

MITSUBISHI DENKI GIHO

# 三菱電機技報

Vol. 38 November 1964

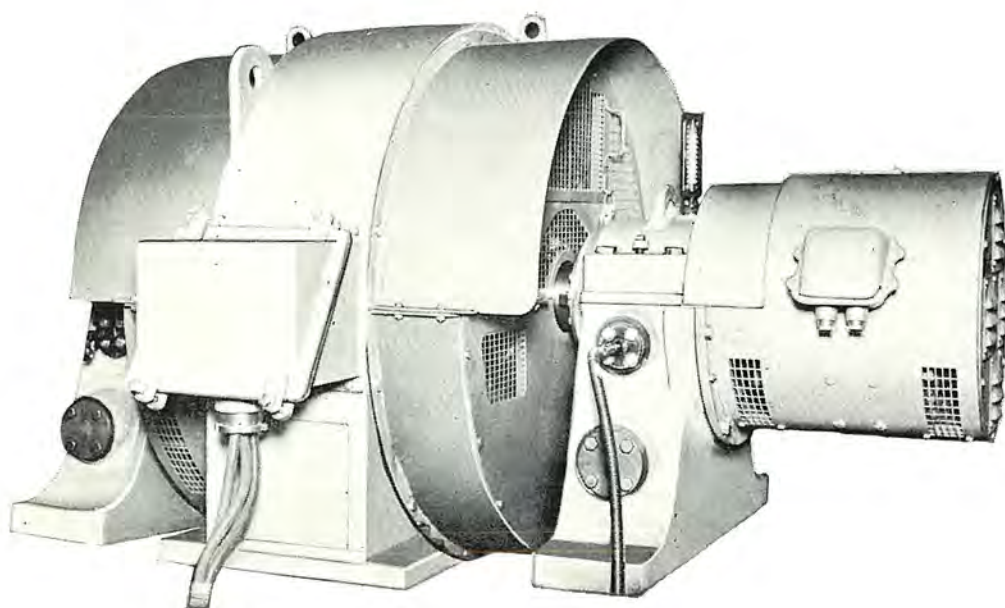
# 11

吉田連絡船 八甲田丸

船用電機品特集







## ■ 三菱ブラシレス交流発電機

### 特長 (1) 信頼性の増大

整流子、スリップリング、ブラシの除去により信頼性の面より次のような利点が得られる。

#### a ブラシ 粉末による事故がない。

ブラシがないので従来の回転励磁機付発電機のごとくブラシのカーボン粉末がコイル表面や集電部分に付着してメグの低下とかセッ絡事故を起こす恐れがない。

#### b 火花発生がない。

従来の回転励磁機付交流発電機ではスリップリング、整流子よりの火花によって通信障害を起こすことがあったがブラシなし発電機ではこの恐れがまったくない。

#### c 湿気、腐食性ガスに対して安定である。

シリコン整流子は密封された素子であり、湿気や化学的に有害なふん囲気などの影響を受けない。したがって悪条件の下で使用される交流発電機とし

て最適である。

#### d 振動に耐える。

従来の回転励磁機付または自励式交流発電機を振動の多い場所に据え付けた場合には火花発生、ブラシの摩耗、さらには重大な事故を招く恐れがあった。ブラシなし発電機ではこの心配は皆無となった。

### (2) 保守の簡単化

従来の交流発電機ではブラシ、スリップリングなど集電装置に基づく事故が多くその保守点検は欠かせないものであった。すなわち、日常よりブラシ、スリップリングが摩耗していないか、またカーボン粉末で集電部分が汚れていないか、火花が発生していないかなどを監視し取り換え修理を行なう必要がある。

これに反してブラシなし発電機においては、整流素子の寿命も半永久的であり、保守を要するのは軸受の点検と絶縁物の保守に限られる。

### 定格 発電機本体

発電機定格出力	150 kVA	電 圧	450 V
発電機定格出力	120 kW	電 流	192 A
台 数	3 台	周波数	60 c/s
形 式	開放防滴形	回転数	600 rpm
相 数	3	力 率	80%

### 交流励磁機

励磁機定格出力	5 kVA	回転数	600 rpm
相 数	3	力 率	93.2%
電 圧	110 V	絶縁規格	
電 流	26.2 A	絶 縁	B
周波数	60 c/s	適用規格	ロイド



#### 表紙説明

新しく青森と函館を結ぶ青函連絡船として建造された日本国有鉄道の八甲田丸で39年8月より旅客便として就航している。

#### 船の主要目

全長	132 m
幅さ	17.9 m
深さ	7.2 m
総トン数	8,278.66 t
旅客	1等 330 名 2等 870 名
貨車	48 両

当社は本船向けとして発電機、配電盤、主機操縦装置、バウススタ、水密スベリ戸用電機品およびデーターガ、救命具など多数の製品を納入し、いずれも好調に稼働している。



# 三菱電機技報

昭和 39 年 第 38 卷 第 11 号 (船用電機品特集)

## 目 次

### 《特 集 論 文》

日本国有鉄道青函連絡船の電機設備	元木知春・境 正昭・岩永俊之	2
タービタンカ 船の中央制御方式	元木知春・岩永俊之・桂木義夫	13
三菱自動 ムアリングウインチ	熊本 永・新良由幸・富永隆弘	22
船用多点温度監視装置	田井晶輝	26
ディーゼルエンジン 用平均有効圧力計	多田智彦・植田剛夫	32
ブラシレス 交流発電機	高原洋介・元木知春	35
船用 データーガ	今出昭彦・塚原昌恭・西尾 治	42
三菱船用 テレビジョン 装置	道家昭彦	53

### 《論 文》

関西電力天ヶ瀬発電所 55,000 kVA 水車発電機運転制御装置および配電盤設備	田附和夫・山下喜美雄・山田米造	59
関西電力天ヶ瀬発電所 50,000 kW デリア 水車	大島 進・森友 茂	66
最近の送電線保護継電装置 (6) ——搬送保護継電装置——	北浦孝一	78
東海道新幹線列車無線旅客電車用設備	中村敏行・佐野定治郎・遠藤由松・黒田忠光 阿部 修・奥村 徹・沼田敏男・中村信弘	87
全固体化 150 Mc 帯 10 W FM 移動用無線電話装置	奥村 徹・東 勇・川上 昭	92
バイメタル 式 サーモスタットの解析	小原英一・高沢正二・古屋芳明・高橋 功・加太義武	100

### 《技 術 解 説》

変圧器用鉄心材料 (その 2)	清水英範・丸谷領一	107
技術者・研究者と技術情報	金常 実	114

### 《新 製 品 紹 介》

高性能小形油シタ 断器完成・航空機用 FM 多重 テレメータ 装置・EM-15B, 35C 形電磁開閉器完成・三菱 カラーテレビ 16CT-385 形新発売・ピース より小さい三菱 トランジスタラジオ 3X-345 形 “コールメリー” 新発売・三菱 トランジスタラジオ 8X-224 形 “コッパニカ” 新発売・三菱脱水洗たく機 CW-750 形 “ダイヤカッパル” 新発売	118
--	-----

