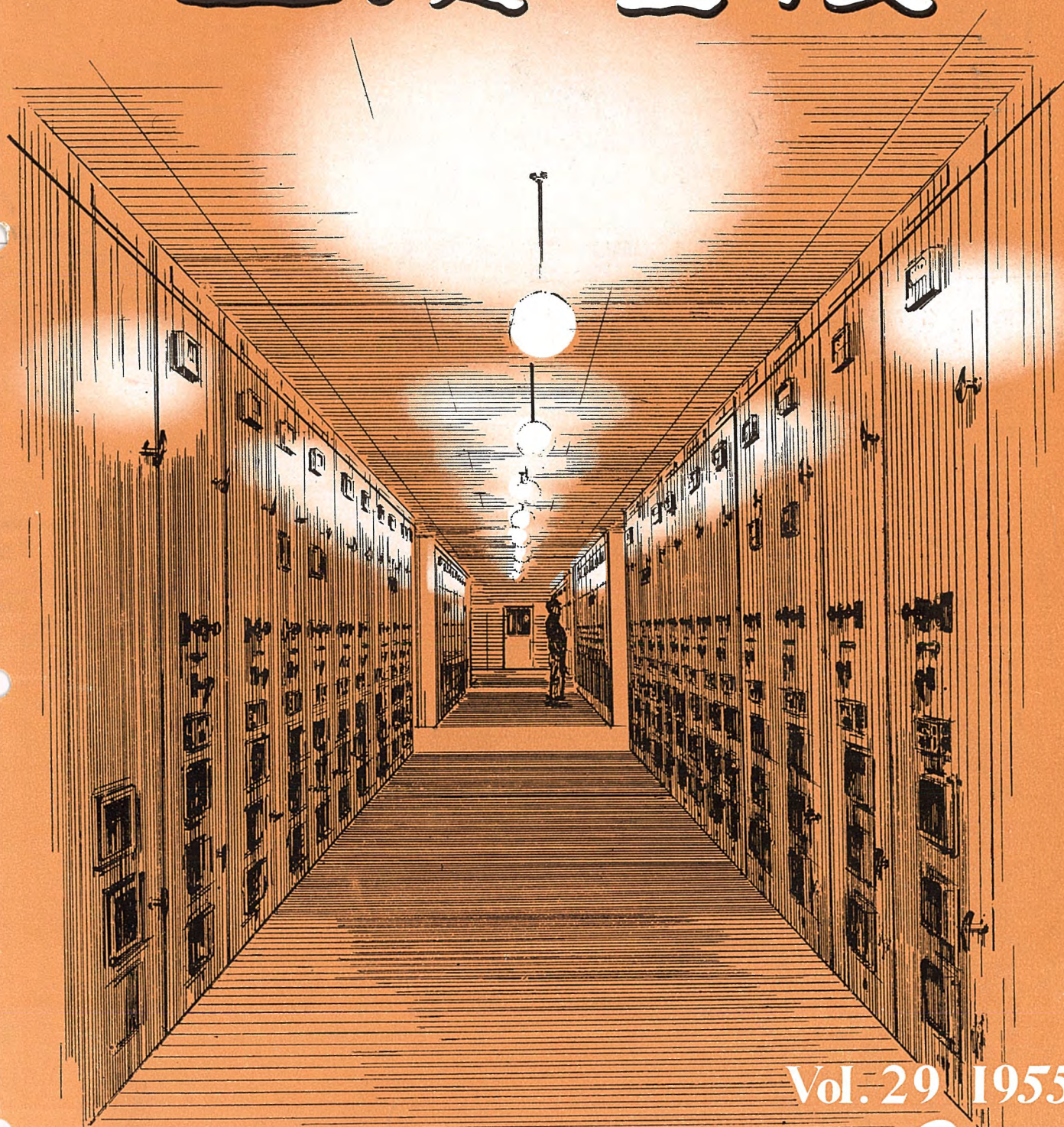


MITSUBISHI DENKI

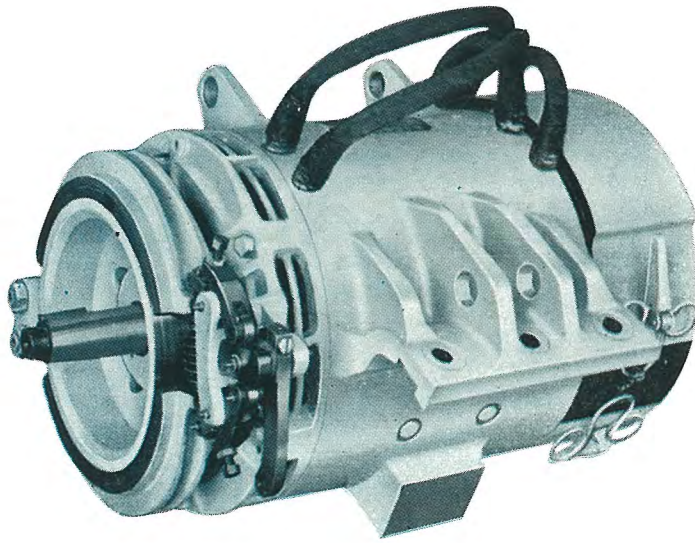
三菱電機



Vol. 29 1955

3

新型市街電車用電機品



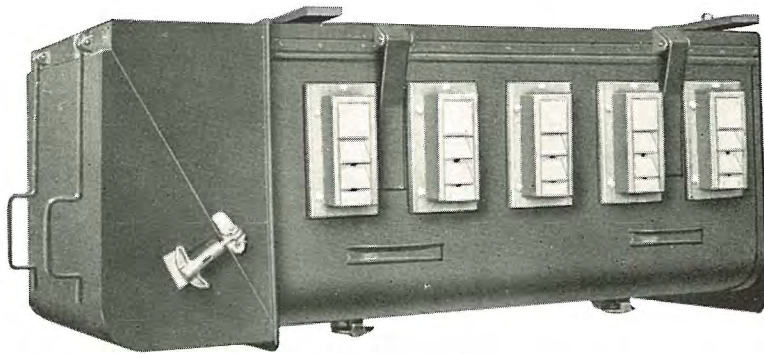
30 kW 台車装架式高速度主電動機

- 型 名 MB-3015-B 型
- 1 時間定格 30 kW, 300 V, 116 A, 1,600 rpm
- 重 量 350 kg (含ドラムブレーキ)
- 特 長
1. 軽量, 小型で高性能であります.
 2. 強力な電気制動が可能であります.
 3. 高減速比の得られる WN 式, あるいはカルダン式駆動装置と組み合わせ

将来六大都市の標準型となる 日本版 P.C.C. カーともいうべき 快適な乗心地を持った 高加速, 高減速の市街電車用電機品として 今回当社が製作した新製品を御紹介致します.

て使用致しますので, 高加速度が得られると共に, レール面よりの衝撃による事故は皆無となります.

4. 軸端にドラムブレーキを取り付けてありますので, 車輪のブレーキ装置を廃止することができます.

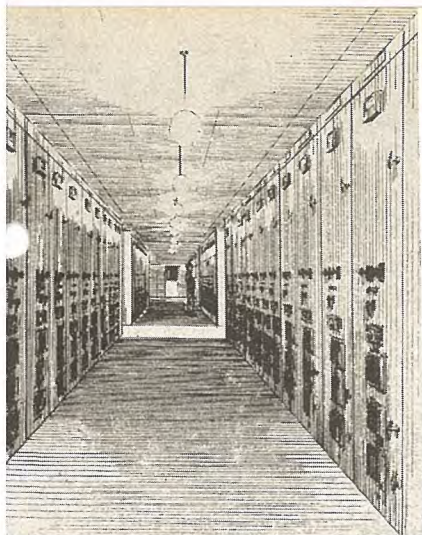


制 御 装 置

- 型 名 AB-44-6MD 型
- 重 量 600 kg
- 特 長
1. 自動加速, 自動減速方式でノッチ数は 20 ありますから起動, 制動共に極めて円滑で乗心地満点です.
 2. ブレーキはセルフラップ型のブレーキ弁によりいわゆる 電空併用ブレーキ方式を採用しておりますから

安全かつ確実であります.

3. 抵抗スイッチは小型電動カム式でありますから動作確実, 保守点検が容易であります.
4. 惰行時には特殊回路によりスポッティングを行っておりますから, 従来のカム式に見られたデッドタイムの心配は全くありません.



MITSUBISHI DENKI

三菱電機

表紙説明

表紙のペン画は東京電力鶴見第二発電所納めメタルクラッド配電盤でありまして優秀性能のDH型磁気遮断器を収納致しております。すなわち

3-DH-15型 3.45kV 600A 150,000kVA

磁気遮断器収納盤 47面

6-DH-50型 // 1,000A 250,000kVA

磁気遮断器収納盤 6面

6-DH-50型 // 2,000A 250,000kVA

磁気遮断器収納盤 3面

PT盤および引込盤 13面

合計69面で性能、取扱の簡易化、外観等総ての点においてさきに東京電力潮田発電所その他へ納入致しましたメタルクラッドの経験を生かしたいという決定版でありまして昨年12月発電開始以来好調に運転中であります。

なお、上記の外大口納入品としましては、

関西電力姫路発電所 53面 (納入済)

東京電力鶴見第二発電所 (第二期工事) 65面 (製作中) があります。

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) 和倉 (20) 代表 1631・2331

研究所 兵庫県尼崎市南清水

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) 福島 (45) 5251-9

名古屋営業所 名古屋市中区広小路通

(電) 本局 (23) 6231-5

福岡営業所 福岡市天神町 (三菱ビル)

(電) 西 (2) 5821-5825

札幌営業所 札幌市大通西3の5

(電) (2) 7236・7237

仙台事務所 仙台市東一番丁 63

(電) 仙台 2573・8057

富山事務所 富山市安住町 23の2

(電) 富山 4692・5273

広島事務所 広島市袋町1 (明治生命ビル)

(電) 広島中 (2) 2211~3 2214

高松出張所 高松市南紺屋町 34の3

(電) 高松 3178・3250

小倉出張所 小倉市博労町 63 (富士ビル)

(電) 小倉 3614

昭和30年第29巻第3号

目次

単一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…2

IM型直送式遠隔測定装置 ……………清水良夫…11

風冷式密封型イグナイトロン整流器 ……………加藤又彦…16

直流変流器 ……………樺沢孝治・大野 暁…25

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…32

ニュースフラッシュ ……………38

照明設計資料 No. 104 ……………41

最近における当社の社外寄稿、講演、特許および実用新案登録一覧 ……………42

品質奉仕の三菱電機

単一回路ユニットサブステーション

伊丹製作所

吉岡昌昭* 小林国雄* 田村良平* 矢野広男*

Single Circuit Unit Substations

Masaaki YOSHIOKA Kunio KOBAYASHI Ryohei TAMURA Hiroo YANO

Itami Works

Single circuit unit substations have a different merit from multiple circuit ones, for they have such a simple construction that no elaborate devices are needed to provide them with complete protecting equipment. Since the circuit breakers are not necessarily to be of the drawing out type on the secondary side of the transformer, the cubicle construction answer the purpose of housing pretty well, so that the substations are built compact. Furthermore, the primary side circuit breaker can be replaced with the power fuses, making the maintenance easy and the building cost less expensive.

1. ま え が き

最近ユニットサブステーションの型式による配電用変電所が方々に建設されている。これら新変電所は、従来の解放型のものに比べて幾多の特長をもち、ますます普及の傾向にある。(1)

ところで一般の回路構成は1図(a)に示すように、多数の分散負荷を対象とする多重饋電線のものであって、(b)のような集中負荷をもつ単一回路のものは、ユニットサブとしてあまり用いられていないようである。

多重回路の場合、変圧器二次側の負荷数に相当する饋電線には、それぞれ遮断器が挿入されるが、遮断器の点検に際してはその回路のみ遮断器を母線から切離さねばならない。したがってこれをユニットサブ型式とした場合には、遮断器を引出すことによって母線から断路される、いわゆるメタルクラッドの方式が採られる。(2)

これに対して単一回路の場合は、変圧器一次側を開いて変電所を休止させ、遮断器の点検をすればよいから、

遮断器はメタルクラッドとする必要がなく、キュービクルの方式を用いることができる。したがって構造は極めて簡単となる。

単一回路の変電所は一般に変電塔と呼ばれ、農漁村等の需用密度が小さく、重要負荷の比較的少い所に用いられるが、これをユニットサブにすると、変圧器と上記キュービクルを一体とした形態のものになり、随所に移動して直ちに運転できる極めて便利な変電所が得られる。

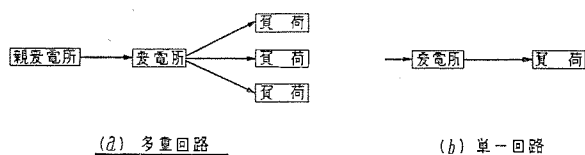
当社では最近、台湾セントラル・トラスト会社のご注文によって、一次電圧 33,000V 二次電圧 3,300~5,720V 変圧器容量 1,500kVA のユニットサブを製作したが、以下これを中心にして、単一回路ユニットサブステーションについて詳述する。

2. 回路の構成

単一回路では2図に示すように、一次側は線路から断路器を経て変圧器に接続され、二次側は変圧器から遮断器を経て饋電線となる。

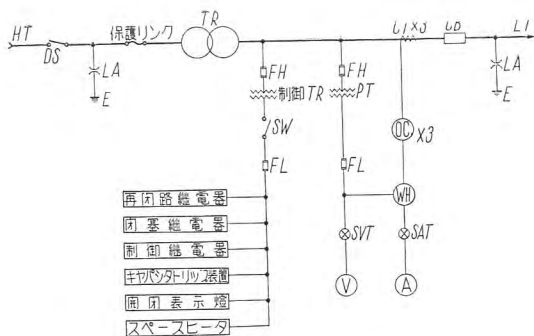
変圧器一次側には遮断器を省き、過負荷保護は専ら二次側遮断器によって行う。その代り変圧器の内部故障に対しては、一次側遮断器がないため差動継電器による線路からの分離ができないので、保護リンクと称する可溶器を用いて保護を行う。

変圧器一次端子および饋電線端子には、それぞれ避雷器を接続し、落雷その他の異常電圧によって回路の絶縁



1 図 饋電方式

Fig. 1. Feeder line system.



2 図 単一饋電線の回路構成

Fig. 2. Schematic circuit diagram of single feeder line.

が破壊されるのを防止する。

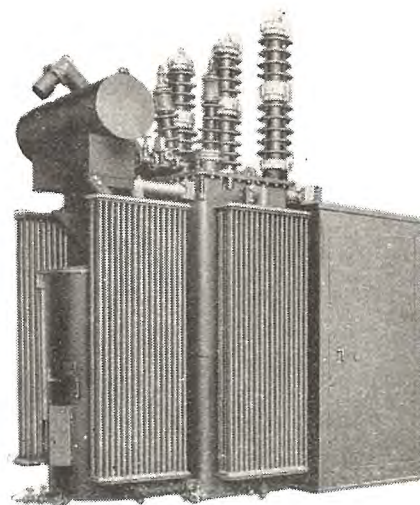
変圧器と遮断器との間には、制御変圧器、計器用変圧器、変流器を挿入する。これら計器用変成器の二次回路には、運転上必要とする最少限度の計器、継電器、すなわち電圧計、電流計、積算電力計および過電流継電器を接続する。過電流継電器によって饋電線の過負荷および接地故障に対し保護できるのは、変圧器の二次側中性点が直接接地の場合に限られ、非接地または抵抗接地式のとき接地保護を必要とするならば、別に接地継電器が付加される。

蓄電池のような直流電源設備は、この種の簡易変電所には向かないので、遮断器の操作はすべて交流とし、これに必要な器具は制御変圧器に接続する。遮断器の操作は電磁操作式とし、投入にはセレン整流器を用い、直流電磁機構によって操作する方式を採れば、機構は標準のものを使用することができる。遮断器の引外しは電池を置かないときはシャントトリップが用いられないので、シリーストリップとする必要があるが、シリーストリップは動作不確実のきらいがあるので、キャパシタトリップの方式を採用することとした。

饋電線に発生した事故により遮断器がトリップした場合、事故は一時的のものが多く、回路の遮断によりこの事故は消滅し、饋電線は正常の状態に戻るので、再び遮断器を投入して送電を続けることができる。ユニットサブの運転は一般に無人で行われるので、遮断器の再投入は再閉路継電器を用いてこれを自動的に行い、再閉路してもなお事故が除去されていない場合は、繰返して再閉路を行わないこととした。

再閉路継電器が動作し、あるいは後述の変圧器保護装置が動作して、ユニットサブが異常状態に陥ったとき、事故の発生点を明確にして、保守員に識別させることが必要である。このため閉塞継電器を用い、どの保護装置が動作したかを表示させることにした。

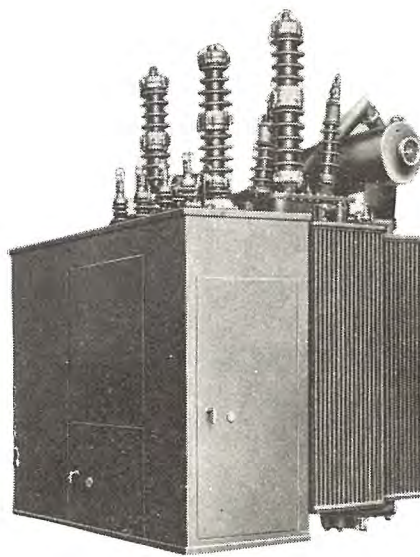
変圧器二次側端子から遮断器までの回路に事故が発生した場合は、一次側の保護リンクを動作させることとなるので、この間の配線には充分絶縁強度をもたせると共に、計器用変圧器および制御変圧器の一次側および二次側に可溶器を挿入し、低圧側回路の保護はすべて二次側



(a) 変圧器側

3 図 33 kV 1,500 kVA 単一回路ユニットサブの外観

Fig. 3. 1,500 kVA 33 kV single circuit unit substation.



3 図 (b) キュービクル側

Fig. 3. (b) View from the cubicle side.

可溶器によって行い、万一これら変圧器に内部故障が発生したときは、一次側可溶器によって回路を遮断し、これらの事故が主回路に影響して保護リンクを動作させることがないようにした。

上記の回路構成にしたがって、所要の配電器具はすべて変圧器とそれに隣接するキュービクルとに取付けられる。変圧器とキュービクルとは分割して使用が必要がないので一体として組立てられ、単一回路ユニットサブステーションは3図に示すように、きわめてコンパクトな外観にまとめ上げられる。

ユニットサブの一次側と線路間の断路器はユニットサブを線路から切離すために必要であるが、この断路器は変圧器には取付けることができないので、線路の引込用鉄構に取付けられよう。

3. 仕 様

前記の回路構成にもとづいて仕様が決定されるが、その一例として台湾セントラス・トラスト向のものの仕様を次に示すこととする。

単一回路ユニットサブステーション

容 量 1,500 kVA

電気方式 33/3.3~5.7 kV 60 c/s 三相4線式

中性点直接接地方式

仕 様

1 台—CR 型三相変圧器 1,500 kVA 60 c/s

屋外用 窒素封入油入自冷式

一次 33-31.5-30-28.5 kV △接続

無負荷時タップ切換式

二次 3.3 kV △接続

5.7 kV Y 接続, 中性点直接接地

付属保護装置

1 箇—丸型温度計 補助接点付

1 箇—ブッフホルツ継電器

1 台—キュービクル 屋外用 閉鎖防滴型

スイング式配電盤付

(変圧器取付器具)

3 箇—高圧保護リンク 34.5 kV 25 A

3 箇—SV-A 3 型避雷器 30 kV

(キュービクル取付器具)

3 箇—SV-A 3 型避雷器 3 kV

4 箇—饋電用ブッシング 屋外用 6.9 kV 600 A

1 台—6-DH-15 型磁器遮断器

屋内用 3 極単投

6.9 kV 600 A 150 MVA

セレン投入, キャパシタトリップ式

3 箇—TN-O 型変流器 屋内用 乾式巻線型

6.9 kV 300—150/5 A 40 VA

1 箇—TH-OS 型 三相計器用変圧器

屋内用 油入 引出型

6.9 kV 3,300/110 V 3×100 VA

1 箇—単相制御変圧器 屋内用 乾式

6.9 kV 3,300/220 V 2 kVA

3 箇—BAL 型限流可溶器 屋内用 クリップ型

3.3 kV 1/2 A (計器用変圧器用)

3 箇—同 上 5 A (制御変圧器用)

1 箇—SC-K 45 型セレン整流器

単相 A-C 220 V 45 A 電磁接触器付

1 箇—キャパシタトリップ装置 A-C 220 V

1 箇—KSS-2 型交流電圧計 0~7,000 V

1 箇—KSS-2 型交流電流計 0~150/300 A

1 箇—交流積算電力計 三相 4 線式

15 分最大負荷表示装置付

3 箇—CO 型過電流継電器 4~12 A

1 箇—RC 型自動再閉路継電器 A-C 220 V

1 箇—JL-L 型閉塞継電器 A-C 220 V

1 箇—RS 型電圧計用ドラム開閉器 三相交流用

1 箇—RS 型電流計用ドラム開閉器 3 回路用

1 箇—W 型制御開閉器

1 組—赤緑表示燈 屋内用 A-C 220 V

1 組—同 上 屋外用

4 箇—電流試験端子

4 箇—電圧試験端子

3 箇—ロータリスイッチ 250 V 5 A

1 箇—電鈴 A-C 220 V

3 箇—低圧カットアウト 100 V 1 A

1 箇—スペースヒータ A-C 220 V 250 W

1 式—高低圧配線

4. 変 圧 器

変圧器は三相変圧器とし、中身は内鉄型三脚鉄心で普通の電力用変圧器と本質的に相違する点はないが、いわゆる“完全自己保護” Completely Self Protecting 型で、電気的および機械的、熱的の強度、信頼度の増大と、簡易で確実な保安装置の完備に意を用いてある。使用上の普遍性と互換融通を考慮し、仕様の統一と機器の標準化を計っていることも特長の一つである。無人変電所を立前とするのであるから保守の簡易化と絶対無事故を目標としなければならない。

ア. 標準仕様

油入自冷式屋外用を普通とするが、放熱器に送風機をつけて自冷式定格容量の 120~133% に出力を増加することができる。風冷式自冷式の二重定格とし負荷および変圧器温度に従って送風器を制御する場合もある。

一次側電圧はそれぞれ受電電圧に応じ JEC-120 規定の C 種の標準タップをつけるものとし、無負荷タップ切換器を付してタップ切換操作を容易にする。一次電圧にたとえば 20kV, 30kV あるいは 60kV 等の二重ないしは三重の使用電圧を要求されることがあるが、なるべく多重比をさけ巻線構造は単純にするのがよい。二次側には要すれば負荷時タップ切換器を装置して饋電線の負荷時電圧調整を行う。二次電圧は一般に 3,450V—6,900V の二重比とする。あるいは三角形—星形の結線変更により 3,450/6,000 V の二重定格とする。絶縁階級はすべて 6 号 A である。

特性、とくにインピーダンス電圧を絶縁階級に準じた標準値に設計し、定格容量のいかに係らずもし必要となれば並列運転できるようにする。負荷時タップ切換器を付属した場合にも並列自動運転を可能にすることができる。

イ. 耐 雷 絶 縁

変圧器の絶縁は絶縁基準として使用運転電圧からだけでなく、雷等の衝撃電圧を考慮した規準階級が定められ、これに則する試験電圧に対して製作される。特別不慮の事態が発生した時以外の絶縁破壊の原因はほとんどが異

一般に衝撃波電圧が変圧器巻線に印加されると線路端にストレスの集中を生じ、続いて巻線内部に電位の振動を起す。したがって初期の電位分布を均等化し振動を抑制することを考えないと、耐雷絶縁を合理的経済的に解決する手段とならない。

Technical drawing of a 10kV outdoor air-insulated switchgear (AIS) showing front and side views with dimensions and labels.

Labels:

- 高圧側避雷器 (High Voltage Side Surge Arrester)
- 低圧側套管 (Low Voltage Side Bushing)
- 高圧側套管 (High Voltage Side Bushing)
- 望遠鏡入装置 (Telescope Insert Device)
- キュービクル (Cubicle)

Dimensions:

- Overall height: 4,330
- Base width: 1,100
- Side view height: 2,560
- Side view width: 3,275

Front View (正面側): Shows the cubicle with two doors and the high voltage side surge arrester.

Side View: Shows the high voltage side bushing, low voltage side bushing, and the telescope insert device.

単一回路ユニットサブステーション・吉岡・小林・田村・矢野

高直列容量巻線は4図に示すように普通の円盤コイルの形態であるが、並型のものと異なりその巻回順位が2セクションにわたり端より一つ飛びに配列し一巡して元のセクションに戻り次列をひろって同様直列に順列するようセクションを特殊巻回接続した巻線である。すなわち巻回間直列静電容量に着目してみると、並型の場合は巻回間誘電体が各巻回を通じて直列に接するが、この巻線では1セクションについて並列に充電される。したがって1セクションの巻回数を n とすると単位セクションで静電容量が $n(n-1)/2$ 倍に増大することになり、全体として直列静電容量が一般に数十倍に増加し、初期電位勾配はほとんど直線に近く均等になる。

避雷器は系統運営上変圧器の付属品と見做す現況で、ユニットサブでは変圧器カバーの上に取付けられる。巻線絶縁と避雷器の性能が協調相まって完全耐雷絶縁となっている。

構造大要を5図に示す。高低圧コイルは同心配置円盤コイルで、とくに低圧コイルは円筒巻線を避け連続円盤巻きしないしは螺線巻きとし、短絡電流に対し、機械力の発生を極小にしコイル自体の強化を計る。線輪支持およびリード線は強固に保持して内部に機械的損傷を絶対きたさないようにしている。

工. 外部構造

6 図は 1,500 kVA 33 kV/
3,300~5,720 V 60 c/s 単一回
路ユニットサブの外形を示

す。ユニットサブでは外観がまとまって美観をともなうようキュービクルを含めて全体の形をスマートに設計しなければならない。変圧器自体は標準容量 (600 kVA~3,000 kVA) 電圧 (11 kV~66 kV) に応じて標準寸法のタンクに収納される。したがって容量電圧によって寸法外形は一つの定まったものになる。

負荷時タップ切換変圧器の場合には二次側に URS 型負荷時タップ切換器を付属させ、(7 図) 操作盤を含めて全体を一体の箱形にし外観を整える。

オ. 電圧調整

高度の配電、サービスの向上のためあるいは工場電源用としての要求から負荷時電圧調整を行うが、一般に上下 10% の調整とし標準は 17 点タップでステップ 1.25% である。段状調整であるがこの程度で十分な精微電圧調整が得られ、誘導電圧調整器はかかる目的には使用されなくなりつつある。

自動操作式とし電圧降下補償器をつけて Feeder Regulator とするのが普通である。

カ. 保安装置

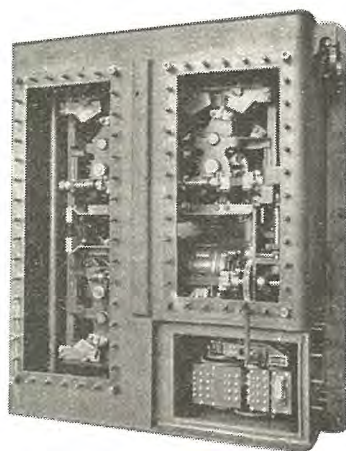
内部事故の際は 8 図に示すブッフホルツ継電器の第一段により検出警報し、万一の内部短絡発生の場合には保護リンクが飛んで電源を断ち変圧器自体を保護する。放圧装置はこれを考慮して適度の弁が取り付けられている。

変圧器の線輪温度あるいは油温は丸型温度計により指示し危険温度に対しては警報する。(あるいは温度継電器により時間要素を持って許容外過負荷の場合二次遮断器を開く。)なおダイヤル型油面計には警報用接点を付し異常に油面が低下した時には警報する。

油の劣化を防ぎ保守の簡素と長期の安全な運転寿命を確保するために窒素封入装置を設ける。あるいはまた窒素封入密封式構造が採られる。

5. 高圧保護リンク

高圧保護リンクはとくにユニットサブの変圧器保護用として製作されたもので、9 図に示すように変圧器の一



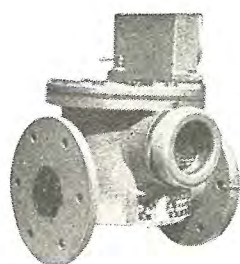
7 図 URS 型負荷時タップ切換器
Fig. 7. Type URS On-load tap-changer.

