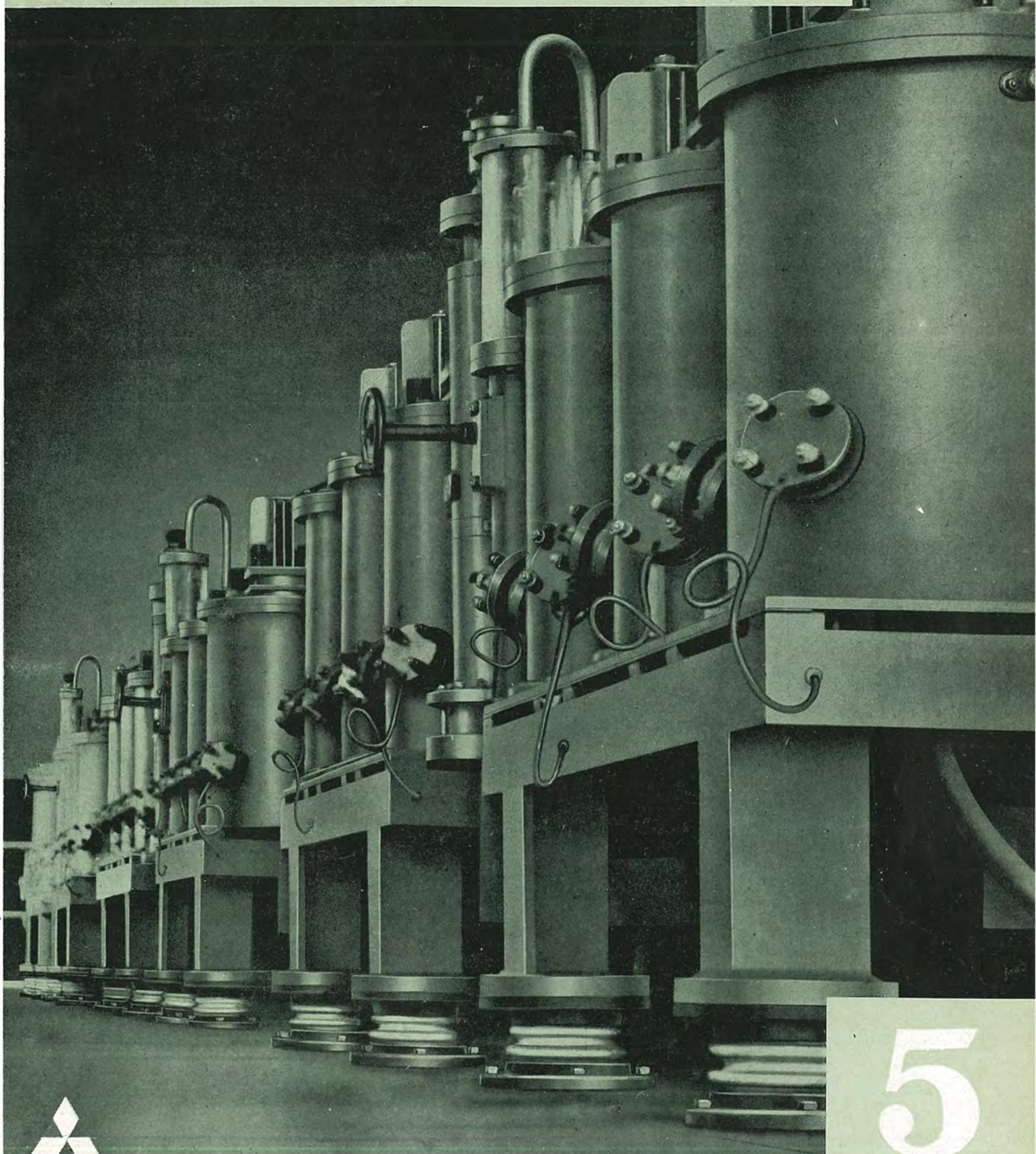


MITSUBISHI - DENKI

# 三菱電機

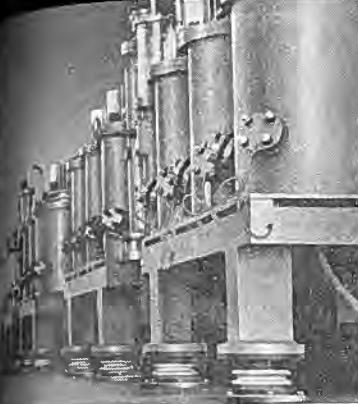


三菱電機株式會社

5

VOL. 25  
1951

# 三菱電機



## 写真解説

水冷式化学工業用イグナイトロン整流器であります。据付後も好調で運転されています。位相制御は格子率で 80% まで保証いたします。

入場所 三井化学工業名古屋工場  
容量 900kW 定格 連続定格  
流電圧 300~0V 電流 3,000A  
用数 6 タンク数 12  
冷却方式 節水型水冷式  
重量 4,000kg  
外形寸法 縦 1,210mm × 横 4,400mm  
× 高 1,650mm  
製作台数 3

## 三菱電機株式会社

### 本社

京都府千代田区丸の内(丸ビル内)

(電) 和田倉 (20) 代表 1631・1641

施設部 千代田区神田鍛冶町3の3

(電) 神田 (25) 代表 5141

戸製作所 神戸市兵庫区和田町

名古屋製作所 名古屋市東区矢田町

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

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

山工場 福島県郡山市字境橋町

福山工場 福山市沖野上町

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 岐阜県恵那郡中津町

福岡工場 福岡市今宿青木

札幌修理工場 札幌市北二條東12

研究所 兵庫県尼ヶ崎市南清水

大阪営業所 大阪市北區梅田(阪神ビル内)

(電) 福島 (45) 5251-7

名古屋営業所 名古屋市中区広小路通

(電) 本局 4252-4255・2640

福岡営業所 福岡市天神町(天神ビル内)

(電) 西 4480・4754・5091

札幌営業所 札幌市南一條西5の14

(電) (2) 3378・3911

仙台事務所 仙台市東一番丁63

(電) 仙台 376・5257

富山事務所 富山市安住町23の2

(電) 富山 4692・5273

廣島事務所 廣島市袋町1(明治生命ビル)

(電) 中 1069・4824

昭和26年 第25卷 第5号

## 目次

操車場用超短波無線電話機	2
寺井和巳 芥川恭助 佐藤 晋 周谷重雄	
三菱の受信真空管	6
山島一次	
自動溶接法の応用について	10
川勝義雄 高木乙麿 鈴木昭久	
化学工業用鉄製イグナイトロン整流器	14
加藤又彦 坂上 茂	
ジーゼル機関用大型電装品	23
宮崎秀夫 大村半彌	
整流子片の圧縮特性	28
福家 章	
可搬誘電体力率プリッジ(劣化検出器)	33
岩崎晴光 水田秀次	

### 「三菱電機」編集委員会

委員長	岸 本 久 雄	田 岩 宮 利 彦	安 藤 三 勝 利	石 橋 英 樹
委 員	浅 井 徳 次 郎	岡 岩 宮 利 彦	川 田 三 勝 利	小 林 治 一 郎
	市 吉 惟 浩	瀧 谷 進	中 村 靖 之	松 田 新 市
	進 藤 貞 和	前 田 幸 夫	松 尾 米 太 郎	松 岡 治
	每 熊 秀 雄	森 藤 久	薄 井 康 介	
	宗 村 平	村 久	(以上 50 音順)	
幹 事	吾 郷 侃 二			

昭和26年9月20日印刷 昭和26年9月25日發行

『禁無断転載』 定価1部金30円(送料6円)

編集兼發行人	東京都千代田区丸の内2丁目3番地	吾 郷 侃 二
印 刷 所	東京都港區麻布竹谷町1番地	博 文 堂 印 刷 所
印 刷 者	東京都港區麻布竹谷町1番地	大 橋 佑 吉
發 行 所	三菱電機株式会社内	「三菱電機」編集部
	電話丸の内 (23) 4・51-9	
		日本出版協会員番号 213013

# 操車場用超短波無線電話機

国鉄操車場において、機関車と運転指令部との連絡は、その作業能率向上の上からも不可欠のものである。今回大阪鉄道局管内神戸港駅操車場に設置した 150 MC 超短波無線電話機は、FM方式の同時送受話方式の実用機としては、本邦最初のものである。現在使用されている台数は、固定機（運転指令部）1台、移動機（機関車）3台の僅か4基であるが、貨車取扱量は本機使用前には比し激増している。なお本機の実用試験結果は稿を改めて報告する予定である。

大阪鉄道管理局

寺 芥	井 川	和 恭	巳 助
佐 藤	谷 谷	晋 重	雄

伊丹製作所

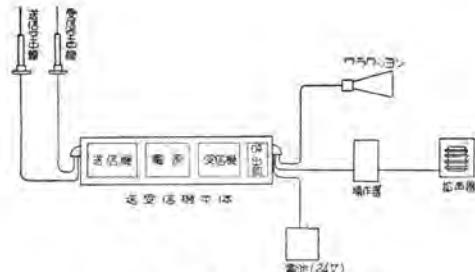
## 1. 緒言

操車場において、機関車指令用に無線機を使用することは、欧米においては早くから実施せられて来た。わが国においては終戦後一部に計画はあつたのであるが、電波割当その他の問題で今日まで実現を見るに至らなかつた。終戦後大阪鉄道局と三菱電機と協力の下に種々基礎的研究を重ね、昭和 25 年 2 月 AM 式（振幅変調式）実験機で第一次実用化試験を神戸港操車場において行つた。この実用化試験の結果十分実用になりうる確信が得られ、同年 3 月 FM 式（周波数変調式）実用機の製作に着手し、10 月現地における予備試験を完了し、爾来日夜の別なく実用されているのである。神戸港駅は、超短波伝播上非常に悪条件を具えており、神戸港にて完成されれば他の操車場においては問題とする必要なしと認められる。20~30m の各種ビルディングの林立するこの操車場において、建物の陰においても約 30db の電界強度が得られている。現在所要通達距離は約 2 km の半径内であるが、一般操車場の如く、平坦地においては数倍の通達半径が得られるものと考えられる。

## 2. 機器の構成

### ア. 移動用機器

本機の使用は全く無線通信に経験なく、また日常業務の性質もおよそ通信とは縁遠い操車係の人々が担当ため、無線電話において一般に用いられる Press-to-talk 方式（送信受信を交互に行い、一方が送信中は他方は受信し、送信終了と共に送受を切換えて通話する方式）では運用上不便であるとの当事者の説にしたがい、設計上 やや複雑となるが、有線電話と同様に通話のできる、同時送受話式とした。なお作業の性質上、常時受信状態にて待機することが不可能であるから、運転指令部よりの呼出信号発射装置を付加し、機関車を個別に選別して呼出しする如く、選択呼出部および警報クラクション



1 図 移動用機器の構成

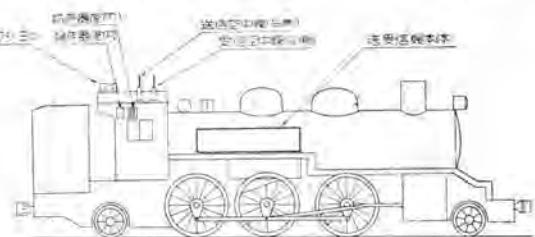
を装備した。移動機器の構成は 1 図のとおりである。送信機・受信機・直流変圧機・呼出部は幅 1,400mm、高さ 600mm、奥行 400mm 鉄製防水ケースに納め、機関車側面に前後方向に装備する。制御器・送話器・拡声器は運転室内に装備され、送話器は通話時以外は制御器内に格納しうる。拡声器は防塵、防湿型で、機関車内の如く、湿度、温度共に高く、炭塵の多い場所においても十分使用しうるものである。

屋上には空中線 2 基および警報用クラクションが装備される。装備の概略は 3 図、4 図の如くである。

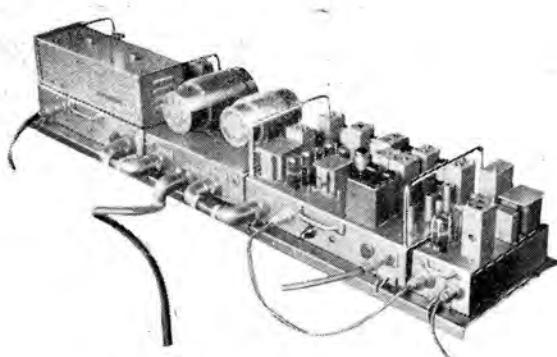
なお将来は機関車に装備するつもりであるが、現在は中間的に控車に搭載している。この状況は 2 図のとおりである。

### イ. 固定用機器

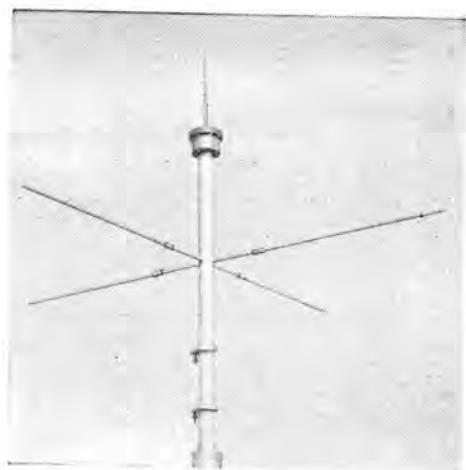
固定機は、重量・寸法に大した制限が無いので、送信機・受信機・電源部を 1 個のキャビネットに収容し、別



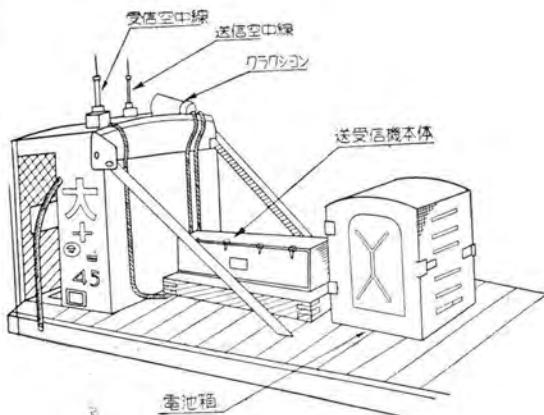
2 図 移動用機器装備図



3図 移動用送受信機本体



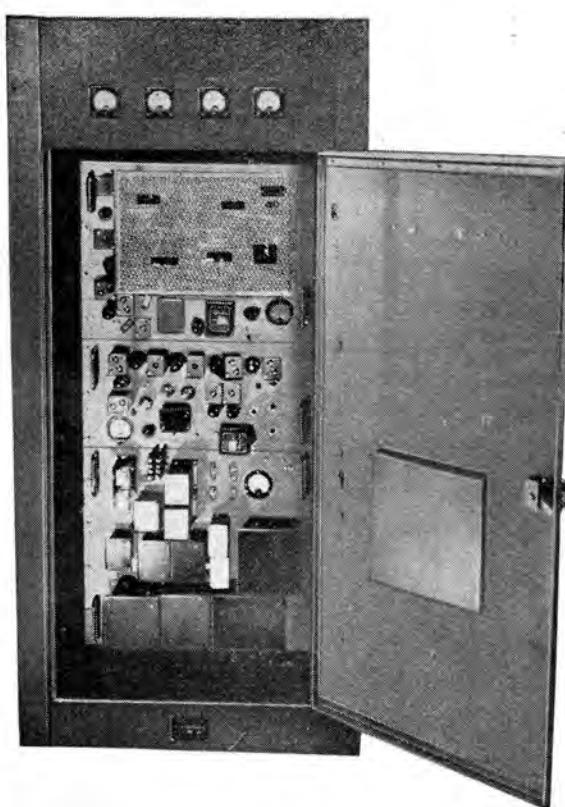
6図 固定用空中線



4 図

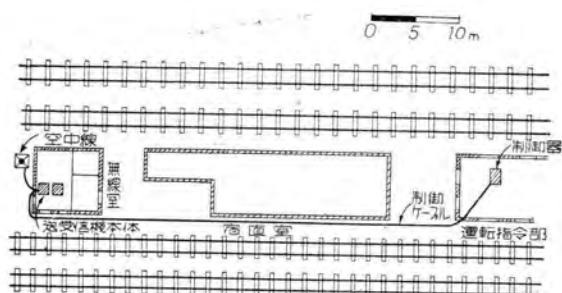


7图一(A) 神戸港駅構内全貌

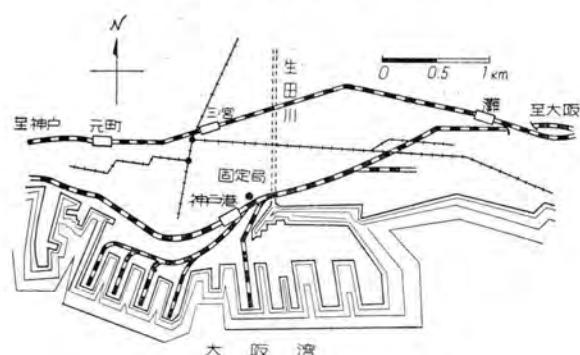


5図 固定用装置

操車場用超短波無線電話機・寺井・芥川・佐藤・岡谷



7图一(B) 固定局設備関係位置図



8図 神戸港駅附近の図

に制御器を設けてこれを制御する如き構造となつてゐる。単位寸法は幅 680mm・高さ 1,710mm・奥行 450mmである(5図)。制御器は呼出信号発振器を内蔵し、1~5のボタンにより信号音を選別し、これにより任意の機関車を呼出しうるものである。また本体の主開閉器の制御の音量調整をも制御器にて行なうから、本体と相当離れた場所にこれを設置し、送受信機の遠隔制御を行

うことができる。現在神戸港においては、7図(B)の如く約50mの距離に離して使用している。空中線は木柱鉄柱いずれにても良いが、できる限り附近に邪魔物のない程度にまで高くすることが望ましい。神戸港では地上約25mの鉄塔上に装備した。7図(A)

### 3. 機器の性能

#### (1) 送信機

1 表

	固 定 用	移 動 用
周 波 数	148.05 Mc	150.93 Mc
遮 倍 数	24 遮倍	24 遮倍
定 格 出 力	20 W	10 W
周 波 数 安 定 度	0.005 %	0.005 %
最 大 周 波 数 偏 移	± 15 kc	± 15 kc
入 力 レ ベ ル	100 % 变調に対し -2 db	同 左
不 要 輻 射 强 度	搬送波に対し -40 db 以上	同 左
入 力 電 圧	100 V AC	24 V DC
入 力 電 流	4.5 A	16.3 A
使 用 真 空 管	6 SJ 7 水晶発振 (2) 6 SA 7 变调 6 SJ 7 第1ダブラー 6 V 6 第2 ノ 807 A 第3 ノ 2 B 29 ノトリップラ 2 B 29 電力増幅 6 SL 7 低周波 (2) 5 Z 3 整流	6 SJ 7 水晶発形 (2) 6 SA 7 变调 6 SJ 7 第1ダブラー 6 V 6 第2 ノ 807 A 第3 ノ 2 B 29 ノトリップラ 2 B 29 電力増幅 6 SL 7 低周波
定 格 入 力	450 W	390 W

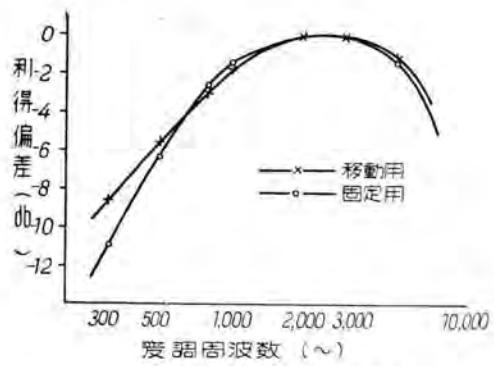
\* 送信機および受信機共に動作中の値である。9図に变調周波数特性を示す。

#### (2) 受信機

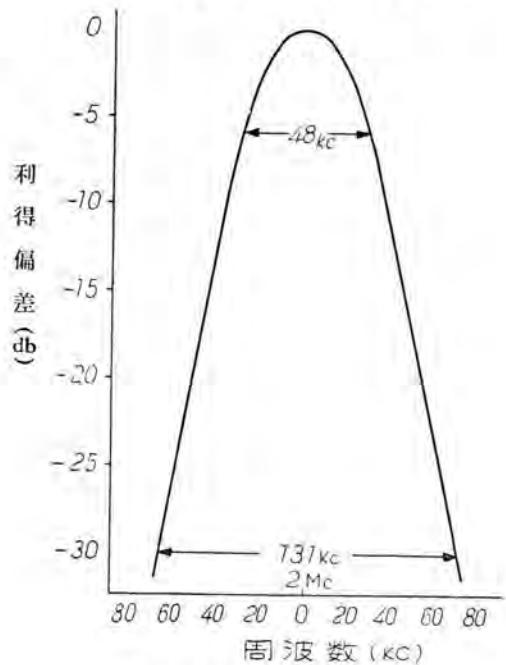
2 表

	固 定 用	移 動 用
周 波 数	150.93 Mc	148.05 Mc
局 部 発 振 周 波 数	第1 10.6378×12 Mc 第2 10.6378×2 Mc	第1 10.4321×12 Mc 第2 10.4321×2 Mc
低 周 波 出 力	1.0 W	5.0 W
帶 域 幅 及 選 択 度	第1 中間周波 6db低下で ±20kc 以上 第2 中間周波 700kcの帯域幅で -3db 以内	±80kc で -33db 以上 2Me 離調にて -30db 以上
ス ケ ル チ 動 作 範 囲		20 db
S/N	6 db 入力で 20 db 以上	同 左
電 源 電 压	6 V 5.5 A 250 V 130 mA	24 V 3.5 A 以下 250 V 130 mA
不 正 周 波 数 感 度	-50 db 以下	同 左
使 用 真 空 管	(2) 6 AK 5 高周混合 6 AK 5 第1 1 F 6 GR 7 第2 1 F (2) 6 GR 7 リミタ 6 SJ 7 ディスクリミネータ 6 H 6 雑音 6 H 6 電子管 6 SL 7 スケルチ 6 V 6 出力 (2) 6 GR 7 局 6 AK 5 ノ	(2) 6 AK 5 高周混合 6 AK 5 第1 1 F 6 GR 7 第2 1 F (2) 6 GR 7 リミタ 6 SJ 7 ディスクリミネータ 6 H 6 雜音 6 H 6 電子管 6 SL 7 スケルチ 6 SJ 7 低周波 (2) 6 V 6 P (2) 6 GR 7 局 6 AK 5 ノ