### 《ニュースフラッシュ》

東海道新幹線に活躍する各種 アンテナ・東京電力中東京変電所納め 345 MVA 変圧器・三菱油化納め 8,800 kW 三相誘導電動機完成・LV-GL 形配電用避雷器公開立会試験	122
---	-----

### 《特 許 と 新 案》

回転電機の端子座・二素子形積算電力計・制動磁石装置	124
《最近登録された実用新案》	125

《表 紙》	2. 三菱 ブラシレス 交流発電機
	3. 三菱 E 種 モートル
	4. 三菱赤外線式 ホームコタツ



# 日本国有鉄道青函連絡船の電機設備

元 木 知 春\*・境 正 昭\*・岩 永 俊 之\*

## Electric Apparatus on Aomori-Hakodate Ferryboats of J.N.R.

Nagasaki Works Tomoharu MOTOKI・Masaaki SAKAI・Toshiyuki IWANAGA

The Japanese National Railways are building six ferryboats as cross channel steamers between the main island and Hokkaido. These new boats are designed highly automatized and efficient for the purpose of strengthening the traffic power and reducing the freight. Mitsubishi has received an order for vessel portions of electric apparatus for automatic control involving electric power supply equipment on the ship, control devices of engines, electric apparatus for the bow thruster, watertight doors and data loggers. M.S. Hakkōda-maru has been already put in service equipped with Mitsubishi electric products. This article deals with these machines.

### 1. ま え が き

北海道と本土と結ぶ唯一の足である青函連絡船を、国鉄では6隻新造することになり、当社ではその6隻中4隻分の電機設備を各造船所に納入することになった。三菱重工神戸造船所建造の「八甲田丸」はすでに完成就航し、現在「大雪丸」(横浜造船)、「摩周丸」(神戸造船)、「羊蹄丸」(日立造船)の3船分の電機品を鋭意製作中である。

以下「八甲田丸」の電機品につきその一端を紹介する。

### 2. 船内の電源設備

#### 2.1 発電機

本船の電源設備として下記の発電機を装備している。

##### 主発電機

700 kVA 445 V 3φ 60 c/s 0.8 PF

720 rpm 909A B 種絶縁 連続定格 3 台

励磁装置 形式 SE-11 AVR なし

##### 補助発電機

70 kVA 445 V 3φ 60 c/s 0.8 PF

1,200 rpm 91A B 種絶縁 連続定格 1 台

励磁装置 形式 SE-11 AVR なし

##### 主軸駆動発電機

900 kVA 445 V 3φ 60 c/s 0.8 PF

1,200 rpm 1,170A B 種絶縁 30 分定格

1 台 励磁装置 形式 SE-21 AVR 付

700 kVA 主発電機、70 kVA 補助発電機の励磁装置はすべて主配電盤および補助配電盤に組み込みとなっており、主軸駆動発電機のみは、励磁装置を発電機上にコンパクトにまとめて積載し、電圧調整部分は主配電盤内 パウススタ 盤に装備し、必要なときは、配電盤上で容易に調整できるようになっている。700 kVA 主発電機および 70 kVA 補助発電機に採用している SE-11 形と、900 kVA 主軸駆動発電機の励磁装置 SE-21 形との特性を比較すれば表 2.1 のようになる。

主発電機、補助発電機とも船用として最も信頼性の高い自動交直流発電機をとう載しており、AVR 要素は省略しているが、整定電圧変動率は  $\pm 2.5\%$  で、客船としても実用上なんらのそん色のないものである。主軸駆動発電機は、主機(可変ピッチプロペラ 駆

動)の回転数変動  $+5\% \sim -10\%$  に対して、電圧変動を極力抑えるため AVR 付としている。主機は、主として 625 kW パウススタ電動機駆動用として使用される。

図 2.1 に本船とう載の主発電機を示す。

表 2.1 励磁装置比較

形 式	SE-11	SE-21
電圧調整要素	電圧調整は行なわない リアクトル、変流器タップ 調整後固定	電圧調整付 飽和リアクトル式 AVR 付
特 性	漸変電圧変動率 PF 0.8 で $\pm 2.5\%$ 瞬時電圧降下 PF 0.4 150% 電流で 定格電圧の 25% 以内に 復帰 0.6" 以内	漸変電圧変動率 PF 0.8~1.0 で $\pm 2.0\%$ 瞬時電圧降下 SE-11 に同じ 復巻特性
電圧調整範囲	電圧調整できない	定格電圧の $\pm 5\%$
並 行 運 転	同容量機間に限り、均圧母線 を使用して並行運転できる。 異容量機間では AC 均圧母 線により切替並行運転はでき る。	並行運転できる タービンとディーゼル駆動で も並行運転可能 過流補償装置付 周波数補償なし
電 圧 確 立	2 極用筒形を除いて、突極機 では励磁装置は不要。シリコ ン整流器を用いたときは、さ らに電圧確立容易である。	2 極機を除いて、一般には府 磁装置なしで電圧確立する。
構 成 部 品	単一三相リアクトル 単一三相変流器 単一三相全波シリコン整流器	単一三相リアクトル 単一三相可飽和変流器 単一三相全波シリコン整流器
電圧調整装置	なし	飽和リアクトル整流器 抵抗コンデンサ 電圧検出トランス 電圧調整器

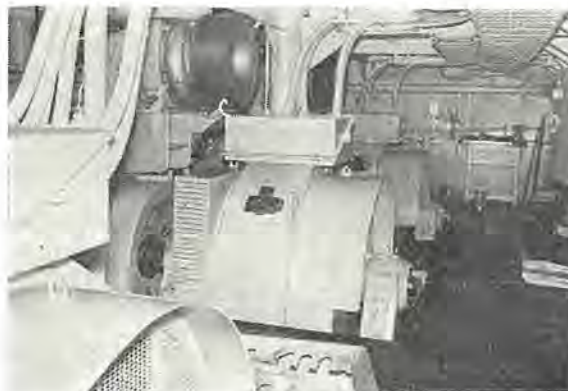


図 2.1 700 kVA 主 発 電 機  
Fig. 2.1 700 kVA main generator.



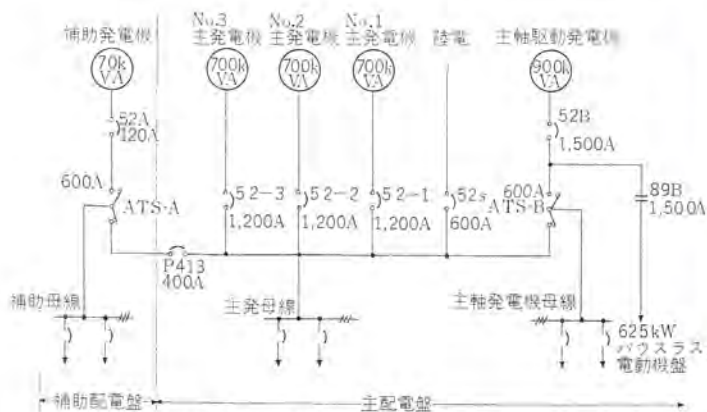


図 2.2 単線結線図  
Fig. 2.2 Single line wiring diagram.