次端子と一次巻線との間に接続され、一次側遮断器の代用として用いられる。

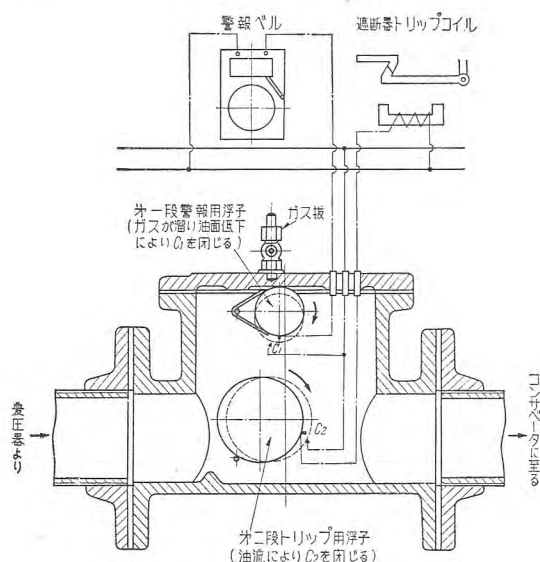
ア. 構造

保護リンクは 10 図に示すように、可溶器と消弧室とから成り、可溶器は消弧室内部に取付けられる。可溶器には消弧室を貫通してヒューズロッドがねじこまれ、ロッドには加速ばねがかけられ、またその一端はフレキシブルリードとなっている。消弧室はファイバ板を積層したもので中央側壁に穴が設けられ、その下部には放圧弁を備えた下部端子が取付けられている。

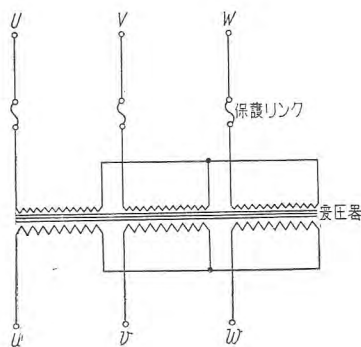
保護リンクは 11 図に示すように、一次ブッシングの下部に取付けられて変圧器の絶縁油中に浸り、フレキシブルリードはブッシング内部を貫通して上部端子に接続されている。



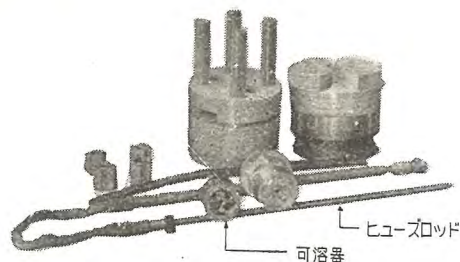
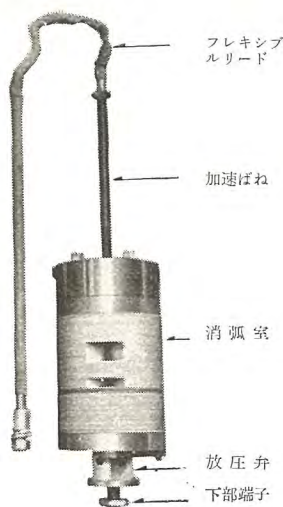
8 図 ブッフホルツ継電器
Fig. 8. Buchholz schutz.
(a) 外観



(b) 内部構造
Fig. 8. (b) Internal construction.



9 図 保護リンクの接続
Fig. 9. Connection of the protecting link.



10 図 (b) 部品
Fig. 10. (b) Parts.

10 図 (a) 外観
保護リンク 34.5 kV
Fig. 10. (a) 34.5 kV
Protecting link.

イ. 動作

故障電流により可溶器が溶断すると油が分解して圧力を発生し、これにより放圧弁を開いて消弧室内の圧力を放出する。この瞬間にはヒューズロッドは充分上方に移動していないので消弧室は遮断能力を持たず、この圧力放出により消弧室内の圧力が抑制されるので、消弧室が破壊されることはない。

加速ばねによりヒューズロッドが開いて消弧室内に電弧が延びると、消弧室の側壁の穴からガスを噴出し、電弧を新鮮な油に接触させて消弧作用を行わせ、故障電流の遮断を完了する。

ウ. 特性

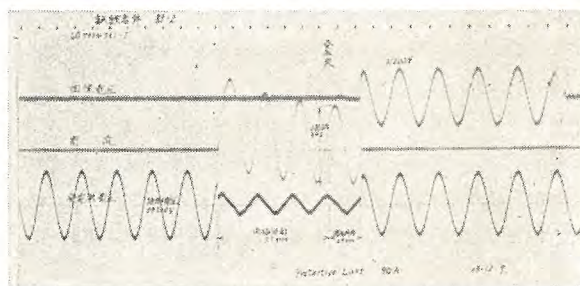
12 図は 34.5 kV 90 A 定格の保護リンクが 34.5 kV 3,205 A を遮断したときのオシログラムで、溶断時間は 60 c/s ベースで、3.1 c/s、電弧時間は 0.9 c/s、全遮断時間は 4.0 c/s であることを示している。

1 表は各定格電圧における保護リンクの遮断容量を示し、最高定格電圧 69,000 V、三相遮断容量 1,200 MVA

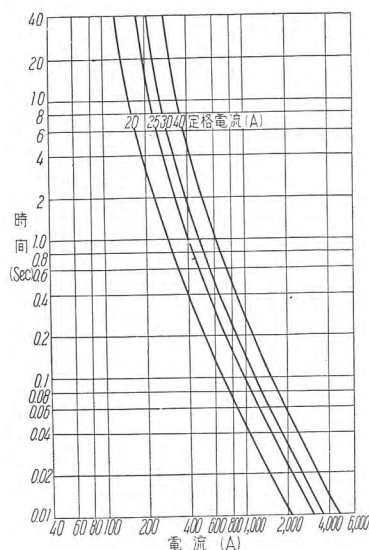
1 表 保護リンクの遮断容量

定格電圧 (kV)	遮断容量※	
	電流 (A)	3 相 (kVA)
11.5	20,000	400,000
23	17,500	700,000
34.5	15,000	900,000
46	12,600	1,000,000
69	10,000	1,200,000

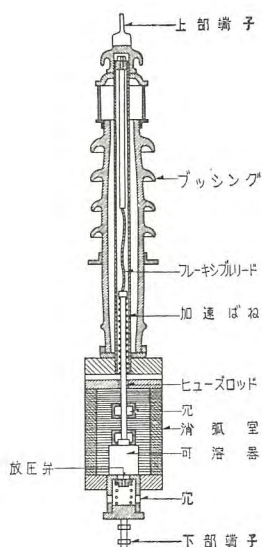
(注) ※ 非対称値, 50, 60 c/s



12 図 保護リンク遮断試験オシログラム 定格 34.5 kV 90 A
Fig. 12. Oscillogram of breaking test of the protecting link 34.5 kV 90 A.



13 図 保護リンク溶断特性
Fig. 13. Protecting link blow test characteristic curves.



11 図 保護リンク取付図
Fig. 11. Mounting of the protecting link.

のものまで製作することができる。

13 図は保護リンクの溶断特性を示すもので、変圧器の全負荷電流に応じて保護リンクの定格電流が決定されるが、変圧器二次側が短絡のとき保護リンクの溶断時間を 1 秒前後に設計してあるから、過電流継電器の時限を 0.5 秒に調整しておけば二次側遮断器で故障電流を遮断し、保護リンクは動作しないこととなる。万一変圧器内部に短絡を生じたときは、一次側の短絡電流値が大きい程遮断時間は早くなり、変圧器の破壊は阻止される。なおこの電流対溶断時間特性から考えて、短時間に発生するサージの襲来に対しては保護リンクの動作しないことは明かである。

6. キュービクル

キュービクルは閉鎖型、防滴構造で、変圧器と共通の台枠にのせられ、変圧器のタンクに溶接されて一体となっている。14図に示すようにキュービクルの内部は遮断器室、配電盤室および変成器室に分れ、おのこの施錠できる内部点検用扉を備えている。キュービクルの屋根には饋電用端子と雷害保護用として避雷器が設けられている。

ア. 遮断器

二次側遮断器は15図に示すDH型磁気遮断器が用いられる⁽³⁾。この遮断器は油を使用しないので火災発生の心配がなく、消弧室や接触部の点検が容易で、湿度の高い所に使用しても遮断性能の低下がないので、ユニットサブ用としては最適のものである。

遮断器はメタルクラッドのように引出すことにより主回路から切離す必要がなく、キュービクル内に置いたままで各部の点検が可能であるから遮断器室に固定されている。

遮断時のガスを排出するため、遮断器室の天井には排気ダクトが設けられ、床には湿気によるブッシングなどの絶縁低下を防止するための乾燥用電熱器が備えられている。

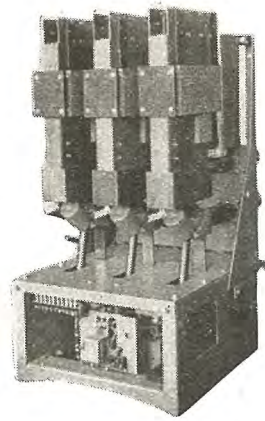
イ. 配電盤

配電盤は遮断器の反対側にあり、16図に示すように扉を開いて操作、点検を行う構造である。計器、継電器、開閉器、試験端子の配置は普通の直立盤と同じで、遮断器の開閉表示灯は盤面の外に扉にも取付けられ、外部から変電所の運転状態を知ることができる。

配電盤は片開きとなっており、扉と反対の方向に開いて裏面配線や配電盤室の奥にあるセレン整流器、キャパシタトリップ装置を点検することができる。

ウ. セレン整流器

セレン整流器は体積が小さく保守が容易で、電池設備



15 図 DH 型磁気遮断器
6.9 kV 150 MVA
電磁操作式

Fig. 15. Type DH 150 MVA
6.9 kV electro magnetic
operated magnetic circuit
breaker.

のない場合の遮断器投入用整流器としては最適のものであり、最近セレンの品質向上に伴い使用上の不安は全然なくなった。

操作すべき遮断器が1台のみであるから、制御回路は簡単となり、交流側に電磁接触器を挿入して回路の開閉を行い、直流側は遮断器のクロージングコイルに直結される。

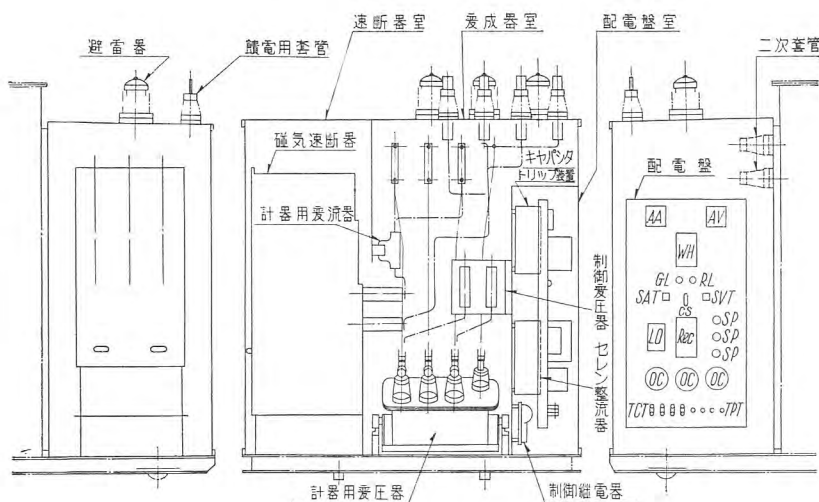
エ. キャパシタトリップ装置⁽⁴⁾

キャパシタトリップ装置は17図に示すように小型変圧器、セレン整流器、蓄電器、ネオンランプで構成され、常時整流器を通じて蓄電器を充電し、保護継電器の動作によりトリップコイルに放電させて遮断器をトリップするものである。ネオンランプは故障なく充電が行われているか否かを示すと共に、無電圧時に徐々に放電を行う役目をする。

蓄電器の容量は交流電源の電圧が下がっても引外しに十分な電力量を蓄えるように設計され、電圧が60%のとき無電圧になっても10秒後まで引外し能力をもっている。

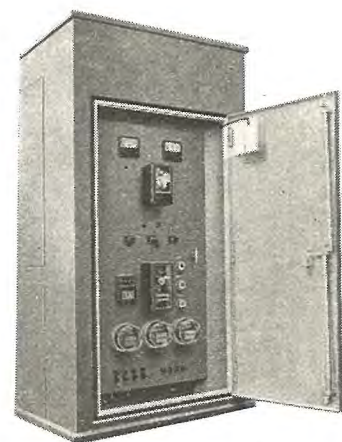
オ. 変流器および制御変圧器

変流器および制御変圧器は18図(a)に示すように変



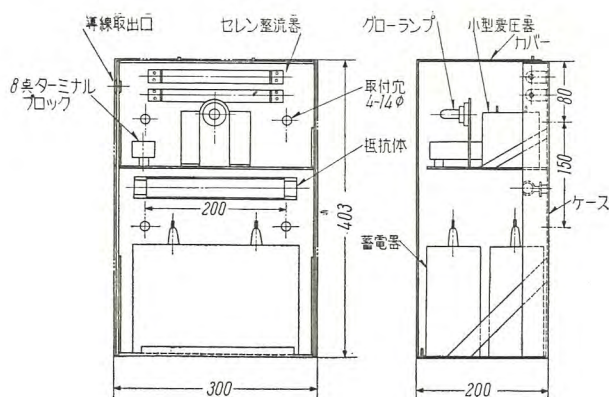
14 図 キュービクル内部構造

Fig. 14. Internal construction of the cubicle.



16 図 配電盤

Fig. 16. Switchboard cabinet.



17 図 キャパシタトリップ装置
Fig. 17. Capacitor tripping device.

成器室の上部に収められ、制御変圧器には高压可溶器が取付けてある。

変流器および制御変圧器は共に乾式のものを用いてあるから保守は容易である。高压側配線の都合上、変流器は変圧器二次端子に近く接続され、二次遮断器の保護を受けないから、一次巻線の対地絶縁の強化にはとくに留意してある。

高压配線には機械的強度を考慮して太い銅棒を用い、相間、対地間の絶縁距離を充分にとり、かりそめにも異常電圧によって変成器室内に閃絡事故が起らないように設計してある。したがってこの部分はしばしば点検する必要がなく、容易に開いては危険が伴うので、扉はボルト締めになっている。

変圧器の二次接続を星形、三角に切替える必要のあるときは、変成器室内の二次ブッシングの接続を変えて行う。

カ. 計器用変圧器

計器用変圧器は油入型が普通であるが、保守の面から考えるとコンパンド充填型が優れている。コンパンド型の場合、もちろん密封構造とされるので湿気の侵入による絶縁劣化は生じない。

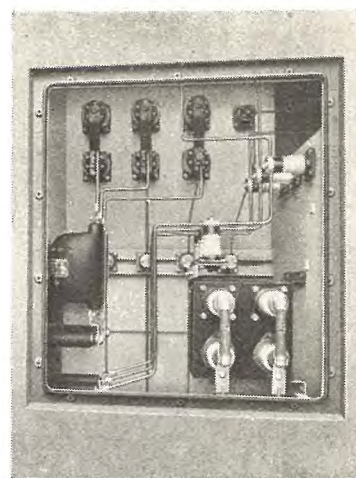
計器用変圧器は 18 図 (b) に示すように変成器室の下部に取付けられ、扉を開くと自動的に引出され高压回路から断路される。一次ブッシングには高压可溶器がのっていて、計器用変圧器が引出されると 3 相共同時に接地されるので、危険なく可溶器を取替えることができる。

キ. 高压可溶器⁽⁵⁾

制御変圧器および計器用変圧器に使用される高压可溶器はチューブの中にガス発生物質としての固形硼酸ブロックを入れた、いわゆる硼酸ヒューズに、限流要素を付加した BAL 型限流ヒューズが用いられる。この限流要素はチューブの中に砂を詰め、その中に可溶金属線を通したもので、溶断の際発生する高電弧抵抗で故障電流の波高値を制限して遮断する性能をもっている。

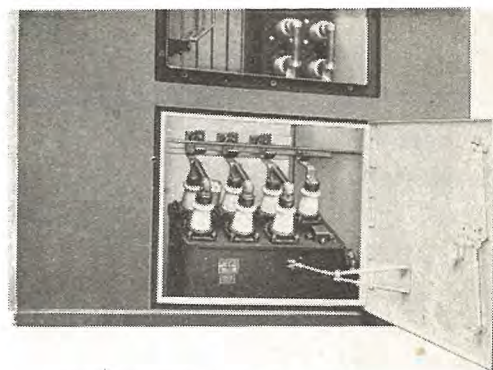
この可溶器の特長は故障電流の波高値を抑え、きわめて短時間に遮断を完了するので、高压配線におよぼす電

単一回路ユニットサブステーション・吉岡・小林・田村・矢野



(a) 上部 (変流器および制御変圧器)

(a) Upper part



(b) 下部 (計器用変圧器) (b) Lower part

18 図 変 成 器 室

Fig. 18. Transformer chamber.

磁力作用を減らすことができ、可溶器自体は電弧生成物の放出が少く、同一遮断容量の普通の硼酸ヒューズに比べて小型に製作することができるので、ユニットサブ用としては最適のものである。

7. 操 作 回 路

19 図は単一回路ユニットサブの操作回路の一例として、台湾セントラル向の展開接続図を示したものである。

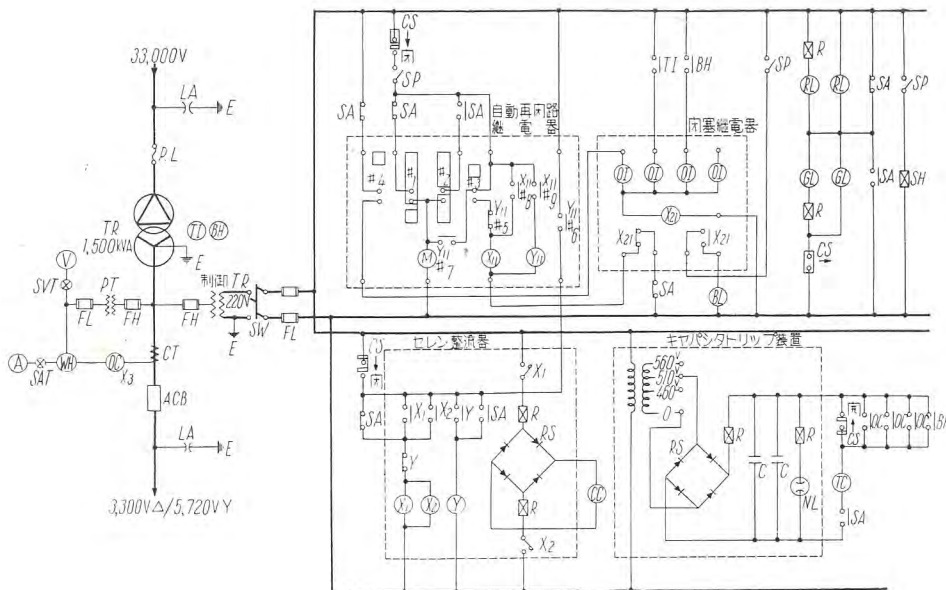
ア. 遮断器の投入

遮断器の投入は配電盤の制御開閉器で行われる。セレン整流器付属の電磁接触器はオペレーティング用 X とロックアウト用 Y とがあって、操作中に遮断器が何かの原因で開路しても反復投入しないようになっている。

イ. 遮断器の自動再閉路

運転中に事故を生じ遮断器が開路すると、自動再閉路継電器が起動し、遮断器の動作責務に応じてたとえば乙号の場合には、トリップしてから 15 秒経過すれば継電器の接点 #6 が閉じて遮断器は投入される。

故障が除去されておらずさらに遮断器がトリップすると、接点 #4 で閉塞継電器を動作させベルを鳴らして警



19 図 操作回路展開接続図
Fig. 19. Schematic diagram of operating circuit.

報を発する。

遮断器を制御開閉器によりトリップしたときは、回路を開いて再閉路継電器の動作を妨げる。

ウ. 遮断器の引外し

制御開閉器を操作するかあるいは変圧器の内部故障でブッフホルツ継電器の第二接点が閉じたとき、または過電流継電器が動作したときは、キャパシタトリップ装置に蓄えられた直流のエネルギーをトリップコイルに放電して遮断器は開路される。

エ. 表示と警報

遮断器の開閉に応じて配電盤および扉の緑色または赤色の表示燈を点じる。

遮断器が自動再閉路を行って線路の故障が除去されないためトリップしたとき、あるいは変圧器の温度が高くなって丸型温度計の接点が閉じ、または内部故障のためブッフホルツ継電器の第一接点が閉じたときには、閉塞継電器が動作してベルを鳴らすと同時に動作表示器により故障の区別を表示する。

8. 特 長

上記に述べたことから当社が標準とする単一回路ユニットサブには次のような特長があるということが出来る。

- (1) 変圧器一次側に遮断器を用いないから変電所の敷地が狭くてすみ建設費も安くなる。
- (2) 変圧器とキューピクルはまとまりよく設計されるから、外観は優美でコンパクトとなり、移設が容易である。
- (3) 完全密閉構造となっているから無人変電所として運転して全然危険がない。
- (4) 変圧器は耐雷絶縁を施してあるから信頼度が高く、万一の内部故障に対して保護リンクが完全に保護するから事故が拡大することがなく、系統に迷惑をおよぼすことがない。

- (5) 遮断器は磁気吹消型を使用しているから、保守が容易で火災の心配がない。

9. む す び

以上のように集中負荷を対象とする単一回路ユニットサブは、分散負荷を対象とする多重回路ユニットサブに比べて、単に饋電線が1回線となるだけでなく、構造的にも極めて簡略化することができ、簡易変電所と呼ばれるにふさわしい形態となる。

従来わが国においては、変電所には受電用遮断器を置くことが立前となっているが、絶縁基準の確立に伴う絶縁材料の品質向上、ならびに生産技術の進歩によって、10万kVAを超える大容量の三相変圧器が出現するに至り、変圧器の故障に対する信頼度が極めて高まっている現在においては、受電用遮断器の必要性は極めて薄く、万一の事故には電力用可溶器の遮断能力さえ確かであれば、これで代用することも可能であるといえる。こういう見地に立って受電用遮断器を省略し、上記に述べたように、変圧器に簡単な保護装置を取付けるだけで、立派に変電所としての機能が発揮できるならば、変電所の建設計画に寄与する面は非常に多いと信じる。

参 考 文 献

- (1) 水野勝巳；単位自動変電所について「三菱電機」27, 194 (1953-6)
- (2) 五十嵐信一、清水良夫；「W型メタルクラッド」27, 198, (1953-6)
- (3) 新井正元、五十嵐芳雄、志賀貞雄、富永正太郎；DH型磁気遮断器「三菱電機」27, 209 (1953-6)
- (4) 新井正元、平田康夫、志村勲、阿澄一興；電力遮断器のキャパシタトリップ「三菱電機」27, 239 (1953-6)
- (5) 新井正元、樺沢孝治、岩崎行夫；三菱磷酸電力ヒューズ「三菱電機」28, 206 (1954-5)

IM型直送式遠隔測定装置

神戸製作所

清水 良夫*

Type IM Direct Transmitting Telemeter Equipment

Yoshio SHIMIZU

Kobe Works

As the electric power system grows big and complicated, it becomes necessary to supervise and control the power requirements of varied power plants and substations at one place, thus telemeters extensively coming into use. The Type IM direct transmitting telemeter equipment, working on the impulse current, has been developed adaptable to a relatively short distance where too elaborate apparatus may not be economically justified.

1. まえがき

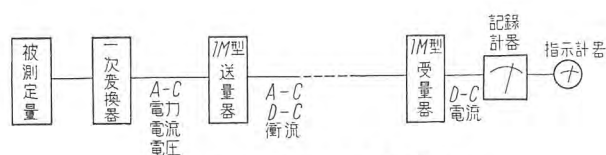
一つの電力系統が大きく複雑になるにしたがってその電力系をうまく運営するには一連の各発電所の所要の量を一ヵ所で見て適宜の処置をすることが必要になり、遠隔測定が遠方制御と共にやかましくいわれるようになってきたことは周知のとおりである。もちろん非常に遠方のものを読むことの必要な場合もあるが親発(変)電所から2,3の子発(変)電所を遠方計測ならびに制御する場合のように距離は20~30km位でテレメータ用として専用線を供給し得るか、あるいは電話線があって電話と共用することによってテレメータ用回線を得られる場合が多くある。さらに一地からの送量の要素も多種多様のものを常時送る必要はなく、2,3種位の常時計測で他は必要に応じて切換えて読む程度のもので良い場合が多い。

このような場所に搬送式遠隔測定装置を置くのは経済的に不利であるばかりでなく、保安も繁雑となるから直送衝流式が有利となる。

以下IM型直送衝流式遠隔測定装置について述べる。

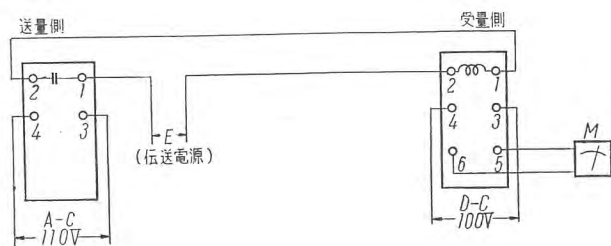
2. 装置の概要

IM型は積算電力計の要素を利用して、被測定量をこ



1 図 IM型遠隔測定装置系統図

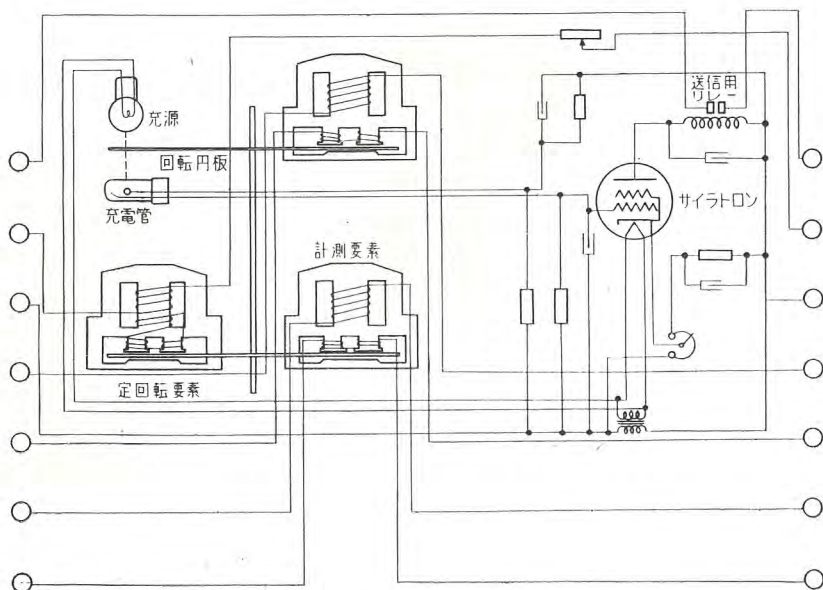
Fig. 1. Block diagram of type IM telemetering equipment.



