜明ければ眞白な糸が生産されるようになるという現象が起り、その効果のてき面さおよび効果の規模の大きさにおいて、クリネヤの真価をこれほどまでに遺憾なく発揮したことは今までにもその例が少いことである。したがって単に紡績工業のみならず同じように糸を扱う織布工業においてもクリネヤの成果は期して待つべきものがあると考え、以下とくに紡績工業とクリネヤとの結び付きを主題として述べ、広く関係各位のご参考に供する次第である。

### 2. 糸の汚染

紡績工場において綿から糸に紡がれてゆく間に工場内の浮遊煤煙粒子がこれに付着し、撚糸工程において煤煙粒子が纖維の間に巻込まれて汚染の原因になる。また精紡工程においては約1万回転近くの高速で回転する木管に糸を巻取る作業が行われるが、この場合糸は木管の下部から順次上部に向って巻取られてゆくために、木管下部の糸の表面ほど大気中に曝露される時間が長くなる。したがって20番手程度の比較的太い糸でも大きな木管に巻取る場合や、40番手以上の細番手の糸で小さな木管を使っても巻取に長時間を要する場合等、いずれにしても木管1本の巻取に数時間から10数時間をする場合には、浮遊煤煙粒子が木管の糸の表面に付着し、ことにその下半部は歴然と薄黒く汚れてくる。このように汚染した糸のことをいわゆるスミ糸と称し、これは後の種々の工程において除去することがなかなか困難であり、結局その糸は高級品としての資格を失うことになる。したがって比較的高級品向として生産される細番手の糸にスミ糸が発生することは、紡績工場にとってコストの面から非常な痛手になる。このスミ糸発生の悩みはとくに大都市周辺あるいは工業地域にある紡績工場において深刻である。また織布工場においても純白な高級布地を生産する場合には、やはり浮遊塵埃の付着によるシミの問題で同様な悩みを有するものと推察される。さらにまた糸の強制熱風乾燥の場合にも糸がフィルタのような作用をして熱風中の塵埃粒子を付着し汚染の原因となる。

糸がその紡糸工程において汚染される外的条件としては、一応

- (1) 換気導入外気中の塵埃（主として煤煙粒子）
- (2) 高速回転するスピンドル等の軸受部より飛散するオイルミスト（油霧）

(3) 屋外から衣服、靴、手押車などに付着して持込まれる塵埃等の塵埃

等の工場内飛散をあげることができるが、一方糸自身にも塵埃を吸着するような内的条件が存在する。すなわち紡糸や織布の工程において糸が高速度で空気中を走行したり他物体と摩擦したりするときに、糸自身が帯びる静電気のために浮遊塵埃を吸着し易くなる。この場合糸のケバは塵埃の吸着を一層助長する働きをする。糸が静電気を帯びるために切れる現象は紡績の初期の工程においてすでに問題となっており、このための静電気除去装置も考案されているが、静電気は糸の汚染にもある程度悪影響を及ぼすものと考えられている。また工場内に浮遊する綿塵そのものは糸の汚染要因とはならず、むしろそれが紡糸に付着することによって節糸の原因を形成するという別の問題を生ずるために、現在は移動ファンによって綿塵が紡糸に付着するのを防止しているのである。したがって上述の外的条件さえ抑制されるならば、内的条件も自らその効果を減殺される結果になる。

ほとんどの紡績工場は温湿度調整の必要から、その換気用導入外気あるいは再循環空気は空気清浄装置を通して冷水スプレにより洗浄増湿を行っている。したがって綿塵のように比較的大きな塵埃はここである程度除去されるが、外気中の $1\mu$ 前後の煤煙粒子のような微小塵埃の除去にはほとんど役立たないと考えるべきである。これは空気洗浄装置以外の機械的フィルタについてもほぼ同様なことがいえる。すなわち機械的フィルタにより比較的高い集塵効率で除去できる塵埃粒子の大きさは大体 $10\mu$ 以上とみなしてよろしい。われわれが敷島紡績や日清紡績の前記2工場において経験したことからいえば、工場の吸気口と排気口以外は密閉し導入外気中の煤煙粒子その他の微小塵埃をクリネヤによって除去する手段さえ講ずれば、他の汚染要素はほとんど問題にならないようである。

このように糸あるいは布の製造工程における汚染はほとんど外気中の微小塵埃（ことに煤煙粒子）によるものであるために、紡績織布工場周辺の環境によってその汚染度の著しい時期や汚染の程度などもおのずから異なってくるのは当然である。紡績工場の立地条件から見た場合、製品汚染に影響する要因を具体的にあげるとつぎのようになる。

#### ア. 環境的要因

(1) 周囲に煤煙を出す工場が多い場合（たとえば火力発電所・鉄物工場・製鉄製鋼工場・ガス会社・窯業工場・染色工場等）

(2) 大都市周辺にある場合

(3) 汽車の往復頻度の多い鉄道沿線にある場合

#### イ. 季節的要因

(1) 四季により一定の季節風が吹き、その風上に煤煙を多量に出す工場がある場合

(2) 冬期間の工場、民家などで暖房用の石炭を焚

く場合、これは大都市周辺にも当てはまることがある。

#### ウ. 天候的要因

(1) 大都市でよく起る煙霧（煤煙を含んだ霧）の発生する場合

(2) 雨の降る前によくあるように風が止み湿度が増加してうっとうしい天候の場合

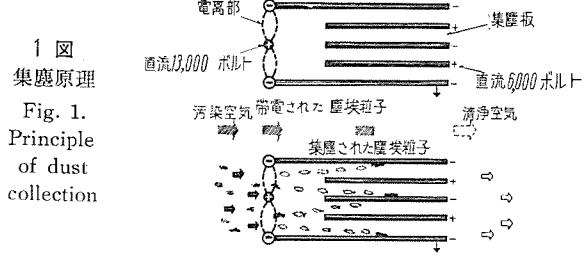
(3) 空気が乾燥し強風が吹く場合

これらを総合的にみると、大体大都市周辺や工業地域にある紡績工場では11月頃から翌年4月頃までの間が最もスミ糸が発生しやすく、ことに煙霧の発生時やうっとうしい天候の時には糸の汚染が甚だしいということになる。したがって大阪の都島にある敷島紡績城北工場や名古屋市南部の築港地帶に近い日清紡績名古屋工場の如きは、環境の悪さからいえばその代表的なものとみなしうるので、これらの工場では従来濃淡の差こそあれスミ糸の発生が頻繁であったということはもっともなことである。また外にも例があると思われるが東洋紡績浜松工場のように鉄道機関庫に隣接し、同地方特有の季節風によって機関庫あるいは機関車の発生する煤煙をとともに受ける所もある。

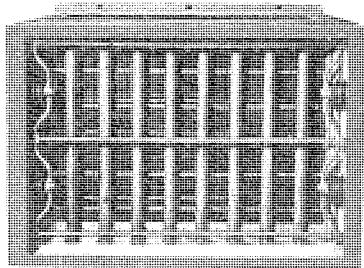
このようにスミ糸の発生はその原因がほぼ決定付けられているものの、それが外的条件によるものであるために発塵源を抑えることはほとんど不可能に近く、どうしても自衛手段に訴えて導入外気中の塵埃を除去する方法を講ぜざるを得ないわけである。

### 3. クリネヤの機能

静電気式空気清浄装置クリネヤの集塵機構は電源部、電離部、集塵部の3主要部分から構成される。電源部は50/60 c/s, 100ないし 220 V の低圧単相交流を倍電圧整流方式により高圧直流に昇圧整流して、D-C 12,500±500 V を電離部へまた D-C 5,500±500 V を集塵部へ供給するためのものである。電離部はごく細い正極性高電位極線と比較的太い接地極管とを気流に直角に交互に1列に並べたもので、高電位極線に D-C 12,500 V を印加して放電を行わせ、隣接接地極管との間の空間を正極性の空気イオンにて満たし、ここに進入してくる浮遊塵埃に正電荷を与える部分である。この電離部の特長は放電に伴って発生するオゾンや亜酸化窒素(笑氣)の発生量を無視しうる程度に抑制して、換気空気の清浄用として安心して使用できるようにした点にある。また集塵部は電離部の直後に置かれ、多数の薄板を小間隔に気流と平行に並べ、1枚おきに D-C 5,500 V を印加して正極性の高電位極板とし、隣接する板はそれぞれ接地して集塵極板として隣接極板間に強力な平等静電界を形成せしめるものである。電離部で正に荷電された塵埃粒子が集塵部に進入してくると、静電界の作用により荷電粒子は集塵極板に向って吸引され、これに付着してその電荷を失う。したがって気流に乗って運ばれてくる塵埃粒子が集塵部を通過しない間に集塵極板に付着すれば、集塵作用が行



1 図  
集塵原理  
Fig. 1.  
Principle  
of dust  
collection



2 図 標準集塵  
ユニット  
Fig. 2. Standard  
dust collecting unit.

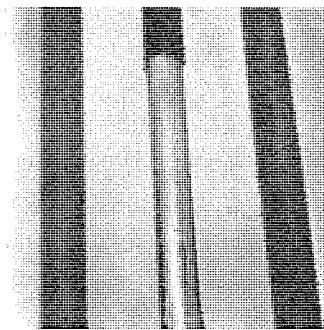
われたことになる。これがクリネヤの集塵原理であり、塵埃粒子を荷電する作用と荷電された塵埃粒子を集塵する作用とを2つの性質の異なる電界で別々に行わせるところから、このような方式を2段荷電型静電気集塵方式と称する。1図にクリネヤの集塵原理を示す。

集塵極板に付着した塵埃が気流によって剥離しないように、また捕集堆積した塵埃を洗浄する場合によく洗い落せるように、電離部集塵部にはあらかじめ特殊な粘着剤が吹付けられる。

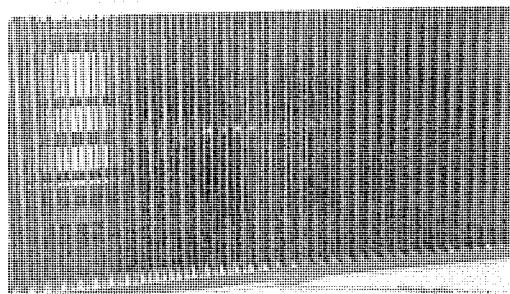
大形クリネヤは電離部と集塵部を1個のケースに納めた集塵ユニットを、処理風量に応じてその所要個数を縦横に積重ね、これを外被枠で被覆して構成される。2図に標準集塵ユニットを示す。これは幅900mm高600mm気流方向長600mmのもので、その最大処理風量は集塵効率90%のとき2,000cfm、集塵効率85%のとき2,400cfmである。このほかに600mm幅のユニットも標準として設けてあるが、主として900mm幅のものを使用し600mm幅のものは補足的に使用することにしている。

ある期間クリネヤに集塵作用を當ませると、集塵極板には捕集塵埃が堆積して集塵効率が低下してくるから、周期的にこれを除去しなければならない。そのためには60°Cの温水をスプレにして電離部集塵部に吹付けて洗浄し、洗浄後新しい粘着剤を電極面に吹付けておくのである。洗浄周期は環境によって一定しないが、紡績工場であれば大体2週間に1回位の割合が適当のようである。したがってクリネヤには洗浄機構が必ず付随する。

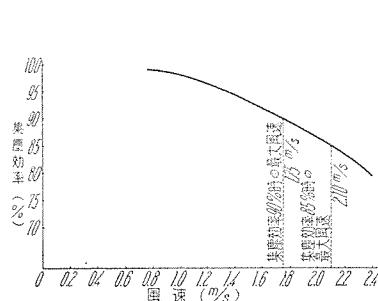
集塵のための消費電力はきわめて少く、大形クリネヤの場合処理風量1,000cfm当たり大略15W程度に過ぎない。またクリネヤの集塵効率はその通過風速によって大きく左右されるから、たとえ最大処理風量以下であっても各集塵ユニットの通過風速分布が不均一であってはならない。これは洗浄周期にも関係してくるのである。このために一般に集塵ユニット列の上流側には穴明鉄板



3 図 電離部塵埃付  
着状況  
Fig. 3. State of dust  
adhesion to the  
ionized part.



4 図 集塵部塵埃付着状況  
Fig. 4. State of dust adhesion to the dust  
collecting chamber.