## 2.2 電路系統

本船の主電路の系統は、図 2.2 のとおりで、三つの母線に区分されている。常時は補助発電機母線・主軸駆動発電機母線とも母線切換開閉器 (ATS-A, ATS-B) を介して、700 kVA 主発電機から給電されているが、主発電機母線電圧が、定格電圧の 85% 以下に低下すると電圧リレーの作動により母線切換開閉器は、主軸駆動発電機母線および補助発電機母線側に切り換わり、それぞれの発電機から給電される。

その際、補助発電機は主発電機母線の電圧低下により自動起動するようになっている。

主発電機母線の電圧が 95% に回復すると、ふたたび母線切換開閉器は主発電機側に切り換わる。

補助発電機 ACB は自動的にシャ断され、エンジンも自動的に停止する。

航海に必要な機器および自動遠隔操縦装置の制御電源などは、すべて補助発電機母線、主軸駆動発電機母線に接続されているので、補助発電機 ACB および主軸駆動発電機 ACB の操作スイッチを、常時“入”側に操作しておくことによって、主発電機母線の電圧喪失時にも、重要機器の給電の連続性は失われないようになっている。

## 2.3 配電盤

### 2.3.1 盤の構成

主配電盤の配列は、左から 100 V 給電盤 (1 面)、440 V 給電盤 (2 面)、陸上受電盤 (1 面)、主発電機盤 (3 面)、同期検定盤 (1 面)、パワースタ 盤 (2 面) から構成されている。

主発電機は、総括制御室に設置された発電機操縦装置から遠隔自動運転できるが、配電盤側でも手動操作できるように、計器一式を装備している。

発電機盤には励磁装置のすべてを収納し、ACB シャ断時の原因別表示灯を取り付け、“過電流”、“低電圧”、“逆電力”の表示を出すようになっている。

同期検定盤には、自動同期投入装置および自動負荷分担装置を組み込み、“遠隔一局所”、“単独一並行”の切換スイッチも盤内に取り付け、機側操作のときは本盤のみで、いっさいの操作ができるように各主発電機の ACB 操作スイッチおよびパナスイッチも一括して装備している。

パワースタ 盤は、主軸駆動発電機 ACB および励磁装置のうち電圧調整部分のみ取り付け、他は発電機上に取り付けスペースの減少をはかっている。

盤内には、母線切換開閉器 (ATS-B) および 625 kW パワース



図 2.3 発電機室の主配電盤  
Fig. 2.3 Main switchboard of generator room.

タ電動機制御盤用の断路器 (1,500A) を収納している。陸上受電盤の受電用ブレーカは ACB を使用し、三相電力計・積算電力計も取り付け、ACB のシャ断時の原因別表示灯も他の発電機盤同様に装備されている。

積算電力計は他の発電機盤にもそれぞれ装備し、各発電機ごとの電力を測定できるようになっている。

補助配電盤は、補助発電機盤・440 V 給電盤・100 V 給電盤の 3 面からなり、母線切換開閉器 (ATS-A) を収納し、発電機盤には主発電機盤と同様に ACB シャ断時の原因別表示灯、警報ベル、積算電力計も装備している。

### 2.3.2 発電機の運転操作

主発電機および補助発電機とも、駆動ディーゼルエンジンには自動起動装置があり、従来の船用配電盤に比べて種々特殊なインターロックが設けられている。その内容は次のとおりである。

主発電機は、配電盤および発電機操作盤の 2 箇所から操作できるようになっており、配電盤上に設けた切換スイッチ (COS) により下記のとおり切り換えられる。

ノッチ 1 (遠隔)……発電機操縦盤上でエンジンの起動停止、発電機の自動運転ができる。

ノッチ 2 (局所)……主配電盤上で主発電機 ACB の手動操作ができる。ただしエンジンの起動停止はできない。

上記切換スイッチ (COS) を局所位置に操作しているときは、ACB 操作スイッチ (CS1~3) の手動操作によって ACB は電磁投入できる。

陸上受電ブレーカとのインターロックは、すべて主発電機 ACB 優先となっているので、陸上受電中に主発電機 ACB を投入操作すれば、陸上受電の ACB が自動的にシャ断されてから主発電機 ACB は投入される。さらに局所位置操作の条件で切換スイッチ (COS1~3) により単独運転一並行運転の切り換えができる。

ノッチ 1 (単独)……3 台の主発電機のうち 1 台単独運転中は、残りの 2 台は投入操作ができないようにインターロックされている。

ノッチ 2 (並行)……上記インターロックは解除されるので、3 台の発電機の並行運転を行なうことができる。ただしこの場合自動同期回路は作動しないので、手動で同期検定器により並行運転を行なう。

発電機の遠隔操縦については 3 章発電機操縦装置に述べる。

### 2.3.3 給電の連続性

船舶電気回路の短絡電流は、交流発電機と誘導電動機が供給するものとして、図 2.4 に示す回路において、給電の連続性を最大限に維持しながら回路短絡保護を全うするには、たとえば、①点



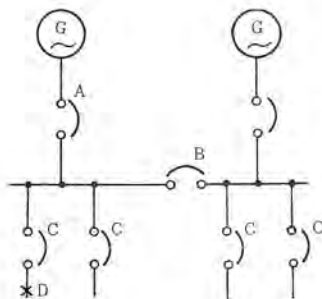


図 2.4 短絡保護単線回路図

Fig. 2.4 Short circuit protection single line diagram.

表 2.2 DB 形低圧気中シタ断器交流定格 (その 1)

形 名	定格電圧 (V)	定格シャ断電流(kA)		定格短時間電流(kA)			フレーム の大きさ (A)
	50/60/c/s	短絡発生後 1/2 サイクルにおける電流		短絡発生後 1/2 サイクルにおける非対称 (rms) 三 相 平 均 値			
		非対称 (rms) 三相平均値	対 称 値	0.1 秒短限時時帯	0.2 秒短限時時帯	0.4 秒短限時時帯	
DB- 25	600	25	22	25	25	25	600
	500	35	30	30	30	30	
	500	35	30	30	30	30	
	250	50	42	40	35	25	
DB- 50	600	50	42	50	50	50	1,600
	500	60	50	60	55	50	
	500	60	50	60	55	50	
	250	75	65	65	60	50	
DB- 75	600	75	65	75	75	75	3,000
	500	75	65	75	75	75	
	500	75	65	75	75	75	
	250	100	85	90	80	75	
DB-100	600	100	85	100	100	100	4,000
	500	100	85	100	100	100	
	500	100	85	100	100	100	
	250	150	130	130	115	100	

(注) 短時間引はずしの場合回路短絡電流は定格短時間電流を越えないこと。

表 2.2 DB 形低圧気中シタ断器交流定格 (その 2)

形 名	定格電圧 (V)	連続定格電流範囲 (A)			
		閉鎖箱内空気温度 55°C 以下の状態における			
		瞬 時	0.1 秒短時間電流	0.2 秒短時間電流	0.4 秒短時間電流
DB-25	600	40~600	175~600	200~600	250~600
	500	100~600			
	250	150~600			
DB-50	600	200~1,600	350~1,600	400~1,600	500~1,600
	500	400~1,600			
	250	600~1,600			
DB-75	600	2,000	2,000	2,000	2,000
	500	3,000	3,000	3,000	3,000
	250				
DB-100	600	4,000	4,000	4,000	4,000
	500				
	250				

(注) 直列コイル定格電流の標準値 (A) は

40, 50, 70, 90, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 500, 600, 800, 1,000, 1,200, 1,600, 2,000, 2,500, 3,000, 4,000.