2 図 遠隔測定装置基本回路図

Fig. 2. Schematic diagram of in the basic principle telemetering equipment.

れに比例した数の衝流に直すので、1図に示すように被測定量を一次変換器に通し交流の電流あるいは電力に変換して送量器に入れる。(したがって一次変換器をいろいろ変えることにより、水位、温度等を測定することができる。また電力、交流電流、電圧等を測定する時は一次



3 図
送量器内部接続
図
Fig. 3.
Connection
diagram of
transmitter.



4 図 IM 型送
量器
Fig. 4.
Type IM
transmitter.

変換器は不要な訳である。) 送量器において入力交流電流値あるいは電力値に比例した度数だけ送量器内臓の送出用継電器を動作させ、伝送電源と受量用継電器とを結ぶ伝送回路(2 図参照)を断続させるのである。したがってその断続数に応じて受信継電器が動作しその接点で一定電圧にて蓄電器を充放電させ、その充放電々流を直流電流計にて読むのである。

3. 送 量 器

本器では積算電力計の回転円板の周囲に8箇の溝をきざみ、その溝を通して光線を送ってそれを光電管で受け衝流に変換している。したがって回転円板にはとくに力がかかることがないので、その精度を高めることができる。

このようにして変換された衝流はそのままでは出力が小さくて受量装置を確実に働かすことはできない。そこで1箇のサイラトロンで増幅して内臓の送出用継電器を働かせている。3 図は電力送量器の内部接続図である。電力送量の場合についてその動作を説明する。

測定要素を積算電力計と同様に接続する。したがって回転円板の回転数は被測定量の電力に比例する。しかるに円板には前述の如く溝がきざんであり、その溝を通して光線が光電管に入るようになっているから歯の部分が出来た時には光線は遮断せられ、溝の部分が出来た時には光線が光電管に入射する。こうして発生した衝流数を f とすると

$$f = 8/60N \quad \text{ただし } N \text{ は円板の回転数}$$

故に衝流数 f は電力に比例することになる。

光電管に入射する光線と送出用継電器の動作との関係は送量器の電源として交流 110 V を取っているから光線が光電管に入射している間、光電管ならびにサイラトロンには半サイクル毎の間欠電流が流れることになる。しかし送出用継電器のコイルには適当容量の蓄電器が入っ

ていて濾波器をなしているから、送出用継電器を流れる励磁電流は平滑になり送出用継電器は光線の入射している間、働き続けているようになっている。4 図にその外観を示す。

4. 受 量 器

本器は到来衝流数に比例した直流電流を得る装置で受信継電器、一定電圧供給装置、充放電用蓄電器と濾波器とより成っている。

受信用継電器が動作するとその接点によって充放電用蓄電器の極性がその都度切換えられるようになっている。したがって計器回路に流れる充放電々流は一定方向でその値は次式の如くなる。

$$i = 2EC \quad \text{ただし } C \text{ は充放電蓄電器の容量}$$

E はこれに加わる電圧

しかし継電器が1回動作して元に戻ると充放電用蓄電器の極性は動作した時に1回、元に戻った時に1回と計2回変化することになるから計器を流れる電流値は下記のようなになる。

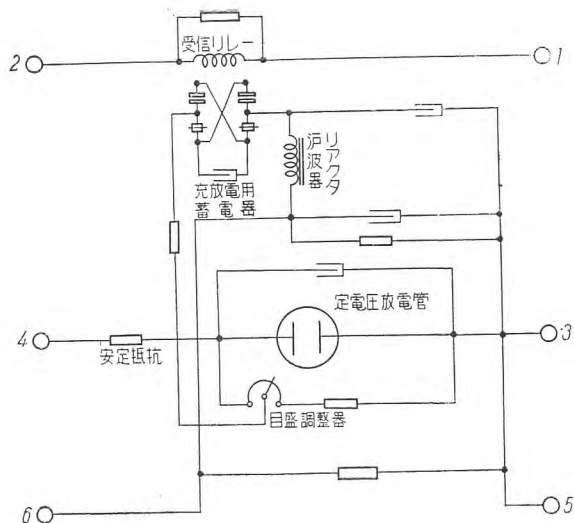
$$I = 4fCE$$

したがって定電圧供給装置で E を一定に保つから $I \propto f$ ということになり、直流電流計で所要電力を指示させることができる訳である。

しかし充放電々流をそのまま直流計器に流したのでは指針がちらついて指示を読みとることは困難であるので濾波装置を内臓している。5 図にその内部接続図を示し6 図にその外観を示す。

5. 零点移動

IM 型送量器の計測要素には定回転用電磁石を追加しているので定回転用端子に一定電圧を加えれば零点を移動させることができる。また電力の潮流のように方向によって士の両振れ用にもなる。



5 図 受量器内部接続図
Fig. 5. Connection diagram of receiver.

すなわち定回転要素に規定電圧 A-C 100 V をかければ計測要素に入力がかからない場合（零点を指示すべき時）でも送量器は一定の回転を続け一定の衝流を送出するので指示計の零点がそれだけ移動することになる。これで指示の零と計測装置の故障による指示計の指示とを区別する。

また両振れ用テレメータの要がある時には定回転要素に直列に入っている内部の調整抵抗の値を変えて、定回転要素のみで指示計の目盛部分の中央に零点がくるようにすればよい。

6. IM 型受量用指示計器

これは普通の 0.5 mA 直流電流計でもよいのであるが零指示付近における指針の振れを止めるため、また応答度を向上させるため、鉄心に特殊な形をとらせて零位置すなわち全目盛の 1/12 の点付近迄は非常につまった目盛で、零位置から全目盛迄は均等目盛になるようにした特殊な計器を用いている。したがって IM 型においては最大衝流数 8/sec という今迄の 36/sec, 25/sec に比べて非常に少ないのに指針のちらつき速応度の点で今迄のものに比して少しの遜色もなく、かえって指針の振れの点では優れているものができた。

7. IM 型を利用した伝送方式

IM 型は前述の如く被測定量に応じた度数で回路を断続する送量器と、その回路につながっている継電器を持った受量器とによる遠隔測定方式であるから、伝送回路から見れば現用の遠方制御方式と同じことである。すなわち伝送回路は 2 図に示すようになる。したがって受量器の継電器をいろいろと取換えることによって在来の遠隔測定に用いられたような弱電流・微小電圧によって伝送することも、あるいは現在当社が実施して良い成績を挙げているように遠方制御と同じ位の電流・電圧によって伝送することもできる訳である。つぎに IM 型を利用

IM 型直送式遠隔測定装置・清水



6 図 IM 型受量器
Fig. 6. Type IM receiver.

する伝送方式の種類を挙げて見ることとする。

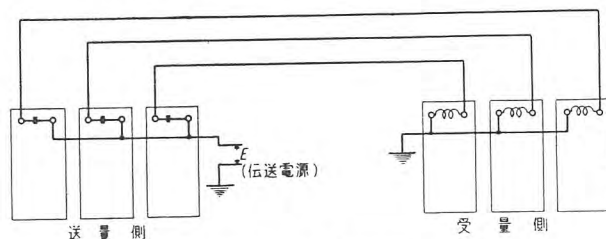
ア. 直流を伝送電源とする場合

線路の状態により受ける影響が少ないので最も一般的に用いられている場合である。しかしこの方式によると連絡線の数が一要素につき 1 本は必ず必要であって連絡線数が増大する、さらに D-C 電源が必要という欠点がある。けれども遠方制御と併用する場合のように D-C 電源はあり、さらに多種多様の要素を選択計測し、ごく少しの種類のみ常時測定するような場合には適している。この方式の

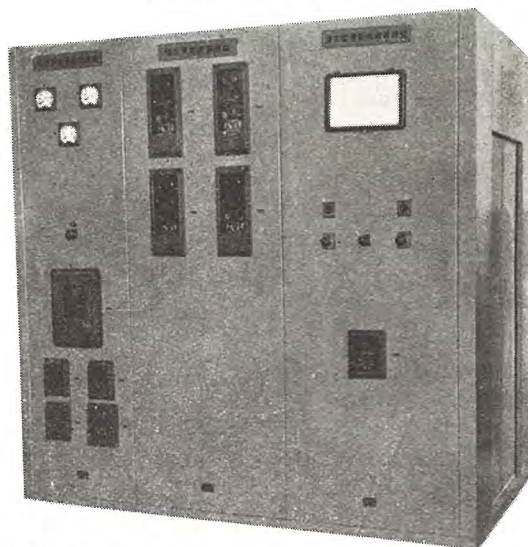
回路を 7 図に示している。この方式を実際に利用した例は国鉄東海道線笠寺・刈谷間、および尾張一の宮・枇杷島間にて現用されているものがそれで、その配電盤を 8・9 図に示す。

イ. 交流を伝送電源とする場合

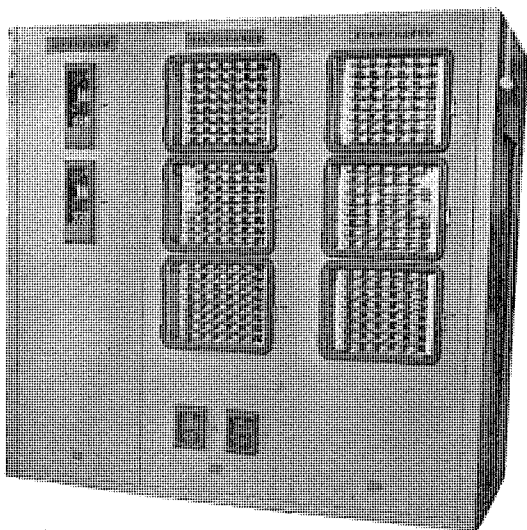
この場合は普通にある、A-C 100 V を電源としているので特別の電源を要しない。また 10 図のような接続



7 図 三要素遠隔測定の回路
Fig. 7. Schematic diagram of telemetering three elements by three wires.



8 図 尾張一の宮変電所用遠方制御遠隔測定盤（送量側）
Fig. 8. Telecontrol and telemeter panel for Owari Ichinomiya s/s (transmitter side)

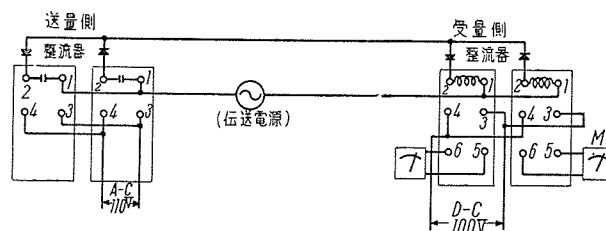


9 図 枇杷島変電所用遠方制御遠隔測定盤 (受量側)
Fig. 9. Telecontrol and telemeter panel for Biwajima s/s (receiver side)

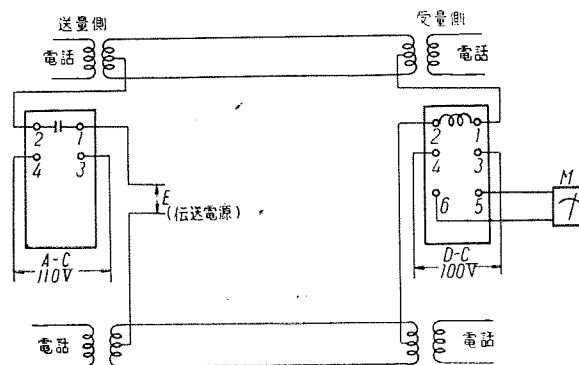
にすれば一回線で二要素を送送できるという特長がある。しかしながら線路における影響を受けやすいこと、他回路に影響を及ぼし易いこと等の点が短所である。したがって比較的近距离で簡単に遠隔測定したい場合に利用される。

ウ. IM 型と電話とを共通回線で伝送する場合

既設の電話線があってその回線で遠隔測定と電話とを共用して送ろうという場合で、一般にこの場合が多い。この場合は周知の如く重信回路を利用するのであって、その一例として 11 図に四国電力向の柚原川第二・第三 P/S 間のテレメータ系統図を示している。11 図において判るようにこの場合には中継線輪その他の保安装置が多く入要となる。また帰線として大地を利用した場合であるがその線路の特性によっては誘導電圧等の問題もあるので 12 図に示すような二回線を利用する方法を取ら



10 図 一回線にて二要素測定回路
Fig. 10. Schematic diagram of telemetering two elements by one circuit.

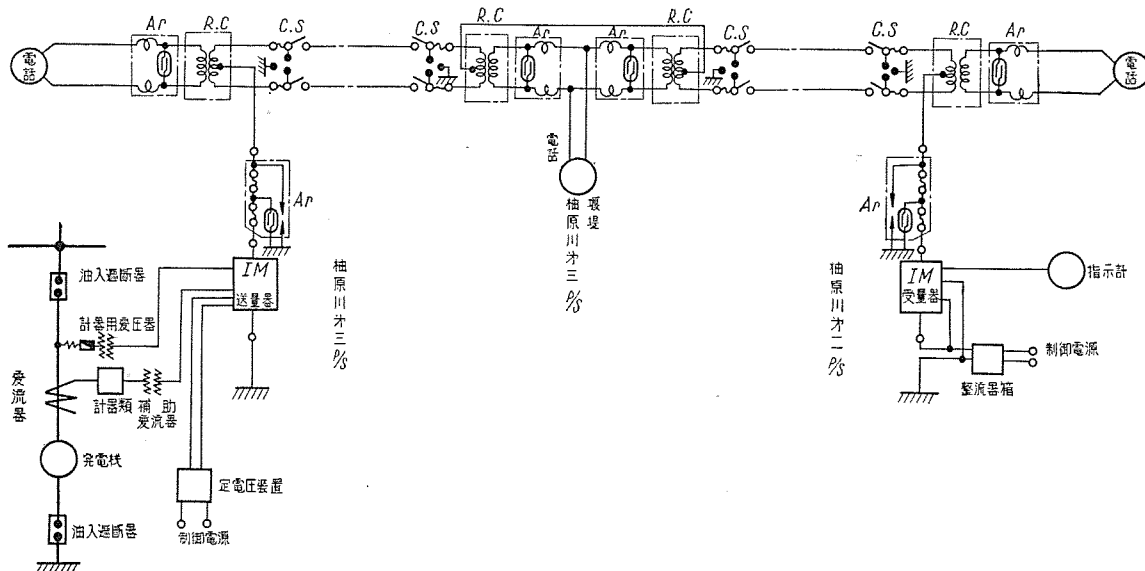


12 図 二回線を利用し得る場合の回路図
Fig. 12. Schematic diagram of a single telemeter to be operated on two circuits.

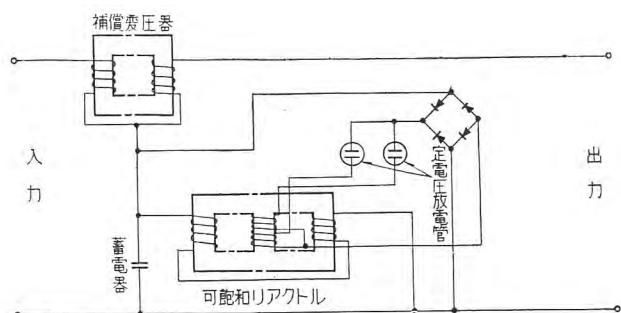
ねばならない場合がある。

8. 定電圧装置

IM 型に限らず定回転要素を追加しているテレメータには一定電圧を加えることを要する。その定電圧をいかにして得るかということになる。したがって当社では電源電圧 $\pm 30\%$ の変化に対して $\pm 2\%$ 以内に収まる簡単な装置を利用している。この装置の内部接続図を 13 図に示している。13 図より明らかなようにこの装置は、鉄共振によって定電圧を保つと周波数によって変化するか

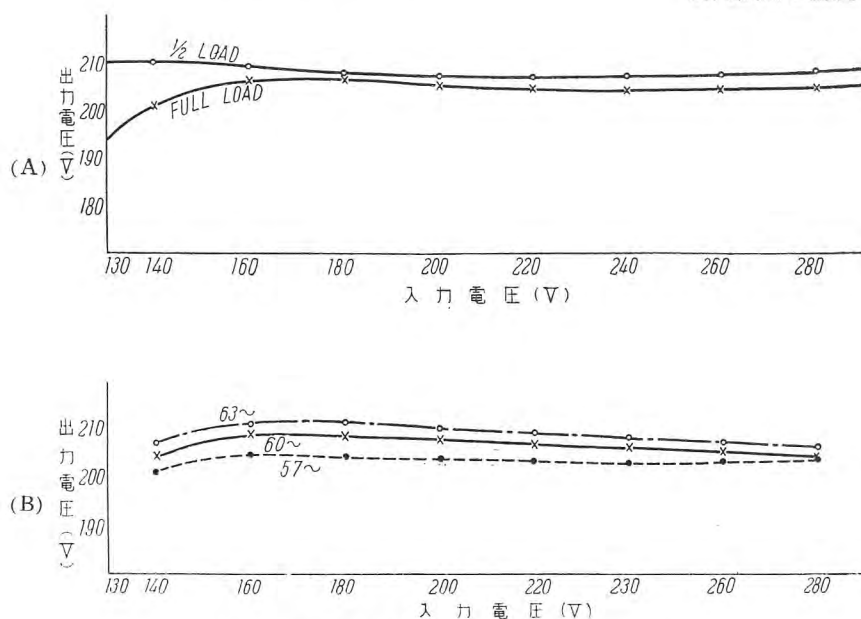


R.C.: 中継線輪
C.S.: 複合開閉器
Ar: 着空避雷器
11 図 四国電力柚原川第二、第三発電所間 IM 型遠隔測定装置系統図
Fig. 11. Schematic diagram of type IM telemetering equipment.



13 図 RV-2 定電圧装置接続図

Fig. 13. Connection diagram of type RV-2 voltage stabilizer.



14 図 RV-2 型定電圧装置特性曲線

Fig. 14. Characteristic curves of type RV-2 voltage stabilizer.

ら、鉄共振回路と同一回路にして鉄共振によらないでそのリアクトルのリアクタンスを出力回路電圧の変化によ

って変化させるようにして一定電圧を保つようにしたものである。すなわち整流器を通して定電圧放電管を入れその電流によって励磁する可飽和リアクトルを利用しているのである。そして定電圧放電管回路の電圧誤差を補償変成器にて補償する。その特性の一例を挙げると 14 図の如くである。

9. むすび

遠隔測定というものができて遠方制御と相まって各発電所間の距離が無視できるようになることがその理想とする所である。したがって遠隔測定においても普通の所内機器の監視をする場合と同様の安直さと確実さをもつてできるようにしなければならない。

また経済的に普通の計器に継電器を付した位でできることが必要である。経費的に余り大がかりなものだと費用に応じた精度のものでないと普通配電盤計器級ではつまらないということになり、さらに単に監視するだけでは惜しいので記録するということになる。そうすると安直には使えないので遠隔測定の本来の目的がゆがめられてくる。もちろんいろいろの事情もあり距離・連絡線・計測要素数・付近の電界の様子等によりその最も適した方式を選択されねばならないが、遠方制御の電鉄変電所あるいは自動発電所等用として低廉で安直に使える衝流式の遠隔測定装置として IM 型遠隔測定装置は適当であると思う。

風冷式密封型イグナイトロン整流器

伊丹製作所

加 藤 又 彦*

Sealed-off Type Air-cooled Ignitron Rectifiers

Matahiko KATO

Itami Works

A demand for mobile d-c substations is now on the increase in Japan. Recently Mitsubishi has supplied to the Nankai Railway Company a 1500-kW 600V d-c 12-tank-unit sealed-off air-cooled Ignitron rectifier mounted on an electrical car. To withstand the severe condition of weather changes throughout the year as well as the mechanical vibration of cars, special consideration has been given in its design. During the regular test in the delivery of the apparatus, all the overloading conditions with exceptional severity were met successfully with no arc-back. The operation with an actual load has also been proved very satisfactory.

1. ま え が き

ポンプ付イグナイトロン整流器は風冷式で 3,000 kW, 1,500V 級まで 6 タンク方式で実用化される程度に発達したのであるが、これらはすべて排気装置を装備して、常時整流タンク内のガスを排気する必要がある、ある程度の排気処理と密封技術がほどこしてあるに過ぎない。

この種の整流器をもって遠方制御自動変電所を設計するときは真空監視の事項が運転、制御の要素を大きく左右し、自動変電所成立条件の信頼性を低下せしめている。よって排気装置を除去した整流器の出現の要望は最近とみに強調されつつある状況である。

このときにあたり当社は従来溶接機用直流電源として多数生産してきた小型、水冷式密封型イグナイトロンの製作技術を基礎とし、最近の溶接技術とヘリウムガス検漏器による漏洩探知技術によって大型、大容量の密封型イグナイトロンの製作に成功するにいたった。

大電容量の風冷式イグナイトロン整流器の完全なる密封には整流タンク内の吸蔵ガスの排気が完全に実施されることが前提であり、そのためには従来採用してきた電流化成の方法の内容を密封型イグナイトロンの性格

に合致すべく分析、検討しなければならなかった。

当社では溶接機用小型水冷式イグナイトロンはすべて高温熱化成を徹底的に行い、整流タンク内吸蔵ガスを排気した上で封じ切っている。この高温熱化成のみで電流化成を行わないで封じ切ったイグナイトロンがいわゆる密封型(シールドオフ型)イグナイトロンと称するものであり、これに対して高温熱化成と電流化成とを併用して吸蔵ガスを排除して製作したものをポンプなしイグナイトロンと呼び区別している。これは米国の区別基準⁽¹⁾にしたがった区分である。両者は排気用ポンプ装置を具備しない点では同一性格であるが、製作過程と使用材料の点で差異があり、整流タンクの最終寿命が両者の優劣を判定する鍵となることは明かである。

今般製作した南海電鉄向 1,500 kW, 600 V, 12 タンクの風冷式イグナイトロンはすべて密封型のものであり、定格としては 300%, 1 分間ずつ、5 分間隔に 10 回負荷しうる超重負荷公称定格とも称しうべきものであり、1,500V に使用したときは、3,000kW, 1,500V, 重負荷公称定格の容量を有するものである。続いて南海電鉄、西ノ庄変電所用として 750 kW, 600 V, 1 組; および 3,000 kW, 1,500 V, 12 タンク方式の重負荷公称定格の密封型

イグナイトロンを製作中である。

本文は密封型、風冷式イグナイトロン整流器の構造、特長、気密度、および試験結果をそれぞれ記述するとともにポンプなしイグナイトロンをも研究用として製作し真空度が負荷電流により如何に変化して行くかを実験したのでガス吸着と設計の問題とをともに考察、検討せんとするものである。この大容量密封型イグナイトロンは完成後、運転の日なお浅く、決定的結果が判然としていないがここでは設計者としての立場から各項目にわたってその概要をご紹介する次第である。

2. 設計の基礎概念およびイグナイトロンの構造

既製の小型、水冷式、密封型イグナイトロンの標準寸法とその製作経験よりして、大型、大電流容量の、定格として最も利用度の高い整流タンクの選択とこれが構造に対して次の一般の方針が採択された。

ア. 開発、研究には単極型整流器が至便であり、研究試験中に新しい知識や経験が得られることが予想されるから、その知識を一日も早く利用し、完成品とするためには単極イグナイトロンが最も適しており、かつ種々の用途、熱処理、および使用回路に関して完全に自由度を確保するためにも、単極型整流器で構成されなくてはならないという結論に到達した。

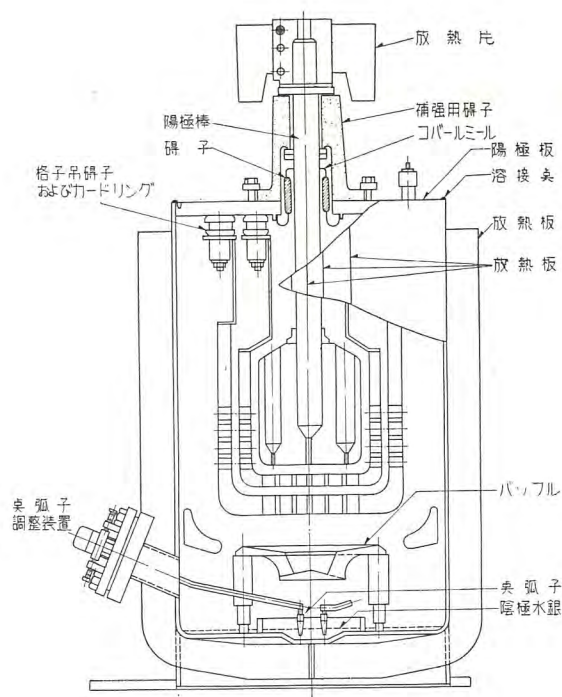
イ. 機能の低下したイグナイトロン整流タンクを容易に分解、再生し得るという条件は密封型整流タンクといえども考慮されるべきであるが、耐真空密封の利点を犠牲にしてまでこの分解、再生作業を重視した設計があってはならない。よって風冷式イグナイトロンにおいては再生作業は密封型イグナイトロンからポンプなしイグナイトロンに変成される設計とした。

ウ. 整流タンクの構造に関しては一つのタンクをでき得る限り高電圧、大電流容量に適するように製作するという目標以外に輸送に便利な安定な、かつ強靱なものにするという点を主眼にせねばならなかった。なんとになればこの種、密封型イグナイトロンタンクに対しては破壊は致命的であるからである。

簡単な陽極構造による極限容量の達成と材料の選択ならびに工作技術の点では物理的条件と関連する清浄操作を最も重要視した。最新の理論に準拠した構造様式とこれに伴う清浄性確保のための処理施設の整備、建設を急務中の急務とした。

エ. 整流タンク気密度の確認と確保のために製作工程途中ならびに最終期にヘリウムガス検漏器による高感度の試験方法を随時実施しなくてはならない。そのための制限条件が整流タンクの構造を複雑化してはならないし、また化成により一度達成された整流タンク内真空状態が低下するようなことがあってはならない。

オ. ヘリウムガス検漏器と熱化成とにより達成しうる高真空度が電極間放電間隙の設計目標と合致しかつ点弧



1 図 風冷式密封型イグナイトロン整流器
Fig. 1. A cross section of the sealed-off ignitron.