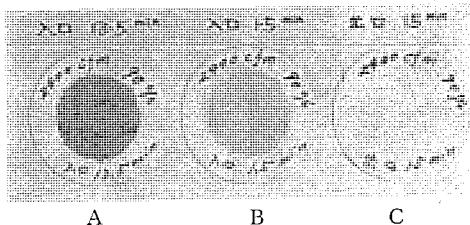


風速×集塵ユニット断面積  
×集塵ユニット総数=風量  
ただし集塵ユニット断面積  
は  
900 mm 幅のもの  
0.54 mm<sup>2</sup>  
600 mm 幅のもの  
0.36 mm<sup>2</sup>  
として算出すること  
本図は空気流入側より見て  
集塵極板の見掛け厚みが約3  
mmになる程度に塵埃が捕  
集された状態、すなわち洗  
削直前における時の集塵効  
率を示すものである。洗浄、  
粘着剤吹付直後の集塵効率  
は、通常本図よりも2~5%  
高い値を示す。

5 図 クリネヤ標準集塵ユニット 集塵効率-風速関係曲線図  
Fig. 5. Relations between dust collecting efficiency  
and wind velocity.

製の遮風板を置いてわざと気流に抵抗を与えて風速の均一化を図り、さらに集塵極板に捕集された塵埃が気流によって大きな塊となって剥離した場合に、これを捕捉するために下流側には金網製のフィルタを設ける。クリネヤの空気抵抗は至って少く上記遮風板およびフィルタの抵抗を含めても5ないし7mm程度であって、しかもこの値が捕集塵埃の堆積量によってほとんど大きな変動がないこともその特長の1つである。3図、4図には電離部集塵部の塵埃付着状況を示す。ところどころ極板の地肌を出したのは比較に便なるためである。また5図にはクリネヤの集塵効率と風速との関係曲線を示す。

クリネヤの集塵効率は一般にBlackness Testと称する試験方法によって決定される。これはクリネヤの前後から汚染空気および清浄空気を同一断面寸法のパイプを通して真空ポンプによって吸引せしめ、これを一定流速でそれぞれ白色戸紙に一定時間当て、両戸紙の汚れを肉眼あるいはフォトセルによって比較する方法である。こ



6 図 実測写真

Fig. 6. Blackness test.

れによれば汚染に対する微小塵埃の影響をも十分に考慮することができるので、現今では米国の Bureau of Standardsにおいても空気汚染度の比較試験法として公認されている空気清浄装置の最も権威ある集塵効率決定法である。6 図にその実測写真の一例を示す。これはクリネヤの空気流入側汚染空気を 13.5 分間(A)および 1.5 分間(B), 空気流出側清浄空気を 15 分間(C)それぞれ白色汎紙に当てて汎紙を汚染せしめたものである。この場合の風量 2,400 cfm は供試クリネヤの保証集塵効率 85%に対する最大処理風量である。上記の時間割合を % で示すと、C を 100% とすれば B は 10% A は 90% となる。ただし A, B の 13.5 分および 1.5 分はそれぞれ C の 15 分の露出時間中に露出された時間である。しかしていま B と C の汚れを比較した場合に、両者が同一程度に汚れているならば、そのときの集塵効率は汎紙 A の露出時間に相当する時間割合すなわち 90% であるとする。したがって写真のように C の方が B よりもきれいであることが明かな場合は、集塵効率は 90% 以上であるということになる。6 図の場合に実測集塵効率が保証値よりもはるかに高いわけは、供試クリネヤの電極面の塵埃堆積量がまだ少いためである。5 図に示す集塵効率と風速との関係曲線は、洗浄直前の塵埃堆積量の最も多いときのものであって、クリネヤの保証集塵効率とはこの場合の値を称するのである。クリネヤはその最大処理風量において Blackness Test による集塵効率 90% あるいは 85% を保証している。

一般に行われている重量法による集塵効率で 90% 以

上の高効率を得られる機械的フィルタでも、この Blackness Test によるときは 20% 程度の値しか得られないことからみても、クリネヤの集塵作用がいかに卓越したものであるかが推察されよう。しかももっとも効率よく捕集しうる塵埃の大きさは 100  $\mu$  から 0.1  $\mu$  程度にまで及び、微小塵埃の除去には今日もっとも適した空気清浄装置である。

つぎにクリネヤの各種型式について簡単に記す。これの詳細は三菱クリネヤのカタログを参照されたい。

#### ア. キャビネット型 (型記号 CC)

高級品 (A 型) 2 種類、実用品 (B 型) 4 種類があり、集塵効率 90% における最大処理風量が 1,000 ないし 4,000 cfm の範囲にある小形クリネヤである。紡績工場用としては容量が小さ過ぎるので写真は省く。

#### イ. 普通型 (型記号 CG)

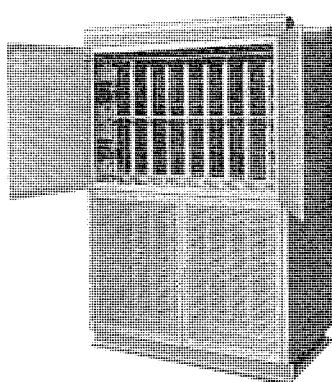
前記 2 種類の標準集塵ユニットの空気流入面に遮風板を取り付けたものを、風量に応じてダクト内に縦横に積重ねたものである。ただし洗浄は手動操作によるものであるからユニット数のあまり多いものには不適当である。7 図に CG-210 型を示す。

#### ウ. 洗浄管走行型 (型記号 CH)

2 種類の標準集塵ユニットをダクト内に縦横に積重ねた集塵ユニット列の空気流入面に洗浄水および粘着剤のノズルを備えた 1 組の噴射管を直立せしめ、外被枠外壁の制御盤上のスイッチを操作することにより、この噴射管の走行ならびにノズルからの噴射を行わせるようにしたのである。塵埃の多い場所に使用する場合には空気流出面にも走行式洗浄水噴射管を設ける。集塵ユニットの縦段数は普通 8 段まで、横列数は任意の数を配列することができる。12 図に CH-780 型を示す。紡績工場用としてはこの型式のものがもっとも適している。

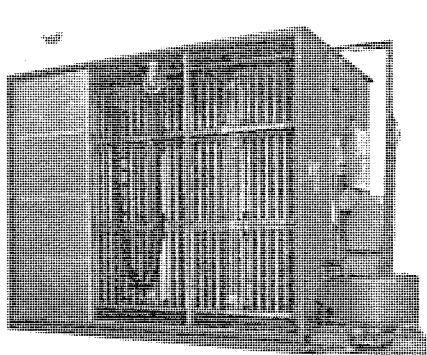
#### エ. 外被型 (型記号 CE)

1 個の外被枠内の内に電離部・集塵部・走行式噴射管等を取り付け、枠の外壁に電源部・制御盤・噴射管走行用



7 図 普通型クリネヤ CG-210

Fig. 7. Type CG-210  
cleanaire.



8 図 外被型クリネヤ CE-830

Fig. 8. Type CE-830  
cleanaire.



9 図 自動洗浄型クリネヤ

CW-44

Fig. 6. Type CW-44  
cleanaire.

モータ等を取付けたもので据付が簡単にできる。ただし外被枠に全部品を取付けたものを出荷するから、貨車に積載しうる大きさがその限度であり、最大処理風量は約 40,000 cfm 程度までに抑えられる。8 図に CE-830 型を示す。

#### 才、自動洗浄型（型記号 CW）

集塵ユニット列の 1 列宛を洗浄箱で前後から包囲して洗浄するようにしたものである。したがって洗浄中も他のユニット列によって集塵を継続させることができるとから、連日 24 時間操作をするような工場に使用するのに適している。洗浄操作は外被枠外の制御盤のタイマによって自動的に行うことができる。ユニットとしては 900 mm 幅のもののみを使用し、縦段数は普通 8 段まで、横列数は任意の数を配列することができる。9 図に CW-44 型を示す。

### 4. 織塵の除去

紡績工場にクリネヤを適用する場合に最も注意しなければならないことは、気流中の織塵をクリネヤを通す前にできるだけ除去しておくような措置を講ずることである。これをゆるがせにするとクリネヤの優秀な機能を十分発揮できなくなるばかりでなく、保守も非常に繁雑になる恐れがある。一般に纖維質の塵埃が集塵極板に吸着する時は、纖維は板面に垂直に立つ傾向がある。そのため高電位極板との間に弧絡を起しその度に高電圧が変動するから、多量の纖維が集塵部に侵入した場合には盛んに極板間に弧絡が発生し、電圧は激しく変動するようになって、極板面を損傷するのみならず集塵効率も低下するようになる。また多量の織塵が侵入した場合は、集塵部の極板間隔が比較的狭いためその前面に短時日の間に織塵がクモの巣状に引掛ってくるようになる。織塵は乾燥している時は導電性がないためにこのような状態になってしまって内絡も起らず、クリネヤは正常に集塵作用を営んでいることが多い。しかし雨天や濃霧時に湿潤な空気が流れ込んでこのクモの巣状の織塵が湿気を含むようになると、織塵は導電性のためにクリネヤは短絡状態となり集塵の継続が不可能になる。なお多量の織塵が電離部、集塵部に付着すると、これを洗浄した場合に織塵が水浸しの塊となって洗い落され、その落下の途中で電離部の高電位極や集塵部の極板間に引掛けたりしてスプレーだけでは除去できなくなり、洗浄後に手先でこれらを取り除かねばならないことがある。すなわち洗浄操作が円滑に行われず、非常に繁雑な手数を要することになる。このように織塵はクリネヤにとって種々の障害を引起する原因となるものであるから、クリネヤを通す空気中の織塵はできるだけあらかじめ除去しておく必要がある。

この織塵を除去する方法としては、導入外気のみをクリネヤに通す場合は外気取入口に 30 メッシュ程度の金網をジグザグ形に張ることによって効果をあげている。一般に紡績工場周辺の外気中にはわれわれがびっくりす

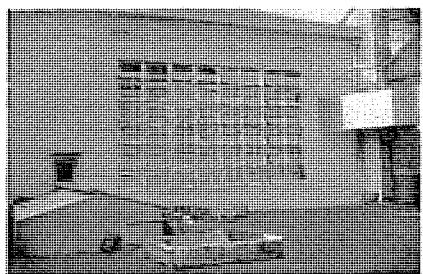
るくらい多量の織塵が浮遊しているものである。したがって導入外気のみをクリネヤに通す場合でも、織塵の事前除去ということは常に念頭に置くべきである。われわれの経験では 20 メッシュ程度の金網を外気取入口に気流と直角に張っただけでは織塵の阻止には余り有効ではなかった。すなわち 2 m/s 以上の風速の場合は相当長い纖維でもこの網目を通過してしまうからである。そこで金網を気流に対して 30 ないし 45 度の傾斜をもたせてジグザグ形に張り、しかも網目を 30 メッシュ程度にすれば、大抵の織塵は金網に付着して層状に堆積するようになる。一度金網上に織塵層が形成されれば、さらに微細な織塵も容易にここで捕捉されるようになり、クリネヤに対する織塵の障害は防止できることになる。ただ織塵層が厚くなればそれだけ空気抵抗が増加して導入外気量が減少するから、適当な目時をおいてこの織塵層を周期的に除去しなければならない。このためには真空掃除機を使うかあるいは刷毛で上方から織塵層を丸めながら掃き落してくれればよい。

導入外気のみをクリネヤに通す場合は、上記のように比較的簡単な装置と手数で織塵を除去することができるが、再循環空気をクリネヤに通す場合は織塵量が非常に多いために金網が短時間に目詰りを起し、このような簡単な装置では保守の繁雑さに耐えられなくなる恐れがある。したがってこの場合は再循環空気の主還気口に連続回転自動清掃式の金網フィルタを設置することが望ましい。さらにも 1 つの方法としては空気洗浄装置の後にクリネヤを配置する方法がある。これだと織塵は空気洗浄装置である程度除去することができるから、クリネヤの空気流入側にとくに織塵除去装置を置く必要はない訳である。ただしクリネヤに多量の水滴が浸入するときは、過度の弧絡、高圧碍子の絶縁劣化、電離部高電位極線の断線等の事故が起り易くなるから、この場合には空気洗浄装置からの水滴がクリネヤに浸入しないよう十分な措置を講じておかなければならない。