に短絡が発生した場合に給電ブレーカ③のみシャ断し、発電機ブレーカ④およびバスターブレーカ⑤は開路しないことが必要である。そのために発電機ブレーカ④およびバスターブレーカ⑤には、給電ブレーカ③に装備された直列過電流引はずし装置の引はずし特性と協調した選択性限時引はずし特性を与えなければならない。この方式をとった場合には、給電ブレーカ③には、発電機および他の給電回路から流れる短絡電流をシャ断するに十分な、シャ断容量を持たさなければならない。

給電の連続性を維持するためには、協調のとれた限時シャ断を行わなければならないが、他の継電器を使用することなく、シャ断器自体に組み込まれた選択性直列過電流引はずし装置により行なうことが最も望ましい。DB 形低圧気中シタ断器に装備する引はずし装置は、精度の高い引はずし特性を容易に与えることができ、上記の協調を完全に全うすることができる。

表 2.2 に DB 形低圧気中シタ断器の定格表を図 2.5 に閉鎖 3

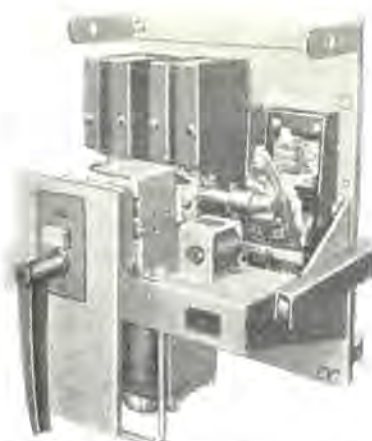


図 2.5 閉鎖 3 段引出形 DB-50 形気中シタ断器

Fig. 2.5 Three position draw-out type DB-50 low voltage power circuit breaker.

表 2.3 無負荷開閉耐久回数

形 名	フレームサイズ (A)	耐久回数	JEC 案
DB-25	600	35,000	10,000
DB-50	1,600	10,000	10,000
DB-75	3,000	5,000	5,000
DB-100	4,000	5,000	5,000

- (注) 1. 投入動作、開放動作各 1 回で、開閉耐久回数 1 回を構成する。  
2. 上記投入動作は、定格投入操作電圧のもとにおける正常投入の場合をいう。  
(a) 投入操作電圧が定格値の 110% の場合は、上記の値は半減する。  
(b) Trip Free Operation の場合は約 1/20 を保証する。  
3. ひん度は、10 分間に 20 回以内とする。

表 2.4 定格負荷開閉耐久回数

形 名	フレームサイズ (A)	耐久回数	JEC 案
DB-25	600	3,500	1,000
DB-50	1,600	1,000	1,100
DB-75	3,000	500	500
DB-100	4,000	500	500

- (注) 1. 定格電圧、定格電流以下で、力率 80% 以上の回路を投入ならびにシャ断する場合である。  
2. ひん度は 10 分間に 20 回以内とする。  
3. 後述の点検回数に接点の手入れを行なうのが望ましく、接点の手入れあるいは取り換えにより、表 2.3 の無負荷耐久回数まで使用できる。

表 2.5 突入電流閉・定格負荷開の耐久回数

形 名	フレームサイズ (A)	耐久回数
DB-25	600	2,500
DB-50	1,600	750

- (注) 1. 上記の値は、定格電圧以下で定格電流の 6 倍以下を投入し、定格電流以下 (力率 80% 以上) をシャ断する場合である。  
2. ひん度は、10 分間に 20 回以内とする。  
3. 後述の点検回数に接点の手入れを行なうのが望ましく、接点の手入れあるいは取り換えにより、表 2.3 の無負荷耐久回数まで使用できる。

段引出形 DB-50 気中シタ断器の外観を示す。

閉鎖 3 段引出形気中シタ断器は“接続”“試験”“断路”の三つの位置を持つ引出形のものであって、主回路を接続する一次接触子と、制御回路をつぐ二次接触子を備え、“接続”位置では一次、二次接触子とも完全に接続する。“試験”位置では、一次接触子は接続を断たれ、二次接触子のみが接続しているので、主回路を切り離れた状態で、シタ断器の投入シャ断のテストができる。

“断路”位置では一次、二次共に完全に接続を断たれている。したがって 3 段引出形を使用することによって、従来母線とシタ断器間にあった断路器を省略することができた。

配電盤に装備した場合、“断路”“試験”いずれの位置にあっても配電盤のトビラは完全に閉めることができる。

表 2.3~2.6 に、DB 形気中シタ断器の耐久回数および点検回数などを示す。



表 2.6 点検回数および期間

次の動作回数に達したならば、調整、手入れ、最小限の給油および各部の補付点検などを行なう。なお次の回数をこえなくとも、6カ月以内に点検手入れを行なうのが望ましい。

形 名	フレームサイズ (A)	点 検 回 数
DB-25	600	1,750
DB-50	1,600	500
DB-75	3,000	250
DB-100	4,000	250

表 2.7 FL ヒューズ と NFB の組み合わせ

N F シ ャ 断 器				
形 名	定格電流	シャ断容量	熱的限界 $\int i^2 dt$ 10 <sup>6</sup> (A <sup>2</sup> ・秒)	機械的限度 ピーク値
100FB	100A	600 V 15 kA	5.0	20 kA
225FD	225A	20 kA	4.9	35 kA
400F	400A	20 kA	4.2	35 kA
600F	600A	30 kA	11	35 kA
ヒ ュ ー ズ		協 調		
形 名	全シャ断 $\int i^2 dt$ 10 <sup>6</sup> (A <sup>2</sup> ・秒)	流通先頭値	クロスポイント	良 否
FLN-60×100	600 V 0.82	34 kA	2.6~4.2 kA	○
FLN-60×225	4.15	50 kA	7.5~8.5 kA	○
FLN-60×400	9.7	75 kA	12.5~16 kA	○
FLN-60×600	17.7	92.5 kA	17.5~19 kA	○

給電回路のノーヒューズブレーカについては、短絡電流の大きい回路には、従来シャ断容量をもったバックアップブレーカにカスケード接続を採用していた。この船では完全な選択シャ断を行なうために、FLN-60 限流ヒューズとノーヒューズブレーカとの組み合わせにより、短絡容量 100 kA までの回路には母線に直接接続したことにより、完全な給電の連続性を得ている。

表 2.7 に、FLN 限流ヒューズとノーヒューズブレーカとの組み合わせ協調特性を示す。

### 3. 発電機間操縦装置

#### 3.1 盤構成

この操縦盤には、700 kVA 3 台の主発電機間および発電機制御装置、計器を一括収納している。また 900 kVA 主軸駆動発電機および 70 kVA 補助発電機用計器も取り付けがあるので、その発電機の監視もできるようになっている。

盤面取付品として下記のものが整然と配列されている。

主発電機用……電力計、周波計

主母線用……電圧計

主軸発電機、補助発電機用 電流計、周波計  
(切換スイッチ付)