子の寿命と協調性を有しなくてはならない。

以上の一般方針にもとづいて次の構造がうまれたのである。

(1) 密封型整流タンクの構造

1 図に密封型風冷式イグナイトロン整流タンクの断面図を示したものである。真空外被と陰極部の構造は従来のポンプ付イグナイトロンと何等特殊にかかわった特長を有しないが構成材料は耐熱性と気密性の点からステンレススチールを使い、溶接はすべてイナートガス溶接を採用している。

陽極棒と陽極板；格子の口出部；点弧子の口出部は共にコバロイシールとよぶガラスとコバロイとの溶着により封じ切っている。これは耐熱性と気密性を基本条件とした設計である。そのうち陽極棒と陽極板間の密封部の絶縁ガラスは陽極棒と陽極頭の重さにより補強を必要とすることは明かであり、ことに輸送時の安全性よりみて強力なる碍子補強を実施した。この構造は震動対策のみならず保安と保熱の作用を兼用せしめている。

さらに重視すべきことは陽極頭の吸蔵ガスの排出と軽量化のための形状と格子自体の構造と放電路長との協調である。これらは密封型であるために熱化成を基底とした真空処理である。また従来応々経験されたグラハイト製品から飛散する炭素粉末の問題を克服すべく特別な処理を行い、さらに高温処理により灰分の固定化を計った。

炭素粉末飛散の主原因は真空低下が主因であるが逆電圧によって強く加速された正イオンがグラハイトに衝突することによっておこるもので逆電流を制限することによりこの作用は相当軽減されうるとしても水銀整流器

の本質的問題であって陽極頭および格子のグラハイト自体の表面に付着している遊離しやすい粉末を事前に処理してしまっている。この点では電流化成を徹底的に行えば上記の理由により粉末はどうしても落下して陰極水銀面上に堆積するが熱化成を行えばこの点完全に解決されるので当社では熱化成を採用している。またタンク壁の吸蔵ガスを排出するためには熱化成に優る方法は他にないことを確信する。

陽極端子および格子吊端子が放電路にあれば端子の熱特性からその絶縁耐力は低下することは明かであるが、当社の密封型イグナイトロンは高温熱化成を実施するために従来の考えとはまた別な考慮を必要とする。よって特別な端子を使いまた遮蔽リングをつけて表面を保護するとともに放電間隙を形成し内部真空度の測定の役目を受持っている。

その他吊金具類の構成材料と処理および組立は熱化成を基準として選択され、吸蔵ガス、水素分子の拡散防止などすべて一貫して協調性をもたした設計である点が今回の特長である。

(2) 点弧子の寿命

点弧子の寿命は逆宣伝の具に使われているように聞くとこれは使用経験のない方の単なる危惧であることは従来のポンプ付イグナイトロンで5カ年以上の実績が出ていることからみて明白である。点弧子の質的改良は着々に行われ、今回使用のものは一段と進歩、改良されたものでその信頼度は倍加された状況にある。現用のイグナイトは1本平均7カ年の寿命があることは確実であり、現在の密封型イグナイトロンはイグナイトを2本挿入するのを標準としているためその整流タンクのイグナイトの寿命は平均14年以上ということになる。この1本7カ年の寿命というのは平均値であって最大値ではない。アメリカの最大値は1本、16カ年の寿命のものがあつたと報告されている。また今回南海電鉄へ納入した密封型イグナイトロンは点弧子の浸漬度を外部から自由に動かさうる特殊構造となっている。この点も当社独特の設計で

あり、負荷の変動および周囲条件に適合しうる構造であることに特長がある。

(3) 移動変電所用イグナイトロン整流器

今回南海電鉄に納入した移動変電所は1,500kW, 600V 12タンクの風冷式密封型イグナイトロンであり、上記の整流タンクを6タンク共通の床板に一例に配置し、その床板の下に防震ゴムを挿入して移動時の衝撃を緩和する方式とした。2図は電気車内の整流タンクの配列を示した写真である。

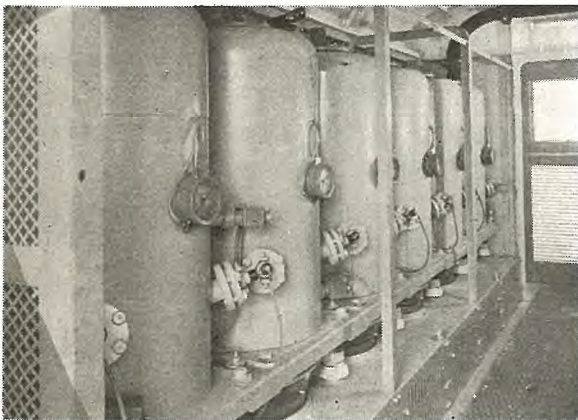
内部構造については上述したとおりであるが部品の破損、ねじのゆるみがおこらないように特殊のワッシャを使い、またできうる限り部品どうしを溶接して脱落を防止した。移動変電所は直流車と交流車の二車両よりなっており、特別に整流器室を設けて温度調整を行いうるようになっているので夏季の高温に耐えうる設計であると共に冬季の寒冷時には陰極、陽極の両加熱器をそれぞれ投入して整流タンクを加熱する。風の吹く方向により6タンク一群の一群が温度差を生ずるおそれがあるため、6タンクを一組として温度調整ができうるようにしてある。

冷却扇は1/2HPのモータによって駆動され、風の取入口は車の側壁として砂塵その他紙くずなどの侵入するのを防止している。冬の寒冷時には車内の暖かい風が循環しうるようになっておりその風の調整を車内の窓にて三段に切替えうる。車内は狭小であるため600Vの直流電位にある整流タンクをアクリル樹脂で透明な絶縁板をへだてて絶縁し対人保護作用をもたしていると共にこの絶縁樹脂は車内の風の動きを制御する役割をも演じている。

3. 試験結果

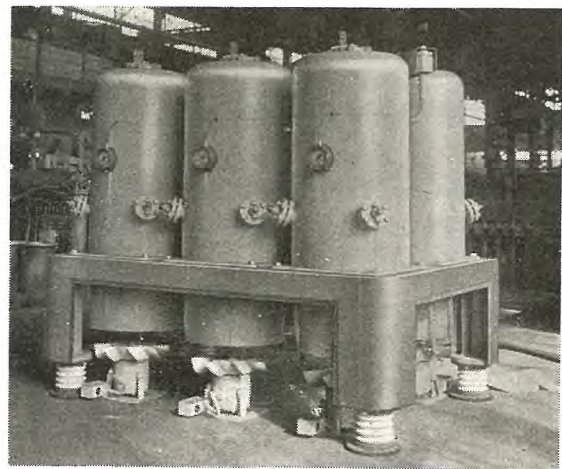
ア. 負荷試験

南海電鉄向 1,500kW, 600V, 12タンク、の密封型イグナイトロンを3図に示すような固定床板に6タンク配列して750kW, 600Vの超重負荷試験を2回にわたって実施した。そのうちの一群の負荷試験結果が4図である。



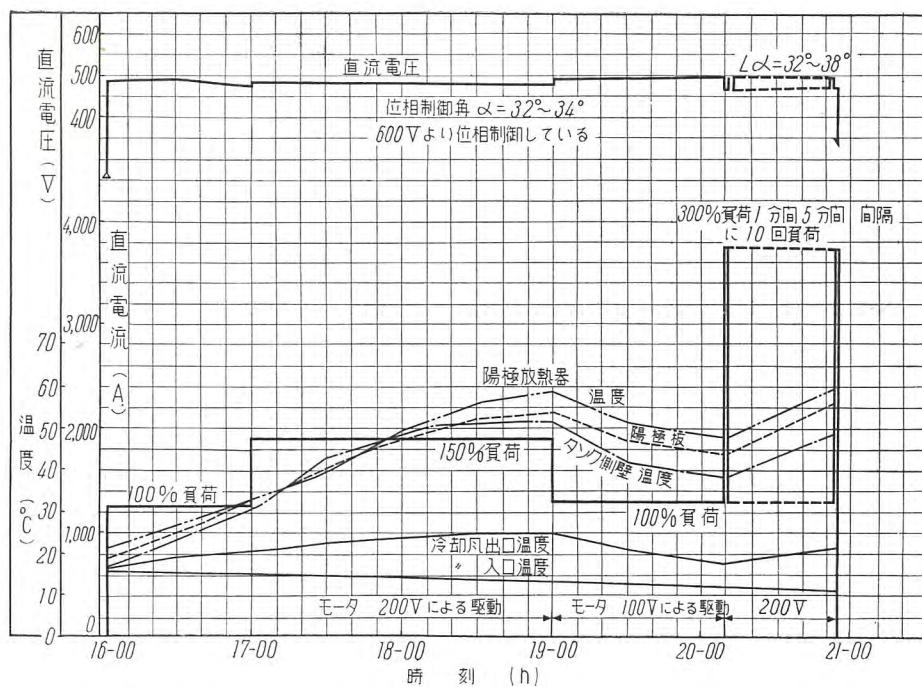
2図 移動変電所内密封型イグナイトロン整流器

Fig. 2. Internal view of D-C rectifier on a mobile substation.



3図 750 kW 600 V 6タンク超重負荷公称定格風冷式密封型イグナイトロン整流器

Fig. 3. A 750 kW 600 V D-C 6 tank unit of sealed off type air cooled ignitron rectifier.

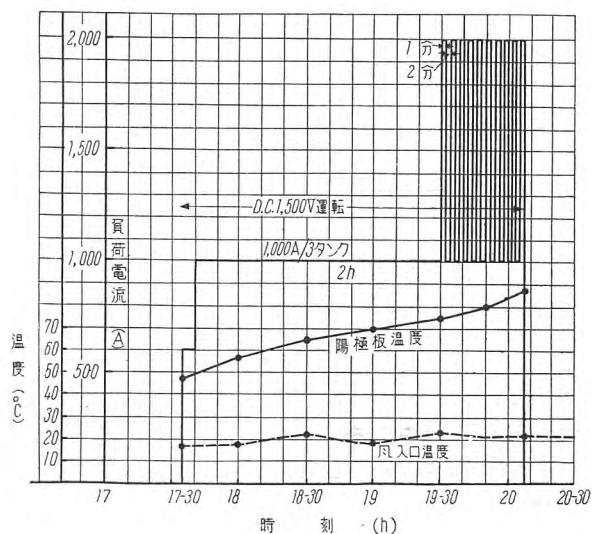


4 図 750 kW 600 V 超重負荷定格試験 風冷式密封型イグナイトロン整流器 6 タンク
Fig. 4. Load test of 750 kW 600 V D-C sealed off type air-cooled ignitron rectifier.

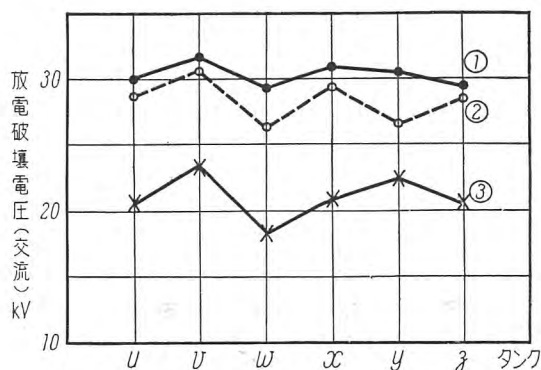
この試験は苛酷な負荷条件下におくため負荷としては逆変換装置(インバータ)を使い、被試験器の直流定格電圧 600 V を 500~480 V にまで点弧子により電圧制御して位相制御をしたままの状態 で 750 kW, 100 % 負荷 1 時間, 150 %, 2 時間さらに, 100 % 1 時間負荷後, 100 % 負荷を基底として 300 % 負荷 (3,750 A) 1 分間ずつ, 5 分間隔に 10 回印加した。また別の一組の 6 タンクでは 150 % 負荷, 2 時間後 150 % 負荷を基本負荷として 300 %, 1 時間の尖頭過負荷を 5 分間, 間隔にて同様 10 回印加した。この尖頭過負荷時といえども位相制御率 10~20 % の状況下で行っていることは有意義であり; 尖頭

知試験

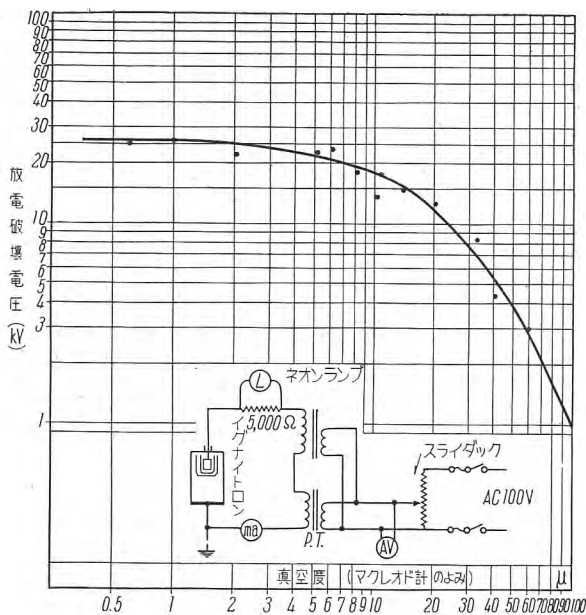
4 図の 750 kW, 600 V の負荷試験を実施する直前に整流タンクの極間耐圧試験によって整流タンク内の真空度を確認し, その後負荷試験を行いさらに 10,000 A 以上の短絡試験を 5 回行った後, 真空度の変化の有無を確認するためにもう一度耐圧試験を行ったのが 6 図である。6 図中②の曲線は負荷試験前の 6 タンクの陽極—タンク(格子を含む)間の放電破壊値を示したものであり, ①の曲線は負荷試験後 6 時間以上放置し, 整流タンク内がほぼ室温となった状況下の放電破壊値である。両放電値を比較してみると負荷試験後のものが試験前のものに比べて一率に良好化している。これは通電したことによるアークの吸収作用(化学作用を含む)の結果であると判断している。



5 図 3 タンクによる 2,000 kW 1,500 V 相当の負荷試験
Fig. 5. Load test of a 2,000 kW/2 ratings 1,500 V D-C 3 tank unit of sealed off type air cooled ignitron rectifier.



① は負荷試験後 12 時間目 ② は負荷試験前
③ は負荷試験直後
6 図 整流タンク内真空度探知のための耐圧試験値
Fig. 6. Breakdown test of rectifier tank in order to measure the gas pressure of tank.



7 図 整流タンク内真空度探知曲線

Fig. 7. Breakdown curve of the sealed-off ignitron.

③の曲線は負荷試験直後に測定した値であり、各整流タンクの温度は $(50^{\circ}\pm 2^{\circ})^{\circ}\text{C}$ の範囲にあるため整流タンク内部は水銀蒸気圧がたかく、そのために放電値も低く出ている。よって整流タンクの真空度の変化を感知するのは負荷試験直後に行っても意味がなく、周囲条件を一定にしてから行うべきであることを示したものである。

また整流タンク内の極間耐圧試験の放電値から内部真空度の絶対値を知ることは7図に示した曲線によらなくてはならない。この曲線は同一種の整流タンクによってあらかじめ真空度と放電値とを測定したものであり、それを規準にして放電値から逆算してタンク内真空度を推定探知している。真空度が 10μ より低下したときには7図により明かなように探知が容易であるがそれより良好な真空度の範囲では判定は困難である。

ウ. 研究試験

(1) 密封型整流タンクの耐逆弧性能の測定

逆弧には正常逆弧と異常逆弧との区別がある。後者の逆弧原因はいろいろ考えられているがその一つとして陽極頭表面上の不純物に基因するものがある。この不純物を密封する以前に除去するために8図に示すような直流高圧回路を使って陽極-陰極間に一定の逆電圧を印加して人工的の短絡すなわち逆弧を誘発せしめるものである。

この試験条件は点弧、補助および格子回路をすべて正規の運転状態としており、冷却条件も一定範囲に限定しているため逆耐圧印加期間是非通電期間と等価であり、短絡発生の確率試験として最も適切である。一定値で数回放電することもあるがスイッチを開放しない限り自動的に直流逆電圧が反覆印加され電極間の希望耐圧が確保されるまで放電することになる。

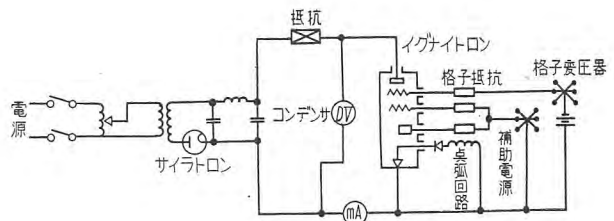
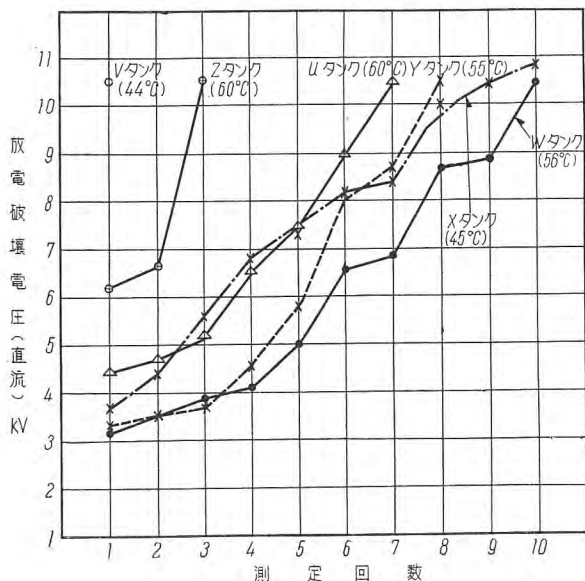
これによって直流負荷時の初期における異常逆弧を未然に防止することができると共に過大な逆弧電流を随伴

しないために密封型イグナイトロンの真空低下が防止し得て実に有効である。もし正規通電中に異常逆弧を発生すれば変圧器の二次側の短絡であり、そのために過大電流が流れてタンク内吸蔵ガスがタンク内に遊離してくるので必然的に真空の低下をおこす可能性がある。しかしつぎにのべる逆弧発生限界探知試験ではこの結果は余り明瞭でない。8図の測定結果をみるに6タンク中U, W, X, Yの4タンクは大体同一傾向を示し直流耐圧限度が測定回数に比例して増大しており、その割合は $1\text{kV}/1$ 回である。しかしZとVタンクは異常を示し、Vタンクは最初の1回の印加で所定の 10.5kV に耐えうる逆耐力を保有している。この点何が故にかくなるか詳細は不明であるが逆弧を誘発する諸因子が少ないことは明白である。

この試験はポンプ付整流器の処女化成後にも応用して有効であることが実証されており、その他長年軽負荷にて運転されたイグナイトロンの負荷増大時の一時的逆弧率の増大を未然に防止することもできうるものと思う。この試験は上記の利点があるばかりでなく整流タンク内の真空度の探知に極間耐圧測定方式を採用する限り、放電の不整現象を除去するためにぜひ実施しなくてはならない方法であると考え、あえてこの実施を提案する次第である。

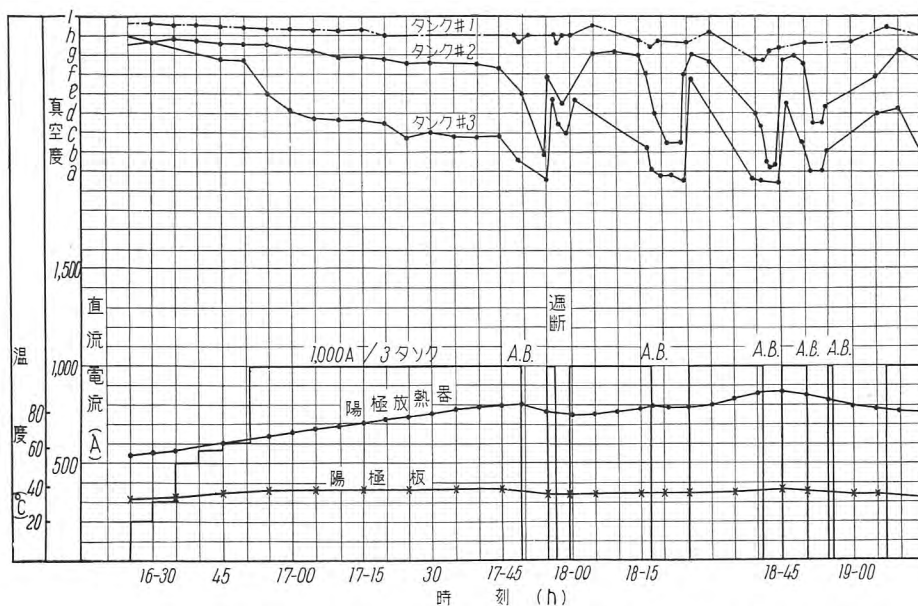
(2) 逆弧発生限度探知試験

密封型イグナイトロン整流タンクの内部真空度が何ミ



8 図 直流逆電圧印加時の短絡発生曲線

Fig. 8. Breakdown test curve by applying D-C reverse voltage.



9 図 風冷式密封型イグナイトロン逆弧限度探知負荷研究試験
直流電圧 1,500 V 3 タンク使用 (2,000 kW 1,500 V 6 タンク等価試験)
Fig. 9. Load-limit test curves on three sealed-off ignitron tanks at 1,500 V D-C.

クロンまで低下したならば逆弧発生率が急変するかという一限度を探知するために3タンクを使い、各整流タンクに専用の排気装置を設けて熱化完成品で試験を行った。各整流タンクは予め主排気管の一部にそれぞれ異なる微小漏洩箇所を作っておき主コックにより排気装置とは隔離してある状態で3タンクにて1,500 V, 1,000 A の一定負荷を印加した。9 図はその時の試験結果を示したものである。#1, #2, #3 の3タンク中#3のみが著しく真空低下して極間短絡を発生し逆弧となっている。#3は1時間負荷後 b ミクロンとなり第1回目の逆弧を発生したが逆弧後は a ミクロンに低下した。しかし1,000 A/3タンクを負荷すると真空度は d ミクロンに向上している。その後研究のため負荷を遮断して真空度を測定したが c ミクロンであった。また再負荷すると d ミクロンに向上している。その後15分間負荷すると#3タンクのみは b ミクロンに低下してきて逆弧している。かかることが反復しているこれから逆弧発生の限度を引出すことは無理であるが一応 c ミクロンは危険限界であり、 d ミクロンが安全保証域とみなすことができる。

ついで600 V 級の限度を探知せんものと同一方式で10 図に示すように300% 1分間の過負荷試験を行った。この試験では T ミクロンになるも逆弧は発生していない。理由は不詳であるが T ミクロンは数十ミクロンの領域であって従来の常識から判断すると奇異の感をいだかせるものであった。この理由は明良でないが直流電圧の低下は真空度の運転許容度を著しく低下せしめることは明良である。

4. 考 察

以上の密封型、風冷式イグナイトロンの負荷試験および性能研究の内容についてさらに解析を行ってみよう。

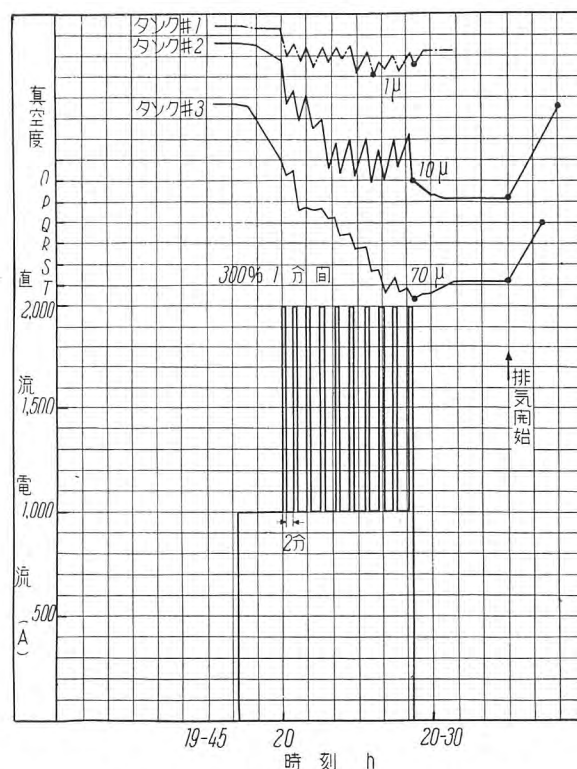
風冷式密封型イグナイトロン整流器・加藤

ア. 化成分と定格との関連性

密封型イグナイトロンの化成分には電流化成分と高温熱化成分の二種類がある。高温熱化成分というのは当社において密封型イグナイトロンを製作するために使った新方式であってその内容はタンク全体を高温炉に挿入して赤熱状態に保ち整流タンク内の吸蔵ガスを全て排出せしめる化成分である。前述したとおりポンプなしイグナイトロンは熱化成分と電流化成分とを併用して製作されたものであって整流タンクの構成材料と目標、用途によって制限され、区別される特性を付与されている。この区分は

用途により左右され、経済的背景をもっているため密封式とポンプなしイグナイトロンとを比較して優劣をつけることは一概にはできない。しかし熱化成分をあえて実施せんとする目標は次の項目に依存するものである。

- すなわち (i) 気密度の永続性が大きいこと。
- (ii) 整流タンク内部品の活性化を保持することができて物理的、化学的クリーンアップ



10 図 風冷式密封型イグナイトロン逆弧限度探知負荷試験
直流電圧 600 V 3 タンク使用 (600 V 4,000 A (300% 負荷)) 等価試験

Fig. 10. Load-limit test curves on three sealed-off ignitron tanks at 600 V D-C.