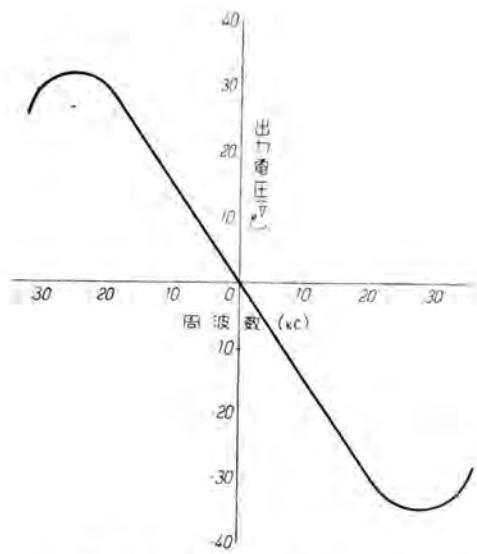
10図に第2中間周波特性を、11図にディスクリミネータ特性を示す。



9図 送信機変調周波数特性



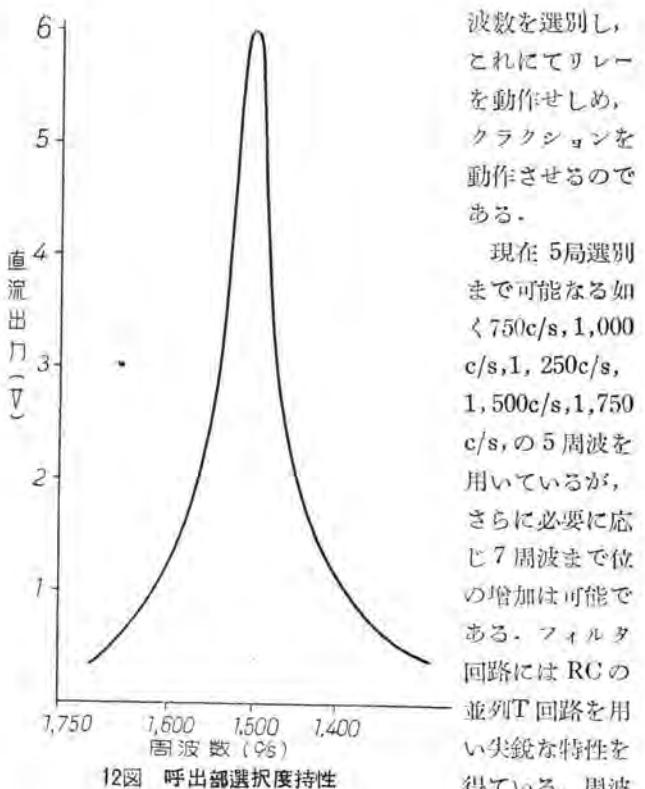
10図 受信機第2中間周波数特性



11図 受信機ディスクリミネータ特性

### (3) 呼出装置 (12図参照)

本装置は固定機制御器と移動機呼出受信部に分れ、前者は低周波発振器を備え、後者は受信出力より特定の周



12図 呼出部選択度特性  
波数を選別し、これにてリレーを動作せしめ、クラクションを動作させるのである。

### (4) 空中線

移動用・固定用・送受共  $1/4$  波長垂直同軸型であるが、固定用は高所に設置する関係上地線を付したいわゆる Ground-Plane 型を用いた。入力インピーダンスはいずれも  $73\Omega$  である。概略の型状は 8 図のとおりである。

### (5) 移動用電源部

移動用電源には 24V 蓄電池を用い、これを機関車内の発電機でフロートして使用する。受信機および送信機の高圧電源はコンバータを使用し、各真空管のフィラメントは 24V より直列に接電して供給している。

### (6) 固定用電源部

交流 1,000V, 50-60c/s より供給し、変圧器および真空管整流器にて所要の高圧を得ている。変圧器にはタップを設け、送信出力の増加を要する場合に備えてある。

## 4. 結言

以上本邦最初ともいいうべき操車場無線電話機の概要を述べたが、実用開始以来 5 カ月、幸にして関係各方面の好評を博している。何分にも前述の如く一般通信機に比較し、その使用状況は著しく悪条件であつて、振動・衝撃・湿度・温度は予想以上であるから、これらに対する防護の完璧を期するには、なお一層の研究を要するものと考えている。

操車場における無線機の利用は、今後逐次増加するものと考えられるが、われわれ関係者はこの最初の貴重なる資料を基にし、さらにより良き実用機の開発、製作に精進する考えである。

最後に本機実用化の今日まで、あらゆる面で強力に御協力を賜つた本庁信号通信局関係官各位、神戸港駅無線区員各位ならびに製作会社関係各位に衷心より感謝する次第である。

# 三 菱 の 受 信 真 空 管

かねて研究中の受信真空管のうちで、ラジオ受信機を対象とする品種全部の試作を終り、量産設備も整い、いよいよ生産を開始する運びとなつたので、この機会に試作完了の全品種の特長・特性・用途・その他使用上の注意等について記述した。

## 研 究 所 山 島 一 次

### 1. 緒 言

わが国の工業は米国の影響をうける所が多く、米国で新製品が発表され、あるいは輸入されれば、数年ならずして、同様の产品が生産されるようになるのが普通である。しかし受信真空管においては、米国が戦前すでに金属管・GT管・ロックインベース管あるいはミニチュア管等を生産していたのにかかわらずわが国では、10~20年前の品種がそのまま生産されている現状である。終戦を契機として、わが国の受信真空管も、ヒータ電圧が2.5Vから6.3Vに変つたが、品種は依然として古いドーム型管である。これは戦争による技術の低下、設備の老朽化その他のいろいろの原因が考えられるが、当時の甚だしい品不足から量に重点をおき、新管種に切換える余裕がなかつたためと思われる。しかしながら今やわが国の受信真空管も早急に、GT管その他を米国に倣つて、新しい高性能管の生産に移るべき時期にあることはいうまでもない。

当所ではかねてから、米国RCAと同一型名、同一規格という方針のもとにGT型受信真空管の試作研究を行つていたが、試作完了のものを逐次量産に移すこととなり、このたび設備も整い、本格的量産を開始することとなつたので、その品種を発表して御参考に供したい。

### 2. 特 長

このたび量産を開始するものは、将来の受信真空管の標準型ともいべきGT管である。米国RCAのものと同一規格で、特性はもちろん外形寸法その他厳密にRCAに一致させるように努力し研究されたものであるから、どんな受信機にも米国品との挿換使用が可能である。

真空管が統制品であつた頃は1級品・2級品・3級品等に区別されていたが、統制撤廃とともにこの区別も廢止された。三菱受信真空管は、従来の1級品に相当するものであるが、さらに厳しい試験規格により工場試験を行うことにしている。

現在市場に出ていたもののうちにはRCAと同一型名でありながら多少違つた規格のものが見受けられる。も

ちろんこれはきわめて些細なことと思われるような所であるが、実はかならずしも見過すわけにゆかない場合がある。三菱真空管は如何なる点も忠実にRCA規格に合致させることにしている。これが唯一最大の特長である。

従来のドーム型管に比較してGT管の特長を列記すれば、つぎのようなものである。

- (1) 小型であるから受信機内での配置が合理的にできる
- (2) シールドケースの必要がない
- (3) オクタルベースであるから、ソケットが1種類である
- (4) ベースにキーがあるから、ベースピンの方向を間違える心配がない

このほか新らしいものは頭部口金がないから配線が便利でまた挿換が楽である。高性能の品種がある等の特長を挙げることができる。

### 3. 特性および用途

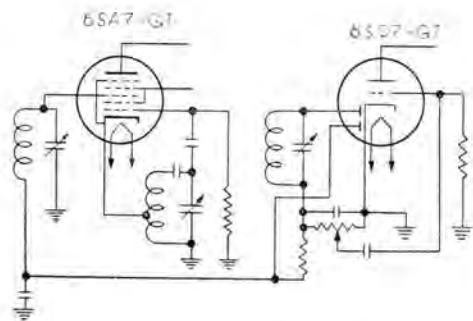
各品種についての特性のくわしい説明を省略し、特性表として示したもののが1表である。なお次に用途および使用上の注意等について簡単に述べる。

#### ア. 6SA7-GT

スープレーテロダイン受信機の周波数変換管としては、これまで2A7あるいは6A7が使用されていたが、いろいろな欠点があつた。6SA7-GTは6A7の改良型ともいるべきもので、第1格子を局部発振格子、第3格子をシグナル格子として管内で電子結合により周波数混合を行う型式である。構造は複雑になつてゐるが、性能は優秀で、周波数変換管の代表的なものとなつている。

第3格子は可変増幅率の特性をもつてゐるから、そのバイアス電圧を変えることにより音量調整ができるから、よく自動音量調整に利用されるが、この場合にはブロッキング現象を起すことがある。これは第3格子が数MΩの高抵抗を通して接地されているために、強いシグナルや雑音により高電圧がかかつた場合に、2次電子放射により、格子自体が高電位となり、突然聴取不能となる現象である。このような時には電源スイッチを一旦切れれば再び元の状態に帰るが、回路方式により、このプロ

ッキングを防止することができる。1図はその一例を示すもので、第3格子の帰路を2極検波管の陽極に接続して、2次電子放射により第3格子の電位が高くなることを防ぐようにしたものである。



1 図

1表は自励の場合の値であるが、他励すなわち別の局部発振管により第1格子を励振する場合の、第3格子電圧は-2Vが適当である。

#### イ. 6SJ7-GT

検波増幅用5極管で、ドーム型管のUZ-6C6とどうよの目的に使用される。すなわち主として検波および低周波増幅に使用されるが、UZ-6C6よりも高性能である。高周波増幅用としてももちろん使用できるが、その目的にはつぎに述べる6SK7-GTを使用することが多い。

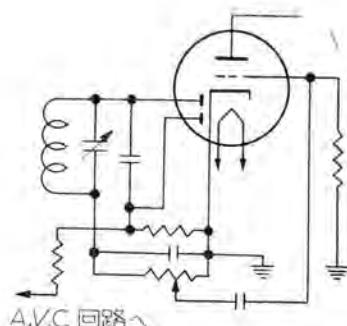
この6SJ7-GTは制御格子と陽極間の静電容量がきわめて少いから、その高性能を十分に利用することができます。制御格子と陽極間の静電容量は0.0035~0.005 $\mu\text{f}$ (UZ-6C6は約0.007 $\mu\text{f}$ )でGT管としては極限の値である。

内部電極間および電極と外部とは十分に遮蔽を施し、口金は金属製スリーブ付であるから、遮蔽が完全で、従来のようなシールドケースを必要としない。

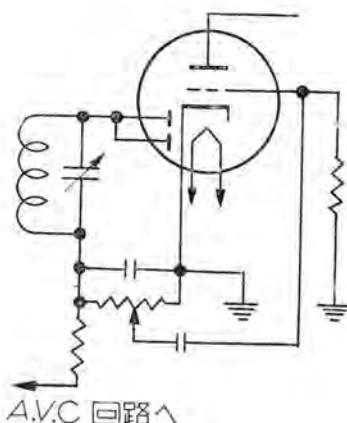
#### ウ. 6SK7-GT

可変増幅率5極管で、ドーム型管のUZ-6D6を高性能化したものである。頭部口金がなく、電極間静電容量は大体6SJ7-GTの2倍である。高周波増幅あるいは中間周波増幅に使用して十分にその性能を發揮することができる。中間周波増幅のような、相当大きな信号の入つてくる所には、このような可変増幅率の真空管を使用し、自動音量調整を行うようにすれば、ひずみを少くすることができるので、高級受信機用として不可欠のものである。

普通の家庭用受信機等にはシールドケースの必要はないが、多数近接して配列する場合には、なるべくガラスに密着するようにする方が効果的である。シールドケースは口金の金属スリーブに接触するようにすれば、べつに接地の必要はない。



2 図



3 図

#### エ. 6SQ7-GT

検波増幅用双2極3極管である。ドーム型管ではUZ-75としてスーパーヘテロダインが第2検波に使用されている。2極検波はいわゆる直線検波特性を有するからひずみの少ない検波ができる。従来は双2極5極管が使用されたが最近では双2極3極管が使用されるようになつた。これは2極管の出力が相当大きいために、3極管部の増幅度は50倍もあれば十分であるからである。

2極部の一は検波に他は自動音量調整用に使用されるが、また2個の陽極をたがいに接続して検波と自動音量調整に共用することもある。2図は前者を、3図は後者の一例を示す。変つた使用法としては6SA7-GTの場合に述べたとおり、周波数変換管の信号回路すなわち6SA7-GTの第3格子の帰路をこの2極部の陽極に接続して、ブロッキング現象の防止に利用することがある。(1図参照)

3極部はもつばら低周波増幅として使用される。最近ではこの3極部の制御格子にバイアス電圧をかけることなく、陰極を直接に接地して使用することがある。この場合には格子リークとしては10MΩ位が適当で、少くとも5MΩを必要とする。

#### オ. 6F6-GT

電力増幅用5極管である。同規格のUZ-42は高級受信機用として知られている。最近のわが国の高級受信機にはほとんどUZ-42が使用されているが、元来UZ-42はAB級ブッシュル電力増幅として10数Wの

出力を必要とする場合に適したものであるから、一般家庭用としては、むしろ 6K6-GT が手頃である。

#### カ. 6K6-GT

電力增幅用 5 極管で、6F6-GT とどうように使用される、UZ-41 を GT 管としたものであるが、わが国ではヒータ電圧の関係からか、この UZ-41 は一般には使用されなかつた。

1 表に示すとおり、6F6-GT と 6K6-GT との違いはヒータ電流 0.7A が 0.4A で 6K6-GT の方が小さく、出力は 3.2W が 3.4W と逆に大きくなつていてこと、格子バイアス電圧が 16.5V が 18V となつておらず、増幅率は 6K6-GT の方が小さいことなどである。

従来一般用として 6ZP1 が広く使用されてきたが、高級受信機用としては出力不足の感があつた。6K6-GT は 6ZP1 あるいは UZ-42 に代るものとして推奨することができる。

#### キ. 6V6-GT

電力增幅用ビーム 5 極管であつて、比較的低い陽極電圧で、大きな出力をうることができる。ビーム電力管は、UY-807、6L6 等として知られていたが、それらは高い陽極電圧を必要とし、また出力も大き過ぎたため

にあまり使用されなかつた。この 6V6-GT は受信機等に使用した場合、とくに高い陽極電源を要せず、他の増幅管、検波管等と電源を共用することができ、出力も普通のダイナミック、スピーカを鳴らすに十分である。

近い将来一般家庭用として、全波受信機・電蓄・その他高級受信機用に、また通信機用として、発振・低周波電力增幅等に広く使用されるものと期待される。

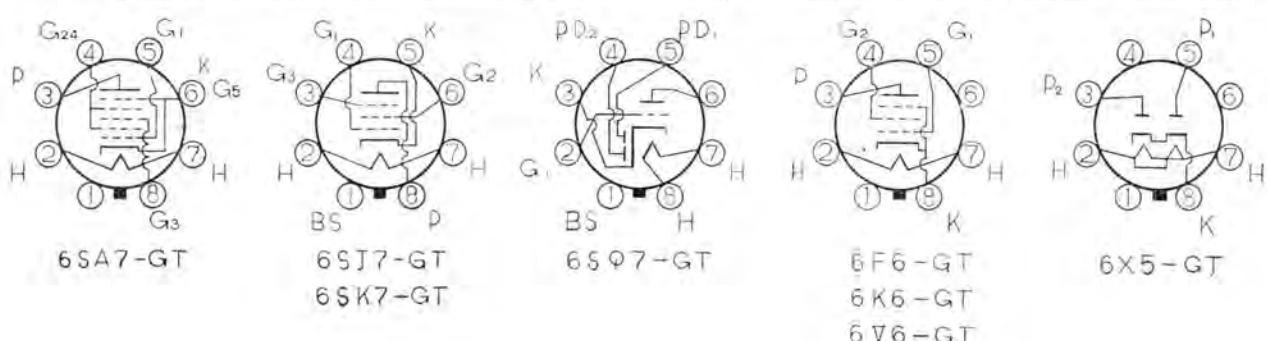
#### 4. 結 言

ここに発表した受信真空管は、ラジオ受信機を対象としたものであつて、真空管としては最も普遍的な品種に過ぎない、多数の品種がなお今後に残されているので、引きつき試作研究を行つてゐる。2 表は現在研究を予定されたもののうち、目下試作中の品種で、これらは近く日を改めて発表の機会をうることと思う。

品質については、相当の自信をもつて発表したのであるが、まだ残された問題も多いので、全力を挙げてその解決と、品質の向上、量産技術の研究に努力しているから、今後とも各方面的御指導と御激励をお願する次第である。

I

型 名	名 称	用 途	外 形 尺 法		口 金	ヒータま たはブリ ッケン	陰	極		電極間静電	
			最大長 (mm)	最大径 (mm)				$E_f$ (V)	$I_t$ (A)	$C_{gk}$ (μuf)	$C_{pk}$ (μuf)
6SA7-GT	7 極管	周波数変換	85	34	B8-6 (8 GB)	H	6.3	0.3	—	—	—
6SJ7-GT	5 極管	検波增幅	85	34	B8-26 (8 SB)	H	6.3	0.3	7	10	—
6SK7-GT	5 極管	可変增幅	85	34	B8-25 (8 SB)	H	6.3	0.3	7	8	—
6SQ7-GT	双 2 極管 3 極管	検波增幅	85	34	B8-26 (8 SB)	H	6.3	0.3	—	—	—
6F6-GT	5 極管	電力增幅	88	34	B8-6 (8 GB)	H	6.3	0.7	—	—	—
6K6-GT	5 極管	電力增幅	85	34	B8-6 (8 GB)	H	6.3	0.4	—	—	—
6V6-GT	ビーム 5 極管	電力增幅	85	31	B8-6 (8 GB)	H	6.3	0.45	—	—	—
6X5-GT	双 2 極管	全波整流	85	34	B8-6 (8 GB)	H	6.3	0.6	—	—	—



2 表

型 名	名 称	用 途	陰 極			定 格									備 考
			ヒータま たはフィ ラメント	$E_f$ (V)	$I_f$ (A)	$E_b$ (V)	$E_{c_1}$ (V)	$E_{c_2}$ (V)	$I_{c_2}$ (mA)	$I_b$ (mA)	$S_m$ ( $\mu$ V)	$M_u$	$R_L$ (Ω)	$P_o$ (W)	
6 H 6-GT	双2極管	2極検波	H	6.3	0.3	150 <i>ac</i>	—	—	—	$I_o$ 8	—	—	—	—	各2極管の値
6 J 5-GT	3 極 管	電圧増幅	H	6.3	0.3	250	-8.0	—	—	9.0	2,600	20	—	—	
6 S L7-GT	双3極管	電圧増幅	H	6.3	0.3	250	-2.0	—	—	2.3	1,600	70	—	—	各3極管の値
6 S N7-GT	双3極管	電圧増幅	H	6.3	0.6	250	-8.0	—	—	9.0	2,600	20	—	—	各3極管の値
6 S D7-GT	5 極 管	可変増幅	H	6.3	0.3	250	-2.0	100	1.9	6.0	3,600	—	—	—	
6 S G7-GT	5 極 管	可変増幅	H	6.3	0.3	250	-2.5	150	3.4	9.2	4,000	—	—	—	
35 L 6-GT	ビ 5 極 管	電力増幅	H	35	0.15	110	-7.5	110	3.0	40	5,800	—	2,500	1.5	
50 L 6-GT	ビ 5 極 管	電力増幅	H	50	0.15	110	-7.5	110	4.0	49	9,000	—	2,000	2.1	
25 Y 4-GT	2 極 管	半波整流	H	25	0.15	125 <i>cc</i>	—	—	—	$I_o$ 75	—	—	—	—	

表

容 量	定 格										備 考	
	$C_{pg}$ $\mu\mu F$	$E_f$ (V)	$E_{c_1}$ (V)	$E_{c_2}$ (V)	$I_{c_2}$ (mA)	$I_b$ (mA)	$r_p$ (MΩ)	$S_m$ ( $\mu$ V)	$M_u$	$R_L$ (Ω)	$P_o$ (W)	
	250	$E_{c_3}$ 0	$E_{c_{2.4}}$ 100	$I_{c_{2.4}}$ 8.5	3.5	約 1.0		$S_m$ 450	$G_1$ 抵抗 20,000 Ω	—	—	自励の場合
0.005 以下	250	-3	100	0.8	3.0	約 1.5	1,650	—	—	—	—	
0.005 以下	250	-3	100	2.6	9.2	約 0.8	2,000	—	—	—	—	
—	250	-2	—	—	0.9	0.091	1,100	100	—	—	—	
—	250	-16.5	250	6.5	34	約 0.08	2,500	—	7,000	3.2	—	
—	250	-18.0	250	5.5	32	約 0.06 <sup>a</sup>	2,300	--	7,600	3.4	—	
—	250	-12.5	250	4.5	45	約 0.052	4,100	—	5,000	4.5	—	
—	最大交流陽極電圧 325 V      直流出力電流 70 mA										—	

# 自動溶接法の応用について

参事 川勝義雄  
中日本重工 神戸造船所  
技師 高木乙磨  
技師 鈴木和久

## 1. 緒 言

当神戸造船所においては昭和17年頃からいわゆる「ユニオンマルト」といわれる自動溶接法の研究をしてきたが、まず問題となる溶接機ならびにその制御装置が思うようなものができず、漸くかねて三菱電機伊丹製作所が試作に成功したUA型機を同所の絶大なる好意により借用できたのでこの機械を使って当所において実験研究を進めた結果漸く実用化の域に達したのでその概要を発表して諸賢の御批判を仰ぐ次第である。

## 2. 溶接機に関する問題

自動溶接機の性能と同時にその機械の運転操作に関連して諸設備が必要である。まずこの溶接法では大電流を使用するから十分な容量を持つたパワートランジスタが必要であるし、また電圧の変化によつて操作を制御する機構である関係上電源電圧の変動が制御に影響する極大である。故にその点を考え極力その変動の少ないような処置が構ぜられねばならない。

当所においてはこの点に対して高圧線に直接自動溶接機専用の変圧器を設備して電源の変動を僅少にしてその影響を無くしている。

溶接機の性能としては制御方法がその根本をなすが、三菱UA型機の制御法は電弧電圧の変動をセレン整流器により直接電極棒送給用直流電動機に作用させ、その間に更に感度の鋭敏性をうるような或る種の装置を施す程度の制御方法で、制御範囲は左程広くはないが従来のサイラトロン式のものに比べ構造が簡単堅牢で操作も容易であるから造船現物向としては最適のように考えられる。

