

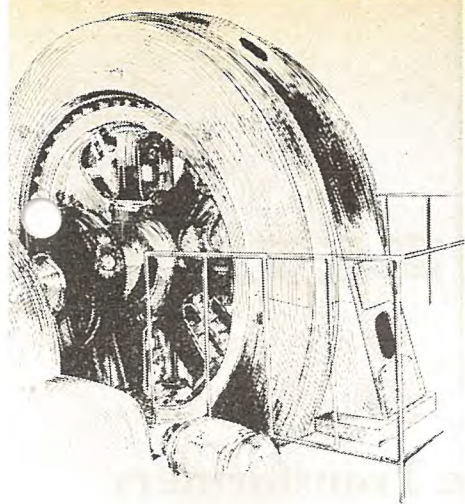
MITSUBISHI DENKI

三菱電機



Vol. 29 1955

12



MITSUBISHI DENKI

三菱電機

表紙説明

東海硫安(四日市)向

1,900 HP 圧縮機用同期電動機

東海硫安四日市工場向として、つぎの仕様のアンモニア合成用原料ガス圧縮機駆動用同期電動機が2台製作され、すでに工場試験を好成績で終了し、現在据付中である。

1,900 HP 3,300 V 3相 60 c/s 48極 150 rpm 力率1.0開放(集電環内圧防爆型)

本機は当社で製作されたこの種同期電動機として、最大容量のものである。本機は巻線の絶縁は完全B種を採用して、耐酸に対する考慮を払い、また集電環は内圧防爆型として爆発性ガスの浸入するのを防止する等、化学工場における使用条件に対して、充分な考慮を払っている。

起動方式には全電圧起動を採用し、その起動特性としてはつぎのとおりである。

起動回転力 40% 起動電流 350%

昭和30年 第29巻 第12号

目次

佐久間発電所用特別3相式超高压変圧器……………田宮利彦・村上 有…2

最近の大型ノーヒューズ遮断器……………高見 滋・大野寛孝…15

NC型コントロールセンタ……………吉野敏夫・蟹江邦雄・梶田保雄…24

最近の事務所ビル照明の一例(東京ビル新館の照明)……………小堀富次雄…29

最近の高速電車用主電動機……………浅越泰男…36

カゴ形誘導電動機の相変換作用……………白田長一・梶谷定之…40

ニュースフラッシュ……………49

最近登録された当社の特許および実用新案……………52

昭和30年第29巻総目次……………53

三菱電機株式会社

本 社

東京都千代田区丸の内(東京ビル)

(電) 和田倉(20)代表1631・2331

研 究 所 兵庫県尼ヶ崎市南清水

神戸製作所 神戸市兵庫区和田崎町

名古屋製作所 名古屋市東区矢田町

伊丹製作所 兵庫県尼ヶ崎市南清水

長崎製作所 長崎市平戸小屋町

無線機製作所 兵庫県尼ヶ崎市南清水

大船工場 神奈川県鎌倉市大船

世田谷工場 東京都世田谷区池尻町

郡山工場 福島県郡山市宇境橋町

福山工場 福山市仲野上町

姫路工場 兵庫県姫路市千代田町

和歌山工場 和歌山市岡町

中津川工場 岐阜県中津市駒場安森

福岡工場 福岡市今宿青木

静岡工場 静岡市小島110

札幌修理工場 札幌市北二条東12

大阪営業所 大阪市北区堂島北町8番地1

(電) 大阪(34)代表5251

名古屋営業所 名古屋市中区広小路通

(電) 本局(23)代表6231

福岡営業所 福岡市天神町

(電) 中(4)7031-7036

札幌営業所 札幌市大通リ西3の5

(電) 札幌(2)代表7236

仙台事務所 仙台市東一番丁63

(電) 仙台(2)2550-2

富山事務所 富山市安住町23の2

(電) 富山4692・5273・2550

広島事務所 広島市袋町1(明治生命ビル)

(電) 中(2)2211-4

高松出張所 高松市紺屋町34番地

(電) 高松3178・3250

小倉出張所 小倉市京町10丁目(五十鈴ビル)

(電) (5)小倉3614

品質奉仕の三菱電機

佐久間発電所用特別3相式超高压変圧器

伊丹製作所

田宮利彦*・村上 有**

Special Three Phase Ultra-High Voltage Transformers for Sakuma Power Station

Toshihiko TAMIYA

Tamotsu MURAKAMI

Itami Works

Special three phase shell type transformers built by Mitsubishi for Sakuma Power Station, the Electric Power Development Company, embody the most up-to-date features in the transformer engineering. Shipment of completely assembled unit by means of ingenious method enables the user to get assurance of perfect operation guaranteed by the manufacturer upon delivery at the site. Elimination of powerful crane facilities and curtailment of installation period give added merits to what is already of marked advantage.

1. まえがき

目下電源開発株式会社で建設中の佐久間発電所は天竜川の中流に位し、出力 350,000 kW の東洋一を誇る発電所である。ここに設置される主要変圧器 5 台を昨年 11 月受注して以来、当社技術の総力を結集して製作に邁進した結果、工程は順調に進み予定より早く本年 8 月をもって全台工場完成を見るに至った。5 台の変圧器中 4 台は発電機用 93,000 kVA, 287.5 kV であり、他の 1 台は連系用 139,500 kVA, 287.5 kV でいずれも極めて優秀な成績をもって立会試験を完了し、逐次現地据付を行っている。佐久間発電所は立地条件より屋外敷地が手狭であるため、組立室の省略に早期発電の必要から組立輸送がとくに要請されたので、当社ではこの要請に応じて新設計により組立輸送可能の特別 3 相式構造を採用し、わが国で初めての超高压大容量変圧器の組立輸送を行うことに成功し、斯界に一新機軸を画するに至った。組立輸送することにより組立室の省略、現地工期の短縮ならびに工場で完全な組立を行ったままの状態を現地で再現できる等、幾多の優れた特長を発揮することができ電源開発会社のご要望に副い得たのみでなく電力界に多大の寄与をなし得たことは喜びに堪えない。

1 図は現地で据付完成した 93,000 kVA 発電機用変圧器を示し、2 図は工場完成した 139,500 kVA 連系用変圧器である。

2. 定格および重量その他

発電機用変圧器 4 台

3 相 50/60 c/s 外鉄 Form-Fit 型 送油風冷式

電圧 1 次 13 kV △

2 次 287.5— 275— 262.5 kV 人

中性点直接接地

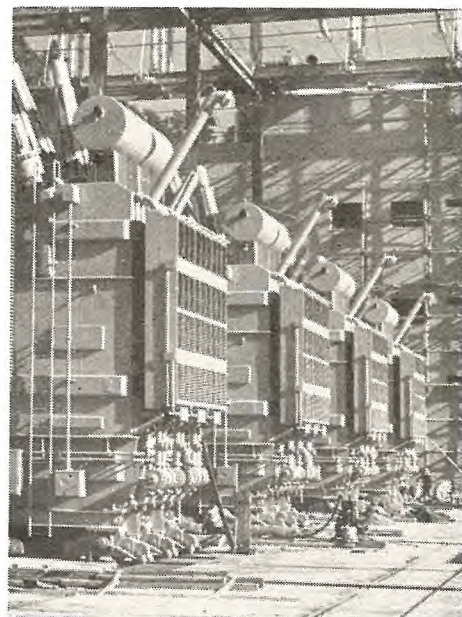
容量 93,000 kVA

絶縁方式 サージブルーフ構造

2 次 低減絶縁 (基準絶縁レベル 200 号)

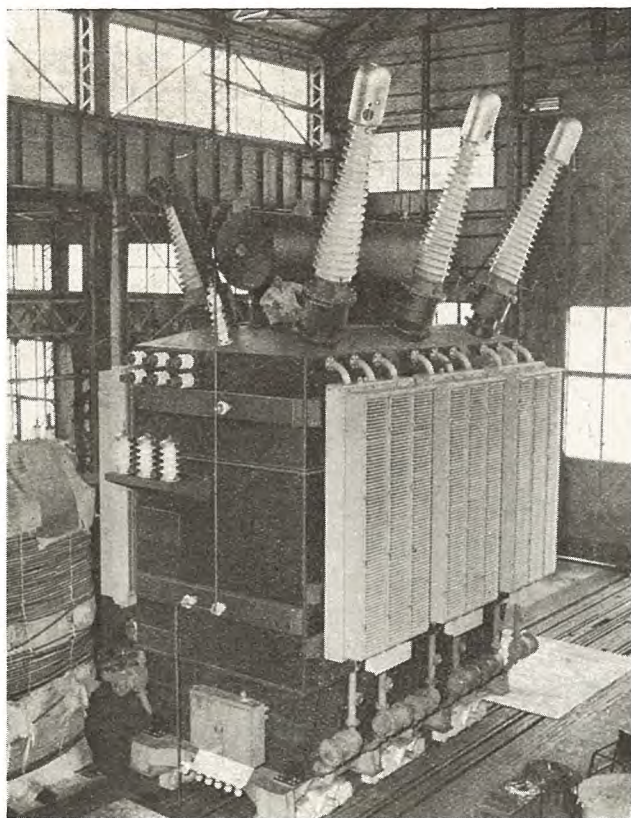
段絶縁

重量 (油を含まず) 196,000 kg



1 図 現地完成した 93,000 kVA 287.5 kV 特別 3 相式 Form-Fit 変圧器

Fig. 1. Completed 93,000 kVA 287.5 kV special 3 phase Form-Fit transformer at Sakuma power station.



2 図 完成した 139,500 kVA 287.5 kV
特別 3 相式 Form-Fit 変圧器

Fig. 2. Completed 139,500 kVA 287.5 kV special
3 phase Form-Fit transformer.

油量 54,000 l
総重量 245,000 kg
輸送重量 56,000 kg
外形寸法 幅 6,160 mm 奥行 6,000 mm
高さ 11,170 mm

連系用変圧器 1 台

3 相 50/60 c/s 外鉄 Form-Fit 型 送油風冷式

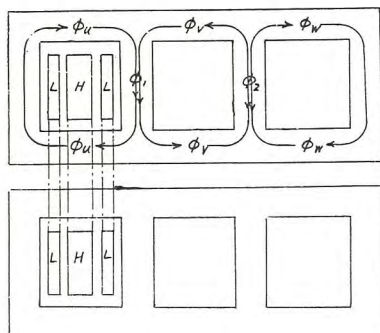
電圧 1 次 161— 154— 147 kV 入

2 次 287.5— 275— 262.5 kV

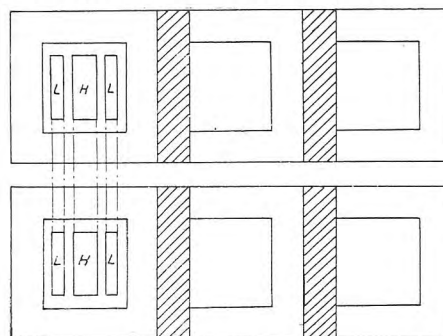
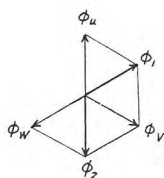
中性点直接接地

3 次 13 kV

容量 1 次 93,000 kVA



(a) 3 相式変圧器 (Conventional)



(b) 特別 3 相式変圧器 (Special)

3 図 普通 3 相式と特別 3 相式外鉄型変圧器の鉄心比較

Fig. 3. Comparison of cores between conventional 3 phase and special 3 phase shell type transformer.

2 次 93,000 kVA
3 次 93,000 kVA
等価容量 139,500 kVA
絶縁方式 サージブール構造
1 次 中性点側 $1/\sqrt{3}$ 絶縁低下
2 次 低減絶縁 (基準絶縁レベル 200 号)
段絶縁
重量 (油を含まず) 264,000 kg
油量 78,000 l
総重量 334,000 kg
輸送重量 78,000 kg
外形寸法 幅 7,700 mm 奥行 5,440 mm
高さ 11,280 mm

3. 特別 3 相式の採用

ア. 概 要

変圧器を組立てたまま輸送することはつねに望ましいことであるが、とくに佐久間発電所では土地が狭隘で組立輸送により組立室を省略することが強く要望された。当社ではこの要望に副うべく、従来不可能視されていた超高圧変圧器の組立輸送を行うため、特別 3 相式という新設計を採用し、各相に分割して組立てたまま輸送することに成功した。

イ. 構 造

3 相外鉄型変圧器の鉄心は 3 図 (a) に示すように、各相独立した回路を有しているため、単相 3 台とほぼ同一の特性をもっている。ただ中央の V 相の磁束方向を反対にして、共通のヨーク部分に各相磁束の和が流れ、ベクトル和が 1 相分と等しいので各部分同一断面となっている。これを単相に分けると、この共通部分が節減できなくなって 3 図 (b) の斜線部分だけ増加することとなり、この増加部分は各部寸法比によって異なるが、大体 20% 位である。

元来 3 相と単相変圧器とは、それぞれその形状が全体として均衡のとれたもっとも経済的な構造に設計されているので、通常高圧巻線の数単相で 4 群、3 相で 2 群とされ、3 図 (a) および 4 図に示すようにそれぞれ正方形に近い矩形状となっている。特別 3 相式変圧器では

3 相鉄心を分割して単相構造としているが、高圧巻線は 2 群であって線輪部分は 3 相変圧器と全く同一であり、自ら単相 3 個とは異っていて、各相の形は甚だしく偏平な形状である。ゆえに各巻線に 2 本ずつ套管を取付けたり、各相のタンクのみで安全を保つことが困難となるが、各相を共通にする部分を設け、各相間の接続を行って套管の数を少くし、各槽間を相接して一体として頑丈なものにすることができた訳でこれが単相 3 台といちじるしく異なる点である。

Form-Fit 変圧器のタンクはすでにたびたび説明したように、下部、中部および上部の 3 つに分けられ、組立後は三者一体に締付け溶接されて完全な油密構造とされる。下部タンクは中身全量を支持する台枠を兼ね、その上縁に鉄心が積まれる。中部タンクは鉄心と線輪の上部まで納めるもので、鉄心の締付けと線輪上部の支持を兼用している。上部タンクは口出線と套管の接続やタップ切換器、端子盤等を納める部分で、変圧器本体と分離できる。したがって特別 3 相式変圧器の構造を下記の 2

種に大別できる。

- (1) 上部タンクを 3 相共通にしたもの
- (2) 上部タンクも各相別々にして 3 相間の接合窓を設けたもの

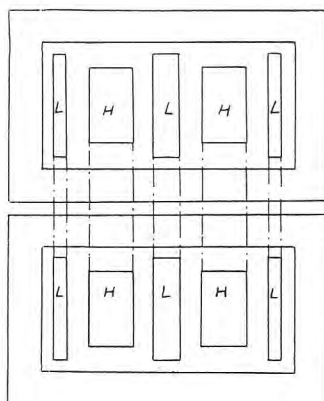
(1) は 5 図のように下部および中部タンクに 1 相分の線輪と鉄心を収め、輸送用盲蓋をして送り、現地で共通車台の上にのせ各タンク間の接合部を溶接した後、上記の盲蓋を外して 3 相共通の上部タンクを被せ、中部タンクとの接合を従来どおり溶接して完全 3 相式にするものである。本方式は上部タンクの接合に手数を要するが、本体の輸送が 1 相の下部および中部タンクのみでもっとも軽少となり、また上部タンクは大きくなって套管の取付けや、相間接続、タップ切換器等に充分な寸法をとることができるので、3 巻線変圧器や各電圧が高くタップ数の多い場合などに有利である。

(2) は 6 図に示すように、上部タンクまで各相別になって、ただ上部タンクの側面か、上面に窓を設けて相間の接続を行うようにしたものである。窓部分の接合は溶接かボルト締めにして万一の 1 相分の事故が他相に波及しないようにし、予備 1 相分をおいて取替えることができるから、単相 4 台と同様に取扱うことが可能である。

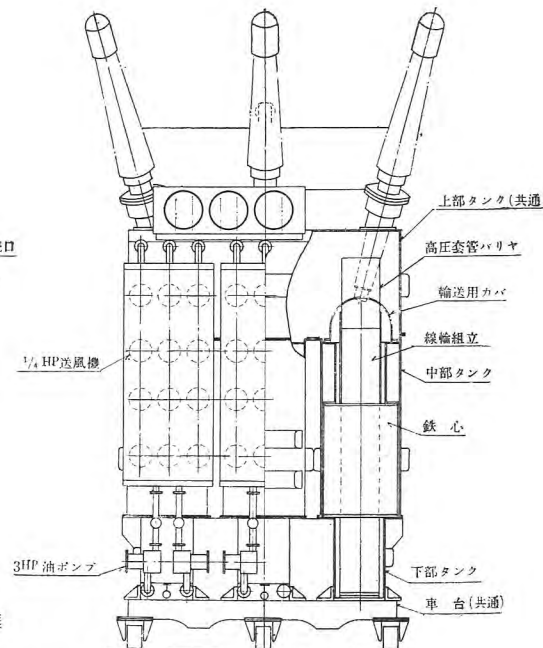
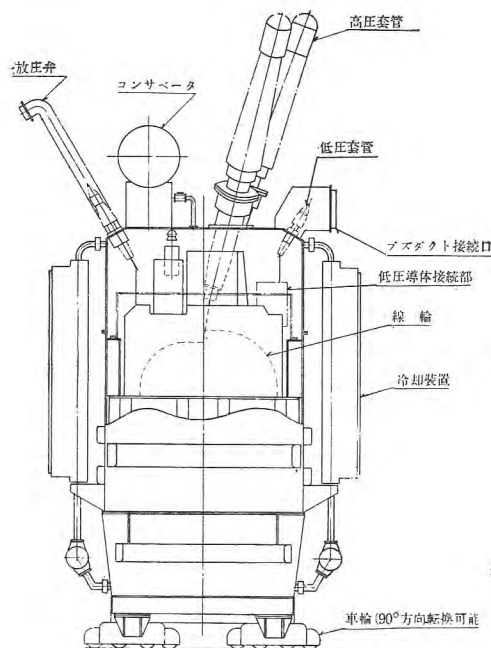
ウ. 特別 3 相式変圧器の利害得失

利点

- (1) 大容量超高圧変圧器でも組立輸送が可能となった。組立輸送は特別 3 相式変圧器の目的であって、組立輸送することによりつぎの (2)~(4) のような利点が生ずる。

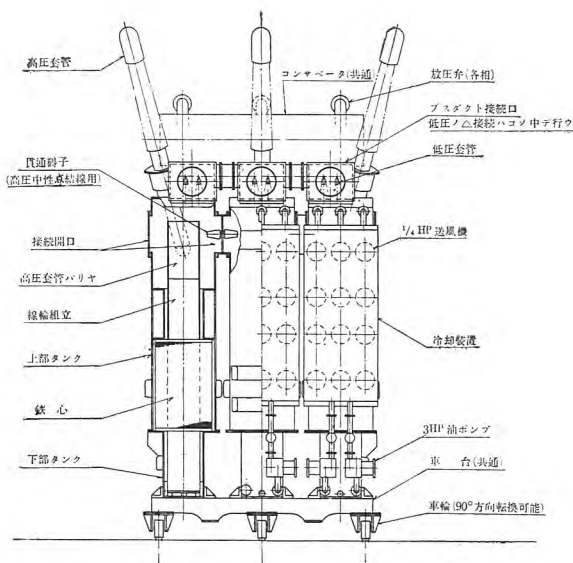


4 図 単相外鉄型変圧器
Fig. 4. Single phase shell type transformer.



5 図 93,000 kVA 特別 3 相式変圧器 (上部タンク共通式)

Fig. 5. 93,000 kVA special 3 phase transformer (upper tank is common to each phase).



6 図 特別 3 相式変圧器 (上部タンク分割式)

Fig. 6. Special 3 phase transformer.
(upper tank is separated)

- (2) 現地組立室や起重機を省略することができる。
- (3) 分解再組立に要する工期とその費用が大幅に削減される。
- (4) 工場で各種の試験を終了した完全状態のまま現地に再現できる。
- (5) 工場で組立を各相ごとに分割並行して行うことができるので、組立、乾燥、試験等すべて早く、工期が短縮される。
- (6) 本体 1 相分の予備を設けると、万一の場合に簡単に予備相との切かえができ、単相 4 台と同様の利点を有する。

不利な点

上述の構造から明かなように、鉄心とタンク部分が増加するので、重量は約 20% 大きくなる。しかし価格はかならずしも重量に比例しない。価格の主体をなすものは巻線部分ついで鉄心部分であるが、巻線部分は普通 3 相変圧器と全く同一であり、もっとも重量の増大するタンク部分は鋼材が主体であるから、価格に影響することは少ない。つぎに鉄心重量が 20% 程度増大するので、鉄損も若干大きくなるが各相独立した磁気回路においては重量の比例よりはかなり小さいものであり、このことは後述の試験結果にも示されている。線輪部分は 3 相と全く同一であるから、銅損やインピーダンスその他の特性には変化はない。

従来から内鉄型 3 相で高さを下げるため 5 脚鉄心を採用したり、米国 Westinghouse 電機会社で外鉄 3 相変圧器の高圧コイル群を 2 個にしたりして組立輸送のためにはいちじるしく不利な設計が行われている。これに比べると特別 3 相式には重量、価格、損失の増加が僅少で、組立輸送の利点を最大限に発

揮し得るので、利は不利を補って余りあるものと考ええる。

4. 構造

ア. 絶縁方式

絶縁方式としては外鉄型の標準絶縁構造であるサージプルーフ型としているほか、とくに中性点直接接地の利点を発揮した低減絶縁および段絶縁方式を採用している。

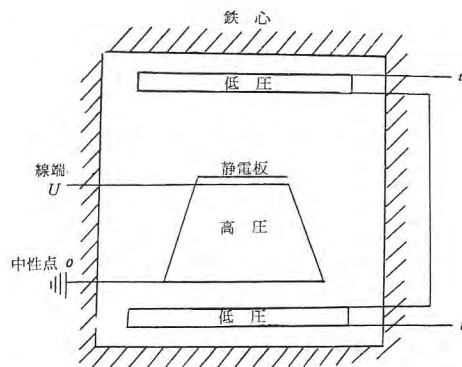
低減絶縁および段絶縁は中性点の直接接地式を標準として採用している米国の最近のプラクティスであり、わが国においても最初の超高圧送電線である新北陸幹線用の超高圧変圧器に初めて用いられてより、超高圧変圧器の標準絶縁構造となっているものである。当社の製作した枚方変電所納 250 kV 117,000 kVA 変圧器 3 台および丸山発電所納 275 kV 72,500 kVA 変圧器 2 台はこの例である。

(1) 低減絶縁方式 (Reduced Insulation)

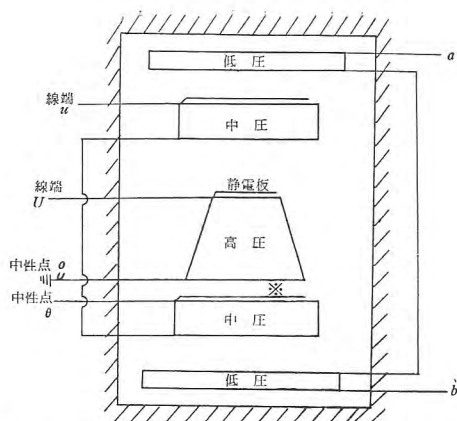
本変圧器は 2 次電圧 287.5 kV であるにかかわらず、変圧器の絶縁階級は 1 段下の 200 号としたいいわゆる低減絶縁を採用している。中性点を直接接地すれば 1 線地絡時に健全相の電圧上昇が小さく、したがって許容端子電圧の低い、すなわち制限電圧の低い避雷器を採用することができ、これと協調して変圧器の絶縁階級を低減することができるのである。

(2) 段絶縁 (Graded Insulation) および中性点絶縁低下

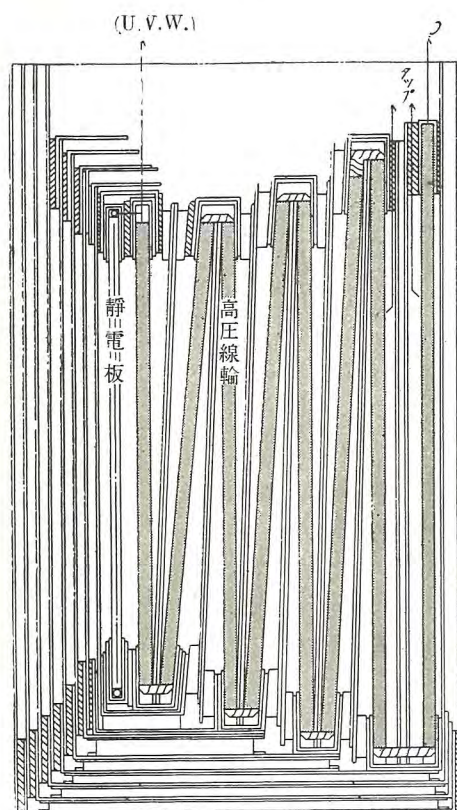
本変圧器の高圧中性点は直接接地され、その対地電圧はほとんど上昇しないので、中性点の絶縁は 10~30 号程度でさしつかえなく、また外鉄サージプルーフ構造においては線路端から衝撃電圧が侵入した場合、巻線各部の内部電位振動はきわめて小さいので、線路端子から中性点に至るにしたがい、次第に絶縁を低下させたいいわゆる段絶縁を施すことができた。7 図および 8 図はそれぞれ発電機用 93,000 kVA 変圧器と連系用 139,500 kVA 変圧器の巻線配列を示す略図であり、9 図は両変圧器の高圧コイルの断面図で、これらの図によって段絶縁の状



7 図 発電機用 93,000 kVA 変圧器のコイル 1 相分の配列
Fig. 7. Arrangement of 93,000 kVA transformer coil.
(1 phase)



8 図 連系用 139,500 kVA 変圧器のコイル 1 相分の配列
Fig. 8. Arrangement of 139,500 kVA transformer coil.
(1 phase)



9 図 段絶縁変圧器高圧コイル
Fig. 9. Graded insulation high tension coil.

況を知ることがでる。すなわち高圧は 8 枚のコイルよりなり、その 1 枚 1 枚は大きさが異なっていて、中性点に近いコイル程その形状が大きき、取囲まれた鉄心との間の絶縁距離が小さくなっている。

つぎに中圧の中性点側は $1/\sqrt{3}$ 中性点絶縁低下を行っている。中性点絶縁低下は高抵抗または消弧線輪接地系統の 110 kV 以上の外鉄型変圧器に標準として採用している方式で、巻線の内部は Full Insulation 変圧器と同一であり、中性点側の低圧に対する主絶縁 (8 図※印部分) のみ $1/\sqrt{3}$ の絶縁階級に低下する。中性点用ブッシングは 80 号のものを使用して中性点側主絶縁と協調せ

しめ、さらに同じく 80 号の中性点用避雷器を付属している。

外鉄型変圧器においては段絶縁および中性点絶縁低下をきわめて容易に、かつ有効に実施しうるもので、低減絶縁と相まって重量、油量ならびに価格を大幅に減少することができる。

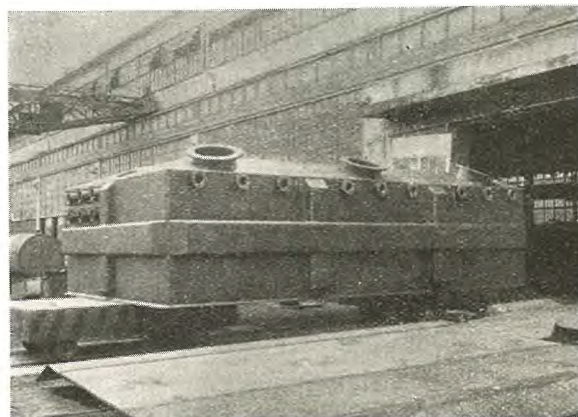
(3) サージプルーフ構造 (Surge Proof)

外鉄型変圧器はそのコイル構造上、衝撃電圧に対してすぐれた特性を有しているが、さらにこれに簡単な改良を加えて、より合理的な絶縁構造としたものがサージプルーフ型変圧器である。サージプルーフ型についてはしばしば発表されているので、詳細は省略するが、簡単に述べると線端線輪の外側に端子と同電位の静電遮蔽板を配置して、線端付近の電圧分布曲線を制御すると共に静電板のもつ大きな対地容量により衝撃進入波の急峻波頭を緩和させる上にも有効である。つぎに絶縁物は高電位部を包むか、または等電位面に沿うように配置して、破壊は沿面距離に頼らず、かならず固体絶縁物を貫通破壊するのでなければ起り得ない構造としている。要するに内部電位振動を抑圧して、衝撃電圧に対し割合に少い材料で充分合理的な絶縁を持たせたものがサージプルーフ絶縁構造である。

イ. タンクの構造

タンクは最近の外鉄型変圧器の標準構造である Form-Fit Tank を採用している。Form-Fit とは、その名の示すとおり、変圧器のタンクを中身にぴったり適合するように造ったもので、外鉄型変圧器の特長を極度に発揮した最新型構造である。

さらに本変圧器では Form-Fit 変圧器の特長を活用して、特別 3 相式の特長タンクを採用し組立輸送を行っている。特別 3 相式 Form-Fit 構造については 3.イ. に既述してあるので、ここには省略するが、上部タンクは 3 相共通にする方式を採用している。10 図 11 図および 12 図はそれぞれ連系用 139,500 kVA 変圧器の上部タンク、中部タンクおよび下部タンクを示すものである。



10 図 3 相共通の上部タンク (連系用
139,500 kVA 変圧器)
Fig. 10. Upper tank common to 3 phase.
(139,500 kVA)

ウ. 車 台

車台は各相共通となっており、現地においてはこの上に、分割して組立輸送された各相本体を並べて立て、3相組合せ作業を行う。車台には完成写真で見られるように6組の車輪を取りつけており、各組の車輪は100tジャッキ4個（発電機用）または8個（連系用）を使用して車台を車輪のつばだけ僅か上げ、それぞれ90°方向転換を行うことが容易にできるので、現地据付に当ってトラバーサは使用しない。

13 図は連系用変圧器の車台を、14 図は発電機用変圧器の中央車輪の両側車輪と90°方向転換した状態を示すものである。

エ. 冷却方式

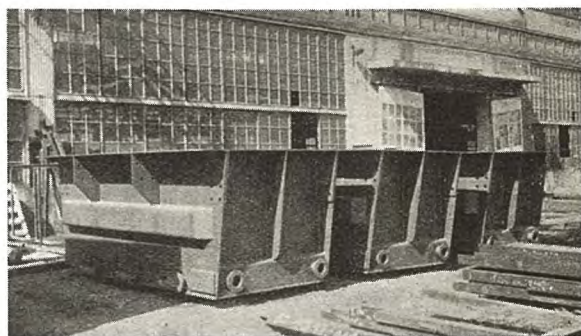
冷却方式としては大容量変圧器に最適の送油風冷式を採用し、当社標準のUフィン管放熱器を使用しているが、特別3相式構造のため放熱器の取付け方および放熱器の構成は標準方式のものと若干異なっている。すなわち特別3相式変圧器では下部タンクと中部タンクが各相に分割されているので、油の通路は各相全く独立している。したがって従来のようにタンク4周に放熱器を取付けると、各相の冷却効果に不平衡をきたすので、完成写真に見られるように、各相に2組ずつの放熱器を対称に取付ける。1組の放熱器は従来の標準のものでは、12尺放熱器の場合、Uフィン放熱管73本、3HP送油ポンプ1台、 $\frac{1}{3}$ ないし $\frac{1}{4}$ HP送風機8個より構成されているが、本変圧器の場合は放熱管の数を発電機用変圧器115本、連系用変圧器129本に増加し、3HP送油ポンプを各組に2台取付け、 $\frac{1}{4}$ HP送風機の数も発電機用12個、連系用18個と多くするなど、1組の放熱器の冷却効果をいじじるしく増大している。

送油ポンプは電動機が油中で運転する全密閉型で、溶接ケースの改良型となっている。各組2台のうち1台は停止しても全負荷運転になんらさしつかえなく、後述のように発電機用変圧器の温度上昇試験結果によれば、送油ポンプ全台運転した場合、油の温度上昇32.5°C各組2台のうち1台宛送油ポンプを停止した場合は36°Cで、1

台停止による温度上昇の増加はきわめて僅かである。

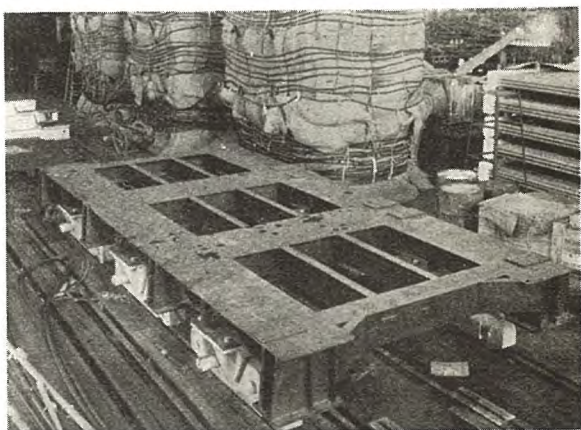
送風機は騒音を小さくするように考慮された改良型で、全台運転したばあいでも発電機用変圧器で送風機の騒音71.5フォンという低い値を示した。

送油風冷式変圧器では補助機の電源が停止したばあいの運転が問題となるが、送油ポンプおよび送風機が全停した場合でも、多少の自冷容量はあるから、周囲温度



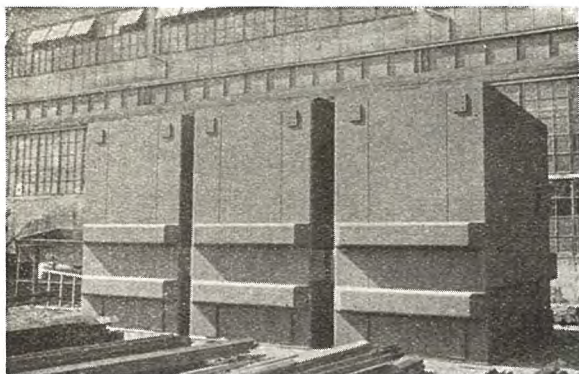
12 図 下部タンク（連系用 139,500 kVA 変圧器）

Fig. 12. Lower Tank (139,500 kVA).