1 表

	H ₂	N ₂	O ₂
N ₂	NH ₃		
O ₂	N ₂ O	NO, NO ₂	
C	CH ₄	(CN) ₂	CO, CO ₂
Hg	HgH	HgN, H ₂ gN	HgO, Hg ₂ O
Fe	H ⁺	Fe ₂ N, Fe ₄ N	Fe ₃ O ₄

残留ガス減少の時の化合物を示す。

- これらの化合物はつぎのものを除いて気体である。
 (1) 水銀化合物、固体であって容易に分解する。
 (2) 鉄の酸化物と窒化物は泥状である。

ブ現象を期待しうる。

- (iii) 化成方法が簡単でその期間が短日時であること。

電流化成を行うものはその電流定格に合せうるように電流値を選定し真空低下度を把握することができるがその場合には整流タンクの局部的加熱と炭素粉末の離脱は避けられない。さらに重大なことはタンク壁内面の活性化は余り期待できない。ことに密封した整流タンクが外線故障電流を流す時には当然吸蔵ガスがタンク内に遊離してくる。この遊離ガスはアークの吸収作用（化学反応を含む）によってのみ吸着固定するものであってその点熱化成の整流タンクとは著しい差がある。アークの吸収作用というのは物理的および化学的クリーンアップ現象と 1 表に示す化学反応を包括した作用である。

以上の推論により熱化成の温度と熱化成実施期間とは整流タンクの寿命と電流定格を決定することになる。在来のポンプ付イグナイトロンの電圧、電流定格は整流タンクへの漏洩とポンプの排気能力が平衡した良真空度のもとにあると仮定して論じたものであるが密封型となると真空低下はヘリウム検漏器で漏洩限度を規定しており、漏洩量を次式以下に限定している。

$$0.32 \times L \times 10^{-10} \text{ mmHg/l/s} \quad (1)$$

L = 整流タンク内空気量 (l)

しかし短絡電流または尖頭電流によって化成時の温度以上の高温に一局部が達すればその箇所からはガスが放出される。かかることが反覆されれば当然真空度は低下し、定格電圧にても短絡するにいたる。その時がこの整流タンクの寿命である。今逆に寿命を一定限度におさえればタンクの電流定格値を熱化成の内容よりして規定しなければならぬ。

しかし真空低下は結果こそ

明良に具現されるもそのよってきたる過程は複雑そのものである。一つの鉄板を水素ガス分子が拡散して整流タンク内の真空度を低下せしめる数式としては次式がある。

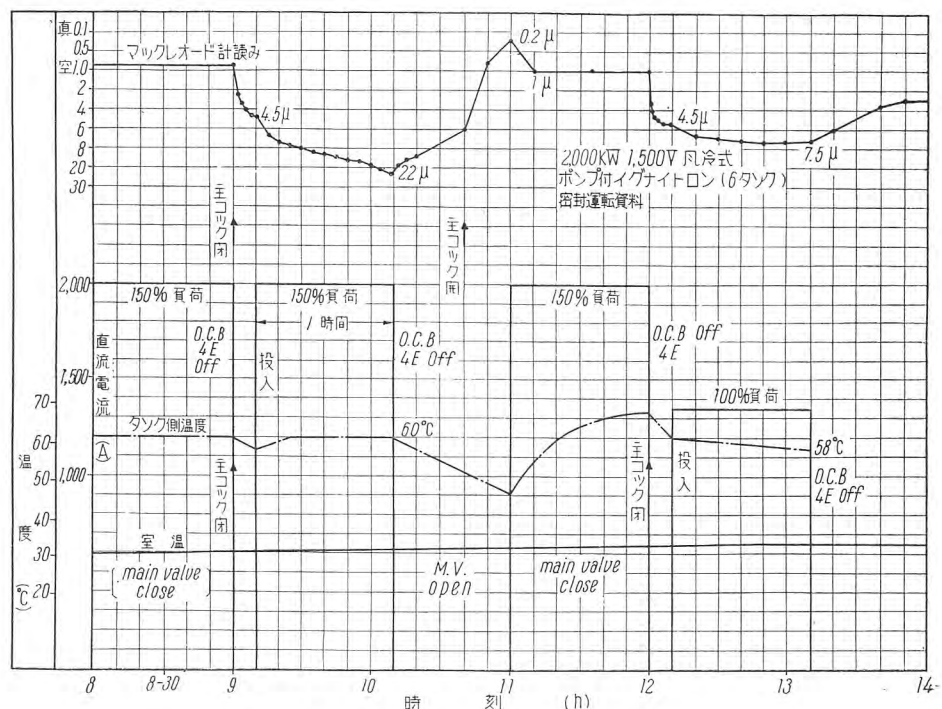
$$Q = D \cdot K \cdot \frac{A}{d} \sqrt{P} \quad (2)$$

Q = ガス量, A = 面積 (cm²)
 D = 拡散係数 (cm²/sec); d = 鉄板の厚さ (cm)
 P = 圧力 (ガスが鉄板内に拡散してゆく鉄板上の圧力)

この式により熱化成の限界域を規定することができると共に製作後の整流タンク内へガス分子が拡散して行く量を定量的に示すこともできる。以上のような拡散といい、漏洩といい、真空度の問題に直接関係する事項を整流タンク内面の活性化によって補償されるべく何等かの手段をうつべきである。この観点からして熱化成が最も優れた方式であると結論せざるを得ない。

イ. 整流タンク内真空度と放電間隙の課題

逆弧発生の限度を知る負荷試験の資料よりしてわかるように一度真空度が低下しているものを再負荷すると真空度がかかなり向上する。しかし負荷電流を連続して流しているとまた徐々に低下してゆく。この現象は整流タンク内の水銀蒸気による攪乱作用と化学反応による一時的現象のように考えられる。しかし 11 図に示すようにポンプ付イグナイトロンの電流化成時の密封運転においては上記のような現象はあらわれず、負荷すると同時に真空度は低下の傾向を示す。また負荷を断ってタンクを冷却すると真空度は一定値に落着く。この現象は整流タンク内の水銀蒸気の攪乱とアークの化学反応がみとめられないで次式で示される関係が成立しているとみなすべきで



11 図 ポンプ付イグナイトロン密封化成の資料

Fig. 11. Ignitron of degassing pumped type air cooled ignitron.

ある。

$$\frac{P_2}{P_1} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

(P_1, T_1 は整流タンク内ガス圧と温度
(P_2, T_2 はマックレオード計内ガス圧と温度)を示す。

これは整流タンク内ガス圧の温度変化による膨脹が主因であることを示し、アークの吸収作用は二次的であることを証明している。

以上の事実よりしても熱化は密封型整流器においては必課化であることが推定できよう。

ポンプ付イグナイトロンにおいては整流タンクの一部からの漏洩と排気ポンプの排気能力とが一定条件下において平衡している。たとえ尖頭過負荷電流が短時間流れそのために吸蔵ガスの一部がタンク内に放出されたとしても排気ポンプのために内部真空度低下は旧に復する作用があって常時好条件に保持されるため放電間隙は一定値におさえて逆に化生の限度、漏洩、気密度を規定して満足せしめるように努力した歴史的事実がある。しかし密封型整流タンクでは最高耐圧容量と最大電流容量を兼

備するように設計すべきである。現設計では極間耐圧は7図のような結果でありこれに設計常数を挿入して破壊電圧曲線を描くと12図がえられる。この図中の曲線(A)は7図の関係をバッシュェンの法則により書き替えたものであり、(B)曲線は空気中の放電開始電圧特性を文献より得たものである。(C)曲線は最小放電開始条件を決定するための理論式より誘導した計算式を曲線化したものである。すなわち

$$E_s = E_{s0} \left[\frac{p \cdot d}{(p \cdot d)^{E_{s0}}} \right] \quad \dots\dots\dots (4)$$

E_s = 放電開始電圧
 E_{s0} = " の最小値 = 360V と仮定する
 p = ガス圧力
 d = 放電間隙距離

故に $E_s = 360 \left[\frac{p \cdot d}{5} \right] \quad \dots\dots\dots (5)$

9図、10図の試験結果を12図に記入すれば斜線の左の領域が有効使用範囲となる。

ウ. 保守について

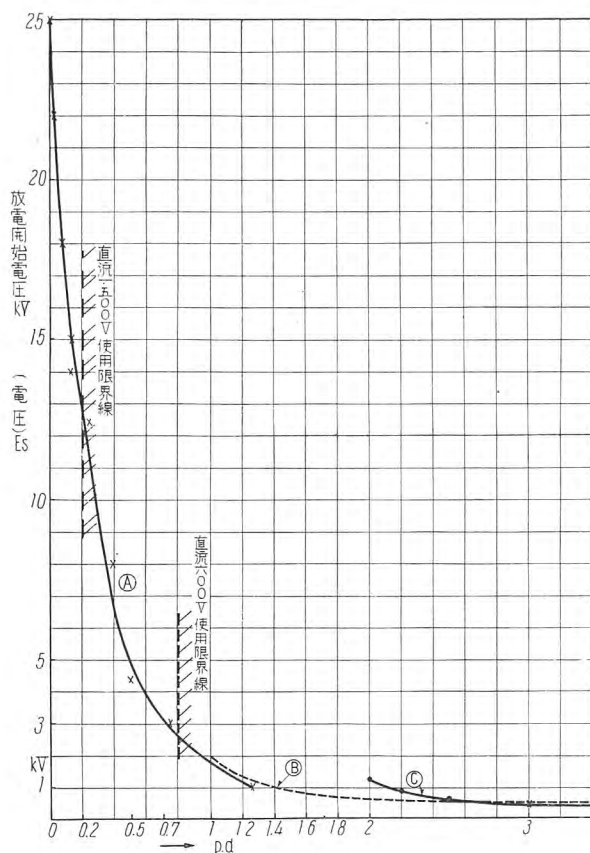
密封型イグナイトロンの開蓋、点検を要すると判定する故障内容は最終的には逆弧発生率の頻度である。しかし保守される立場からみれば真空度の低下という結果になるが運転中僅か真空度が低下したからといって保守される方には手の下しようがないと申して過言でない。予備タンクと切替え交替、交替に使うという保守技術がたとえ要求されても上述のように厳密の意味での漏洩はありうることでありアーク吸収現象に依存するとしても不良化しつつある真空はやはり時間の問題であって保守技術によって好転を期待することは望めない。したがって今回の密封型イグナイトロンの保守上の責務は冷却条件の保守と絶縁低下の防止の二点につきとえられる。

よって運転保守上まだ経験したことのない一沫の不安観が潜在するかのようと思われるむきもあると思うが決してかかる不安定なものではなく、製作技術と再生可能の構造により近き将来この種イグナイトロンが標準化されることを確信するものである。

5. むすび

以上は1,500kW, 600V, 2,500A, 12タンク、超重負荷公称定格の風冷式密封型イグナイトロンの試験結果ならびに研究結果の一部を報告したものである。

今般南海電鉄へ納入した風冷式密封型イグナイトロンは移動変所用のものであり、電気車に積載して随時移動せしめる点で整流タンクの構造に特殊の配慮を払ったものである。ことに密封型整流器の大容量のものを積載した点では日本最大の記録品でこれが設計、指導にあたられた南海電鉄の技術関係各位のご尽力のおかげにより完成をみるにいたったものであり、ここに本紙上をかりて



12 図 冷却状態におけるイグナイトロン整流器放電開始電圧曲線

- (A) 曲線 今般開発したイグナイトロンの特性曲線
- (B) " (空気中の放電開始電圧) - (真空度) × (放電間隙) 特性
- (C) " 最小放電開始間隙を決定する特性曲線計算式

$$E_s = 360 \left[\frac{p \times d/5}{1 + \log_e p \times d/5} \right] \quad \begin{matrix} p = \text{ガス圧力} \\ d = \text{極間距離} \end{matrix}$$

Fig. 12. Breakdown voltage-pressure-distance curves of sealed-off ignitron.

厚くお礼申上げる次第であります。

また本整流器の製作から試験にいたる間、工作部関係各位のご労苦、ご尽力は筆紙に尽し難く感謝のきわみであり、報告責任者として深く、厚く御礼申上げると共に今後とも撓まぬ研究と技術の研鑽に関係者一同、整流器界へのご奉公を誓って擲筆する次第である。

追 記

ア. $0.32 \times L \times 10^{-10} \text{ mmHg} \cdot \text{l/s} \dots\dots\dots (1)$

上式はヘリウムガス検漏器の感度を一定値におさえておき、その感度より計出して1カ年間にLリットルの真空タンク内にガスが漏洩して1カ年に1ミクロンに真空度が低下すると仮定して逆算して得た数式であり、現在商談中の密封型イグナイトロンのうちGZ-40型について適用される基準式である。

イ. $Q = D \cdot K \cdot A / d \sqrt{p} \dots\dots\dots (2)$

金属を透すガスの拡散は \sqrt{p} に比例するという法則によって次の関係式から誘導される

$$Q = -DA \cdot \frac{dc}{dx} \quad \text{単位時間に単位 } A \text{ の面} \\ \text{積をとすガスの量} \\ A = \text{単位面積, } D = \text{拡散常数} \\ \frac{dc}{dx} = x \text{ 点におけるガス濃度傾度}$$

またcは金属の単位量内のガス量でおきかえられる故

$$Q = \frac{DAK}{d} (V_1 - V_2) \\ \left(\begin{array}{l} V_1 = \text{真空タンク外面のガス量} \\ V_2 = \text{真空タンク内面のガス量} \end{array} \right)$$

すなわち $Q = \frac{DAK}{d} (\sqrt{p_1} - \sqrt{p_2})$

整流タンク内は真空であるとせば $\sqrt{p_2} = 0$

よって $Q = \frac{DAK}{d} \sqrt{p}$ の式を得る

ウ. $E_s = E_{s0} \left[\frac{\frac{p \cdot d}{(p \cdot d)_{E_{s0}}}}{1 + \log_e \frac{p \cdot d}{(p \cdot d)_{E_{s0}}}} \right] \dots\dots\dots (4)$

上式の誘導は次のとおりである。

電界の方向1cmあたり1電子がイオン衝突をおこす数 α は次の関係にある。

$$\alpha = \frac{1}{L} e^{-E_1 \cdot q / E \cdot L} \dots\dots\dots (a)$$

しかし $E_1 = \text{電離電圧}$
 $L = \text{電子の平均自由行程}$
 $d = \text{陽極——陰極間距離}$
 $E = \text{陽極——陰極間電圧}$

また、陽極電子電流 (I_{ea}) と陰極電子電流 (I_{ec}) との間には次の関係がある。

$$I_{ea} / I_{ec} = e^{\alpha \cdot d} \dots\dots\dots (b)$$

また $I_{ea} = \frac{I_{ec} e^{\alpha \cdot d}}{1 - \gamma (e^{\alpha \cdot d} - 1)} \dots\dots\dots (c)$

自続放電がなりたつためには (c) 式にて

$$1 - \gamma (e^{\alpha \cdot d} - 1) = 0 \\ \therefore e^{\alpha \cdot d} = 1 + \frac{1}{\gamma} \dots\dots\dots (d)$$

もし γ の値がガス圧および電界に無関係であると仮定しかつ放電開始電圧 (E_s) の α の値が ((a) 式による) (d) 式により置換できるとすれば、放電開始電圧 E_s は次式となる。

$$E_s = \frac{E_1 \frac{d}{L}}{\log_e \left[\frac{\frac{d}{L}}{\log_e \left(1 + \frac{1}{\gamma} \right)} \right]} \\ \text{すなわち } E_s = \frac{A \cdot E_1 \cdot p \cdot d}{\log_e \left[\frac{A \cdot p \cdot d}{\log_e \left(1 + \frac{1}{\gamma} \right)} \right]} \dots\dots\dots (e)$$

上式にて $A = 1/p$ $p = \text{ガス圧力}$

上式は放電開始電圧はガス圧と放電間隙との積に関係あることを示しいわゆる Paschen の法則である。

上記の曲線は次の条件で最小値をもつ

すなわち $(p \cdot d)_{E_{s0}} = 2.718 \times L \times p \log_e \left(1 + \frac{1}{\gamma} \right) \dots\dots\dots (f)$

また曲線の縦軸の漸近線は

$$(p \cdot d)_{E_{s\infty}} = L \cdot p \cdot \log_e \left(1 + \frac{1}{\gamma} \right) \dots\dots\dots (g)$$

最小の放電開始電圧; E_{s0}

$$E_{s0} = 2.718 \cdot E_1 \cdot \log_e \left(1 + \frac{1}{\gamma} \right) \dots\dots\dots (h)$$

(e) 式を (f)(h) の関係式にて簡略化すると

$$E_s = E_{s0} \left[\frac{\frac{p \cdot d}{(p \cdot d)_{E_{s0}}}}{1 + \log_e \frac{p \cdot d}{(p \cdot d)_{E_{s0}}}} \right] \quad \text{となる。}$$

参 考 文 献

- (1) "Electronic Converter Applications and Tubes" July 1952 A. I. E. E Papers and Discussions.
- (2) "Vacuum Equipment and Techniques" A. Guthrie and R. K. Wakerling.
- (3) A. S. E. A. Journal 1949. vol. 22.
- (4) A. I. E. E. Technical Paper 50-174. "Ignitron converters for high energy Particle accelerators".
- (5) 三菱電機第28巻第9号 加藤・坂上 風冷式 3,000 kW, 1,500 V イグナイトロン整流器.
- (6) "Industrial Electronics Reference Book" by Electronics Engineers of the Westinghouse Electric Corporation.

直 流 変 流 器

伊 丹 製 作 所

樺 沢 孝 治* 大 野 暁*

D-C Current Transformers

Takaji KABASAWA • Satoru OHNO

Itami Works

For the measurement, relaying and control on high voltage and large current d-c circuits as in the case of electric railways and electro-chemical industries, d-c current transformers and d-c instrument transformers of the saturation type have come into extensive use of late in the place of the shunt and the multiplier. They are featured by the safety due to the electrical isolation from high potential and also by sufficient output in response to the secondary burden. This article deals with the principle of these instruments and the performance characteristics and construction features of Mitsubishi Type T-D d-c metering transformers.

1. ま え が き

近時、電気鉄道、電気化学工業に利用される高電圧、大電流の直流回路における測定、継電、および制御用として、従来使用されてきている分流器ならびに倍率器に替って、飽和型の直流変流器および直流計器用変圧器の使用が盛んになってきている。

これら直流変成器が使用される理由としては、

- (1) 計器、継電器等の負担が直流回路の高電圧から絶縁されるので保安上安全度が高い。
- (2) 負担に応じた所要出力が充分にとり得るから継電その他の制御が任意である。
- (3) 接触抵抗および温度上昇等による特性への影響が少い。
- (4) 変流器の場合定格が大となる程、分流器に比較して資材が少く製作に容易である。

等の諸点が挙げられる。

当社においてはすでに戦前に化学用として記録品45,000A直流変流器を始め多数納入し、戦後はさらに電鉄用直流計器用変圧器を加えて製作を続けているがここに最近の

製品について一般の紹介をしてご参考に供したい。

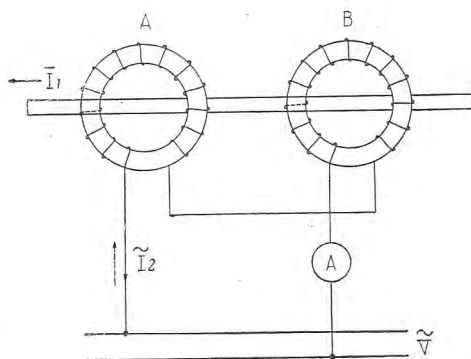
2. 動 作 原 理

飽和型直流変流器の原理的構造は1図に示される。すなわちA, B, 2箇の同様な鉄心線輪を直流回路に鎖交させてこれを逆直列の関係に交流電源に接続する。

かくして鉄心線輪および交流電圧が適当であれば、線輪を流れる交流電流は、直流回路電流に対応した値を取り、直流値が零の場合の交流値は実用的に充分小さいから電流変成に使用され得るのである。

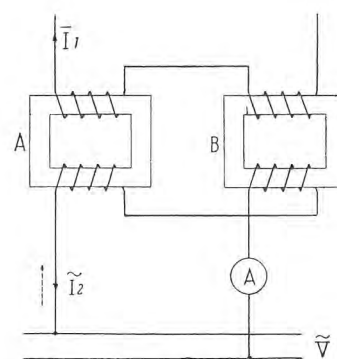
直流変圧器の場合は直流側を電圧線輪として電源に並列に接続すれば交流電流は直流電圧に比例した値を取り電圧変成の目的に使用し得る。

接続の関係は2図のとおりであって変流器、変圧器いづれも同様な原理によって作動する。便宜上変流器についてより作動の詳細を述べる。



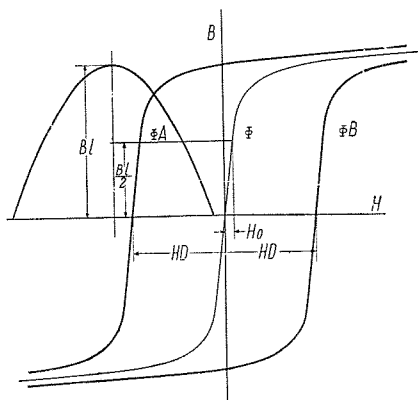
1 図 直流変流器原理構造

Fig. 1. Diagram of D-C current transformer.



2 図 直流変圧器原理構造

Fig. 2. Diagram of D-C potential transformer.



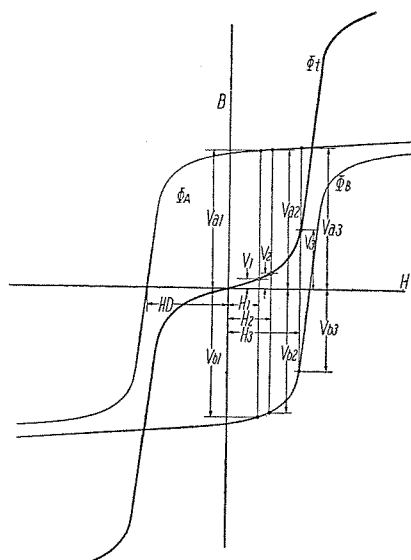
3 図 直流磁化による B-H 曲線の移動
Fig. 3. Shift of B-H curves by D-C magnetization.

鉄心の磁化特性を 3 図曲線 Φ と仮定する。
直流回路に電流が流れていない場合、2 箇の A, B, 鉄心線輪は交流印加電圧を等分に受けてその逆起電圧に対応する磁化電流をとるだけである。3 図において Bl を A, B, 両鉄心への印加電圧に相当する磁束密度とすれば鉄心 1 箇の磁束密度は $Bl/2$ したがって回路を流れる電流は磁化力 H_0 に対応した値をとる。

直流回路に電流が流れている場合は A, B, 鉄心線輪はそれぞれ直流励磁と交流励磁とを受けるのであるが、交流巻線が、逆直列に接続されているから或る交流周期において A 線輪で交直両磁化力が加わる関係であれば、B 線輪では反対に差関係となる。

したがってこの関係における A, B 両鉄心の交流側から見た磁化特性は 3 図 Φ_A, Φ_B の如く表わされる。すなわち磁化力が加わる鉄心の磁化特性は、本来の特性 Φ が直流磁化分 H_D だけ左に移動し、差となる鉄心では右に移動した形となる。

いま磁化特性 3 図、4 図の B 軸が磁束密度のみならず線輪に誘起す



4 図 合成磁化特性
Fig. 4. Resultant magnetization characteristics.

る電圧をも表わすものとしても差支えないから、4 図直流磁化 H_D に重畳して交流磁化 H_1 を加えたとすれば鉄心線輪 A における誘起電圧は V_{a1} 、線輪 B に誘起する電圧は V_{b1} であり、A, B, 線輪を含んだ端における電圧は V_{a1}, V_{b1} の合成 V_1 となる。

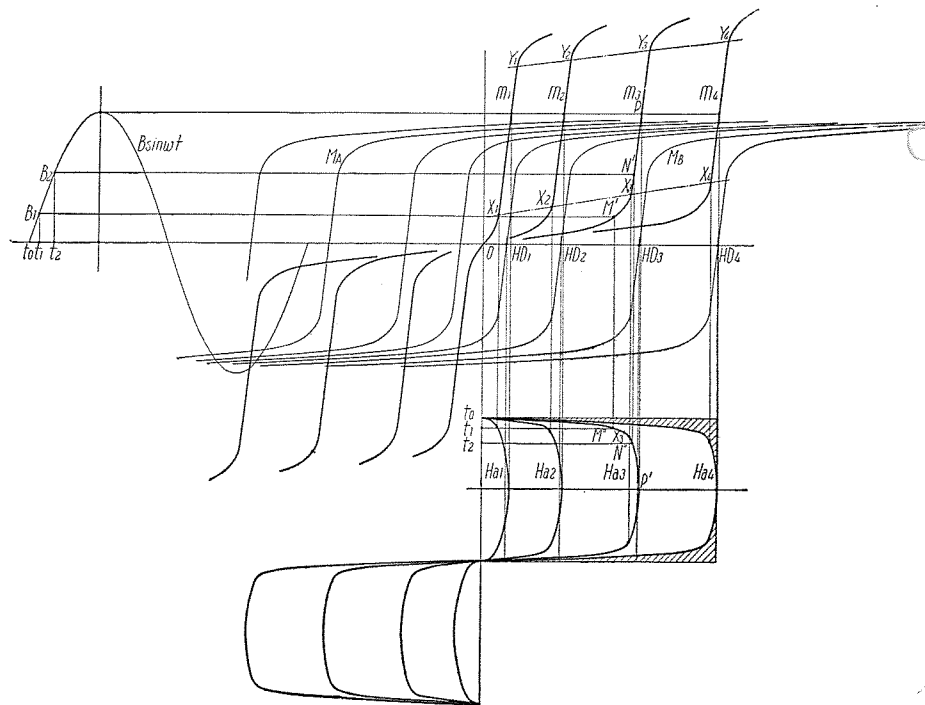
同様に交流磁化 H_2 および H_3 における各線輪の誘起電圧はそれぞれ V_{a2}, V_{b2} および V_{a3}, V_{b3} となり両線輪端の電圧は V_2, V_3 である。点 V_1, V_2, V_3 を連続した曲線 Φ_c はこの場合線輪の電圧特性であると共にまた A, B 両鉄心の磁化特性 Φ_A, Φ_B の合成でもあるから 1 図の関係においては、直流磁化を受けている両鉄心の磁化特性の和を特性とする鉄心を考えてこれを交流磁化することと同一である。

5 図は直流電流の各段階における両鉄心の合成磁化特性とこれにもとづく交流磁化力の関係を表わす。

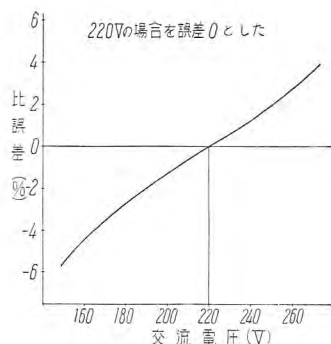
たとえば直流磁化力 H_{D3} で作動している場合各鉄心の磁化特性は M_A および M_B であり、その合成した特性は m_3 である。印加交流電圧に対応する磁束密度の変化を $B \sin \omega t$ とすれば、位相 t_1 において磁束密度 B_1 に対する磁化曲線の作動点は M' でありしたがって交流磁化力は $t_1 M'$ となる。さらに同様に t_2 における交流磁化力は $t_2 N''$ と理解され、これを位相 $0^\circ \sim 180^\circ$ に渉る各点について求むれば曲線 H_{a3} すなわち交流半周期における磁化力波形を得る。

直流磁化 H_{D1}, H_{D2}, H_{D4} の諸点について同様な要領を繰り返せば対応する交流磁化波形 H_{a1}, H_{a2}, H_{a4} が求まる。同図から $H_{a1}, H_{a2}, H_{a3}, H_{a4}$ は $H_{D1}, H_{D2}, H_{D3}, H_{D4}$ にほぼ対応して変化していることが判る。

若干の誤差を無視すれば交直両磁化力は平衡している

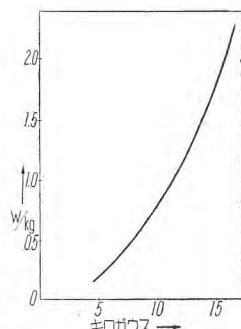


5 図 交直磁化力の関係
Fig. 5. Relation between A-C and D-C magnetizations.