### 5. 繊維工業における実施例

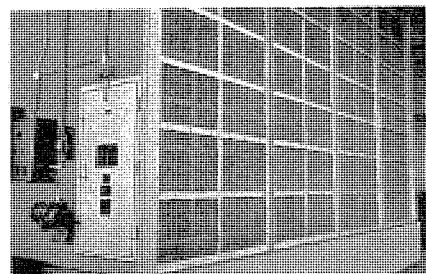
クリネヤは米国 Westinghouse 電機会社の静電気式空気清浄装置 Precipitron（プレシピトロン）と軌を一にするものであって、その特許を使用して製作されているものである。本邦では製作以来まだ日が浅いために、紡績工業に適用した場合の成果を具体的な数値によって表現するまでには至っていないので、ここにはプレシピトロンの成果を 1, 2 参考までに紹介することにする。

米国南部のある紡織工場では 1942 年に月産 100 万 ヤールのレーヨンクレープ、サテンおよびボイル等を生産していたが、その中の 168,000 ヤールは汚染のために不良品となっていた。ところがプレシピトロンを設置して以来不良品は月間 50,600 ヤールと約 1/3 に減じ、しかも最高級品は 14% も増加してプレシピトロンの設置費は短期間に回収されてしまったということである。また



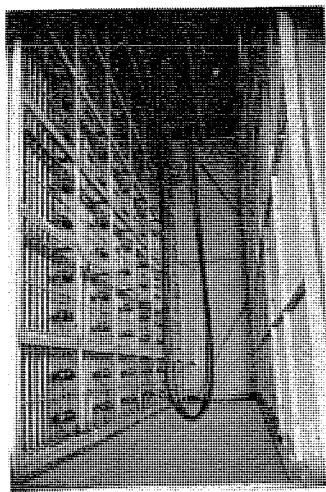
10 図 クリネヤ室外気取入口  
(CH-780)

Fig. 10. Air inlet of cleinaire.



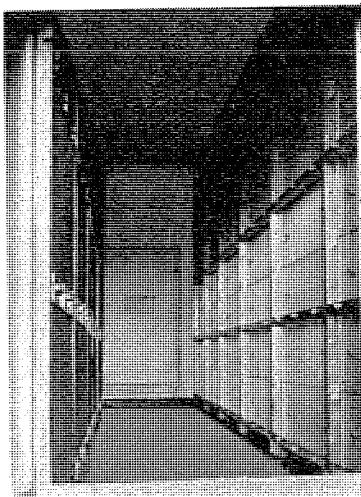
11 図 クリネヤ外被枠空  
気流入側 (CH-780)

Fig. 11. Air flowing side of cleinaire.



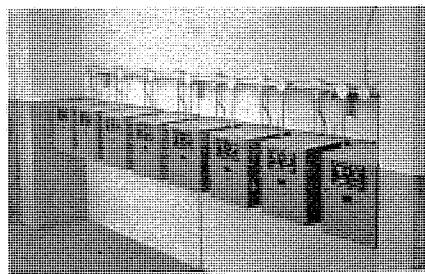
12 図 集塵ユニット列空氣  
流入側 (CH-780)

Fig. 12. Air flowing in side  
of dust collector.



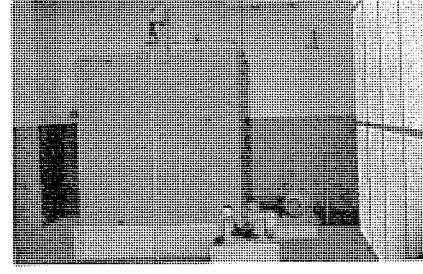
13 図 集塵ユニット列空氣  
流出側 (CH-780)

Fig. 13. Air flowing out side  
of dust collector.



14 図 クリネヤ電源部 (CH-780)

Fig. 14. Power source of cleinaire.



15 図 洗浄水ならびに粘着剤供給装置  
(CH-780)

Fig. 15. air washer and adsor  
supplying device.

米国南キャロライナ州のグリーンビル市にある Judson 紡織会社はレーヨンおよび綿製品を生産しているが、プレシピトロンを設置して以来高級品の生産量が従来は総生産量の30%に過ぎなかつたものが一躍 90%に

まで増加したということである。この会社はこの種の静電気式空気清浄装置を最初に設置した工場であり、それは 1940 年のことであった。最初は比較的小容量の設備であったが、現在では全処理風量 130 万 cfm を有する 14 台のプレシピトロンを備えるに至っている。

本邦で最初にクリネヤを設置した紡績会社は敷島紡績であり、ここの大坂城北工場に精紡工場導入外気の清浄用として洗浄管走行型クリネヤ CH-780 が設置され、昭和 31 年 3 月下旬から運転を始めている。10 図から 15 図までにこのクリネヤの現地写真を示す。

ついで日清紡績名古屋工場に洗浄管走行型クリネヤ CH-880 がやはり精紡工場導入外気の清浄用として設置され、昭和 32 年 1 月中旬より運転を始めている。これらの工場に設置されたクリネヤの成果についてはすでに冒頭に述べたとおりであり、1 表にその概略仕様を示す。

さらに東洋紡績浜松工場にも洗浄管走行型クリネヤ CH-1090 が設置されることになり、本年 5 月末完成を目指し下製作中である。これは 1 表にもあるとおり集塵ユニットが縦 10 段横 9 列全数 90 個のもので、クリネヤの単機容量としては本邦最大の記録品である。この外に受注したものとしては敷島紡績飾磨工場向の CH-730

型クリネヤ（ユニット縦 7 段横 3 列全数 21 個）があり、設置計画中のものあるいは引合中のものは日を追って増加しつつある。以上はいずれも紡績工場関係のものだけであるが、なお化纖工場向としては東洋レーヨン名古屋工場に自動洗浄型 CW-43（集塵効率 90% 時の最大処理風量 24,000 cfm）、三菱レイヨン大竹工場に外被型 CE-411 (6,700 cfm) および CE-511 (8,340 cfm) 各 1 台がそれぞれ納入されている。

紡績工場向としてはほとんど洗浄管走行型が使用され、われわれもまたこの型式を推奨しているが、それは

(1) 処理風量が大きいために普通型では洗浄操作が繁雑であり、外被型では貨車積の範囲をこえる。紡績工場では 1 万錠当たり大略 3 万ないし 4 万 cfm の風量を要する。また集塵効率 85% としてクリネヤの処理風量を決めてよい。

(2) 洗浄周期は 2 週間に 1 回程度であり、また連日 24 時間操業ということも現在は行われていないため、洗浄操作は休日あるいは終業後に行うことができる。したがってしいて自動洗浄型のような連続集塵式のもの（多少コスト高になる）を採用する必要がない。等の理由からである。またほとんどの紡績工場が導入外

1表 繊維工業向クリネヤ仕様一覧表

(1) 納入先	敷島紡績 (城北)	日清紡績 (名古屋)	東洋紡績 (浜松)	東洋レーヨン (名古屋)	三菱レイヨン (大竹)	三菱レイヨン (大竹)
(2) クリネヤ型式	洗浄管走行型 CH-780	洗浄管走行型 CH-880	洗浄管走行型 CH-1090	自動洗浄型 CW-43	外被型 CE-411	外被型 CE-511
(3) 最大処理風量 集塵効率90%時 " 85% "	112,000 cfm 134,000 "	128,000 cfm 154,000 "	180,000 cfm 216,000 "	24,000 cfm 28,800 "	6,700 cfm 8,050 "	8,340 cfm 10,000 "
(4) 外被寸法 全高 全幅 気流方向長	4,360 mm 7,500 " 2,930 "	4,960 mm 7,500 " 2,930 "	6,200 mm 8,400 " 3,200 "	2,560 mm 3,600 " 3,180 "	1,650 mm 1,830 " 2,250 "	1,700 mm 1,830 " 2,250 "
(5) 集塵ユニット (900mm 幅のもの)	縦7段横8列 全数 56 個	縦8段横8列 全数 64 個	縦10段横9列 全数 90 個	縦4段横3列 全数 12 個	※集塵部数 900mm 幅4個 600mm 幅4個	※集塵部数 900mm 幅5個 600mm 幅5個
(6) 電源部 所要電力	8 個 約 1.7 kW	8 個 約 2 kW	9 個 約 2.7 kW	3 個 約 0.74 kW	1 個 約 0.25 kW	1 個 約 0.25 kW

注: ※ 外被型は構造上他型式のごとき標準集塵ユニットを使用しないのでその大きさは集塵部の数で表わすことにしている。

気のみをクリネヤに通し、再循環空気はクリネヤに通さず直接その背後にある空気洗浄装置に送り込むように計画しているのは、スミ糸が導入外気中の煤煙粒子によるものとすれば導入外気のみをクリネヤに通すだけでスミ糸の発生は防止できるわけであり、綿塵は空気洗浄装置によって除去できるとの考え方に基くものである。そしてこのような方式をとればクリネヤの処理風量としては全換気風量よりも少くとることができ、しかも前述の再循環空気用のフィルタも不要になって、クリネヤの設備費が軽減されるという利点がある。またこの方式によって各工場とも十分に所期の目的を達しているのである。

## 6. むすび

以上紡績工業においてその製品の品質向上に果すクリネヤの役割を主題として述べてきたわけであるが、クリ

ネヤを設置することによって得られる利益は単に品質向上のみに止まるものではない。すなわち空気中には各種病原菌が単独あるいは微小塵埃に付着して浮遊しており、その他にも多数の衛生上有害な塵埃が存在する。ところがクリネヤはこれら微小塵埃はもちろん細菌をも除去できる能力を持っているから、クリネヤを通過した空気はほとんど無塵無菌状態になり、工場内の雰囲気は非常に清浄化されて従業員の保健衛生の点が著しく改善される。このように人件費の損失が減少することは工場にとって製品の品質向上にも劣らないほど重要な問題である。

擇筆するに当りクリネヤを率先して紡績工場に採用していただきさらに種々ご協力を賜った敷島紡績を始め日清紡績ならびに東洋紡績の関係者各位に紙上を借りて厚く感謝の意を表する次第である。

# 化纖工場の受配電設備

神戸製作所 横浜 博\*

## Substation and Distribution Equipment of Chemical Fiber Factories

Kobe Works Hiroshi YOKOHAMA

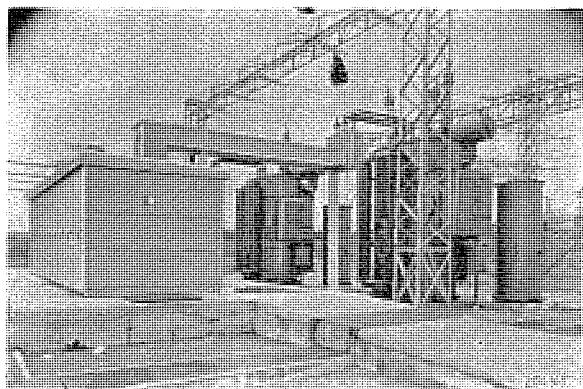
Unexpected is the latest increase of production in every field of industry. The most striking is the industry of synthetic fiber, which turns out new products one after another and calls for extention and rearrangement of equipment. Ever changing productive process, however, permits no fixed facilities satisfy the requirements all the time and finds rapid remodeling inevitable. Unit substations and metal-clad switchgear are the most desirable under such circumstances with their interchangeability besides the protection from other hazzards. Automatic load selective relay scheme is another needful equipment to keep the factory going on with its own generator in case of receiving power failure.