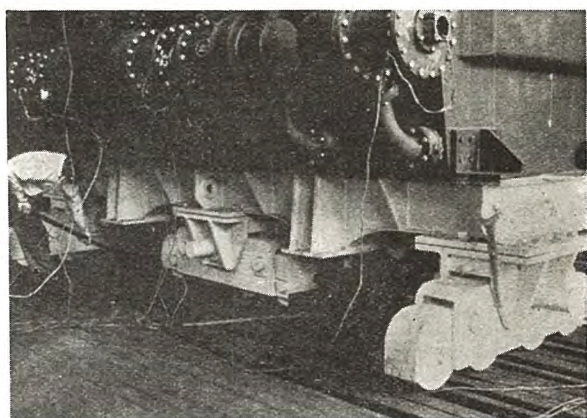
13 図 車台（連系用 139,500 kVA 変圧器）

Fig. 13. Truck (139,500 kVA).



11 図 中部タンク（連系用 139,500 kVA 変圧器）

Fig. 11. Middle Tank (139,500 kVA).



14 図 90°方向転換を示す車輪（139,500 kVA 変圧器）

Fig. 14. Wheel of changeable direction by 90 deg. (139,500 kVA)

40°C で全負荷運転中補助機が全停するという最悪の条件のときでも、さらに1時間程度の全負荷運転はさしつかえない。これは後述のように実際に温度上昇試験において確かめられている。

オ. ブッシング

高圧および中圧ブッシングは油入密封型コンデンサブッシングを使用しているが、いずれも最新のOT型と称する中心締付型ブッシングを採用している。中心締付型はその名の示すとおり、各部のパッキングは中心導体を利用して頭部に設けられた強力スプリングの圧縮力によって締付けられている。碍管は圧縮力のみ受けて機械的に強く、フランジ金具と碍管とはボルト締めされていないので、変圧器に取付の場合強く締付けて



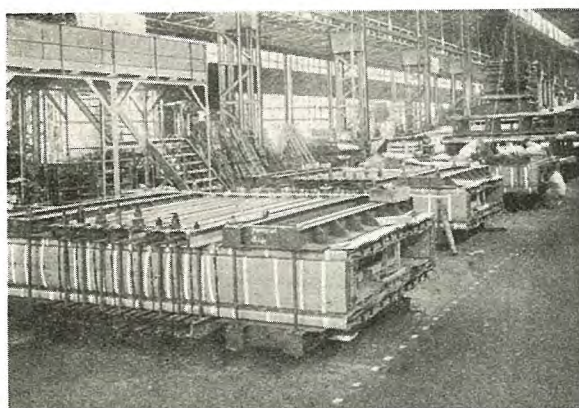
15 図 230 kV 用中心締付型油入コンデンサブッシング

Fig. 15. Center clamped type oil filled condenser bushing (230 kV).



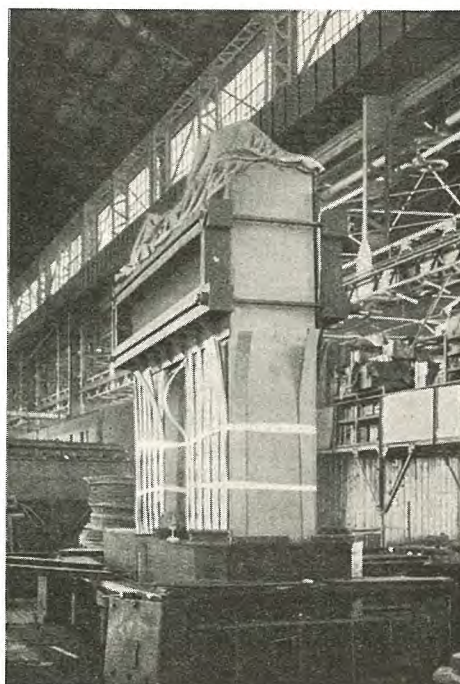
16 図 絶縁当てを行うコイル群 (139,500 kVA)

Fig. 16. Coil group (139,500 kVA).



17 図 絶縁組立を行った各相コイル (93,000 kVA 変圧器)

Fig. 17. Coil assembly (93,000 kVA).



18 図 各相ごとに鉄心積み作業中の 93,000 kVA 変圧器

Fig. 18. Assembling the punchings around the coils. (1 phase of 93,000 kVA)

も碍管が破壊することなく、フランジ金具の省略により材料の節約、重量の軽減、組立工程の短縮等をきたすほか、外径が小さくなるためこれに取付ける套管型変流器の特性が向上する等、多くの優れた特長を有するもっとも進歩した構造のブッシングである。

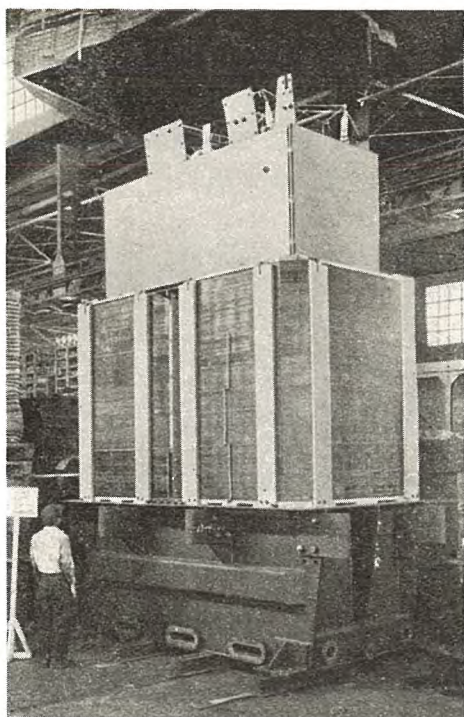
15 図は高圧線路側の 230 kV 用 OT 型ブッシングである。

5. 組立乾燥および輸送

ア. 組立

16 図は巻線工場で巻かれた発電機用変圧器のコイルを中身組立工場で架台の上に並べ、絶縁当てを行うところであり、16 図は絶縁当てを終った各相コイルを示す。ここまでは普通 3 相変圧器の場合と全く同様であるが、このコイルを各相ごとに 18 図（発電機用変圧器）のように下部タンクの上に立て、その周囲に鉄心を積み（19 図連系用変圧器）中部タンクを被せて下部タンクとの接合部を溶接する。つぎに輸送用盲蓋を中部タンクにボルト締めして乾燥に移る。乾燥については次項に述べるが、乾燥完了後絶縁油の真空含浸を行った上、各相を共通車台の上に立てて、盲蓋をつけたまま中部タンクの相間の接合部を溶接する。その後盲蓋をはずして 3 相共通の上部タンクを被せ、中部タンクとの接合部を溶接する。（5 図参照）下部および中部タンクの相間の部分はカバーをするので、ブッシング、放熱器等を取付け総組立を終ったものは外観上普通 3 相変圧器になんら異なることはない。

発電用変圧器 4 台のうち最初の 1 台は上記のように工



19 図 鉄心積み完了の 139,500 kVA 変圧器
Fig. 19. Completed core and coil assembly.
(139,500 kVA)

場で完全に 3 相組立を行ったが、他の 3 台は 3 相組立は行わず 20 図のように試験用上部タンクを使用してブッシングを取付け、単相器として温度上昇試験を除くすべての完全な試験を行った。なお連系用変圧器 1 台も 3 相組立試験を実施した。

各相ごとに本体を下部タンクと中部タンクに納めて組立輸送したものを、工場におけると同様にして現地組立を行ったが、現地では組立室を使用せず 21、および 22 図のように屋外の仮の組立場所で二股を使用して総組立を行った上、トラバサを使用せずに変圧器自身の車輪で 2 回 90° 方向転換し、据付場所に運ばれた。

組立後脱気油を真空で注油したが、本変圧器に対してはとくに真空脱気装置を使用せず、コンサベータの中にノズルを取付け、油濾過器を通して真空注油する際コンサベータ内で脱気が行われるようにした。この方式は特別の脱気装置を必要とせず、操作简单なばかりでなく、実験結果によれば脱気装置を使用した場合と同じ脱気効果が得られている。なおノズルはコンサベータ内に取付けたまま納入するので、将来脱気注油の必要ある場合にも便利である。

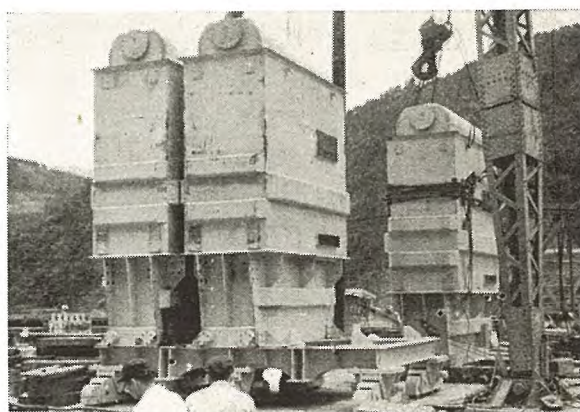
イ. 乾 燥

乾燥は Form-Fit 変圧器に最適のタンク誘導加熱ならびに熱風の併用を採用した。すなわち変圧器本体は各相ごとに下部タンクおよび中部タンクの中に組立てられ、輸送用盲蓋を取付けた状態でタンク側面に保温を施し、その上に導線を巻き単相 60 c/s の電流を通じ誘導磁束によりタンク壁温度を 100°C 程度に保つ。これと同時にタンク下部より約 110°C の熱風を送入して予備乾

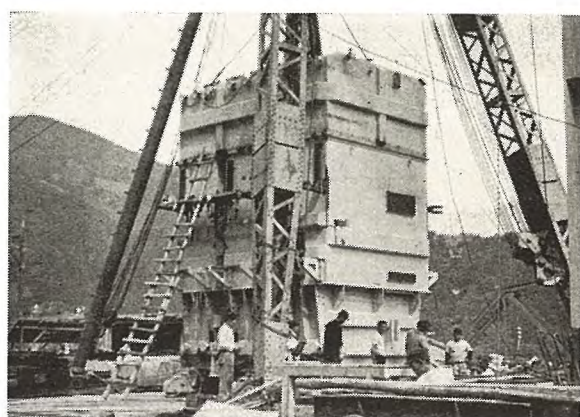


20 図 試験用上部タンクを使用して単相器として試験を受ける 93,000 kVA 変圧器

Fig. 20. 1 phase unit of 93,000 kVA transformer to be tested (special upper tank is used for testing).



21 図 二股により現地組立中の 93,000 kVA 変圧器
Fig. 21. 93,000 kVA transformer being assembly at site.



22 図 二股により現地組立中の 93,000 kVA 変圧器
Fig. 22. 39,000 kVA transformer being assembly at site.

燥を行い、大部分の水分を除去した後、熱風送入を止めて真空乾燥を行う。

この乾燥方法は枚方変電所納 117,000 kVA 変圧器に実施以来好評を博してきたが、今回は乾燥をより一層速かに、かつ確実にを行うため、以下に述べる改良を試みた。

(1) 乾燥期間の短縮のためには予備乾燥中の投入熱風量を増加しなければならないが、従来の誘導加熱式熱風乾燥器では、加熱の原理上投入熱風量増大のためにはなほ大きな不経済な乾燥器となる。したがって今回は U 字型に作った埋込ヒータの周囲に U フイン管放熱器と同様の銅螺旋線を巻きつけたものを多数並べ、その間に風を通す新しい型の熱交換器を開発した。特殊設計の埋込ヒータと U フイン構造の採用により、熱交換器出口の風温を 110°C に調整した場合、ヒータの表面温度は火粉発生の危険温度より遥かに低く保つことができ、強力な送風機と組合され、従来の熱風乾燥器と据付面積は変わらずに、数倍の能力をもつものとなった。

(2) 予備乾燥の初期においては中身温度をできるだけ速に上昇させ、蒸気圧を速かに高い値にすることが、乾燥期間の短縮にもっとも有効であるから、今回はこのために熱風循環方式を採用した。すなわち変圧器上部から出る排気を保温を施した配管で送風機の吸気穴へ導き、循環空気量(排気量)調節のため、途中で調整用の排気扇を設けた。本方式の採用により、従来の完全放出式に比べ、予備乾燥の初期において約 2 倍の熱風量を投入することができた。

(3) 真空乾燥に入ると熱風熱源はなくなるが中身熱容量が大きいので、タンク誘導加熱のみでほとんど温度の低下なしに真空乾燥を続けることができる。これがタンク誘導加熱の大きな利点であるが、タンク底部より熱が大地へ逃げ、従来下部温度が幾分低くなっているため、今回は真空切換後も熱風をタンク底板と大地間のスペースへ送り込んだ。

(4) 熱風温度の調整に自動温度調節器を使用して、熱風入口温度を常に最適値に保つこと、あるいは真空ポンプをピストン式から油回転式に切換え、かつタンクの漏洩を完全に無くして真空効率をいちじるしく向上する等の改善も行った。

以上の方法によりタンク誘導加熱による投入熱量は枚方変電所納 117,000 kVA 変圧器の場合と大差ないが、新型埋込ヒータ式熱交換器と強力な送風機を組合せた熱風乾燥器ならびに循環方式の採用により、投入熱風量は格段に増大し、効果的な真空乾燥の実施と相まって、乾燥期間は画期的に短縮され、かつ結束はきわめて満足すべきものであった。

なお乾燥度の判定には下記の方法を採用し、結果を総合判断した。

(1) 真空管増幅式絶縁抵抗計による絶縁抵抗の測定
従来の 1,000 V 回転式メガーでは最大目盛 2,000 M Ω でこれ以上の値は読めないため、みかけ上飽和の傾向を

示し、真値が判らない。

- (2) 吸収電流特性測定ならびに成極指数の算出
- (3) 弱点比(絶縁抵抗の電圧比)の測定
- (4) 静電容量の測定、 ΩF の算出、絶縁物構成比を考慮に入れた他の変圧器との比較
- (5) $\tan \delta$ の測定
- (6) 露点の測定(真空乾燥中はタンク内の露点測定)
予備乾燥から真空乾燥に移る時期の決定にも吸気と排気の露点の比較を利用した。
- (7) 真空ポンプ内の凝結水の容量

23 図は乾燥中の連系用 139,500 kVA 変圧器である。

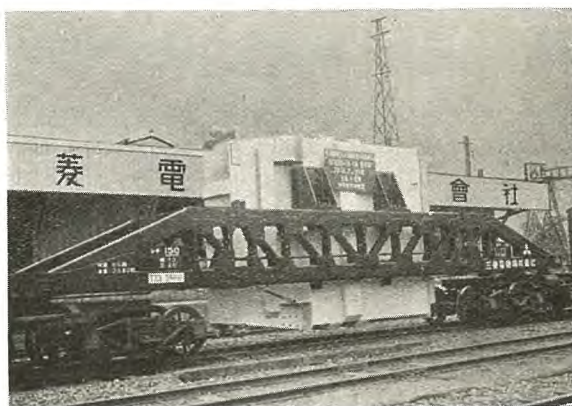
ウ. 輸 送

上述のように本体を各相ごとに下部および中部タンクに納め、輸送用盲蓋をして貨車輸送を行った。24 図の写真に示されるように各相が偏平な形であるから、横倒し



23 図 誘導加熱によるタンク加熱と熱風乾燥併用により乾燥中の 139,500 kVA 変圧器

Fig. 23. 139,500 kVA transformer in drying combined with the induction heating of tank wall and hot air blast by induction heating.



24 図 シキ 150 号貨車で組立輸送を行う 93,000 kVA 変圧器の 1 相

Fig. 24. Shipping of 1 phase of 93,000 kVA transformer by Shiki No. 150 freight.



25 図 シキ 120 号 1 台シキ 150 号 2 台の 3 両編成で各相ごとに組立輸送を行う 93,000 kVA 変圧器

Fig. 25. Shipping of 3 single phase unit of 93,000 kVA transformer by 1 Shiki No. 120 and 2 Shiki No. 150.

にしてビームに吊り下げて送り、輸送専用特殊貨車としてはシキ 120 号 1 台とシキ 150 号 2 台を使用、上部タンクも本体各相と同様の方法で輸送した。25 図は発電機用変圧器の本体各相を上記貨車の 3 両編成で輸送している状況を示す。なお輸送重量は発電機用変圧器 56 t、連系用変圧器 78 t である。

6. 試 験

発電機用 93,000 kVA 変圧器の 1 号機および連系変圧器は 3 相変圧器として一般構造検査、各種の特性試験、商用周波耐圧試験、衝撃電圧試験、温度上昇試験等のほかにコロナ試験、騒音測定、突入電流測定、低圧への移行電圧測定、サージインピーダンス測定等の特殊試験を実施した。試験項目が多く、目新しいものを含んでいるだけでなく、試験方法にも初めての特記すべき内容を有しているので、以下試験方法ならびに試験結果の主なものについて述べる。なお特別 3 相式変圧器においては、特性試験、商用周波耐圧試験、衝撃電圧試験等を単相器として試験することは 3 相変圧器としての試験と全く同一であるから、発電機用変圧器の 2 号機以下は試験用の上部タンクを用いて、単相器で試験を行った(22 図参照)。試験成績書としては発電機用 1, 2 号機と連系用変圧器について記すが発電機用 3 号機以下は 1 号機とほとんど同一である。

ア. 特性試験結果

発電機用変圧器

(1) 鉄 損 (kW)

	1 号 機	2 号 機	保 証 値
50 c/s	167.6	170.8	215
60 c/s	144.8	148.6	195

(2) 銅 損 (kW) 定格電圧 1 $\frac{2}{3}$ /275 kV 75°C で

	1 号 機	2 号 機	保 証 値
50 c/s	340.96	341.3	364
60 c/s	342.13	346.4	384

(3) 効 率 (%)

	1 号 機		2 号 機		保 証 値	
負 荷	50 c/s	60 c/s	50 c/s	60 c/s	50 c/s	60 c/s
100%	99.46	99.48	99.45	99.47	99.38	99.38
75%	99.49	99.53	99.48	99.51	99.40	99.41
50%	99.46	99.51	99.45	99.49	99.34	99.37
25%	99.19	99.29	99.18	99.28	99.98	99.06

(4) 補助機損 (kW) 60 c/s

200 V で 27.7 kW 保証値 40 kW

(5) 電圧変動率 (%)

	1 号 機		2 号 機		保 証 値	
	50 c/s	60 c/s	50 c/s	60 c/s	50 c/s	60 c/s
力率100%	0.87	1.11	0.87	1.09	0.9	1.2
" 90%	5.11	6.05	4.95	5.96	5.4	6.5

(6) 無負荷電流 (%)

	1 号 機	2 号 機	保 証 値
50 c/s	2.0	2.1	2.6
60 c/s	0.8	0.81	1.2

(7) インピーダンス (%)

	1 号 機	2 号 機	保 証 値
50 c/s	10.1	10	10.0
60 c/s	12.16	12	12.0

(8) 突入電流測定

50,000 kVA 発電機を使用し定格電圧 13 kV において 3 回行ったが、投入位相により各相電流波形および電流値にいちじるしい差を生じている。

突入電流最大値 (A)

	U 相	V 相	W 相
1 回 目	610	600	476
2 " "	1,380	4,410	3,600
3 " "	1,500	2,380	2,410

(備考) 常規励磁電流は最大値 47 A, 定格電流は最大値 5,840 A

連 系 用 変 圧 器

(1) 鉄 損 (kW)

周 波 数	測 定 値	保 証 値
50 c/s	240.8	301
60 c/s	202.2	257

(2) 銅 損 (kW) 定格電圧 154/275/13 kV 75°C で

周 波 数	測 定 値	保 証 値
50 c/s	275.7	324
60 c/s	276.9	340

(3) 効 率 (%) 100% 負荷において

	周 波 数	測 定 値	保 証 値
1 次 2 次	50 c/s	99.45	99.33
	60 c/s	99.49	99.36
2 次 3 次	50 c/s	99.32	99.31
	60 c/s	99.35	99.34
1 次 3 次	50 c/s	99.44	99.34
	60 c/s	99.47	99.37

- (4) 補助機損 (kW) 60 c/s 200 V で
31.6 kW 保証値 40 kW

(5) 電圧変動率

	力率(%)	周波数	測定値	保証値
1 次 2 次	100	50 c/s	0.90	1.0
		60 c/s	1.17	1.3
	90	50 c/s	5.46	5.6
		60 c/s	6.72	6.8
2 次 3 次	100	50 c/s	2.32	2.8
		60 c/s	3.13	3.9
	90	50 c/s	10.42	11.8
		60 c/s	12.69	14.6
1 次 3 次	100	50 c/s	0.58	0.7
		60 c/s	0.71	0.85
	90	50 c/s	3.67	4.3
		60 c/s	4.42	5.1

(6) 無負荷電流 (%)

周 波 数	測 定 値	保 証 値
50 c/s	3.44	4.8
60 c/s	1.31	1.9

(7) インピーダンス

	周波数	測定値	保 証 値
1 次 2 次	50 c/s	11.0	10 (裕度 10% をとり)
	60 c/s	13.2	12 (設計値 11)
2 次 3 次	50 c/s	19.5	20
	60 c/s	23.2	24
1 次 3 次	50 c/s	7.30	7.6
	60 c/s	8.79	9.1

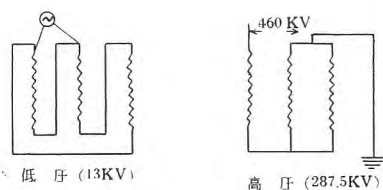
(8) 突入電流最大値 (A)

	a 相	b 相	c 相
1 回 目	3,200	1,820	3,140
2 "	2,800	6,150	6,000
3 "	1,300	1,360	600

(備考) 常規励磁電流は最大値 82A, 定格電流は 5,840A

イ. 高周波耐圧試験

超高圧側は段絶縁を施しているので加圧試験は実施できない。したがって誘導試験により線路端に規定の試験電圧を誘起させる方法をとるが、従来わが国で実施されている方法は 26 図の結線により高圧側の 2 端子を一括して接地し、低圧側より高周波電源で励磁して、高圧側の接地されない端子に試験電圧 460 kV を誘起させる方法であった。この場合には中性点の対地電圧は $460/3=153$ kV となるので、中性点側の絶縁はこの試験を行うためとくに 70 kV 級とされている。当社の枚方変電所納 117,000 kVA はこの例である。また試験技術上にも、25 図の結線により高周波誘起試験を行えば、巻線の対地容



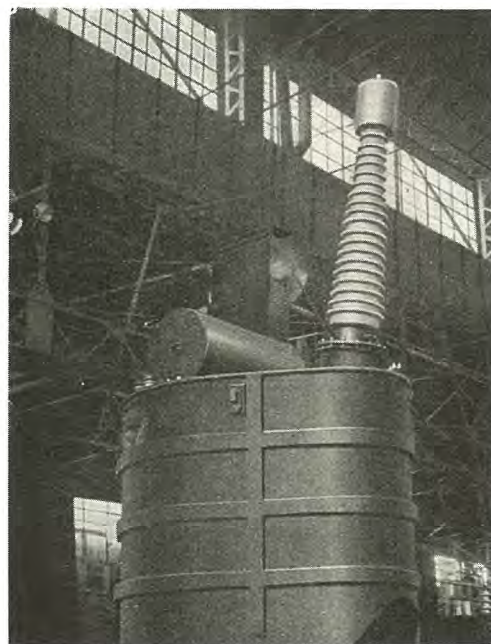
26 図 従来の低圧より印加した交流耐圧試験結線図

Fig. 26. Usual connection diagram of A-C insulation test induced from 3 low tension side.

量により、非接地端子が巻数比以上に上昇し異常電圧が発生する場合があります、また球間隙による電圧測定法では正確を期しがたいなどの問題がある。

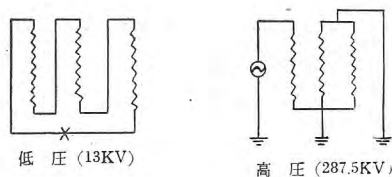
本変圧器に対しては新しい試みとして高圧側から電圧を加える方法を採用し、そのためとくに単相 180 c/s, 50 万 V, 1,000 kVA の試験用変圧器 (27 図) を製作した。方法は 28 図結線のように中性点を接地し、1 相に 180 c/s, 460 kV の電圧を 40 秒加えこれを端子を変えて 3 回繰返した。この方法では中性点は接地されているから、中性点側の絶縁階級は 30 号としてよく、電圧測定は被試験器の低圧側で読むからきわめて正確である。なお印加電圧 460 kV は常規誘起電圧 166 kV の 2.77 倍になり、規定の誘導試験電圧の 2 倍を超えるので、この試験によって誘導試験を兼ね行ったことになる。試験中コロナの発生を極力小さくするために、460 kV のリード線として径 8.5 cm の中空アルミパイプを使用し好結果を得た。

上記のほかに加圧試験として高圧中性点に 70,000 V, 低圧 50,000 V, 1 分間印加した。



27 図 単相 500 kV 1,000 kVA 180 c/s 試験用変圧器

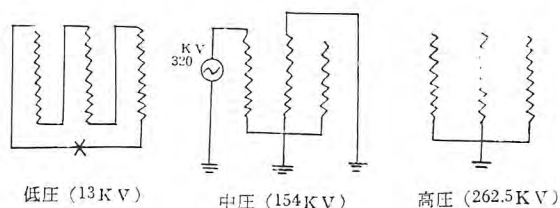
Fig. 27. 1 phase 500 kV 1,000 kVA 180 cycles testing transformer.



28 図 高圧より印加の交流耐圧試験結線図 (93,000 kVA)

Fig. 28. Connection diagram of A-C insulation test induced from high tension side (93,000 kVA).

以上は発電機用変圧器の場合であるが、連系用変圧器に対しては高圧および低圧は発電機用変圧器と同一で、そのほかに中圧巻線の試験を 29 図の結線で 320 kV の試験電圧を加えて行い、また加圧試験として中性点の絶縁階級 80 号に相当する 180 kV の電圧を 1 分印加した。



29 図 中圧巻線の交流耐圧試験結線図 (139,500 kVA)

Fig. 29. Connection diagram of A-C insulation test of medium voltage winding (139,500 kVA).

ウ. 衝撃電圧試験

変圧器衝撃電圧試験規格 (JEC-110) にしたがって全台に対し試験を行い合格した。試験電圧は 1 表のとおりである。

1 表

	絶縁階級(号)	全波(KV)	截断波(KV)
高 圧 巻 線	200	1050	1210
中 圧 巻 線 (連系用変圧器のみ)	140	750	870
低 圧 巻 線	20	150	170

エ. 温度上昇試験

発電機用変圧器

発電機用 1 号機の温度上昇試験としては、定格電流を超える過電流を流し、銅損のみにより全損失に相当する損失を供給して油の温度上昇を求め、ついで定格電流を流して抵抗法により巻線と油の温度上昇の差を求め、両者の和から巻線の温度上昇を算出するもっとも完全な方法をとった。電源には 50,000 kVA、60 c/s 短絡用発電機を使用し、13 kV 側を短絡し 262.5 kV タップの高圧側より銅損を供給して行った。

なお参考試験として送油ポンプおよび送風機全台停止の場合と各相の送油ポンプ 1 台宛計 3 台停止の場合の温度上昇試験も実施した。

試験結果はつぎのとおりである。

(1) 正常運転の場合

油の温度上昇

60 c/s 32.5°C

50 c/s (60 c/s の値を基準として損失より算出) 34°C

巻線と油の温度差 高圧 10°C
低圧 12°C

巻線の温度上昇

60 c/s 高圧 42.5°C
低圧 44.5°C

50 c/s 高圧 44°C
低圧 46°C

(2) 送油ポンプおよび送風機全台停止の場合

100% 銅損 (60 c/s 全損失の 71% に相当) を供給し、送油ポンプおよび送風機全停後 1 時間運転した結果はつぎのとおりである。

最初の油の温度上昇 28°C
1 時間運転後の " 34.5°C
巻線の温度上昇 高圧 47.5°C
低圧 49.0°C

全損失の 71% の損失を加えて 1 時間運転し油の温度上昇は 6.5°C 増加しているから、全負荷では 10°C 以下の増加、すなわち温度の高い 50 c/s の時に油の温度上昇が 44°C 以下、巻線の温度上昇は 59°C 以下となり、この場合でもなお JEC-120 の規格に合格する。したがって補助機全停の場合も引つづき 1 時間全負荷運転してなんらさしつかえない。

(3) 各相の送油ポンプ 1 台あて停止の場合

銅損により全損失を供給して 4 時間運転して油温一定となった。その結果はつぎのとおりである。

油の温度上昇 60 c/s 36°C
50 c/s (計算値) 37.8°C

正常運転に比し僅か 3.5°C (60 c/s で) の温度上昇増加に過ぎず、送油ポンプ 1 台の停止は運転にほとんど影響を与えない。

連系用変圧器の温度上昇試験も発電機用 1 号機と同様にして行った。すなわち中圧と低圧巻線に過電流を通じ銅損のみにより全損失に相当する損失を供給して油の温度上昇を求め、ついで定格電流を中圧・低圧間および高圧・中圧間に通じて各巻線と油との温度差を求めた。各組合せにおける温度上昇は上記実測値を基にして計算により求めると 2 表のとおりになる。

なお高圧-中圧間は 120,000 kVA の連続使用の保証をしているので参考までに実測値を基にして計算した温度値を示す。

油の温度上昇

60 c/s 37.2°C

50 c/s 38.1°C

巻線の温度上昇

60 c/s 高圧 56°C

中圧 57°C

50 c/s 高圧 56.9°C

中圧 57.9°C

2 表

巻線の組合せ	周波数	油の温度上昇°C	巻線温度上昇°C
高圧—中圧	60 c/s	27.8	高圧 40.3 中圧 40.2
	50 c/s	29.6	高圧 42.1 中圧 42.0
中圧—低圧	60 c/s	28.6	中圧 41.0 低圧 41.8
	50 c/s	30.0	中圧 42.4 低圧 43.2
高圧—低圧	60 c/s	33.8	高圧 46.3 低圧 47.0
	50 c/s	34.9	高圧 47.4 低圧 48.1

オ. 特殊試験

(1) コロナ試験

287.5 $\sqrt{3 \times 1.3}$ =206 kV の電圧を加えて試験を行い、コロナが発生しないことが仕様されているので、夜間に耐圧試験と同様の回路で電圧を印加し、コロナ開始電圧の測定を行った。

外部コロナは高圧側套管の保護間隙の球より 250 kV で発生したことを眼で判定した。内部コロナはコロナ試験器を用いて油中内のコロナ音を検出する一方、タンクの外側に耳を当てて聞き判定したが、耐圧試験電圧 460 kV に至るまで内部コロナの発生はなかった。

(2) 騒音測定

工場内で夜間静かな時に変圧器の各側面中央で 1m はなれて測定し、つぎの結果を得た。

発電機用 1 号機

- a 変圧器無励磁、送風機および送油ポンプ運転時送風機の取付いている面 約 71.5 フォン
送風機の取付いていない面 約 65 フォン
- b 変圧器励磁 (13 kV 60 c/s) 送風機および送油ポンプ 停止時 70~72 フォン
- c 変圧器励磁 (13 kV 60 c/s) 送風機および送油ポンプ 運転時
送風機の取付いている面 約 74 フォン
送風機の取付いていない面 約 70~72 フォン
- d 周囲騒音 51 フォン

連系用変圧器

- a 変圧器無励磁送風機および送油ポンプ運転時
送風機の取付いている面 約 74 フォン
送風機の取付いていない面 約 66 フォン
- b 変圧器励磁 (13 kV 60 c/s)
送風機および送油ポンプ停止時 70~76 フォン
- c 変圧器励磁 (13 kV 60 c/s)
送風機および送油ポンプ運転時
送風機の取付いている面 約 76 フォン
送風機の取付いていない面 74~78 フォン

d 周囲騒音

54 フォン

(3) 低圧への移行電圧測定

発電機用変圧器

高圧巻線の一端より衝撃電圧を印加した場合の低圧巻線への移行電圧を過渡現象直視装置により測定した。

低圧端子開放の場合印加電圧の 8.5 % 以下

〃 60 Ω (発電機のサージインピーダンス)

接地の場合 印加電圧の 2.5% 以下

連系用変圧器

高圧巻線の一端より印加

中圧 500 Ω 接地端子 10% 以下

低圧開放端子 1% 以下

中圧巻線の一端より印加

低圧開放端子 12% 以下

以上のほかに変圧器巻線のサージインピーダンスの測定、損失角および吸収電流の測定等を行った。

7. む す び

本変圧器は特別 3 相式という全く新しい構造を採用し、わが国初めての組立輸送を行う超高压変圧器として斯界の注目を集めているのみでなく、かかる大容量超高压変圧器が、台もまとまって 1 箇所に設置される点でも空前のことである。

また特別 3 相式構造のほかに、乾燥法、段絶縁変圧器の交流耐圧試験法その他にも特記すべき新方式を採用していることは既述のとおりである。

特別 3 相式は超高压大容量の変圧器のみでなく、1 万ないし 3 万 kVA 程度の変圧器に対しても、山間の水力発電所等の輸送困難な場合に採用して組立輸送の利点を発揮するので、今後の活用が大いに期待されるわけである。

最後にこの記録的変圧器製作の機会を与えられた電源開発株式会社に改めて深くお礼申し上げますと共に、今後共社内一致協力ますます関係方面のご要望に副うべく努力する次第である。

最近の大型ノーヒューズ遮断器

名古屋製作所

高見 滋*・大野寛孝**

The Latest Large Capacity No-fuse Breakers

Shigeru TAKAMI・Hirotaka ONO

Nagoya Works

With the increase of light or power load in office buildings and factories, the capacity of the power source has increased enormously, so that interrupting fault current of more than 20,000 amperes at low voltage is not a rare case. Mitsubishi has long been studying to build breakers meeting the requirements and has been successful to turn out no-fuse breakers having an interrupting capacity of 25,000 amperes at a rated voltage of 600 volts a-c and on a rated current of 600 amperes. One more new development is a motor operated no-fuse breaker capable of remote control, both having a good reputation.