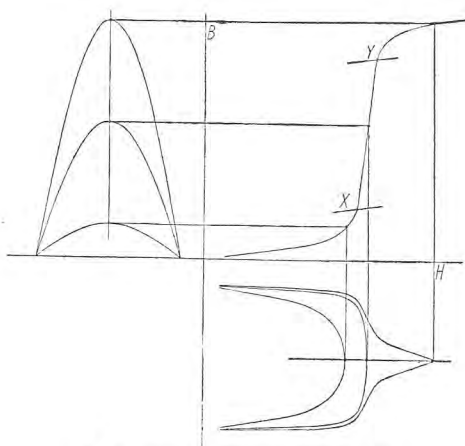
6 図 電圧特性

Fig. 6. Voltage characteristic curve.



8 図 使用材料の鉄損曲線

Fig. 8. Iron loss curve of the material.



7 図 交流磁束密度と波形の関係

Fig. 7. Relation between the A-C flux density and wave forms.

から適当な巻線比によって、あたかも交流変流器における如く直流電流を任意な比に変成できることとなる。

交流回路にそのまま負荷を接続して直流を交流に置き換えて変成することも、また交流回路に金属整流器を仲介して直流対直流に変成することも任意である。

3. 誤 差

ア. 鉄心の特性

鉄心の初導磁率が無限大であり、かつ完全飽和する場合においては合成磁化曲線 m_1, m_2, m_3, \dots は直立した X_1-X_4 は $O-H_{D4}$ 線に一致するので交流磁化波形は完全な矩形となってその交流周期における直流磁化力と全く等しくなり、交流電圧、周波数、および負荷の変動に影響されない。

磁化特性に或る程度の傾斜をもっている場合は交流磁化波形は矩形からくずれてその実効値あるいは平均値がその周期における直流磁化力に対して差を生ずる。5 図中斜線にその部分を示す。

また波形 H_{a3} の $X_3'-P'$ の部分は合成磁化特性の X_3-Y_3 部分の傾斜ひいては鉄心初導磁率によって支配され、 X_3-t_0 の部分は鉄心飽和特性によって定まる部分である。

直流磁化がない場合の前述 3 図に示す交流磁化力はいわゆる無負荷誤差となる。

鉄心が理想鉄心でない場合は自己の特性に原因する他交流電源の電圧、周波数、負荷および直流値の変動によ

って影響を受けて誤差を生ずる。

イ. 交流電圧の変動

5 図から明らかなように交流電圧すなわち交流磁束密度の大きさによって交流磁化力波形は変化するのでその鉄心として誤差最小となる電圧がある。電圧がその値から変動すれば誤差は増大する結果となる。

6 図は 100% 定格値における電圧特性の一例である。また交流磁束密度が 5 図 X_1-X_4 以下の場合、および Y_1-Y_4 を超える場合には波形は急激に変化し誤差を増大する。

7 図はその関係を示している。 X_1-X_4 、および Y_1-Y_4 は各直流電流値における合成磁化特性の屈曲点を連続した線である。

ウ. 周波数の変動

電圧一定とすれば周波数の増減は交流磁束の増減を来たす訳であるから交流電源周波数の変動は電圧変動と同様の結果を来たしその増減の関係は反対である。

エ. 負 担 の 変 化

鉄心線輪に実際印加される電圧は供与電圧から負荷の電圧降下を差引いたものであるから負荷の変化も電源電圧の変動と同様結果となる。

オ. 直流電流の変動

5 図において直流磁化の各段階における合成磁化特性 m_1, \dots, m_4 に対して B_{max} が作動する点は、 X_1-X_4 に比べて左側に移る程ずれ上る結果、直流側負荷が軽くなる程電源電圧が上昇した傾向をとる。

4. TD 型変成器の鉄心特性

鉄心材料の磁化特性いかんが直流変成器の性能のほとんどを決定する。磁化特性は磁化力波形を崩すだけではなく無負荷特性、電圧特性、周波数特性、および電流特性にも影響することは上述のとおりである。

5 図に示す交直磁化力の差に対しては交流巻線に巻戻しを施して電流補償を行うのが普通であるが、この方法は交流電源が定電圧、定周波数の条件において補償されるのであって電圧特性、周波数特性、電流特性に対しては有効とはならない。

これらの補償は簡単ではなく鉄心の特性に依存するのが捷路である。

当社 TD 型直流変成器は硅素鋼帯を鉄心材料としているのであるが、その磁気的特性は下記の如く優れたものである。

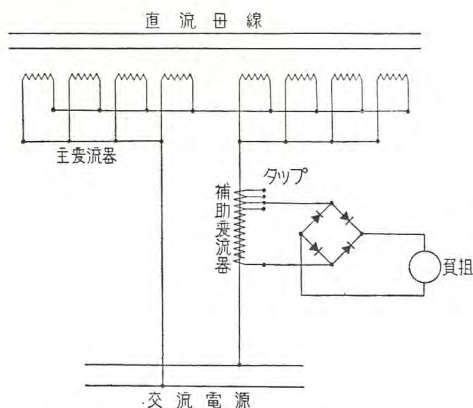
8 図は鉄損曲線である。

直流変成器における鉄心はかなり高い飽和領域で作動するのであるが後述直流変圧器の箇處で説明のように各鉄心における磁束変化はほとんど半波のみとなって半減するため鉄損は低い値である。

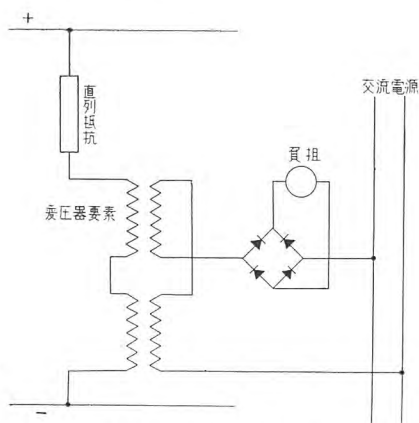
しかしその価は直流負荷の程度にほとんど関係しないから、軽負荷の場合ほど磁化分に対する鉄損分は大となる結果小電流域で誤差が増す傾向となり、鉄損の少ない材料を選ぶべきである。9 図、10 図は磁化特性である。

10 図の曲線 m は直流磁化 170er/cm における合成磁化特性、波形 $HO-P_2-HO'$ は交流磁束密度最大値 B_2 を直流磁束密度と等しくした場合の交流磁化力の作図であって平均値は約 92.5% である。

B_1 、および B_3 は B_2 の 90% および 110% の交流磁束密度、これに対応する磁化力波形は $HO-P_1-HO'$ お



16 図 補助変流器付直流変流器の接続
Fig. 16. Connection of the D-C current transformer with an auxiliary current transformer.



19 図 直流変圧器の接続
Fig. 19. Connection of D-C potential transformer.

直流変流器においては一般に5図に説明のように鉄心が完全飽和しないために直流負荷が軽いほど合成磁化曲線の作動点が上に移動すること、負担および巻線の電圧降下が交流側電流値に比例すること、および鉄損の影響によってその誤差曲線は17図に示す傾向をとる。

一方補助変流器すなわち交流変流器の誤差傾向は17図とは全く反対であって18図のような傾向を呈するから予め特性を見合せて製作された補助変流器の使用は、誤差を増加することはなく逆に補償するものである。

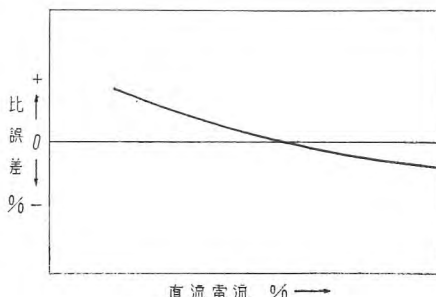
13図は25,000/5A 直流変流器と付属補助変流器の外観である。

オ. 直流計器用変圧器

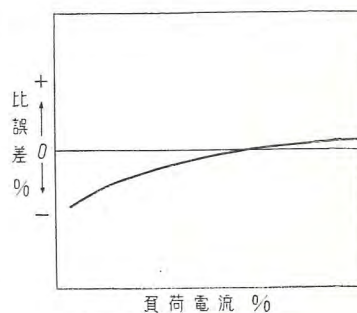
直流変流器要素に直流回路電圧に対応する分路電流を流せば電圧を変成できることとなり直流変圧器は全くこの原理によっていることは前述のとおりである。

消費電力の関係から分路電流は少いことが望ましいので直流巻線回数は相当多くしていることが変流器と相違する点である。20図は変圧器要素、21図は変圧器要素、直列抵抗、および負担用金属整流器をセットに纏めた写真で、19図はその接続関係を示す。

一般に飽和型直流変成器の鉄心は直流磁化で充分飽和しているのだから交直両磁化力が和となる場合の交



17 図 直流変流器特性
Fig. 17. D-C current transformer characteristic curve.



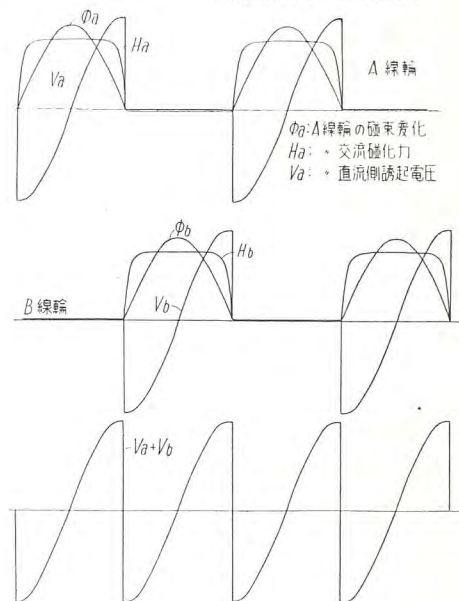
18 図 交流変流器特性
Fig. 18. A-C current transformer characteristic curve.



20 図 直流変圧器の要素
Fig. 20. D-C potential transformer element.



21 図 直流変圧器外観
Fig. 21. D-C Potential transformer.



22 図 直流側誘起電圧
Fig. 22. D-C side induced voltage.



23 図 直流巻線誘起電圧オシロ (線輪1箇について)
Fig. 23. Oscillogram of induced voltage on the D-C winding.

流周期では鉄心磁束の変化はほとんど起り得ず、磁化力が差となる機会にのみ磁束変化が起きる結果2箇の鉄心線輪交互に半サイクル置きに半波のみの磁束変化を生ずる。したがって直流巻線にはこの磁束変化によって2倍周波電圧を誘起する。

22図にその関係を示し、23図は1箇の鉄心における誘起電圧のオシログラムである。

直流主回路には上記電圧に起因する2倍周波電流が直流に重畳して流れ、これに対応する分だけ交流電流は増加して誤差を増す。

この現象は直流電圧の変化にはほとんど影響しないから交流電流の小さい箇所すなわち直流電圧の低い所ほど誤差として大きく響く。

直流変流器では一般に直流巻線は貫通1回でありかつ直流電流に対する重畳電流が小であるためにほとんどその影響がないのであるが、変圧器の場合は直流巻線回数が相当多い上に直流電流が少いから交流誘起の影響は大きい。交流側の重畳電流は、交流巻数に対する直流巻数

に比例するからしたがって直流巻数を少なくする程その影響が少いのは当然である。

しかしこの理由から直流巻数を減少すれば必要磁化力の関係から巻数の減少分だけ直流分路電流の増加を要するから直流側消費電力が嵩む結果をきたし、また交流側巻線を増加する方法をとれば巻数増加に応じて重畳電流も減少すると共に変成電流も同様に減少するために効果はない。その上、鉄心寸法を同一とすれば交流巻線のインピーダンス降下は2倍となり増加分だけ印加電圧を高くする必要すら生ずる。

結局消費電力と性能を兼ね合うように電流定格を選定する必要があり、直流、交流共 0.1A 程度が適当である。

直列抵抗は使用ワット容量を許容値より遥に低くとり温度係数の影響を抑えている。

変流器同様の鉄心材料を使用しており数回路の変圧器に対して共通電圧計を切換えて使用できるものである。

6. 定 格

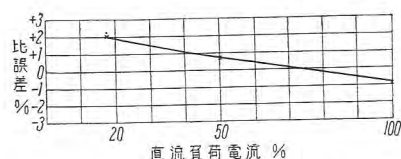
直流変成器の定格は下表を標準としている。

直 流 変 流 器

直流電流	回路電圧	二次電流 (交流または直流)	交流電圧 (50c/s または 60c/s)	出 力 負 担	補助変 流 器
A	V	A	V	VA	
2,000	1,500	1	220	2	なし
3,000	"	1	"	2	"
4,000	"	5	"	10	"
5,000	"	5	"	10	"
6,000	"	5	"	10	"
7,500	"	5	"	10	"
10,000	"	5	"	10	付
15,000	"	5	"	10	"
20,000	"	5	"	10	"
25,000	"	5	"	10	"
30,000	"	5	"	10	"
35,000	"	5	"	10	"
40,000	"	5	"	10	"

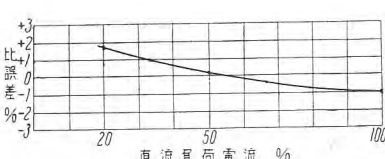
直 流 変 圧 器

直流電圧	直流電流	二次電流 (交流または直流)	交流電圧 (50c/s または 60c/s)	出力負担
V	A	A	V	VA
600	0.1	0.1	220	2
600	0.1	0.1	220	10
1,500	0.1	0.1	220	2
1,500	0.1	0.1	220	10
2,000	0.1	0.1	220	2
2,000	0.1	0.1	220	10



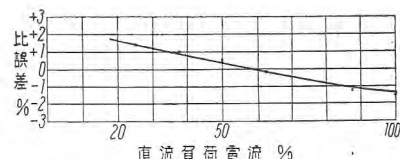
24 図 直流変流器 2,000/1 A 1,500 V 50 c/s 220 V 試験成績

Fig. 24. Test results of D-C current transformer.



25 図 直流変流器 3,000/1 A 1,500 V 50 c/s 220 V 試験成績

Fig. 25. Test results of D-C current transformer.



26 図 直流変流器 4,000/5 A 1,500 V 50 c/s 220 V 試験成績

Fig. 26. Test results of D-C current transformer.

上記標準以外の定格および母線寸法等について特殊の仕様の製作は可能である。

7. 性 能

当社 TD 型直流変流器の標準精度は下記のとおりとしている。

直 流 変 流 器

誤差限度 定格交流電圧、定格周波数、定格負担のもとに負荷電流 100%~20% の範囲を通じて誤差の限度 $\pm 2\%$ 、ただし誤差は

$$\frac{\text{公称変成比 } K_n - \text{測定変成比 } K}{\text{測定変成比 } K} \times 100\%$$

電圧特性 定格周波数、定格負担において定格交流電圧 $\pm 10\%$ の変動に対して負荷電流 100%~20% の範囲を通じ、誤差の限度 $\pm 2\%$

周波数特性 定格交流電圧、定格負担において定格周波数 $\pm 10\%$ の変動に対して負荷電流 100%~20% の範囲を通じ、誤差の限度 $\pm 2\%$

直 流 変 圧 器

誤差限度 定格交流電圧、定格周波数、定格負担のもとに定格直流電圧の 100%~50% の範囲を通じ、誤差の限度 $\pm 2\%$ 誤差の算定は変流器の場合と同様

電圧特性 定格周波数、定格負担において定格交流電圧 $\pm 10\%$ の変動に対して定格直流電圧の 100%~50% の範囲を通じ、誤差の限度 $\pm 2\%$

周波数特性 定格交流電圧、定格負担において定格周波数 $\pm 10\%$ の変動に対して、定格直流電圧 100%~50% の範囲を通じ、誤差の限度 $\pm 2\%$

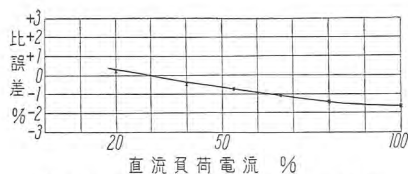
8. 製 品 の 性 能

当社製品試験成績の一例を下記に掲げる。24 図~27 図は直流変流器、28 図に直流変圧器の誤差を示す。

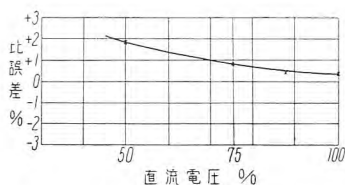
29 図は変流器の電圧特性、30 図はオシロの一例である。

9. 可逆型変成器

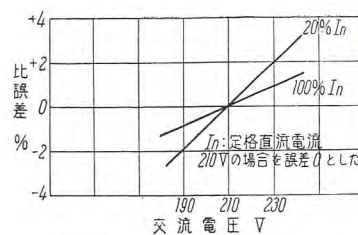
飽和型直流変成器はその本質上 31 図のような特性と



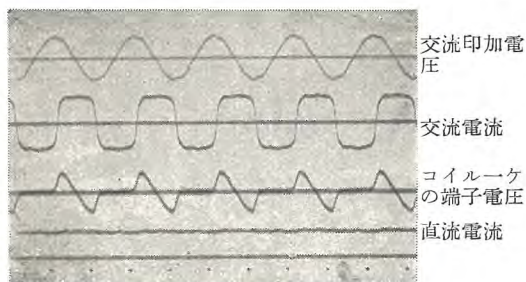
27 図 直流変流器 7,500/5 A 600 V
60 c/s 220 V 試験成績
Fig. 27. Test results of D-C current transformer.



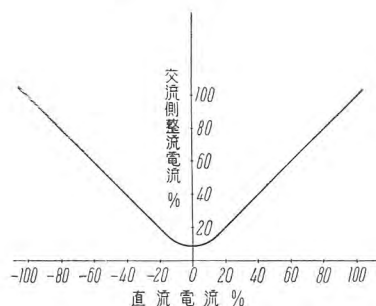
28 図 直流変圧器 2,000/0, 1 A 60 c/s
220 V 試験成績
Fig. 28. Test results of D-C potential transformer.



29 図 直流変流器電圧特性
Fig. 29. D-C current transformer voltage characteristic curves.



30 図 直流変流器 7,500/5 A オシロ
Fig. 30. Oscillogram of 7,500/5 A
D-C current transformer.

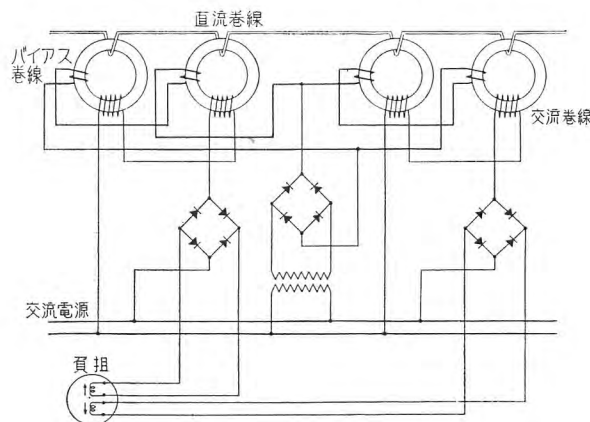
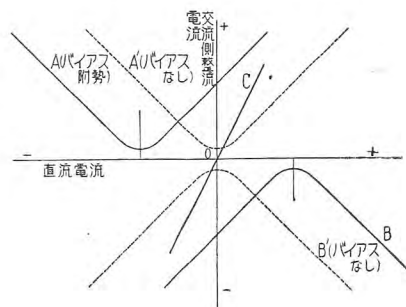


31 図 直流変流器一般特性

Fig. 31. General characteristic of D-C current transformer.

32 図 Push-pull 接続直流変流器の特性

Fig. 32. Characteristic curves of D-C current transformer in push-pull connection.



33 図 Push-pull 直流変流器の接続

Fig. 33. Connection of push-pull D-C current transformer.

なるのは止むを得ない。すなわち直流側電流の極性変換に対しては応動せず電流の値が変成されるだけである。

また直流側に電流がない場合においても交流側は無負荷電流を採るため曲線は O 点を通らない。

したがって電流方向が変り得べき回路に、または電流あるいは電力の積算用として上述の普通型をそのまま使用することは適当でない。

当社 TD-B 型可逆直流変成器は全く上記の用途に使用すべき型である。同型はいわゆる push-pull 方式であって接続図は 33 図に示すとおりである。

すなわち普通型の変成器にバイアス巻線を施したもの 2 組を組合せ出力側回路を負担に差動的に接続する。

バイアス巻線がなければ 2 組の変流要素の出力電流は 31 図曲線に応じた値をとるから同一となり、負担内において打消し合うだけであるが、バイアス回路が付勢されればおのおの変流要素のバイアスの関係は反対であるから 31 図の曲線は 32 図のようにバイアス分だけずれる。したがって直流側電流に対する各要素は異った値をとりその電流差が負担に対する作動分となる。

直流側電流と差電流の関係すなわち負担に対する作動特性は曲線 A, B の合成である線 C にほかならない。

線 C は点 O を通過する直線となり、極性に対して応

直流変流器 樺沢・大野

動し、また無負荷および小電流域の特性が補償されることが明かである。なおこの型に使用される負担はダブルコイルとする必要がある。

10. むすび

以上飽和型直流変成器の原理、誤差について説明しかつ当社製品の性能ならびに試験成績の一例を紹介した。

さらに高性能のものの製作について目下研究中であるが現在製作中の 70,000 V 直流送電用変成器と共に追って発表し得ることと思う。

参 考 文 献

- (1) 磁器増幅器の特性とその応用

三菱電機 第 25 巻 第 8 号

- (2) For instrumentation of D-C circuits

WESTINGHOUSE Engineer

March 1954

ホトグリッド法を用いた塑性加工性の研究

研 究 所

福 家 章*・辻本義明*

Studies on Plastic Formability using A Photo Grid Method

Akira FUKE・Yoshiaki TSUJIMOTO

Engineering Laboratory

In the evaluation on the plastic formability of metal, the measurement of the size and distribution of the strain around the periphery of deforming parts is called for as an indispensable factor. A grid method, though it has long been in use for the purpose, is not satisfactory on account of its complicated arrangement and insufficient accuracy. On the other hand, a photo grid method has been markedly improved against these defects by applying the photo process. Its high precision and speedy measurement has made this method highly applicable to the problems of the forming lately, furnishing with valuable information.

1. ま え が き

成形加工 (Forming) は金属加工における有力な手段で、その重要性は近時ますます高まりつつあるが、その塑性域における複雑な性状のためにその応力と歪の解析は弾性域におけるものに比しなかなか困難かつ厄介な問題である。しかし、成形能の面についてのみこれを見る時は主としてその材料の変形性あるいは“ductility”が判れば良い訳で問題は主に歪の追跡に限定されるので応力の解析程困難ではない。この便法としてホトグリッド法がある。

これは古くから知られている網目法を改良したもので比較的精度高く、かつ簡単迅速に実施でき、しかも経費も安いから、多くの成形加工性を調べるのに手軽に応用ができ、これによって多くの塑性加工の問題が解明されつつある。

以下この方法の概要ならびに応用面につき説明する。

2. ホトグリッド法とは

ア. 網目法について

金属の成形加工性を評価するためにはその部分の外周

歪の大きさと分布を評価しなければならない。このためには試料の加工部表面に基準線、あるいは予め間隔の判った線を引いてそのいろいろのゲージ長さについての二つの直角方向の歪を知ることが必要である。このため試料に網目をつけその変形で歪を測定することが古くから行われてきている。これが網目法である。

従来のこの方法は試料に直接網目を罫書くもので、この場合試料一つ一つの準備に要する時間と労力は相当なもので、これはまた精度の要求が高くなるとさらに増加する。最近これに画期的改良を加えて発達したものがホトグリッド法である。

イ. ホトグリッド

これは写真製版法とほぼ同様な方法でなされ、試料の網目はマスターネガの網目の写しとして得られる。したがってその精度はマスターネガにだけ左右せられるから従来の方法に比較して精度高く、また一試料当りの所要時間も著しく短縮される。

この網目の具備すべき必要条件としてはつぎの諸点が挙げられる。

(1) 歪値の所望の精度に応ずる線間隔の十分な精度と均一性をもつこと。

(2) 網は一定幅で画かれていて相当な歪が起った後も明確であること。

(3) 成形作業によって破壊されてはいけない。また成形中その金属と接触するいかなる介在物によっても破壊されてはいけない。

(4) 研究の対称となる金属の性質に悪影響を与えるようなものであってはいけない。

(5) 材質、形状、寸法を問わずどんなものにも容易迅速に適用できるものでなければならない。

実際、この網目はよく磨かれた面に対しても(サンドブラストまたはワイヤブランをかけた面が最適である)大きな付着性をもっていて試料の大きな変形に対しても剥離しない。引張に対して破損しない限度は約 300% であるといわれている。圧延のような変形に対してはもっと大きな値を示す。またこれは苛酷な成形加工に対しても消滅しないように耐磨性を与えることもできる。また適当な染料を感光溶液と結合させれば良いコントラストが得られ網目の識別に便利である。

3. ホトグリッド法の仕様について

この仕様については種々のものが種々の方法で実施されるが基本的には同様なものである。^{*1-5}

この仕様は写真製版法の一変形でつぎの諸工程からなっている。

- (1) 試料表面の準備
- (2) 感光被膜の塗布および乾燥
- (3) 網目の焼付および現像
- (4) 表面保護処理

これらの適用される材料はアルミ合金、鉄合金、銅合金等の金属はもちろんのことプラスチックでも可能である。

その形状は板表面が最も簡単であるが矩形断面のもの円形断面のものでも適用できる。その表面のひどい凹凸と脂肪分は除去して置かねばならない。

感光被膜はグリユーあるいはポリビニールアルコール(PVA)を基剤として、これに重クロム酸カリあるいは重クロム酸アンモンで感光性を持たせたものである。スプレーガン流し付け、浸漬その他適当な方法で均一に塗布することが必要である。焼付に用いられるマスターネガはその形状、用途に応じて直角座標のものあるいは極座標のものである。直角座標の細密網目用のマスターネガは市販の写真製版用のスクリーンを用いれば便利でありかつ精度も高い。(大体 1% 以内)。普通の実験範囲で用いられるものは 4, 10, 20, 100 線/in (あるいは線間隔 5, 2, 1, 0.2 mm) のものである。粗いものは手引きによっても差支えない。いずれにしても最初のマスターポジからセルロイド質のもの、たとえばカットフィルムに複写したマスターネガを實際用に用いる。なおフィルムの温度 (15~40°C) による誤差は 1% 以下である。