主発電機間積算回転計

操縦ハンドル

ガバスイッチ

自動負荷分担装置 呼出一リセットスイッチ

各種表示灯および事故原因表示灯一式

この盤での制御は、主配電盤の遠隔一局所の切換スイッチが遠隔の位置にあることによって、いっさいの制御を行なうことができ、非常の場合を除いて配電盤での操作の必要はない。

#### 3.2 操縦ハンドル

発電機間操縦ハンドルは (1) ノッチ停止、(2) ノッチ始動、(3) ノッチ ACB 投入、(4) ノッチ並切となっている。このコントロールスイッチの操作で、エンジン、発電機およびシャ断器のすべての一連の操

作が可能となっており、完全なワンタッチコントロールでプログラム制御を行なうことができる。各ノッチにおける動作は次のとおりである。

##### 3.2.1 停止ノッチ

始動条件の確認は可動機表示灯の点灯によって表示されるが、このランプの点灯は次の条件が満たされて点灯する。

- (1) 始動空気元弁 (開)
- (2) 操作空気元弁 (開)
- (3) ターニングギヤ (脱)
- (4) 主発電機 ACB (断)

##### 3.2.2 始動ノッチ

機関始動は操縦ハンドルを始動ノッチに回すことによって、始動用 LO ポンプの起動など必要な動作が自動的に行われ、エンジンは回転を始める。エンジン回転数が規定値以上になると、主発電機運転表示灯はフリッカ状態から連続点灯となり、始動操作は完了する。

操縦ハンドルを“始動”ノッチに操作後、約 50 秒たってもエンジンが規定回転数に達しないときは、始動不能表示灯が点灯し警報ベルの吹鳴と同時にボイスアラームも出る。

##### 3.2.3 ACB 投入ノッチ

操縦ハンドルを投入ノッチに操作することにより次のシーケンスに従い ACB は投入される。

(1) 陸上受電ブレーカが投入されていれば、まず陸電ブレーカが自動的にシャ断される。

(2) 発電機電圧確立により ACB は投入可能であるが、運転条件により下記ようになる。

(a) 単独運転で母線に他の発電機から給電されていないときは、ACB はただちに投入される。

(b) 母線に他の発電機から給電されているときは、並行運転となるから、まず自動同期投入装置のセン(揃)速装置が作動し、この信号によりエンジンガバを制御し、母線の電圧に発電機周波数に合わせる。両機の周波数が規定値 ( $\pm 0.3$  c/s) 以内にセン速されたら同期投入装置が作動し、位相差ゼロの点で ACB 投入信号を出す。この信号により ACB は同期投入される。同期投入後自動負荷分担装置が作動し、並列機間の発電機負荷を自動的に均等になるようにエンジンガバを操作するが、この操作により、母線の周波数も規定値 (60 c/s) になるように自動的に調整される。この装置は同期投入後 3 分間作動し、以後は回路から切り離される。

(c) 手動のガバスイッチも設けてあるので、必要なときには手動で負荷の調整をすることもできる。

(d) 並列運転中に各発電機の負荷がアンバランスしたときはいつでも自動負荷分担呼出スイッチを操作することにより、負荷分担回路を呼び出すことができる。このときも並列運転機間の発電機相互の電力を均等に分担するとともに、周波数も同時に 60 c/s  $\pm 0.6$  c/s 以内に合わせる。

(e) 単独運転時に自動負荷分担呼出スイッチを操作したときにもこの装置は動作し、発電機周波数を 60 c/s  $\pm 0.6$  c/s 以内に合わせることができる。ただし、このときは周波数は (d) 項に比較して若干高い点でバランスする。

##### 3.2.4 並切ノッチ

並行運転中のハンドルを並切ノッチに操作したときは、発電機エンジンは運転を続けるが、操作した発電機は、自己の分担していた負荷を他の運転中の発電機に移行させ、自己の分担電力がおおよ



表 3.1 発電機縦操縦ハンドル

位置	始動	ACB投入	主切	停止	動作
←	→	→	→	→	エンジン始動—発電機ACB投入
←	→	→	→	→	発電機ACB投入—ACB投入
←	→	→	→	→	単機運転—エンジン始動—発電機ACB投入—エンジン始動—エンジン始動—エンジン始動—自動停止—自動停止—ACB投入—自動負荷分担
←	→	→	→	→	呼出し—手動操作により自動負荷分担動作
←	→	→	→	→	並行運転中の発電機負荷を他機に移した時ACB遮断—エンジン運転継続
←	→	→	→	→	エンジン停止
←	→	→	→	→	発電機ACBのみ遮断—エンジンは運転継続
←	→	→	→	→	発電機ACB遮断—エンジン停止
←	→	→	→	→	発電機ACBのみ遮断—エンジンは運転継続

そゼロになった時点で、ACBはシャ断される。ACBはシャ断後は残りの発電機間で、ふたたび自動負荷分担動作が行なわれるようになっている。この動作はタイマの動作時間の30秒だけ作動する。

操縦ハンドルの操作を要約すると表3.1となる。

図3.1に発電機縦運転系統図を示す。

#### 4. 主機および流体継手操縦装置

主機関の構成は、図4.1のごとく両ゲン(舷)2個のラローバ軸に、それぞれ4基のエンジン(1,600PSディーゼルエンジン)を流体継手および減速装置で結合して一軸系となし、三菱—KAMEWAの可変ピッチラローバを駆動するマルチプルエンジン方式である。

また右ゲン軸系には、増速装置を介してパウススタ用発電機を駆動している。

##### 4.1 盤構成

この装置は、発電機縦操縦装置とともに、第1主機室上部にある総括制御室に装備されている。盤面取付品は次のとおりである。

CPP 翼角指示計	2
航海指示計	1
速力指示計	1
タ角指示計	1
主軸積算回転計	2
航程積算計	1
主軸トルク計	2
主軸回転計	2

主機負荷指示計	8
主機回転計	8
主機積算回転計	8
押しボタン式エンジンレグラフ	1
スタンバイポンプ発停押しボタン	2
ガバナ回転数設定スイッチ	2
ガバナ自動・手動切換スイッチ	2
ガバナ調整スイッチ	8
機関操縦ハンドル	8
各種表示灯・事故原因表示灯	一式

##### 4.2 操縦ハンドル

主機関操縦ハンドルは、(1)ノッチ停止、(2)ノッチ空気始動、(3)ノッチ運転、(4)ノッチ継手始動からなるロータリタイプのコントロールスイッチで、このスイッチのハンドルを操作することによって、あらかじめ組まれたプログラムに従って主機関の発停、流体継手の“嵌”“脱”などが自動的に行なえる。まず“空気始動”により最初の機関を起動した後、“運転”ノッチに進めることによって流体継手を“嵌”として主軸を回転させ、次の2台目からは、その機関の操縦ハンドルを“継手始動”に操作することによって流体継手が“嵌”となり、始動空気を使用しないで継手のほうから動機を始動させることができる。