I. ま え が き

近年、大きなビルディングや工場などにおける電燈や動力負荷が増加し、その結果、電源設備容量が著るしく大きくなって、低圧回路で 20,000 A 以上の故障電流を、遮断しなければならない配線用遮断器が要求されてきた。当社では、これに適する遮断器として 600 A フレーム・ノーヒューズ遮断器を完成するため、早くから研究を進めてきた。

この遮断器は、容器が大型のフェノール樹脂成型品で他のフレームサイズ (225 A フレーム以下) に比べ、一段と大きく、精度の高い製品がえがたく容易に完成の見通しがつかなかった。しかし、戦後、成型技術の進歩とともに、幾多の試作と改良研究の結果、モールドケースの成型に成功した。また、機構部品にも特殊材質による難関が少なくなかったが、これらの問題も克服し、定格電圧交流 600 V、定格電流 600 A、遮断容量 25,000 A の優れたノーヒューズ遮断器を製作した。

一方、大容量電源の開発とともに発電所における補機施設は大規模となり、これらの給電設備は複雑となってきた。これらのコントロールを簡単に行うため配電制御室からワンマンコントロールによって遠方操作することが必要となり、このたび電源開発会社のご注文で遠方から操作できる 225 A フレーム、3 極型電動操作式ノーヒューズ遮断器を取り急ぎ開発した。

以下、これらの遮断器の概要と性能について紹介する。

II. 600 A フレーム・ノーヒューズ遮断器

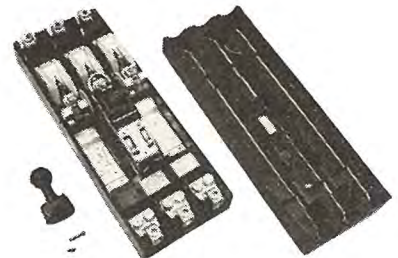
1. 仕 様

* 技術部 ** 工作部



1 図 600 A フレーム・ノーヒューズ遮断器の外観

Fig. 1. Front view of 600 A frame no-fuse breaker.



2 図 600 A フレーム・ノーヒューズ遮断器の外観 (カバーを外したもの)

Fig. 2. 600 A frame no-fuse breaker. (cover off)

- | | | | |
|------------|--|-----|----------|
| 型名: | NF | 極数: | 2* および 3 |
| フレームの大きさ: | 600 A | | |
| 定格電圧: | 交流 600 V および 直流 250 V | | |
| 熱動電流定格**: | 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600 A | | |
| 遮断容量: | 交流 600 V : 25,000 A
直流 250 V : 20,000 A | | |
| 動作責務: | O-2 分-CO | | |
| 自動引外装置の型式: | 熱動一調整電磁型および取換可能型 | | |
| 接続: | 表面型 (押しねじ型ターミナル付, 容量 40 OA および 600 A の 2 種) | | |
| 裏面型: | a. スタッド付: 400 A および 600 A の 2 種
b. 挿込接続器付 (主として船舶用 600 A のみ, 3 図参照) | | |

注：* 2極遮断器は3極遮断器の中央極導電部分および消弧装置を取り除いたもの。

** 基準周囲温度 25℃（一般用）あるいは 50℃（船舶用）



3 図 600 A フレーム遮断器用挿込端子台

Fig. 3. Plug in terminal board for 600 A frame breaker.

2. 構造および特長

本器は高速で投入、遮断のできる開閉機構と、反限時および瞬時引外しをなす熱動調整電磁型の自動引外装置との組合せからなり、消弧装置とともにモールドケースにおさめた手動操作の気中遮断器である。説明の便宜上、本器の構造を、モールド部品、開閉機構、自動引外装置、消弧装置および付属装置に分類し、主として従来の製品と異なる点について紹介する。

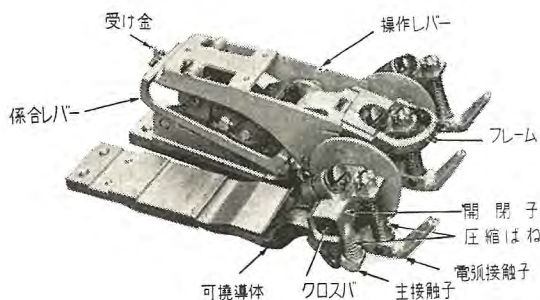
ア. モールド部品

遮断器のモールド部品すなわちベース、カバー、ハンドルなどはきれいなフェノール樹脂成型品からなり、それぞれ使用目的に適する材質で作られる。カバーおよびベースは、他のフレームサイズとの互換性を考慮して、幅寸法を同一とし、縦の方向に長くしたのでその成型に困難があったが、幾度かの試作研究の結果、十分な機械的強度と耐湿、耐熱性をもつ製品の完成に成功した。自動引外装置のように温度の高くなるものには、とくにアスベストを基材とした新しい耐熱性モールドを作った。ハンドルおよび補助ハンドルは、大きな荷重を受けるのでとくに機械的強度の大きい材質を用いた。

これらのモールド部品にすべての充電部分をおさめたいわゆるデッドフロント構造とするため、取扱いが完全で、同一性能の他の器具に比べて全体を著しく小型にまとめるほか、分電盤、配電盤の組立てに便利なよう端子部分は表面、裏面いずれにも接続できる。

イ. 開閉機構

開閉機構は一对のリンクにつる巻ばねを働かせるトッグル機構を基本としたもので、4 図に示すように非磁性体のフレームに組み、ベースの中央極に取り付ける。こ



4 図 600 A フレーム遮断器の開閉機構組立
Fig. 4. Switch mechanism assembly of 600A frame breaker.

の機構と関連して絶縁されたクロスバが左右極に延び、かく極に開閉子を取り付け、かく開閉子には1個の可動電弧接点と一对の可動主接点子が適当な圧縮ばねを介して装置してある。可動接触子群に対向して固定電弧および主接点を電源側導体に溶接し、かく極ごとにベースに取り付けてある。

トッグル機構の操作レバーには操作ハンドルを取り付け、この操作によって全極の可動接触子を急速に開閉する。開閉機構の入、切およびリセットの操作ならびにハンドルの状態、引外自由型であることなどは他のフレームと同一であるが、とくにつぎの諸点が異っている。

(1) 機構上、つる巻ばねの荷重は著しく大きいので、自動引外装置との機械的係合部にかかる荷重を減らすため、係合用レバーを設けている。

(2) 可動接触子から自動引外装置に至る導体は、薄い銅板を積み重ねたもので、可撓性をもち、閉路状態で1つのコイルを形成するので、大電流遮断時において接触子の接触状態を確実にしその溶着を防止する。

(3) 操作ハンドルは容易に取り換えができ、操作ハンドルには補助ハンドル（延長ハンドルとも呼ぶ）を取り付け、開閉操作を容易にしている。

(4) 上部リンクの一端は、開閉子と連結された止め金装置に互にローラで係合し、開閉動作時、開閉子の早入、早切動作と上部リンクの位置の規正を計っている。

接触子はいずれも粉末冶金によるもので、電弧接触子には Ag-W 系、主接点子の可動側は Ag-Ni 系、固定側は Ag-Cu-C 系を採用している。これら接触子の優れた性能、適当な接触条件とによって、大電流の投入、遮断に耐え、かつ大電流遮断後においても接触子過熱のおそれはない。

開閉機構は、吟味した材料と精密な工作とにより、6,000 回以上の開閉試験に耐え、十分な耐久力をもっている。

ウ. 自動引外装置

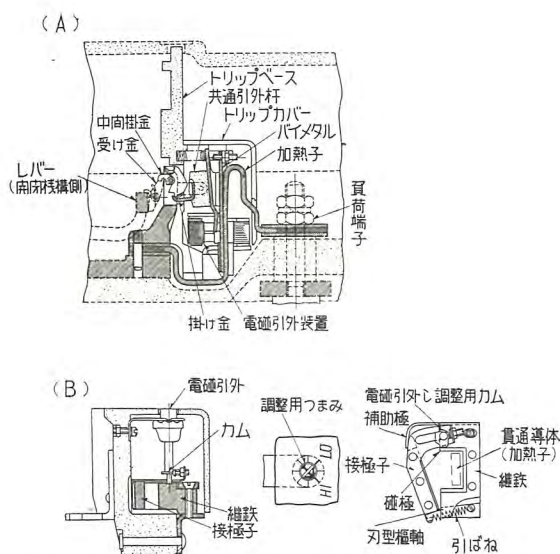
回路に異常電流が流れたとき、ある時限をもって、あるいは瞬時に、開閉機構との係合を引外し、全極同時に開路する重要な部分である。引外要素は熱動調整電磁型で、独立した耐熱性モールド部品に組立て、引外動作を校正したのち封印する。

(1) 熱動引外し

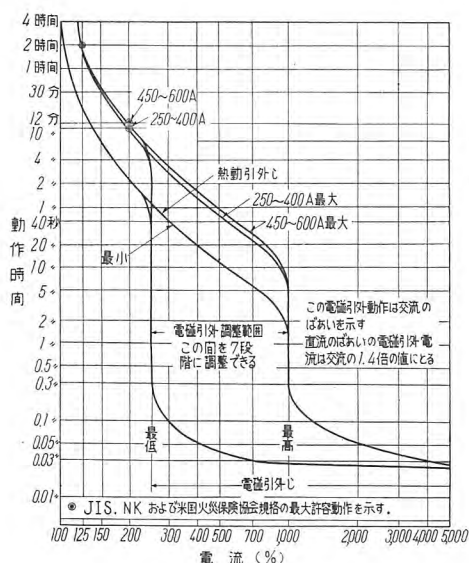
熱動引外要素の構造は 225 A フレームと似ておりその一部を 6 図(A)に示す。回路に過電流が流れると加熱子は発熱し、バイメタルは加熱され、その自由端に偏れを生ずる。この偏れを共通引外杆に作用させ、開閉機構との係合（開閉機構側の受け金と自動



5 図 600 A フレーム遮断器の自動引外装置
Fig. 5. Tripping device of 600 A frame breaker.



6 図 600 A フレーム遮断器の自動引外装置の構造
Fig. 6. Construction of automatic tripping device.



7 図 最大-最小引外動作特性曲線
600 A フレーム遮断器, 250~600 A

Fig. 7. Max.-Min. tripping characteristics curves. 600 A frame breaker, 250~600 A.

引外装置の掛け金との係合)を外して回路を遮断する。この引外動作は7図に示すような反限時特性で、電流定格の1,000%以下の過電流に応動する。またこの引外動作特性は、電線の電流-時間特性をカバーするほか、周囲温度の変化に対する電流定格の変化ともほぼ相似であるから、電線の熱容量をきわめて有効に利用できる。

遮断器の電流定格は、熱動引外しの定格で呼び、その基準周囲温度は、25 か 50°C で、このときの電流定格は100%である。(8図参照)

(2) 電磁引外し

電磁引外装置は6図に示すように、U字形継鉄に導体(加熱子)を貫通した電磁石の一端に、引外用接極子をナイフエッジで支え、接極子をつる巻引ばねによって

最近の大型ノーヒューズ遮断器・高見・大野

磁極と反対方向に引張っている。接極子には磁極との空隙を変化できるカム装置をもち、自動引外装置カバー表面の調整用ツマミによって、瞬時引外電流を電流定格の最低(LO)約300%から最高(HI)1,000%の範囲で7段階に調節することができる。この電磁引外しの特長は従来の遮断器に比べ

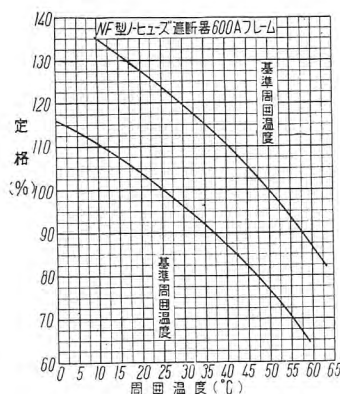
- 使用者で瞬時引外電流が調節できる。
- 接極子の自由端に延在した補助極が接極子に差動吸引力を与えるため、瞬時引外電流が広範囲に調節できる。

ことである。

エ. 消弧装置

消弧装置はデアイオン原理によるものであるが、構造簡単、小型で優れた消イオン効果をもつプレーンプレート型を採用した。

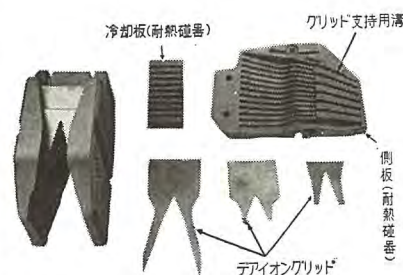
構造は9図に示すように、V字溝をもつ3種のデアイオングリッド(磁性体)のうち大小2種を交互にか



8 図 600 A フレーム遮断器の
周囲温度と定格の関係の
平均特性

Fig. 8. Average derating curves.

例: 500 A 定格(基準周囲温度 25°C)の遮断器を周囲温度 40°C で使用するとその定格は約 87% すなわち約 435 A に低減する。



9 図 600 A フレーム遮断器用デアイオン消弧装置

Fig. 9. De-ion arc chute for 600A frame breaker.

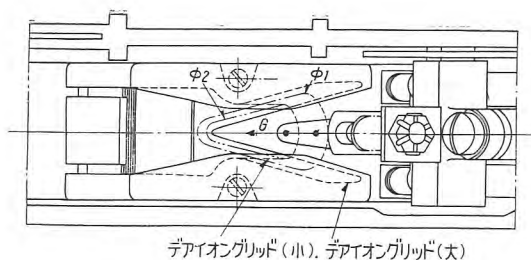
つ放射状に配置するため、一对の溝付耐熱磁器で支持したもので、つぎの特長をもっている。

- 電源-負荷端子間の絶縁が良好である。
- 絶縁物は耐熱磁器のため電弧で焼損しない。
- 接触子に近接するデアイオングリッドは耐熱磁器の溝内にあるので、電弧によって焼損することなく、V字溝への電弧の駆動が良好である。
- 大小2種のデアイオングリッドにより電弧の駆動を2段に行うので消イオン効果が大きい。
- 電弧の引き延し効果が大きいので直流電弧の消弧特性がよい。

10図にこの消弧装置の消弧状態の関係を示す。

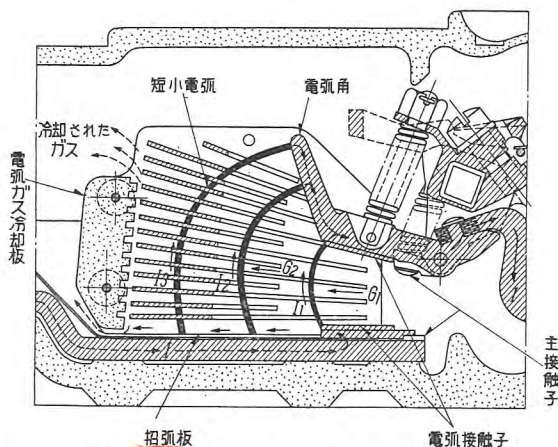
オ. 付属装置

以上で本器の構造について述べたが、特殊品として、

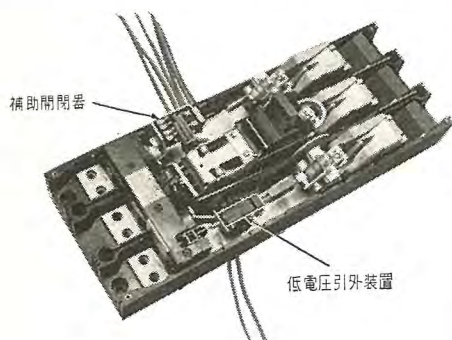


デアイオングリッド(小), デアイオングリッド(大)

φ1, φ2 電弧電流により生ずる磁束
G, G1, G2 電弧の駆動力
I1, I2, I3 電弧電流
I...電流



10 図 600 A フレーム用デアイオン消弧装置の消弧状態説明図
Fig. 10. Arc extinction in the deion arc quenching device.



11 図
低電圧引外装置
および補助開閉
器付 600 A フ
レーム遮断器
Fig. 11.
600 A frame
breaker attach-
ed with low
voltage trip
and auxiliary
switches.

つぎのような付属装置を設けて遮断器を広範囲に利用することができる。

- (1) 低電圧引外装置
- (2) 分路引外装置
- (3) 電動操作装置(遠方操作用)
- (4) 補助開閉器および信号開閉器
- (5) 逆電流引外装置
- (6) 機械連動子
- (7) 直流 600 V 用消弧装置

11 図に低電圧引外装置および補助開閉器付 600 A フレーム遮断器の一実施例を示す。

3. 特性

ノーヒューズ遮断器の規格には、米国では古く

から火災保険協会の「分岐回路遮断器および引込口遮断器規格」や、NEMA の「大型気中遮断器標準」などがある。一方、わが国では前二者を参考にして、1955 年 JIS C 8370「配線用遮断器」が制定されたほか、船舶用では日本海事協会の鋼船規則に「埋込遮断器」の規定がある。これらの内容はいずれも大同小異であるが、このたび開発した 600 A フレーム遮断器は、これらの規格に適合し、関係官庁や日本海事協会の埋込遮断器の認定(種別: 4 種, 遮断容量: 定格電圧交流 500 V, 直流 250 V で 20,000 A)を取得した。

III. 電動操作式ノーヒューズ遮断器

本器はノーヒューズ遮断器の表面に電動操作機構を装置したもので、遠方から“入”, “切”, “リセット”の操作をするばあい用いる。

1. 仕様

主回路: NF 型ノーヒューズ遮断器, 225 A フレーム, 3 極, 600/250 V A-C/D-C, 60~225 A

制御回路: 直流: 100 V, 5 A

交流: 100 V, 200 V, 50/60 c/s 5 A

操作用電動機: 直巻整流子型, 75 g-m, 30 sec 定格, カバナ付

制御可能な電圧範囲: 直流: (70~110%) E

交流: (80~100%) E

E は制御回路電圧

遮断器の入, 切およびリセットに要する時間: 制御回路電圧 100% E で 1/3 sec 以内

連続許容操作回数: 10 回(入, 切操作で 1 回とす)

標準連続操作頻度: 4 回/min

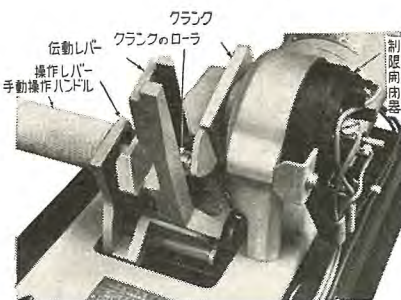
手動操作ハンドル付

備考: a. 遮断器の内部に補助開閉器および信号開閉器を設けて遮断器の状態を遠方から確認できる。

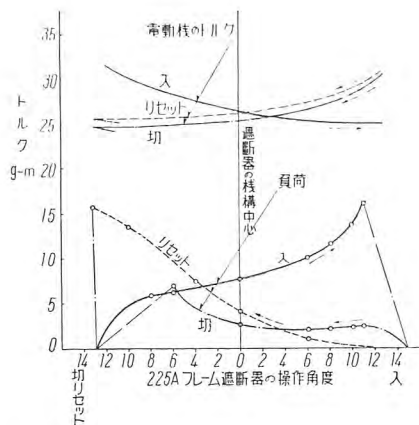
b. 必要に応じて“自動リセット”とすることができる。



12 図 電動操作式ノーヒューズ遮断器 225 A フレーム
Fig. 12. Motor operated no-fuse breaker, 225 A frame.



13 図 電動操作機構
Fig. 13. Motor operated mechanism.



14 図
負荷と電動機のトルクの関係曲線

Fig. 14.
Torque curves of loads and motor torque.

注：負荷とは 225A フレーム遮断器でそのトルクは電動機側に換算した値である。

2. 構造

電動操作機構は、操作用電動機、減速歯車、クランク、伝動レバー、操作レバー、制限開閉器、手動操作ハンドルなどで構成され、1 個の取付板に組立てたものである。これらは良質の材料を使用し、精密な工作、ならびに厳密な調整とによって、確実な動作と十分な耐久力をもっている。

ア. 操作用電動機

この電動機は前項の仕様に示した小型電動機で、回転方向は一定で、使用時の回転をほぼ一定とする遠心力応用のカバナをもっている。

イ. 減速歯車

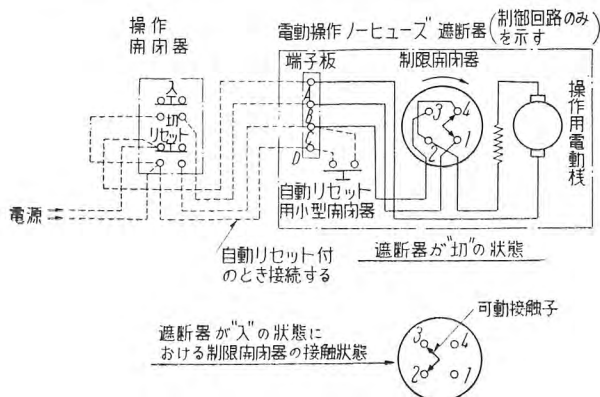
電動機軸にウォーム歯車を、クランク軸にウォームホイールをそれぞれ固定した 1 段減速歯車で、効率よく耐久力が高い。

ウ. クランク、伝動レバー、操作レバー

ウォームホイールの一定方向の回転は、クランクの一端に設けたローラが伝動レバーの長い溝内を摺動して、クランクの回転運動を伝動レバーの往復運動に変換する。この運動は遮断器のハンドルに固定した操作レバーを動かして、遮断器の“入”、“切”および“リセット”を行う。

エ. 制限開閉器

操作用電動機を自動的に停止させる早入、早切式の回



15 図 電動操作式ノーヒューズ遮断器の制御回路接続図
Fig. 15. Connection diagram of control circuits of motor operated.

最近の大型ノーヒューズ遮断器・高見・大野

転型スイッチで、その可動接触子はクランク軸と結合され一定方向に回転する。これらはモールドでできたベースに組立てカバーで密閉する。

オ. 手動操作ハンドル

非常のとき、あるいは保守、点検のとき手動で操作するときに用いる。そのハンドル軸は通常、伝動レバーと操作レバーとの係合軸の役目をしているので、手動操作をするにはハンドルを一旦、外方に引きこの係合を解いて行う。

3. 操作 (15 図参照)

ア. “入” 操作

操作開閉器の“入”の接点を閉じると、操作用電動機が起動するとともに制限開閉器の可動接触子は時計方向に回り、その接触は「1-4」から「2-1」に、さらに、「3-2」に移って電動機は停止する。このとき操作機構は遮断器のハンドルを操作して閉路の動作を完了する。

イ. “切” 操作

操作開閉器の“切”の接点を閉じると、操作用電動機が起動するとともに制限開閉器の可動接触子は「3-2」から「4-3」に、さらに「1-4」に移って電動機は停止する。このとき操作機構は遮断器のハンドルを操作して“切”の動作を完了する。

ウ. “リセット” 操作

遮断器が“トリップ”しても、操作レバーおよび伝動レバーは機構上“入”の位置に止っているが、遮断器を“リセット”するには、まず故障の原因を除いたうえ操作開閉器の“リセット”の接点を閉じればよい。

エ. “自動リセット”

電動操作の特例として“リセット”を自動的に行うときに用いられるもので、15 図に示すように遮断器内部に遮断器の動作に応動する小型開閉器（遮断器が“入”、“切”で開、“トリップ”で閉となる）を設け、遮断器が“トリップ”すれば直ちに“リセット”動作のできるものである。このばあい用いる遮断器は“トリップ”しても直ちに“リセット”できる電磁引外型が好ましい。

オ. 動作の表示

以上の操作は通常、遮断器から遠く離れたところで行うから操作位置でつねに遮断器の状態を知る必要がある。このため遮断器内部に、補助開閉器および信号開閉器を設けることによって、遮断器の状態を確認しかつ操作順序を知ることができる。

カ. 熱動引外し後の“リセット”

遮断器が熱動引外して“トリップ”したとき、操作開閉器を操作しても直ちに“リセット”できないことがある。この原因は、熱動引外要素のバイメタルの位置の復元に若干の時間を必要とするからである。

IV. 試験基準および試験結果

1. NF 型ノーヒューズ遮断器, 600 A フーレム

1 表 引外試験規格および試験結果

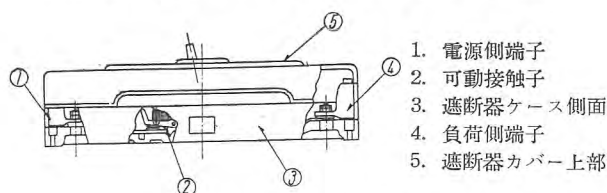
引外 電流	極	試験結果		周囲 温度 (°C)	規格値	
		動作時間	時間		JIS 基準周 圍温度 (25°C)	NK 周囲温 (50°C)
定格電 流の 200%	右	A-C, 600 V, 3P, 600 A	D-C, 250 V, 2P, 600 A	27	12 分	12 分
	中	6 分 02 秒	5 分 51 秒		以内	以内
	左	5 分 51 秒	5 分 48 秒		以内	以内
定格電 流の 125%	各極 を直列に 接続	42 分 50 秒	45 分 30 秒	32	120 分	120 分

注 (1) 試験電流は 8 図の特性曲線より校正した値で行った。
(2) JIS とは JIS-C-8370「配線用遮断器規格」を、NK とは日本海事協会鋼船規則「埋込遮断器」を示す。以下同じ。

2 表 温度試験規格および試験結果

規格	端子 (°C)		接触子 (銀合金) (°C)		参考 (°C)	周囲 温度 (°C)	備考
	JIS	NK 配 電盤用	75	105			
試験 結果	85 (上昇値 35)					25	温度計 法
	測定 箇所	電源側端子 ①	負荷側端子 ④	主接触子 ②	カ バ ー ⑤	ベ ー ス ③	温度計 法
	JIS	55 57	56 56	57.5 55.5	69 73	70 34	36.5 15
短絡試験後※	NK	45 49	46 46	48 49			20
	短絡試験後※	75 77	76 77	— 74	81 84	86 —	45 20

注 (1) 温度は最高温度を示す。
(2) ①～⑤の数字は測定箇所、16 図を参照のこと。
(3) ※ 短絡試験後は規格にないが参考に試験した。



16 図 温度試験における測定箇所

Fig. 16. Measuring points in the temperature test.

3 表 過負荷試験規格 (JIS)

遮断器 定格電 圧 (V)	試験 電圧 (V)	試験 電流 (A)	力率	電源電 圧変動 率 (%)	開閉回数		
					手動	自動	開閉の 割合
交流	600	550	0.45~0.5	10	35	15	50
直流	250	250	定格電 流の 6 倍 なるべく 無誘導	以下	35	15	50

4 表 耐久試験規格

規格	遮断器 定格電 圧 (V)	試験 電圧 (V)	試験 電流 (A)	力率	電源電 圧変動 率 (%)	遮断器 定格電 流 (A)	開閉の 割合 (回/min)	通電時間		
								100% 負荷	200% 負荷	無通電
JIS	A-C 600	550	定格電 流	0.75 ~0.8	2.5 以下	226 ~600	4	1,000	—	5,000
	D-C 250	250	定格電 流	なるべく 無誘導	2.5 以下	226 ~600	4	1,000	—	5,000
NK	A-C 500	500	定格電 流			225 ~600	4	200	20	500
	D-C 225	250	定格電 流					200	20	500

5 表 絶縁抵抗および絶縁耐力試験規格および試験結果

	JIS 規格	NK 規格	試験結果
絶縁抵抗 (500V メガー で測定)	5 MΩ 以上	1 MΩ 以上	100 MΩ 以上
絶縁耐力 (50~60 c/s)	定格電圧 × 2+1,000 V 1 分間	2,000 V 1 分間	2,200 V 1 分間 に耐える

試験箇所: (1) 開または引外位置で電源と負荷側端子間
(2) 閉の位置で異極端子間
(3) 閉および開の状態で充電部と大地間

6 表 短絡試験一覧表

規格	定 格 電 圧 (V)	試 験 電 圧 (V)	回路条件			動作 責 務
			短絡後 1/2 c/s の直 流分を含 む全電流 の実効値 (A)	力率 (おくれ)	最大電流 (A)	時定数 (sec)
JIS	直流 250 交流 600	直流 250 交流 550	10,000	0.45~ 0.5	10,000	なるべく 無誘導
NK	交流 500 直流 250	交流 500 直流 250	10,000 (3 種) 20,000 (4 種) ※	0.35 以下 0.30 以下	10,000 (3 種) 20,000 (4 種)	0.007 以上 0.011 以上
	交流 600 直流 250	交流 600 直流 250	25,000	同上	20,000	同上
NEMA			25,000	同上	20,000	同上

※ 印 短絡後 1/2 c/s 後における包絡線の縦幅の $\frac{1}{2\sqrt{2}}$ をとり、
3 相回路では各相電流の平均値をとる。

本器の性能の確認は、JIS の「配線用遮断器規格」や、日本海事協会、鋼船規則「埋込遮断器」および NEMA の「大型気中遮断器標準」などに準拠して行った。

これらの試験項目および試験順序を列挙するとつぎのとおりである。

- 200% 電流引外試験
- 125% 電流引外試験
- 100% 電流試験
- 過負荷試験
- 温度試験
- 耐久試験
- 200% および 125% 電流引外試験
- 絶縁抵抗試験
- 絶縁耐力試験
- 短絡試験
- 200% 電流引外試験

つぎに、かく試験の要点と試験結果について紹介する。

(1) 200% および 125% 電流引外試験: 1 表に示す。

(2) 100% 電流試験および温度試験: 交流 60 c/s, 600 A の電流をかく部の温度が一定となるまで通電するも遮断器は“トリップ”せず、かつこのときのかく部の温度を 2 表に示す。16 図参照。

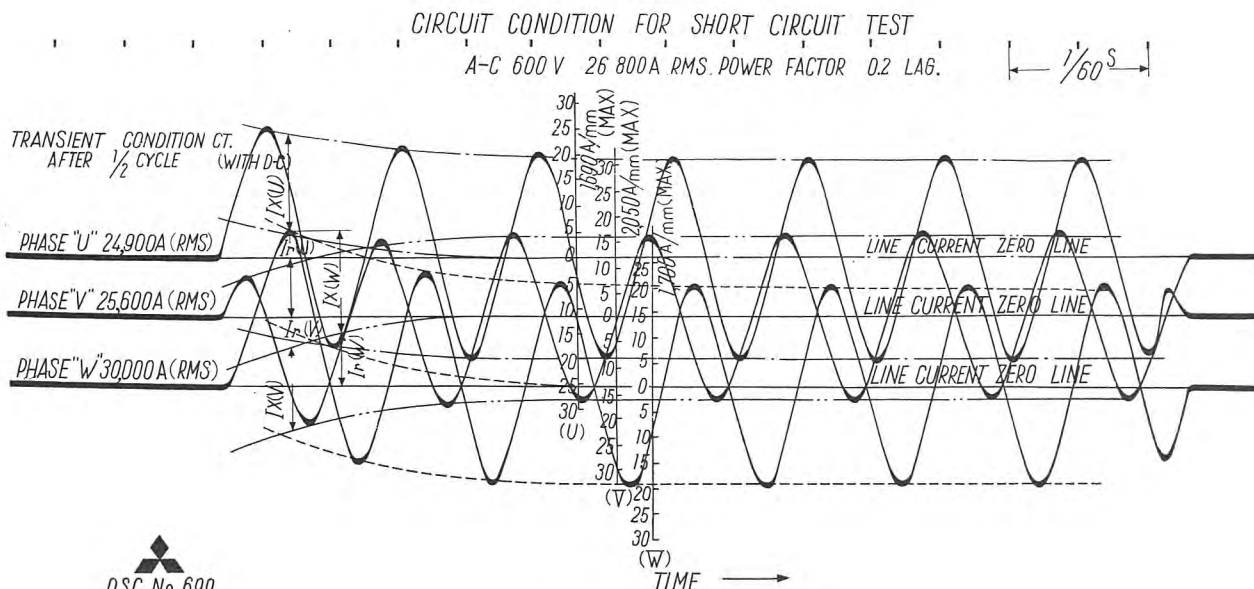
The schematic diagram illustrates the electrical system for an X-ray generator. It begins with an AC input labeled "交流 3,300V". This input passes through a switch labeled "O.C.B." and is connected to the primary winding of a transformer labeled "約 3,000kVA 変圧器". The secondary winding of the transformer is connected to a full-wave bridge rectifier consisting of four vacuum tubes, collectively labeled "3,000kVA イグナイトロン整流器". The positive output terminal of the rectifier is connected to a series combination of a variable resistor labeled "回路条件調整用リアクタ抵抗" and a fixed resistor labeled "試料". A ground connection labeled "接地" is shown at the negative output of the rectifier. A "ユニットスイッチ" (unit switch) is connected between the positive output line and the load resistors. At the far right, there are two sets of terminals for monitoring: one set labeled "回路電流測定用シャント" (circuit current measurement shunt) and another set labeled "アーク電圧" (arc voltage). Below these terminals, labels indicate "電源電圧" (power supply voltage), "回路電流" (circuit current), and "オシログラフ" (oscilloscope).