### 1. まえがき

現在各種産業とも景気の上昇に伴い、10年前には思いもよらなかつた生産の増加をとどつてゐる。なかでも合成繊維工業はナイロン、オーロン、デークロンなど、つぎつぎの発見開発により、驚くべきものがある。とくにその商品化、販路の増大により、それら工場の設備は増大し、また新製品に対する製作工程の変化により、たえず設備の再編成を行わなければならぬ。近代有機化学の進歩がめざましく、いついかなるときに思わぬ製品が登場するかわからず、短時日の間に工場設備を変えることは他産業と趣を異にするところである。したがつて同一企業内である工場の設備が過剰になつた場合、簡単に工場の機能を停止させずに他の必要とする工場に速かに設備を移転できれば、2重投資のむだを避けうるのである。

### 2. Unit Substation, メタルクラッド配電盤

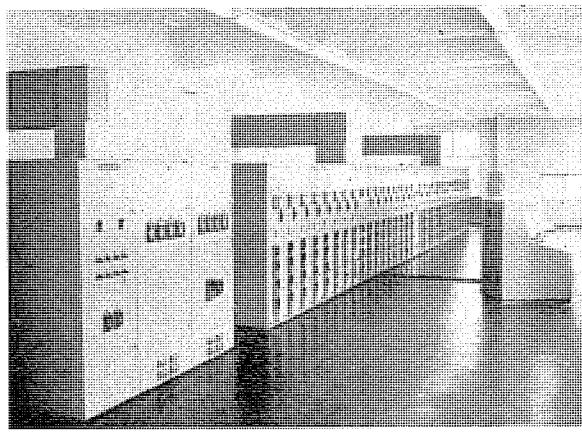
上記の目的を満足させるには、受電には Unit Sub-



1図 ユニットサブステーション  
Fig. 1. Unit-substation.

station 方式を採用し、配電には屋外または屋内メタルクラッド配電盤を使用すればよい。Unit substation とは、変圧器と必要機器を全部納めた屋外用メタルクラッドとを母線栓で連結されている単位式変電所であり、1図にその一例を示している。これは変電所の建物の簡略化、敷地面積の節約、機器の信頼性ならびに互換性、饋電線増設の際の簡易性、人件費の節約等の利点のため、近年非常な発達を遂げつつある。とくにガスの発生する工場においては油入遮断器使用のものが望ましい。いづれの工場でも同じことではあるが、とくに化纖工場においては一瞬の停電でも製品に莫大な損害を与えるので、メタルクラッド配電盤を使用すれば、人体への安全、誤動作防止、保守点検の簡便等の理由により故障を起す確率が非常に減少する。つぎにその条件を述べる。

- (1) 単位回路ごとに装置が一括して接地された金属箱内に収容されている。
- (2) 監視制御用の低圧回路は接地された金属隔壁によって高圧回路から完全隔離する。
- (3) 高圧回路の各機器は接地された金属隔壁によって各個に隔離してある。
- (4) 断路器の安全遮断能力以上の通電状態ではその操作ができないよう他の電路開閉設備との間にインターロックを設ける。
- (5) 高圧機器は無充電状態でなければ人体の接近ができないような安全装置を設ける。
- (6) 遮断器は主回路制御回路共自動連結式断路部を有する抽出型である。
- (7) 遮断器の閉路状態では主回路接続部の挿脱ができる構造である。
- (8) 高圧充電部分は絶縁階級に対応して完全な絶縁が施してある。



2 図 東洋レーヨン名古屋工場納屋内用メタルクラッド配電盤  
Fig. 2. Indoor metal clad switchgear.

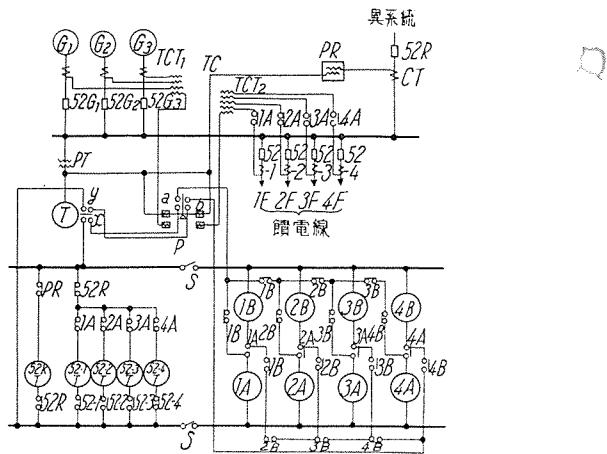
(9) 外形は必要な空間を十分に利用してその縮小に努めると共に標準化に留意している。

また2重母線を使用し予備の饋電線盤を置けば、饋電線用メタルクラッド配電盤点検の時や、不具合の時は饋電線をとめることなしに予備配電盤に切換え通電することができる。2図は東洋レーヨン株式会社名古屋工場に納入した屋内用メタルクラッドおよび縮小型机型制御盤の写真である。

### 3. 選択遮断

化織工場においては他の工業にもいえることではあるが、とくに一瞬の停電もそれまでの生産全工程を無に帰してしまうような重要な回路がある。このような工場においては自家発電と異系統（買電）との並行運転によって配電を行う場合が多い。しかし異系統からの給電が停止したときには自家発電による電力は工場の全負荷を供給するには不足し、その程度によっては発電機は急速に安定度を破られ、系統の運転維持ができなくなる。一方同一工場内の負荷にも、先に述べたように停電により大損害を受ける重要負荷と、それほどでもない負荷とがある。したがって事故により異系統よりの給電が断たれた時、自家発電容量でまかなえる重要回路のみを残し、他の回路を遮断すれば事故時における損害を少くすることができます。このためにはHDB-2型、CW-11型および補助遮断器よりなる選択遮断保護方式を採用すれば、この目的を達することができる。つぎに本方式の一例として発電力記憶方式のシーケンスを3図に示す。つぎに符号を説明するが詳しくは文献(1)をご参照願いたい。

- $G_1 G_2 G_3$  ……自家発電用発電機
- 52R ……異系統（買電）との連絡用遮断器
- 1F~4F ……饋電線 番号順に重要度が高い
- 52-1, 2, 3, 4 ……饋電線 1F~4F を開閉する遮断器
- 52RT, 521T~4T ……遮断器R 52, 52-1~4 の引外線輪
- TCT<sub>1</sub>, TCT<sub>2</sub> ……総合変成器
- P ……発電機および負荷側の電力差に応じる電力平衡遮断器、発電機側電力



3 図 発電力記憶方式  
Fig. 3. Memorizing method of generating power.

が饋電線側電力に比し大なるときは接点a、小なるときはbを閉じる。

CW-11型 3相電力方向遮断器

T ……間歇遮断器

1A~4A, 1B~2B ……選択記録遮断器群

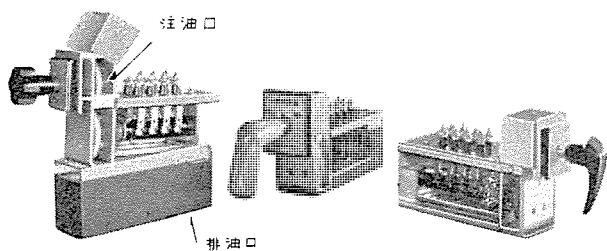
PR ……HDB-2型母線選択遮断器

### 4. 化織工場における配電器具

化学工場においては、爆発性ガスの濃度が危険状態にある場所があり、異常の場所に生ずる電気機器の火花はもちろん、平常時のコントロールスイッチの火花、開閉器の操作によって生ずる火花ですら爆発の原因となることが多い。したがって電動機等も防爆電動機を用いなければならないが、つぎに受配電設備器具についてもしかりでこれにつき述べる。

#### ア. GP型コントロールスイッチ

4図にもあるようにGP型は油入開閉器で操作は普通のコントロールスイッチと同じであるが、歯車で下部の



4 図 GP型コントロールスイッチ

Fig. 4. Type GP control switch.

可動部ロータに回転運動を伝えるようになっている。接点部は油槽内に設けられているので、火花は出ずまたガスに耐えうるので化学工場には最適である。メッキ対策のみでは可動部の摩擦によるメッキの剥離等で接触不良および腐食を起すことがあったが、これによりこれらの欠点は取除かれた。なお固定露出部は使用場所の発生ガスに耐えうる合成樹脂塗料を塗布する。油入のため遮断

容量が普通の開閉器より大となり、A-C 30 A, D-C 5 A 遮断が可能である。

#### イ. NF型ノーヒューズ遮断器

NF型ノーヒューズ遮断器はA-C 600 V, D-C 250 V 以下の回路に用いられる遮断器である。これは一時的過負荷に耐え、危険な過負荷または短絡に際しては瞬時に開路し、しかもどの部分の取換も行わずにただちにその回路を再閉できる密閉のモールネットケースのNF型デアイオン遮断器である。したがって従来のヒューズとナイフスイッチ組合せのものは、開閉時またはヒューズ切換時に火花を発生していたが、NF型はこのようなことはなく、化学工場には最適である。いったん遮断されればヒューズのように取換の手間なしに直ちに再投入できる。したがって所内用D-C電源用開閉器、また定格A-C 600 V、またはD-C 250 V 600 A 以下の所内電源用遮断器には最適であり、補助接触器を内蔵できるので、中央制御盤にその閉開を表示することができる。またNF-600, NF-225は入切に電動操作装置を付加することができる。

ので、制御盤より操作ができる便利である。

#### 5. むすび

以上述べたように、化繊工場は爆発性ガスによる事故、ならびにガスによる腐食による電気回路の事故など悪条件が重なっている。これに対する対策に慎重を期するはもちろんあるが客先各位におかれはご注文の際は電気機器据付場所のガスの種類、およびその濃度をお知らせ願いたい。また工場の増設および設備過剰の際の移転の可能性等あらかじめ推定がつけば、メタルクラッドの構成も総合的に単位ごと移動可能のものに初めから設計ができ、増設ならびに移転の際の工事期間を非常に短縮することができる。

#### 参考文献

- (1) 自動負荷選択遮断装置「三菱電機」第30巻第3号(3月)掲載

#### ==== 最近における当社の社外寄稿一覧 =====

寄稿先	原稿送付月日	題名	執筆者	所属
オーム工場管理	1月9日	新型式の水銀アーク変換装置と新型整流器との応用	加藤又彦	伊丹本社
オーム電気学会	1月10日	設計室と計器室の照明	小堀富次雄	伊丹本社
オーム電子工業	1月12日	新高圧負荷断路器	新井正元	伊丹本社
電気計算機	1月12日	電鉄事故時の選択遮断装置の改良	木村久男	伊丹本社
電気機械工場管理	1月31日	ミリ波レーザ	吉田武彦	無線機
電気鉄道	2月27日	自家発電系統保護装置	堀謙三郎	神戸伊丹本社
放電データブック	3月4日	姫路火力発電所向 88,000 kVA 変圧器	村上有一	伊丹本社
日本織維機械	4月5日	簡略図法による製図の標準化	松尾準一	伊丹本社
電気計算	4月5日	電気機械絶縁の温度上昇と寿命	大西洋一郎	伊丹本社
	3月5日	複合誘電体の絶縁破壊	大木正路	伊丹本社
	3月5日	XA形リントフロー電動機	戸谷利雄	名古屋
	3月19日	変圧器の騒音防止	村上邦寿	伊丹

#### ==== 最近における当社の社外講演一覧 =====

講演月日	主催または場所	演題	講演者	所属
1月29日	札幌警察共済会館	マイクロ波アンテナの雪害対策	喜連川隆	無線機
1月29日	日本電球協会	アメリカの照明事情について	小堀富次雄	本社
2月4日	大阪工業大学	4,000 Mc 小型単向管	喜連川隆	無線機
2月5日	"	直線偏波および円偏波広帯域パラボラアンテナ	"	"
2月20日	MAP アイソトープ分科会	RIによる放電特性の改良	竹田俊幸	研究所
2月22日	特殊電子管委員会(神戸工業)	光伝導物質としての硫化カドミウム	伊吹順章	"
2月22日	毎日会館 PR センタ	超小型スピーカの能率	藤木一	無線機
2月23日	真空技術研究会(甲南大学)	大型水銀拡散ポンプにおける諸問題	藤進藤武男	研究所
2月28日	日本電気工業会	米国における Industrial design	藤永潤	本社

## 第2章 スウィミングプール型原子炉

## 1. まえがき

第1章では現在各国で運転されている研究用原子炉の大要を述べたが、第2章以下において各型の原子炉について少し詳しく述べて見たいと思う。この章ではまず安価、安全で実験に対する融通性にとみかつ操作の簡単なスウィミングプール型の原子炉をとりあげる。