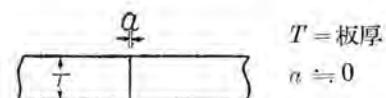
## 3. 溶接の条件

適正な棒送り速度、溶接棒の径および接頭開先の形状に対する各種の条件等については構造物の設計上あるいは工作上からそれぞれ個々の条件にしたがつて十分な実験が必要である。

当所における一例を示すと次の如くである。

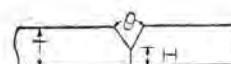
### ア. 一層盛衝合溶接

#### (1) I型接頭



板厚T (mm)	溶接電流 (A)	溶接電圧 (V)	溶接速度 (mm/min)	棒 径 $\phi$ (mm)
5	660	33	650	4
8	759	35	550	5
10	924	38	500	5
12	1,023	41	480	5
16	1,200	42	450	6

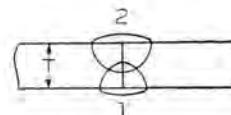
#### (2) Y型接頭



板厚T (mm)	角度 (θ°)	肩厚H (mm)	溶接電流 (A)	溶接電圧 (V)	溶接速度 (mm/min)	棒径φ (mm)
12	60	3	990	38	480	6
16	45	4	1,254	40	400	6
22	40	5	1,403	41	300	6
25	30	5	1,518	42	280	6

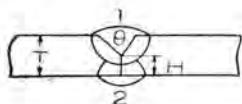
### イ. 二層盛衝合溶接

#### (1) I型接頭



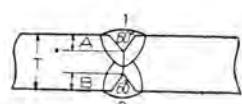
板厚T (mm)	層数	溶接電流 (A)	溶接電圧 (V)	溶接速度 mm/min)	棒径 φ (mm)
10	1	528	34	600	5
	2	891	37	600	5
12	1	726	36	550	5
	2	957	40	450	5
16	1	858	37	450	5
	2	957	40	400	5
20	1	891	38	400	5
	2	957	40	380	5

(2) Y型接手



板厚T (mm)	層数	角度 (°)	肩厚H (mm)	溶接電流 (A)	溶接電圧 (V)	溶接速度 mm/min)	棒径 φ (mm)
12	1	90	—	891	37	400	5
	2	—	9	660	36	500	5
16	1	90	—	957	39	360	5
	2	—	10	660	36	450	5
20	1	90	—	1,056	42	350	5
	2	—	14	759	37	420	5
22	1	90	—	1,089	43	340	5
	2	—	15	72	38	400	5

(3) X型接手



板厚T (mm)	層数	開先の深さ		溶接電流 (A)	溶接電圧 (V)	溶接速度 mm/min)	棒径 φ (mm)
		A (mm)	B (mm)				
20	1	5	—	792	38	370	5
	2	—	6	891	40	360	5
22	1	6	—	792	38	360	5
	2	—	10	957	42	340	5
25	1	8	—	924	42	350	5
	2	—	10	1,050	43	330	5

#### 4. 溶剤(フラックス)

フラックスとしては各種のものがあるが、鉄の溶融点よりやや低い 1,300°C 内外の溶融点を持ち、流动性の良い酸性スラグで、使用原料が安価で入手容易であるようなものを選出するとよい。

フラックスの製造についても或る限度の量、すなわち 100kg とか 200 kg 程度は同時に溶成して均一性を保たせ、かつフラックスの原価をできうる限り減少せしめる必要がある。

つぎに大型電弧炉にて 1 charge 100kg 溶成せるものを分析した結果を示す。

成 分	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MnO
%	40.90	4.80	4.64	25.75	10.90

これに添加剤を適当に加えて使用している。

また粒度の問題も重要で当所では使用電流の大小およびフラックスの一定電流における溶融度に応じて粗微各粒度に区分し、それを適当に配合して使用している。

一般的にいえば使用電流大なるものでは粗なるものの配合率は大で、電流量が小となるにしたがつて微なるものの配合率が大となる。

厚板に使用する一例を示すとつぎの如くである。

メッシュ	10~20	20~30	30~40	40~70	70~200
重量%	20~25	10~15	20~25	30~35	10~15

フラックスの問題で最も微妙に影響するものの一つとして、添加剤の割合があるがこれは脱酸・脱硫の目的および溶着鉄に合金元素を添加して機械的性質を向上する目的で Fe-Mn・Fe-Si 等を添加する。

この添加に際しては溶接施行に当り個々の条件を良く検討して行う必要がある。例えば溶接棒中に Mn とか Si とかを比較的多量に含んでいる JES 芯線規格第 3 種とか第 4 種線を使用する際は、添加剤は全然不要になつて来るが如きはこの意味である。

またフラックの湿度の影響も大で湿つたフラックスを使用すると機械的性質が低下するだけでなく、ブローホールが発生するから溶剤の乾燥保存については特に注意が必要である。

#### 5. 被溶接物

##### ア. 被溶接物の材質の調査検討

自動溶接法においては溶着鉄を構成する 60~70% は母材の溶込んだものから成るため、溶接部に与える母材の影響はとくに顕著である。

母材中の P-S 等の不純物の過度の含有および偏析が鋼材中にラミネーション (Ramination) あるいはガス

ムライン (Ghost line) として存在するような場合は溶着鉄の機械的強度は著しく低下し、かつ溶着鉄に亀裂の発生を見る。したがつて溶接前に(特に厚板においては)十分な注意をもつて材質の調査をすることが望ましい。

#### イ・溶接方法・接手形式の設計および開先の検討

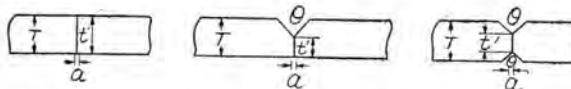
自動溶接法を応用するに当つて溶接構造が一般的の手溶接の代りに機械を用うるという程度の認識では到底この溶接法は応用できない。

何故なれば自動溶接法に適合した溶接構造の設計・開先の形状・溶接の方法・順序等最初から自動溶接向きに計画されねばならないからである。

また開先の加工においても或る程度の精密度が要求される。開先線の彎曲・精度の不良はすべて欠陥を生ずる原因となる。

溶接するに先立つて、溶接方法、順序および開先の加工、工合について十分検討すべきである。

ここで開先精度とは図における  $t'$ ,  $\theta$  および  $a$  である



しかしこれは開先を必ず機械切削せねばならぬという意味ではなく、ガス切断の場合も自動ガス切断機をもつて十分丁寧に実施し、また歪の矯正を行うとかあるいは一部を機械切削するとかすれば良いという意味である。

つぎに参考までに溶接方法と接手の形状の一例を挙げてみる。

溶接方法 接手形状	自動溶接にて1層盛で溶接を完了する場合		自動溶接と手動溶接とを並用する場合		自動溶接にて表裏2層盛で溶接を完了する場合	
	A-1	A-2	M-1	M-2	A-1	A-2
a						
b						
c						
d						
e						
f						
g						
h						
i						

(註) A—自動溶接 M—手動溶接 数字は順序を示す当板、共に溶接してしまう軟鋼板と溶接しない銅板の場合もある。

## 6. 実用した1・2の例

### ア. 鋼柱に利用した場合

鋼柱としては円柱と角柱がある。円柱では船のビラ

ー (Pillar) やマスト (Mast) およびポートダブリット (Boat davit), ギャーケース等に応用している。角柱では鉱山用の鋼製自在杭木の台角柱の如きものである。

#### イ・断面円形の Boat davit gear case に応用した例

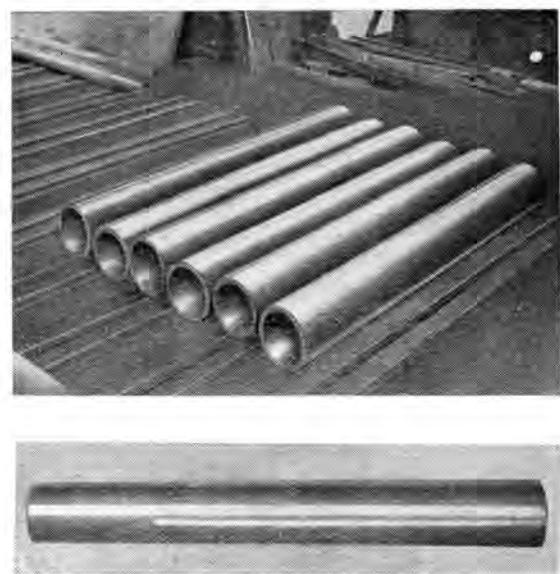
##### (1) 溶接条件

板厚 (mm)	開先形状	溶接電流 (A)	溶接電圧 (V)	溶接速度 (mm/min)	棒径 (mm)	備考
1.5		95.7	4.2	34.0	5	接手の長さ1,300 相当量使用

##### (2) 予備試験片による試験成績

抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	屈曲伸率 % 180° GL 20
試験片 10本の平均 49.5	試験片 10本の平均 27.5

##### (3) 製品の実物写真



#### ウ・断面正方形の鋼製杭木台角柱に応用した例

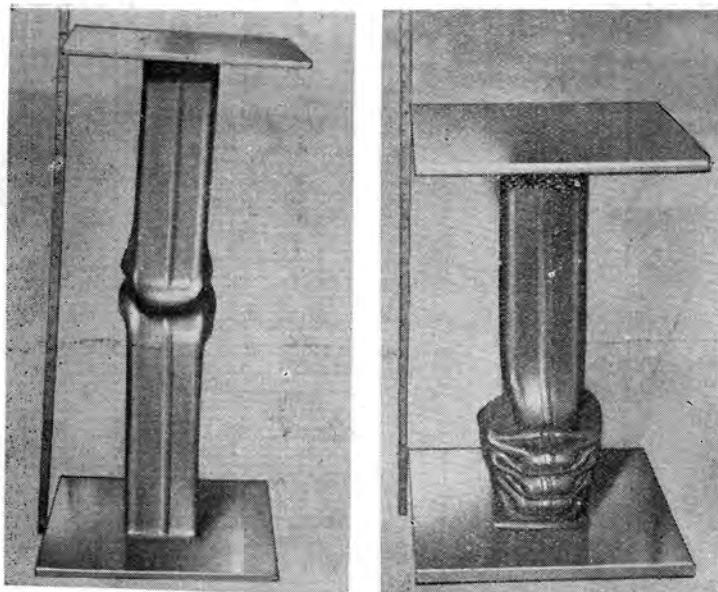
##### (1) 溶接条件

板厚 (mm)	開先形状	溶接電流 (A)	溶接電圧 (V)	溶接速度 (mm/min)	棒径 (mm)	備考
4.5		69.0	3.3	70.0	4	接手の長さ1,100 相当量使用 断面 100×100 板厚 4.5 mm

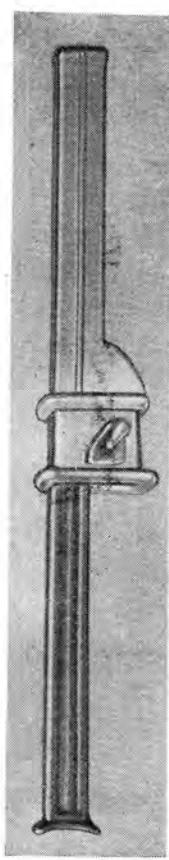
##### (2) 予備試験片およびモデルによる試験成績

抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	屈曲伸率 % 180° CL 20	実物大モデル坐屈試験耐圧力
(試験片10本の平均) 50.9	(試験片10本の平均) 22.5	(モデル2個の平均) 220TON

(3) 坐屈試験片坐屈後の外観



(4) 完成された製品外観 (亜鉛メッキせるもの)



### (1) 溶接条件

板厚 (mm)	開先形状	電極 No.	溶接電流 (A)	溶接電圧 (V)	溶接速度 (mm/min)	棒径 (mm)
2.0		1	891	3.8	400	5
		2	957	4.0	380	5
2.2		1	800	3.8	360	6
		2	980	4.2	350	6

(2) 試験片による試験成績

#### a. 溶接試験片

抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	屈曲(180°) GL 20
(試験片10本の平均) 49.7	(試験片10本の平均) 27.5

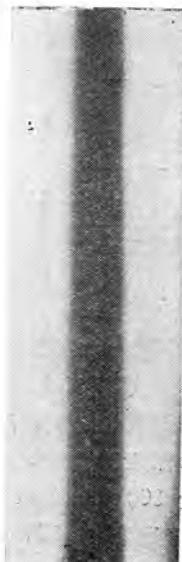
#### b. 全溶着金属抗張力試験および衝撃試験

抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	伸率%	GL 28	衝撃値シヤルビ kgm/cm <sup>2</sup>
(試験片10本の平均) 52.1	(試験片10本の平均) 28.7	(試験片10本の平均) 9.5	(採取溶接線の方向)

(3) 溶接部外観



(4) 溶接部X線写真



### 二、板継ぎに応用した場合

この溶接法は板継ぎに対しては非常に応用範囲が広い。当所においては製作品関係の厚板の板継ぎに利用している。つぎに20~22mm板の板継ぎ溶接の例を示す。

# 化学工業用鉄製イグナイトロン整流器

加藤又彦  
伊丹製作所  
坂上茂

## 1. 緒言

従来は回転変流機・多陽極型水銀整流器が電気化学工業用に主として使われて来た。なかでも低電圧大電流工業には回転変流機がその特性上すなわち能率が優れているために有利な立場にあつた。昨今米国ではイグナイトロンが電気化学工業用として大々的に使用され、その特長と性能からして他種変流器を凌駕した状況である。当社でもこれに刺戟され、溶接機用イグナイトロン・電鉄用イグナイトロンと逐次研究し、電鉄用イグナイトロン数台の実負荷運転の経験と実績よりして今回 300V, 3,000A, 連続定格のイグナイトロン整流器 4 組を製作した。その内 1 組は昭和 25 年 8 月上旬より実負荷運転に入りその優位性を実証するに至つた。

本文は上記イグナイトロンの設計条件・本体構造および回路について記述すると共に実験結果に対して若干の考察を加えたものである。

## 1. 設計条件

### ア. 運転上の基礎条件

今回製作したイグナイトロンは、食塩電解用直流電源として使用されるもので、連続定電流負荷運転を要求されたものである。設計的見地よりして諸要求事項を検討し、これらの相互関連性と本体構造について説明する。

#### (1) 電弧降下すなわち能率の保証

化学工業用変流器としては能率第一主義が力説された。ことに新製品であるイグナイトロンの採用にあたつて、能率の保証が要求されたのは当然である。そのため電弧降下を 300V 3,000A 30°C (冷却水温) で 17V, 35°C (冷却水温) で 16V を保証して、イグナイトロンの規約能率を 92% と保証したのである。

電弧降下の低減に大きな考慮が払われた結果、本体内部構造ならびに冷却水温の選定および調整が重要要素となつた。電弧降下の保証値を確保するために、格子構造と放電通路の構造に基本的検討を加えたのである。すなわち電弧降下を低減せしめる主役をなすものは格子の狭間隙と温度である。

格子の狭間隙である放電通路の大きさと数を増せば電

弧降下は当然低下するが、格子の遮断機能は喪失される。両要求を満足させるために基本研究を実施し、所望の要件を満しうる構造の選定に成功した。また陽極一陰極間放電路の設計には細心の注意を払い、点弧・失弧・通弧と温度および電流値の相互関係を基本的に検討した結果一案を得た。

#### (2) 負荷耐量

このイグナイトロンは文字どおりの連続運転であること、また負荷側はしばしば短絡をおこすこと、必要に応じて電圧制御し常時定電流負荷に維持すること、これらの 3 つの負荷条件にイグナイトロン本体はもちろんのこと、付属装置すべてが十分耐えうることが要求された。これらの内容を分析すると、熱的負荷限度・内部的および外部的損傷をおこさない短絡電流値限度・サージ電圧発生限度・電圧制御限度をすべて知り、かつ保証し、限度を超えたものに対しては適切な保護装置を設けることである。

これらの諸要件を満足せしめるため、設計的見地から下記のことを考慮した。

#### a. 热的負荷限度

これは広義のタンク内部構造と冷却条件によつて限定されるもので、一概に決論し得ない性格をもつている。長期間運転中熱的劣化が進展して負荷制限をおこす可能性があるものといえばバッキン部である。これはバッキン部の最高温度により劣化の程度がことなるため、安全度を見込んで温度上界を 50°C とし、バッキンは耐熱性の点でとくに吟味したものを使用した。負荷電流の増加とともに増大する損失によつて、陽極・格子その他内部放電路中の一部分の温度が上昇または局部的に加熱し、温度が著しく増大するのを考慮して陽極・格子・バッフルはすべてグラファイト製とした。

#### b. 内部的または外部的損傷をおこさない短絡電流値の限度およびサージ電圧発生限度

1 タンクの許容最大電流値以上の短絡電流が流れたとき、または冷却水温が低すぎて内部水銀蒸気密度・イオン密度が不足したときにはサージ電圧が発生して内、外部に損傷をおぼすおそれがある。これはいわゆる「スターべーション」と呼ばれる現象であつて、これを防止するには冷却水温を上昇せしめるとともに、内部構

造中主として格子の狭間隙を大きくすることによって除かれる。そのため内部構造と冷却水温と短絡電流との3者を種々変化せしめて損傷、サージ電圧発生の有無を研究し、要望事項を保証することを得た。

#### c. 電圧制御限度

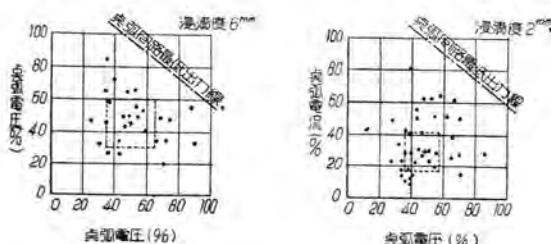
電圧制御を深くすればするほど飛躍逆電圧値が増大し、残留イオンの大きいものでは逆電圧のために逆弧する可能性が増す。今回は点弧子の点弧位相と格子位相を同時に制御して電圧制御を行うのであるが、制御限度保証値は格子率に換算して 80 %である。しかし起動・停止時には 100%まで保証した。これは多陽極型整流器の格子制御 85 %保証値に比して通弧の可能性が少なく、信頼度は実験と経験とにより十分実証されていたので低下したものである。

#### d. 保護装置

化学工業用変流器の過負荷電流発生頻度は、負荷の性質上比較的多いとみるべきであろう。連続運転の信頼度をそこなわないので最大の保護を確保するためには、保護装置は高度の選択性を有しておらなくてはならない。事故をその発生した場所で区分すれば、内部的故障すなわち逆弧と外部的故障すなわち負荷側短絡との2つが考えられる。いずれの場合も故障電流と定格電流との比は負荷側に並列器と逆起電力があるために大きくその値は10倍程度になるのが普通である。その場合の保護方式の選定にはイグナイトロンおよび同用変圧器の過負荷容量を考える必要がある。イグナイトロンは故障電流の流通時間の大小により、変圧器は過大の温度上昇と故障電流の突流によつて、その寿命は短縮されるものである。したがつて逆性高速度遮断器・イグナイトロン格子および点弧回路開放・油入遮断器の3者の連動により保護作用を完成せしめている。

#### イ. 点弧と制御

点弧は毎サイクル各タンクを点弧子で点弧せしめるため、その点弧条件と点弧に必要な瞬時容量とは点弧子の構造および特性に依存するものである。したがつて点弧



1 図

子の電圧-電流特性を基準として点弧回路の設計を行い、使用条件の変化をすべてカバーしうる点弧回路容量をもたらしたのである。1図は当社製の点弧子の点弧特性曲線である。

点弧子の構造に関して考慮した点が2つある。1つは

化学工業用鉄製イグナイトロン整流器・加藤・坂上

金属保持器である。点弧子が主電弧の中心部にあつて高温に曝されており、その高温に耐えうるように設計することである。この機構上の問題は点弧子と近似した膨脹系数をもつ適当な金属を使用し解決された。他の1つは点弧子の振動と水銀面からの離脱現象である。これは電弧通電時の水銀面の擾乱度を実測し、点弧子保持棒の固有振動数・浸漬度調整装置・内部構造の調和により解決し得た。さらに点弧子の化学的安定度が使用者側より指摘され保証を要求されたのである。当社の点弧子はボロンカーバイト製で水銀に対してきわめて安定であり、水銀と化合して俗にいう『ねれる現象』は少しもおこらないことが研究され経験されている。また寿命の点では化学用のときでも1.5カ年は十分保証しうる実験があり、現在3カ年の保証値データを出すべく鋭意実験中である。

点弧子回路に補助極を設けた、それは下記の理由からである。

- (1) 点弧子回路の容量を小さくしかつ失弧検出を容易にするためである。
- (2) 陽極部空間の電離に対して付加的エネルギーを供給するためである。

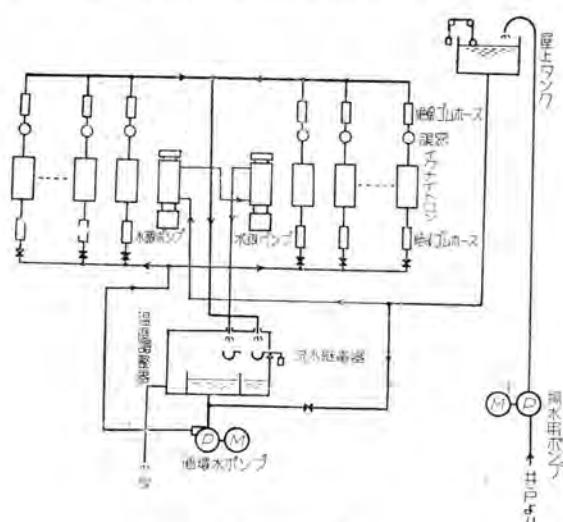
補助極には尖頭波電圧を印加している。この巾は狭いため主電弧の終末期以前に消滅する。したがつて点弧極の補助的作用をおこなう。

電圧制御の主役をつとめる回路は点弧回路と格子回路の両者である。格子回路はそのとき隨伴的作用を行うもので消イオン作用・陽極遮蔽作用・故障電流の阻止作用が主なる作用である。したがつて格子には常時負電圧を印加しておき、点弧時に正となして開放されるようにする。

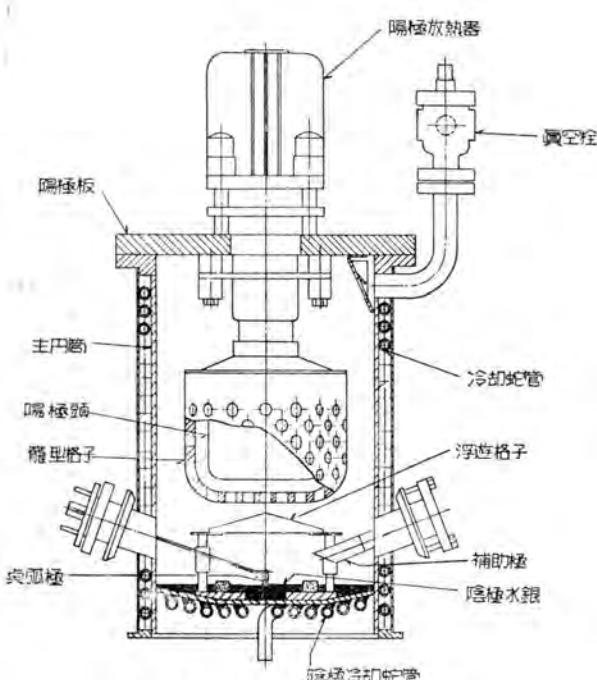
点弧と制御をエキサイトロンの時と比較してみると、エキサイトロンでは格子で電圧制御が行われる。格子は前サイクルの残留イオンと励弧極からの拡散イオンを考慮してその制御機能を保証しなくてはならないから、格子の負電圧を増加するか格子の狭間隙の大きさを適当に小さくしなくてはならない。また無負荷から故障電流にいたるまで確実に阻止作用をはたし、広汎な温度範囲に亘りて 0 %から 100%までの電圧制御を行なうためには2個以上の格子を設けることが必要である。2個以上の格子を設ければ電弧降下は増し、回路の複雑さも増大する。これに反してイグナイトロンは、点弧と故障電流の制御は点弧回路を主体として行ない、格子回路で信頼性をたかめる方法をとつていている。そのため格子は一重のもので十分である。点弧回路の開放は故障電流の遮断に根本的作用を果し温度等の要素は問題とならない。ただ点弧子の点弧が温度に影響されるが、イグナイトロンの用途が連続運転なるため高温度領域で使用される状況にあるため問題にはならない。電源電圧・周波数・その他外的条件の変動による保証ならびに安全度の強化は補助極の機能に依存するものである。

#### ウ. 冷却および温度調整

(1) 電弧降下による熱量を取り去り、内部水銀蒸気



2 図



### 3 図 イグナイロン整流器

冷却および温度調整の目標は下記の諸点である。

圧を調整する。

(2) タンク各部のパッキング個所最高温度を希望値に保持する。

- (3) 冷却水温の調整.
- (4) 電蝕を最小限度にする.