Fig. 17. Connection diagram of short-circuit test.

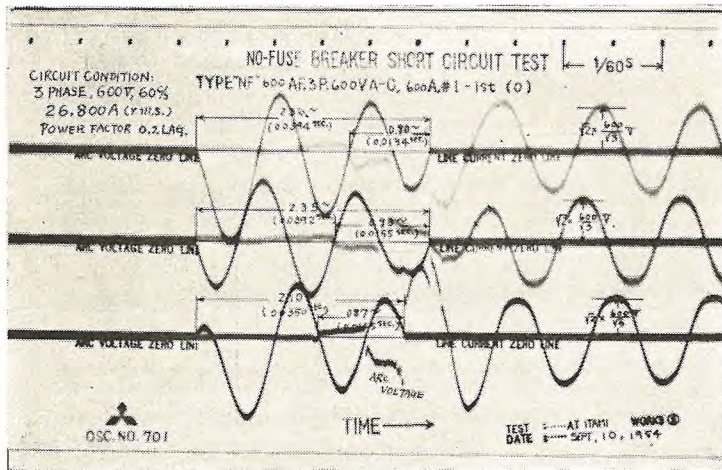
(7) 短絡試験：遮断容量には 6 表に示す規定がある。試験はもっとも容量の大きい NEMA に準拠し、17図および 7 表に示す短絡試験回路条件で、動作責務は規定 0-2 分-CO に対してとくに 0-2分-CO-5分-CO で行った。短絡試験の代表的なオシログラムを 18~22 図に示す。これらの試験結果は、全遮断時間 3 c/s 以内、電弧時間 1 c/s 前後で、試験時の電弧で開穴部や排気穴に接しておいたホータイに点火することなく、接触子の損傷もきわめて少なくかつ電氣的、機械的に異常を認めない優れた成績を示した。とくに規定より苛酷な条件で試験を行ったが、結果より判断して遮断容量に相当の余裕あることが確認された。

9 表に示す規定により制御回路電圧を 70~110% で

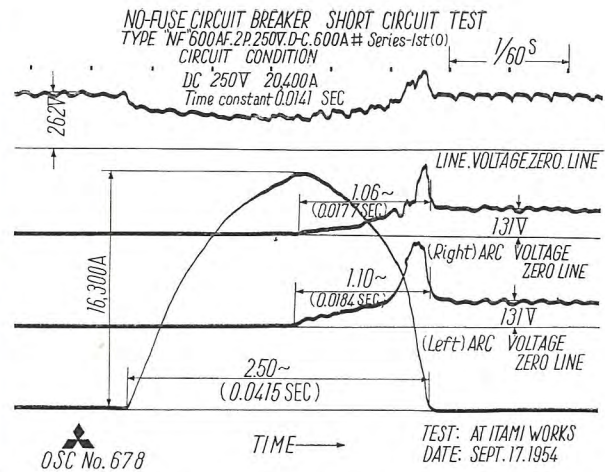
回 路 条 件					備 考
相	電 圧	電 流	力率	時定数	
3	600V. A-C, 60 c/s	R. M. S. A. 26,800	おくれ 0.2		3 相交流短絡試験 回路 オシログラ ム: 19 図参照
単	600V. A-C, 60 c/s	R. M. S. A. 21,300	おくれ 0.2		単相交流短絡試験 回路
	262V. D-C	20,400 A		0.0141 秒	直流短絡試験回路



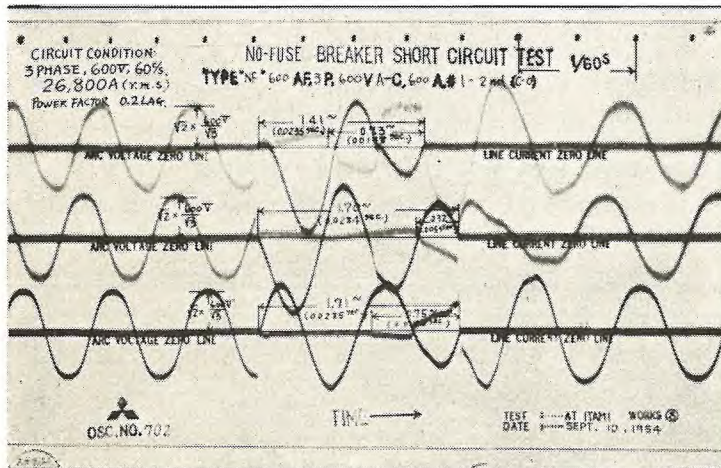
(675) 21



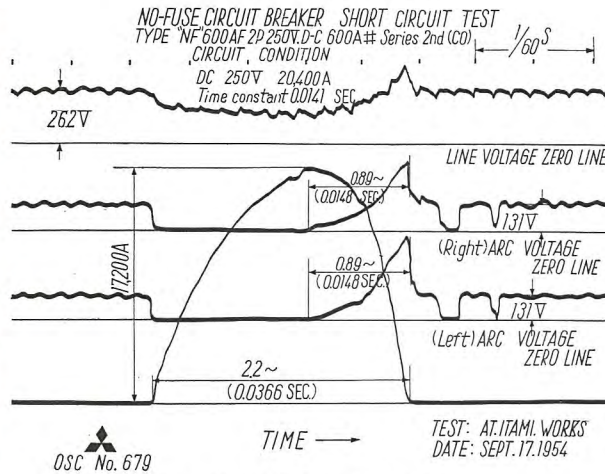
19 図 短絡試験オシログラム



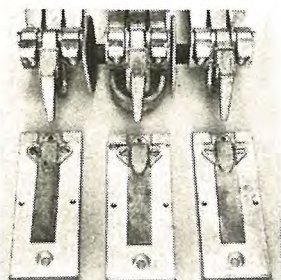
21 図 短絡試験オシログラム



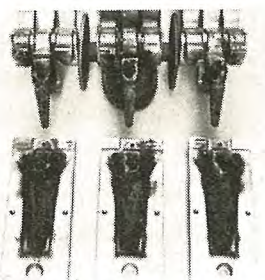
20 図 短絡試験オシログラム



22 図 短絡試験オシログラム



23 図 600 A フレームノーヒューズ遮断器接触子(試験前)



24 図 600 A フレームノーヒューズ遮断器接触子(耐久、短絡試験後)

Fig. 23. Contactors of 600A frame no-fuse breaker. (before test)

Fig. 24. Contactors of 600A frame no-fuse circuit breaker. (after endurance and short-circuit test)

8 表 短絡試験後の引外試験結果

試験時期	動作時間						周囲温度(°C)
	左極	中央極	右極	左極	中央極	右極	
短絡試験前	5分55秒	5分51秒	6分02秒	5分48秒	—	5分51秒	27
短絡試験後	6分05秒	6分10秒	6分20秒	6分10秒	—	6分18秒	20

9 表 電気的作の制御電圧範囲

	定格電圧(V)	制御電圧範囲	
		(V)	(%)
D-C	48	36~52	75~108.3
	125	90~130	72~104
	250	180~260	72~104
A-C	120	90~120	75~100
	240	180~240	
	480	360~480	
	600	450~600	

10 表 電動操作による動作特性

試験条件	“ON”の動作			“OFF”の動作		
	オッシュ番号	動作時間	試験電圧	オッシュ番号	動作時間	試験電圧
耐久試験前	838	0.208秒	100V	839	0.187秒	100V
耐久試験後	866	0.198秒	100V	867	0.147秒	100V

注 (1) 数値はオシログラムより算出した。
(2) 耐久試験は JIS により 8,000 回行った。

11 表 制限開閉器の温度試験結果

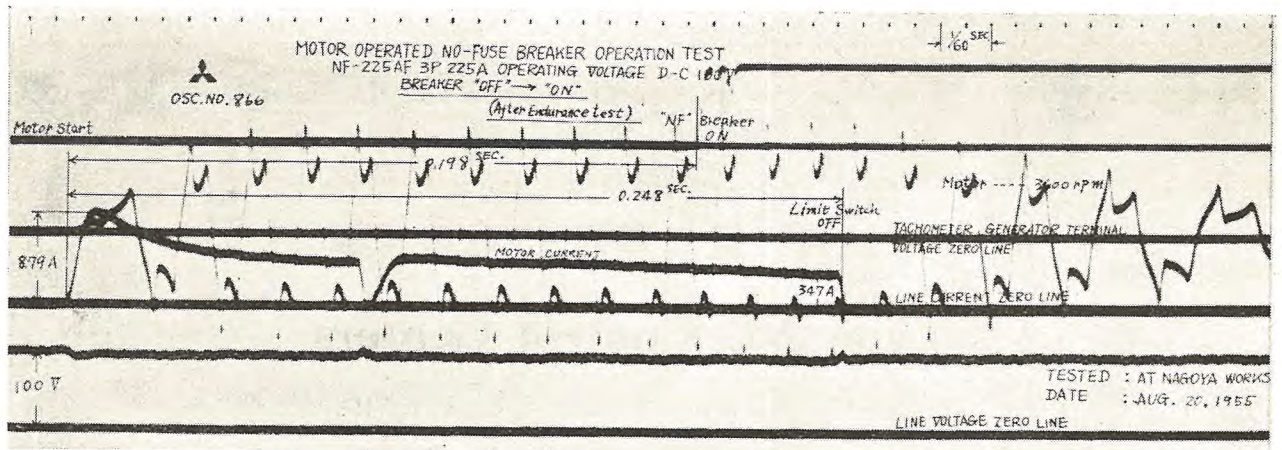
試験条件	制限開閉器の接触子	室温	測定箇所
耐久試験前	8.0°C	9.0°C	32°C
耐久試験後	11.0°C	10.0°C	32°C
JIS-C-8304*	30°C	40°C	以下

注 試験電流は直流 10 A とす。
* 参考規格

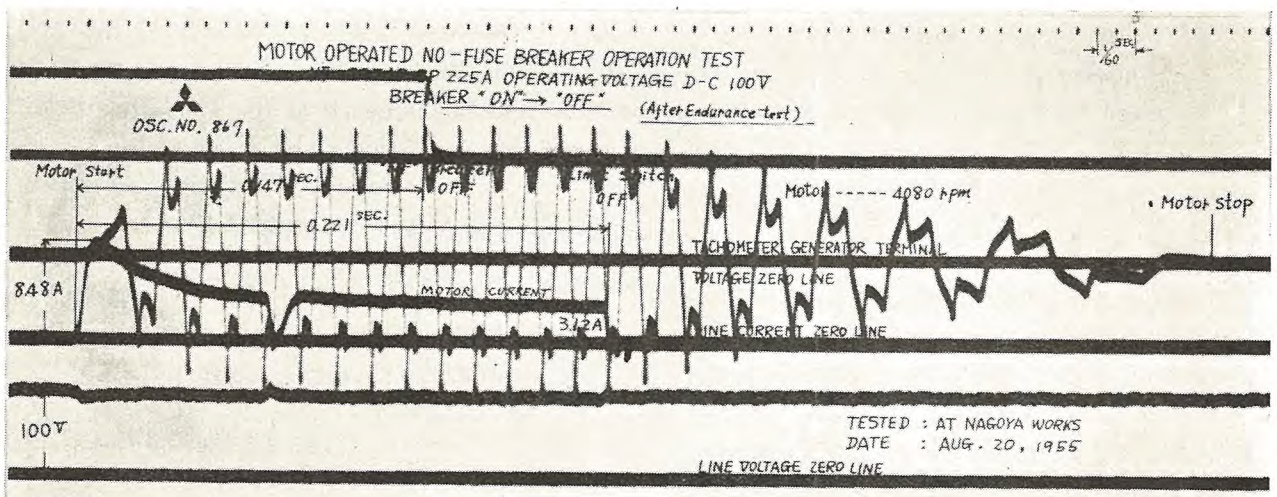
12 表 操作用電動機の温度試験規格とその試験結果

JIS-C-4203*	絶縁巻線(°C)	絶縁物に近接する鉄心その他の部分(°C)	周囲温度(°C)
許容温度	55	55	40
測定側	29	17	32

* 参考規格



25 図 電動操作ノーヒューズ遮断器，入，切，操作試験オシログラム
Fig. 25. Motor operated no-fuse breaker operation test.



26 図 電動操作ノーヒューズ遮断器，入，切，操作試験オシログラム
Fig. 26. Motor operated no-fuse breaker operation test.

行ったが，“入”，“切”および“リセット”の動作は円滑で，100% 電圧における電動操作機構および遮断器の動作状態をオシログラムにとりその値を 10 表に示した。

イ. 温度試験

電動操作機構の操作用電動機と制限開閉器について行った試験結果を 11 および 12 表に示す。

ウ. 耐久試験

JIS C 8370「配線用遮断器」の耐久試験を参考にし，制御回路電圧 100%，入切速さの割合 6 回/min で連続 8,000 回の試験をしたが，機構各部に異状を認めず，なお引続いて充分使用できる。耐久試験後の“入”および“切”の操作状態をオシログラム 25 および 26 図に示す。

エ. 絶縁抵抗および絶縁耐力試験

それぞれ相当する JIS 規格を参考にして試験をしたが，いずれも充分な成績を示した。

V. む す び

最近の大型ノーヒューズ遮断器・高見・大野

新らしく製作した 600 A フレーム・ノーヒューズ遮断器は，同性能の他の器具に比べ小型でかつ廉価であり，箱入遮断器，分電盤，配電盤あるいはコントロールセンタなどの構成上きわめて有利である。遮断容量は，交流 600 V で 25,000 A 直流 250 V で 20,000 A であるがなお相当の余裕があるので保安上安全で，今日の大電源設備容量の回路保護装置として好適である。

電動操作式ノーヒューズ遮断器は，発，変電所，工場，あるいは船舶などの遠方操作用回路保護装置としてきわめて便利であるが，他の制御装置と組合わせて自動操作するにも好適である。このたびの製品は 225 A フレーム用で，電源開発会社佐久間系西東京ならびに名古屋変電所に納入されたが，さらに大容量の 600 A フレーム用も引続いて開発を急いでいる。

これらの遮断器は開発後，かく方面に多数納入し，好評を得ているが，さらにこの種遮断器をより良くするため，使用者各位のご批判を賜るよう切望するとともに，開発にさいしご指導，ご協力下された社外，社内の各位に対し厚く感謝する次第である。

NC 型 コ ン ト ロ ー ル セ ン タ

名古屋製作所

吉野敏夫*・蟹江邦雄**・梶田保雄**

Type NC Control Centers

Toshio KINO・Kunio KANIE・Yasuo KAJITA
Nagoya Works

As a means to rationalize the factory in modern industry, an idea of establishing a type NC control center to operate a group of motors is coming in vogue. In the textile factories, mines, oil refineries and gas works, if control equipment is installed in a distant place where is no danger of corrosive gas or other harmful agent, it will be more advantageous in the installation, operation and maintenance of the apparatus, besides giving more space to the machine room and efficient arrangement of equipment.

1. ま え が き

近代産業における工場の合理化, すなわち生産設備の有効適切な配置と生産能率の向上のため, 各種自動制御装置の採用とともに, 機械装置と電機品の集中配置および中央管理方式が考慮されるようになった。最近時代の脚光を浴びて登場したコントロールセンタも以上のごとき要望を満す一環として重要な役割を果すものである。

当社では中部電力名港火力変電所へ納入の 35 面を初めとして, 化学, 紡績その他各方面の需要に応じているが, 本文ではコントロールセンタの概略を述べてその本質的意義と特長をご紹介致したいと考える。

2. コ ン ト ロ ー ル セ ン タ

米国では NEMA 規格によって標準化され, すでに多数製作されているが, 多数の電動機を使用するプラントの集合制御盤としてはもっとも新しい型式のものである。

従来電動機起動装置としての電磁開閉器などは機械の近くに置かれ, 電源は遠く離れた変電所などの配電盤から開閉器を通して接続されるのが通例であった。そして電動機の過負荷保護を電磁開閉器にある熱動過電流継電器によって行い, 回路短絡保護は, 配電盤の遮断器またはヒューズによっていた。

この過負荷保護と短絡保護の協調は, 遮断器またはヒューズと電磁開閉器を同じ箱の中に納めることにより, 間違いなく実施することができる。

近年次第に広く使用されるようになったコンビネーションラインスタータがこの主旨を具体化したものであるが, 最近ではノーヒューズ遮断器の普及にともなって理想

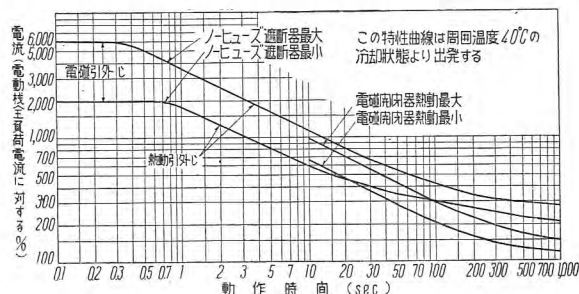
的な協調保護が得られるようになった。

すなわち 1 図に示すように, ノーヒューズ遮断器は良好な過電流特性を持っており, 電磁開閉器熱動過電流継電器との協調が完全に行われ, しかも小型でありながら大きい遮断容量を持ち, コンビネーションラインスタータの価値を決定的に高いものとしている。

かかるコンビネーションラインスタータも以前は機械の一部, あるいは機械に近い壁面に取り付けられていたのであるが, これを 2 図に示すようにコンパクトなユニット構造にし, 必要な数だけ集合してキャビネットに組み立てたのがコントロールセンタの標準的な構造であり, 電源側はキャビネット内の母線に接続されている。またユニットとしてはコンビネーションラインスタータのほかに, 後述するように種々の組合わせを納めることができる。

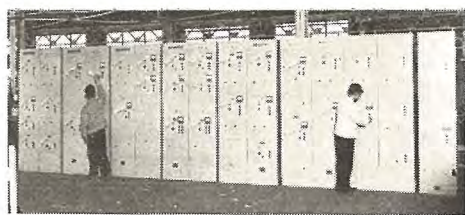
3. 構 造

外観は 3, 4 図のようにほぼ等辺の直方体になってお



1 図 ノーヒューズ遮断器と電磁開閉器の組合せ動作特性曲線

Fig. 1. Combined operation characteristics of no-fuse breaker and electro-magnetic switch.



2 図 NC 型コントロールセンタ 15 面集合のもの
Fig. 2. Control center, 15 panels collected together.

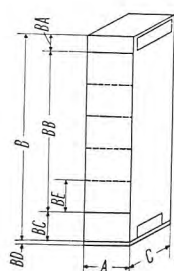
り、寸法は1表のごとく幅 510 mm、奥行 520 mm で高さは 2,300 mm を標準としているが、とくに天井の低い場所など高さに制限を受ける場合のために、1,900 mm のものもある。

左右両側板は高級鋼板をコ字形に曲げて相対せしめ、頂面、底面において角形鋼を利用して組み立て、側板の中央には補強をかねて直立の U 型棒鋼を取り付けている。また右側面内部には配線取付金が設けてある。

キャビネットの中心には平角鋼線の垂直母線が U 型棒に渡した取付金に絶縁物を介して取り付けられており、両側板上部には窓を設けて 600A 容量の水平母線が隣接キャビネットに貫通しており、いずれも短絡電流に対して充分耐えうる構造になっている。コントロールセンタを数面並べて設置する場合には、通常この水平母線の一端に電源を接続し、おのおのキャビネットごとに垂直母線が水平母線に接続分岐される。なお並置の場合には



3 図 NC 型コントロールセンタ 1 面
Fig. 3. Control center, 1 panel.



4 図 NC 型
コントロールセンタ
外形寸法図
Fig. 4. Dimensions of
control center.

1 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	負荷端 子引出	A	B	BA	BB	BC	BD	C
NC-1900T	4	上	510	1900	380	360×4 1440	80	50	520
NC-1900B	4	下	510	1900	180	360×4 1440	280	50	520
NC-2300T	5	上	510	2300	420	360×5 1800	80	50	520
NC-2300B	5	下	510	2300	180	360×5 1800	320	50	520

注 主回路電磁接触器の電流定格が 150 A を超える場合には“ 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。

側枠にボルト穴を明けて相互に支持しあうようにする。

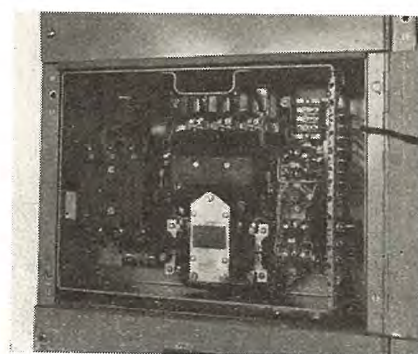
4 図の BA, BC 部分は、配線、通風、水平母線の取り付けのために必要な部分で、それらを除いた BB 部分を等分した BE の寸法すなわち 360 mm が基準の寸法で、これはコンビネーションラインスタータその他のユニットを取り付けるのにもっともスペースファクタの良くなるように選んだ寸法である。

基準寸法の中には、2 表のようなユニットを取り付けることができる。容量の大きいユニットその他基準のユニットに納まらないものは、表のように 360 mm の整数倍のユニットを利用し、容量に応じて適当に選定する。したがって各ユニットには互換性があり、たとえば 10HP

2 表 NCU 型コンビネーションラインスタータユニッ
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	BE	C	電動機容量
非 可 逆 型	NCU-0	510	360	260	3HPまで
	NCU-1	510	360	260	7.5HPまで
	NCU-2	510	360	260	15HPまで
	NCU-2.3	510	720	260	20HPまで
	NCU-3	510	1080	260	30HPまで
	NCU-4	510	1080	260	50HPまで
可 逆 型	NCU-5	610	1440	520	100HPまで
	NCU-2×0	510	720	260	3HPまで
	NCU-2×1	510	720	260	7.5HPまで
	NCU-2×2	510	720	260	15HPまで
	NCU-2×2.3	510	1080	260	20HPまで
	NCU-2×3	510	1440	260	30HPまで
	NCU-2×4	510	1440	260	50HPまで
	NCU-2×5	610	1800	520	100HPまで

注 上表は 200-220V 回路の場合を示す。C の寸法 260 はユニットを前後両面に取付できることを示す。



5 図 NCU 型コントロールセンタユニット
Fig. 5. Control center unit.

の基準ユニット 3 個分を外して 30HP のユニットを取り付けることができる。

ユニットの構造は 5 図のようにいわば右側面のない箱であり、内部の取付器具としては、たとえばノーヒューズ遮断器、電磁開閉器、押釦、信号燈、端子盤その他計器用変流器、変圧器および電源接続用のクリップなどである。両外側面の下方には挿入案内用のピンがあり、上方内側にはユニット保持用のハンドルが取り付けられている。

キャビネットの方には、ピンとはめあう案内金およびユニット区切り用の枠が取り付けられているから、ユニットに挿入するには 6 図のごとくハンドルで保持し、区切り枠を利用してユニットを前方へ傾斜した位置で案内金の

上にピンをのせて、傾けたままで案内金の上を滑らせて
 終端まで押込むことができる。この位置ではクリップは
 まだ母線に接触していないが、さらにハンドルを押しピ
 ンを中心にしてユニットを回わすと7図に示すように、
 裏面に出たクリップが垂直母線を挟み込んで電源に接続
 することになる。

このクリップは電流容量に応じて数種類あり、すべて
 特殊合金を使用しているため接触圧力が大きく、導電率
 が高く酸化し難く、したがって定格電流に対する温度上
 昇がきわめて低く電流容量に充分余裕を持っている。

ユニットの固定は、クリップが垂直母線を挟み込んだ
 位置において、上部の2個のばねビスを締めるのみでよ
 く、下部はピンと案内金凹部とのはまりあいによって保
 たれる。

ばねビスはねじまわしを約180度回わすのみで完全に
 締め付けられ、震動などによって弛むおそれがないから
 きわめて簡単確実である。

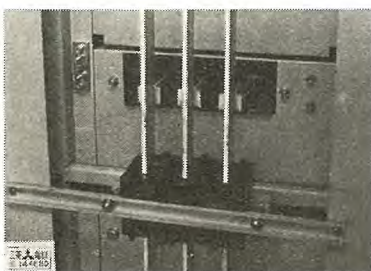
ユニットの右側面は、端子部分のみが窓として僅かに
 残り、他は打抜鋼板製の引き出し式網戸がはめこまれて
 いるが、この網戸は後述のように通風効果と電弧に対す
 る安全作用を持っている。

この網戸を引き出して外し、前述の区切り枠も取り外
 しができるから、配線の際に両者を取り除けばキャビネ
 ットの高さ全体にわたって広い配線スペースがえられ、
 右側枠内面の配線取付作業も容易に行うことができ、し
 たがって配線が交叉したり混同したりするおそれがない。



6図 NCU 型
 コントロールセンタ
 ユニットの取り付け

Fig. 6. Control
 center unit mounting.

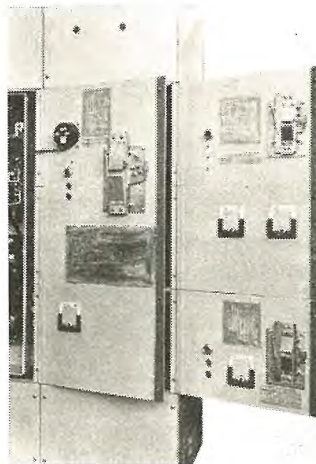


7図 垂直母線と
 クリップ

Fig. 7. Vertical
 bus and clips.

ユニットの前面にはユニットの大きさに相当する扉が
 あるが、ユニットとは分離しており連続ヒンジによって
 側枠に取り付けられ、ユニットを外したときでも扉を締
 めることができるので生きた母線を外部から隔離して安
 全である。また扉と外箱との当り面にはパッキングを入
 れて防塵構造としている。

扉には8図のようにハンドル機構が取り付けられており、
 閉めた場合にユニットのノーヒューズ遮断器ハンドルと
 係合して外部から遮断器を操作できる。このハンドルは
 扉の開閉用にも使われるのであるが、内部遮断器が断の
 場合に限って開くことができるように機械的にインター
 ロックしてある。



8図 ユニット扉の裏面

Fig. 8. Back of
 unit door.

ただしハンドルの不具合により遮断器が“入”の位置
 にロックされたとき、インターロックを外して扉を開く
 ことができるよう、ねじの頭が“入”の場合にのみ表わ
 れるようになっている。

またハンドルの上下に応じて遮断器が開閉の状態にな
 るから、ハンドルが開閉の表示をすることになり、さら
 に無用な投入を防ぐために“切”の位置で施錠すること
 もできる。

扉は配線、点検の便宜を考慮して約180度近く開くよ
 うになっており、閉めたときの固定はユニットと同様な
 ばねビスを使用しているから至って容易である。

その他、扉にはユニットにある押釦操作用の穴、熱動
 過電流継電器のリセット釦があり、電流計、信号燈など
 も取付可能である。

前述したユニットとユニットの間の区切り枠はU字形
 にしてスポンジゴムをはめてあり、扉と扉の間隙を無く
 するとともに扉当り面のパッキングと相まって防塵構造
 を形成し、またユニット間の空隙を狭く沿面距離を長く
 して電弧絶縁を大きくしている。

以上のごとくユニットはいずれもすべて前面操作にな
 っているから、高さ2,300mmのキャビネットでは前記
 のように前面および後面に5個ずつ計10個の基準ユ
 ニットを取り付けることができ、またユニットを片面のみ
 取り付けただけの場合には後面を壁に接して取り付けが
 できる。

事故発生時のイオン化したガスは構造上ユニットの右側にある網戸を通して発散することになるが、この場合に網戸は一種の安全弁の役目を果している。すなわち事故エネルギーを機械的および熱的に吸収するのに著しい効果があり、熱いイオン化ガスを冷却し非伝導性のガスとして放散する。

一方常時運転中においても、この網戸を通してユニット内の熱気が放出され上昇してキャビネット上部に至る。ユニット片面取付の場合には、後面の空間が煙突作用をなすため内部で空気が循環し自冷作用により温度上昇を防ぐ。

したがって外部を全く密閉した構造とすることができ、前後両面にユニットを取り付ける場合にはユニットの発熱量を検討して、必要の場合上部および下部に通風と換気のための窓を設けることが望ましい。

4. 特 長

コントロールセンタにはつぎのように大きな特長がある。

(1) 安全な構造

導電部分は全く露出しておらず、保護装置およびインターロックが完全に作られているから、操作者に対して電氣的にも機械的にも安全であり、また上述のようにコンパクトな集約された構造になっているから操作が容易である。

扉を開いた場合にはもちろん電源のノーヒューズ遮断器が開かれて無電圧になっており、また使用中に万一短絡事故が発生してもノーヒューズ遮断器によって遮断され、短絡により生ずるイオン化したガスは、ユニット右側の網戸によって冷却され非伝導性となるため、隣接するユニットに悪影響を及ぼすことがない。

(2) 便利な前面作業

各ユニットはすべて前面よりの作業によって取り付け、取り外しができ、また母線との接続がクリップによってあるので、母線の電源を開かなくても負荷側端子を外すのみで引き出し可能となり、したがって同じ電源に接がっている他のユニットの運転を妨げない。

なおユニットの点検修理のため引き出すときに、ユニットを傾けて母線より離れた位置で錠を掛けて保持する構造とすることもできる。

(3) 据付および配線手数の節約

従来のごとく、電動機個々の開閉器、起動器を使用する場合には、各個に取付場所を考え、別々に配線しなければならないが、コントロールセンタは製作工場で作動器間の配線まで行って送るから、使用者は中央管理室のごとき適当な場所に取り付けて、主電源と負荷側端子を接続するのみで充分である。

(4) スペースの節約

集合した取り付けになっているため、もっとも少ない床面積で足りることになり、またすべて表面配線であるか

ら、片面のみのものは裏側に全然スペースを取らなくてもよい。両面使用のものはもちろん壁から離さねばならないが、片面と同じスペースに倍量のユニットを収容できるわけである。

したがって建築物の床面積を少なくすることが容易であり、とくに屋外用のコントロールセンタを使用する場合には、そのための建屋が不要となり工事が安価になる。

なお、機械の囲りから制御機器が無くなり、必要のときでも僅かに押釦程度を取り付けるのみであるから有用な機械のスペースを十分に活用することができる。

(5) 運転保守の便利

運転はコントロールセンタに取り付けた押釦の操作によるほか、必要に応じて他の操作開閉器と連系することも容易であるが、高度に集中された構造であるから多くの電動機を運転する場合に操作が楽である。

また、ユニットの取り外しは簡単であるから万一故障を生じた場合でも、予備のユニットと取り替えて直ちに運転を続けることができ、したがって無駄な時間が少くなり保守もきわめて簡単である。

(6) 標準寸法的方式

4 図、1 表および 2 表に示すように標準寸法的方式を採用しているから、最初の計画が簡単であり、また予備スペースを適当に設けておけば、計画途中からの容量の増減、配置変更なども容易に行うことができる。

(7) 安全な扉のインターロック

ノーヒューズ遮断器と関連したハンドル機構によって完全にインターロックされ、操作はきわめて安全であり、また誤動作のおそれもない。

(8) 操作事故の減少

コントロールセンタの採用は、安全装置、操作の容易、および充分なる遮断容量とによって、運転事故を飛躍的に減少させることができる。

(9) 良好な外観

調和の取れた寸法によって基準を定めてあり、電流計、押釦、ハンドルなど外部に表われる器具の配置にも細心の注意がしてあるから、バランスの良い美しい外観になっている。

(10) 効果的な集中管理

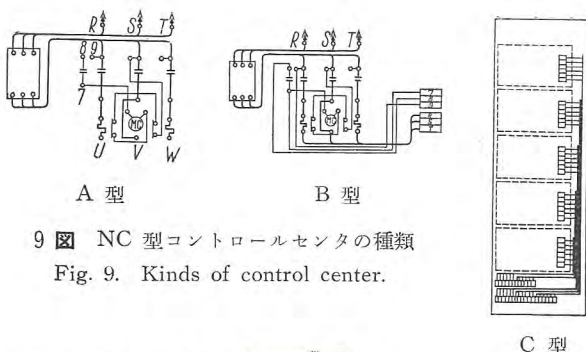
制御装置を整然と集合してあるから、中央管理者および運転者の取り扱いが容易であり、きわめて小人数でも間違いなく合理的に運営することができる。

5. 種 類

NEMA 規格の ICI-22.02 (1954) によれば、コントロールセンタは配線方式の種類によって A, B, C の 3 つの型を規定している。

A 型ではユニット内に引き出し用としての別の端子を設けず、したがってユニット内の各器具の端子を、そのまま外部配線用としたものである。

B 型は各ユニットには端子があるが、1 面分をまとめ

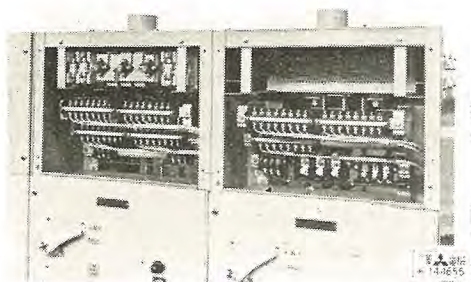


9 図 NC 型コントロールセンタの種類
Fig. 9. Kinds of control center.