はじめに BSR (Bulk Shielding Reactor, オークリッジ国立研究所)を中心とし、NRL (Naval Research Laboratory) の原子炉および AMF (American Machine and Foundry Atomics Co.) 等の原子炉などを参考にしてスウィミングプール型原子炉の概要を述べ、最後に現在運転中のあるいは建設中のこの型の炉の一般的な問題について述べて見たいと思う。

## 2. 原子炉設備の概要\*

\* 以下とくに断らない限り話は BSR に関するものとする。他のものについても多少の相違はあっても大体似たようなものである。

## (1) 原子炉

BSR は濃縮ウランの燃料要素からなる炉心をプールの軽水中に入れたもので、燃料要素はその周囲にある軽水により減速および冷却（自然対流）が行われる。プールの水はまた反射材および遮蔽の役もする。(Fig. 1 参照) 原子炉にはこの外計測制御装置がつけられる。

炉心の燃料部分の大きさは実験の目的によりいろいろの燃料要素の配置により異なるが、反射材として水だけしかつかわないときは

$15'' \times 18'' \times 24''$  ( $H_2O$  のみ)

炉心の周囲を BeO で囲むとき（四方だけで上下には BeO を

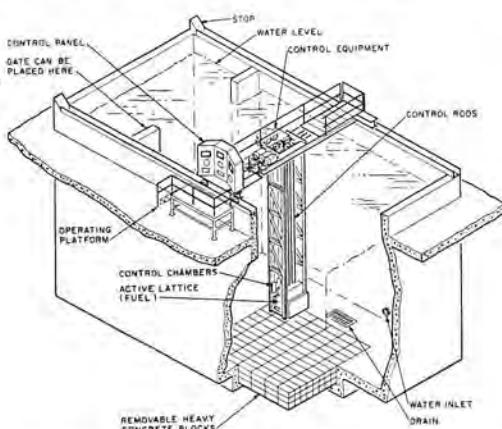


Fig. 1. オークリッジ国立研究所における BSR の概観  
このプールが建物の室内にある

用いない)

$15'' \times 12'' \times 24''$  (側面に BeO をおくとき)

である。

BSR は熱出力 1 MW, 中性子速にして大体  $10^{13} n/cm^2, sec.$  出すことができる。運転中にもプールに近づき水を通して直接に炉を見る所以ができるので教育、訓練用にはきわめて好都合である。炉心の周囲が水であるため運転中に近づけることおよび種々の実験装置が自由にとりはずしできることはスウィミングプール型の非常に大きな利点である。

BSR は 2% 以下の超過反応度に対しては本質的に安全である。また放射性の核分裂生成物は燃料の被覆 (Al) によりプールの水中には放出されない。

プール、研究室、事務室その他の設備は大体  $77' \times 51' \times 39' ht$  の鉄筋コンクリートの建物の中におさめられる。

## (2) プールおよび水の供給排出

プールは

$20' \times 40' \times 20'$  depth

で (Fig. 1 参照), 片側から  $10'$  のところに  $12' \times 21'$  の Al の門がある。プールの底にはその一部分に密度が 3.2 のコンクリート (中性子および  $\gamma$  線の遮蔽) のブロックが積まれているが、このブロックは取りはらうこともできる。

プールには浄化された水が重力で流入され、またポンプでクリンチ・リバーに排出される。これによる住民に対する健康上の危害の問題は全然ない。プールの水は demineralizer を通して供給される。壁はコンクリートから鉱物が溶け出すことを防ぎかつ透視を助けるため白色のアメルコートが塗られている。

原子炉は可動式のブリッジから Al の枠により水面下 (炉の上部までが)  $15.5'$  ないし  $17'$  に吊される。

プールの熱容量は 100 kW 以上で断続的に運転するときには外部冷却を要しない。100 kW で連続的に運転するとき最初は  $4^{\circ}F/hr$  で上昇するが、しばらくすると平衡に対する  $100 kW$  以上で連続運転したいときは、冷い水を加えるか熱交換器を通してプールの水を冷却してやればよい。 $1,000 kW$  位になると水の中の酸素と速い中性子との  $O^{16}(n, p)N^{16}$  反応により  $N^{16}$  ができるがこれは半減期が約 7 秒で  $6 Mev$  の  $\gamma$  線を出すから、これが水面に出てくるのを防ぐためには炉心の上部に jet diffuser をつけてやればよい。

## (3) 原子炉用ブリッジ

原子炉、コントロール、コントロールパネルはプールの両側のレールに足をもつブリッジの上にとりつけてある。制御室はプールサイドに設けられ、両者の間はケーブルで連結される。原子炉はブリッジから Al の支持枠によって水中に吊され、オペレーターはブリッジの上から長いハンドルのついた道具で水中

の炉心の燃料の取り替えその他の操作をすることができる。プールの上には 7.5 トンのブリッジクレーンがある。ブリッジを Fig. 1 の左の部分に移し、Al の門を閉じて右側の部分の水を排出してそこで実験装置その他の模様変えをすることができる。

#### (4) 計測用ブリッジ

原子炉用ブリッジと同様な計測用のブリッジがプールにかかっている。(Fig. 2 参照) 計測装置の支持枠は前とちがってステンレススチールで、計測器は炉心近くに吊り下げられる。計測器はすべて防水になっており 8 psig. の CO<sub>2</sub> がつめてある。ionization chamber および pre-amplifier を Fig. 3 に示す。

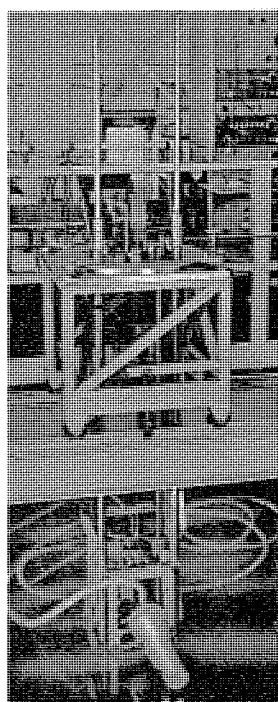


Fig. 2. 計測用ブリッジおよび計測器 (BSR)

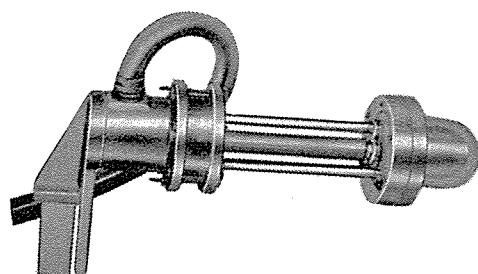


Fig. 3. 水中用の電離箱 (ionization chamber) および前置増幅器 (preamplifier)

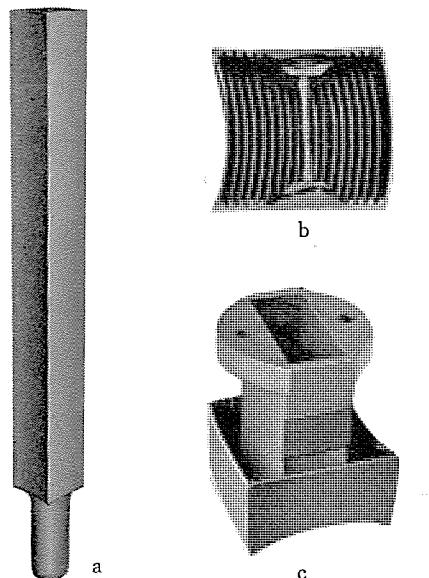


Fig. 4. 燃料要素  
a. 標準燃料要素の外観  
b. 同じく上から見た所  
c. 制御棒用の燃料要素の上部

### 3. 原子炉

#### (1) 燃料要素

燃料要素には 2 つの型がある。すなわち標準型の燃料要素と制御棒用の燃料要素（その一部分に制御棒がはいりうる燃料要素）である。

#### a. 標準型燃料要素

これは 3"×3"×35" long であるが燃料自身の長さは 24" である。燃料要素の下部は MTR 型の四角と異なり円く、また上端のボックスはない。(Fig. 4 a, b 参照)

標準型燃料要素は 18 枚の八つ橋型の燃料の板

0.060"×3"×24"

からなり、両端の Al 板にはめられている。燃料板は高濃縮 ( $\geq 90\%$ ) のウランと Al との合金を 2 枚の 2S Al 板で挟んで hot roll され、核分裂生成物が逃げないようにになっている。この板はさらに薄い 72S Al で被覆される。1 つの燃料要素に含まれている U<sup>235</sup> の質量は約 140 g, Al と水との容積比は約 0.7 である。(現在米国から貸与されるウランの濃縮度は 20% 以内に限られているが、これによる炉心の設計の本質的な変更は必要でない。)

#### b. 制御棒用の燃料要素

これは燃料板の半分を抜いて 1½"×2½" の通路を設けてある以外は標準型のものと同様である。制御棒は ½"×2½" で容易に上の通路を通りうる。(Fig. 4c 参照)

#### c. 燃焼

燃料 U<sup>235</sup> 1 g が分裂すると 1 Mwd の熱を出す。装荷された燃料の 5~10% 約 140 g が消費されると、取り出さなければならぬが、140 Mwd 燃焼させるためには通常運転では 1 年は要するであろう。1 kW 以上で運転するときは Xe, Sm の毒作用を考慮しなければならない。しかし燃料の寿命は毒作用よりもむしろ腐食により決定される。

炉が高出力で運転されたときは、蓄積された長い寿命の分裂生成物からの放射線の減衰のために適当な時間冷却（放射線の意味で）しなければならない。たとえば 100 kW で長時間運転したのち燃料を取出すためには数日冷却しなければならない。

#### (2) グリッドプレート

(Fig. 5 参照)

燃料要素等は 28"×19"×5" の Al グリッドにのっている。

グリッドには  $9 \times 6 = 54$  の穴があけてあるが、これはすべて使われるわけではない。臨界にはこの数よりはるかに少い燃料要素で達せられる。この穴の上にのせられるものは 2 つの型の燃料要素とつぎに述べる BeO の反射体である。(Fig.

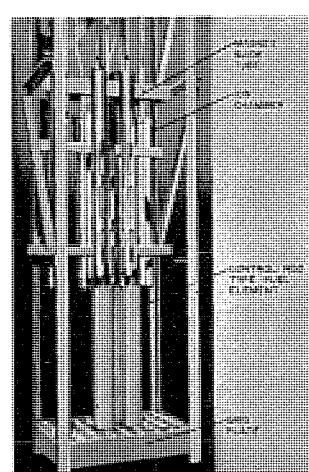


Fig. 5. Fig. 4 の c の型の 3 本の燃料要素が挿入されたところ

8 参照)

## (3) 反射体

反射体は通常は炉心の周囲の水がその役目をするが、場合によつては炉心の周囲のグリッドの穴にグラファイト、BeO 等の(燃料要素と同形の)要素を側面に並べてやることもある、また代りに反射材の板を必要な側面に立てることもできる。

よい反射体で炉心を囲むと燃料の臨界量を減らし、炉心中の熱中性子束の分布をよくする。BSR で用いられている BeO の密度は理論値 3.0 に対して 2.3 である。

なおこの炉では上部(および下部)に水以外の反射体をつけるには適していない。

## (4) 遮蔽体

炉心が BSR のように地下にある場合は水平方向の遮蔽は實際には無限大である。炉心上部から水平面までの距離は 17' ないし 15½' で、または中性子を遮蔽するに十分であるがこれについて後述する。

## (5) 実験装置

1,000 kW 以上の原子炉にしばしばとりつけてあるものに熱中性子柱(thermal column)がある。これは大抵グラファイトの四角柱からなり、熱中性子を取り出すのに用いられる。この外に中性子のビームチューブ(ビームホールともいいう)、ニューマティックチューブ、loop test 用のシンプル等炉心にとりつけて実験を行うことができる。スヴィミングプール型は炉心の周囲が水でプールの壁までに相当空間的余裕があるから、実験装

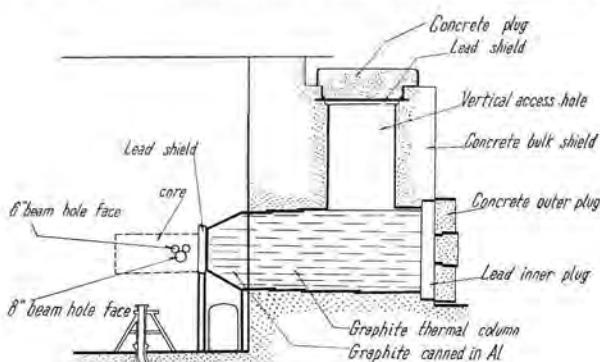


Fig. 6 (a) 热中性子柱 (Thermal column) の垂直断面図 (AMF Atomics)