“運転”ノッチにあるハンドルを、“空気始動”または“継手始動”に戻すと、流体継手“脱”となり、さらに“停止”まで操作すると機関停止となる。

図4.3に主機関操縦装置のブロックダイアグラムを示す。

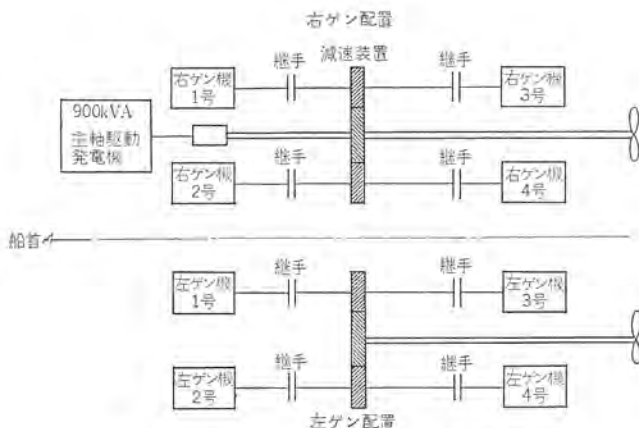


図 4.1 主機および流体継手操縦装置概要

Fig. 4.1 Main machine and fluid coupling control device.

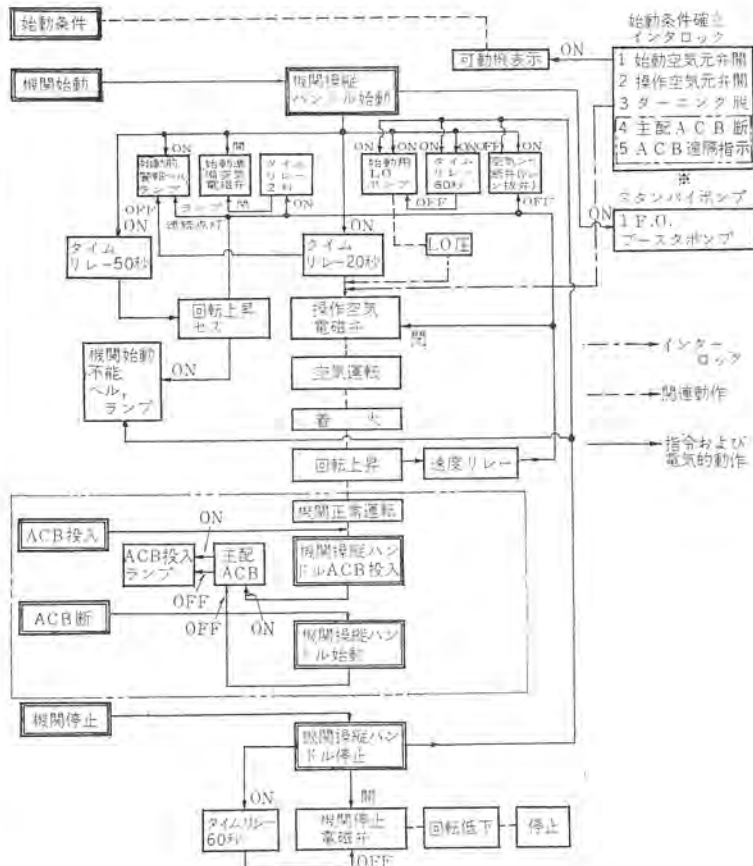


図 3.1 発電機縦運転系統図

Fig. 3.1 Generating engine operation system diagram.



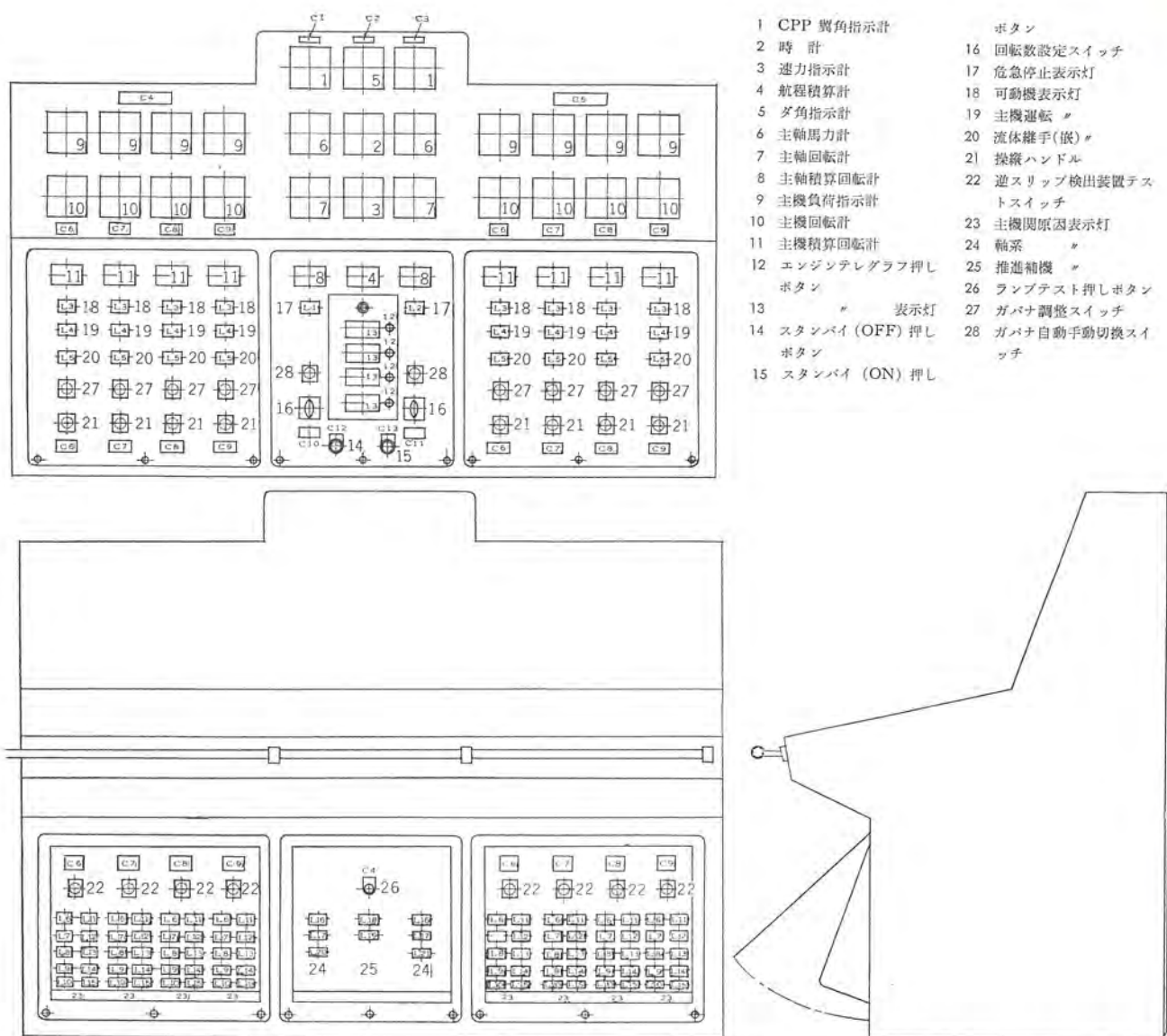


図 4.2 主機および流体継手制御装置外形図 Fig. 4.2 Outline dimensions of main machine and fluid coupling control device.