電弧降下は負荷電流値によりまた電流値一定でタンク数を増せば異なるが、大体 15~15V の範囲である。損失は大体負荷電流値に比例して増加するとみてよい。イグナイトロンの熱時常数は内部構造により異なるが、大体数時間以内であるから冷却装置の最大容量は負荷の実状に符合させて 125% 2 時間の過負荷値に決めれば十分である。

放流水式冷却方法では四季の気温の变化により冷却水温が広汎に变る。その範囲内で安定運転をする必要にせまられる。一方負荷は一定不变である。その両者の間隙を補償するには節水式の冷却方法が最適である。2図は節水式の冷却水系の配管を示したものである。

電蝕対策としては2つの方法が考えられる。すなわち冷却水の接触する金属材料の選択と循環水の化学的処理である。前者の方式としてはタンク材料を特殊のものとするか、タンク外圍に銅製のパイプをまきつけ冷却水が直接タンクに接触しないようにする。後者は再冷器を使った循環方式に利用されるもので、循環水を蒸溜水とするかまたは特殊薬品にて処理した液体とする。銅製のパイプをタンク外圍にまきつけた方式を採用したものがある。3図はその構造を示したものである。

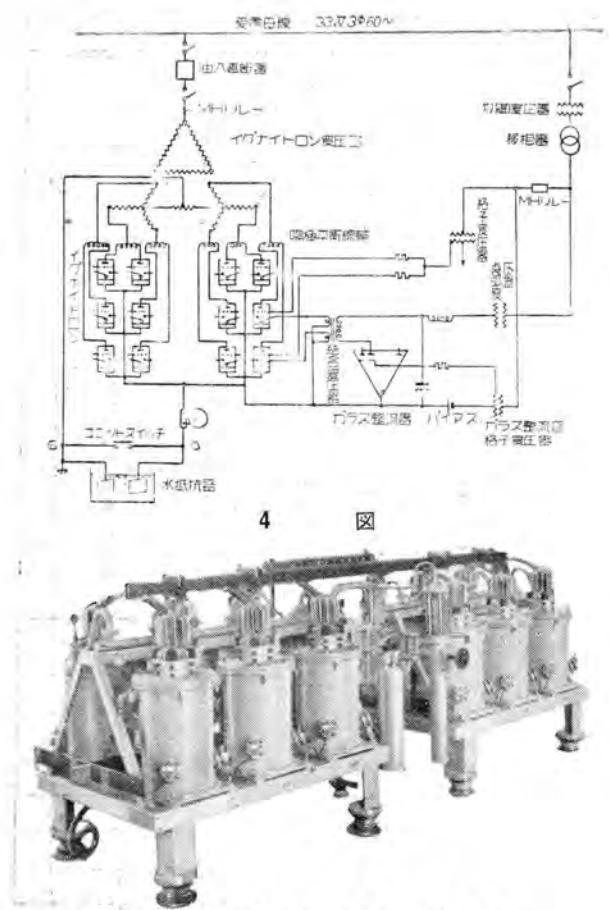
## 2. 負荷試驗

#### ア. 被試験機器の仕様

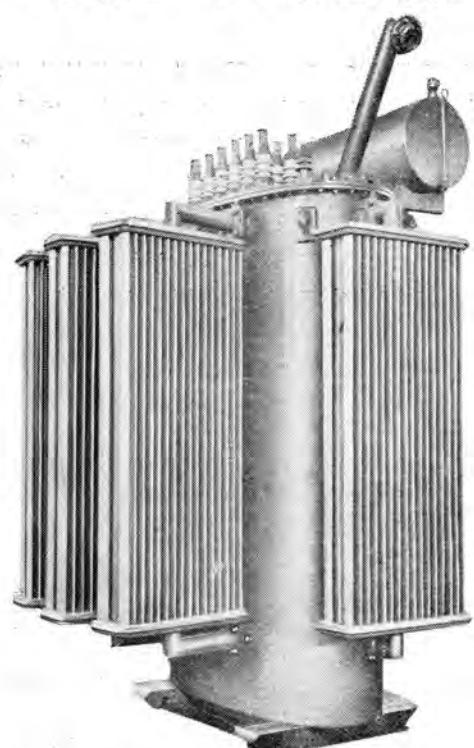
被試験機器はすべて納入すべきものを使用した組合せ試験であり、工場試験・立会試験・公開試験を連続実施した。試験時の機器結線図は4図のとおりであるが、補助回路は点弧子回路と並列のものと、別個独立にしたものとの2種がある。負荷の調整は水抵抗器の鉄板を上下して行つた。被試験機器の仕様は1表のとおりである。

1 表

イグナイトロン容量	900 kW	変圧器容量	1,065/1,510 kVA 3/6相
直 流 電 圧	300V~100V	1次電圧 / 2次電圧	2,150V/290-272……115
直 流 電 流	3,000 A	周 波 数	60 ~
定 格	連 続 定 格	結 線 方 式	1次三角/星型 2次三重星型 相間リアクトル付
タ イ プ 数 及 相 数	12 タンク, 6相	相間リアクトル容量	115V/115V 173/173 kVA
冷 却 方 式	節 水 型 水 冷 式	冷 却 方 式	油 入 自 冷 方 式
全 重 量	4,000 kg	全 重 量 (油無)	5,800 kg
大 さ 寸 法	1210×4400×1650 (高さ)	外 形 寸 法	2400×2850×3700 (高さ)
位 相 制 御 率	85 % 保証		



(1) 300V 3,000A イグナイトロン整流器  
12タンク 6相・全重量 4,000kg  
外形寸法 1,210×4,400×1,650mm (高さ)



(2) 300V 3,000A イグナイトロン用変圧器  
一次三角/星形・二次相間リアクトル付二重星型  
油入自冷式 全重量(油なし) 5,800kg  
外形寸法 2,400×2,850×3,760mm (高さ)

化学工業用鉄製イグナイトロン整流器・加藤・坂上



(3) 300V 3,000A イグナイトロン用制御盤  
外形寸法 800×1,700×2,300mm (高さ)

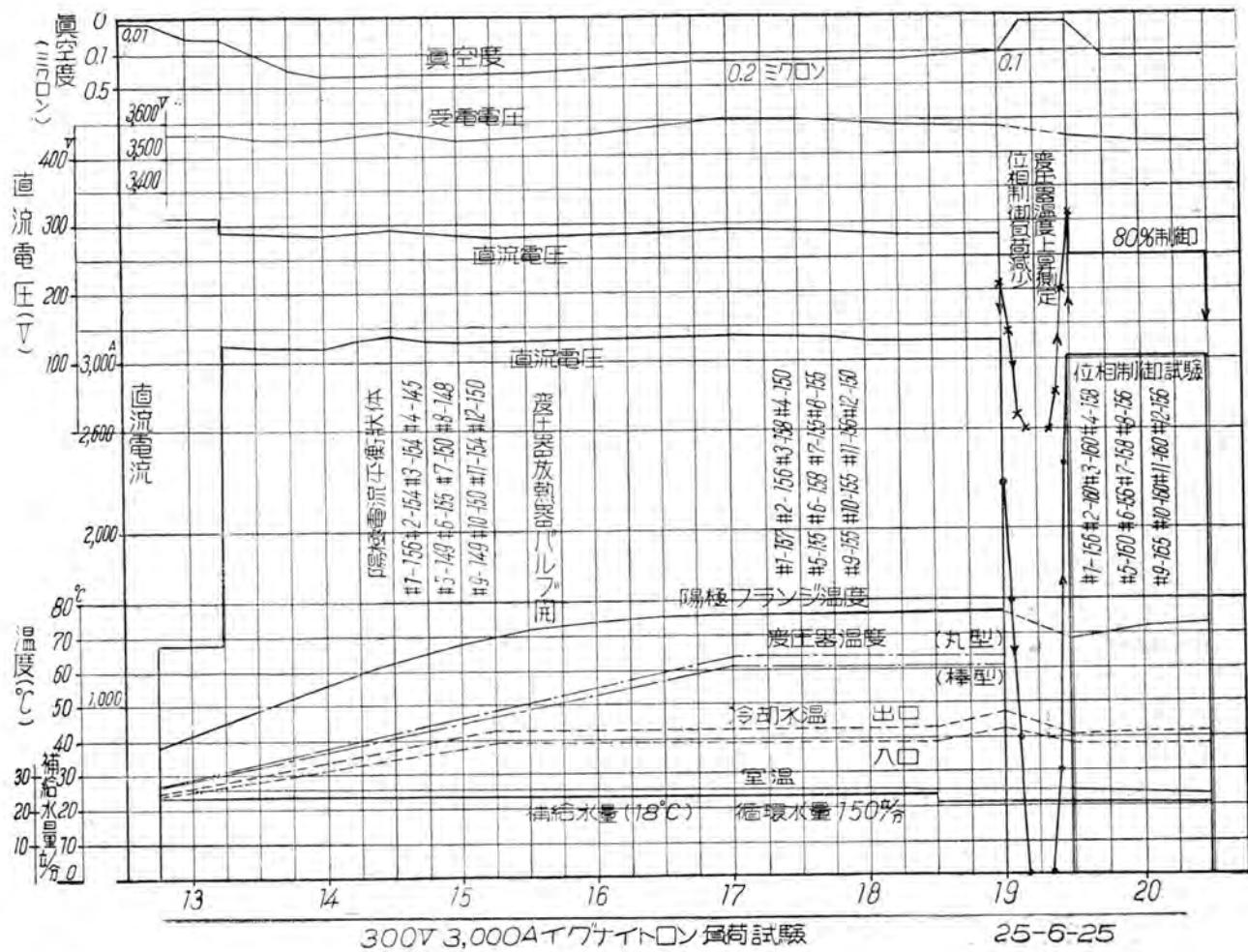
写真(1)(2)(3)はイグナイトロン本体・同変圧器および制御盤である。

#### イ. 負荷試験結果

300V 3,000A の負荷試験の結果の1例を示したもののが5図である。定格負荷を5時間半負荷して各部の温度上昇が一定になつた後その温度を測定した。またイグナイトロン変圧器の温度上昇を抵抗法で測定後位相制御度80% 1時間実施した。その際の能率と力率を測定したものが2表である。各タンクの陽極電流は新点弧方式なるため位相制御時にはとくに不均衡が予想されるが、5図に記入してあるとおりごく僅小であつて実用上問題にするにならない。記入の各相陽極電流値は挿入式測定器で測定した2次電流の読みで平衡度を示したものに過ぎない。

2 表

電圧	負電流	3,000 A	2,000 A	1,000 A	冷却水温	変圧器線
直 流	総合率	90.6%	91	90	入口 44°C	1次3角
250V	力率	92%	92.5	92.5	出口 47°C	2次2重星型
電圧	能率	86.3%	86.5	86	入口 34°C	1次重星型
150V	力率	89%	89.5	90	出口 36°C	2次2重星型



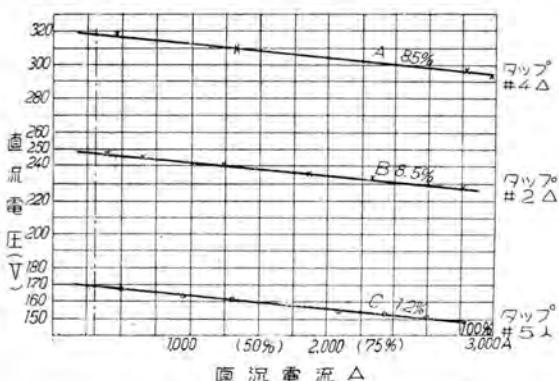
5

図

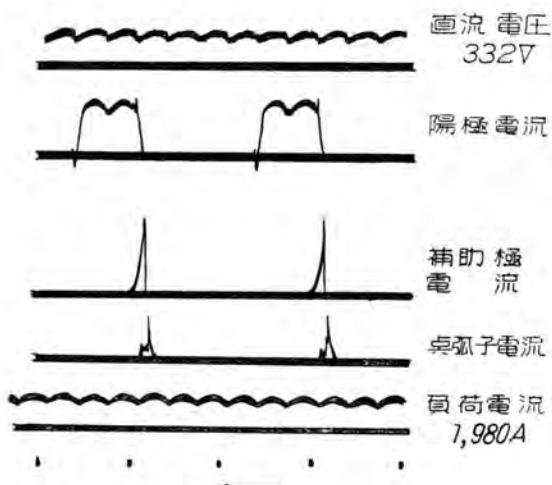
#### ウ. 電圧-電流特性

6図は変圧器の各タップに応じた直流電圧-電流の曲線である。A, B は1次側3角結線のもの、C は1次側星形結線時のものであつて、それぞれの電圧変動率は A, B とも 8.5%, C は 12%である。電圧制御をしたときの直流電圧波形、1陽極の陽極電流・補助極・点弧極各電流波形、全負荷電流波形を位相制御度に応じてそれぞれ記したもののが7図より12図で、そのうち7図は位相制御しないとき、すなわち位相制御率 100%のものである。8図は 80%位相制御したことで、陽極電流の

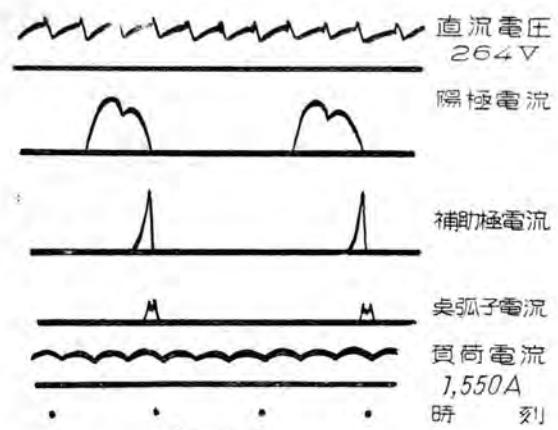
立ち上がりが凹み始めている。9図は 46%位相制御したもので陽極電流は2つの山に分割されている。10図は 18.5%位相制御したもので、直流電圧も電流も断続はじめている。12図は 85%位相制御したもので X 相のみを深く浸漬せしめ、故意に1相失弧させたときの電圧・電流の波形の変動状況を示したものである。このとき点弧子は点弧して電流は流しているが補助極へは転流しておらず格子も点



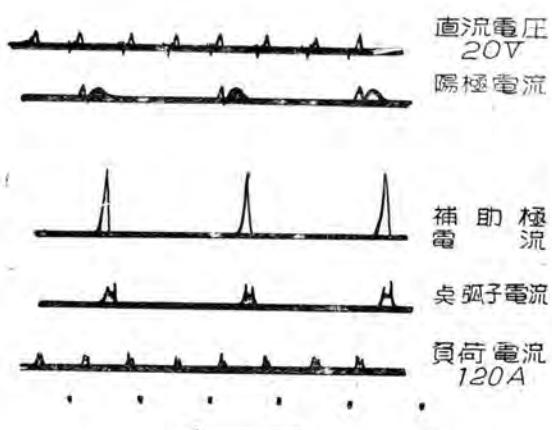
6図 直流電圧-電流特性



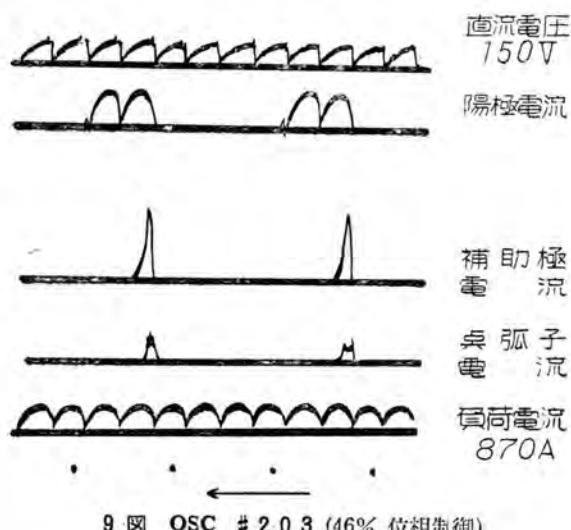
7図 OSC # 206 100% 位相制御



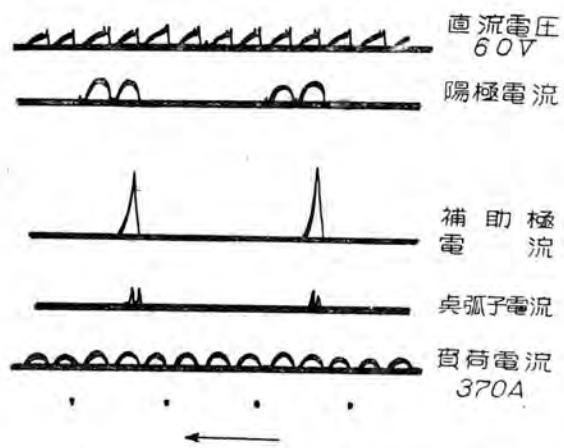
8図 OSC #201 (80% 位相制御)



11図 OSC #205 (6% 位相制御) 25-5-9

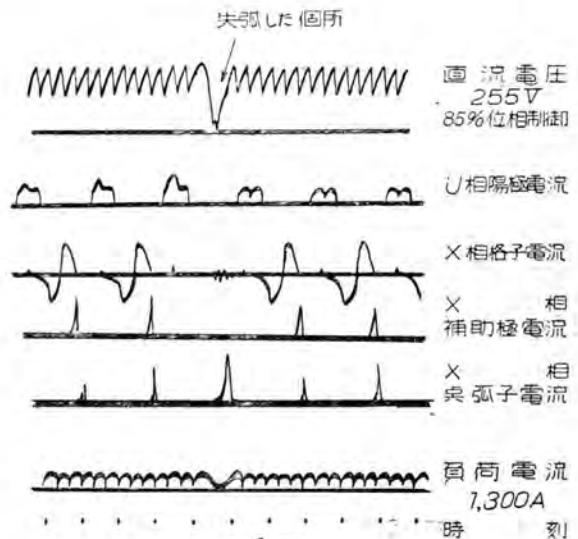


9図 OSC #203 (46% 位相制御)



10図 OSC #204 (85% 位相制御)

弧していない。逆弧は発生せず隣接タンクがちょっとと過負荷しているにすぎない。また点弧位相を 85 % 制御した状態のままにして、3,000A の負荷を反復切断したが何等異常は認められなかつた。この試験は公開試験にて一般に展示された。



12図 X相が1～失陥した時のオシログラム  
(6相6タンク運転の時)

## エ. 遮断試験

13図は 300V 3,000V イグナイトロン(12タンク)の負荷側短絡時の遮断オシログラフである。①は整流器用変圧器の1次電圧 ②は制御回路1次電圧 ③は直流電圧 300V ④は格子電流 ⑤は補助極電流 ⑥は 650A 負荷直流電流を示している。点弧回路。格子回路は負荷短絡後  $7.1ms$  で開放され、格子には  $V_B$  の負偏倚電圧のみが残る。直流負荷電流は 650A から 20,500 A (最大値) に上昇し  $14ms$  (0.84~) で遮断されている。この試験を 3 回実施し、すぐに負荷して内部構造に異常ないことを確認した。

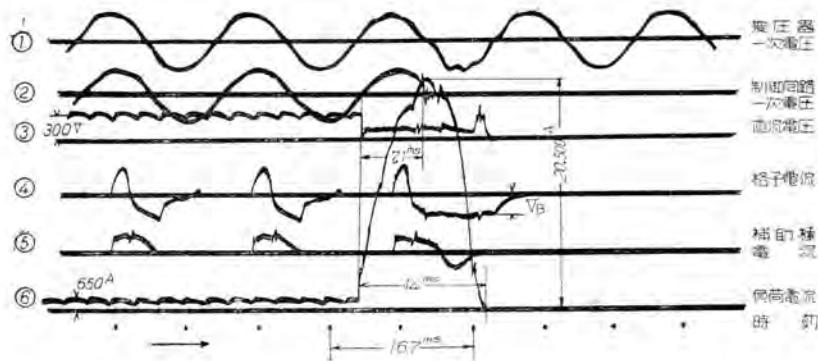
## オ. 電弧降下の測定

14図はオシログラフ法により測定したもので冷却水温一定で各負荷電流による変化と冷却水温を変化させて負荷電流を一定としたときの変化模様を示したものである。1,500A, 6 タンクの定格電流値 (A, B 点) では冷却水温を  $25^{\circ}\text{C}$  が  $35^{\circ}\text{C}$  に上昇せしめれば電弧降下は 1 V 低下することを示している。電弧弧光筒を有する電鉄