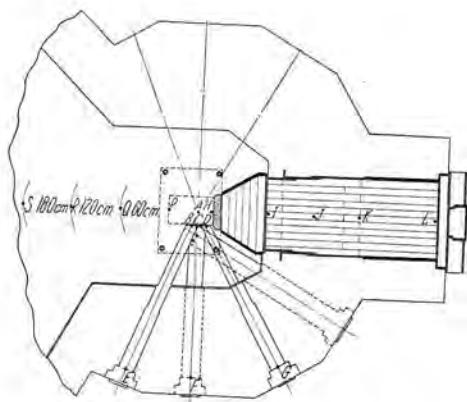


Fig. 6 (b) 热中性子柱の水平断面図 (AMF Atomics)

置に関しては非常に flexible である。これはこの型の炉の最大の利点である。

## 4. 制御安全系

## (1) 制御棒

BSR では 2 本の粗調整安全棒(shim-safety rod)と 1 本の制御棒がある。

粗調整安全棒は  $\frac{1}{2}'' \times 2\frac{1}{2}'' \times 26''$  の Al の can に鉛と  $B_4C$  の混合物がはいっている。(鉛を入れたのは落下速度を速くするためである)、これにはスプリング型の衝撃緩衝装置がついている。また各棒の上部には鉄の armature がありこれが電磁石にくっついて上下する。炉を急停止するときは電流が切れ、棒は重力で落下する。各棒は燃料要素の配置により反応度 2.5~3.8 % に値する。

制御棒は粗調整安全棒と同じ大きさ、構造をもつがただ硼素の量が少く等価反応度は大体 0.6% である。これは硼素の代りにステンレススチールを使うこともできる。

## (2) 制御および安全回路

いづれの原子炉(スヴィミングプールの)もみな中性子束を測定して出力を制御するのであるが、これに関しては BSR の回路の説明はやめ他の新しい design について簡単に述べる。(もちろん本質的には BSR と同じようなものである)

制御しようとする出力範囲は 0.1 milliwatts から 1,000 kW とする。このためには 3 つの型の中性子測定装置が使われる。

(Fig. 7 参照)

## a. 0.1 milliwatts~1 watt (4 decades)

fission chamber からのパルスは増幅されて counting rate meter (計数率計) に送られ、そこで単位時間あたりのパルスの数に比例する電圧を生ずる。この電圧が recording potentiometer に送られ直接出力を示す。fission chamber が損傷されるのを防ぐためにそれが計数の上限に近づく前に炉心の近くから自動的に取り去られる。

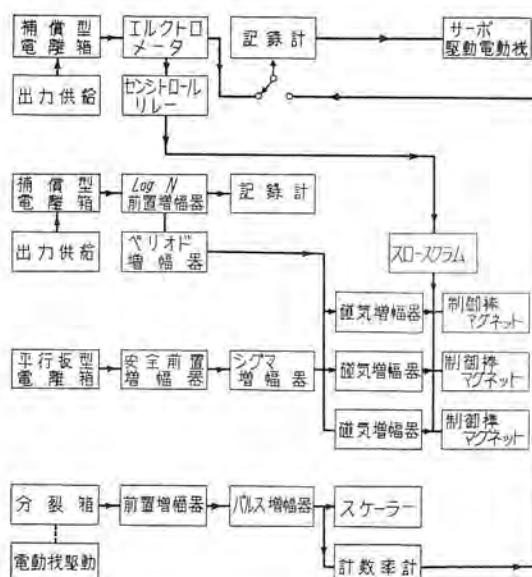


Fig. 7 制御安全系 (Control safety system) のブロックダイアグラム

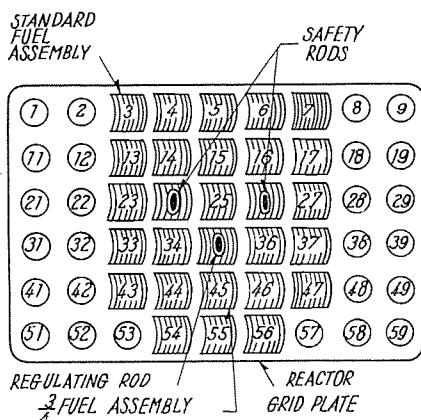
b. 0.5 watts~1,000 kW (6 decades)

2つの gamma compensated ionization chamber ( $\gamma$ 線補償型電離箱) が用いられる。この中の 1つからの電流 ( $10^{-10}$ ~ $10^{-4}$  amp.) は electrometer に送られ、それがまた recording potentiometer に信号を送る。出力の自動制御は recorder からの error signal を增幅して行われる。制御棒モータは手動で制御することができる。

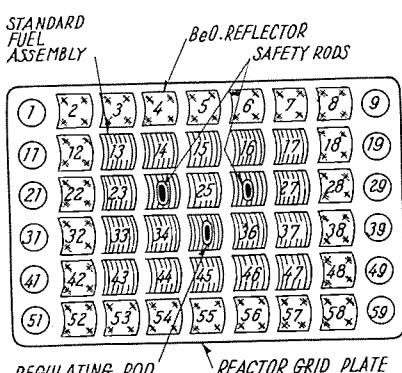
第2の電離箱からの電流は logarithmic amplifier (対数増幅器) に送られる。この増幅器の1つの output は中性子束の対数に比例する電圧である。他の1つの output は中性子束の対数の時間微分に比例する電圧で、これは原子炉時間の逆数を与える。

c. 1 kW~1,000 kW (3 decades)

parallel plate uncompensated ionization chamber (平行板非補償型電離箱) から、安全棒を磁石の電流を切って落す (ス



(a) 水反射体



(b) BeO 反射体

Fig. 8. BSR の燃料の配置の例

Table. 1. 制御棒の等価反応度 (%)

	H <sub>2</sub> O 反射体 (Fig. 8a)	BeO 反射体 (Fig. 8b)
ステンレス・スティール制御棒	0.73	1.2
B <sub>4</sub> C 安全棒	2.5	3.8

クラム, scram) 系に信号が送られる。このスクラム系はオークリッジ国立研究所で設計されたもので ionization chamber から magnet を通じての応答時間は 50 m sec. より小さい。

この外にスクラム回路として低出力における安全制御は Weston Sensitrol 型のメータリレーにより行なわれる。

## 5. つけくわえ

この節では定性的にはきわめて当り前のことであるが一瞥しても損はないことについて述べてみたい。

### (1) 反射体による臨界質量の変化 (Fig. 8 参照)

BSRにおいてプールの水以外何も反射体を用いないときの Fig. 8(a) のような燃料要素の配置の場合は臨界質量は 3.5 kg であるが、Fig. 8(b) のように周囲に反射体 BeO (Be は水よりも重い反射材である) を置いたときは臨界質量は 2.6 kg に減少する。

### (2) 反射体による中性子束分布の変化

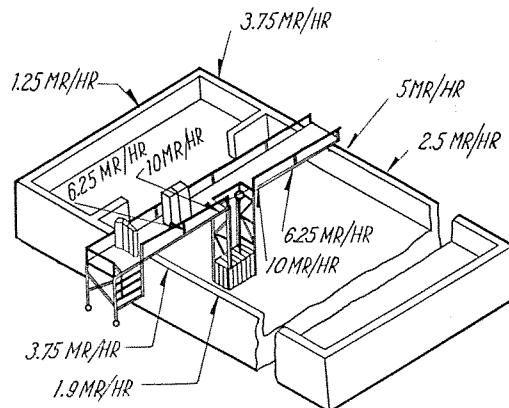


Fig. 9. BSR, 100 kW 運転時の radiation level

Table. 2. 1,000 kW における 6 図 (b) の各点での flux (AMF Atomics)

Fig. 6b Design	Thermal Flux or Current n/cm <sup>2</sup> /sec	Epithermal Flux or Current n/cm <sup>2</sup> /sec	Gamma Rays r hr	Special Notes
A	$2.1 \times 10^{13}$	$2.9 \times 10^{13}$		
A	$0.91 \times 10^{13}$			
H	$1.3 \times 10^{13}$	$1.9 \times 10^{13}$		Thermal Column Edge
P	$1.05 \times 10^{13}$	$1.6 \times 10^{13}$		Water Edge
B	$3.5 \times 10^{11}$	$1.3 \times 10^{13}$		No Reflector
C	$4.6 \times 10^{11}$	$1.8 \times 10^{13}$		No Reflector
D	$3.5 \times 10^{11}$	$1.3 \times 10^{13}$		No Reflector
B	$1.0 \times 10^{13}$	$1.5 \times 10^{13}$		Reflector in Port
C	$1.3 \times 10^{13}$	$1.9 \times 10^{13}$		Reflector in Port
D	$1.0 \times 10^{13}$	$1.5 \times 10^{13}$		Reflector in Port
E	$7.5 \times 10^9$	$2.7 \times 10^9$		No Reflector in Port
F	$7.9 \times 10^8$	$7.4 \times 10^9$		No Reflector in Port
G	$7.5 \times 10^9$	$2.7 \times 10^9$		No Reflector in Port
I	$5.7 \times 10^{11}$	$1.0 \times 10^8$		No Reflector in Port
J	$2.5 \times 10^{10}$	Negligible		No Reflector in Port
K	$1.0 \times 10^9$	Negligible		No Reflector in Port
L	$7.5 \times 10^6$	Negligible		Bottom of Vertical Hole
M	$5.3 \times 10^5$	Negligible		
N	$2 \times 10^2$	Negligible		
O	$2.9 \times 10^7$	$1.1 \times 10^9$		
Q	$2.3 \times 10^8$	$1.4 \times 10^9$	$7 \times 10^5$	
R	$1.4 \times 10^5$	$1.3 \times 10^8$	$3 \times 10^3$	
S	$1.2 \times 10^2$	$1.2 \times 10^6$	$4 \times 10^3$	

BSRにおいて(1)と同じようにBeOを用いないときと用いたときとでは中性子束分布が変化し、それがまた制御棒の等価反応度にはねかえりを生ずる。(Table. 1. 参照)

### (3) Radiation level

BSRにおいて100 kWで17'の水面下に炉心をおいて運転したときの $\gamma$ 線の線量を示すとFig. 9のようになる。

### (4) 中性子束分布

Fig. 6の配置において1,000 kWで運転したときの熱中性子束等の分布をTable. 2.に示す。(AMF Atomics)

## 6. スウェーミングプール型原子炉の現状

この節では現在世界で運転ないし建設中のスウェーミングプール型原子炉(220)の傾向を述べる。

燃料は米国内のものはほとんどすべて90%程度の濃縮ウランを使用しているが、平和利用に濃縮ウランを外国に貸出すのは米国に限られること、それも20%濃縮以内に抑えられているため、米国以外の原子炉はすべて20%濃縮のU<sup>335</sup>を用いている。燃料要素はほとんどMTR型である。すなわちAlとウランとの合金をAlの板で挟んだ八つ橋型のものである。炉心以外の構造材料としてはAlおよびステンレススティールが用いられている。臨界質量は2.6~3.7 kg、インベントリは3.5~5 kgが普通であるが6 kgあるいは8 kgのものもある。炉心の大きさ(active core)1'×15'×2'ないしそれを少し上まわる程度で、温度係数は $-6 \times 10^{-5}$ ~ $1.1 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$ にわたっている。

熱中性子束は $10^{12}$ ~ $10^{13}$ n/cm<sup>2</sup>, sec (Oak Ridge Research Reactorだけは特別大きく $1.3 \times 10^{14}$ n/cm<sup>2</sup>, sec), 热出力も大体それに比例して100~5,000 kW (ORRのみは例外で2万kW)である。熱出力が100 kW位のときは冷却は自然対流で十分であるが、1,000 kWを越すと強制循環を行なうために熱交換器および冷却塔が必要になる。上述の出力に応じて冷却水の流

Table. 3 BSRの建設費(1950年夏、出力100 kW)