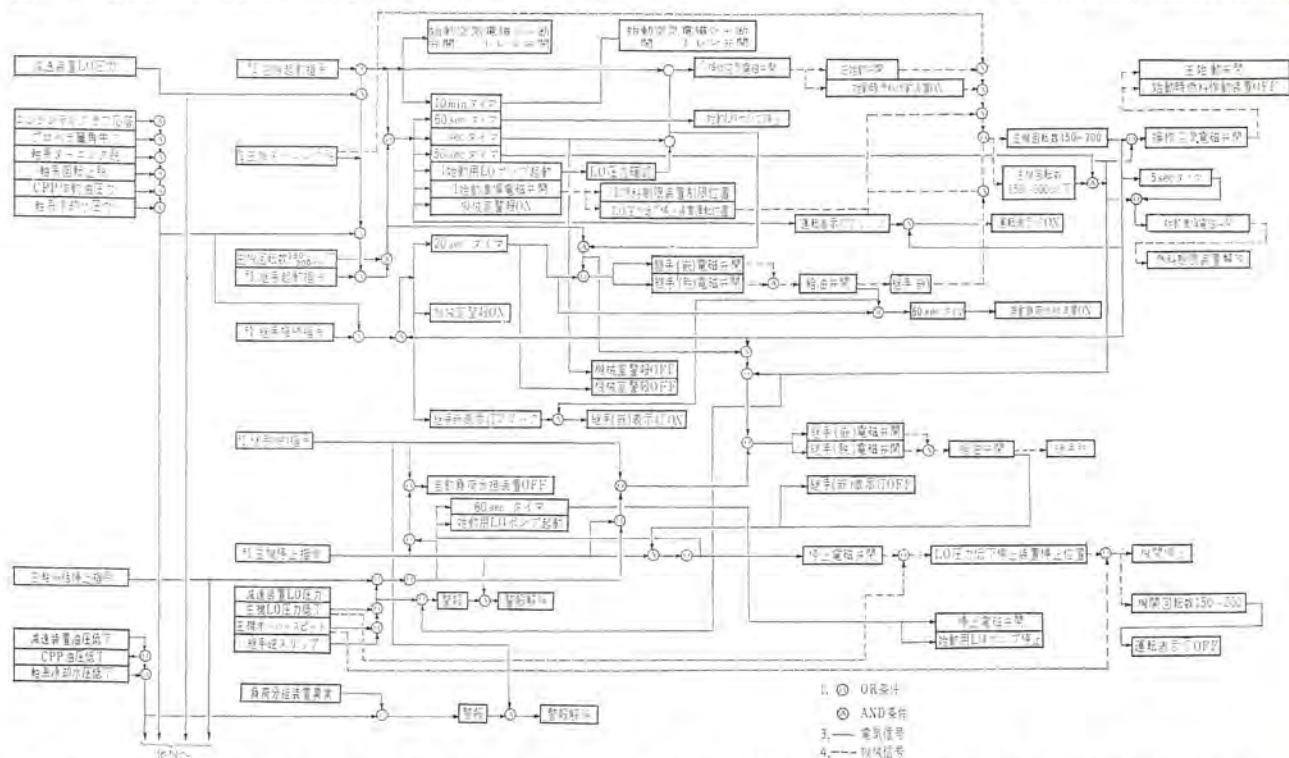


図 4.3 主機および継手操縦系統図 (1 台について示す)

Fig. 4.3 Main machine and coupling control system diagram.



## 5. 三菱 XET-B 形自動同期装置

### 5.1 概要

交流発電機を系統と並列運転するには、まず発電機の発生電圧と、母線側電圧の周波数、位相および電圧の大きさが一致する瞬間に兩回路を並列接続すれば、円滑並列運転を行なうことができる。当社ではすでに電子管式 XE-B 形自動セン速装置、ならびに XT-B 形自動同期投入装置を多数製作し、広くその実績が認められているが新しい XET-B 形自動同期装置はトランジスタによる無接点リレーを大幅に採用し、とくに耐震性、耐衝撃性の向上を計り、周囲温度変化によるドリフトも考慮して、シリコントランジスタを用い、さらにサーミスタにより温度補償を行なっている。

大容量火力発電機、陸上用はん用ディーゼル発電機用としてはもちろんのこと、環境条件のきびしい船用発電機に最適である。

### 5.2 構成

XET-B 形自動同期装置は、まず発電機の周波数が線路側の周波数と合致するように、原動機を速度を制御するガバネータに、正逆転の指令を与える自動セン速装置と、次に電圧の大きさおよび位相が線路側のそれらと一致する瞬間に、兩回路が接続される



図 5.1 XET-B 形自動同期装置  
Fig. 5.1 Type XET-B automatic synchronizer.

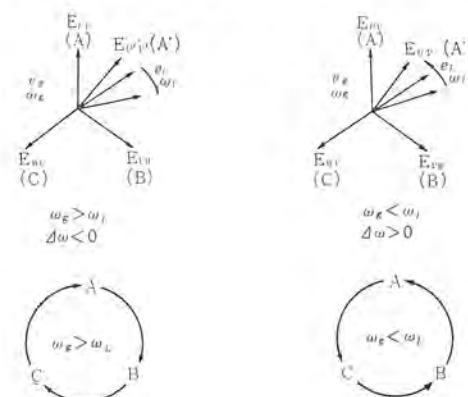


図 5.2 発電機電圧  $e_g$  と線路側電圧  $e_L$  との関係  
Fig. 5.2 Correlation between generator voltage  $e_g$  and line side voltage  $e_L$ .

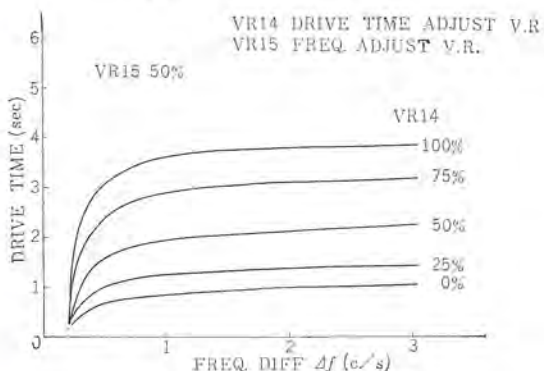


図 5.4 自動セン速装置の特性曲線  
Fig. 5.4 Auto speed matcher-drive time characteristic.