10 図 NC-1900T 型
コントロールセンタ
(上部端子)

Fig. 10. Control center with upper terminals.



11 図
上部端子
Fig. 11.
Upper terminal.

た上部または下部の端子のないもので、したがって外部と配線する場合は、A 型と同様にキャビネット内の右側のスペースに引込配線を取り付ける。

C 型はもっとも完備した方式で、B 型と同様に各ユニットにも端子があるが、さらに下部または上部に配線用端子を集合して各ユニットの端子から引出してある。

以上を図で示すと 9 図 A, B, C のとおりであり、10, 11 図は上部端子の一例である。

なお、C 型の場合にはキャビネット相互間の関係接続まで、製作工場で配線を行っており、各ユニットの配置図、接続図のほかには全体の展開接続図、総合接続図まで付けている。

ユニットの種類としては、ラインスタータのほかには以下列記するような各種のものを納めることができる。

(1) クッション スタータ

(2) 電磁式減圧起動装置

(単巻変圧器式、抵抗式のいずれでも可能であるが、抵抗器のみは大容量の場合、外に出すことが望ましい。)

(3) 多段速度起動装置

(4) 数個の電動機の同時起動装置

(5) 電燈分電盤

(6) 制御用変圧器

(7) 引込遮断器

以上のほか、停止時でもキャビネット内の温度を高く

して湿気の侵入を防ぐように、スペースヒータを取り付けることもできる。

6. 遮断容量の検討

コントロールセンタとしてキャビネットを数面並べ共通母線より分岐する場合には、相当に大きい電源に接続されることとなるので、故障電流を推定して遮断容量を検討することが必要である。

たとえば、電源変圧器のみで予期される最大故障電流を次式によって計算する。

(ただし、回路のインピーダンスを無視する。)

$$I = \frac{kVA \times 100,000 \times 1.25}{V \times 1.73 \times X}$$

I: 最大故障電流 (アンペア)

kVA: 変圧器容量

V: 変圧器 2 次電圧

X: 変圧器リアクタンスを % で表わしたもの。

故障発生時には電動機が発電機として作用するから、上記の数値にさらに 10~20% 程度加算する。(この数値は電動機の種類、ならびに変圧器に対する容量の割合によって異なる。)

かくして全短絡電流が得られるが、変圧器とコントロールセンタ間の回路のインピーダンスにより若干割引かれることになる。

NEMA ICI-22.04 によれば、以上の値が

(A) 15,000A 以下のときは引込用遮断器なしで差支えない。

(B) 25,000A までのものには、25,000A の遮断容量をもった 600A フレームノーヒューズ遮断器を取り付ける。

(C) さらに 25,000A を超すものでは、限流リアクトルまたはヒューズを直列に使用するなどの方法により故障電流を抑制することを要求している。

7. むすび

中部電力名港火力発電所に納入した多数のコントロールセンタは 30 年 5 月より順調に運転中であるが、米国では発電所以外にも多数電動機集団の分岐系統に最適の装置として各方面に広く用いられている。

紡織化繊、鋳山、製油、ガスなどの工場では電動機の制御装置を、危険な区域あるいは腐食性の雰囲気から遠く離して使用できるためきわめて好都合であり、また食品工場などでは衛生的見地からも、制御装置を機械から離して別の位置に集中することが望ましい。

コントロールセンタはわが国では当社が初めて製作した新しい形式の制御装置であるが、前に述べたように、従来の方式に比べて多くの利点と特長をもち、今後ますます利用面が広がっていくと考える。

本文が幾分にも各位のご参考となれば幸甚である。

最近の事務所ビル照明の一例

—(東京ビル新館の照明)—

本社

小堀 富次 雄*

Illumination of A Modern Building

Fujio KOBORI

Head Office

Fluorescent lighting is in a great fashion and is extensively applied to shops, department stores and factories. But little has been taken up for the better sight in offices and schools. In this connection, Tokyo Building extension completed last April has made an epoch, being fully equipped with fluorescent lamps from the basement to the top floor including hallways and corridors, not to speak of office interior. To give better light and better sight, ordinary tubular fluorescent lamps are accompanied by down lights using incandescent lamps. Every thing possible is taken into account to make the edifice modern in the illumination.

1. まえがき

わが国の蛍光灯の普及も商店・百貨店等の商業照明、工場・作業場等における生産照明に次いで、明視照明として事務所・学校等への普及の段階に入り、各地で本格的な蛍光灯照明が実施されつつある状況となった。

戦後、事務所の建設途上にあつては近代照明としての蛍光灯の使用も商業および生産照明ほどには活発ではなく、明視照明のみは若干、時代にとり残された感があつたが、この2、3年は全国に建設される大小の新築事務所はもちろん、改装ビルの照明はいずれも本格的な蛍光灯照明に置き換えられつつある現状である。

さきに全館 12,000 燈の全蛍光灯化の事務所ビルとして新丸ビルの完成を見たがさらに本年4月に完成した東京ビルの新館は旧館と合せて延面積 18,900 坪、地下 2 階、地上 8 階でわが国では新丸ビルに次ぐ、第2の広大さを誇る事務所ビルである。旧館の完成は昭和 26 年度で事務所の照明の約 1/3 が蛍光灯化されていたが新館では文字どおり全蛍光灯化で、事務所ビルとして明視照明のほか、玄関ホール、受付、廊下、食堂等の照明施設に幾つかの新しい構想がとり入れられ、明視作業を快適にする目的のほかに、とくに事務室用照明器具の構造上効率、保守等についても充分考慮が払われている。

以下、最近の事務所照明のあり方と本事務所ビルの各種照明施設につき説明することとする。なお、蛍光ラン

プの数は旧館 FL-20W 378 本、FL-40W 1,352 本、新館では FL-20W 637 本、FL-40W 4,818 本、全館計 7,185 本使用している。

2. 事務所照明の 2・3 の要素

最近の照明方式の傾向としては従来のように蛍光灯一辺倒の照明でなく、蛍光灯の散光性と白熱電球の集光性の特長をそれぞれ活用している。蛍光灯のみの照明による陰のない散漫な感じ、白熱電球のまぶしさ、どぎつい陰影の出る欠点を相互に補い合っているともいえる。これらは商業照明として用いられた照明技法であるが雰囲気や環境を主とする所では逐次用いられてきた。

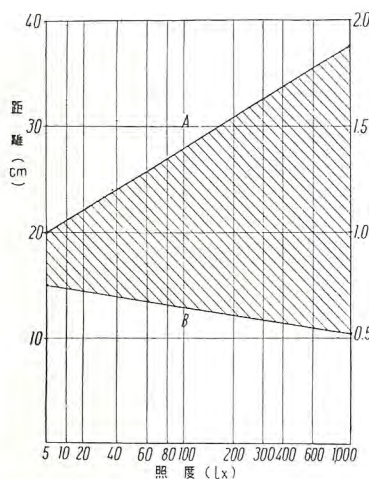
事務所ビルとしては玄関ホール、食堂、廊下等執務以外に人々の出入する場所、落付いた雰囲気を必要とする場所等に蛍光灯照明の単調なフラットな感じを白熱電球のダウンライトによって打消し、アクセントとして室内に生き生きとした活気を与える効果を有する。またダウンライトは照明の目先を変えて飾装用としての効果もある。

さて事務所の照明を実施するにあたってその目的とするところに応じてこれに該当するのが明視照明である。

明視照明⁽¹⁾とは

「作業対象物を明視し、視作業を快適にすることを目的とし、かつこれが唯一の目的である場合で、事務所・学校・家庭等の照明がこれに属する」

* 営業部照明技術課長



1 図 近距離作業における明視領域

Fig. 1. Region of better sight in the work at a short distance.

と定義されている。

したがって生活環境において、視作業をする人々で年齢、視力の大小に関せず気持ちよく愉快地、物を充分楽に見ることのできる必要がある。

事務所における明視照明のばあい、一般に、書類作成・浄写、計算、タイプ、製図等の視作業が多く、作業対象物と眼とは近い距離におかれるのが普通である。作業の際の明視し得る範囲と明るさとの関係については1図の資料⁽²⁾が発表されている。図中、直線 A は近距離視力と照度との関係、直線 B は明視しつつ対象物を近づけ得る最短距離(近点)と照度との関係を示す曲線であって、直線 A と B に挟まれたハッチング部分を明視領域といい、明るさの増加とともに視力と最短距離によって決定される明視領域が広がることが判る。

蛍光灯による事務所照明については文献⁽³⁾⁽⁴⁾によって基本的な幾つかの問題が種々述べられている。

2 図は照明に対する見え方の要素を示したものである。

ア. 明るさ

眼でもものを見るためにはまず第一に明るさが必要である。このばあいの明るさとはその物の照度とその物の反射とで定まる輝きのことである。

したがって、物の明るさはその物の反射率に関係し、反射率の小さい物ほど高照度が要求される。

事務所照明としては1表の照明基準が日本および米国の基準照度として制定されている。

現在、一般の事務所にて従来の照明施設のところでは平均照度 50 lx, 30 lx 以下のところも少なくない。極端な例ではあるが小容量の白熱電球を使用した照明で晴天時に点燈しても壁ぎわの机上面で 10 lx 位の照度の事務所も存在しているのである。事務能率向上、眼の保健、衛生の立場からこの照明基準程度には照明改善したいものである。

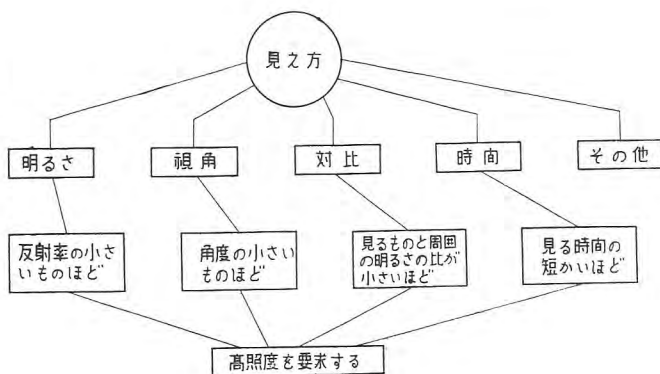
一般事務室の照明として白熱電球および蛍光灯を使用したばあい机上面での照度 100~200 lx を得るためには、

白熱電球 (つり下げかき) $20 \sim 40 \text{ W/m}^2$

(グローブ) $30 \sim 60 \text{ W/m}^2$

蛍光灯 (露出型) $7 \sim 14 \text{ W/m}^2$

は必要である。



2 図 照明に対する見え方の要素

Fig. 2. Elements of sight for lighting.

たとえば室の面積 $6 \text{ m} \times 6 \text{ m}$ 天井の高さ 3 m で白熱電球 200 W 入りグローブ 4 個をつり下げて机上面の照度は約 100 lx であるが、これを 150 lx 出そうとすればグローブ内に 300 W の白熱電球を入れる必要がある。グローブに白熱電球を入れるばあい、200 W 以上ではグローブ表面の輝きが大きくまぶしく、グローブ内の温度上昇も大となり、事務室には適当でない。

このばあい、蛍光灯 40 W では FL-40 W \times 8 本で約 160 lx, 12 本では約 250 lx の照度が得られる。以上は天井が白色で反射率は約 80%, 壁は明るい色で反射率は約 60% のように明るい室の場合であるが反射率の悪い室では同じ光源でもその照度が 50% 以下になることもある。この意味からも室内の色彩を充分考慮する必要がある。蛍光灯ではまぶしくないので、これからの事務所照明としての全般照明には蛍光灯が最適といえるわけである。

イ. 視角の大きさ

視角は見るものの大きさや目との距離に関係し小さい程、高照度が要求される。文化が発達すればするほど、文字もますます小さく、その行間はさらに狭くなる傾向にあるので、眼の疲労を感じず楽に読むためにも高照度

1 表 日本および米国照明学会制定の事務所関係照度基準表

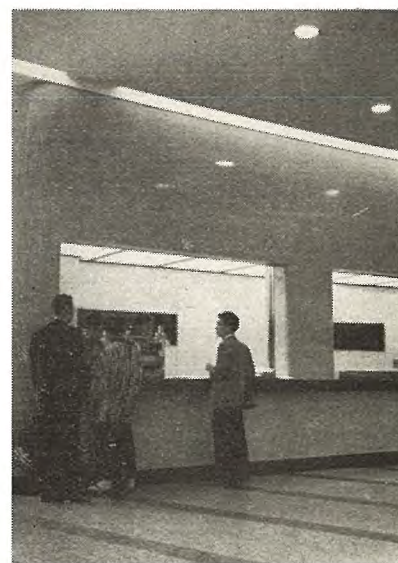
国 別	照 明 の 場 所	照度(lx)
日 本 (1953年)	*タイプライタ, *製図, *計算事務	400~200
	一般事務室	200~100
	会議室, 応接室	100~ 50
	廊下, 階段, 便所, 出入口	20
	注 *印は局部照明を併用し, その他は全般照明による可とする	
米 国 (1951年)	精密な視作業; 監査室, 勘定室, 事務機械室, 複写及図表 表作成室, 設計製図室等	500
	普通の視作業; 一般事務室, 会議室, 文書室	300
	使用回数の少ない場所; 応接室, 階段, 化粧室その他のサービス室	100
	その他廊下, 通路	50



3 図 玄関の中間ホール
Fig. 3. Hallway.



4 図 正面玄関のエレベータ前ホール
Fig. 4. Front of elevator.



5 図 1 階売店
Fig. 5. Stand on the first floor.

が必要なわけである。

ウ. 対 比

つぎに周囲との明るさの違い、すなわち対比の問題がある。見るものの明るさを R_a ラドルクス、その周囲の背景の明るさを R_b ラドルクスとすれば、その状態での対比 C は

$$C = \frac{R_b - R_a}{R_b}$$

でこの対比 C が大きいほど物は見やすく、対比が小さいほど高照度が要求される。

エ. 時 間

ものの見え方に時間の長短が関係する。動いている物を見る時間が短かくては見えにくく、また長時間見つめるような仕事では疲れて見づらくなり、いずれの場合でも高照度が要求されるわけである。

以上、見え方に働く4つの要素は実際の視作業では、それぞれが相互に関連して働く場合が多い。また、周囲の環境、見る人の状態、照明方式なども見え方に影響を及ぼすものである。

なお、事務所照明の設計上、むらのない明るさ、光源がまぶしくないこと、適当なかげのあること、光源の光色のよいこと、色彩調節の協力を得て心理的効果のすぐれていること、経済的であること等は重要な条件である。

さらに照明施設の機能を完全に発揮させて行くためには、照明器具の保守、点検の問題がある。とくに照明器具の清掃の問題は器具構造に関連があり、清掃しやすいしかもランプ交換の容易な構造であることが望ましい。

3. 各部の照明

東京ビルは事務所ビルとして各会社の事務室のほか、地下にはレストラン、喫茶室、バー、さらに最近の大都市における共通の問題として話題となっている自動車の駐車場も地下に設置してある。

最近の事務所ビル照明の一例・小堀

ア. 玄関ホール (3 図, 4 図)

新館正面玄関ホールには間接照明として蛍光灯ランプ 40 W FL-40 W-DL×46 燈, 20 W FL-20 W-DL×16 燈のほか、白熱電球 L 100 V 150 W 下面スリガラス埋込型ダウンライト器具を玄関入口に5セット中間ホール6セット、エレベータ前ホールに23セット計34セット設置している。力強い2本の丸柱とみがき立てた大理石造りの床面に対応する照明は中間ホールの天井の隅に沿って大きく画かれた円弧による間接照明とエレベータ前ホールの2重円形輪かく型の蛍光灯による間接照明とでホール全体に広々とした感じを与え数多くのダウンライトによる直接照明はその雰囲気を一層豊かなものとし出入する人々を暖かく迎えている。中間ホール床面上の平均照度は約 100 lx、エレベータ前での床面上の照度は 160 ~ 220 lx であって2重円形間接照明の内側は蛍光灯ランプ FL-20 W-DL×16 燈外側は FL-40 W-DL×18 燈埋込み、意匠的に天井面の変化をねらったものであるが点在するダウンライトとよくマッチして調和がとれている。

イ. 1 階売店 (5 図)

正面玄関を入り中間ホールの直ぐ左手にある売店は蛍光灯ランプ FL-40 W×14 燈埋込下面乳白色アクリライトカバーによる光り天井である。天井一面が2次の光源となっているため売店内もカウンタも一様に明るくかげが出ず快適である。売店カウンタ上の平均照度は 320 lx である。

ウ. 各階の階段 (6 図)

各階共、同様の照明方式である。このように終日点燈する必要のあるところでは充分明るくしないと陰気な感じになる恐れがある。

各階より階段への出入口の天井には乳白色アクリライト板の椀形カバー (FL-20 W×4 燈を十字に組み込む)



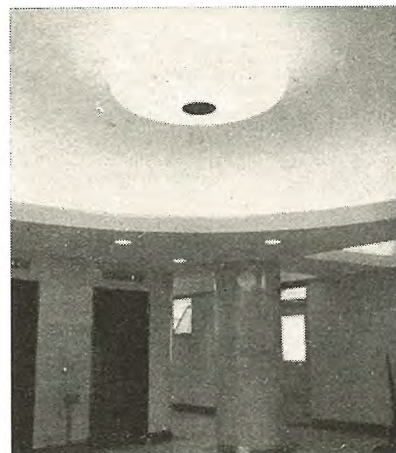
6 図 階段の照明

Fig. 6. Illumination of stair case.



7 図 廊 下

Fig. 7. Corridor.



8 図 各階エレベータ前ホール

Fig. 8. Front space of elevator.

器具、踊り場の壁面には白熱電球 L 100 V 60 W を乳白色アクリライト板の傘形カバーブラケット器具としてとり付けてある。この2箇所の光源の位置は階段のような立体的空間に対して直角の位置に位して空間を照らしていて効果的である。階段の出入口床面上の平均照度は 50 lx である。

エ. 各階の廊下およびエレベータ前ホール (7, 8 図)

窓側のない廊下は昼間でも暗いので終日点灯するのが普通である。エレベータ前ホールは廊下の延長であり、エレベータから降りた客に対して廊下よりさらに明るくし、各会社の受付も目立つように明るくする必要がある。

廊下の長手方向の間接照明は蛍光ランプ FL-40 W 各 2 燈ずつ、その中央の天井部分には 150 W 反射型投光電球 6 個が規則正しく配列されている。受付台上で 500 lx、廊下床面で約 60 lx の明るさである。

また、エレベータ前ホールの照明は1階のエレベータ前ホールの2重輪かく型間接照明と同系統であるが少し趣きを変えた円形間接照明 FL-40W×10 燈のほか、円形の中央部に乳白色アクリライトわん形カバー設け中には FL-20W×4 燈の半間接照明とし、往々にして生ずる間接照明の場合の天井面の暗部を補っている。なお、埋込型ダウンライトは 150 W 反射型投光電球燈でダウンライト下面は露出で効率をよくしている。エレベータ前ホールの床面照度は平均 200 lx である。

オ. 地下食堂

(1) 入口・待合室 (9 図)

まず地下1階の食堂入口の天井は不規則な形状の間接照明が FL-20 W×22 燈埋込み、150 W 反射型投光電球 12 セットにするダウンライト照明とマッチして入口から待合室への雰囲気をかもし出している。入口での床面照度は約 100~160 lx である。



9 図 食堂入口、待合室

Fig. 9. Entrance of Restaurant.

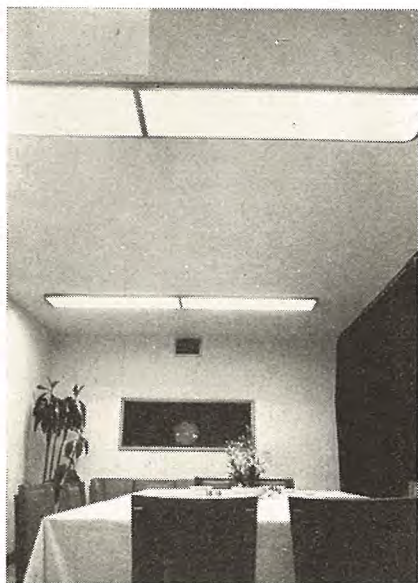


10 図 レストラン

Fig. 10. Restaurant.

(2) レストラン、喫茶室およびバー (10, 11, 12 図)

レストラン、喫茶室では客の好感を呼ぶ清潔感と落付いた上品な雰囲気が必要である。とくに建築構造と密接な関係のある照明については必ずしも目を見張るような明るさは必要なく、むしろ室内との調和に重点を置くべきである。よい雰囲気のための照明ではあくまでもよい環境を作ることが大切である。



11 図 特別室
Fig. 11. Special room.

「人は目で食事をする」といわれる位、われわれは料理の良否を視覚で判断するばあいが多い。どのように美味しい料理でもその色が悪く見えるような照明では味は減じてしまう。デラックス型蛍光ランプでは料理の色をもっと正しく見せしかも落付いた雰囲気を作る。

なおレストランおよび喫茶室の照明方式はいずれも同様であってその相違点は椅子、食卓等の調度のおもむきを変えていて、その間は衝立でしきってあるわけである。

レストラン全体の照明方式は直接照明としての下面乳白色アクリライトカバーの半埋込型 FL-40 W-DL×2 燈用 2 連および 4 連器具各 3 セット、間接照明として FL-40 W-DL×7 燈 6 セットおよび 150 W 反射型投光電球によるダウンライト 42 セットが壁面寄りの一段と低い天井面に埋込まれて配列され、壁ぎわの食卓上を照明している。食卓上の照度は 320 lx その他の食卓上の照度は 200~240 lx である。

奥の特別室は乳白色アクリライトカバー半埋込型 FL-40 W-DL×2 燈器具 2 連 2 セットで食卓上の照度は 200~300 lx である。正面の壁面凹部には飾り皿が展示され室内のアクセサリとして趣きを添えている。

壁・天井は薄いクリーム色に対し、レストラン内の巨大なチョコレート色の丸柱がよく調和した構成を示している。

また、入口右手のバーは FL-40 W×3 燈、FL-20 W×1 燈の間接照明で空隙には紫色ガラスカバーを置き、150 W 反射型投光電球 6 セット、40 W 白熱電球 5 セットの埋込ダウンライト器具がとりつけられている。室内は余り明るくなく照度は約 30 lx で紫色の光がたゞよい屋なお暗くバーの雰囲気をかもし出している。酒客に対し清潔感と快美感を与え同時に温和な居心地で気軽に少憩し得るところである。

最近の事務所ビル照明の一例・小堀



12 図 バ ー
Fig. 12. Bar.



13 図 ガレージ
Fig. 13. Garage.

カ. ガレージ (13 図)

最近の大都市では自動車の増加と共にその駐車場が問題になってきて、大建築物の地下に駐車場を設置することが多くなってきた。一般に駐車場の照明としては 10~20 lx 程度でよいのであるがこのように地下の駐車場では昼間明るい屋外から地下に車を乗り入れるのであるから入口付近は充分明るくする必要がある。駐車場はまた、天井が低いので蛍光灯のように輝きの低い光源が望ましい。全般照明としてむらのない明るさがほしいものである。当ビルの駐車場では FA-422 型器具 (FL-40 W×2 燈用) を 1 コマ 2 セット直付とし、器具直下の床上で 160 lx、平均 100 lx の照度を得ている。なお自動車の収容能力は 66 台である。

キ. 1 階事務室 (14 図)

1 階事務室の照明は下面曲スリガラスカバー半埋込型 FL-40 W×4 燈用器具で 1 コマ 39 m² の面積に 4 セット机上面の照度は 250~400 lx である。天井面はアルミ製吸音板光アコースチックパネル (角波穿孔金属板) を使用しているのも特長の 1 つである。

ク. 各階事務室 (15 図)

従来、事務所として 2 重天井の構造にできる建築のばあいは埋込型または半埋込型で下面ルーバまたはスリガラスが推奨されてきた。新設の事務所のばあいはほとんど例外なく埋込型が採用される傾向にあった。下面がガラスカバーまたはルーバの構造ではランプ交換その他保



14 図 1 階事務室
Fig. 14. Office room
on the first floor.



15 図 3 階事務室
Fig. 15. Office room in the third floor.

守、点検に不具合を生じ易く、往々にしてランプ不点燈または黒化の状態で放置されるおそれがある。

各階事務室に設置してある照明器具は埋込型FL-40W×3 燈用でしかも下面はランプ露出型であるためランプの清掃と交換は極めて容易である。なお各器具共点滅ブルスイッチ付のため、昼間明るい状態では窓ぎわは消燈し、また必要に応じて、残業等のために部分的に照明することも可能である。机上面の平均照度は 320 lx で全般照明としての照度は米国の基準に達している。

4. 事務室用照明器具と昼夜間の明るさ

ア. 照明器具の構造と特性 (16 図, 17 図)

各階事務室の照明器具は事務室用のものでその外形寸法および断面図は 16 図のように、下面ランプ露出型の FL-40 W×3 燈用埋込器具である。1 ft 角のアコースチック・テックス張りの 2 重天井に埋込む寸法上、埋込みの巾および長さはアコースチック・テックスの寸法に合せている。ランプソケット部分は往々にして外部から見えて丁裁の悪いばあいが多いが本器具では反射板と一体になっている部分でカバーされ巧みに隠されている。

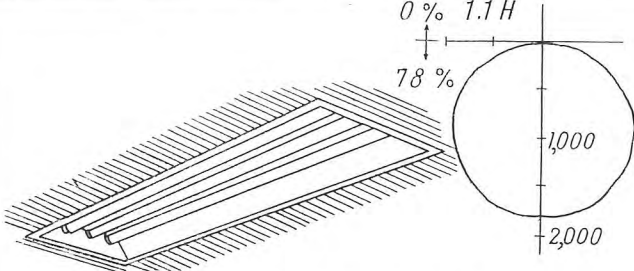
平均配光曲線と照明率表は 17 図のようである。本照明器具は効率が非常によいので、天井、壁のそれぞれの反射率に対する室指数における照明率はいずれも大きな数値となっている。このことは事務室の照明設計に際して非常に有利である。

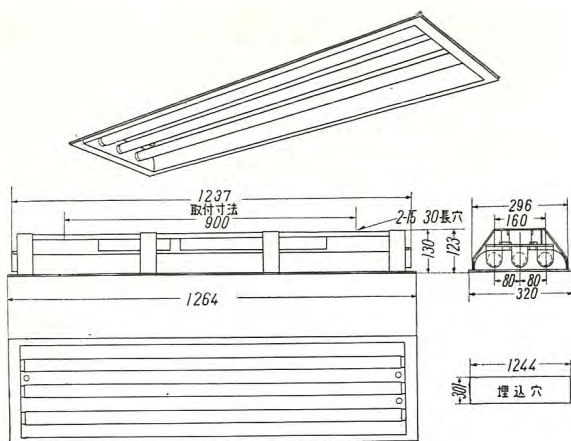
イ. 室内昼夜間の明るさ

室内の昼間の明るさは四季、一日中の時間および天候等の要素によって当然変わるもので一定の照度は期し難い。一方、人工光源としての蛍光灯による全般照明でも光源の光束の減少、照明器具の汚損または天井、壁等室内各所の反射率の低下によって使用中の照度は初期の照度に比較して著しく減少するものである。

17 図は当ビル 3 階東北隅の室の照明器具配置図、18 図は昼間の室内の自然光による照度分布の一例、および夜間の蛍光灯による照度分布を示している。自然光のみによる照度測定は室の方向、室内の壁、窓部分室外の隣接建物の状況等によって図のように著しく相違があり、たとえば晴天のばあい東向きの室内では窓ぎわと壁ぎわから 1~2 m はなれておかれた机上では 2,000~3,000 lx の高照度で昼間何ら人工光線の補助は必要なく明るすぎ

2 表 事務室用 螢 光 燈 照 明 器 具 照 明 率 表

照 明 器 具 減 光 補 償 率	最 大 器 具 間 隔 平 均 配 光 曲 線	天井 壁 室 指 数	75%			50%			30%				
			50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%			
			照 明 率										
40 W 3 燈天井埋込下面ランプ露出型													
		J	.37	.31	.27	.36	.31	.27	.31	.27			
		I	.45	.41	.38	.45	.40	.37	.40	.37			
		H	.50	.46	.43	.48	.45	.42	.45	.42			
		G	.54	.50	.47	.52	.49	.46	.48	.46			
		F	.57	.53	.50	.55	.52	.49	.51	.49			
		E	.61	.58	.55	.60	.57	.55	.56	.55			
		D	.66	.63	.59	.64	.62	.59	.61	.59			
		C	.68	.65	.62	.66	.63	.62	.63	.61			
		B	.71	.68	.66	.69	.66	.65	.66	.64			
		A	.72	.70	.68	.70	.68	.66	.67	.66			
		良 1.4 中 1.6 否 1.8											



16 図 事務室向 FL-40×3 燈用蛍光燈照明器具外形図

Fig. 16. Dimensions of fluorescent lighting fixtures of office.

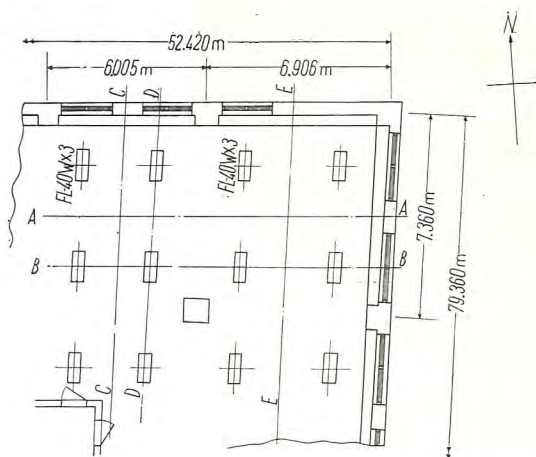
るくらい快適に作業ができると同時に直射光のないあるいは窓のシャッターは不用である。また、北向でも隣接の中央郵便局の壁面の影響もあって窓ぎわから 1~2 m では 500~1000 lx の明るさがあるて屋間人工光線の補助は不要である。本ビルは極く新しい設計であって窓も非常に大きくその高さも天井面まで一杯に開放されているからこのような照度分布が得られたものと思われる。室の中央部に行くに従い照度も減少し、5 m 以上のばあいは 200~300 lx 以下になる。

晴天時に窓ぎわでは自然光のみで充分であるが窓からはなれた箇所とか雨天では蛍光灯を点灯する必要がある。

5. むすび

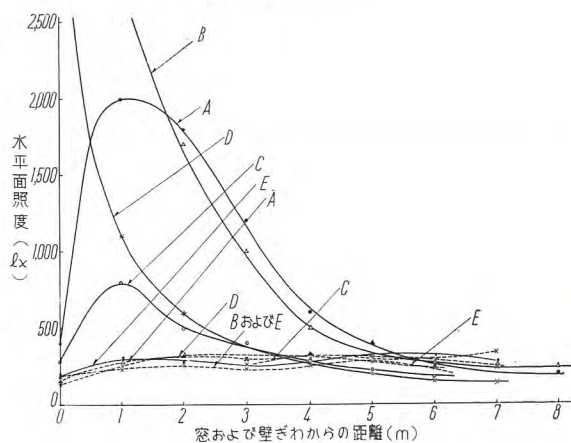
以上、最近の事務所ビルの一例として東京ビル新館の照明につきその全貌を説明した。とくに事務室の照明器具は従来と異なり、埋込型にして下面ランプ露出形式の効率、保守等機能本位の上、照明器具としての美観も優れているので、今後、この種の事務所に盛んに使用されることを予想して照明設計上必要な外形寸法および照明率表等を参考にかかげた。

なお、本事務所ビルの照明設計、製作および施工は三菱地所株式会社、東光電気工事株式会社および当社大船工場によって完成したことを付記して感謝の言葉とする次第である。



17 図 東京ビル新館 (3 階) 照明器具配置図

(天井高さ 3 m)



— 昼間の照度 (30 11-2 晴天正午・蛍光燈消燈)

----- 夜間の照度 (30 11-4 午後 6 時)

18 図 水平面照度曲線 (床上 85 cm)

文 献

- (1) 照明学会：屋内照明の基準 (1953 年)
- (2) 照明学会：照明のデータブック p. 15
- (3) Parry Moon and D.E. Spencer: Lighting Design
- (4) 三菱電機 第 28 巻 第 6 号 宇都宮：蛍光灯による事務所照明と二三の問題

最近の高速電車用主電動機

伊丹製作所

浅 越 泰 男*

The Latest Traction Motor for Rapid Transit Railway

Yasuo ASAGOE

Itami Works

The hectic traffic congestion of the postwar days is gone with the rehabilitation of devastated cities. The rapid transit in and out of urban communities has made marked progress and modernization of the equipment is worth attracting notice, the conspicuous trend being the increased use of small sized, light weight motors instigated by the reduction of the weight of cars. Mitsubishi has lately built 30 traction motors in a novel design for Tokyo subway and a number of similar units to several other railways. They are all the fruits of the painstaking effort on the part of engineers. Their features foretell the path which railway engineering unit pass hereafter.