焼付光源には日光、アーク燈、水銀燈等いずれでも良

いが、安定であることが必要である。

現像には温水が用いられる。染料は試料の色とコントラストの良いものが選ばれ、現像後網に着色しても良いが予め感光被膜剤に混入して置けば焼付時間は多少永くなるが“カブレ”が少くさらに良好である。

乾燥前必要に応じ蟻酸アルデヒド水溶液に浸漬すれば被膜の耐磨性は向上する。また乾燥後、油、ワックスあるいはクリヤラッカ等で防水被覆すると好都合である。

このようにしてできた試料表面の網目は試料と強い付着性を有し、また“絞り”のような苛酷な摺動作用を受けても磨滅しない。

4. ホトグリッド法の応用

ホトグリッド法は従来の網目法をその精度および微細性の面において改善することにより、試料の塑性歪の分布および方向性をより精密に与えることができる。かつその準備に要する労力および時間も大いに節減できるので広くこの方面の測定手段として用いられている。

以下二、三の例について述べる。

ア. 引張試験片への応用

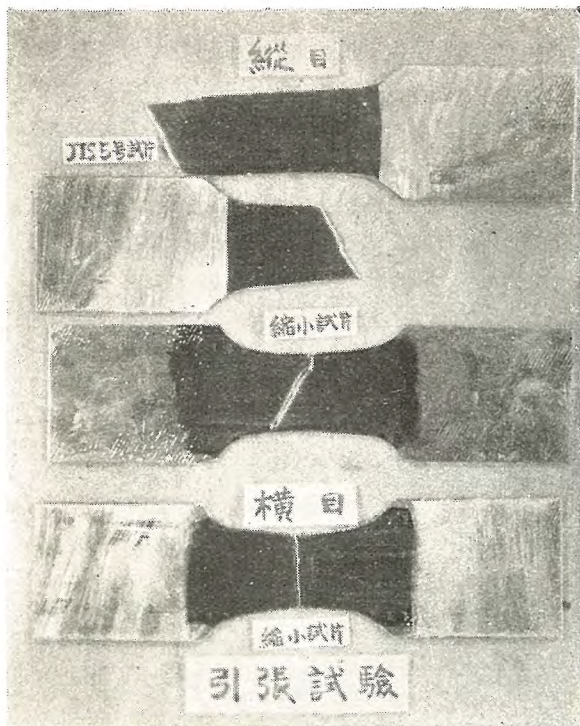
すべての塑性加工性の基礎になる性質はその材料の“ductility”である。この値は引張試験における“伸び”で代表されるが、その測定値は指定された標点距離間の“平均伸び”である。この値は破断部の局部破断伸び、局部収縮以前の均一伸びおよび標点付近の特殊伸び(肩部丸味の影響および場合によっては標点マークによる影響を含む。)より成り立っているから直接“ductility”を指示しないし、また破断部の位置および試片の形状寸法に大いに左右される。直接の“ductility”を示す部分は局部収縮部分のもので、そのいずれの標点間の平均であるかは研究の対称になっている問題である。いずれにしても規格の 50 mm 標点よりはずっと小さい標点距離間の伸びでなければならない。

ホトグリッドを用いると破断がどの位置に起っても純粋の局部伸び現象を測定できるし、微小な標点距離についてのものはもちろん、任意の標点について測定が可能である。また逆に寸法、形状が変化した場合の規格伸びの変動因子の検討も可能である。

1 図および 2 図は二、三の試片に Photo grid を適用した例である。局部伸部分においても網目は剥離することなくよく伸張しているのが見られる。3 図は局部伸びの状況を調べたもので、その右の図は測定される標点距離によって伸びの値が変化することを示す。この曲線の傾斜はこの材料のある成形加工性を表わす重要な尺度である。^{*3} 4 図は各種の切欠を有する引張試片に生じた残留伸びの分布を示す。これはこのような形状を有する構造物の“ductility”のある指示となるものである。

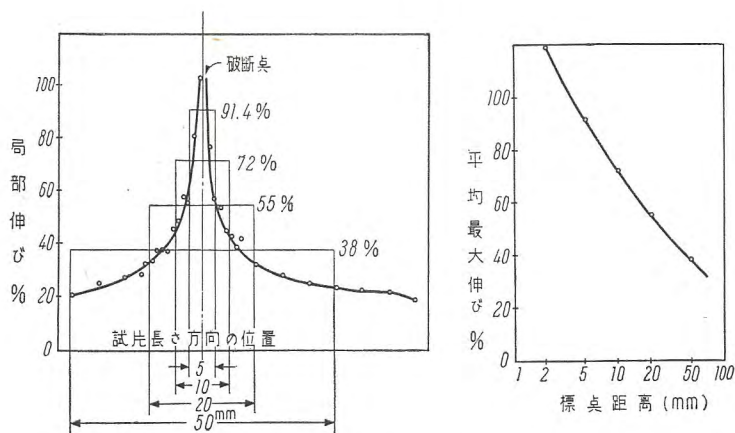
イ. 屈曲への応用

屈曲の問題には二つの基礎的なものが含まれる。その一つは屈曲限度を求めること。すなわち最小屈曲半径を



1 図 1.6 厚ばね用磷青銅板引張試片
上のは縦目で JIS 5 号試片
中 “ ” “ ” 縮小試片
下 “ ” “ ” 横目で “ ”
網目は 0.5 mm 目

Fig. 1. Fractured tensile coupon applying photo grid. materials:—PBS 65 1.6 Thk



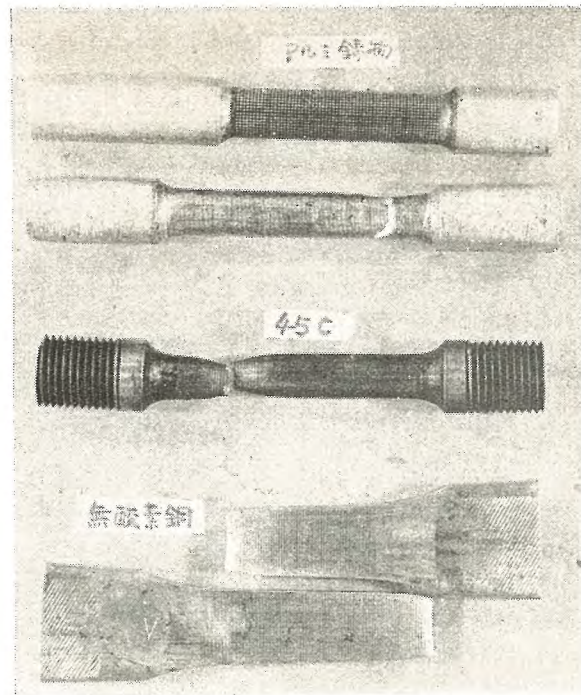
3 図 引張試片における局部伸び状況の一例
材料:—八幡製高級仕上鋼板 0.5 t

Fig. 3. Diagram of permanent strains along longitudinal axis and strain-gage length curve for tensile coupon. material:—Yahata's SPK-1 0.5 Thk

求めることである。もう一つは屈曲の形状、たとえば屈曲の展開寸法を求めるといった風の問題である。

屈曲限度とは破断することなく屈曲し得る引張側表面の“ductility”^{*6}のことで引張試験における局部伸び性と直線的な関係があるといわれている^{*4}。このことは逆に“材料の ductility を求めるために屈曲試験を課す”ということにも利用されている。

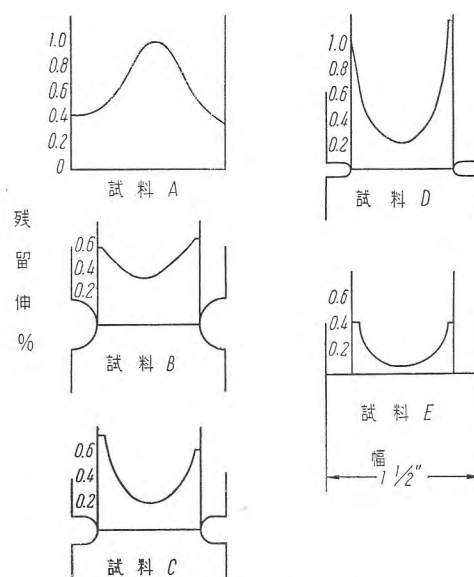
一般に材料の屈曲値は屈曲を受ける試片の断面形状に



2 図 3 種の引張試片

上の上 アルミ鋳物 JIS 4 号試片(丸) 網目 1 mm 目
“ ” “ ” “ ” “ ” 0.5 mm 目
中 機械構造用炭素鋼 JIS 4 号試片(丸) 網目 0.5 mm 目
下 無酸素銅板 JIS 5 号試片 網目 0.5 mm 目

Fig. 2. Three samples of tensile coupon applying photo grid. tops:—cast aluminium (round) middle:—carbon steel (round) bottom:—copper (rectangular)

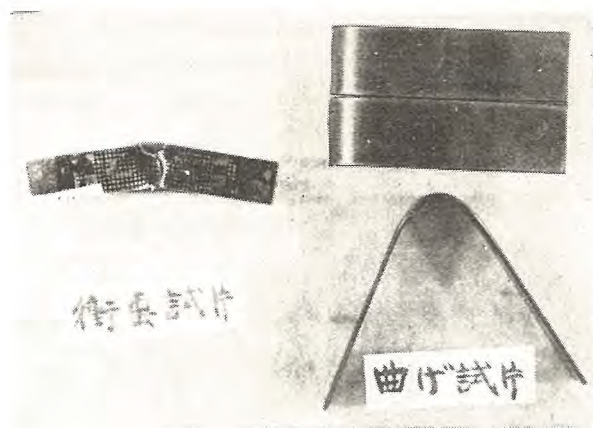


4 図 切欠を有する引張試片の残留歪分布

$$\text{残留歪 } \varepsilon = l_n \frac{\Delta L}{\Delta L_0}$$

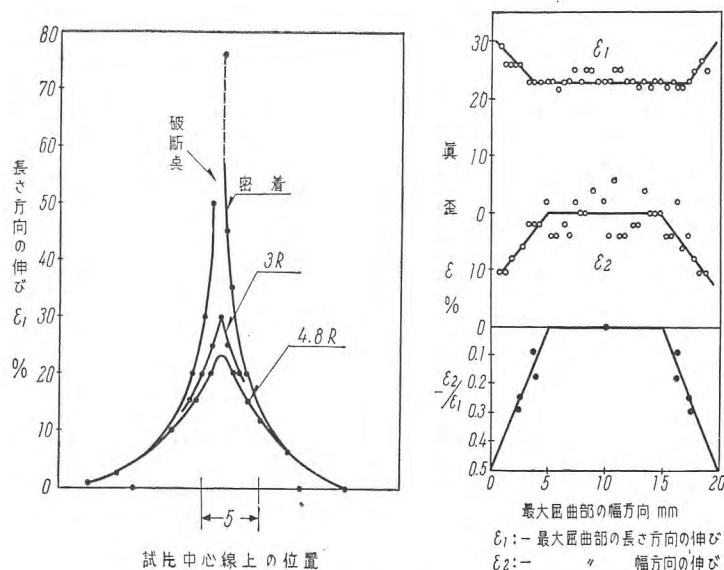
試料 材質不詳 A. 切欠なし
B. 1/4" 半径の切欠、深さ 1/4" C. 1/8" 半径の切欠、深さ 1/4"
D. 1/16" “ ” “ ” “ ”
E. notchsaw で切込 1/4" 後 hot press で押し閉じたもの
[C. P. O'Haven and J. F. Harding の実験結果より転載]

Fig. 4. Permanent strain across region of the neck for notched tensile specimens.
specimen A. no notch
B. notch 1/4" radius, notch depth 1/4"
C. “ 1/8" “ “ “ “
D. “ 1/16" “ “ “ “
E. notch saw cut pressed closed hot, notch depth 1/4"



5 図 屈曲試片への応用
左はシャルピー衝撃試片に photo grid を適用したものである。
右は静的な普通の屈曲試片に適用したものである。

Fig. 5. Samples of bent up specimens applying photo grid.
left:—charpy impact specimen.
right:—ordinary bending specimens.



6 図 屈曲試片上の伸び特性 材料:—PBS 65 1.6 t
Fig. 6. Distribution of permanent strains along longitudinal and transvers axis, and state for bent up specimens.
material:—PBS 65 1.6 Thk

左右されることが知られている⁶⁾。これは屈曲によって生じる一次的な引張あるいは圧縮と直角な方向に二次的な伸長と収縮が起りこれによって断面が二次的に屈曲され、これが一次的屈曲に一部抑制されるためである。このことは幅狭の試片はエッジ部に破断が発生し、幅広の試片は中央部に破断が起ることによって知られている。

5 図はシャルピー衝撃試片および普通の屈曲試片にホトグリッドを応用した例で、6 図はばね用磷青銅板 (1.6×20×110) を各種の内側半径で屈曲させた場合の幅の中央部における長さ方向伸びの長さ方向の分布と最大屈曲部幅方向における長さ方向の伸びおよび幅方向の伸びおよびそれらの比率を示す。

同軸引張を受ける試料の塑性域における縦方向の伸び

ホトグリッド法を用いた塑性加工性の研究・福家・辻本

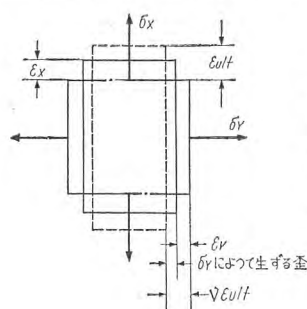
ϵ_1 と横方向の伸び ϵ_2 とは次の関係があるとされている。

$$\epsilon_2/\epsilon_1 = -0.5$$

したがってこの値より大 (絶対値は小) なる ϵ_2/ϵ_1 の値の部分は抑制力を受けている訳である。すなわち二軸性を示す。これは屈曲部における終局の伸びはこの抑制力のために、その材料固有の最大伸より削減された小さな値しか発生し得ないことを示している。

結局伸びとその材料固有の最大伸との間には次の関係がある⁸⁾。

$$\epsilon_x = \epsilon_{ult} - \nu[\epsilon_y - (\nu\epsilon_{ult})]$$



ϵ_x は X 方向の結局伸び

ϵ_y は Y 方向

ϵ_{ult} は材料固有の最大伸び

ν はポアッソン比、塑性域では -0.5

ϵ_x および ϵ_y を測定することによって必要な ϵ_{ult} が求められる。絞り加工における底部の丸味のような屈曲では σ_y が生じ ϵ_y は「+」になるので要求される ϵ_{ult} は相当大きくなければならない。

屈曲における展開寸法も局部伸び値より求めることができるし、またそれらの屈曲性のアウトラインもこれによって求めることができる。

ウ 絞り加工への応用

この問題に含まれるものには絞りブランクの展開寸法を求めること、とある特定の絞りに対する材料の変形性および材料一般の絞り性試験等がある。

展開寸法についてはとくに角絞りその他の複雑形状のものの場合、この網目を適用することにより材料の流動の状態は一目良然でむだのない材料取りができる。

ある特定の絞りに必要な変形性については材料の流動性とその材料の“ductility”との関係およびその変形を伝達し得る材料のある部分

の強度あるいは加工硬化性の関連を求めなければならない。このことは材料一般の絞り性を求めることと同様なかなか難しい問題である。現在までの処、最も基本的な円筒絞りが研究の対象になっている。

板が絞り加工を受ける場合、最初にパンチ底の丸味により絞り曲げを受ける。この変形および後の絞り力による加工硬化を受けたこの部分が後の全絞り力を支えることになる。絞り力は次のものからなる。まず素材円板内に仮想される単位扇形に円周方向に圧縮力を生ぜしめるべき半径方向の引張力と、絞りダイでこの部分を方向変換させるに要する曲げ力およびこれを円筒直線部として回復させるに要する曲げ力および素材と絞型間に生ずる摩擦力とである。(7 図)

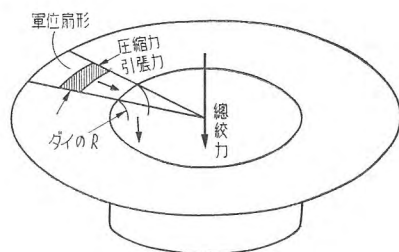
終局的に絞り得るか得ないかは単位扇形がこれらの変形，したがって加工硬化を受けながら最終の円筒部単位矩形になるまでの応力を与えるべき絞り力を底丸味部分が支え得るかどうかということである。

ホトグリッドを適用する時はこれらについて部分的にある程度の資料が得られる。しかしこれらを互に関連付けて完全な説明を出すことは困難でこれらは現在ならびに今後の研究課題である。

またこれらの基礎になるものは塑性域における素材の応力と歪の関係で、これも引張試片の項で説明したように可能である。

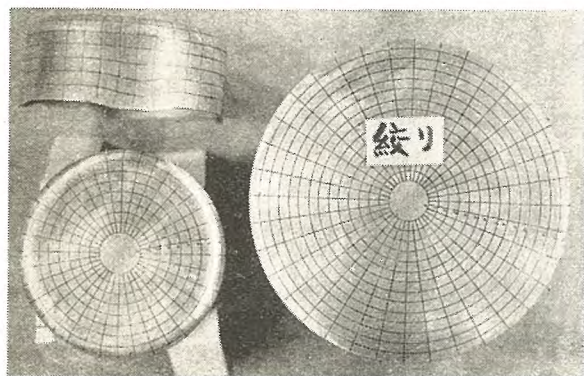
8 図は絞られたものの流動性および破断したものの変形を調べた試片である。

上述の絞り性についてなんらかの資料を得ようとする



7 図 絞り説明図

Fig. 7. Illustration of drawing.



8 図 円筒絞り

上: AIP-1 に適用

下: PBS-65 に適用 破断部の状況が見られる

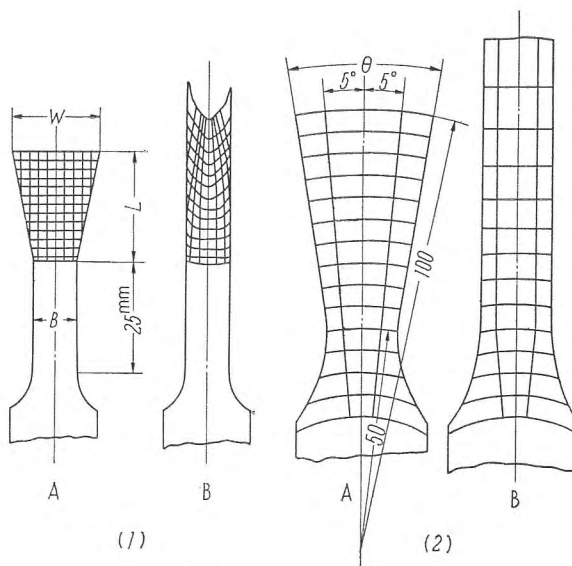
Fig. 8. Drawn cups applying photo grid.

tops:—AIP-1 O. K

bottom:—PBS-65 broken

試みの一つとして楔絞り試験がある。

楔試験は最初 G. Sachs*7 によって開発されたもので 9 図のような楔試片を採用する。10 図はその実物例である。下部の掴み部を直接引張試験機の下部チャックに取付け、上部は試片の傾斜側面と同傾斜の楔絞りチャック



9 図 楔試片

(1) は直角座標網目を使用したもの $\left(\frac{1}{2} \frac{W-B}{L} = 1/5\right)$

(2) は極座標網目を " $(\theta = 20^\circ)$

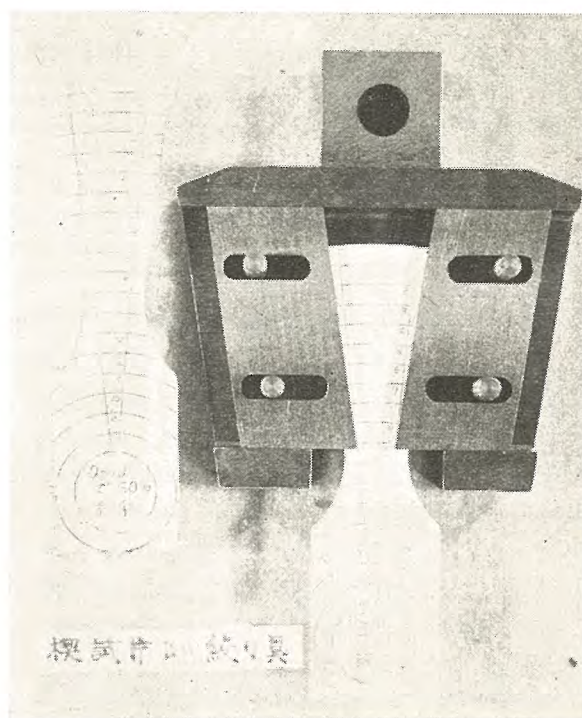
A は試験前の形状で、B は試験後の形状である

Fig. 9. Two types of specimens used in wedge-drawing test.

(1) rectangular coordinate test $1/2 \frac{W-B}{L} = 1/5$

(2) Polar " $\theta = 20^\circ$

A before test, B after test



10 図 楔試片および絞り具

Fig. 10. Wedge-drawing specimens and apparatus.

クを経て引張試験機の上部チャックに取付ける。試片は引張力、したがって傾斜面に生ずる大きな垂直力によって絞り素板の円周方向に相当する方向に圧縮され最初の引張力と相まって試料の各単位面積は縦方向に流動する。これはちょうど絞り素板の水平方向の流動とほとんど同一の性質を示し、これより得られる変形値は絞り性を表わす有力な手掛りになる。しかしこれは多段絞りにおける終局の絞り性を表わすものではないとされている。したがってその後の絞り性については Kayseler^{*8,9} 等が提案したように楔絞り試験後の楔試片についてエリクセン試験(Erichsen Test)によって残留“ductility”を測定しても、またその試片にさらにもう一度網目を付けて ductility を測定しても良い。この組み合わせ試験によって従来の試験では得られないような有効な結果が得られているようである。

エ. その他の応用

複雑な形状に起る塑性変形あるいは破壊現象を調べる際にホトグリッドをその部分に適用すればそれらの現象についての有益な資料が得られる。プレキシグラスのモデルを作ってこれにホトグリッドを適用しても有効である。

5. む す び

写真法を網目法に導入したホトグリッド法はその精度所要時間ならびに労力の点で従来のものに比し著しく改善されてきたので今までなし得なかった分野、あるいは繁雑さのために敬遠されていた分野に簡易に適用されかつ信頼性のある資料を提供するようになった。

これを手軽に利用することにより、経験を頼みの綱とすることの多かった成型加工の問題を理論付け、もっと合理的な成型法ならびに成型用材料の試験法等を知るために努力を続けたい。

文 献

- (1) Strain Analysis by Photo Grid Method W. F. Brown, Jr. & M. H. Jones, Inon Age, Vol. 158, No. 11, Sep. 12, 1946
- (2) Studies of Plastic Flow Problem by Photo Grid Method C. P. O'Haven & J. F. Harding Experimental Stress Analysis, Vol. 2, No. 2, 1944
- (3) Photogrid Strain Analysis of Formed Parts G. Gerard Experimental Stress Analysis, Vol. 3, No. 2, 1945
- (4) Measurement of Strain in the Plastic Range G. A. Brewer Experimental Stress Analysis, Vol. 1, No. 2, 1944
- (5) The Photogrid Process for Measuring Strain Caused by Underwater Explosion D. D. MacLaren Experimental Stress Analysis, Vol. 5, No. 2, 1947
- (6) An Investigation of the Stress and Strain States Occuring in Bending Rectangular Bars. G. S. Sangdahl Jr., E. L. Aul, & G. Sachs Experimental Stress Analysis, Vol. 6, No. 1, 1948
- (7) Mitt. D. Materialprüfungsanst, 1931, Sonderh., XVI. G. Sachs
- (8) Testing Deep-drawing Materials Kayseler Zeit, Vereines Deutscher Ingenieure, 1935, LXXIX., 2
- (9) Deep-draw Tests on Light Metals by Wedge-drawing Tests. Stelljes & Weiler Aluminium (Berlin), 1938, XX., 2
- (10) Metallurgy of Deep Drawing and Pressing J. Dudley Jevons, Second Edition, 1949
- (11) 屈曲に関する一考察 室町, 井上, 森山 日本金属学会誌 第16巻, 第7号 1952年7月
- (12) ばね用磷青銅板の絞り性試験 福家, 辻本 技術メモ 13251 昭和29年7月

“マイカレックス” 特性表

製造者別 項目別	当 社	某 社	外 国 品	国鉄規格
密 度	3.59	3.58	3.4	3.4 以上
抗 張 力 (kg/mm ²)	6.9	6.6	9.0	6.0 以上
硬度(ショアー)	50~60	30~50	—	—
# (ブリネル)	75~95	—	83~93	—
吸 水 量(%)	nil	nil	nil	0.3% 以下
熱 膨 脹 係 数 (0°C~300°C)	9.1×10^{-6}	9.4×10^{-6}	—	$7 \sim 10 \times 10^{-6}$
耐 熱 度 (°C)	300	300	—	300
絶 縁 耐 力 (kV/mm)	23.0	19.8	12.5	15.0 以上
体 積 固 有 抵 抗 (Ω/cm^3)	7.3×10^{14}	7.4×10^{13}	8.6×10^{11}	1.0×10^{13}
誘 電 率 (IMf)	9.6	8.5	8.3	—
誘 電 体 力 率 (IMf)(%)	0.3	0.5	0.6	—

優れた耐熱成型絶縁物

“マイカレックス”