#### Reactor essentials:

20 fuel elements, at \$120 each (exclusive of cost of enriched uranium) .....	\$ 2,400
Reactor assembly: labor, overhead and materials (motors, magnets, grid superstructure, etc.) ...	28,000
Electronic circuits: labor, overhead and materials (chambers, circuits, recording instruments, etc.) .....	28,000
	\$ 58,400

#### Other equipment:

BeO reflector (30 elements).....	\$ 17,000
Servo automatic control.....	2,600
Spares (chambers and electronic equipment) ...	9,000
Health-physics instruments (see Appendix B)...	7,500
Total .....	\$ 36,100
Building and pool .....	153,000
Grand total .....	\$ 247,500

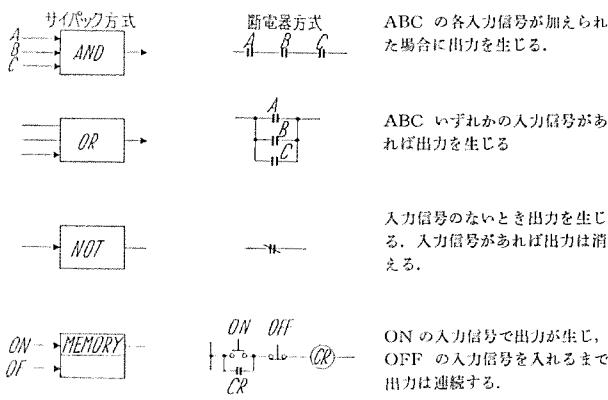
量は1,000~2,000 gpm (ORRでは12,000~18,000 gpm), 冷却水の出口温度は90~120°F (ORRでは131°F), 壓力は大気圧 (ORRでは25 psia), 燃料表面温度は100~200°F, 热流束は1,000~40,000 Btu/ft<sup>2</sup>hr Av. (ORRでは15万Btu/ft<sup>2</sup>hr Av.), 出力密度は1~40 kW/l (ORRでは210 kW/l), 比出力は30~1,000 kW/kg (ORRでは~5,000 kW/kg)である。最後に建設その他の費用であるが、これは $0.5 \sim 1.5 \times 10^6$ ドルである。費用の内訳をBSRの例で見るとTable. 3のようになる。(ただしこれは1950年夏建設当初のもので、その後出力を100 kWから1,000 kWに増すための冷却装置の増設、改良、実験装置の購入などで現在では費用は倍程度になっている)。これを見てもわかるように本体関係に要する費用は全費用の半分に過ぎない。

## サイパック・システム

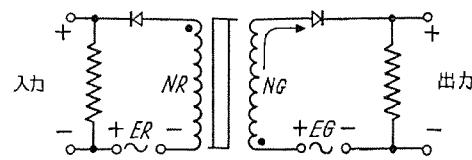
J. P. Baker: Cypak Systems (Westinghouse Engineer, Vol. 16, No. 4, July, 1956, pp. 107~111)

“サイパック・システム”とは W 社で研究開発された無接点制御方式に名付けられた商品名で、各要素は磁気鉄心、半導体整流器などで構成されており、繼電器のような可動部分、接点、ばねなどの消耗部分がないので、保守点検の必要がなく、半永久的に使用できる特長がある。サイパック・システムは、繼電器と同じく ON と OFF の 2 つの状態で動作するスイッチングシステムで 1 図のような AND, OR, NOT, MEMORY の 4 つの要素と TIME DELAY (限時) 要素とで構成されている。

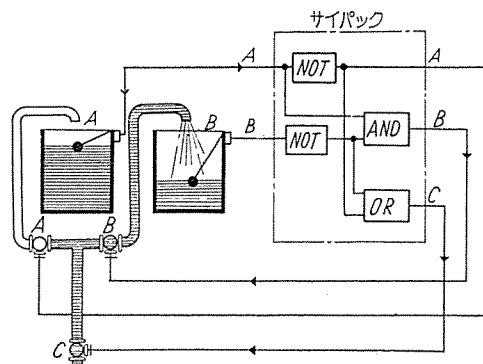
各要素は入力演算素子としてのゲルマニウムダイオードと增幅素子としての、速応性磁気増幅器より成り立っている。2 図は基本回路で交流電源 EG ER をそれぞれ巻線 NG NR に加えると最初の交流半波では図示のように NG に電流が流れ、鉄心を正方向に飽和させる。つぎの半波では整流器で阻止され NG には電流は流れないと ER の極性が図示と反対になり NR に電流が流れ、鉄心は負方向に飽和する。この場合は鉄心は正負に励磁されるのみで交流電圧は線輪に吸収されて出力は生じない。しかし入力電圧を加えると ER による電流が NR を流れないので、鉄心はまさに飽和したままとなり、EG のつぎの半波では NG のインピーダンスはほぼ 0 となり、負荷抵抗の両端に電圧を生じる。この回路は入力素子が 1 個の AND 要素で、実際にはこの他にバイアス電圧を加えて、誤動作を防止しまた特性を改善する工夫が施されている。3 図は 1 つの応用例で、この動作条件は A タンクが満水している状態でのみ B タンクに注水するもので、まず A タンクが満水すると、フロートスイッチが動作し NOT に信号を与える。出力 A がなくなり、バルブ A は閉じる。同時に AND に入力信号が加わり出力 B により、バルブ B が開き、B タンクに注水が始まる。B タンクが満水すれば、フロートスイッチが動作し NOT に入力信号が加わりその出力はなくなる。したがってバルブ B および C が閉じる。



1図 サイパック方式と继電器方式の比較



2図 基本回路



3図 応用例

スイッチング要素としても従来の押釦、制限開閉器などの代りに、磁気変化やフォトトランジスタなどの、無接点要素を使用し、また出力は磁気増幅器を使用して増幅できる。このような無接点制御方式が、今後各方面に進出するものと期待される。W 社では工作機械の制御、エレベーターの自動制御、電力系統の指令制御などに実用化している。(神戸製作所 新谷保次訳)

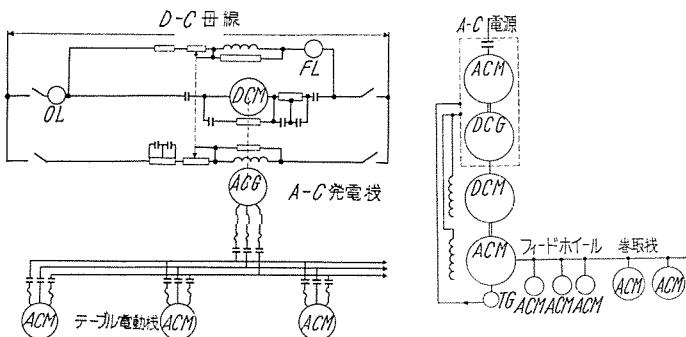
## 可変周波交流駆動

A. T. Bacheler, C. G. Helmick: Adjustable-Frequency A-C Drives (Westinghouse Engineer, Vol. 16, No. 4, July, 1956, pp. 114~118)

カゴ形誘導電動機は一般工場において頑丈で安価、信頼性の高いと云う特性的ために広く使用されるが、一定回転数であるという欠点を有している。しかしその周波数が可変であれば直流電動機と同様の起動が行われる。たとえば製鉄のランアウトテーブル、紡績機械の如く多数の電動機を集團駆動し、しかもその電動機の速度を同期化するものにこの可変周波交流駆動方式を採用すれば直流駆動と同一制御ができる。この方式では刷子、スリップリング、整流子等の修繕の繁雑性がなくなる。これに紡績機械の如く 8,000~10,000 rpm で駆動するものでは非常に有利である。この方式の基本接続回路を 1 図に示している。可変周波発電機は直流電動機にて駆動されその速度は界磁調整器にて変えられる。直流電動機の界磁調整器と交流発電機の界磁調整器とは連動され、低周波においても高いトルクをうるために過励磁を行うようにしている。駆動電動機としてはカゴ形

## 無接点開閉器

P. N. Ross: Look—No Contacts (Westinghouse Engineer, Vol. 16, No. 4, July, 1956, p. 127)



1 図 可変周波交流駆動の製鉄用テーブル制御

2 図 可変周波交流駆動によるナイロン紡績機制御

誘導電動機、反作用電動機、永久磁石同期機が使用される。この方式により広い周波数範囲にわたって定トルク特性で駆動される。同期電動機は確実に同速度で運転する必要のある場合、また精密な速度制御を行う場合に用いられる。誘導電動機には滑りがあるので正確な速度制御の必要のない場合に使用されるが、機械の各セクションの負荷平衡によい影響を与える。可変周波電源としては特別な用途以外を除いては、可変速度の原動機にて駆動される同期発電機あるいは誘導周波数変換機が使用される。原動機としては定電圧直流機駆動、可変電圧駆動方式、機械あるいは蒸気駆動の可变速度駆動方式が採用されている。その一例としての直流可変電圧駆動方式のものが2図に示されている。同期発電機は機械が一体となって静止状態から起動および加速される場合に望ましい。また40%以下以下の低周波をうるには、最も経済的で一般的なものである。巻線型誘導周波数変換機は静止状態でも回転磁界と同一の出力周波数電圧を有するので、起動の点では同期発電機に劣る。したがってこの発電機は一定の工場周波数以上で駆動し、しかも電動機が運転周波数で直入起動されるような場合に用いられる。この方式に使用する電動機、発電機は60%/sの標準電動機を基礎にしてその規格を行い、特殊な設計を行わないようにしている。一般に60%/s、220/440Vが望ましい。この一派の電動機の起動方式としては、一般に3つの方式が採用されている。すなわち(1)周波数調整起動法、(2)直入起動法、(3)減電圧起動法である。全体の機械を低回転からいっせいに高速まで起動する場合には、周波数調整起動方式が適しておりまた経済的なものである。直入起動方式はその大きな突入電流のために大きな発電機を必要とする欠点があるが、機械の一部は運転を続ける間に、他の部分を単独に起動停止する必要のある場合はこの方式が採用される。減電圧起動としてはリアクタ起動、抵抗起動、単巻変圧器起動が一般に行われる。単巻変圧器起動としては、電動駆動のものを使用し零電圧から起動して行くものもある。制動方式としては、カゴ形誘導電動機、反作用電動機が使用されるので、一般に直流制動がよく使用される。また全体の機械をいっせいに急停止する場合には、発電機電圧を急速に減じて再生制動方式が採用されている。

(神戸製作所 紙谷鉄男訳)

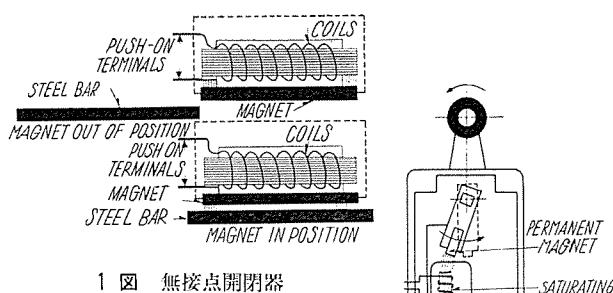
2種類の接点のない開閉器が Cypak System 用に開発された。これは、“リアクタのインピーダンスはそのコイルの磁場内に磁性体が存在するか、しないかによって変化する”という原理に基いている。すなわちリアクタの鉄心が飽和していない場合は高いインピーダンスになり、飽和している場合は低いインピーダンスになる。このインピーダンスの変化によって Cypak の制御エレメントを作動させる。

“近接”制限開閉器 (CPP 型 “Proximity” Switch) は1図のような構造で、可動部分が近接することによって動作する制限開閉器である。これは鉄心とコイルと磁石とからなり、1つの箱の中に納められ、常時鉄心はこの永久磁石によって飽和されている。しかし外部の鋼板がこの制限開閉器の極面に近接してくると、磁石の磁束が鋼板によって短絡されるので、鉄心は飽和から解かれ、高いインピーダンスになる。この制限開閉器はプレーナの台とか、ドリルの頭部とか正確な動きをする工作機械に使用される。

つきの無接点制限開閉器 (CPL 型) はレバーによって動作するもので、制限開閉器と可動部分との関係位置は、とくに正確さを必要としない所に使用される。これは2図のように鉄心とコイルの固定部と永久磁石の可動部からなり、常時磁石により鉄心は飽和しているが、レバーが動くと磁石が移動し、鉄心は飽和から解かれ、高いインピーダンスになる。この開閉器は損耗する部分は可動部のペアリングとローラのペアリングの2箇所のみであり、とくにコンベア等の制限開閉器に適している。