1. ま え が き

終戦後の交通機関混乱の時代もいまや昔日の悪夢となり、昨今の都市近郊の高速電車の近代化はめざましいものがある。当社も昭和 28 年にまったく新しい構想による東京地下鉄向電車用電機品 30 両分を製作し、高速電車近代化に関して斯界の先鞭をつけて以来引続きつねに新しいアイデアのもとにつぎつぎと新形式、高性能の主電動機を製作してきたのであるが、最近の成果として特筆すべきことをつぎの項に上げる。

(1) 低端子電圧 (375 V) 主電動機 8 台使用の線電圧 1,500 V 用高性能電車の出現

(2) 110 kW WN ドライブ主電動機の完成

本稿はこれらの成果を中心として高速電車の現在および将来のあり方について述べたものであり、各位のご批判を頂ければ幸甚である。

2. 近代的高速電車の性能および主電動機のあり方

最近の高速電車はつぎの点が性能上大きく要望されている。

- a. 軽量であること。
- b. 高加速、高減速にして、しかも高釣合速度が得られ、目的地にできるだけ短時間で到達し得ること。
- c. 騒音振動少く乗心地良好なること。
- d. 確実なる制動を行うために高速から電気制動を常用し得ること。

さて主電動機は元来電車の心臓部であり、これの良否

が車の性能を根本的に左右するものであることは周知のとおりであり、以上各項の性能を満足せしむるためには主電動機にはつぎに述べるような苛酷な条件を要求されるのである。

- (1) a 項に対しては台車重量軽量化のために主電動機を高速とし小形、軽量化を計る。
- (2) b 項を満足させるためにはいわゆるスピードレシオすなわち最高回転数/定格回転数の比を増大し、弱界磁を大幅に活用して低速より高速に至る広い範囲で主電動機の出し得る力をフルに活用する。
- (3) c 項に対してはばね下重量軽減のために主電動機を台車枠に固定する(いわゆる台車装荷)とともに、減速歯車には独立した密閉高精度ギヤユニットを使用してギヤ騒音の防止を計る。
- (4) d 項に対しては電気制動時に主電動機は定格電圧を大幅に上回る過電圧に耐え得る必要があり、このため整流子片間電圧を極力低く設計することが望ましい。このためには低端子電圧のものが有利である。

以上の条件を見るに(1)(2)(4)項はいずれも主電動機にとっては非常に可酷な条件であり、従来の釣掛式においては主電動機の受ける大きな振動衝撃を考えればほとんど不可能であった。しかし(3)項に述べた台車装荷の方法によって主電動機は振動衝撃から大幅に解放され、整流も安定し機械的事故も皆無となり、これらの諸問題を一挙に解決してしまったのである。かくして最近製作される新形式の主電動機はすべて台車装荷の軽量小型高速度電動機で、大歯車比のとり得る WN 平行駆動式(主として広軌用)あるいはスパイラルベベルまたはハイボ

イドギヤを使用した直角カルダン式駆動装置（主として狭軌用）と組合せてその優秀な性能を発揮している。

さきに設計工作両面に非常に大きな努力を傾注した、東京地下鉄向 100 HP WN 式主電動機 30 両分の完成以来、一貫して当社がこの種主電動機設計上の指針としているのはつぎの諸点である。

- (1) スピードレシヨを 2.5~3.5（従来は 2）という高い値にとり得るように各部分の強度を充分吟味すると共に、弱界磁定格を採用して実際のスピードレシヨをさらに大きくしている。
- (2) 弱め界磁は 50~40%（従来は 60%）まで使用しても整流の面でも機械的な面においてもなんら不安がないようにする。
- (3) 高速よりの電気制動に耐えるためにも、大幅に弱界磁を活用するためにも定格電圧における整流子片間電圧を極力小さくし、とくに低端子電圧のものにおいては 2~3 倍の過電圧（従来は 1.2 倍）に耐えるものとする。
- (4) 絶縁はいわゆる完全 B 種またはそれ以上のものとする。

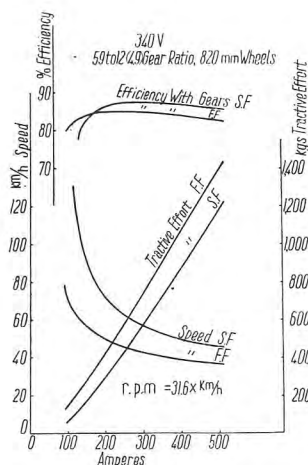
3. 1,500 V 電車用低端子電圧主電動機

線電圧 600 V 4 個モータ付の電車においては、主電動機の端子電圧を 300 V として整流の面で非常に安定した設計が可能で、力行制動ともに相当激しい運転を許容するのであるが、線電圧 1,500 V 用の 750 V 端子電圧の主電動機においては完全に満足すべき設計は困難と考えられていた。しかし現在の郊外電車はほとんど 2 両永久編成単位で列車を編成するのが常識であるので、電動車 2 両を永久編成とし 8 台の 375 V 端子電圧の主電動機を 1 個の制御装置で力行時は 4 台直列に、電気制動時には 2 台直列に接続して制御する方式を検討の結果普通の電動車 2 両連結の場合に比し連結、解放のできない不便はあるが、つぎのような大きな利点が認められた。

- (1) 主電動機の安定度が増大し激しい力行、電気制動運転に耐える。



1 図 MB-3012-B₂ 型主電動機
Fig. 1. MB-3012-B₂ traction motor.



2 図 MB-3012-B₂ 型主電動機特性曲線
Fig. 2. Characteristic curves for type MB-3012-B₂ motor.

- (2) 制御装置その他補機類が 2 両に対し 1 個ずつで良いので重量が軽くなる。従来の MT 編成なみとなる。
- (3) したがって在来の MT 永久編成と同一形式で MM 編成の長所を充分發揮できる。

この方式は当社によって世界で初めて実現され、すでに昭和 29 年 6 月以降近鉄向 2 両分 (WN 式)、小田急向 16 両分 (直角カルダン式) を製作し、低端子電圧主電動機の威力を充分發揮して好成績で運転されている。

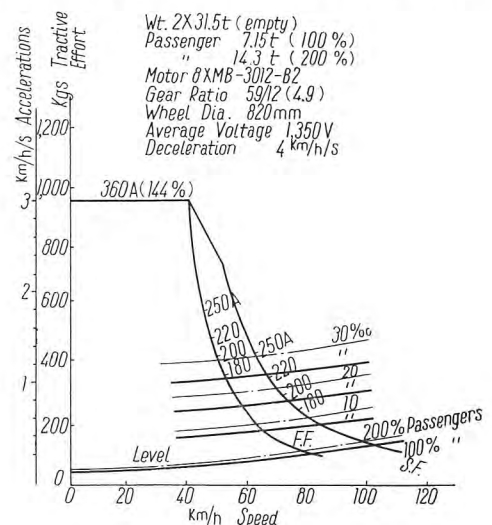
小田急電鉄向のもの諸元はつぎの如くである。

型名 MB-3012-B₂ 型主電動機 (1~3 図)
形式 直流直巻、九形枠半密閉自己通風式完全 B 種絶縁
分路弱界磁制御、台車装荷式
1 時間定格 80 kW 375 V 250 A 1,760 rpm
(約 80% 弱界磁において)

最大回転数 4,000 rpm
弱界磁率 50%
制動時許容端子電圧 750 V (定格の 2 倍) < 重量 700 kg
駆動装置 直角カルダン式スパイラル
ベールギヤユニット
歯車比 59/12=4.92
車輪径 860 mm < 特性曲線
車両諸元 自重 31 t, 定員 130 人 (いずれも 1 両当り)
加速度 3 km/h/s
制動度 電制のみ 4 km/h/s
電空併用 4.8 km/h/s

平坦線釣合速度 100 km/h (於 1,350 V 定員時)

本主電動機は低端子電圧ではあるが 1,500 V 用の対地絶縁を施したものである。上記でわかるように 1,500 V 郊外電車としてはほとんど前例のない高加速、高減速を確保し、しかも 100 km/h という高い運転速度が得られ、その上 100 km/h の速度から全界磁の全力電気制動が使用し得ることは、低端子電圧、台車装荷式主電動機全軸駆動によって初めて可能となった新事実である。こ



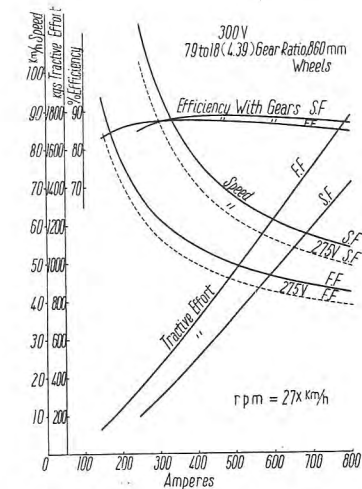
3 図 MB-3012-B₂ 型主電動機性能曲線
Fig. 3. Output performance curves for type MB-3012-B₂ motor.



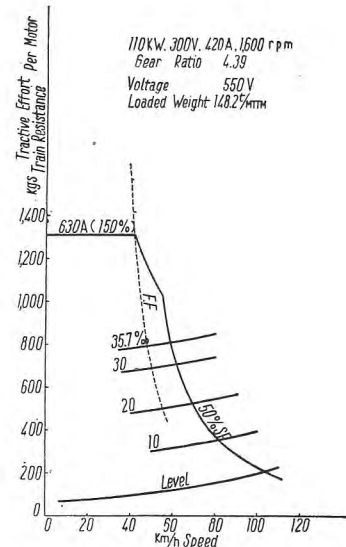
4 図 MB-3020-B 型 110 kW 主電動機
Fig. 4. Type MB-3020-B 110 kW traction motor.



7 図 WN-50 型ギヤユニット用ギヤビニオン
Fig. 7. Gear and pinion shaft for type WN-50 gear unit.



5 図 MB-3020-B 型主電動機特性曲線
Fig. 5. Characteristic curves for type MB-3020-B motor.



6 図 MB-3020-B 型主電動機性能曲線
Fig. 6. Output performance curves for type MB-3020-B motor.

の電車に使用している制御装置には制動時の過電圧保護のための継電器は装備していないが、これは主電動機の信頼度がきわめて高くその必要なためで、実際のオンシロ測定によれば高速時制動の際端子 900 V もの電圧を誘起するチャンスもあるにもかかわらずなら支障なく運転を続けていることは驚異の事実である。

4. 110 kW WN ドライブ主電動機

電車の高加速、高減速をはかるためには全電動車、(オール M 編成) 全軸駆動がその理想的形態であることは論をまたない。しかしいわゆるオール M 編成は主電動機の数の増加のためいきおいコスト高になるので、経済的な面からやはり大容量の台車装荷主電動機による MT あるいは MTM 編成の高性能電車が要望され、これに応じて設計、製作したのが 110 kW WN ドライブ主電動機である。

110 kW 主電動機のフレキシブルドライブは従来より至難のことと考えられていたが、広軌用に対して当社独特の WN 式を採用し 75 kW 用のものに比しわずかに大きいカップリングを使用することにより簡単に要望に答えることができた。

主電動機は 600 V 用、1,500 V 用の 2 種類がある。

a. MB-3020 型 110 kW 主電動機 (600 V 用) (4~6 図)

1 時間定格 110 kW 300 V 420 A 1,600 rpm
最大回転数 4,000 rpm
弱界磁率 50%
制動時許容端子電圧 700 V (2.3 倍)
納入先 奈良電鉄 2 両分

b. MB-3021 型 110 kW 主電動機 (1,500 V 用)

1 時間定格 110 kW 750 V 166 A 1,600 rpm
最大回転数 4,000 rpm
弱界磁率 50%
制動時許容端子電圧 1,000 V (1.33 倍)

納入先 京成電鉄 4 両分

いずれも重量は 780 kg で外形は 75 kW 主電動機と大差なく、性能もきわめて優秀でとくに 600 V 用は強力な電気制動に耐えるものである。

これに使用した WN 式駆動装置はすでに東京地下鉄その他で多数使用され、大きな実績をあげている 75 kW 用のものをさらに改良を加え強度を増した新製品で、重量もほとんど変わらない。

a. ギヤユニット (7 図)

型名 WN-50 型
型式 1 段減速ヘリカルギヤ、全密閉一体鋳鋼製ギヤケース付
歯数比 最大 80/17=4.71
最小 76/21=3.62
モジュール 7, 振れ角 21°
重量 415 kg (接地装置、吊装置を含む)
車輪径 860 mm

b. カップリング (8 図)

型名 WN-550 型
型式 ダブルインタナルエキスタナルギヤ型
許容軸偏位 平行移動 ±19 mm
軸方向 ±12 mm
重量 50 kg

本機種の開発によって WN ドライブの使用範囲はさらに拡大され、いまや広軌電車用主電動機のドライブ方式の決定版として各方面の注視を浴びているが、当社と



8 図 WN-550 型フレキシブルギヤ
カップリング

Fig. 8. Type WN-550 flexible gear
coupling.



10 図 最近の主電動機静止部
(H 種絶縁物使用)

Fig. 10. Stator of the latest
traction motor.



11 図 最近の主電動機電機子
(アーチバンド式整流子使用)

Fig. 11. Armature of the latest
traction motor.

してはさらに一歩進んで WN ドライブ
を 150 kW 級主電動機、狭軌電動機等
に適用すべく研究を進めている。

5. 構造上の諸問題

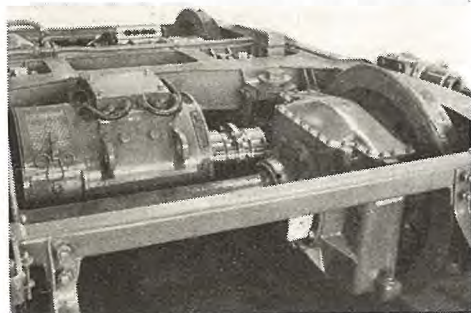
ここ数年間に見られた電車で主電動機の驚異的な技術
的發展も現在一段落をつげた状態にあるが、今後さらに
一層の小形軽量化の方向に進むには材料、工作法の面で
大きな進歩が約束されねばならない。その 2, 3 の問題
を以下に述べる。

ア. 絶 縁 物

いわゆる完全 B 種と銘打って、在来の紙、綿等を駆逐
し、ガラス、マイカ、アスベストなど無機質絶縁物を使用
して耐熱性合成樹脂よりなるサーモセットワニスで処
理することにより、絶縁の信頼度は非常に高くなって、
現在申し分のない成績をあげている。これに対し絶縁物
の面からさらに電動機の小形軽量化を計るためには H 種
絶縁を採用せねばならない。H 種絶縁物はすでに重要な
所に実用しており、とくに界磁コイルにおいては完全 H
種とすることは容易であり、電機子において整流子ライ
ザとコイルとの接続部分が高温ハンダの使用、あるいは
他の特殊な方法によって工作的に解決できれば可能とな
る。これについては目下研究中であって近い将来完全 H
種の電動機がかならず出現するであろう。

イ. 整 流 子

電動機の高速化に対して機械的に、また整流の面から
もっとも問題となるのは整流子である。整流子について
は高速、高温のもとに強大な遠心力および熱応力を受け



9 図 軽量台車に装備した 110 kW 主電動機および
WN 駆動装置

Fig. 9. 110 kW traction motor and WN drive mechanism
mounted on a light weight car truck.

ても変形、ハイパ等を起さないようマイカ材料、締付方
式に充分注意を払う必要がある。アーチバンド構造はす
でに常識化したさらに一歩進んで整流子おさえの形状
考慮による強度増大、熱膨張を逃げるためのスプリング
ワッシャ使用などにより一層の高速、高温に耐えられる
構造が可能となった。

ウ. ブ ラ シ

高周速の整流子に対して完全に接触を保持し、高い接
触面電圧降下を得られ、しかも機械的強度の大きなもの
でなければならない。現在国産カーボンブラシにては完
全に満足すべきものがないのは遺憾で、優秀な製品が出
現することを希望している。

エ. 軸 受

その構造上グリース潤滑に頼らざるを得ない電車で電
動機において高速化を阻む大きな因子としてコロ軸受が
あげられる。現在精度の向上と内部構造の改善、またグ
リースの品質吟味によって dn 値において最高許容 3×10^6
程度まであげ得るようになったことは喜ばしい事実
で、さらに向上に努力している。

6. む す び

上述のように最近の主電動機はあらゆる面において在
来のものに比し格段の進歩をなし、さらに改良が加えら
れつつある。今後の問題としては

- (1) 車両の現在より一層の軽量化による、超軽量小
形主電動機の使用
- (2) 狭軌電車で駆動装置の決定版の製作
などがあげられる。

(1) 項についてはすでに海外で実用されているように
超軽量高速電車で市街電車で小形電動機を適用し、さら
に一歩進んでその出力の増大を計ることであり、これは
車体、台車メーカーの協力があればすぐにも解決できる
ことで、経済的見地から大いに興味ある問題である。

(2) 項はわが国に多い 1,067 mm 狭軌用電車に対する
可撓動力伝達装置は 100 HP 以上のものについては、広
軌用の WN 式に比すべき信頼のおける方式はまだなく、
この点についてわれわれも研究を重ね、近き将来かなら
ず満足し得る駆動装置の出現が可能であろう。以上電
車主電動機の進歩の一端を紹介して筆をおく。

カゴ形誘導電動機の相変換作用

名古屋製作所

臼田 長一*・梶谷 定之*

Phase Conversion of Squirrel Cage Induction Motors

Choichi USUDA・Sadayuki KAJITANI

Nagoya Works

The method of converting single phase alternating current into three phase alternating current by using a squirrel cage induction motor has been known for sometime. Little has been reported, however, how the actual results conform to the theoretical calculation. A number of question may come in mind such as: Is perfect balanced three phase a-c available? What kind of motor is the most adequate as a phase converter to minimize the unbalance factor? Studies have been made on the matter both theoretically and experimentarily.

1. まえがき

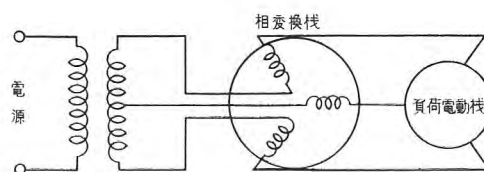
カゴ形誘導電動機を使って単相交流を3相交流に相変換する方法は古くから知られており、変換された3相交流の状態を対称座標法によって理論的に求めることもできるが、この理論によって求めた結果は具体的にどのような数値であるのか、実験値とどの程度あうものであるか示されたものが少ない。

また実際に完全な平衡3相交流が得られるか、あるいは不平衡率をできるだけ小さくするため相変換機としてどのような容量のものをどのような状態で使えばよいのか、変換された3相交流の平衡状態は負荷電動機によってどのようにかわるものであるか、そのほか理論的にはできても実用上さしつかえるような問題はないかなど不明確な点も多い。

そこで、上記の点を中心とし理論的考察に実験的考察を加えて、表記の問題を主として実用面からのべる。

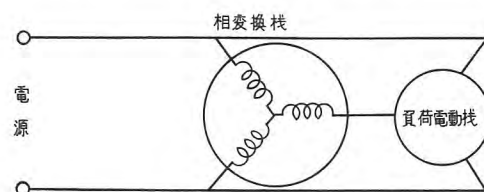
2. 相変換方式の分類

カゴ形誘導電動機を使った相変換方式を大別すると、1図のように誘導機を電源と負荷電動機の間直列に挿入する方法すなわち直列型相変換方式と、2図のように電源に対して負荷電動機と並列に誘導電動機を挿入して相変換機とする方法すなわち並列型相変換方式の2通りがある。このうち前者はやや特殊な使用法になるが、後



1 図 直列型相変換機

Fig. 1. Series phase converter.



2 図 並列型相変換機

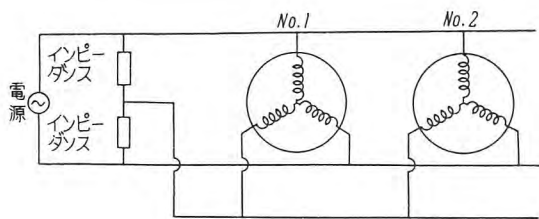
Fig. 2. Shunt phase converter.

者の並列型では、カゴ形3相誘導電動機をそのまま単相運転し3相交流をとりだすもので一般的な方法である。ここでは並列型相変換方式のみをとり上げ論ずることにする。

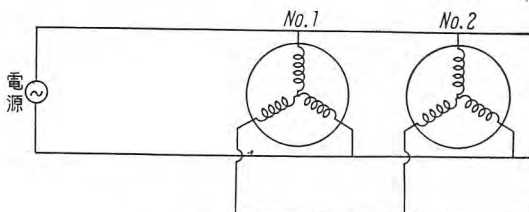
さてこの並列型相変換方式についても2通りの方法が考えられるので、つぎにのべるようにA型方式、B型方式と仮称して区別する。

ア. A型方式

この方式は3図に示すようにNo. 1の3相カゴ形誘導電動機を相変換機として単相運転し、その端子から3



3 図 A 型相変換方式
Fig. 3. Type A phase converter system.



4 図 B 型相変換方式
Fig. 4. Type B phase converter system.

相交流をとりだして No. 2, No. 3, ……以下の負荷電動機を 3 相運転させるものであり、相不平衡をできるだけ少くするように、また相変換機が単独自己起動できるように線間に 1 個ないし 2 個のインピーダンスを挿入する。なお通常このインピーダンスにはキャパシティブ・リアクタンスを使っている。かりにこの方式を A 型方式とした。

イ. B 型方式

この方式は 4 図に示すように、No. 1 の 3 相誘導電動機が単相運転を行い、これが相変換機となってほかの No. 2, No. 3, ……以下の負荷電動機に 3 相交流を提供するのは A 型方式とおなじであるが、線間にならインピーダンスを使っていないものである。このため A 型方式とは動作状況がいささかちがうので区別して B 型ということにした。

3. 理論算式

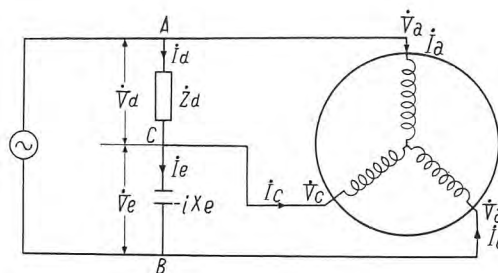
ア. A 型方式

まず相変換機を単独運転した場合、完全平衡 3 相がえられるか、それには線間にどのようなエレメントを挿入すれば良いかを調べる。

通常エレメントとして使えるのはキャパシティブ、リアクタンスに限られているので、ここでは線間 B. C のエレメント X_e のみを完全なキャパシティブ、リアクタンスにし、線間 A. C のエレメント Z_i をひとまずインピーダンスとして取扱ってみて Z_i もキャパシティブ、リアクタンスでよいかをあわせて調べる。

ここで使う記号は 5 図に示したように、つぎのとおりである。

- $\dot{V}_a, \dot{V}_b, \dot{V}_c$: 変換機の a 相, b 相, c 相の端子電位
- $\dot{I}_a, \dot{I}_b, \dot{I}_c$: 変換機の各相電流
- \dot{I}_d : インピーダンス \dot{Z}_d に流れる電流
- \dot{I}_e : リアクタンス $-iX_e$ に流れる電流
- \dot{V}_1, \dot{V}_2 : 対称座標法による正相分電圧と逆相分



5 図 A 型相変換機
Fig. 5. Type A phase converter.

電圧

\dot{I}_1, \dot{I}_2 : 対称座標法による正相分電流と逆相分電流

\dot{Z}_p, \dot{Z}_N : 変換機の正相分インピーダンスと逆相分インピーダンス

上記の各値の間にはつぎのような関係がなりたつ。

$$\dot{V}_a - \dot{V}_c = \dot{I}_a \cdot \dot{Z}_d \quad \dots\dots\dots (1.1)$$

$$\dot{V}_c - \dot{V}_b = \dot{I}_c \cdot (-iX_e) \quad \dots\dots\dots (1.2)$$

$$\dot{V}_1 = \frac{1}{3}(\dot{V}_a + a\dot{V}_b + a^2\dot{V}_c),$$

$$\dot{V}_2 = \frac{1}{3}(\dot{V}_a + a^2\dot{V}_b + a\dot{V}_c) \quad \dots\dots\dots (1.3)$$

$$\dot{I}_a = \dot{I}_c + \dot{I}_e, \quad \dot{I}_a = \dot{I}_1 + \dot{I}_2, \quad \dot{I}_b = a^2\dot{I}_1 + a\dot{I}_2, \\ \dot{I}_c = a\dot{I}_1 + a^2\dot{I}_2 \quad \dots\dots\dots (1.4)$$

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{V}_1}{\dot{Z}_p}, \quad \dot{I}_2 = \frac{\dot{V}_2}{\dot{Z}_N} \quad \dots\dots\dots (1.5)$$

$$a = -\frac{1}{2} + i\frac{\sqrt{3}}{2}, \quad a^2 = -\frac{1}{2} - i\frac{\sqrt{3}}{2} \quad \dots\dots\dots (1.6)$$

いま $\dot{V}_b = a^2\dot{V}_a$ となるような点を基準点 (零電位) に保ち以上の式から \dot{V}_c を求める。

さて (1.4) 式より $\dot{I}_a = \dot{I}_c + \dot{I}_e$

$$\text{ところで (1.1) 式より } \dot{I}_a = \frac{\dot{V}_a - \dot{V}_c}{\dot{Z}_d}$$

また (1.4), (1.5), (1.3) 式より

$$\dot{I}_c = a\dot{I}_1 + a^2\dot{I}_2 = a\frac{\dot{V}_1}{\dot{Z}_p} + a^2\frac{\dot{V}_2}{\dot{Z}_N} = \frac{a}{3\dot{Z}_p}(\dot{V}_a + a\dot{V}_b + a^2\dot{V}_c) \\ + \frac{a^2}{3\dot{Z}_N}(\dot{V}_a + a^2\dot{V}_b + a\dot{V}_c)$$

また (1.2) 式より

$$\dot{I}_e = i \frac{\dot{V}_c - \dot{V}_b}{X_e}$$

$$\text{ゆえに } \frac{\dot{V}_a - \dot{V}_c}{\dot{Z}_d} = \frac{\dot{V}_a + a\dot{V}_b + a^2\dot{V}_c}{3\dot{Z}_p} \cdot a \\ + \frac{\dot{V}_a + a^2\dot{V}_b + a\dot{V}_c}{3\dot{Z}_N} \cdot a^2 + i \frac{\dot{V}_c - \dot{V}_b}{X_e}$$

これに $\dot{V}_b = a^2\dot{V}_a$ の関係を代入して整理すると、

$$\dot{V}_c \left(\frac{1}{\dot{Z}_d} + i\frac{1}{X_e} + \frac{1}{3\dot{Z}_p} + \frac{1}{3\dot{Z}_N} \right) = \dot{V}_a \left(\frac{1}{\dot{Z}_d} + i\frac{a^2}{X_e} - \frac{2a}{3\dot{Z}_p} - \frac{a-1}{3\dot{Z}_N} \right) \\ \therefore \dot{V}_c = \frac{\left(1 + i\frac{a^2 \cdot \dot{Z}_d}{X_e} \right) - a \cdot \frac{\dot{Z}_d}{3} \left(\frac{2}{\dot{Z}_p} - \frac{1}{\dot{Z}_N} \right)}{\left(1 + i\frac{\dot{Z}_d}{X_e} \right) + \frac{\dot{Z}_d}{3} \left(\frac{1}{\dot{Z}_p} + \frac{1}{\dot{Z}_N} \right)} \cdot \dot{V}_a \quad \dots\dots\dots (1.7)$$

◎平衡 3 相電圧をうるためには、

$\dot{V}_r = a\dot{V}_a$ でなければならない。
したがって

$$\frac{\left(1 + ia^2 \frac{\dot{Z}_a}{X_e}\right) - a \frac{\dot{Z}_a}{3} \left(\frac{2}{\dot{Z}_p} - \frac{1}{\dot{Z}_N}\right)}{\left(1 + i \frac{\dot{Z}_a}{X_e}\right) + \frac{\dot{Z}_a}{3} \left(\frac{1}{\dot{Z}_p} + \frac{1}{\dot{Z}_N}\right)} = a \dots\dots (1.8)$$

これを計算すると

$$(1-a) - i(a-a^2) \frac{\dot{Z}_a}{X_e} - a \frac{\dot{Z}_a}{3} = 0$$

a, a^2 に (1.6) 式の関係代入して

$$\frac{3}{2} - i \frac{\sqrt{3}}{2} + \sqrt{3} \frac{\dot{Z}_a}{X_e} - \left(-\frac{1}{2} + i \frac{\sqrt{3}}{2}\right) \frac{\dot{Z}_a}{\dot{Z}_p} = 0$$

いま $\dot{Z}_p = Z_p (\cos \varphi + i \sin \varphi) \dots\dots (1.9)$

とし、上式より \dot{Z}_a を求めると、

$$\begin{aligned} \dot{Z}_a = & \frac{\left(\frac{3}{2} - \left\{ \frac{1}{Z_p} \left(-\frac{1}{2} \cos \varphi + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \varphi\right) - \frac{\sqrt{3}}{X_e} \right\} \right)}{i \frac{\sqrt{3}}{2}} \\ & \frac{\left(\frac{3}{2} - i \frac{\sqrt{3}}{2}\right)}{+ i \frac{1}{Z_p} \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \cos \varphi + \frac{1}{2} \sin \varphi\right)} = \frac{\left(\frac{3}{2} - i \frac{\sqrt{3}}{2}\right)}{A + iB} \end{aligned} \dots\dots (1.10)$$

ただし $A = \frac{1}{Z_p} \left(-\frac{1}{2} \cos \varphi + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \varphi\right) - \frac{\sqrt{3}}{X_e} \dots\dots (1.11)$ とおく。

$$B = \frac{1}{Z_p} \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \cos \varphi + \frac{1}{2} \sin \varphi\right)$$

$$\dot{Z}_a = \frac{\left(\frac{3}{2}A - \frac{\sqrt{3}}{2}B\right) - i\left(\frac{\sqrt{3}}{2}A + \frac{3}{2}B\right)}{A^2 + B^2} \dots\dots (1.10')$$

\dot{Z}_a が抵抗分を含まないためには

$$\frac{3}{2}A - \frac{\sqrt{3}}{2}B = 0 \dots\dots (1.12) \quad \text{であればよい。}$$

この条件に (1.11) 式の関係代入すると

$$\begin{aligned} \frac{3}{2} \frac{1}{Z_p} \left(-\frac{1}{2} \cos \varphi + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \varphi\right) - \frac{3\sqrt{3}}{2X_e} \\ = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{1}{Z_p} \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \cos \varphi + \frac{1}{2} \sin \varphi\right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore X_e = & \frac{\frac{3}{2}Z_p}{\left(\frac{1}{2} \sin \varphi - \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \varphi\right)} \\ = & \frac{\frac{3}{2}Z_p}{\sin(\varphi - 60^\circ)} = -\frac{\frac{3}{2}Z_p}{\cos(\varphi + 30^\circ)} \dots\dots (1.13) \end{aligned}$$

ゆえに X_e は $90^\circ \geq \varphi > 60^\circ$ の時は正の値をもち、最初に仮定したとおりキャパシティブ、リアクタンスでよいが、

$60^\circ > \varphi \geq 0$ の時は負の値をもつため、最初の仮定とは逆にインダクティブとならねばならぬ。

$\varphi = 60^\circ$ の時は X_e は無限大となり、B.C 間

にエレメントを使わないことになる。

つぎに (1.13), (1.12) 式を (1.10'), (1.11) 式に代入して \dot{Z}_a を求める。

$$\dot{Z}_a = -i \frac{\left(\frac{\sqrt{3}}{2}A + \frac{3}{2}B\right)}{A^2 + B^2}$$

$$\text{ところで } A = \frac{1}{\sqrt{3}Z_p} \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \cos \varphi + \frac{1}{2} \sin \varphi\right)$$

$$B = \frac{1}{Z_p} \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \cos \varphi + \frac{1}{2} \sin \varphi\right)$$

となり、

$$\begin{aligned} \dot{Z}_a = & -i \frac{\frac{3}{2}Z_p}{\left(\frac{\sqrt{3}}{2} \cos \varphi + \frac{1}{2} \sin \varphi\right)} \\ = & -i \frac{\frac{3}{2}Z_p}{\cos(\varphi - 30^\circ)} = -iX_a \dots\dots (1.14) \end{aligned}$$

ところで φ は通常 $90^\circ \geq \varphi \geq 0$ であり、 X_a はつねに正の値をもつから、つねにキャパシティブ、リアクタンスとなる。

◎ B.C 間にコンデンサ $-iX_e$ を用いぬ場合。

(1.13) 式で示したように X_e は条件によってインダクタンスを使わなければならないときがある。ところが実用上大容量のインダクタンスを使うことは不適當である。このようなときには、B.C 間にエレメントを挿入しないものとし、適切な \dot{Z}_a の値を求めてみよう。

すなわち上記の計算において $X_e = \infty$ とすれば

$$(1.11) \text{ 式の } A = \frac{1}{Z_p} \left(-\frac{1}{2} \cos \varphi + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \varphi\right)$$

$$B = \frac{1}{Z_p} \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \cos \varphi + \frac{1}{2} \sin \varphi\right) \quad \text{となり}$$

したがって (1.10') 式の \dot{Z}_a は

$$\dot{Z}_a = -\sqrt{3} \cos(\varphi + 30^\circ)Z_p - i\sqrt{3} \sin(\varphi + 30^\circ)Z_p \dots\dots (1.15) \quad \text{となる。}$$

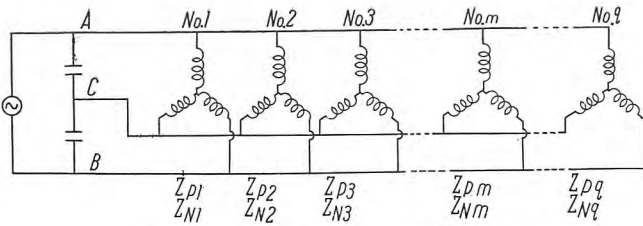
$60^\circ > \varphi \geq 0$ のときは \dot{Z}_a は負抵抗とキャパシティブ、リアクタンス。

$90^\circ \geq \varphi > 60^\circ$ のときは \dot{Z}_a は抵抗とキャパシティブ、リアクタンス。

$\varphi = 60^\circ$ のときは \dot{Z}_a はキャパシティブ、リアクタンスのみとなり、先述の結果と一致する。

◎ 相変換機に1台以上の負荷電動機を並列運転するとき、これまでの結果は相変換機のみ単独運転したものについてもとめたのであるが、この結果はたとえ負荷電動機が何台つらなつたとしてもつぎのように容易に使うことができる。

各負荷電動機の正相分インピーダンスを $\dot{Z}_{p1}, \dot{Z}_{p2}, \dots, \dot{Z}_{p,m}$ とし逆相分インピーダンスを $\dot{Z}_{N1}, \dot{Z}_{N2}, \dots, \dot{Z}_{N,m}$ とすれば、これらのインピーダンスがそれぞれ並列に加わつたとみて全体の等価正相分インピーダンス \dot{Z}_p 、等



6 図 A 型相変換機と電動機の並列運転
Fig. 6. Parallel operation of type A phase converter and motors.