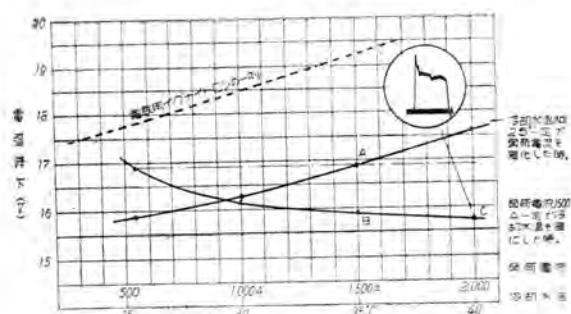
用イグナイトロンのものと比較すれば 2V の差がある。これは範型格子の特長である。図中右上に C 点の電弧降下波形を示した。電弧降下が温度により変化するため能率もそれに応じて変化するものである。

### カ. 負荷制限試験

この試験は被試験器の負荷限度を知るために行つたもので、設計資料をうるのがその目的である。



13 図 イグナイトロン短絡試験

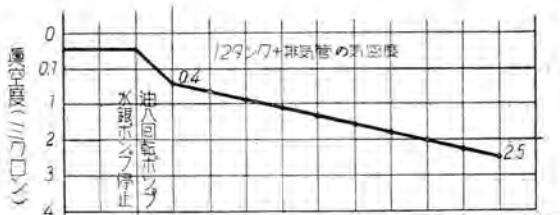


14 図 6タンクによる電弧降下曲線

この試験は電力の関係上 6 タンクを使用し、納入すべき制御盤と試験用変圧器とを組合わせて 550V で実施した。6 タンクの定格負荷は 1,500A であるがそれを 2,200 A 2 時間負荷して異常がないため 2,800 A に増加した。5 分間後に真空度が 1 ミクロン以下に低下したため負荷を遮断した。真空の回復をまつて位相制御度 85 % で 2,390A、30 分間負荷したが未だ逆弧するにいたらす負荷抵抗の故障のために中止した。これにより 6 タンクで約 1,300kW 負荷し得ることが確認されたわけである。

### 3. 耐圧試験と気密度試験

負荷試験に引続いてメガー試験を実施し、その後規定



15 図 気密度試験

電圧で各部の耐圧試験を実施したが、全然異常は認められず合格した。気密度試験は 12 タンクあるため 1 タンク宛の気密度を検査せず 12 タンクすべてに共通な気密度（排気管を含めたもの）を測定した。15 図は気密度試験の結果をグラフに画いたものである。10 時間後の気密度は 0.23 ミクロン/時である。

## 4. 考 察

### ア. 電圧変動率と位相制御率および力率の関係式

電圧変動率 ( $\epsilon$ ) と位相制御率 ( $\cos \alpha$ ) と力率との 3 者の間に下記の理論式を得た。

イグナイトロン直流出力電圧 ( $E_d$ ) は次式で示される。

$$E_d = (\text{理論的平均値}) - (\text{転流リアクタンス降下}) - (\text{抵抗損失}) - (\text{電弧降下})$$

$$\therefore E_d = \sqrt{2} E \frac{P}{\pi} \sin \frac{\pi}{P} \cdot \cos \alpha - \frac{P \cdot X}{2\pi} \cdot \frac{I}{n} - \frac{W}{I} - E_a \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{また } E_d = E_{do} \left[ \cos \alpha - \frac{\cos \alpha - \cos(\alpha + u)}{2} \right] - \frac{W}{I} - E_a \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{ただし } E_{do} = \sqrt{2} E \frac{P}{\pi} \sin \frac{\pi}{P}$$

$E$  = イグナイトロン変圧器 2 次相電圧

$P$  = 相数 (2 重星型では 3 である)

$\alpha$  = 位相制御角 ;  $u$  = 重疊角

$I$  = 直流負荷電流 ;  $E_a$  = 電弧降下

$W$  = 銅損失 ;  $n$  = 整数

$X$  = 回路の転流リアクタンス

普通銅損失と電弧降下を無視して直流電圧  $E_d$  は次式となる。

$$E_d \cong E_{do} \left[ \cos \alpha - \frac{\cos \alpha - \cos(\alpha + u)}{2} \right] \dots (3)$$

$$\epsilon = \frac{E_{do} - E_d}{E_{do}} \dots \% \text{ 電圧変動率} \dots (4)$$

直流電圧を制御したときとしないときに分けて考える

$E_d$  = 電圧制御しないときの直流電圧は

$$\cong E_{do} \frac{1 + \cos u_0}{2} \dots \dots \dots (5)$$

しかるに位相制御しないときの重疊角 ( $u_0$ ) は

$$\cos u_0 = 1 - \frac{P \cdot X \cdot I}{\pi \cdot n \cdot E_{do}} \dots \dots \dots (6)$$

また位相制御したものは

$$\cos \alpha - \cos(\alpha + u) = \frac{P \cdot X \cdot I}{\pi \cdot n \cdot E_{do}} \dots \dots \dots (7)$$

(6) (7) 式より

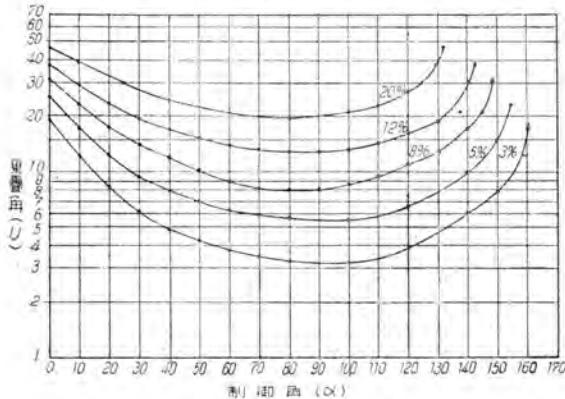
$$1 - \cos u_o = \cos \alpha - \cos (\alpha + u) \dots \dots \dots (8)$$

(4) (5) (8) 式よりして次式を得る。

$$\therefore \frac{\varepsilon}{1+\varepsilon} = \frac{1 - \cos u_o}{2} = \frac{\cos \alpha - \cos (\alpha + u)}{2}$$

$$\text{すなわち } \frac{\varepsilon}{1+\varepsilon} = \frac{\cos \alpha - \cos (\alpha + u)}{2} \dots \dots \dots (9)$$

上式の関係をグラフにしたものが 16 図である。



16 図 位相制御角一重疊角特性

また整流器の力率は電源側に高調波を含むために功率・相差率を考えなくてはならない。

功率の近似式として電圧変動率を考慮した式は次のとおりである。

$$\text{功率} \approx (\text{直流側出力}) / (\text{変圧器一次のボルト・アンペア})$$

$$= \frac{\sqrt{2} E \cdot \frac{P}{\pi} \cdot \sin \frac{\pi}{P} \left\{ \cos \alpha - \frac{\cos \alpha - \cos (\alpha + u)}{2} \right\} \cdot Id}{\sqrt{\frac{P}{2}} \cdot E \cdot I \cdot \sqrt{1 - P \cdot \Psi(u, \alpha)}} \\ = \frac{2 \sqrt{P} \cdot \sin \frac{\pi}{P} \left\{ \cos \alpha - \frac{\varepsilon}{1+\varepsilon} \right\}}{\pi \sqrt{1 - P \cdot \Psi(u, \alpha)}} \dots (10)$$

しかし

$$\Psi(u, \alpha) = \frac{[2 + \cos(2\alpha + u)] \sin u - u [1 + 2 \cos \alpha \cdot \cos(\alpha + u)]}{2 \pi \left\{ \cos \alpha - \frac{\varepsilon}{1+\varepsilon} \right\}^2}$$

変圧器の 2 次側が 2 重星型のときは  $P=3$  である。

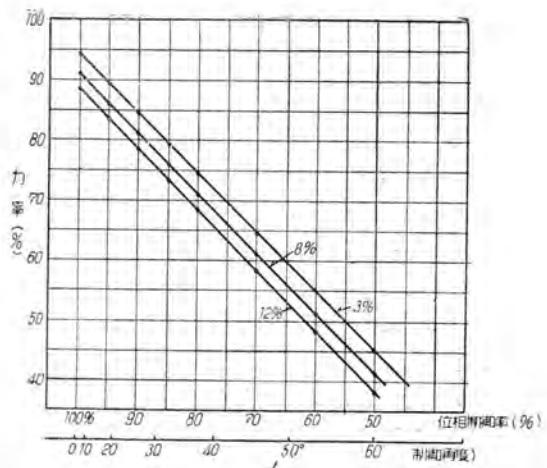
ゆえに

$$\text{功率} \approx 0.955 \left\{ \cos \alpha - \frac{\varepsilon}{1+\varepsilon} \right\} / \sqrt{1 - 3\Psi(u, \alpha)} \dots (11)$$

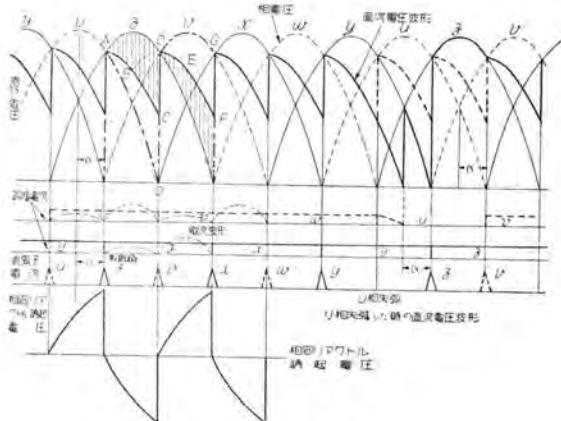
したがつて従来発表されていた式に対して第 2 項が補正されることになる。(11) 式の関係をグラフにしたもののが 17 図である。6 図、16 図、17 図の結果と負荷試験結果とを合わせ考察すればおおむね一致することが判る。

#### イ・位相制御時の電圧電流波形について

位相制御度を深くして行くと 7 図から 12 図にみられるように直流電流波形が中央部が凹み山が 2 つになる。この原因は相間リアクトルの誘起電圧によるものであつて、純抵抗負荷においては当然おこる現象である。18 図はその説明図である。位相制御角が 30° 程度のときで重疊角を無視している。その際の直流電圧波形は A B C D



17 図 位相制御した時の力率変化曲線



18 図

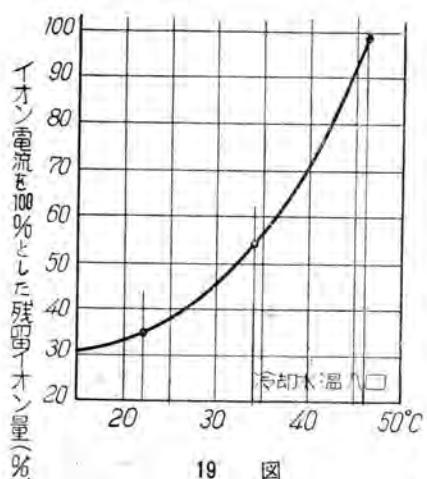
E F G である。ところが相間リアクトルの誘起電圧を考えると A O C D V G となる。この電圧変動に相応した電流波形となるため山が 2 つできることになる。回路にリアクタンスがあれば両者の山がつながる。なお詳細は別の機会に説明する予定である。

失弧の波形も 18 図の右側に示したようになり、これは 12 図のオシログラフとよく一致している。12 図では点弧子電流は流れているが格子ならびに補助極は点弧していない。これは点弧子を水銀面下深く浸漬し過ぎたときであつて、水銀の動搖によつて瞬間に浸漬し過ぎて点弧子の根元より水銀へ尖頭波電流が流れ、そのため小陰極点が点弧子にできなかつたことを示したものである。

#### ウ・残留イオンの問題

残留イオンの有無は格子電流の波形と陽極電流波形から知ることができる。イグナイトロンは励弧極がないため励弧極からの拡散はあり得ないが、籠型格子の採用で従来の電弧光筒付のイグナイトロンとは若干趣を異にした。電弧光筒付の構造では陽極電流の通流により呼吸作用が考えられそれには方向性がある。しかるに籠型格子では四周穴があつて呼吸作用は少なく、内部蒸気流には方向性がない。この点が差異を生ぜしめた原因であつてイオンの拡散作用が大きい問題となるので

ある。拡散作用に影響する要素は内部水銀蒸気圧。印加電圧であるが、そのうち問題の対照となるのは内部水銀蒸気圧であつて、すなわち冷却水温である。**19図**は格子イオン電流の平均値を100%として負荷電流1,600Aのとき、冷却水温を22°Cより46°C(入口水温)まで変えたときの残留イオン量平均値をオシログラフから計出したものである。**19図**より明かなように冷却水温の変化により残留イオン量はかなり変わることがわかる。イグナイトロンの電流容量は、水銀陰極から陽極に電流を伝える働きをするイオン化された水銀蒸気の導電能力と、逆弧発生の頻度との2つの要素によつて制限される。逆弧の発生は主として残留イオン・許容最大短絡電流に関与するものである。



19 図

連続負荷運転の不安定度の因子は主として後者に伏在することが多い。これを防止する一方は消イオン作用の増強である。これは通常バッフル・格子の様相によるものであるが、これらは消イオン

作用を強化すると許容最大短絡電流値を低下せしめ、電弧降下を増大せしめる結果となる。

上記の2つの要素はともに熱の問題に帰着することは整流器保守者の経験の示すところである。連続負荷の条件下で上記の制限電流値の概略を決定せんとして前記の負荷制限試験を実施したのであるが負荷抵抗器の故障で確定するに至らなかつたのは残念である。また電流容量を決定する簡単な方法としては、化成電圧で電弧降下を測定し、電弧降下の波形が“starvation”により変歪しはじめる電流値を測定すればそれが電流による制限値である。

## 5. 結 言

以上は300V 3,000A連続定格化学工業用イグナイトロン1組の設計事項・負荷試験・特殊試験の結果を示したものである。なお研究・解析すべき事項は多々あるが上記の試験結果を総括すればつきのとおりである。

(1) 負荷試験は予備試験・立会試験・公開試験を合算して300V 3,000A負荷したのは18時間に過ぎなかつたがその間失弧・電流不平衡・逆弧その他の故障は発生しなかつた。点弧子の調整は化成完了後試験調整したほかは1度も調整しなおしたことではない。

負荷耐量の試験は6タンクで直流電圧550Vで実施し、その結果150%過負荷耐量のあることが実証された。ま

た位相制御は80%の保証値を規定どおり保証し得たし、起動・停止時には100%より0%まで反復制御するも異常のないことを確認した。第1号器は現在3,000A制御率85%で連続運転されている現状である。

タンク各部の温度上界は3,000A 300Vの定格負荷時に最高部が55°Cで計算設計値と符合した。

(2) 本体冷却水温は(入口水温)40°C程度で、循環水量は1タンク平均10l/min、循環水温調整用に補給した水量は25l/min以下であつた。補給水温は6月下旬であつたため18°Cであつたがこれが低温なれば低温なるほど少量ですむことになる。

節水式の循環方法は、連続定格の化学工業用イグナイトロンにより、その利点が顕著にあらわれることを証明した。

(3) 電弧降下は負荷の増加とともに大きくなり、また冷却水温が高くなるほど低くなる特性が複型格子構造でもあることを知りえた。15°Cの温度差で1Vの差がある。35°Cで定格負荷時の電弧降下は15.8Vであり、保証値を0.2V下まわつたのである。これがため保証能率92%を十分保証することをえた。

(4) 20,000A程度の故障電流を1~以内に遮断し、遮断作用の完全性を示すとともに保護装置の強力なことを実証した。したがつて正極母線には過電流保護用高速度遮断器は不要であることを証明した。短絡試験は3回連続実施した。また試験期間を通じて合計15回の短絡試験を実施したことになる。毎回10,000A以上流れているが何等異常は起らなかつた。

(5) 補助極を設けたことは点弧子の失弧状況・劣化状況を観察する上に至便であつた。また負荷が純抵抗のとき制御とともに電流波形が著しく変歪する、そのときにも運転上高度の安定性を保持しうることが立証された。

(6) 電圧変動率と位相制御率および力率との間に新しい関係式を誘導し、この式により実験結果を検討したが、位相制御率が余り大きくなる範囲では実験結果とよく一致することをえた。

以上記述したとおり300V 3,000A 第1号ポンプ付イグナイトロン整流器は無事試験完了し、予期どおりの試験結果を残して実負荷運転に8月上旬入つたのである。本器は日本最初の化学工業用イグナイトロンであり12タンクを1組としている点は記録品である。これに続いてさらに3組の同一定格のものを製作完了した。イグナイトロンにはなお幾多の研究すべき事項を包藏しているので使用される方々の理解ある御協力と御研究によつてなお一層の進歩発達を期待してやまない次第である。

終りにのぞみ本イグナイトロンの完成にあたり本体および補助回路全般に亘つて基礎研究から設計まで幾多の実験研究をされた研究所電気課浜田賢技術ほか諸技術の御援助によるものであることを付記し、あわせて大中臣輔副長はじめ関係各位の終始御懇切な指導、ならびに御援助を賜つたことに対して深甚な謝意を表して誌筆する次第である。

# ジーゼル機関用大型電装品

宮崎秀夫  
姫路工場  
大村半彌

## 1. 緒言

過去2,3年間において大型バスは目覚しい発達を遂げた。

これらのバスはすべてジーゼル機関で駆動されているが、このジーゼル機関は燃料安価な特長を持つ反面製作上機械技術的に難点多く、今までバス用として完全なものをうることは難しかつたのであるが研鑽に研鑽を重ねこの技術的困難を乗り切り得たことは、燃料経済逼迫の折柄誠に御同慶の至りに考える次第である。

発動機がジーゼル化し車体が大きくなれば当然これに使用される諸電気装置も特殊大型のものが必要となる。電装品製作に古い経験をもつ当社では、この方面の要望に応え改良型の充電発電機および始動電動機を製作している。

## 2. 所要諸元

従来内地製普通自動車には電池を充電してランプその他の諸電力を満すため6V 130Wの充電発電機と発動機を始動するために6V 0.8HPの始動電動機が装備され大体満足な結果を得てきているが、外国製の自動車は大燭光のランプのほかラジオ・窓拭き機・車内扇・諸表示装置、等に大きな電力を要求される結果130Wではとても満足できず6V 300W程度の充電発電機が装着せられるようになつた。

これらに刺戟されると同時に大型バスとしては当然多数の車内灯が必要となる結果、大型バス用充電発電機として、24V 300Wが現在わが国の標準になつてゐる。

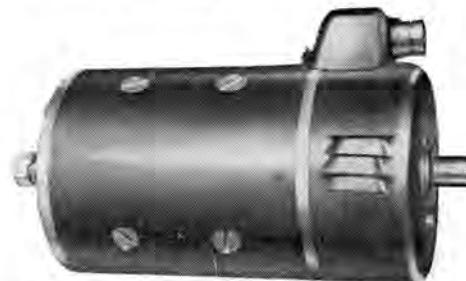
最近の大型バスは点灯その他のため負荷容量が増大し300Wでは十分でないが、これは昼間充電された電力で間に合わせている現状である。しかし夜間のみ走行の場合等これでは明らかに不十分であり、500Wのものが要望せられているが、これに対しては300Wが半密閉型の構造であるのに対し、大体同様で強制通風型にした500Wが向けられている。

ここには主として300Wのものについて説明を進め、500Wに関しては比較事項を挙げる程度にとどめたい。始動電動機は従来当社で数千台の経験をもつ、電機子移動型の型式をとり、各所に改良を加えた24V 6HPのものを製作している。

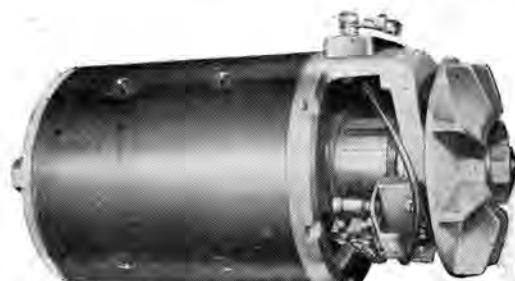
自動車発動機の始動は、手動で足りるものと考えていた昔時に比し、現在のジーゼル発動機には始動電動機が絶対不可欠のものであることがこの馬力から御了解願えるものと思う。

## 3. 充電発電機

1図および2図にそれぞれの300Wの外観および500Wのカバーを外した写真が示されている。



1図 DF 300/24A 900R(L)型 300W充電発電機



2図 DF 500/24A 900R(L)型 500W充電発電機

バス運転の特長として

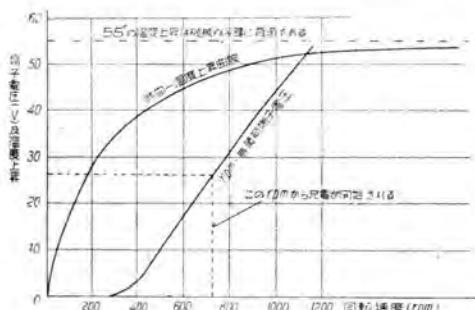
- (1) 停止回数が非常に多く、停車時間の通計が特別に長い。
- (2) 市中を走る機会が多く車速は25 km/h程度の低速で運転される車が多い。

この2つの大きな特長があり、加うるに『明るい車内』をつくり出すためには他種車に比較できない程の電力を必要とする。すなわち発電機側から見れば低速で回転されることが多く、しかも大電力を確実に発電する必要があり、これを解決するためにきわめて低速度すなわち発電機の空転時の速度においても完全に充電を継続しうる発電機が要望せられるようになつたが、この要求はこの