成分と特長

ガラス粉末、マイカ粉末および特殊成分を配合し、加熱圧縮成型された耐熱絶縁物である。

材料および成型技術の研究により

電氣的（絶縁耐力、絶縁抵抗共に大、

誘電体損失とくに高周波損失が小）にも

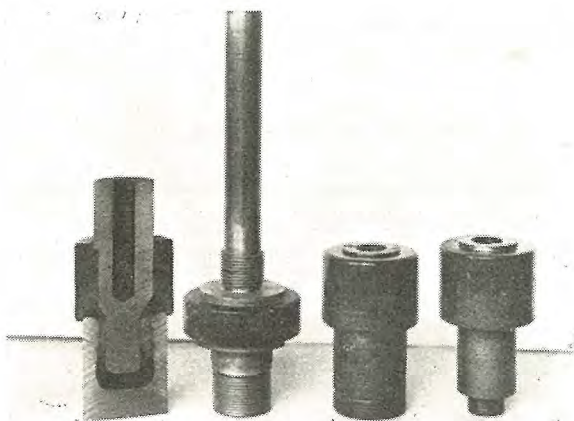
機械的（強度大、金属との密着大、耐熱度大）にも

優れた特性を有するばかりでなく、複雑な構造を有する成型品が得られ、また通常の機械加工も可能である。

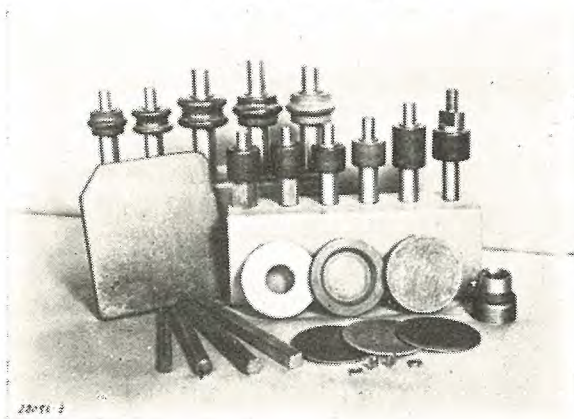
用 途

高周波絶縁物、耐熱絶縁物として、電動機類、ジーゼルエンジン、無線機その他高周波電気機器および電熱器具等広範囲の用途に応じ得られる。

二、三の“マイカレックス”製品とその特性の例をつぎにご紹介する。



“マイカレックス”製品



“マイカレックス”製品

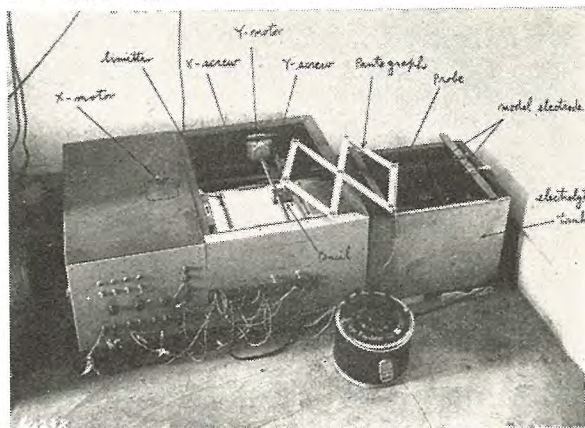
電気機器研究の新威力！

自動電界模写器の製作

研究所において新たに製作設置された自動電界模写器は、電気機器の基礎的研究に新しい威力を発揮している。

最近の傾向である送電電圧の上昇に伴う超高圧電気機器の設計とその耐圧あるいは絶縁の問題について、また新しい電子管または放電管の開発とその荷電粒子の運動の問題、その他多くの電気機器の電氣的磁氣的な問題についてのこれら内部または外部の電界や磁界の分布状態を知ることは極めて重要であって、電界模写器の利用によりこの方面の技術がさらに一段の進歩を遂げることが期待されている。

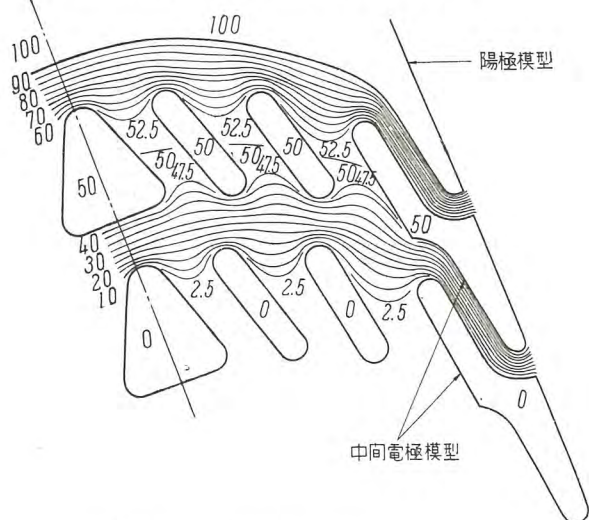
今回研究所で製作された自動電界模写器はこれらの要望に応え、充分の目的に副うように設計されたものである。二次元および三次元の電界についても、また電媒が2種以上の場合につ



自 動 電 界 模 写 器

いても、簡単、迅速に電界の模写を行うことができる。本器の根本原理は、いわゆる電界液法であるが、これをサーボ機構による自動的なものとし、手動の場合の1/5程度の時間で済むようにした。

図は本器により電界模写を行った実施例である。



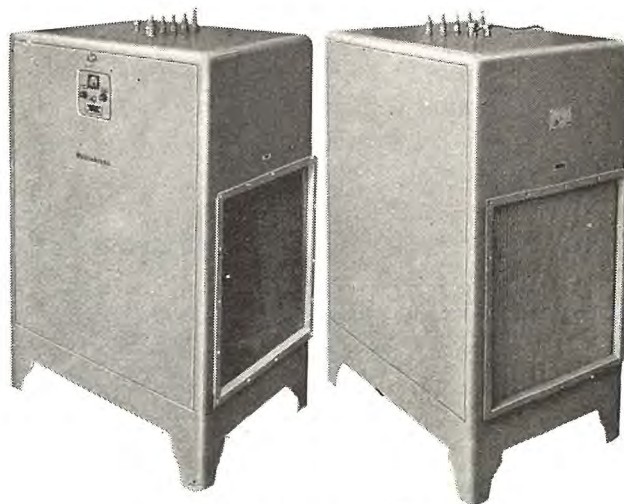
模写器を用いて直流送電用高圧イグナイトロン
模型電極について模写した電位分布の例
(図中の数字は電位の相対値)

空気清浄に

キャビネット型クリネヤ(CC-1A型)

空気中にはおびただしい数の種々雑多な塵埃が浮遊している。これが都会生活者や勤労者等の健康に重大な障害を与えていることは周知のとおりであるが、さらに最近では物品の製造や保守の面でも空気清浄化ということが叫ばれるようになった。当社のクリネヤ⁽¹⁾は静電気式空気清浄装置であって、とくに換気用空気の清浄用に供すべく企図されたものであるから、従来のコットレル装置とは異りオゾン・窒素酸化物・電離空気等の発生は無視し得る程度にとどめられており、かつ0.1ミクロン以上の塵埃に対して90%という高い集塵効率⁽²⁾を保証している。したがって建物内の換気設備にクリネヤを採用すれば、室内にいる人々の保健上にもよく、調度品・衣料・食料等が屋外の有害な塵埃によって損われることもなくなり、さらには精密な機械器具や純度の高い薬品類の製造保管等においても、その精度や純度を従来よりも遥かに高い水準に維持することができる。そしてとくに空気調和装置と併用すれば、保健上にも作業上にも申し分のない快適な環境を得ることができる。

ここに発表するキャビネット型クリネヤ CC-1A は、空間容積 630 m³(22,200 ft³) 以下の比較的小さな建物あるいは室内の換気装置に適用すべきもので、写真に示すような美しいキャビネット内に高圧電源部・集塵箱・制御盤等空気清浄作用に必要な部品を納め、キャビネットの天井には電源・換気用ファン・洗浄用ポンプ・暖冷房制御装置・警報器等の電線を接続するた



キャビネット型クリネヤ(CC-1A型)
空気流入側 空気流出側

めのコンセントおよび洗浄水や粘着剤の供給口を備えたもので、室内に設置する場合、調度品として室内装飾に一段と美観をそえるように、その形態・意匠にもとくに考慮を払ってある。電源は単相交流 50/60 c/s 100 V で、集塵に要する消費電力は僅か 70W 以下であるために一般電燈線からとることができる。操作は至極簡単で、キャビネット正面側蓋上の制御盤の遮断器を ON にすれば直ちに空気清浄作用が開始される。そして清浄作用が具合よく行われているか否かは、つねに制御盤上の集塵表示燈と電流計の色目盛によって明瞭に表示される。また1ヵ月に1~2回の割合で定期的にキャビネット内の集塵箱を洗浄する場合は、制御盤上の洗浄スイッチを右側に倒して15秒ほどして指を放せば、洗浄表示燈が点燈し集塵表示燈が消燈して電源部が開路し、以後は限時継電器の働きによって所定の洗浄行程が順次遂行され、最後に電源部が閉路して洗浄表示燈が消燈し集塵表示燈が点燈して空気清浄作用が自動的に再開されるようになっている。キャビネット内には正面側蓋の頂部にある安全スイッチ用ねじを抜いてこの側蓋を取外さなければ手を入れることができず、しかもこのねじを抜くためには高電圧部が完全に消勢されるに充分な時間を要するようにしてある。したがって取扱いは簡便で、保守点検の場合でも高電圧による危険は絶対にない。なお詳細は次号4月号をご参照下さい。

註：(1) クリネヤ (Cleanaire) は当社の電気式空気清浄装置の登録商品名である。

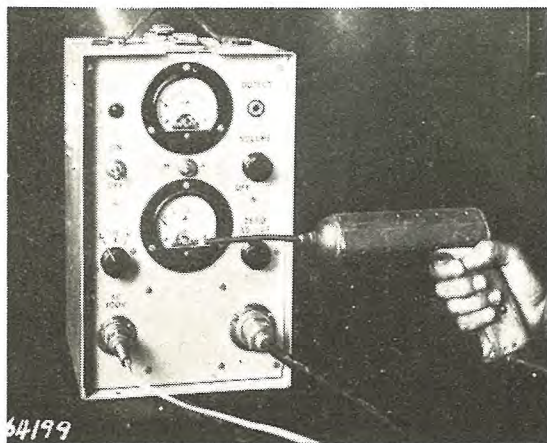
(2) この集塵効率は米国の国家標準局 (The U.S. Bureau of Standards) 公認の Blackness Test によって決定されたものである。

H 型漏洩検知装置(リークデテクタ)

ハロゲンまたはそのガス状化合物を用いて、気密試験をする装置で、小型・軽量・取扱い簡単・高感度を特長とする。感度は $10^{-4} \mu\text{l/sec}$ (5 cc/年) 程度の微小漏洩が検知できる。装置はピストル状をした探知器と指示装置からなっており、探知器には検出素子と呼ばれる白金二極管が内蔵され、指示装置には電源部・直流増幅装置ならびに発振装置が含まれ、その前パネルには感度切換スイッチ、漏洩の存在を示す電流計などがつけられている。またケース側面のスピーカによって漏洩の存在を音で知ることができるようになっている。

漏洩を検知するには、被検容器中にハロゲンガスを充填し、漏洩のありそうな箇所を探知器の先端で探っていくとき、漏洩があれば指示装置のメータの針がふれ、スピーカが音を発する。

主要仕様	電源電圧	100~110 VA-C
	所要電力	80 W
	全重量	8 kg (収容箱、探知器共)
	探知器重量	1 kg
	感 度	$10^{-4} \mu\text{l/sec}$ (5 cc/年)



H 型漏洩検知装置

シルケット機用電機品

写真は倉敷紡績枚方工場の直流セクションドライブ方式による「シルケット機」である。

これは綿布をアルカリ溶液の中に浸せばツヤが出ることを応用し、連続的に高速度をもってこの作業を行わせるものである。

したがってこの各セクションにおける関係速度は、微細に調整することが必要であり、直流ワードレオナード方式の応用によって充分その目的を達することができる。

従来は整流子電動機によって一軸運転を行っており、この場合は速度 30~45 ヤード毎分が限度であるが、本方式の採用によって 70 ヤード毎分程度に能率を上げることができ、また速度調整の正確性は製品の品質向上にも大きな影響を与えている。

本機の電機品は下記のとおりである。

1-65 KW 電動直流発電機 (パッケージタイプ)

1-7.5 HP D-C. M

1-10 HP D-C. M

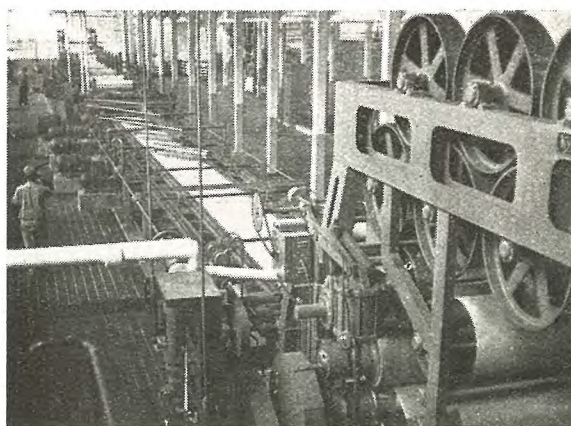
1-15 HP D-C. M

2- 1 HP D-C. G. M

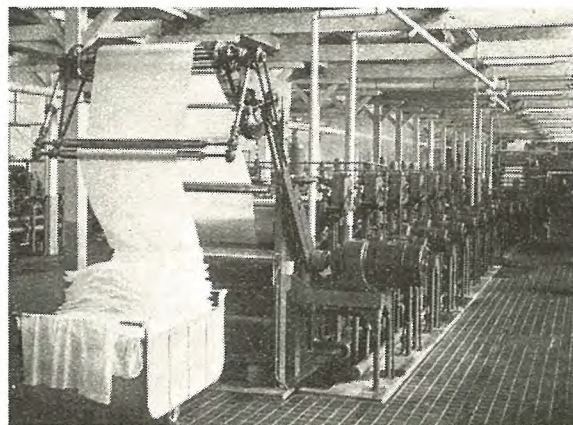
8- 2 HP D-C. G. M

2- 5 HP D-C. G. M

6 面制御盤 (キュービクル型)



倉敷紡績シルケット機



倉敷紡績シルケット機

照明設計資料 No. 104

照明器具	配光曲線 —— ランプ軸に平行 ---- ランプ軸に直角 --- ランプ軸に 45°	天井	75%			50%			30%	
		壁	50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
減光補償率		室 指数	照 明 率							
FH-44 型 (直接) 40W 1 灯 反射笠付	0% 79%		J 0.35 I 0.44 H 0.48 G 0.52 F 0.55 E 0.60 D 0.64 C 0.67 B 0.70 A 0.73	0.29 0.38 0.43 0.47 0.50 0.56 0.61 0.64 0.65 0.66 0.69	0.24 0.34 0.39 0.43 0.46 0.52 0.57 0.60 0.62 0.65 0.67	0.34 0.43 0.47 0.51 0.53 0.59 0.63 0.65 0.68 0.71	0.29 0.37 0.43 0.47 0.49 0.55 0.60 0.62 0.66 0.67	0.24 0.33 0.39 0.43 0.46 0.52 0.57 0.60 0.64 0.66	0.28 0.37 0.42 0.45 0.48 0.54 0.60 0.61 0.65 0.67	0.24 0.33 0.39 0.43 0.46 0.52 0.57 0.60 0.63 0.65
FH-442 型 (直接) 40W 2 灯 反射笠付	0% 74%		J 0.35 I 0.43 H 0.47 G 0.51 F 0.54 E 0.58 D 0.62 C 0.64 B 0.67 A 0.68	0.30 0.38 0.40 0.47 0.50 0.55 0.59 0.61 0.62 0.63 0.66	0.26 0.36 0.40 0.44 0.47 0.50 0.56 0.61 0.62 0.63 0.64	0.34 0.42 0.46 0.50 0.52 0.57 0.61 0.62 0.65 0.67	0.30 0.38 0.43 0.47 0.49 0.51 0.58 0.60 0.63 0.64	0.26 0.35 0.40 0.44 0.47 0.52 0.56 0.58 0.61 0.63	0.29 0.38 0.42 0.45 0.48 0.53 0.58 0.59 0.62 0.64	0.26 0.35 0.40 0.44 0.47 0.52 0.56 0.58 0.61 0.62
FA-432 型 (半直接) 40W 2 灯 V 型反射板 ランプ露出型	30% 56%		J 0.29 I 0.36 H 0.40 G 0.44 F 0.48 E 0.52 D 0.56 C 0.59 B 0.63 A 0.65	0.24 0.31 0.35 0.39 0.44 0.48 0.55 0.60 0.65 0.66	0.21 0.28 0.32 0.35 0.39 0.44 0.50 0.55 0.58 0.63 0.64	0.27 0.33 0.37 0.40 0.44 0.51 0.53 0.56 0.59	0.22 0.29 0.33 0.36 0.39 0.44 0.49 0.55	0.19 0.26 0.30 0.33 0.36 0.40 0.47 0.53	0.21 0.27 0.31 0.33 0.36 0.40 0.46 0.51	0.19 0.25 0.28 0.32 0.34 0.42 0.44 0.49
FH-24H 型 20W 1 灯家庭用器具 反射笠付 肩部採光穴あり	1% 73%		J 0.36 I 0.44 H 0.49 G 0.52 F 0.55 E 0.60 D 0.63 C 0.65 B 0.67 A 0.69	0.32 0.41 0.45 0.49 0.52 0.57 0.60 0.62 0.63 0.65 0.66	0.29 0.38 0.43 0.47 0.49 0.54 0.58 0.61 0.63 0.65 0.66	0.36 0.44 0.47 0.51 0.53 0.58 0.61 0.63 0.65 0.67	0.32 0.40 0.45 0.49 0.51 0.55 0.59 0.63	0.29 0.38 0.43 0.46 0.49 0.53 0.58 0.62	0.31 0.40 0.44 0.47 0.50 0.55 0.60 0.64	0.29 0.38 0.43 0.46 0.49 0.53 0.57 0.62
FH-242 型 20W 2 灯家庭用器具 反射笠付	0% 75%		J 0.35 I 0.43 H 0.48 G 0.51 F 0.54 E 0.59 D 0.63 C 0.64 B 0.67 A 0.69	0.30 0.39 0.44 0.47 0.50 0.56 0.60 0.62 0.63 0.65 0.66	0.26 0.36 0.41 0.44 0.47 0.52 0.57 0.61 0.63 0.65 0.66	0.34 0.43 0.46 0.50 0.52 0.57 0.61 0.63 0.65 0.67	0.30 0.38 0.43 0.47 0.49 0.54 0.59 0.63	0.26 0.35 0.40 0.44 0.47 0.52 0.57 0.62	0.29 0.38 0.42 0.45 0.48 0.54 0.58 0.63	0.26 0.35 0.40 0.44 0.47 0.52 0.57 0.62
FM-20 型 (直接) 20W 1 灯家庭用器具 側板鉄板採光穴あり	6% 69%		J 0.30 I 0.38 H 0.41 G 0.45 F 0.48 E 0.53 D 0.56 C 0.59 B 0.63 A 0.65	0.24 0.32 0.37 0.41 0.44 0.49 0.53 0.58 0.60 0.62 0.65	0.20 0.29 0.33 0.36 0.40 0.45 0.51 0.55 0.57 0.60 0.63	0.29 0.33 0.40 0.44 0.46 0.51 0.55 0.57 0.60 0.63	0.24 0.31 0.36 0.40 0.42 0.47 0.52 0.57	0.20 0.28 0.33 0.36 0.39 0.44 0.49 0.55	0.23 0.31 0.35 0.38 0.41 0.46 0.51 0.56	0.20 0.28 0.32 0.36 0.39 0.44 0.49 0.55
FM-202 型 (直接) 20W 2 灯家庭用器具 側板鉄板採光穴あり	6% 72%		J 0.34 I 0.42 H 0.46 G 0.50 F 0.53 E 0.58 D 0.61 C 0.64 B 0.67 A 0.69	0.28 0.37 0.42 0.46 0.49 0.54 0.58 0.61 0.64 0.66	0.24 0.34 0.38 0.42 0.45 0.51 0.55 0.57 0.61 0.65	0.33 0.41 0.44 0.48 0.51 0.56 0.60 0.62 0.65	0.28 0.36 0.41 0.45 0.47 0.52 0.57 0.62	0.24 0.33 0.38 0.42 0.44 0.50 0.54 0.60	0.27 0.36 0.40 0.43 0.46 0.51 0.56 0.62	0.24 0.33 0.38 0.41 0.44 0.49 0.54 0.59
FK-20 型 (半直接) 20W 1 灯家庭用器具 側板乳白半透明 プラスチック板	8% 67%		J 0.31 I 0.39 H 0.43 G 0.46 F 0.49 E 0.54 D 0.58 C 0.60 B 0.64 A 0.65	0.26 0.34 0.38 0.42 0.45 0.50 0.54 0.57 0.60 0.62	0.23 0.31 0.35 0.39 0.42 0.47 0.51 0.53 0.57 0.60	0.30 0.38 0.41 0.45 0.47 0.52 0.56 0.59 0.62	0.26 0.33 0.38 0.41 0.44 0.49 0.53 0.57	0.22 0.30 0.35 0.38 0.42 0.46 0.50 0.54	0.25 0.33 0.37 0.40 0.42 0.47 0.51 0.55	0.22 0.30 0.34 0.38 0.41 0.45 0.50 0.54
FK-202 型 (半直接) 20W 2 灯家庭用器具 側板乳白半透明 プラスチック板	9% 58%		J 0.30 I 0.37 H 0.41 G 0.44 F 0.48 E 0.50 D 0.53 C 0.55 B 0.57 A 0.59	0.27 0.34 0.38 0.41 0.44 0.48 0.51 0.53 0.55 0.56	0.24 0.32 0.36 0.39 0.41 0.44 0.48 0.50 0.53 0.54	0.29 0.36 0.39 0.42 0.44 0.48 0.51 0.54 0.56	0.26 0.33 0.37 0.40 0.42 0.46 0.49 0.52	0.24 0.31 0.35 0.38 0.40 0.44 0.47 0.51	0.25 0.32 0.36 0.38 0.40 0.44 0.48 0.52	0.23 0.30 0.34 0.37 0.39 0.43 0.47 0.50

最近における当社の社外寄稿一覧

寄稿先	掲載号	題名	執筆者	所属
品質管理	10月号	わが社における品質管理とその反省	前田幸夫	本社
マネジメント	11月号	能率給制度について	和田巖	〃
電気計算	12月号	最近の継電器とその応用「HCB型表示継電器」	藤井重夫	神戸
プラスチック	1月号	家庭電気器具のプラスチック利用	築瀬文雄	中津川
電気工学年報	30年版	エレベータ	木村武雄	本社
〃	〃	船舶	進藤貞和	長崎
〃	〃	家庭用品	風間一郎	名古屋
〃	〃	直流機	片岡高示	神戸
新電気	1月号	積算電力計のでき上るまで	渡辺静三郎	福山
病院	1月号	クリネヤ	斉藤寛	神戸

最近における当社の社外講演一覧

講演月日	主催	演題	講演者	所属
10月13~15日	商工業照明技術者講習会	照明一般および工業照明	小堀富次雄	本社
10月25~29日	〃	商業照明	〃	〃
10月26日	照明技術講習会	照明に必要な商業美術	〃	〃
10月26日	日本電設工業会関西支部照明講習会	蛍光灯の取扱、工事について	山下源一郎	大船
11月25日	関西能率技師協会作業管理実務講座	作業の標準化について	広尾次郎市	神戸

最近登録された当社の特許および実用新案

区別	名称	特許または登録日	特許または登録番号	発明考案者	所属
特許	狭帯域多重変調方式	29-9-14	207912	津村隆	無線機
〃	バイメタル	29-9-22	208152	篠崎善助	名古屋
新案	遠方操作順序起動装置	29-9-9	417384	木内修	長崎
〃	回路遮断器用引外し装置	29-9-9	417385	梶田保雄	名古屋
〃	高周波誘導線輪の端子板保持装置	29-9-9	417386	高橋福重	無線機
〃	水銀整流器冷却装置	29-9-9	417387	加藤又彦	伊丹
〃	可撓導波管	29-9-11	417518	森川洋	無線機
〃	曲り矩形導波管	29-9-11	417519	津村隆	〃
〃	発破用衝撃電圧発生発電機の試験装置	29-9-22	417918	今宿喜久男	姫路
〃	フライホイールマグネト	29-9-22	417919	宮崎秀夫	〃
〃	可動鉄片型指示電気計器の振角調整装置	29-9-22	417920	天羽芳市	神戸
〃	回路遮断器引外し装置	29-9-22	417921	高見滋	名古屋
〃	周波数弁別器	29-9-22	417922	喜連川隆	無線機

三菱超音波探傷機

本機は、衝撃高周波超音波を利用し金属材料中の欠陥、たとえば鉄板のラミネーション、鉄鋼中のゴースト割れ、白点、あるいは疲労傷等をごく簡単に測ることができる装置であり、特長はつぎのような点である。

- (1) 装置が簡便で移動が容易である。
- (2) 透過能力が大きく大物の検査ができる。
- (3) 傷の深さ範囲を正確に測定することができる。
- (4) 測定面に対し平行な傷に対し感度がよい。
- (5) 特別な場合を除き被測定体を分解せずにそのまま測定ができる。
- (6) 測定方法が簡単で迅速かつ正確である。



使用周波数

1, 1.5, 3, 5 Mc の 4 種類とし必要に応じ、周波数切換器で簡単に切換え使用できるようになっている。

この周波数は被測定物の材質によって決定されるもので大体下記のとおりである。

- 1 Mc 鋳鋼製品、インゴット、ブルーム
- 1.5 Mc 大型鋳鋼ロール、車軸
- 3 Mc 特殊鋼、薄物類

なおご希望によっては上記標準周波数を 7, 10 Mc に変更することもできる。

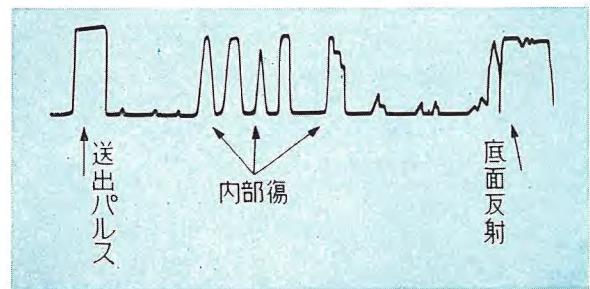
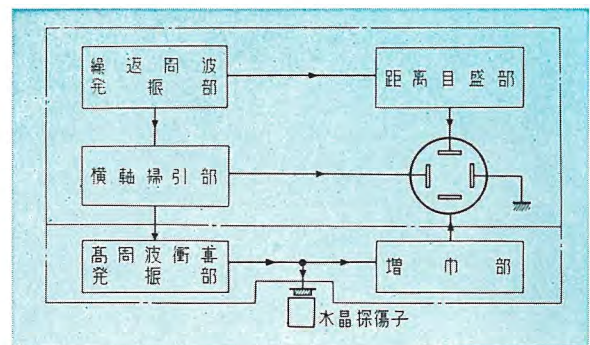
電 源

交流 50/60 c/s 100 V 消費電力 150 VA

10% 以内の電源変動に対し測定上差支えない。

寸 法

幅	310 mm
高さ	380 mm
奥行	500 mm
重量	約 45 kg



昭和 30 年 3 月 28 日 印刷

昭和 30 年 3 月 30 日 発行

「禁無断転載」 定価 1 部 金 60 円 (送料別)

雑誌「三菱電機」編集委員会

委員長	大久保 謙			
副委員長	船橋 正信			
委員	浅井徳次郎	荒井 潔	石橋英樹	市吉惟浩
	伊東祐義	薄井廉介	大久保夙郎	岡屋精二
	菅野正雄	木村武雄	小林治一郎	小堀富次雄
	進藤貞和	田宮利彦	津村 隆	成富公一
	中野光雄	毎熊秀雄	松田新市	松尾又一
	松尾米太郎	宗村 平	横須賀正寿	
幹事	市村宗明	前田幸夫	(以上 50 音順)	

編集兼発行人 東京都千代田区丸の内 2 丁目 3 番地 市村 宗明
 印刷所 東京都新宿区市谷加賀町 1 丁目 大日本印刷株式会社
 印刷者 東京都新宿区市谷加賀町 1 丁目 長久保慶一
 発行所 三菱電機株式会社内「三菱電機」編集部 電話和田倉 (20) 1631
 日本出版協会会員番号 213013
 発売元 東京都千代田区神田錦町 3 の 1 株式会社オーム社書店
 電話 (29) 0915・0916 振替東京 20018