価逆相分インピーダンス \dot{Z}_N を求めれば、そのまま上記の各式を使用することができる。6 図参照。

すなわち 等価正相分インピーダンス \dot{Z}_p は

$$\dot{Z}_p = \frac{1}{\frac{1}{\dot{Z}_{p1}} + \frac{1}{\dot{Z}_{p2}} + \dots + \frac{1}{\dot{Z}_{pm}} + \dots + \frac{1}{\dot{Z}_{pq}}} = \frac{1}{\sum_{m=1}^q \frac{1}{\dot{Z}_{pm}}} \quad (1.16)$$

等価逆相分インピーダンス \dot{Z}_N は

$$\dot{Z}_N = \frac{1}{\frac{1}{\dot{Z}_{N1}} + \frac{1}{\dot{Z}_{N2}} + \dots + \frac{1}{\dot{Z}_{Nm}} + \dots + \frac{1}{\dot{Z}_{Nq}}} = \frac{1}{\sum_{m=1}^q \frac{1}{\dot{Z}_{Nm}}} \quad (1.17)$$

つぎに (1.7) 式より \dot{V}_c を \dot{V}_a で表わし、 $\dot{V}_b = a^2 \dot{V}_a$ との関係 (1.3) 式に代入して \dot{V}_1 , \dot{V}_2 を求める。

$$\text{さらに (1.5) 式を利用して } \dot{I}_{1,m} = \frac{\dot{V}_1}{\dot{Z}_{p,m}}, \quad \dot{I}_{2,m} = \frac{\dot{V}_2}{\dot{Z}_{N,m}} \quad (1.18)$$

と各負荷電動機の正相分電流、逆相分電流をも容易に算出できる。

1. B 型方式

7 図のように a 相の電源回路が 1 線断線となり、単相運転を行うものとして計算する。開放された相を a 相にして計算を進める方が便利である。

$$\dot{I}_a = 0 \quad (2.1)$$

$$\dot{I}_b = -\dot{I}_c \quad (2.2)$$

いま a 相を基準にとると電流の対称分は

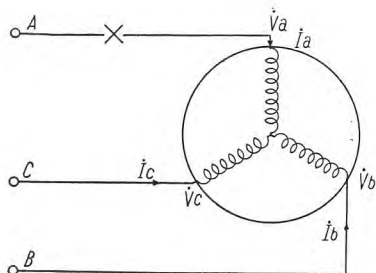
$$\dot{I}_1 = \frac{1}{3} (\dot{I}_a + a \dot{I}_b + a^2 \dot{I}_c) = \frac{a(1-a)}{3} \dot{I}_b$$

$$\dot{I}_2 = \frac{1}{3} (\dot{I}_a + a^2 \dot{I}_b + a \dot{I}_c) = \frac{a(a-1)}{3} \dot{I}_b \quad (2.3)$$

したがって $\dot{I}_1 = -\dot{I}_2 \dots (2.4)$ これは (2.1) からただちに求まる。一方電圧の対称分は

$$\dot{V}_1 = \frac{1}{3} (\dot{V}_a + a \dot{V}_b + a^2 \dot{V}_c)$$

$$\dot{V}_2 = \frac{1}{3} (\dot{V}_a + a^2 \dot{V}_b + a \dot{V}_c) \quad (2.5)$$



7 図 B 型相変換機
Fig. 7. Type B phase converter.

$$\dot{V}_1 - \dot{V}_2 = \frac{1}{3} (a - a^2) (\dot{V}_b - \dot{V}_c) = \frac{j}{\sqrt{3}} \dot{V}_{bc} \quad (2.6)$$

$$\text{また } \dot{V}_1 = \dot{Z}_p \dot{I}_1 \quad \dot{V}_2 = \dot{Z}_N \dot{I}_2 = -\dot{Z}_N \dot{I}_1 \quad (2.7)$$

(2.7) 式を (2.6) 式に代入して

$$\dot{I}_1 (\dot{Z}_p + \dot{Z}_N) = \dot{V}_1 - \dot{V}_2 = \frac{j}{\sqrt{3}} \dot{V}_{bc} \quad \text{この結果から}$$

◎電流対称分

$$\dot{I}_1 = \frac{j}{\sqrt{3}} \frac{\dot{V}_{bc}}{\dot{Z}_p + \dot{Z}_N} \quad (2.8)$$

$$\dot{I}_2 = -\frac{j}{\sqrt{3}} \frac{\dot{V}_{bc}}{\dot{Z}_p + \dot{Z}_N}$$

◎線電流

$$\begin{aligned} \dot{I}_b &= a^2 \dot{I}_1 + a \dot{I}_2 = \frac{j}{\sqrt{3}} \frac{\dot{V}_{bc}}{\dot{Z}_p + \dot{Z}_N} (a^2 - a) = \frac{\dot{V}_b}{\dot{Z}_p + \dot{Z}_N} \\ &= -\dot{I}_c \quad (2.9) \end{aligned}$$

◎電圧対称分

$$\dot{V}_1 = \frac{\dot{Z}_p}{\dot{Z}_p + \dot{Z}_N} \left(\frac{j}{\sqrt{3}} \dot{V}_{bc} \right) \quad (2.10)$$

$$\dot{V}_2 = -\frac{\dot{Z}_N}{\dot{Z}_p + \dot{Z}_N} \left(\frac{j}{\sqrt{3}} \dot{V}_{bc} \right)$$

◎各相電位

$$\dot{V}_a = \dot{V}_1 + \dot{V}_2 = \left(\frac{\dot{Z}_p - \dot{Z}_N}{\dot{Z}_p + \dot{Z}_N} \right) \left(\frac{j}{\sqrt{3}} \dot{V}_{bc} \right)$$

$$\begin{aligned} \dot{V}_b &= a^2 \dot{V}_1 + a \dot{V}_2 = \frac{-\frac{1}{2} (\dot{Z}_p - \dot{Z}_N) - j\frac{\sqrt{3}}{2} (\dot{Z}_p + \dot{Z}_N)}{\dot{Z}_p + \dot{Z}_N} \\ &= -\frac{1}{2} \dot{V}_a + \frac{\dot{V}_{bc}}{2} \quad (2.11) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{V}_c &= a \dot{V}_1 + a^2 \dot{V}_2 = \frac{-\frac{1}{2} (\dot{Z}_p - \dot{Z}_N) + j\frac{\sqrt{3}}{2} (\dot{Z}_p + \dot{Z}_N)}{\dot{Z}_p + \dot{Z}_N} \\ &= -\frac{1}{2} \dot{V}_a - \frac{\dot{V}_{bc}}{2} \end{aligned}$$

◎相間電圧

$$\dot{V}_{ab} = \dot{V}_a - \dot{V}_b = \frac{3}{2} \dot{V}_a - \frac{\dot{V}_{bc}}{2} \quad (2.12)$$

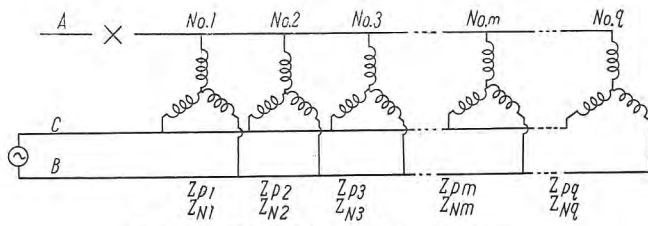
$$\dot{V}_{ca} = \dot{V}_c - \dot{V}_a = -\frac{3}{2} \dot{V}_a - \frac{\dot{V}_{bc}}{2}$$

◎相変換機に 1 台以上の負荷電動機を並列運転するとき

このときは A 型方式の項で述べたように、何台の電動機が運転されようともそれぞれの電動機の正相分インピーダンス、逆相分インピーダンスがそれぞれ並列につながったとして全体の等価インピーダンス \dot{Z}_p , \dot{Z}_N を求め、以上の各式に代入すれば所期のものを求めることができる。

つぎに個々の電動機または、相変換機の相電流を吟味する。8 図のように q 台の電動機を並列運転したときかりに No. 1 を相変換機と考える。

この系全体の正相分インピーダンス \dot{Z}_p は (1.16) と同じに表わされ、逆相分インピーダンス \dot{Z}_N は (1.17)



8 図 B 型相変換機と電動機の並列運転
Fig. 8. Parallel operation of type B phase converter and motors.

と同じに表わされる。

$$\dot{Z}_p = \frac{1}{\sum_{m=1}^q \frac{1}{\dot{Z}_{pm}}} \dots\dots (2.13) \quad \dot{Z}_N = \frac{1}{\sum_{m=1}^q \frac{1}{\dot{Z}_{Nm}}} \dots\dots (2.14)$$

$$\text{したがって正相分電圧 } \dot{V}_1 = \frac{\dot{Z}_p}{\dot{Z}_p + \dot{Z}_N} \left(\frac{i}{\sqrt{3}} \cdot \dot{V}_{bc} \right)$$

$$\text{逆相分電圧 } \dot{V}_2 = -\frac{\dot{Z}_N}{\dot{Z}_p + \dot{Z}_N} \left(\frac{i}{\sqrt{3}} \cdot \dot{V}_{bc} \right) \dots\dots (2.15) \text{ となる。}$$

任意の電動機 Nom. に流れる正相分電流は

$$\dot{I}_{1m} = \frac{\dot{V}_1}{\dot{Z}_{pm}} = \frac{1}{\dot{Z}_{pm}} \cdot \frac{\dot{Z}_p}{\dot{Z}_p + \dot{Z}_N} \left(\frac{i}{\sqrt{3}} \cdot \dot{V}_{bc} \right) \dots\dots (2.16)$$

逆相分電流は

$$\dot{I}_{2m} = \frac{\dot{V}_2}{\dot{Z}_{Nm}} = -\frac{1}{\dot{Z}_{Nm}} \cdot \frac{\dot{Z}_N}{\dot{Z}_p + \dot{Z}_N} \left(\frac{i}{\sqrt{3}} \cdot \dot{V}_{bc} \right) \dots\dots (2.17)$$

その電動機の a 相電流 (電源から弧立している相の電流) は

$$\begin{aligned} \dot{I}_{am} &= \dot{I}_{1m} + \dot{I}_{2m} = \left(\frac{\dot{Z}_p}{\dot{Z}_{pm}} - \frac{\dot{Z}_N}{\dot{Z}_{Nm}} \right) \cdot \frac{i}{\sqrt{3}} \cdot \dot{V}_{bc} \\ &= \left(\frac{\dot{Z}_p}{\dot{Z}_{pm}} - \frac{\dot{Z}_N}{\dot{Z}_{Nm}} \right) \cdot \dot{I} \dots\dots (2.18) \end{aligned}$$

そして当然 $\dot{I}_{a1} + \dot{I}_{a2} + \dot{I}_{a3} + \dots + \dot{I}_{am} + \dots + \dot{I}_{aq} = \sum_{m=1}^q \dot{I}_{am} = \dot{I}_a = 0$ となり各電動機、相変換機の a 相電流のベクトル和は零になる。各電動機、相変換機の a 相電流のベクトルは (2.18) 式からわかるように、それぞれの正相分インピーダンス \dot{Z}_{pm} 逆相分インピーダンス \dot{Z}_{Nm} と系全体の等価正相分インピーダンス \dot{Z}_p 逆相インピーダンス \dot{Z}_N との相互関係によってかわる。とくに a 相電流の位相によってその誘導機が電動機の状態にあるか、相変換機の状態にあるかを知ることができる。

$$\text{すなわち } \left(\frac{\dot{Z}_p}{\dot{Z}_{pm}} - \frac{\dot{Z}_N}{\dot{Z}_{Nm}} \right) = a + ib \text{ とおく。}$$

$b=0$ で $a>0$ ときは系全体の正相分電流 \dot{I}_1 と同一位相にあり

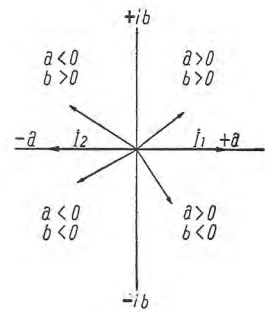
$b=0$, $a<0$ のときは系全体の逆相分電流 \dot{I}_2 と同一位相にある。

そして a, b の値によって 9 図のように位相がかわる。このうち $a<0$ では、電流の逆相分が正相分より多く相変換機的な働きをしていると考えられる。

つぎに $a=0, b=0$ では $\frac{\dot{Z}_p}{\dot{Z}_{pm}} = \frac{\dot{Z}_N}{\dot{Z}_{Nm}}$ となり、その電動機は単相運転する。

9 図 B 型相変換方式における各電動機の a 相電流のベクトルを示す

Fig. 9. Vector of a phase current of each motor at type B phase converter system.



4. 実験

2 HP 4 P, 1 HP 4 P のカゴ形 3 相誘導電動機を用いてつぎのような実験を行った。

(1) 各電動機について無負荷試験、拘束試験、1 次抵抗の測定を行い、電動機定数、各滑りに対する正相分インピーダンス、逆相分インピーダンスを算出する。

(2) 2 HP 4 P を相変換機として A 型方式で運転し、完全平衡 3 相を得るに必要なコンデンサの値を計算し、これを実測結果と比較する。

(3)(2) の A 型方式で運転した相変換機 (2 HP 4 P) に負荷電動機 (1 HP 4 P) を使い、その電動機にダイナモメータを直結して負荷状態を調整するとともに、滑りが加減できるようにする。10 図参照。

そして電動機 (1 HP 4 P) の各滑りに対して必要なコンデンサの値、線間電圧、線電流を計算し実測結果と対比する。

(4)(3) の実験を B 型方式についても同じく行う。

上記の実験はいずれも 200V・50 c/s の電源を使用する。

ア. 電動機定数の算出

無負荷試験の結果 電圧 $\dots E_0(V)$ 電流 $\dots I_0(A)$ 入力 $\dots W_0(W)$
拘束試験の結果 電圧 $\dots E_S(V)$ 電流 $\dots I_S(A)$ 入力 $\dots W_S(W)$
端子間 1 次抵抗 (Y 結線) 測定結果 $R_{(n)}$ 於 $t^\circ C$.
機械損測定結果 $W_F(W)$

とすると、

$$1 \text{ 次抵抗 (1 相) } r_1 = \frac{R}{2} (t^\circ C) \Omega \dots\dots r_1' (75^\circ C)$$

$$2 \text{ 次等価抵抗 (1 相) } r_2' = \frac{W_S}{3I_S^2} - r_1' \Omega.$$

1 次リアクタンス x_1 , 2 次等価リアクタンス x_2' (各 1 相)

$$x_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{E_S}{I_S \sqrt{3}} \right)^2 - (r_1' + r_2')^2} = x_2' \Omega.$$

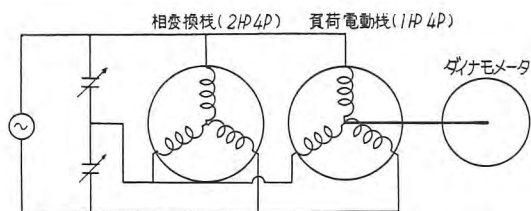
$$\text{鉄損 } W_i = W_0 - (3I_0^2 \cdot Y_1 + W_F) W.$$

$$\text{鉄損電流 } I_h = \frac{W_i}{\sqrt{3} \cdot E_0} A.$$

$$\text{誘起電圧 } E = \frac{E_0}{\sqrt{3}} - I_0 \cdot x_1 V.$$

$$\text{コンダクタンス } g_0 = \frac{I_h}{E} \Omega.$$

$$\text{サセプタンス } b_0 = \frac{I_0}{E} \Omega.$$



10 図 A 型相変換方式における実験の結線図
Fig. 10. Connection diagram for experiment at type A phase converter system.

つぎに、各滑りに対する正相分インピーダンス \dot{Z}_p 、逆相分インピーダンス \dot{Z}_N を 11 図の等価回路によってつぎのように求める。

$$\dot{Z}_p = (r_1 + ix_1) + \frac{1}{(g_0 - ib_0) + \frac{1}{\left(\frac{r_2'}{S} + ix_2'\right)}}$$

$$\dot{Z}_N = (r_1 + ix_1) + \frac{1}{(g_0 - ib_0) + \frac{1}{\left(\frac{1.5r_2'}{2-S} + ix_2'\right)}}$$

S: 滑り

逆相分インピーダンス \dot{Z}_N を出すときの 2 次等価抵抗は r_2' を 1.5 倍する。

さて電動機定数を算定した結果は下記のようになった。

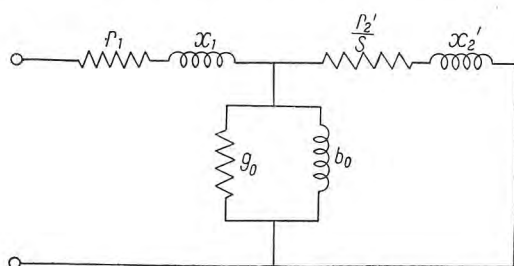
(1) 1 HP 4 P	(2) 2 HP 4 P
$r_1 = 2.05\Omega$ (15°C)	$r_1 = 0.8\Omega$ (20°C)
$= 2.54\Omega$ (75°C)	$= 0.97\Omega$ (75°C)
$r_2' = 2.2\Omega$	$r_2' = 1.16\Omega$
$x_1 = x_2' = 2.4\Omega$	$x_1 = x_2' = 1.37\Omega$
$g_0 = 0.00161\text{U}$	$g_0 = 0.00227\text{U}$
$b_0 = 0.0137\text{U}$	$b_0 = 0.02\text{U}$

なお各滑りに対する正相分インピーダンス、逆相分インピーダンスを求めた結果は以下の表に列記する。

イ. A 型方式において平衡 3 相を得る条件

2 HP 4 P を相変換機として単独運転を行った場合、平衡 3 相を得るにはどのようなインピーダンスを線間に使うべきか、各負荷状態について計算を行った。結果は 1 表、12 図に示す。相変換機の負荷状態は滑りをもって表わしている。

以上の結果をみると滑り 0~1% 位までは A.C, B.C 間共にコンデンサでよいがそれ以上の滑りでは B.C 間は



11 図 3 相誘導電動機の等価回路
Fig. 11. Equivalent circuit of three phase induction motor.

インダクタンスにならねばならぬ。

●実測結果

相変換機 (2 HP 4 P) を無負荷の状態にして完全平衡 3 相をうるコンデンサの値を実験で求めた。コンデンサは可変のものでないので希望値をそのまま得ることができないが、極力それに近いものを選ぶようにした。

使用コンデンサ	$Z_a: 30.2\mu\text{F}$	$Z_b: 12.5\mu\text{F}$	
端子電圧	$V_{ab}: 201\text{V}$	$V_{bc}: 201\text{V}$	$V_{ca}: 202\text{V}$
線電流	$I=1.52\text{A}$		

以上のようにほぼ平衡 3 相を得ることができた。

計算上の必要なコンデンサおよび線電流は、無負荷時の滑りを 0.00 にするよりも 0.002 とした方が実験結果とよく一致した。

滑り 0.00 のとき	$\dot{Z}_p = 5.75 + i50.87 \cdots 51 \angle 81^\circ 40' \Omega$
	$Z_a: 25.3\mu\text{F} \qquad Z_b: 15.3\mu\text{F}$
	$I = 1.36\text{A}$
滑り 0.002 のとき	$\dot{Z}_p = 10.42 + i49.47 \cdots 50.4 \angle 78^\circ$
	$Z_a: 28.5\mu\text{F} \qquad Z_b: 13.0\mu\text{F}$
	$I = 1.55\text{A}$

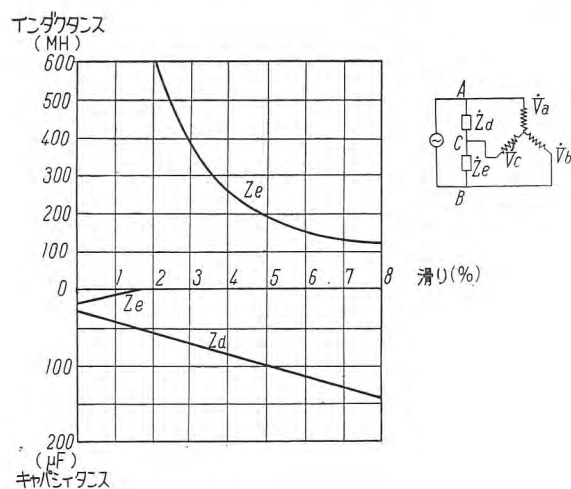
ウ. A 型方式における実験

相変換機 (2 HP 4 P) を無負荷で運転し、負荷電動機 (1 HP 4 P) に 3 相を供給する。負荷電動機をダイナモメータに直結し、その滑りを調整して線電流、端子電圧、必要なコンデンサを求める。ただし平衡 3 相をうるにはインダクタンスを必要とする条件があるが、このときにはインダクタンスを使わず 1 個のコンデンサのみで、できるだけ平衡 3 相に近づける。10 図参照。

以上の結果を計算値と実測値について比較検討する。

なお実測の場合は、手持コンデンサの都合上要求する値がそのままえられないことがあるが、そのときは近似値をもつもので代用した。

2 表は必要なリアクタンスを計算より求めた結果を示



12 図 A 型相変換機における平衡条件
(滑り対線間インピーダンス曲線)
Fig. 12. Balanced condition at type A phase converter.
(Terminal impedance V.S. slip curve)

1 表 2HP 4P を相変換機とした場合、完全平衡 3 相を得る線間インピーダンス (計算例)

滑り	正相分インピーダンス (\dot{Z}_p)		逆相分インピーダンス (\dot{Z}_n)	線間 BC のインピーダンス (\dot{Z}_e)		線間 AC のインピーダンス (\dot{Z}_a)	
0.00	5.75 + j50.87	51.0 \angle 81°40'	1.5 + j3.65	-j207	15.3 μ F	-j123.5	25.3 μ F
0.005	15.6 + j46.37	48.8 \angle 71°20'	1.5 + j3.65	-j373	8.5 μ F	-j 97.5	32.7 μ F
0.01	21.8 + j39.87	45.4 \angle 61°20'	1.5 + j3.65	-j2920	1.1 μ F	-j 80.0	39.8 μ F
0.02	25.3 + j27.07	36.9 \angle 43°00'	1.5 + j3.65	j190	605 mH	-j 55.0	58.0 μ F
0.03	23.6 + j18.37	29.9 \angle 39°00'	1.5 + j3.65	j125	398 mH	-j 45.4	70.0 μ F
0.04	20.8 + j13.00	24.5 \angle 32°00'	1.5 + j3.65	j78.4	249 mH	-j 36.8	86.5 μ F
0.05	18.6 + j10.20	21.2 \angle 29°00'	1.5 + j3.65	j61.8	197 mH	-j 31.8	100 μ F
0.06	16.5 + j8.32	18.5 \angle 26°50'	1.5 + j3.65	j50.7	161 mH	-j 27.7	115 μ F
0.07	14.6 + j6.90	16.2 \angle 25°20'	1.5 + j3.65	j42.7	136 mH	-j 24.4	130 μ F
0.08	13.2 + j6.10	14.6 \angle 24°10'	1.5 + j3.65	j37.8	120 mH	-j 21.9	145 μ F
1.00	1.91 + j2.73	3.34 \angle 15°20'	1.91 + j2.73	j61.6	197 mH	-j 5.65	572 μ F

し、3 表はそのリアクタンスを使ったときの線間電圧、線電流、コンデンサ電流、力率を算出した結果を示している。

4 表は実測結果を示すもので 3 表と対比せられたい。13 図は上記の結果を図示したものである。

つぎにこの方式において、コンデンサの値を調整せず負荷電動機の滑りをかえた場合を検討する。

相変換機 (2 HP 4P) は無負荷運転し、負荷電動機 (1 HP 4P) が起動するときの状態では整合したコンデンサ容量 $Z_a = 325 \mu\text{F}$ をそのままにして、電動機を無負荷運転したとき、激しい振動と騒音が発生し運転にさしつかえる程であった。

そこで相変換機 (2 HP 4P) が無負荷運転、負荷電動機 (1 HP 4P) が滑り 0.05 で運転し、しかもコンデンサの容量は負荷電動機の滑り 1 で整合した $Z_a = 327 \mu\text{F}$ がそのまま使われたときの不平衡状態を調べてみる。

(1.7) 式の

$$\dot{V}_c = \frac{\left(1 + i \frac{a^2 \dot{Z}_a}{X_e}\right) - a \cdot \frac{\dot{Z}_a}{3} \left(\frac{2}{\dot{Z}_p} - \frac{1}{\dot{Z}_n}\right)}{\left(1 + i \frac{\dot{Z}_a}{X_e}\right) + \frac{\dot{Z}_a}{3} \left(\frac{1}{\dot{Z}_p} + \frac{1}{\dot{Z}_n}\right)} \cdot \dot{V}_a \quad \text{に}$$

$\dot{Z}_a = -j9.7 \quad X_e = \infty \quad \dot{Z}_p = 14.15 + j18.75 \quad \dot{Z}_n = 1.14 + j2.1$ を代入する

$$\dot{V}_c = (0.15 - j2.5) \dot{V}_a \quad V_{ca} = \dot{V}_c - \dot{V}_a = (-0.85 - j2.5)$$

$$\dot{V}_a = 305(\text{V})$$

$$V_{bc} = \dot{V}_b - \dot{V}_c = (-0.65 + j1.634)$$

$$\dot{V}_a = 203(\text{V})$$

ベクトル図を示すと 14 図のようになり甚しい不平衡 3 相を示す。

エ. B 型方式における実験

相変換機 (2 HP 4P) を無負荷運転し、負荷電動機にはダイナモメータを直結しその滑りが調整できるようにして B 型方式で実験する。5 表は前述の算式による計算結果であり、6 表は実測結果である。15 図は上記の結

2 表 A 型方式において平衡 3 相を得る線間インピーダンス (計算例)

相変換機 (2HP 4P) はつねに無負荷、電動機 (1HP 4P) は負荷を変える。

負荷電動機 (1HP 4P) の滑り	系全体の正相分インピーダンス (\dot{Z}_p)		系全体の逆相分インピーダンス (\dot{Z}_n)	線間 BC のインピーダンス (\dot{Z}_e)	線間 AC のインピーダンス (\dot{Z}_a) (右側は \dot{Z}_e がインピーダンスのとき \dot{Z}_a のみを用いた場合)	
0.00	5.43 + j29.8	30.3 \angle 79°40'	1.14 + j2.10	23.6 μ F	45.6 μ F	—
0.005	7.16 + j29.0	29.9 \angle 76°10'	1.14 + j2.10	19.8 μ F	49.2 μ F	—
0.01	8.75 + j28.0	29.4 \angle 72°40'	1.14 + j2.10	15.9 μ F	53.1 μ F	—
0.02	11.2 + j25.6	27.9 \angle 66°10'	1.14 + j2.10	8.2 μ F	61.3 μ F	—
0.03	13.0 + j23.3	26.5 \angle 60°50'	1.14 + j2.10	1.2 μ F	68.7 μ F	—
0.04	13.9 + j20.9	25.1 \angle 56°10'	1.14 + j2.10	1,800 mH	76.0 μ F	73.5 μ F
0.05	14.2 + j18.8	23.5 \angle 53°00'	1.14 + j2.10	923 mH	83.2 μ F	79.0 μ F
0.06	14.4 + j16.7	21.9 \angle 49°20'	1.14 + j2.10	566 mH	91.6 μ F	85.5 μ F
1.00	3.43 + j 4.5	5.65 \angle 52°40'	1.20 + j2.09	212 mH	344 μ F	327 μ F

3 表 A 型方式における計算例

相変換機 (2HP 4P) は無負荷、電動機 (1HP 4P) の負荷を変える。

負荷電動機 (1HP 4P) の滑り	線間 BC のコンデンサ $Z_e (\mu\text{F})$	線間 AC のコンデンサ $Z_a (\mu\text{F})$	線間 AB の電圧 $V_{ab} (\text{V})$	線間 BC の電圧 $V_{bc} (\text{V})$	線間 CA の電圧 $V_{ca} (\text{V})$	コンデンサ Z_a の電流 $I_a (\text{A})$	線電流 $I (\text{A})$	力率 P.F. (%)
0.00	24	46	200	200	200	2.89	2.47	85.6
0.005	20	49	200	200	200	3.08	2.71	91.7
0.01	16	53	200	200	200	3.33	2.97	95.6
0.02	8	61	200	200	200	3.83	3.61	99.2
0.03	1	69	200	200	200	4.33	4.27	100
0.04	—	74	200	201	199	4.63	4.73	99.6
0.05	—	80	200	204	199	5.00	5.39	98.3
0.06	—	86	200	205	198	5.36	6.30	96.5
1.00	—	327	200	215	183	18.8	22.9	99.7

果を図示したものである。

なお電動機の各滑りにたいする線電流、力率を A 型方式と B 型方式で比較し、16 図で示した。数値は実測値で示している。

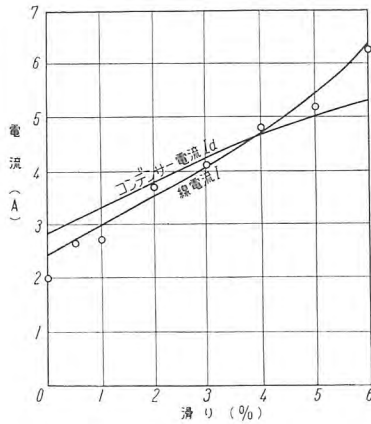
5. むすび

以上のように計算より求めた結果は実測結果とよく一致し 3 節で求めた各算式は実用上充分満足できるものであることが明らかになった。

最後に両方式について検討を加えてみる。

4 表 A 型方式における実測結果. 3 表と対比すべきもの.