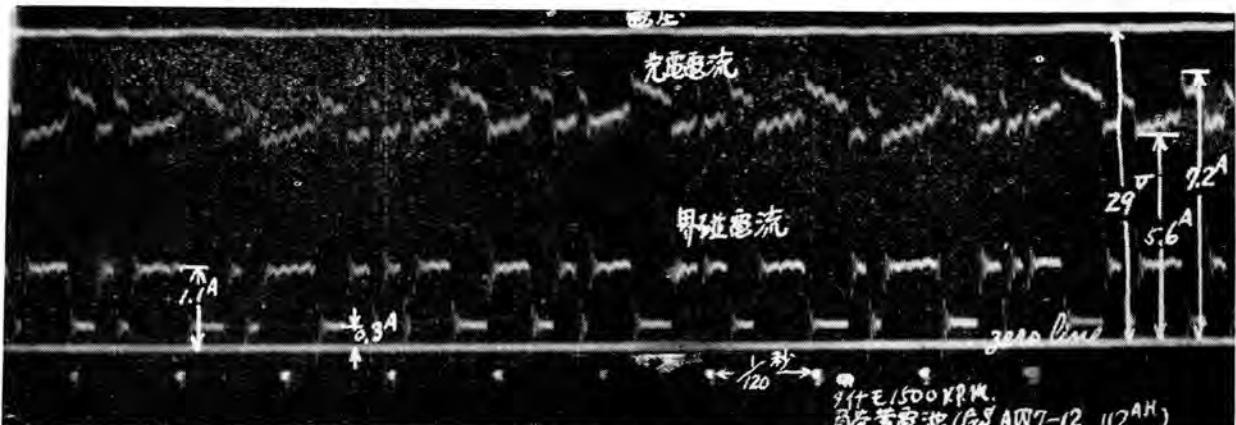
DF型発電機の低速度性能の優秀性と後に説明する新型の自動充電調整リレーの動作と相まって完全に解決されている。この種発電機は必ず自動充電調整リレーと称する繼電器と組合せて使用されるものであるが、本発電機はこの調整器の動作を円滑にするため、すなわちフィールド回路に接点を挿入する等の場合接点に無用なる火花を生ぜしめないため、フィールド巻線の内部に無誘導型に巻かれた  $60\Omega$  の抵抗巻線が主巻線と並列に接続されておりきわめて円滑な電圧の自動制御が行われるように注意が払われている。その他3図に見るように電機子コアは完全に1スロットピッチだけスキューされ、発生電圧の脈動も3%以下に抑えられている。



3図 DF 300/24型 300W充電発電機の内部構造



4図 DF 300/24A 900R(L)発電機の諸特性



4図は電圧の立ち上り特性と全負荷時の温度上昇曲線であり、5図は全負荷の場合の出力端子電圧の形状である。

#### 4. 自動充電調整リレー

車両用充電発電機は

- (1) その回転速度がきわめて広い範囲に亘って変動し
- (2) 昼間・夜間その他の走行状態により、負荷がつねに変動する

ため、これらの諸条件その他に対応し、つねに最適の充電量を保つ必要があり、このため必ず何等かの形で適当な制御装置が要求されることはすでに御承知のとおりである。

この制御装置の最も簡単なものは第3ブラシを使用する一種の定電流式であり、従来国内車につとに使用されてきた方法である。しかしこの方式では、速度の変化に対応できても負荷の変動には対応できず、このためつねに蓄電池に過充電または過放電の状態を起して電池の寿命を短かくしました無用な負荷を発動機にかけてきた。この欠点を除くため以前から高級車用としては定電圧式の自動調整リレーが使用されてきた。電池の予想しうる最高電圧に一致した一定電圧の電源を用いて充電すれば放電状態に応じて充電でき、完全に充電されて電圧が上昇すれば自然に充電作用は停止される最も理想的な充電装置が得られることは当然御推定願えることと思う。ここに説明する調整リレーはこの種のものに属し、完全な定電圧性を備うると同時に、この場合避けにくい一時的な発電機の過負荷を除くため電流制限用リレーをもつた最も完全な構造を有する。

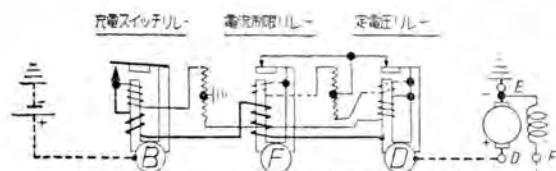
6図はこのRF型自動充電調整リレーの内部構造を示し、3個のリレーはそれぞれ記入のとおり定電圧リレー、電流制限リレーおよび充電自動スイッチリレーである。構造および動作はきわめて簡単なもので定電圧リレーでは電圧が上れば電磁石の力が増加して接点を開く。そのためその接点を通じて流れているフィールド電流は別の抵抗を経由して流れることになつてフィールドは弱



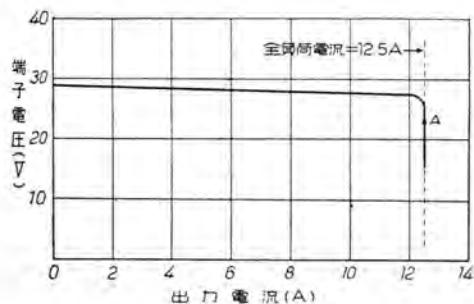
6図 RF型自動充電調整リレー

まる。したがつて発電電圧が低下する。ただこれだけのことである。以上の定電圧リレーでは巻線が電圧コイルであるが、電流制限リレーは巻線が電流コイルとなつており、電流が一定値以上の時フィールドを弱める点が異なるのみで構造は全く同一である。充電スイッチリレーは原理的には普通の電磁スイッチと何等異なるところなく、ここに採用されているものは速投、速切ができるような構造となつているため切断の際アーキによって接点の焼損されることがない。

以上で一応の説明は終つたが結線その他を簡単にするため実際のものの結線図は7図に示すとおりで、一見複雑に感するが点線で示すコイルは付勢コイルと称しリレーの動作を鋭敏にするためのもので、調整器全体の作用を考えるには一応考慮外においてよいものである。



7図 RF型自動充電調整リレー 結線図

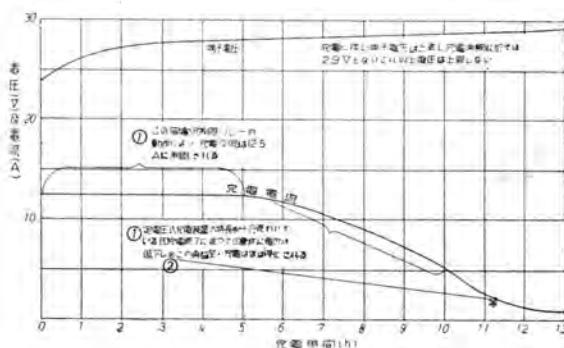


8図 RF自動充電調整リレー DF 300/24A900R(L) 発電機組合せの場合における出力電流と端子電圧の関係 (900~4,500rpmにおいて速度に無関係)

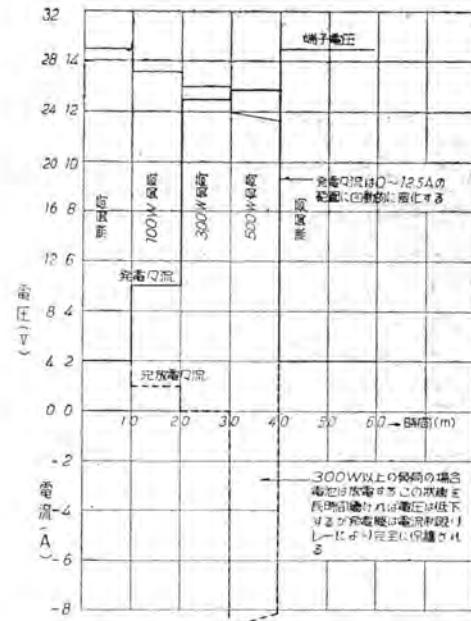
8図はこのRF型自動充電調整リレーと前に説明したDF型300W充電発電機とを組合せた場合の外部特性曲線であつて、900rpm以上の速度ならば実用上ほとんど回転速度に無関係に充電状態の調整が得られ、しかも最大負荷電流に相当する電流値までほとんど電圧の変動がなく、最大負荷以上に電流を増大せしめようすれば電流制限リレーが動作して完全に発電機を保護している状態がはつきりお判りのことと思われる。

24Vと称する蓄電池は完全に充電されれば29Vに、实用放電の限界において23V程度にその電圧が変動するものであるが、これら放電の各状態において充電電流が如何ように自動調整されるかを表わしたもののが9図であり、10図は普通状態に充電された電池を使用した場合、ライドその他の負荷が増大するにつれ自動的に発電電流が増加され、反対に充電電流は減少して300W以上の負荷になれば遂に電池は放電を始める様子を示したもので

あつて、この自動充電調整リレーが如何に合理的に作用するものであるかがよく表わされている。この図の示すとおり一時的には300W以上の負荷にも電池によつて応じうるものではあるが、発電機の能力以上のこのような負荷を連続的にかけることは当然許されないが、何等かの原因でもしこのような使い方がなされた場合は放電によつて電池電圧は低下しある程度まで電池電圧が低下すれば放電は止み、この場合の負荷に流れる電流は全部発電機から供給され、しかもこの電流は発電機に許される最大電流12.5Aとなることは前の8図から判ることで

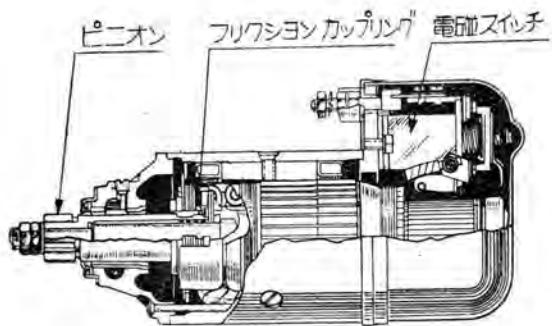


9図 24V 150AH 蓄電池を 75% 放電の状態から完全充電に至るまで充電する場合の時間と端子電圧充電電流の変化

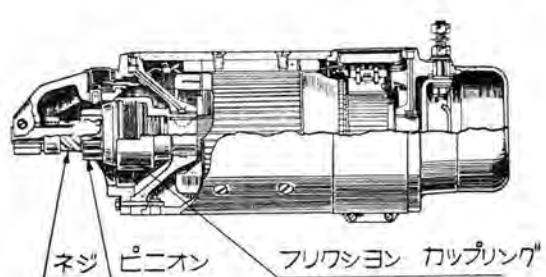


10図 普通状態に充電された電池を使用し負荷を零、100W、300W、500W、に変化させた場合の特性

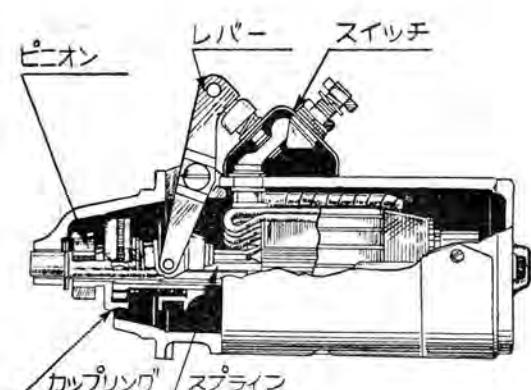
あつて、同図のA点として表わされた点がこの場合を示すものである。これは電流制限リレーの作用であり、かくして如何なる過負荷をかけても発電機は完全に保護されるものであり、加熱の心配は全くないことになる。



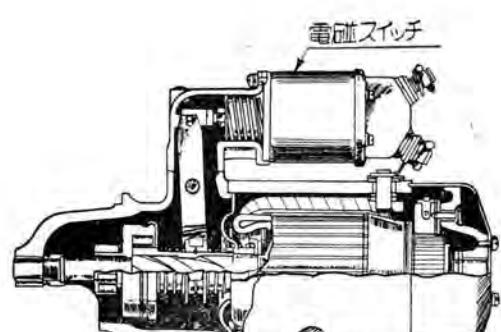
11 図 (a)



11 図 (b)



11 図 (c)



11 図 (d)

## 5. 始動電動機

當時発動機回転部との関連を断つておき、その動作時においてのみ結合させて発動機を始動させるためには、普通電動機側ピニオンを軸方向に移動させて噛み合を入れ外しするが、その方法にいろいろの方式があり、その方式により始動電動機は分類されているが、11図にはその代表的な4種類が挙げられている。いずれもピニオンと電機子との間には、型式は異なるが逆転の場合滑るような装置が入っているが、これを省略して説明すれば

(a) ピニオンは電機子と一緒に、噛合の際は電機子が電磁作用により軸方向に移動する最も完全な方法であり、大馬力のものに広く採用されているが、構造上コスト高になるのは止むを得ない。

(b) 電機子軸には緩やかなねじが切られこれにピニオンが嵌つている。この機構により電機子の急な加速によつてピニオンは飛び出し、発動機が起動してピニオンが電機子より高速度になれば自動的に後退する方法である。

この型式は比較的構造が簡単なため主として小型のものに広く採用されている。ベンデックスドライブと称するものがこれである。

(c) ピニオン軸とはスライブ結合になり外部からの機械的連結により、ピニオンのみを軸方向に移動させる方法である。

この方法は発動機起動後自動的に噛み合いを外すことができない欠点はあるが、構造が簡単なため安価に製作され一般自動車用として最も普通に使用されている。

(d) これは(c)の一変態であり、ただ電磁装置を付加しているに過ぎない。

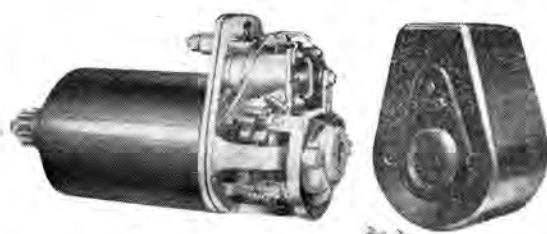
以上の外2,3の型式があるが一般的ではないから省略する。

ここに説明するMF6/24型始動電動機は(a)の型式を採用しスイッチ部その他に種々改良が加えられている。

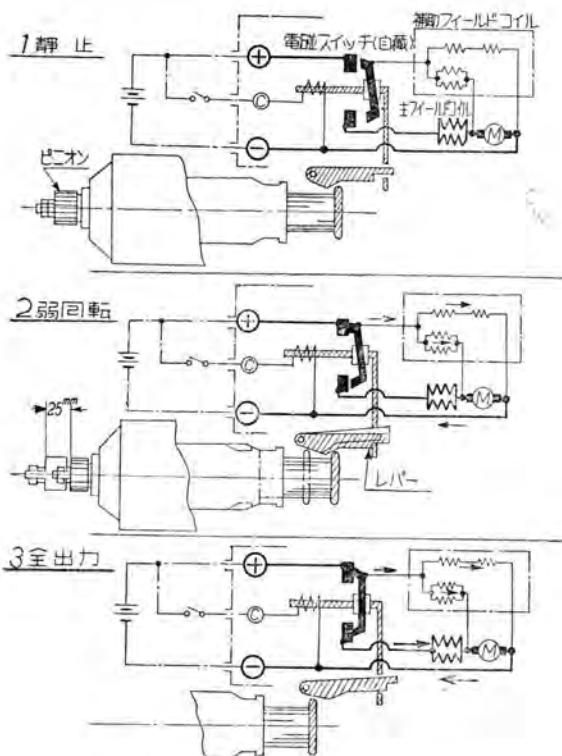
12図はカバーを外した場合の写真であり、13図はその動作説明図である。図中の説明で噛み合動作は御了解のことと思うが、このスイッチの構造は実用新案出願中であり、接触点の銅タングステン合金の特性と相まつてきわめて完全な動作をしている。

14図はこの電動機の諸特性を表わしているが、最大トルク8.5kg 最大出力9HPが得られ、現在製作されている車両用ジーゼル発動機始動用として最適な性能を有し使用者各位に十分満足を得ている。

15図はこの始動電動機の入力諸元のオシログラフであり、2段階にスイッチの入る状態がはつきり現れている。



12 図 MF 6/24型始動電動機  
(カバーを外したところ)



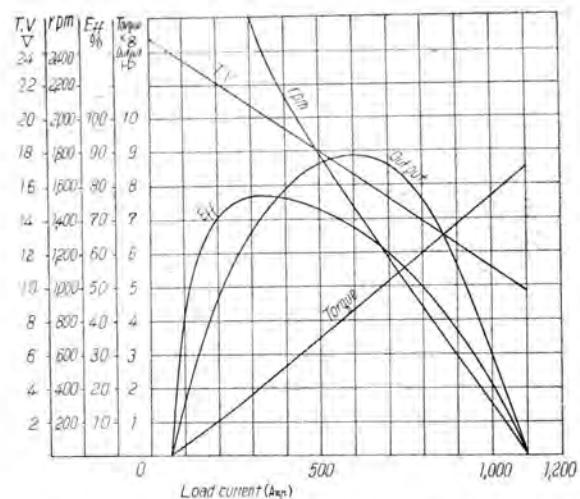
13 図 MF 6/24AR(L) M-13 始動電動機動作説明図

**動作説明** (C)端子にスイッチインすれば電動機自藏の電磁スイッチが作動し、上図の弱回転→全出力の順に電流回路ができる。

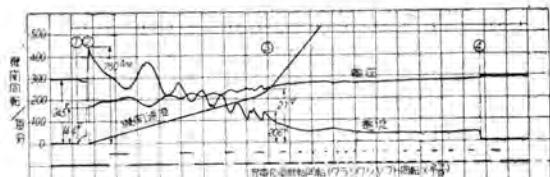
弱回転回路 (④→電磁スイッチ(片側接觸)→補助フィールドコイル→電機子→⑤) に電流が通じると、電機子は弱回転を始め軸方向に移動する。この結果レバーを外し、ビニオンは完全に噛合に至る。

全出力回路 (④→電磁スイッチ(両側接觸)→主フィールドコイル→電機子←⑤) に電流が通じると電動機は全出力をもつて回転しエンジンを始動する。

噛合外れ、エンジンが始動すれば電機子電流の低下により電機子ならびにビニオンは自動的に後退し、噛合は外れる。このため、他機種に見られるように逆駆動による各部焼付等の損傷は起らない。



14 図 MF 6/24AR(L) M-13—6HP 始動電動機—特性曲線



15 図 MF 6/24 AR(L) M-13始動電動機  
始動試験 オシログラフ

機関	ジーゼル機関	100HP
始動電動機	24V	6HP
蓄電池	24V	140AH
室温	23.0°C	

	時間 (秒)	電圧 (V)	電流 (A)	平均電流 (A)	所要電力量 (A.H.)	平均トルク (W)	所要電力 (W.H.)	全回転数	回転速度 rpm
押釦閉	①	24.5							
主回路閉	②	14.4	750						
機関始動	③	21.0	206						230
押釦押	①-② 0.03								
主回路閉									
押釦押	①-③ 1.32								
機関始動				420	0.15		2.74	2.8	
押釦押	①-④ 2.8				253	0.20		4.3	
押釦閉									

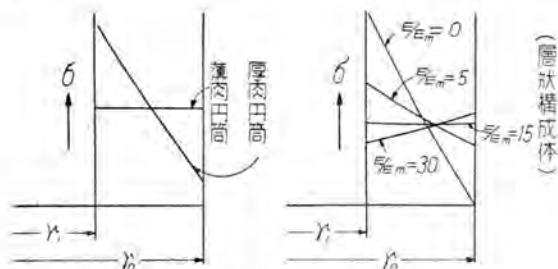
# 整流子片の圧縮特性

研究所 福家章

## 1. 緒言

整流子の high-bar その他の諸故障をめぐつていろいろな組立工作上の問題がある。これらの主な原因としては、整流子片に加わる遠心力と締付力（側圧）との不均衡が考えられるが、整流子構造上の問題は別として、これらの圧縮特性ならびに温度上昇した場合の圧縮性が明確にされていない處にあるように思われる。

因みに、今までになされた整流子片側圧の計算にはたとえば、(A) 薄肉円筒として、(B) 厚肉円筒として、(C) bar と micanite との層状構成体として、等いろいろの算式がある。(各式による側圧の分布は 1 図に示す)



δ…側圧, E…Bar の young's modulus  
r<sub>i</sub>…内半径, E<sub>m</sub>…micanite の young's modulus  
r<sub>o</sub>…外半径

1 図 各算式による整流子片の側圧の分布

これらにおいて重要な因子となる bar および micanite の弾性係数  $E$  および  $E_m$  は (A) (B) (C) 各式いずれもある仮定を行つている。すなわち bar の  $E$  は在來の one block の銅の  $E$  を取り、micanite の  $E_m$  はこれを一定値（人により異なる）として取扱つているのが普通である。こうした仮定が十分検討さるべきは普通であるが、これに関する資料は比較的少いようである。

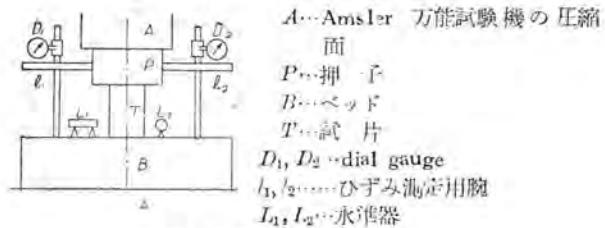
本文はこれらの圧縮特性を検討して上述計算〔とくに (C) 式〕の参考資料に供しようとするものである。

## 2. Micanite の圧縮特性

ここでは直接関係のある Segment の厚み方向 (Cylinder の円筒方向) の圧縮特性について述べる。

### (1) 常温における圧縮試験

装置は 2 図のようにアムスラ万能試験機の圧縮側に

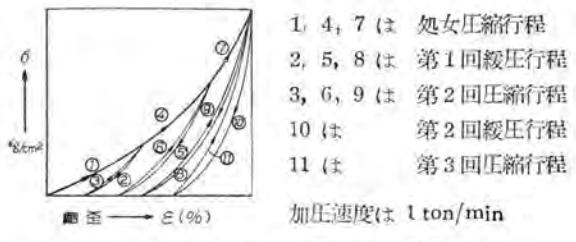


2 図 圧縮装置概略図

ドおよび押子ならびにダイヤルゲージを取り付けたもので、あらかじめ既知の標準片により各荷重における装置の deform を calibrate したものである。

試片は 0.8~0.85mm 厚のマイカナイト板から 15mm 角のものを切出し、これを 33 枚積重ねて約 28mm の高さにしたものである。

圧縮試験の結果は 3 図のようになつた。図で明らかなとおり、積重ねの影響（積層効果と仮称する）が大である。すなわち圧縮を繰返すと共に逐次締つて行つて荷重を去つても、もとの位置には戻らない。しかしある荷重で何回か繰返すと遂には安定する。また一定に荷重した