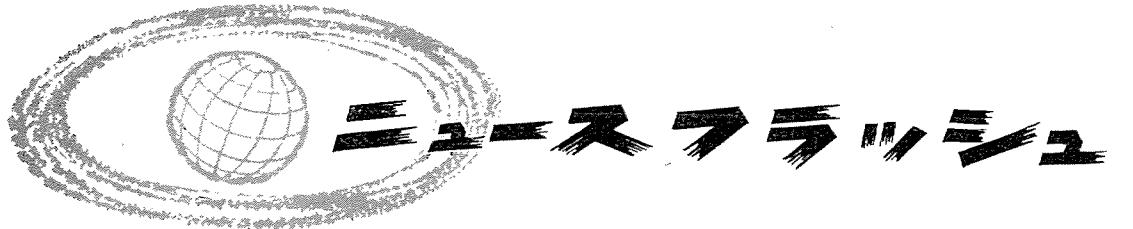
これらの2つの型の制限開閉器は普通の接点のある開閉器に比較すると、実用的には寿命はほとんど永久的である。

(名古屋製作所 吉田太郎訳)



1 図 無接点開閉器

2 図 無接点開閉器



## ■ 小形で安価な ES-10 型電磁開閉器

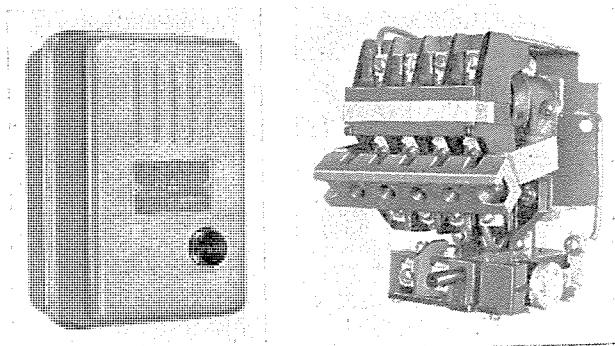
EK 型電磁開閉器の姉妹品として、とくに 3 HP 以下の小容量のカゴ形誘導電動機を対象とした小形で安価な ES-10 型電磁開閉器が完成され、量産にはいった。

### 定格

定格容量 200 V 3 HP  
級、号、種 A 級 1 号 1 種

### おもな特長

1. ナイフエッジを支点とした動作機構で、摩擦がなく、摩耗する部分がない。
2. 機構は非常に単純化されており、主要部分は鋼板によっている。したがって長年使用しても動作に変化を来さない。
3. 2 個のはなしばねにより積極的に開かれるので、傾斜した場合でも確実に動作する。
4. 接触子部分が前面にあり、またすべてのねじ、および部品が前面より取り外せるので、点検、保守が非常に容易である。
5. 過電流継電器は接点機構が 2 重早切りであるので小過負荷電流に対しても正確に動作する。そして、調整用つまみにより動作電流を ±20% に調整することができる。



ES-10型 電磁開閉器

内 部

## ■ 紡績工場に三菱 RF-200 型移動ファン

三菱移動ファンはモータによって駆動され、紡績機械の上部に取付けられた 2 本のレール上をゆるやかな速度で移動しつつ、紡績機械や室内各部の清掃を行うものである。

下向きファンは精紡工程中の糸や精紡機械に堆積する綿埃を

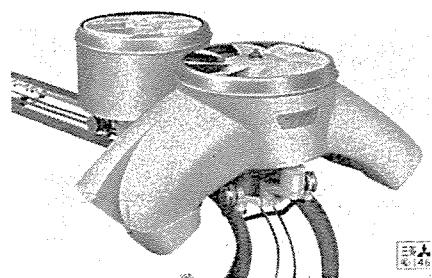
吹払い、上向きファンは出口角が異なった 2 方の出口から強力な風を天井や周辺へ吹き出す。この吹出口は 1 分間 15~20 回程度の遅い速度で垂直軸で回転するから強風が広範囲に分散して天井のすみずみまで行きとどき、清掃効果はきわめて良好である。

電源は 3 相 200 V/50 cs, 220 V/60 cs, 単相 100 V/50~60 cs, いずれでもよいように準備してある。上向きファン用モータは 1/3 HP 4 極、下向きファン用モータは 1/2 HP 4 極を使用しており消費電力量は 1 時間当たり 0.8 kWh 程度である。

精紡機・ワインダ・ダブル・整経機、その他の紡績機械に設備すればゆるやかに移動しつつ常に自動的に清掃をするからエヤホースによる清掃やブラシによる掃除が不要になることはもちろん、糸切れが少くなり糸の仕上がりが良くなるので品質の改善と生産の増強に寄与するところが大である。

### 三菱 RF-200 型移動ファン仕様

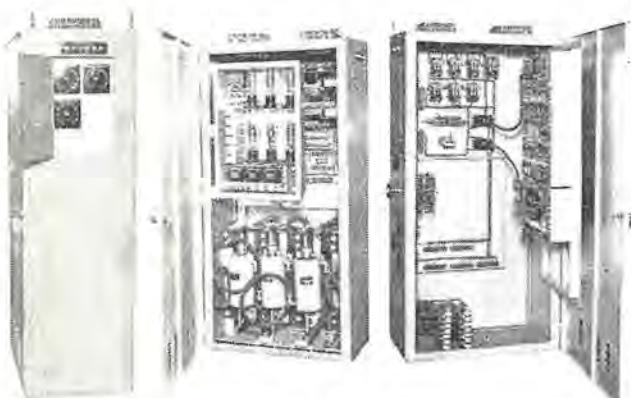
	上向ファン	下向ファン
電動機	1/2 HP 4 P	1/3 HP 4 P
ファン直径 (mm)	406	406
風量 (m³/min)	110	65
静風圧水柱 (mm)	18	6
歩行速度 (m/min)	30~50	30~50
製品重量 (kg)	32	35



RF-200型 移動ファン

## ■ 三菱電機製抵抗溶接機用タイマの特長

1. イグナilon、サイラトロンを始め、ほとんど全部品を当社で製作しているため統一した設計を行うことができ、信頼度が非常に高い。
2. 標準型は NEMA 規格に準じ精度が高い。
3. 全電子管式制御機構であり、正確な制御ができるとともに、リレーが少ないので保守が容易である。



抵抗溶接機用タイマ

4. コンパクトに製作しているため据付面積も小さくてすみ、溶接機と別置することも、溶接機壁に取付けることもできる。写真は3相低周波型溶接機タイマで米軍規格に準じて設計され、イグナイトロンは MI 1200 を6本使用したバルガーシヨン溶接用のものである。

## ■ 大形変圧器受注す

関西電力(大阪火力) 190 MVA 主変圧器

九州電力(苅田火力) 190 MVA 主変圧器

新鋭大容量火力発電所の建設が最近とみに盛んであるが、その一連関西電力大阪火力発電所の1号および九州電力苅田火力発電所の2期 156,250 kW タービン発電機用主変圧器として190 MVA 変圧器を受注、設計製作を開始した。この種火力発電所用主変圧器の単器容量は増大の一途を進み米国 Westinghouse 電機会社においては 380 MVA 変圧器を製作中である。わが国では輸送条件が悪いために他社は大容量器の組立輸送に苦慮しているが、幸い三菱電機は外鉄型・フォームフィット式であり特別3相式を採用してはなはだ有利である。すなわち約1/3 の輸送重量で搬入できるので 400 ないし 500 MVA 変圧器も問題なく組立輸送可能である。

仕様は

(大阪火力) 3相 190 MVA 60 c/s 外鉄型 送油風冷式

1 次	17.2 kV 三角形結線
2 次	80.5-77-73.5 kV 星形結線
総重量	240 トン
油量	50 キロリットル
輸送重量	55 トン

(苅田火力2期)

3φ	190 MVA 60 c/s 外鉄型 送油風冷式
1 次	17.2 kV 三角形結線
2 次	230-220-210 kV 星形結線 中性点直接接地
総重量	320 トン
油量	65 キロリットル
輸送重量	67 トン

である。

## ■ 3相交流 20 トン電気機関車 受注(川崎製鉄向)

川崎製鉄千葉製鉄所向として、3相交流 20 トン電気機関車1両を受注した。

この機関車は、火災に発生した灼熱コークスを消火して排出する消火車を牽引するもので、この種用途には必要欠くことができない。

おもな特長はつきのとおりである。

1. 一般工場用電源(3相交流)で運転できる。
2. 標準の3相誘導電動機1台で、2動軸を同時に駆動する方式であるため、運転操作が簡単であると共に、点検保守も容易である。
3. 3本の電車線より集電するが特殊なパンタグラフを用いるため、離線の懼れがない。
4. 機関車出力は75馬力で、65トンの消火車を牽引し、ブッシュの速度に応じ10トンの灼熱コークスを受入れながら走行しうる。
5. ブレーキ装置はもとより、消火車の扉開閉操作も圧縮空氣式で、自動的に制御しうる。

## ■ 近畿日本鉄道向

### 高性能区間電車用電機品 受注

近畿日本鉄道南大阪線向新車用電機品16両を受注した。この車はラッシュ時における郊外・都心間の輸送力増強を図るもので、高加速・高減速がとくに要求されている。

すなわち主電動機は1台当り実力 90 kW に及ぶもので、駆動装置も狭軌用 WN としては最大のものである。

また制御装置は戻しノッチ方式採用による起動・電気制動オフ時のショック防止策など新規考案のものが多数用いられている。

おな仕様はつきのとおりである。

1. 架線電圧 DC 1,500 V
2. 1両当り車重 30 トン、定員 170 人 全電動車
3. 主電動機、駆動方式  
375 V 75 kW (実力 90 kW) 4 台  
歯車比 6.06 狹軌用 WN 駆動方式
4. 制御装置
  - a. 各車の主電動機4台を永久直列接続。
  - b. 自動加速・自動減速(電空併用)……可変荷重機構付
  - c. 2車1単位総括制御
  - d. ステップ数 起動・電気制動共 18 ステップ
5. 空制装置 HSC-D 型

紡績工業の合理化に!

XA形

# リントフロー 電動機

XA形リントフロー電動機  
10 HP 4極 440 V 60 c/s



紡績業はわが国産業中もっとも重要な地位を占めるものの1つであります。

今日の世界市場における競争に不動の地位を確保するためには、生産の合理化によらなければなりません。紡績業においては小容量の電動機を多数運転するという特殊な事情にあり、寸法的制約のもとに効率、功率、耐久性ならびに信頼性などのきわめて高いことを必要とされ、かつその保守の容易さを要求されます。三菱電機は幾多の近代式工場のご用命に応じ各種の紡績用電動機を製作しておりますが、いずれもそのすぐれた運転特性によって十分そのご期待に沿っております。

XA形リントフロー電動機は下記のような幾多の特長をもった開放形の紡績用カゴ形電動機であります。

## 特 長

- 綿ほこりの多い室内の使用に適し、点検、掃除に便利な構造になっております。
- 特殊構造の幅広密封ボールベアリングを使用しており、ベアリング内に綿ほこりなど侵入することなく、グリースの老化、漏洩することなく、長期間無給油で円滑な運転が可能であります。
- とくに高い効率ならびに功率に設計され、流線形の通風路により効果的な通風ができるのできわめて低い温度上昇に保つことができます。
- 枠は表面が円滑で通風窓が大きく設計され、コイルエンドは特殊処理の滑らかな仕上面となっておりますので綿ほこりが付着することはありません。

昭和32年6月8日印刷

昭和32年6月10日発行

「禁無断転載」 定価1部 金60円(送料別)

## 雑誌「三菱電機」編集委員会

委員長 大久保謙  
副委員長 石川辰雄  
常任委員 浅井徳次  
" 荒井潔  
" 安藤二郎  
" 菅野正雄  
" 木村雄  
" 小堀富次  
" 高井得一  
" 中野光  
" 馬場文  
" 松田新  
常任委員宗石岡進  
" 村橋屋藤原立  
" 津松尾又  
" 松村新八  
幹事 郎明  
市郎明  
(以上 50 頁)

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 213013  
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 20016