負荷電動機 (1HP4P) 滑り	線間BCの コンデンサ $Z_b(\mu F)$	線間ACの コンデンサ $Z_a(\mu F)$	線間ABの 電圧 $V_{ab}(V)$	線間BCの 電圧 $V_{bc}(V)$	線間CAの 電圧 $V_{ca}(V)$	負荷電動機 (1HP4P) の相電流			線電流 $I(A)$
						$i_a(A)$	$i_b(A)$	$i_c(A)$	
0.00	25.8	47.6	200	204	204	1.52	1.30	1.65	1.97
0.005	25.8	47.6	200	203	199	1.45	1.72	1.77	2.60
0.01	17.0	73.0	200	208	206	1.58	1.72	1.48	2.64
0.02	5.0	67.0	199	200	200	2.12	2.11	2.20	3.82
0.03	—	67.0	199	199	200	2.30	2.17	2.25	4.18
0.04	—	78.0	200	203	201	2.58	2.85	2.91	4.87
0.05	—	83.0	200	205	201	2.71	3.07	3.11	5.10
0.06	—	89.0	199	205	198	3.28	3.95	3.63	6.22
1.00	—	325	196	215	181	14.4	16.8	15.9	22.8



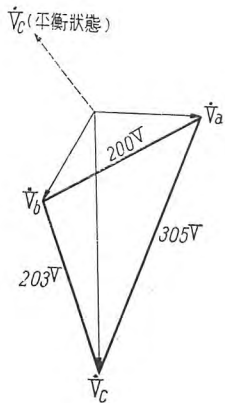
13 図 A 型相変換方式における計算例 (滑り対線電流コンデンサ電流曲線)

○印は実測値
Fig. 13. Calculated example at type A phase converter line current, condenser current V. S. slip curve.
○: measured value.

5 表 B 型方式における計算例

相変換機 (2HP4P) は無負荷. 電動機 (1HP4P) は負荷を変える.

負荷電動機 (1HP4P) の 滑り	A 相電流 $i_a(A)$	線間 AB の 電圧 $V_{ab}(V)$	線間 BC の 電圧 $V_{bc}(V)$	線間 CA の 電圧 $V_{ca}(V)$	線電流 $I(A)$	力率 pF(%)
0.00	0.28	182	200	176	6.10	18.5
0.005	0.13	181	200	176	6.22	25.9
0.01	0.08	181	200	176	6.33	31.2
0.02	0.40	179	200	176	6.60	40.9
0.03	0.53	177	200	176	6.90	48.7
0.04	0.89	174	200	176	7.28	55.0
0.05	1.01	171	200	176	7.74	59.0
0.06	1.25	169	200	176	8.22	63.6
1.00	7.20	115	200	139	24.8	57.4



14 図 A 型相変換方式において整合しないコンデンサを使用したときの不平衡電圧

Fig. 14. Example of unbalanced voltage due to mis-matched condenser at type A phase converter system.

6 表 B 型方式における実測結果. 5 表と対比すべきもの.

負荷電動機 (1HP4P) の 滑り	線間 AB の 電圧 $V_{ab}(V)$	線間 BC の 電圧 $V_{bc}(V)$	線間 CA の 電圧 $V_{ca}(V)$	電動機 (1HP4P) の相電流			線電流 $I(A)$
				$i_a(A)$	$i_b(A)$	$i_c(A)$	
0.00	186	200	180	0.20	2.20	2.25	6.04
0.005	183	200	180	0.32	2.42	2.31	6.20
0.01	182	200	180	0.42	2.60	2.41	6.32
0.02	179	199	180	0.75	3.03	2.71	6.70
0.03	178	199	179	0.90	3.31	2.90	6.96
0.04	175	200	179	1.15	3.71	3.28	7.36
0.05	174	199	179	1.35	4.05	3.61	7.72
0.06	172	200	178	1.52	4.30	3.88	8.04
1.00	117	199	141	7.50	13.8	15.0	23.5

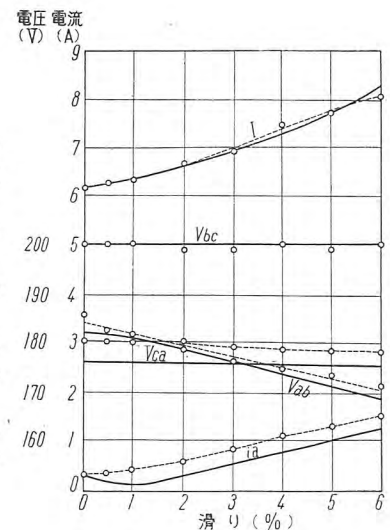
(1) 単相電源から完全平衡3相を得ることは線間にインピーダンスを使う A 型方式ではできるが, B 型方式ではできない.

しかし実際には A 型方式においても使えるインピーダンスはコンデンサのリアクタンスにかぎられているから, この方式においてもある程度の不平衡は避けられない.

(2) A 型方式で線間に使うコンデンサの値は相変換機および負荷電動機の正相分インピーダンスによってかわる. したがって並列運転する電動機の数, 負荷状態によってつぎつぎにコンデンサの値をかえねばならぬ.

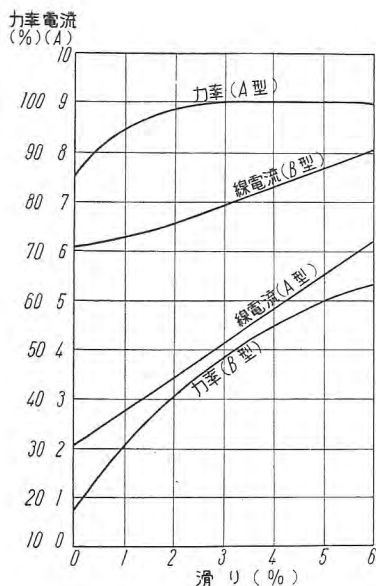
たとえばある電動機の起動時に調整されたコンデンサの容量をそのまま運転時に使うと, 甚しい不平衡がおきて相変換機や電動機の運転中激しい振動と騒音をあたえることがある.

また必要なコンデンサの容量は負荷電動機の馬力数, 台数の増加とともに増すものである. したがってコンデンサに流れる電流を増し kVA の大きいものを要求する



15 図 B 型相変換方式における計算値と実測値
○印および点線は実測値

Fig. 15. Calculated values and measured values at type B phase converter system.
○: measured values are shown by point and broken line.



16 図 A 型相変換方式と B 型相変換方式との比較 (滑り対線電流率曲線)

Fig. 16. Comparison type A phase converter system with type B at line current, power factor V. S. slip curve.

ことになる。

(3) A 型方式における相変換機と電動機の区別を考慮してみる。この方式では系全体からみてとくに相変換機の役目をするものではなく、各電動機がそれぞれ電動機であり、相変換機でもあるといった役目をしている。

しかしながら必要なコンデンサの値は各電動機の正相分インピーダンス $Z_{p1}, Z_{p2}, \dots, Z_{pnm}$ が並列につながれたものとしてその等価正相分インピーダンス Z_p によってきまるのであるから、 $Z_{p1}, Z_{p2}, \dots, Z_{pnm}$ のうちとくに小さな値をもつものがあれば等価正相分インピーダンス Z_p はそれに大きく支配される。そこでとくに小さな正相分インピーダンスをもつもの、すなわち大容量の電動機がとくに相変換機であると考えてもよい。そしてこの相変換機にコンデンサの容量を整合しておくならばほかの電動機負荷の変動に対して甚しくコンデンサの容量を変化させることもなく、系全体が安定してくるのは当然である。

(4) 上記のことを B 型方式について考えると、逆相分インピーダンスの小さい電動機が犠牲となって逆相分電流を吸収し、ほかの電動機逆相分電流があまり流れない

ような働きをする。この働きを強くもたせたのが相変換機である。したがって相変換機では電流の逆相分が正相分より多いため、それ自身に大きな負荷をかけることはできない。これを不平衡率の点から見ても

$$\text{不平衡率 } \eta = \frac{|V_2|}{|V_1|} = \frac{|Z_N|}{|Z_p|} = \frac{Z_N}{Z_p} \quad (3 \text{ 節}(2.10) \text{ 式より})$$

で表わされるから $Z_N \ll Z_p$ すなわちなるべく無負荷に近い状態しておくのが望ましい。

並列運転された個々の電動機については、3 節イ項でのべたように、条件によって逆相分電流を多く吸収し相変換機的な働きをすることがある。したがって先述の条件をもとにして各電動機の負荷の選定に充分気をつけなければならない。

(5) 突然電源回路が開放され相変換機が完全に停止した後ふたたび電源が入った場合を考えて見よう。B 型方式では相変換機、電動機が完全に単相運転になり、他から回転力を得なければふたたび起動することができないのは明らかである。A 型方式では運転中に挿入されたコンデンサによって一見自己起動ができるようであるが、コンデンサの値は運転時と起動時で甚しくちがうため、ふたたびコンデンサの値を起動時のものに調整できるようにしなければ起動は困難である。本実験の 2 HP 4 P を相変換機にし、1 HP 4 P を電動機にしてともに無荷荷の状態にした場合は、起動不能であった。

(6) 線電流は A 型方式の方がはるかに少い。これは計算例で示したように、この方式では力率がきわめて良好であるためである。これと反対に B 型方式は力率が非常に悪く、線電流もより多い。

以上の結果を総合すれば、A 型方式、B 型方式ともに一長一短が見られるが、コンデンサの選定と調整を誤らないかぎりにおいて、A 型方式の方が B 型方式に比し長所を多分にもっていると思う。

参考文献

- (1) 対称座標法解説 別宮氏
- (2) 誘導機交流整流子機 電学会編
- (3) 不平衡誘導機の計算 オーム 運見氏

ニエス フラッシュ

2 ウェイスピーカ付ラジオ発売

HF-73 型

高音用 2 in と低音用 8 in の2つのスピーカが 40 c/s から 15,000 c/s までの音域を再生するので、従来のラジオで聞えなかった歌手の呼吸音など実況雰囲気の手にとるように味わえる。

(1) LP, SP とともに演奏可能

LP と SP の切換スイッチと補償回路がついており、いずれのレコードでも最適の性能で演奏でき Hi-Fi が楽しめる。

(2) 5 つの音色

5 段階に音色が切換できるから、それぞれのプログラムによって好みの音調に切換えて実感のこもった音色が得られる。

(3) DX と Hi-Fi の切換可能

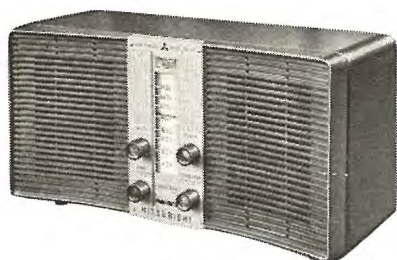
DX (遠距離受信) と Hi-Fi (高忠実度) の切換受信が可能で、DX の時はとくに分離と感度がよくなる。

(4) 雑音の少ない特殊回路の採用

高忠実度ラジオは外部雑音が入り易いので特殊なアンテナコイルを用いて軽減を計っている。

(5) 音質を本位としたデザイン

音響特性を充分考慮して設計されたシネマスコープ型のキャビネットはオールプラスチックパネルで和洋室いずれにも調和する。



HF-73 型ラジオ

14 in テレビ 8 万円台で市販

667T-14 型

新型 667T-14 型はプラスチック技術の粋を集めて完成した豪華なキャビネットで、わが国では初めてのものである。

主なる特長

(1) 維持費を 20% 節約できる回路設計

故障が起らず維持費の安いテレビの研究に力を注いでいたが卓越した回路設計と複合管と寿命の長いセレン整流器を採用して 16 球 (B 管を含む) にまとめることに成功した。

球数は少ないがその性能は二十数球のテレビに匹敵し、しかも維持費が安く故障が少いことを確認した。

(2) 自動焦点式

使用中に電源電圧が変っても焦点を合わせる必要がない。

(3) 美しい画面と安定した映像

1 万人の生理実験から得られた独特のビデオ特性を誇る画面は世界的水準を行くものである。また特殊な同期信号、分離回路やパルス幅 AFC によって同期が外れない。

(4) 新型スライドチューナの採用

当社最新型のスライドチューナ付で感度は自信をもって推奨できる。

(5) 新型デフレクションヨークの採用

わが国で始めて量産化に成功した菊型コアーによるデフレクションヨークがついているので、歪のない画像を得ることができた。

(6) ゲーテッドビーム管 6BN6 の採用

これもわが国で始めて作れるようになった FM 検波管 6BN6 (真空管 3 本分の働きを 1 本で行う) を採用しているの、バス音が少なく Hi-Fi の美しい再生音が楽しめる。

本機の定格

電源 50/60 c/s, 85~110 V

消費電力 150 W

ブラウン管 14HP4

真空管 ブラウン管込 16 球

スピーカ ダイアトーン P-67 型, 6.5 in パーマ

AFC (自動周波数制御装置) 付

AGC (自動利得制御装置) 付

映像中間周波数 27 Mc

音声中間周波数 22.5 Mc

帯域幅 3.5 Mc

キャビネット 幅 460 mm, 奥行 473 mm, 高さ 436 mm

重量 30 kg



667T-14 型テレビ

八幡製鉄 160 in 厚板圧延用

10,000 HP イルグナ式電気設備一括受注す

今回受注したものは 38 in・60 in×160 in 4 重逆転式厚板圧延機 (Four-High Reversig Plate Mill) 用 10,000 HP イルグナ式電気設備であり、プレートミルは主圧延機より約 10 m も後方に設けられた特殊なもので、運転も一般のプレートミルとこの点が多少異っている。また 4 段ロールのうち上下の主ロールを別個の 5,000 HP 直流電動機で直接駆動する方式で、通称は双子型駆動 (Twin Drive) 方式といわれている。

主なる技術的特長

(1) 2 台の主圧延電動機は上下ロールを別個の電動機で駆動するから、上下ロールの間隔によって電動機フレームの外径寸法が制限される。

(2) 直接ロールを駆動するから圧延時電動機に大きいスラストを受けるため特別な装置を付してある。

(3) 主圧延電動機・発電機は特性の優秀さのみならず経済的な面からも神戸製鋼 3,500 kW と同様、成層構造のものが採用されている。

(4) 上下ロールを別個の電動機で運転するので両電動機の負荷平衡にはとくに注意を要するし、また上下ロールの直径の違いに対しても、充分平衡運転が行えるよう完全な負荷平衡方式を採用した。

(5) 今回のものは約 10 m 離れてエッジャー電動機があるが、圧延中に材料が主圧延機と共にエッジャーロールにまたがって運転する場合があるので両者の連動運転に対して考慮しなければならない。

(6) 主圧延電動機付属の圧下用・前後面テーブル・フィードローラ・アプローチテーブル等主要補助電動機類は、全部ワードレオナード制御方式が採用されている。

主要電気設備の仕様

1. 圧延電動機

a. 主圧延電動機

5,000 HP×2, 0~40 回転 (毎分) (電圧制御)

40~80 回転 (毎分) (界磁制御)

b. エッジャー用圧延電動機

1,500 HP×1, 0~150 回転 (毎分) (電圧制御)

150~450 回転 (毎分) (界磁制御)

2. イルグナ変流装置

a. 直流発電機 2,250 kW×4

b. エッジャー用直流発電機, 1,250 kW×1

c. 主誘導電動機 9,000 HP×1, 514 回転 (毎分)

d. 蓄勢輪 1 台約 225,000 HPS

このほか 220 V の定電圧直流電動機, 小は 5 HP から大は 200 HP まで約 120 台, 交流誘導電動機約 50 台とこれらの制御装置一切を含むもので総馬力は下記のとおりである。

a. 主圧延のエッジャーロール電動機 約 11,500 HP

b. 補助モータ類 約 10,000 HP

c. 電源の発電機類 約 23,000 HP

この種設備は全世界を通じて W 社製グレートレーキ向 12,000 HP・ジョンズ・ラフリン向 10,000 HP・GE 製フェアレズ向 12,000 HP のほか, 他には 1, 2 の例を数えるのみという全く文字どおりの記録的電気設備で, 来年 8 月完成の暁は本邦最大はもちろん東洋一の記録品となりその意義は極めて大きいものである。

MA-ZN アンモニア冷凍圧縮機

冷凍能力 200 t 以下の漁船用または陸用貯水, 冷蔵, 商業用冷凍機として従来 2 気筒程度の小型のものが要望されていたが今般ようやく完成を見た。

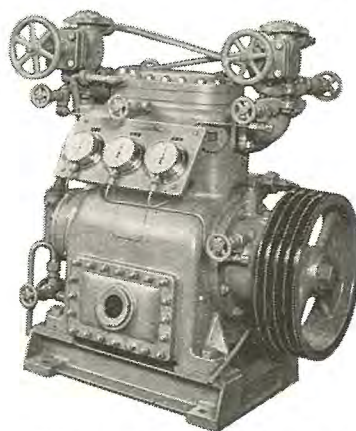
写真はその外観を示し, 回転数 600 rpm~1,200 rpm の範囲で V ベルトまたは電動機直結駆動である。

なおピストン, シリンダ, 連接棒, 吸込弁, 吐出弁組立品, および軸封装置部は従来の MA 型 4, 6, 8 気筒のものと互換性を有し, 容量制御, 起動時のアンロードは十字弁による。

仕様は下記のとおり

MA-ZN 型冷凍機標準仕様

1. 型式 MA-ZN	8. 蒸発温度 -15°C
2. 気筒数 2	9. 凝縮温度 30°C
3. 気筒径 115 mm	10. 冷凍能力 13.35 RT
4. 行程 90 mm	11. 軸馬力 20.7 HP
5. ピストン押のけ量 $1.865\text{ m}^3/\text{min}$	12. 吸込管 2 in
6. 回転数 1,000 rpm	13. 吐出管 $1\frac{1}{2}$ in
7. 冷媒 NH_3	14. 重量 630 kg



MA-ZN アンモニア冷凍圧縮機

関西電力姫路発電所 2 号機受注

さきに好調裡に官庁試験を終えた 1 号機に引続きこの度 2 号機を受注し当社長崎製作所において鋭意製作中である。

発電機定格は 1 号機と同様の AIEE Standard 機であるが、タービンは常時 75,000 kW であるから、2 号機の発電機は常時 30 psig で運転することになる。また、本機は相間離隔母線が採用されたためにブッシング部は 1 号機と異なるものとなる。

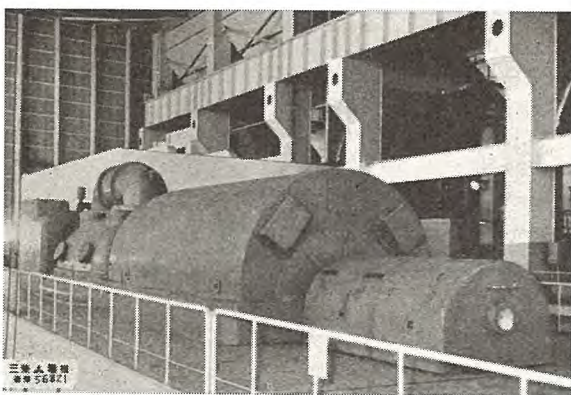
1 号機においては軸材および珪素鋼板は米国輸入品を使用したが今回は国産品であり完成は 31 年末の予定である。

なお 1 号機の官庁試験は去る 9 月 66,000 kW 85% PF, 15 psig で行われ、試験成績はつぎのとおりであった。

固定子コイル温度上昇 46°C

回転子コイル温度上昇 58°C

水素漏洩量 (配管を含み) 1.3 m³/day



関西電力姫路発電所 1 号機

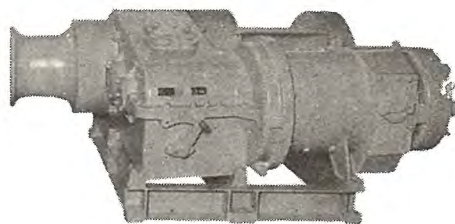
HSB 型直流電動揚貨機完成

このたび運輸省の補助金を得て歯車 2 段切替式 3t 30 m 直流電動揚貨機を完成し去る 10 月 10 日公開運転を行った。

輸入品を抑制するために重量の軽減、価格の低減をねらったもので従来型に比し約 1,000 kg の重量軽減になっている。

機械部分は主として鋼板製とし形状複雑なギヤーケース等は鋳物を併用している。

減速装置はヘリカルおよびスパーギヤーによる 3 段減速で第 2 段目減速歯車で高低速の切替を行うようにしたため電動機軸方向の寸法を短縮することができた。また減速装置の全効率も 92.5% という高い結果が得られた。



HSB 型 直 流 電 動 揚 貨 機

主巻胴定格 { 荷重 低速側 3 t, 高速側 1.5 t
速度 // 30 m/min // 60 m/min

副巻胴定格荷重 2 t, 巻胴直径 340 mm

電動機出力 25 HP, 電圧 220 V, 電流 102 A

定格回転数 750 rpm

制御方式 遠隔制動巻下制御

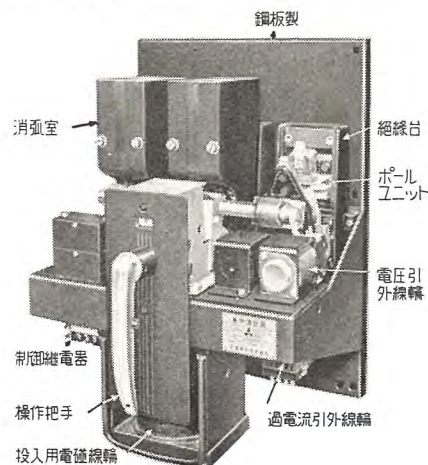
重 量 2988 kg

三菱 DB 型気中遮断器

型造絶縁物の長所を活用した絶縁台に独特のコンタクト配列をコンパクトに納めたポールユニットは取扱いと点検・調整が容易で各ポールユニットは鋼板に取付けられ多極遮断器を形成する引外自由機構と手動操作把手および下記装置を取付けることができ装備場所に制限ある船舶用には最適である。

- (イ) 投入用電磁線輪
- (ロ) 制御継電器
- (ハ) 補助開閉器
- (ニ) 電圧引外装置
- (ホ) 不足電圧引外装置
- (ヘ) 時遅選択過電流引外装置

	(DB-25)	(DB-50)
定格電圧 A-C	600 V	600 V
D-C	250 V	250 V
フレームサイズ	600 A	600 A
標準定格電流	40-600 A	100-1,600 A
定格遮断電流	25,000 A	50,000 A



DB 型気中遮断器

特 許 紹 介

最近登録された当社の特許および実用新案

区 別	名 称	特許又は 登 録 日	特許又は 登 録 番 号	発明考案者	所 属
特 許	真空管製造方法	30-8- 6	215247	大 野 才 三 八 十 田 尚 治	研究所
〃	選択式積算量遠隔計測方式	30-8- 6	215270	尾 畑 喜 行	神 戸
〃	密閉型金属管水銀整流器の真空器槽	30-8-15	215478	竹 内 宏 一	研究所
〃	弁型避雷器円盤素体	30-8-15	215479	佐 藤 五 郎 陰 山 長 三 郎	〃
〃	弁型避雷器円盤素体	30-8-15	215480	〃	〃
新 案	アイロン	30-7-30	431721	横 井 繁	名古屋
〃	軸貫通部油止装置	30-7-30	431723	久 保 昇	長 崎
〃	磁石発電機	30-7-30	431724	品 川 朝 一 木 村 浩 二	姫 路
〃	アイロン把手取付装置	30-7-30	431722	横 井 繁	名古屋
〃	電磁制動機の制動子摩擦板調整装置	30-8- 6	432056	神 浦 秀 太 郎 山 下 保 徳	長 崎
〃	トリマーコンデンサ	30-8- 6	432057	植 竹 勝 人	伊 丹
〃	積算計器付需要電力計の目盛板取付装置	30-8- 6	432058	加 藤 義 明	福 山
〃	蛍光燈ソケット	30-8- 6	432060	船 田 淳 三	大 船
〃	電線接続端子	30-8- 6	432059	長 島 四 郎	伊 丹
〃	挿入プラグ	30-8- 6	432061	増 谷 良 久	名古屋
〃	回転増幅装置	30-8- 6	432062	片 岡 高 示	神 戸
〃	自動階段の踏段照明装置	30-8-25	432699	外 野 範 吾	名古屋
〃	現字形計量装置最低位目盛文字車	30-8-25	432700	山 県 穆	福 山
〃	超音波探傷器の探傷子	30-8-25	432701	平 田 利 卯	長 崎
〃	遠隔測定計器の校正装置	30-8-25	432702	加 藤 義 明	福 山
〃	偏光眼鏡	30-8-31	433148	河 合 登	大 船
〃	扇風機翼車	30-8-31	433149	山 田 豊	中津川

三 菱 電 機

昭和 30 年
第 29 卷

総 目 次

第 1 号 昭和 29 年度回顧特集

巻頭言	取締役社長 高杉 晋一	3
電力用電機品		4
電力研究一般		4
火力発電機器		7
水力発電機器		12
送電, 変電, 配電用機器		15
変換機器		29
電動応用品		33
一般概況		33
製鉄用電機品		34
鉱山用電機品		38
船舶用電機品		41
化学工業, 紡績工業, その他一般工業用電機品		45
エレベータおよびエスカレータ		55
冷凍, 冷房装置		58
電装品		61
車両用電機品		63
無線機器		70
蛍光灯と照明器具		79
家庭用電気品		86
特殊開発品と材料製品		92
物理研究		92
材料研究		93
世田ヶ谷工場における材料製品		95

第 2 号 最近の配電盤計器	岡本 孝治	98
最近の継電器とその応用 (その 5)	藤井 重夫	107
汎用電動機生産への品質管理の応用	大野 寛孝・小島 正男・白田 長一	112
蛍光灯用電動複流発電機	小山 建次・武藤 哲	120
回転対陰極 X 線装置の試作	今村 元・中村 貢	126
最近の特殊ガラス	立原 芳彦・林 次郎	130
ニュースフラッシュ		133

第 3 号 単回路ユニットサブステーション	吉岡 昌昭・小林 国雄・田村 良平・矢野 広男	138
IM 型直送式遠隔測定装置	清水 良夫	147
風冷式密封型イグナイトロン整流器	加藤 又彦	152
直流変流器	権沢 孝治・大野 暁	161
ホットグリッド法を用いた塑性加工性の研究	福家 章・辻本 義明	168
ニュースフラッシュ		174

第 4 号 冷凍, 冷房特集

巻頭言	安藤 三二	180
特別寄稿		
エヤダクトの新しい理論とその応用	佐藤 雄二	181
特別寄稿		
哺乳動物の無菌飼育とその実験装置	宮川 正澄・飯島 宗一	191
無菌飼育装置	石川 嘉孝・市川 健一	194
工場における空気調整装置	安生 三雄	199
MA 型冷凍圧縮機の試験結果による性能	中村 長一	206
毛细管冷凍方式	長沼 辰二	209
超低温装置	石川 嘉孝	220
電気式空気清浄装置クリネヤについて	斎藤 寛	226
静岡工場の紹介		235
冷凍機および応用品紹介		236
ニュースフラッシュ		241
最近登録された当社の特許および実用新案		242

第 5 号 電子管式アナログ計算機における微分器および積分器の演算性質に関する一考察	菅野 正雄	244
艦艇用耐衝撃型ノーヒューズ遮断器の特性	鈴木 列・大野 寛孝・服部 謙・木村 紀彦	249
単相電動機起動用交流電解コンデンサ	白田 長一	258
電気洗濯機の品質管理	伊藤 一夫・小島 正男	266
絶縁物の劣化よりみた変圧器の寿命と温度上昇	白井 万次郎	275
自動電界模写器による電気機器の研究	岡 久雄	280
ニュースフラッシュ		285

第 6 号 照明特集

蛍光物質の進歩	井手平三郎	288
蛍光灯の特性測定	増田 裕	293
蛍光放電燈高周波雑音による電波障害とその対策	前田 良雄	299
紫外線用蛍光灯とその応用	立原 芳彦・秦 卓也・栗津 健三	305
蛍光水銀燈	小椋 義正	309

低温用蛍光ランプ(資料).....	312
商店照明と蛍光燈の演色性.....	佐々木武敏 313
三菱・銀座シヨールームの照明.....	小堀富次雄 319
最近の照明施設(実施資料).....	325
ニュースフラッシュ.....	329

第7号 無線機特集

巻頭言.....	取締役 堀 元夫 338
無線機部門新製品の紹介.....	薄井廉介 339
マイクロ波用円偏波アンテナ.....	三戸左内・浅井滋夫・村井 昭・薄井廉介・津村 隆・喜連川 隆 348
7,000 Mc 帯広帯域クリスタルマウント.....	喜連川 隆・東野義夫・武市吉博 356
MT 管 150 Mc/FM 無線機.....	津村 隆・岡谷重雄・黒田忠光・上野芳雄 360
搬送式遠隔測定装置.....	杉田重雄・龍田直紀 365
AE-1 型運転指令装置.....	大島羽幸太郎 373
工業用テレビジョン装置.....	津村 隆・嶋村和也 378
高周波誘導加熱装置.....	馬場文夫・渡辺文明 389
通信機用ばね材料としてのベリリウム青銅板.....	尾島学二・加藤伸司・矢吹真之助 395
通信用 GT 管.....	吉本正二 404
Radome について.....	喜連川 隆 409
RA-1 型機上レーダー.....	上村康雄・野上鎮夫 416
ニュースフラッシュ.....	420

第8号

近代化のビルの変電設備.....	井上八郎 422
SV-W 型オートバルブ避雷器.....	新井正元・大木正路・森 直治・佐藤五郎 430
交流高圧電磁接触器.....	篠崎善助・奥島欽吾・吉田太郎 435
電圧用空気圧縮電動機の直列抵抗切換装置.....	待鳥 正 443
屋外用重電機器の耐候性塗装(ウェザーコート).....	鯨島莊太 447
航空機用救命ポートガス給入機構.....	宇川 彰・菟原 智・窪津繁晴 453
自動制御系設計に対する一資料.....	福永圭之介 460
プレスボードの吸湿と電気的特性.....	白井万次郎・原 仁吾 464
ニュースフラッシュ.....	472

第9号 炭坑合理化特集

巻頭言.....	中野光雄 476
特別寄稿	
大之浦炭硯東部大之浦開発工事立坑計画.....	阿部敏二郎 477
全自動運転直流立坑巻上機電気設備.....	竹内真一・片岡高示 488
立坑巻上機.....	岩原二郎・水流吉雄 494
立坑巻上機の付属設備.....	永尾俊衛 504
立坑巻上機用信号装置.....	武田英夫 511
交流巻上機のリアクトル制御.....	武田英夫・森屋貞夫・浜岡文夫・馬場準一 514
鉱山用電気機器の紹介.....	522

第10号 縦の交通機関(エレベータ、エスカレータ、ケーブルカー)特集

巻頭言.....	常務取締役 岸本久雄 528
特別寄稿	
貸事務所とエレベータ.....	梶谷 裕一 529
エスカレータの使用分野の拡大とエレベータとの併用.....	木村武雄 533
最近の三菱エレベータの標準.....	向井徳樹 544
エレベータの新型制御装置.....	宮城 晃 558
最近のエレベータの電動戸閉装置.....	外野範吾 566
エレベータのロープ伝動(トラクションの諸問題).....	三矢周夫 571
特殊エレベータ.....	向井徳樹・武長 豊 577
特別寄稿	
立山ケーブルカーが竣工するまで.....	本多文一 586
立山および筑波山のケーブルカー.....	梶原孝一 594
ニュースフラッシュ.....	602

第11号

電力技術に関する最近の諸問題.....	安藤安二 608
高周波自動加熱装置.....	大森淳夫・岩田 博 622
洗濯性能の試験方法.....	武井久夫 627
神戸製鋼所納分塊ミル用 3,500 kW 電機設備.....	片岡高示・伊藤嗣郎 633
建設省立川宿舎ユニットサブステーション.....	井上八郎 641
ニュースフラッシュ.....	650

第12号

佐久間発電所用特別 3 相式超高圧変圧器.....	田宮利彦・村上 有 656
最近の大型ノーヒューズ遮断器.....	高見 滋・大野寛孝 669
NC 型コントロールセンタ.....	吉野敏夫・蟹江邦雄・梶田保雄 678
最近の事務所ビル照明の一例.....	小堀富次雄 683
最近の高速電車用主電動機.....	浅越泰男 690
カゴ形誘導電動機の相変換作用.....	白田長一・梶谷定之 694
ニュースフラッシュ.....	703