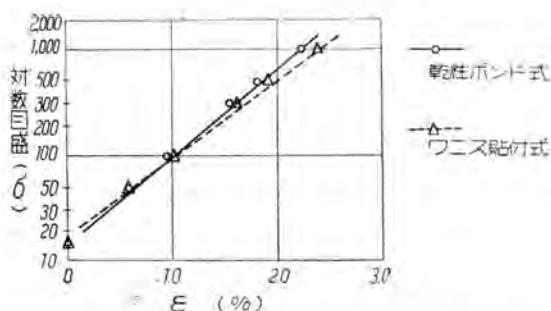
3 図 応力 (圧力) とひずみとの関係図

ままで時間と共に最初はひずみが相当顕著に現われるが、終には飽和する。また荷重を去ると時間と共にもとの寸法の方向に多少回復しようとする傾向がある。したがつて 1 回締付けたままで応力弛緩の原因となる。

十分締付けて安定したものの応力とひずみとの関係は 4 図のようになり、つきの実験式で与えられる。

$$\log_e \delta = C\varepsilon + C_a \quad \text{あるいは} \quad \delta = C_a' e^{C\varepsilon}, \log C_a' = C_a \quad \left. \right\} \dots (1)$$

$C$  は実験時の初圧で本試験では  $16 \text{ kg/cm}^2$  である。 $C$  はその材料特有の系数で、4 図における曲線の slope として求めることができます。本試験では  $160 \sim 200$  であ



4 図 安定した Micanite の応力とひずみの関係

つた。 $\delta$  は圧縮力 ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )、 $\varepsilon$  は圧縮ひずみ (縮長/原長) である。

したがつて弾性系数  $E_m$  は次式で与えられる。

$$E_m = \frac{d\delta}{d\varepsilon} = C \delta \quad \dots(2)$$

上式から  $E_m$  は  $\delta$  に比例することが判る。

いま (1) 式において  $C_s = 0$  と置けば、

$\varepsilon = 0$  のとき  $\delta = 1$ 、 $\delta = 0$  のとき  $\varepsilon = -\infty$  となつて

不合理であるが、 $50 < \delta < 800 \text{ kg}/\text{cm}^2$  の範囲ではよく実験と一致し、また実際の使用圧もこの範囲にあるから差支えがない。

実験の一例を示せば表のとおりである。

1 表 常温圧縮による安定後の Micanite の  
「C」と「 $E_m$ 」の値

原 鉛	仕 様	C	$E_m \cdot 10^4 \text{ kg}/\text{cm}^2$				
			$\delta=50$	100	200	400	800
カナダマイ カ No.6A	乾性ボ ンド式	183.0	0.915	1.839	3.670	7.320	14.640
同 上	ワニス 貼付式	169.4	0.847	1.694	3.388	6.776	13.552

なお破壊荷重は  $17 \sim 20 \text{ kg}/\text{cm}^2$  であつた。

## (2) 恒圧加熱による Micanite 板の性状

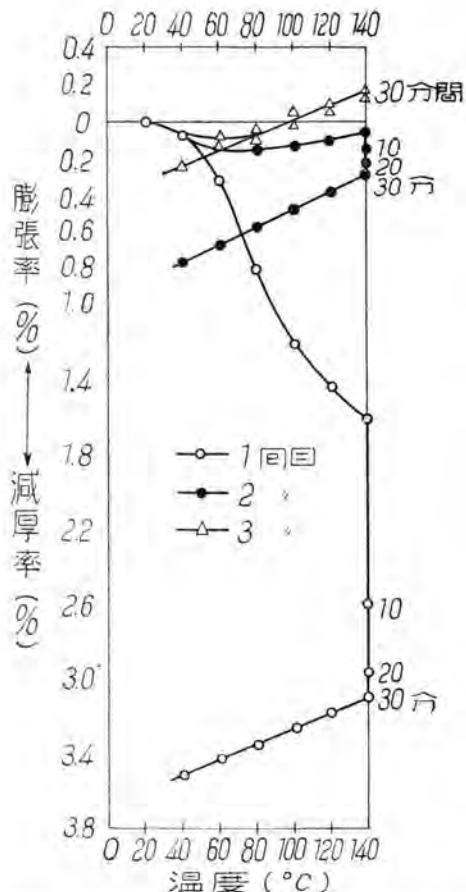
装置は常温圧縮に使用したもの (2 図) に、加熱筒と温度測定用の thermocouple を挿入したもので、試片は  $30 \text{ mm}$  角の板を約  $50 \text{ mm}$  の高さに積重ね、温度分布を一様にするためにこの試料の高さを 3 分して、両端ならびに  $1/3$  の位置に鉄板計 4 枚を挿入したものである。

圧力を一定 ( $100, 200, 400 \text{ kg}/\text{cm}^2$ ) にして温度を室温 (約  $20^\circ\text{C}$ ) から  $140^\circ\text{C}$  まで上昇し、 $140^\circ\text{C}$  で 30 分間保持し、その後  $40^\circ\text{C}$  まで温度を下げた場合の厚み変化の一例は 5 図に示すとおりである。

その一般的傾向は 6 図のようになる。

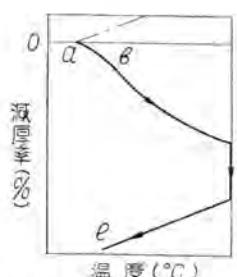
A, B, C 各図ともつきの過程に区分することができる。

- ab …… (Bond の軟化による減厚) ~ (試片膨張)
- bc …… (軟化) + (Bond の融出による減厚) ~ (試片膨張)
- cd …… (融出)
- de …… (試片収縮)

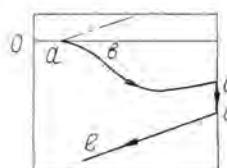


使用荷重  $100 \text{ kg}/\text{cm}^2$  試料 カナダボンド式  
加熱所要時間  $140^\circ\text{C}$  まで 15 分  
恒温保持  $140^\circ\text{C}$  に  $30$  分間

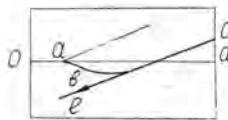
5 図 恒圧 加熱 試験



A. まだ加熱経験のないもの



B. 加熱経験の少ないもの



C. 加熱経験の多いもの

6 図 恒圧 加熱の一観傾向

ed …… (融出)  
db …… (試片収縮)

加熱経験の少ないものは  $be, cd$  に示される融出 (Bond 渗出) が大を占め、加熱経験の多いものほど膨張か融出 (渗出) に打勝つて終には膨張だけとなる。しかし  $e, d$  点は一点に重なる。すなわち十分の加熱経験 (ある制限以下の温度であることを要す) を経たものか、または最少必要限の Bond を含有するものが加熱に対して安定である。

ただし、Bond の軟化による減厚は Bond の存在するかぎりでは、加圧下では免れることができない。

つぎに実験した4種のものについて検討して見よう。恒圧加熱を受けた試片の冷却後の収縮量は2表に示すようになった。2表で、ワニス式とボンド式とを比較してみると、前者の方は減厚率少なくかつ早く安定し、荷重の影響もあまりないが、後者の方では減厚率が相当大きく、安定も遅く、荷重の影響もかなりある。

2表 加熱冷却後の Micanite の収縮量 (%)

種類	荷重 (kg/cm <sup>2</sup> )	1回目	2回目	3回目	3回のひずみ合計
乾性ボンド式	100	3.55			
	200	5.08			
ワニス貼付式	100	2.28			
	400	2.46			

つぎに加熱前後の弾性係数  $E_m$  の変化状況を見よう。 $E_m$  は前述の、 $\log \delta = C \varepsilon + C_0$  —— (1)

$$E_m = C \delta —— (2)$$

2式における“C”でこれを代表させることができる。

“C”的変化状況は3表、および7図のとおりである。各段階とも2回ずつ圧縮を繰返し、1回目と2回目とでは“C”的値が異っているが、長く締付けていると当然2回目の“C”的値に落付く。

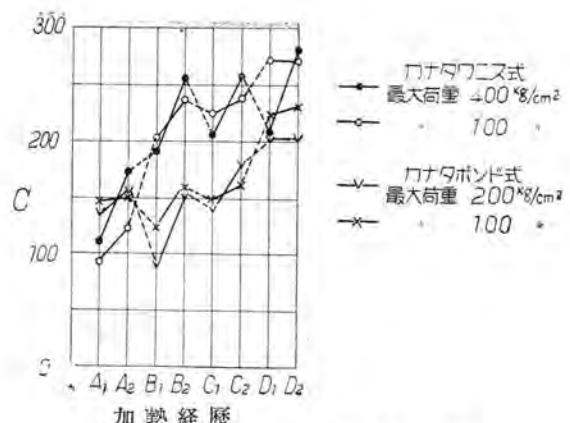
3表 加熱前後における系数「C」の変化状況

記号	種類	カナダワニス貼付式		カナダ乾性ボンド式	
		最大荷重 kg/cm <sup>2</sup>	400	100	200
$A_1$	加熱前 { 第1回目	110	88	139	148
	γ 2 γ	173	124	154	151
$B_1$	第1回 { 第1回	189	201	86	124
	γ 2 γ	260	239	154	160
$C_1$	第2回 { 第1回	208	223	146	148
	γ 2 γ	260	239	181	165
$D_1$	第3回 { 第1回	208	272	201	223
	γ 2 γ	281	272	201	227

ワニス式とボンド式とを比較してみると、前者は加熱経歴とともにCの値は向上してどんどん飽和点に近づいているが、後者では1回目の加熱後一旦Cの値が減少し、その後前者とどうような向上を示している。

以上述べた加熱に対する影響をここに総括すれば、

- (イ) ワニス式の方がボンド式のものより安定性がある。
- (ロ) 常温ではボンド式の方がより高いCの値を示すが、加熱してやればワニス式の方が早く安定して高いCの値を示す。



7図 加熱前後の系数「C」の変化状況

(ハ) 加熱経歴の多いものほど安定で、100kg/cm<sup>2</sup>～400kg/cm<sup>2</sup>の範囲の圧力で4回位で大体安定してしまう。

(イ) 最少量のBondを含有するものが一番安定である。

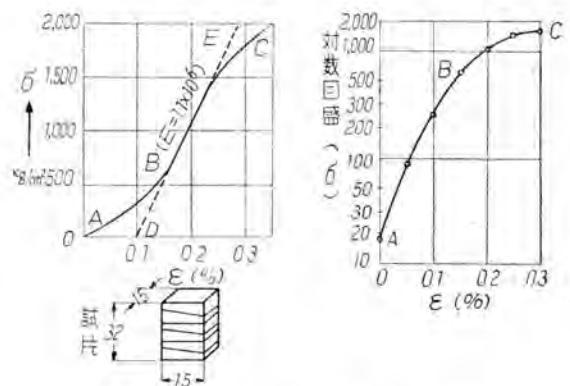
(ホ) 使用荷重が大きいほど安定が早い。なお使用時の計算には十分枯しを行つた最終のCの値を採用すべきである。

### 3. Bar の圧縮特性

当社電車用モール(MB213AF)のSegment Barで行つた試験の結果は8図のようになつた。それらの応力とひずみとの関係はつぎの実験式で与えられた。

$$\varepsilon = b - \sqrt{2a \log \frac{C_B}{\delta}} —— (3)$$

$$E = \frac{d\delta}{d\varepsilon} = \frac{b - \varepsilon}{a} \delta —— (4)$$



8図 Bar の Stress Strain Curve

A, B, C はともに系数で、本試験では

$A = 1.13 \times 10^{-6}$ ,  $B = 0.32 \times 10^{-2}$ ,  $C_B = 1.9 \times 10^3$ となつた。この式も  $\varepsilon = 0$ , および,  $\delta = 0$  のとき不合理であるが使用の範囲では十分実際と一致している。

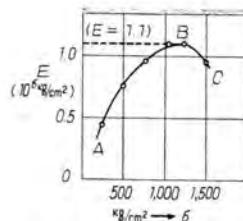
Eの値は4表および9図のようになつた。

4表 Bar の  $E$  と  $\delta$  との関係

$\delta$ kg/cm <sup>2</sup>	$E \times 10^6$ kg/cm <sup>2</sup>
50	0.133
100	0.220
200	0.400
400	0.664
800	0.996
900	1.050
1,000	1.100
1,200	1.100
1,300	1.070

普通考えられる銅の応力—ひずみ関係および  $E$  の値は、8図および9図のDB線で表わされ  $E$  の値は

$E = 1.1 \times 10^6$  kg/cm<sup>2</sup> C nst. であるが、実験では  $A$  BC 曲線となつて、ADの距りがある。この距りはいわゆる積層効果で、面の状態（面の数・平滑度・面積等）によつて定まるものである。9図と4表によれば  $E$  の値は圧力 1,000kg/cm<sup>2</sup> になつたときに  $1.1 \times 10^6$  kg/cm<sup>2</sup>



9図 Bar の  $E$  と  $\delta$  との関係

となつて one block のものと一致しているが、それ以下では漸次距りを生じている。

#### 4. 結 言

積重ねた試片による圧縮試験の結果は one block 試片によるものと多少趣きを異にしている。これらの細かい数値については現物の工作程度によつて決めらるべきである。以上まだ不十分ではあるが整流子片材料が圧縮を受けた場合の一般的傾向が判ることと思う。

最後に、本実験を御指導下さつた阪大の津枝教授に厚く感謝致します。



(陳列所正面夜景)

6月18日札幌市街上記目抜  
通りに新設され、三菱螢光  
ランプ照明のもとに各種當  
社製品を陳列しております。

#### 札幌三菱電機陳列所が新設されました。

場所は 札幌市南一条西5の14

電(3)1914

(陳列所内部)



# 可搬誘電体力率ブリッジ (劣化検出器)

電気機器の劣化を検出するため、現場の機器の  $\tan \delta$  を測定する誘電体力率ブリッジについて述べたものである。これは従来のシエリング・ブリッジを現場測定に適応するよう改造したもので、その性能、精度等を報告するものである。

伊丹製作所

岩崎晴光次  
永田秀次

## 1. 緒言

使用中の電力機器絶縁物の劣化の程度を知ることは、保守の上から重要な問題であり、従来行われていたメガーよによる絶縁抵抗の測定の如きはその一例である。実際の場合、対象は変圧器・計器用変成器の巻線および套管油入遮断器の套管・交流発電機・回転変流機等各種回転機の巻線・電力ケーブル・電力用コンデンサ・碍子類等各種にわたり、これらのすべてに画一的な劣化検出を行うことはなかなか困難である。

この問題に対して、アメリカでは早くから高圧の商用周波数で機器の誘電体力率、すなわち損失角を測定することが行われている。これは実用的で、かつこの測定による絶縁破壊の虞れがないので、現場試験には最も適当であるといわれ、各電力会社において盛んに行われるに至つた。<sup>(1)(2)</sup> これによれば、とくに各種機器に対して絶縁性の基本的等級 (Basic Rating for Insulation Quality) を定めることができるので、設備の修理、交換等の適切な判断の資料となりうるのである。

わが国においては、設置以来 20 年ないし 30 年を経た機器も少なくなく、そのうえ戦時中補修不十分のまま酷使されたので、破壊損傷の危険は相当増加していると思われる。したがつてこの劣化を速かに検出し、修理更新して設備を再建し、また突発事故による傷害を未然に防ぐことはきわめて緊要であると考えられる。

可搬誘電体力率ブリッジはかかる種類の劣化検出の目的で、現場で絶縁物の損失角を測定するもので、さきにアメリカのウェスチングハウス社で開発されたものである。<sup>(3)</sup> 今度時代の要求により、当社でもこれに若干の変更を加えた試作品を製作し引続きこの量産に移ろうとしているので、以下その原理性能を紹介する。

## 2. 現場試験に対する適応性

本器は商用周波数の測定用高圧をうるために乾式変圧器 (13.8kV) を自藏し、1 次側電源は 110V で、単巻変圧器を入れて電圧は連続的に変化することができる。損失角 ( $\tan \delta$ ) は直読みでき、静電容量も簡単な計算から求められる。とくにこのブリッジの特長は一方を接地極とした試料の測定ができる点にある。静電容量の可測範囲も相当広く、電力用コンデンサを除くほかほとん



1 図 劣化検出器外観

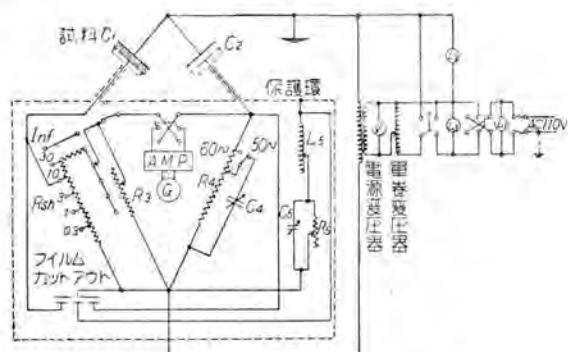
どの電力機器が測定できる。

この測定器はブリッジ本体・電源部・測定用ケーブルの3部に分割でき、各部は、2人で運搬することができる。

高圧を使用するが、表面はすべて接地されていて、測定者には何の危険も与えない。また測定精度はこの種の現場測定器中最も優秀である。

### 3. 構 造

外観は1図の如くで電源部と、その上にのせられた本体とから成っている。この背後で電源部と本体の接続を行い、測定用ケーブルを取りつけばすぐに測定が行われる。ブリッジ本体は2重になつたアルミニウム箱でブリッジ回路・遮蔽回路、標準空気蓄電器をおさめている。



2図 可搬誘電体力率ブリッジ結線図

2図はこの結線で、本質的にはシェーリング・ブリッジであるが、接地側端子が逆であるので1端子接地の試料を測定することができる。このため1名逆シェーリング・ブリッジともいわれる。したがつて1図に示したデケード型抵抗（R<sub>3</sub>）、0.005μF以上の静電容量の測定に用いる分流器（R<sub>sh</sub>、R'）、デケード型蓄電器（C<sub>4</sub>）、60～50～の各場合に切換えられるようになつた抵抗（R<sub>4</sub>）、遮蔽平衡回路（L<sub>5</sub>、C<sub>5</sub>、R<sub>5</sub>）、平衡検出増幅器（AMP）、検流計（G）はすべて正シェーリング・ブリッジとは反対に大地に対して試験電圧だけ高電位にあり、1つの金属の箱に囲まれている。この高圧の内箱のまわりを今1つの金属箱が囲みこれは接地されている。この内外2つの箱の間は標準空気蓄電器（C<sub>2</sub>）として利用されている。内箱のうち、前後の面は側面と絶縁され蓄電器の保護環（Guard Ring）の役目をする。内箱の支持はこの面で行われるので標準蓄電器に損失が入らない。操作は外箱の表面に取りつけられたつまみを回転すれば、これに連なる絶縁軸によつて内箱の内部の各要素が調節できる。ブリッジ回路の定数はつぎのとおりである。

$$R_3 = 0.1 \times 10, 1 \times 10, 10 \times 10, 100 \times 10, 1,000, 2,000 \Omega$$

$$R_{sh} = 30, 10, 3, 1, 0.32 \quad R_{sh} + R' = 1000 \Omega$$

$$R_4 = 265.5 \Omega (60 \sim \text{用}), 318.8 \Omega (50 \sim \text{用})$$

$$C_4 = 0.001 \times 10, 0.01 \times 10, 0.1 \times 10, 1, 2 \mu F$$

C<sub>2</sub>は各器により多少の相違はあるが、1図に示した現在使用中のものは204μFである。

測定物との接続は長さ約15mの2重遮蔽ケーブルで行う。心線に近い遮蔽は保護環と接続され、遮蔽平衡回路の調整によつて心線と同電位にせられ、ケーブルの静電容量による誤差を消去できる。さらに外側の遮蔽は接地されて、外部からの静電誘導を除去する。

平衡検出装置には、小型電池を用いた商用周波数の増幅器とミリアンメータを使つてゐるので、従来の交流検流計のような不便はなく、かつ十分な感度を持つてゐる。

電源部は13.8kV/110V、600VAの乾式変圧器で、単巻変圧器により500V～13.8kVに連続変化できる。SW<sub>2</sub>は電源スイッチと接地スイッチを兼用し、電源の接地側と、ブリッジの接地側と一緒に接地するようにしてある。L<sub>2</sub>により接地側が示され、電源側で接地されているときは、接地側端子を共通にする。

### 4. ブリッジ回路の解析

#### (ア) 分流器を使用しない場合

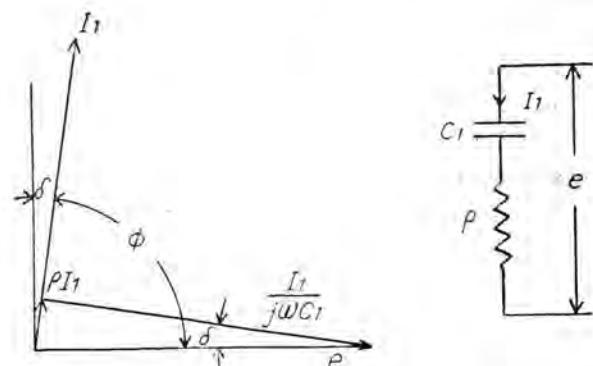
試料C<sub>1</sub>を3図の如き等価回路と考える。

$$Z = \rho + \frac{1}{j\omega C_1} \quad \dots \dots (1)$$

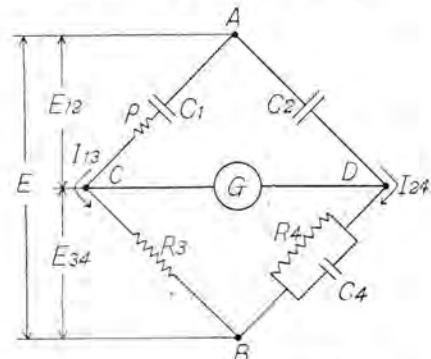
$$4 \text{ 図において}, \quad Z_2 = \frac{1}{j\omega C_2} \quad \dots \dots (2)$$

$$Z_3 = R_3 \quad \dots \dots (3)$$

$$Z_4 = \frac{1}{\frac{1}{R_4} + j\omega C_4} \quad \dots \dots (4)$$



3図 試料の等価回路とベクトル図



4図 ブリッジの等価回路

平衡条件は、 $Z_1Z_4 = Z_2Z_3$  なる故

(1) (2) (3) (4) を代入し

$$\rho = \frac{R_3}{C_2} C_4 \quad \dots \dots (5)$$

$$C_1 = \frac{R_4}{R_3} C_2 \quad \dots \dots (6)$$

3 図より、 $\tan \delta = \omega \rho C_1$  なる故、(5) (6) を代入し  
 $\tan \delta = \omega R_4 C_4 \quad \dots \dots (7)$

デケード型抵抗器で最も位相誤差を小さくし、しかも  
 $\tan \delta$  が直読みできるような値とし、 $\omega R_4 = 10^5$  とする。

したがつて、 $R_4 = 265.5\Omega$  (60~)

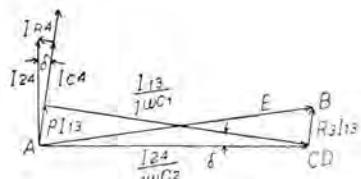
$318.8\Omega$  (50~)

故に、 $\tan \delta = 10C_4 \%$  ( $C_4 : \mu F$ )  $\dots \dots (8)$

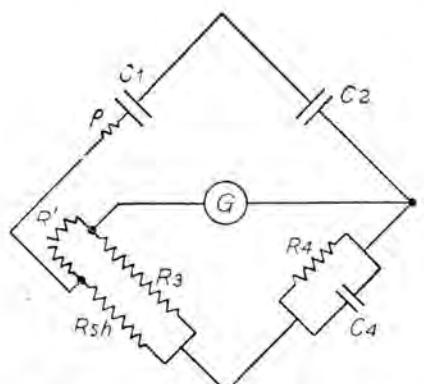
$$(6) \text{ 式より } C_1 = \frac{265.5}{R_3} \times C_2$$

$$\text{または } C_1 = \frac{318.8}{R_3} \times C_2 \quad \dots \dots (9)$$

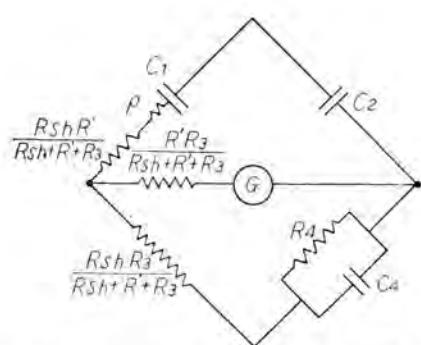
となる。 $C_2$  は標準蓄電器の静電容量であるから、 $R_3$  の  
 読みから  $C_1$  が求められる。



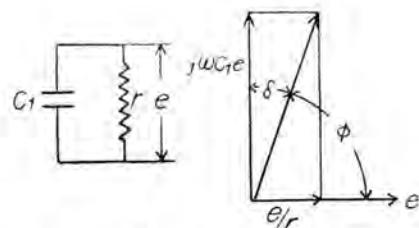
5 図 ブリッジが平衡した場合のベクトル図



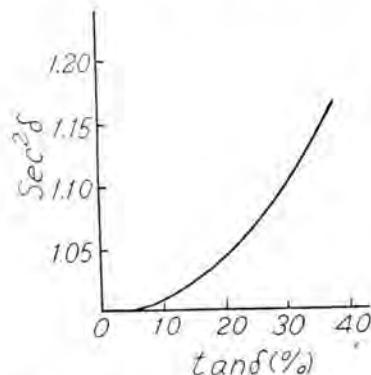
6 図 分流器を使用した場合のブリッジの等価回路



7 図 △—Y 変換した場合の等価回路



8 図 試料  $\tan \delta$  の比較的大きい場合の等価回路



9 図 並列回路とみなした場合の静電容量の校正曲線

平衡した場合のベクトル図は 5 図の如くである。  
 $\delta$  が小さいときは、

$$\tan \delta = \sin \delta = \cos(90^\circ - \delta) = \cos \phi$$

$\tan \delta = 5\%$  では  $\cos \phi$  との差は 0.0001 である。

#### (1) 分流器を使用する場合

試料の静電容量が大きく、 $R_3 < 10$  となると、平衡がとりにくくなる。このときは分流器を用いる。回路は 6 図の如くなり、△—Y 変換を行えば、7 図の如くなる。したがつて(6)式で  $R_3$  の代りに  $\frac{R_{sh} R_3}{R_{sh} + R' + R_3}$  を用いればよい。 $R_{sh} + R' = 100\Omega$  と選んであるから、

$$C_1 = C_2 R_4 \frac{100 + R_3}{R_{sh} R_3} \quad \dots \dots (10)$$

として静電容量が求められる。

$$\text{また, } \rho = \frac{R_{sh} R_3 C_1}{(R_{sh} + R' + R_3) C_2} = \frac{R_{sh} R'}{R_{sh} + R' + R_3}$$

となるから、

$$\tan \delta = \omega R_4 \left( C_1 - C_2 \frac{R'}{R_3} \right) \quad \dots \dots (11)$$

したがつて  $C_1 \gg C_2 \frac{R'}{R_3}$  なるときは、 $\tan \delta$  は  $C_4$  から直読して差支えない。

#### (2) 試料の $\tan \delta$ が比較的大きい場合

この場合  $C_1$  は 8 図の如く  $r$  と  $C_1$  との並列回路とみなされ、

$$Z_1 = \frac{1}{\frac{1}{r} + j \omega C_1} \quad \dots \dots (2)$$

$$\text{平衡条件から, } C_1 = C_2 \frac{R_4}{R_3} + \frac{1}{\omega^2 C_1 r^2}$$

$$\text{一方, } \cos \phi = \sin \delta / \tan \delta = \frac{1}{\omega C_1 r} \quad \text{であるから,}$$

$$C_1 = C_2 \frac{R_4}{R_3} \sec^2 \delta \quad \dots \dots (13)$$

すなわち (6) 式による計算値より  $\sec^2 \delta$  だけ大きくなり、試料の  $\tan \delta$  が比較的大きいときは 9 図にしたがつて校正する必要がある。

## 5. 可測範囲

### (ア) ブリッジ・アームの値による限界

分流器を使用しない場合は、(8), (9) 式から  $R_1$  と  $C_4$  の値により、 $\tan \delta$  は 0.01% から 31.1% まで、静電容量の最小可測値は 50~ で  $21 \mu\text{F}$ , 60~ で  $17.4 \mu\text{F}$  となる。分流器を使用した場合の最大可測静電容量は 50~ で  $2.37 \mu\text{F}$ , 60~ で  $1.97 \mu\text{F}$  となる。

すなわち、 $0.01\% \leq \tan \delta \leq 31.1\% \quad \dots \dots (14)$

$$21 \mu\text{F} \leq C_1 \leq 2.37 \mu\text{F} (50~) \quad \dots \dots (15)$$

$$17.4 \mu\text{F} \leq C_1 \leq 1.97 \mu\text{F} (60~) \quad \dots \dots (16)$$

ただし、静電容量が大きいときは、(11) 式より知られる如く、 $R'/R_s$  のできる限り小さいこと、すなわち、 $R_1$  が大きく  $R_{sh}$  の小さい範囲で使用することが望ましい。

### (イ) 変圧器容量による限界

1 表は変圧器の各電圧に対する電流容量から求めた最大可測静電容量を示す。

### (ウ) 分流器電流容量による限界

2 表は  $R_3$  および  $R_{sh}$  のアームの電流容量を示す。この電流範囲内であれば、1 表の値より大きな静電容量でも、(15), (16) 式の範囲内であれば、変圧器を交換して測定することができる。

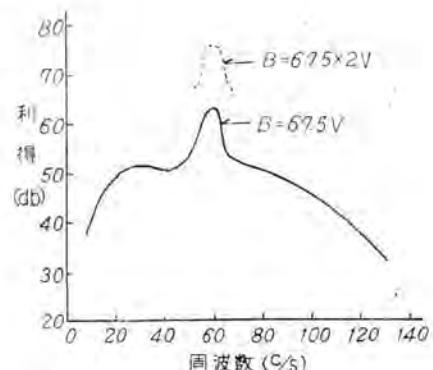
1 表

測定電圧 (kV)	充電電流 (A)	静電容量 ( $\mu\text{F}$ )	
		50~	60~
1	0.06	1.9	1.6
2	0.03	0.48	0.4
4	0.015	0.12	0.1
6	0.01	0.053	0.045
8	0.0075	0.030	0.025
10	0.006	0.019	0.016
12	0.005	0.013	0.011

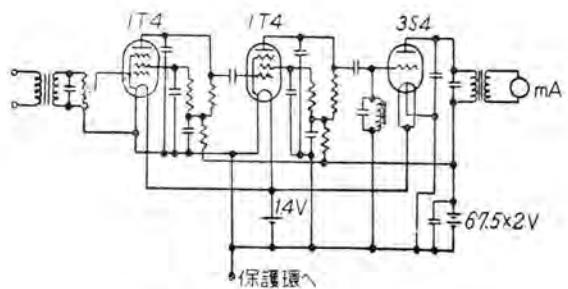
2 表

R <sub>sh</sub>	許容電流 (A)
I <sub>nt</sub>	0.05
30	0.15
10	0.5
3	1.5
1	5.0
0.3	10.0

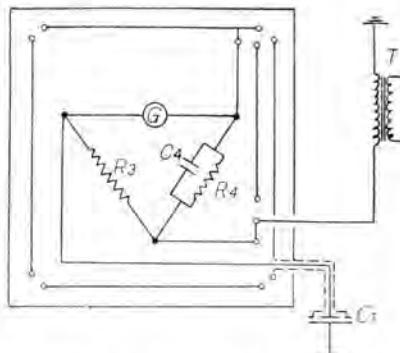
## 6. 平衡検出装置



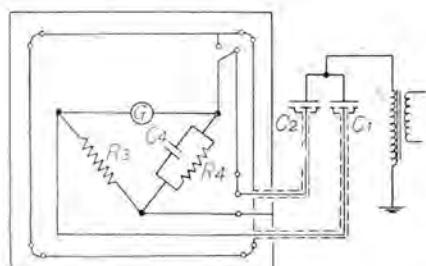
10 図 平衡検出装置の周波数特性



11 図 平衡検出增幅器結線図



12 図 逆ブリッジとしての結線図



13 図 正ブリッジとしての結線図

前述の如く、本器は検流計の代りにミニアチュア管を用いた増幅器を使用している。電池はコロイド蓄電池と 67.5V の積層乾電池 2 個を使用している。試料または外部コロナにより高周波誘導が生ずるのでこれを除くため商用周波数に同調がとつてある。10 図はこの周波数特

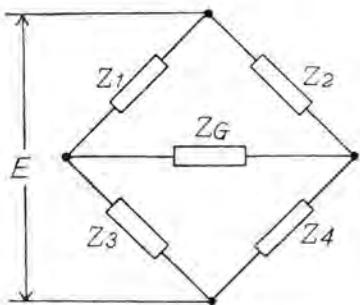
性で第3高調波の利得は少いから、平衡がこれによつて乱されるうれいは少い。11図は増幅器回路である。

## 7. 保護装置

試料が絶縁破壊すると、内箱内の各要素には全電圧が加わることになる。この保護のため2図に示す如く、フィルム・カットアウト(Film Cut Out)がついている。過電圧を生ずると、これにつけられた雲母膜の表面が閉絡して各要素を救う。また電源変圧器の1次側にはヒューズが入れてある。

## 8. 正アリッジとしての使用

このプリッジは簡単な結線の変更で正アリッジとすることができる。このとき別に変圧器と標準蓄電器を必要とするが、13.8kV以上の電圧にも用いることができる。感度その他には、正逆による変化はない。12図は逆アリッジ、13図は正アリッジの接続である。



14 図 ブリッジの基本回路

## 9. 感 度

14図において  $Z_G$  は検出装置のインピーダンスを示す。

$$I_G = \frac{Z_1 Z_4 - Z_2 Z_3}{\triangle} E \quad \dots(17)$$

$Z_1, Z_2, Z_3$  は  $Z_4, Z_G$  に比してきわめて大きいから、  
 $\triangle \approx Z_1 Z_2 (Z_3 + Z_4 + Z_G)$

分流器を使用しなければ、 $C_1$  と  $C_2$  とが大体同じ値で感度はよい。そこで分流器を入れたときのみを問題とする。

$C_1 \ll C_2, R_s \ll R_4$  であるから、

$$I_G = \frac{Z_1 Z_4 - Z_2 Z_3}{Z_1 Z_2 (Z_3 + Z_G)} E \quad \dots(18)$$

平衡に近い場合は、静電容量  $C_1$  の平衡は  $R_3$  の変化により得られ、 $\tan \delta$  の平衡は  $\delta_4$  ( $\tan \delta = \omega C_1 R_4 / \triangle \delta_4$ ) の変化によつて得られると考える。

$C_1$  の感度は、

$$\left[ \frac{\partial I_G}{\partial R_3} \right]_0 = \left[ \frac{\partial I_G}{\partial Z_3} \right]_0 \left[ \frac{\partial Z_3}{\partial R_3} \right]_0 \quad \dots(19)$$

$$\left[ \frac{\partial I_G}{\partial Z_3} \right]_0 = \frac{\omega C_1}{Z_1 + Z_G} E,$$

$$\left[ \frac{\partial Z_3}{\partial R_3} \right]_0 = \frac{R_{sh} R'}{(R' + R_3)^2} \quad \text{なる故}$$

$$\left[ \frac{\partial I_G}{\partial R_3} \right]_0 = \frac{R_{sh} R' \omega C_1}{Z_1 + Z_G (R' + R_3)^2} E \quad \dots(20)$$

$\tan \delta$  の感度は、

$$\left[ \frac{\partial I_G}{\partial \delta_4} \right]_0 = \left[ \frac{\partial I_G}{\partial Z_4} \right]_0 \left[ \frac{\partial Z_4}{\partial \delta_4} \right]_0 \quad \dots(21)$$

$$\left[ \frac{\partial I_G}{\partial Z_4} \right]_0 = \frac{\omega C_2}{Z_1 + Z_G} E, \quad \left[ \frac{\partial Z_4}{\partial \delta_4} \right]_0 = R_4 \quad \text{なる故}$$

$$\left[ \frac{\partial I_G}{\partial \delta_4} \right]_0 = \frac{R_4 \omega C_2}{Z_1 + R_4} \quad \dots(22)$$

$C_1$  と  $\tan \delta$  の感度比  $\alpha$  を求めると、

$$\alpha = \frac{\left[ \frac{\partial I_G}{\partial R_3} \right]_0}{\left[ \frac{\partial I_G}{\partial \delta_4} \right]_0} = \frac{R'}{R_3(R_3 + R')} \quad \dots(23)$$

このブリッジは最小  $\triangle R_3 = 10^{-1}$ ,  $\triangle \delta_4 = 10^{-4}$  の変化であるから、両者の最小変化で検流計に同一振れを与える点を求めるには、(23)式で  $\alpha = 10^3$  なる解を求めればよい。すなわち  $R' = 10^2$  であるから、 $R_3 = 265.5\Omega$  で  $\alpha = 103$  となり、それ以下では  $\alpha > 10^3$ , 以上では  $\alpha < 10^2$  となる。

$$\text{また一方}, \quad \Delta I_G = \frac{R_4 \omega C_2}{Z_1 + R_4} E \cdot \delta_4 \quad \dots(24)$$

で検出装置のミリアンメータは  $10\mu\text{A}$  の変化が視覚で認められ、このとき計器の端子電圧は  $0.025\text{V}$  となる。電圧利得は  $76\text{db}$  すなわち  $6,900$  倍であり、検流計回路のインピーダンス  $Z_G$  は  $30+j500\Omega$  であるから、

$$\Delta I_G = 0.72 \times 10^{-8}\text{A}$$

まで検出できる。(24)式において  $E = 1,500\text{V}$  とし、 $\omega = 377$ ,  $C_2 = 204\mu\mu\text{F}$ ,  $\Delta \delta_4 = 10^{-4}$ ,  $R_4 = 265.5\Omega$ , 分流器使用のため7図より  $Z_G = 30+j500 + \frac{100R_3}{100+R_3}$  とすれば、回路条件より、

$$R_3 = 1\Omega \text{ のとき}, \quad \Delta I_G = 1.14 \times 10^{-8}$$

$$R_3 = 10\Omega \text{ のとき}, \quad \Delta I_G = 1.01 \times 10^{-8}$$

$$R_3 = 100\Omega \text{ のとき}, \quad \Delta I_G = 0.85 \times 10^{-8}$$

これと(25)式とを比較すれば、 $1,500\text{V}$  でも十分な感度のあることが知られる。実用上高周波コロナのないときには増幅器の入力変圧器の2次側にコンデンサを入れるので、多少感度は下がるが実用上  $\Delta \delta_4$  は  $5 \times 10^{-4}$  程度でよいので感度は十分と思われる。

## 10. 誤 差

誤差で問題になるのは誘導であるが、静電誘導はブリッジ部が二重に金属箱で囲まれているので、遮蔽回路の平衡をとれば誤差はほとんど入らない。電磁誘導は測定する  $C_1$  が大きいときとか、現場で母線の下で測るとき等に生ずる。しかしこれは増幅器の入力端子の極性が正逆に切換えられるので、2つの読みの平均をとれば除きうる、実際の経験ではこの誤差は  $\tan \delta$  で  $3 \times 10^{-4}$  以下であった。

つぎに問題になるのは各アームの位相角および標準蓄電器の損失角による誤差である。分流器を用いたときに

ついて考えると、 $C_1$ ,  $C_2$  がそれぞれ並列抵抗  $r_1$ ,  $r_2$  を有するとし、

$$Z_1 = \frac{r_1}{1+j\omega C_1 r_1}, \quad Z_2 = \frac{r_2}{1+j\omega C_2 r_2}$$

$R_{sh}$ ,  $R_3$  は自己インダクタンスを持ち、そのとき定数を  $T$  とすると、 $Z_3 = \frac{R_{sh} R_3}{R_{sh} + R' + R_3} (1+j\omega T)$

$$\text{また}, \quad Z_4 = \frac{R_4}{1+j\omega C_4 R_4}$$

平衡条件から、

$$\tan \delta = \frac{1}{\omega C_1 r_1} = \omega R_4 \left( C_4 - \frac{R'}{R_3} C_2 \right) + \frac{1}{\omega C_4 r_4} + \omega T$$

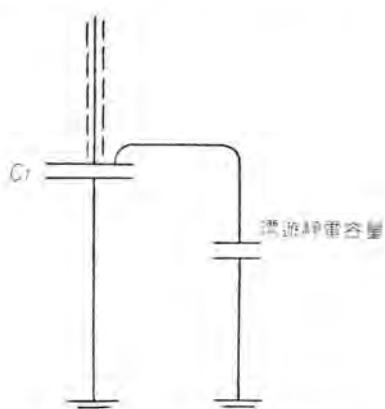
$$\tan \delta_4 = \omega R_4 C_4, \quad \tan \delta_2 = \frac{1}{\omega C_1 r_1} \quad \text{とすると、}$$

$$\begin{aligned} \tan \delta &= \tan \delta_4 + \omega R_4 C_2 \frac{R'}{R_3} \\ &\quad + \tan \delta_2 + \omega T \quad \dots \dots (26) \end{aligned}$$

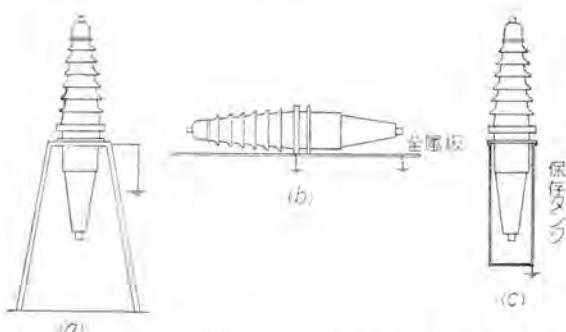
すなわち  $C_4$  から読む  $\tan \delta$  より実際の値は大きいわけである。

このうち  $\tan \delta_2$  は標準蓄電器の損失角である。これは内外箱の間隙から塵埃を取除き、相対湿度を 80% 以下に保てば、 $\tan \delta_2 < 2 \times 10^{-5}$  にできる。 $\omega T$  は主として、 $R_{sh}$  の位相角で、 $R_{sh}=30 \sim 0.3 \Omega$  では  $\omega T < 4 \times 10^{-5}$  である。

以上の結果損失角の誤差を  $10^{-4}$  以下にするためには  $\omega R_4 C_2 \frac{R'}{R_3} < 4 \times 10^{-5}$  としなければならぬ。



15 図 漂遊静電容量の等価回路



16 図 各場合における漂遊静電容量の誤差を表わす見取り図

3 表

測定番号	静電容量		損失角					
	A	B	A	B	減少 (%)	減少 (%)		
1	143	0	217	0	0.87	0	2.00	0
2	143.5	0.35	218	0.5	0.87	0	2.00	0
3	145.5	1.75	221	1.8	0.77	12	1.97	1.5
4	146	2.1	224	7.8	0.73	16	1.90	5.0

(測定電圧 10 kV)

$\omega=377$ ,  $R_4=265.5 \Omega$ ,  $C_2=204 \mu\text{F}$ ,  $R'=100 \Omega$  として  $R_3$  の条件を求めるとき、

$$R_3 > 50 \Omega$$

すなわち (10) 式より、誤差が  $10^{-4}$  以下であるためには、測定する静電容量は 60~ で  $0.54 \mu\text{F}$  以下でなければならない。

つぎに本ブリッジの如き逆ブリッジでは、15 図の如く漂遊静電容量が入る。この誤差は本ブリッジの性質上やむを得ないもので、このため静電容量はやや大きく、損失角はやや小さくなる。この誤差について蓄電器型套管の  $\tan \delta$  の比較的多いものと少ないものとについて測定した結果を 3 表に示す。A, B いずれも 66kV 級套管で、B は端子に 120mm 直径の球が取付けてある。

[1] は正ブリッジの測定値、[2] は 16 図 (a) の如く直立させたとき、[3] は (b) の如く金属板上に横にしたとき [4] は (c) の如く、鉄製保存タンクに入れたときである。すなわち [3] の如く最も漂遊静電容量の多いとき  $\tan \delta$  の測定値は 16% 小さい。しかし実際の測定はほとんど [2] の場合であるから誤差としてあまり大きな問題にはならない。

## 11. 結 言

今までこの測定器は東京鐵道局・日本發送電・関東配電・大阪鐵道局・関西配電・近畿日鐵等各方面の実測に使用した。最初は若干機械的に欠点もあり、増幅器に高周波コロナの入ることもあつたが、現在ではこれは解決しておりトラックまたはオート三輪車で長途の輸送にも耐え、到着後 10 分程度で準備が完了する。実測に際しては測定範囲の広いことはきわめて便利であり、標準蓄電器の容量からとくに套管の如き小静電容量の試料には測定がきわめて便利である。

## 参 考 文 献

- I. G. Gross: Field testing of Bushing and Transformer Insulation E.E.57. 589. (1938)
- F. C. Doble: Dielectric Loss and Power Factor Method for Field Investigation of Electrical Insulation E. E. 60 934 (1941)
- C. F. Hill, T. R. Watts G. A. Burr: Portable Schering Bridge for Field Tests. E. E. 53 176. (1934)