ように同期閉合指令を与える自動同期投入装置、および電源装置から構成されている。

### 5.3 自動セン速装置

発電機側と線路側の兩回路電圧のウナリ電圧を発生させることにより、発電機と線路側の周波数の速度を検出している。

今、発電機 UV 相間電圧 ( $e_g$ ) と、線路側の U'V' 相間電圧 ( $e_L$ ) との差の電圧をとり  $e$  とする。

二つの交流起電力の時間変化を

$$e_g = E_g \cdot \sin \omega_g \cdot t$$

$$e_L = E_L \cdot \sin (\omega_L \cdot t - \theta)$$

とすると

$$e = e_g - e_L$$

$$= E_g \cdot \sin \omega_g \cdot t + E_L (\sin \omega_L \cdot t - \theta)$$

$$= E \cdot \sin (\omega_g \cdot t + \alpha)$$

$$\text{ただし } E = \sqrt{E_g^2 + E_L^2 - 2E_g \cdot E_L \cdot \cos (\Delta \omega \cdot t + \theta)}$$

$$\tan \alpha = \frac{E_L \cdot \sin (\Delta \omega \cdot t + \theta)}{E_g - E_L \cdot \cos (\Delta \omega \cdot t + \theta)}$$

$$\Delta \omega = \omega_g - \omega_L$$

となり振幅  $E$  は時間の経過につれて ( $E_1 + E_2$ ) および ( $E_1 - E_2$ ) の間で変化する。

次に発電機側は UV, UW, WU の各相間電圧と、線路側の U'V' 相間電圧とでウナリ電圧を発生させると、図 5.2 でわかるように、ウナリ電圧 (差の電圧) の振幅の最大または最小となる順

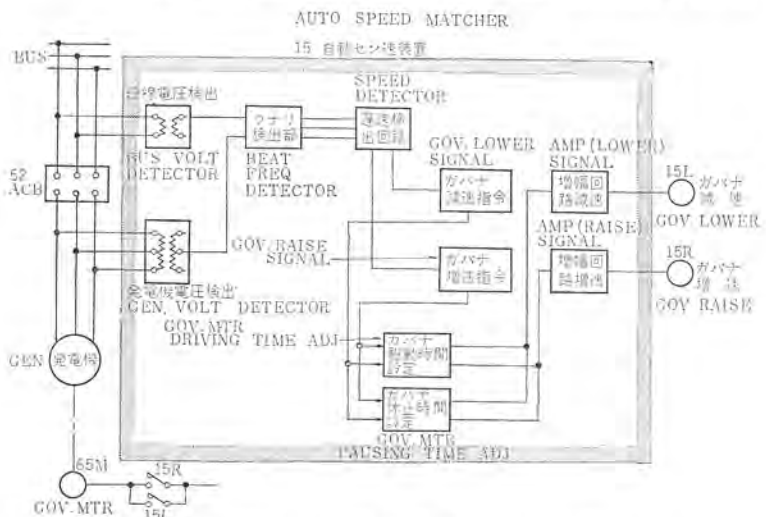


図 5.3 自動セン速装置のブロック線図  
Fig. 5.3 Block diagram of automatic speed matcher.

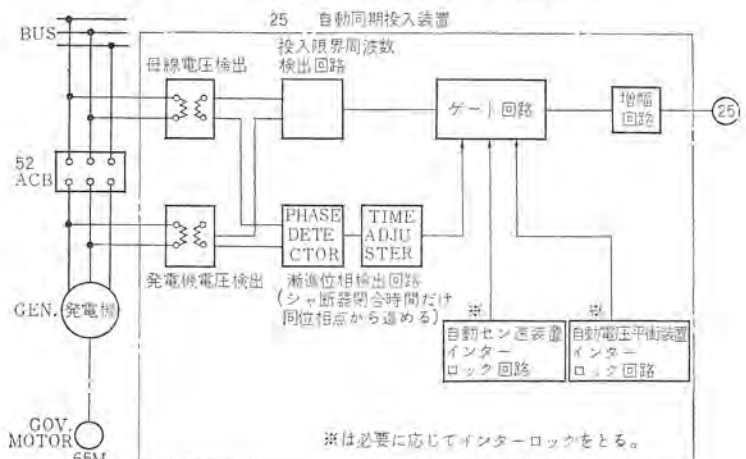


図 5.5 自動同期投入装置のブロック線図  
Fig. 5.5 Block diagram of automatic synchronizer.



序は、発電機周波数 ( $\omega_g$ ) が線路側周波数 ( $\omega_L$ ) より大きいときは A→B→C の順序になり、逆に発電機周波数 ( $\omega_g$ ) が線路側周波数 ( $\omega_L$ ) より小さいときは、A→C→B の順序になる。

したがってこの変化の順序を選択して、いずれの周波数が大きいかを遅速検出回路で検出して、ガバナ 減速指令またはガバナ 増速指令を出している。この場合周波数差が大きいときは、ガバナの駆動時間を長くし、周波数差が小さくなればガバナの駆動時間を短かくするようにして、ハッチング防止している。

この駆動時間は、原動機 ガバナ 特性に応じて設定することができる。また休止時間もその特性に合わせて設定できる。

図 5.3 に自動セツ速装置のブロック線図を示す。図 5.4 にその特性曲線を示す。

セツ速性能は次のとおり

- (1) 周波数差検出精度  $\pm 4.0 \sim \pm 0.125$  c/s
- (2) セツ速精度  $\pm 0.125$  c/s 以内
- (3) ガバナ 駆動時間の設定範囲 ( $\Delta f = \pm 2$  c/s のとき)  
3.8~1 秒 可調整
- (4) ガバナ 最小停止時間の設定範囲  
0.1~3 秒 可調整

#### 5.4 自動同期投入装置

周波数差、電圧差ともに許容値以内となったとき、位相が一致した瞬間にシヤ断器を投入すればよいが、シヤ断器の閉合時間は、1.0~0.4 秒程度であるから、まったく同相時にシヤ断器を付勢しても、シヤ断器閉合時間に相当する相差角を有することになる。

いまシヤ断器閉合時間を  $T$ 、周波数差  $\Delta f$  とすれば投入時間

中に生ずる相差角  $\theta$  は

$$\theta = 360^\circ \Delta f \cdot T = \Delta \omega \cdot T$$

したがってシヤ断器を付勢するには、この閉合時間を見こして同期位置より  $\theta$  だけ進んだ相差角をもたせる必要がある。

自動同期装置の具備条件としては次のとおりである。

(1) 同期化用シヤ断器の閉合時間  $T$  に相当する位相差角時において動作し、しかもこの進位相角量を周波数差  $\Delta f$  に比例させること。

(2) シヤ断器閉合時間が予定の時間より大きくなったときには、同相時より遅れた位相で閉合される恐れがあるので、このときにはシヤ断器が閉合されないように同相時より遅れた位相ではインターロックさせること。

(3) 両回路の瞬時周波数差が並列接続に支障のない範囲でのみ動作すること。

(4) 両回路の電圧差が大きいときには同期化を阻止すること。

図 5.5 において、位相検出は線路側電圧と発電機電圧との合成電圧 (ウナリ電圧) の振幅が変化することを利用して、振幅が最小となったところが移相  $0^\circ$ 、振幅が最大となったところが  $180^\circ$  の位相差を有することになる。

両電圧の周波数差がシヤ断器の投入可能な範囲になると、投入限界周波数検出回路から信号 (A) が出る。

またシヤ断器の閉合時間だけ同位相点より進んだ点で、漸進位相検出回路が信号 (B) を出す。信号 (A) と信号 (B) が一致したときシヤ断器投入信号が出る。

投入限界周波数は Frequency Adjustor で、シヤ断器の閉合時間に相当する漸進位相角は、Time Adjustor で、それぞれシヤ断器の特性に適合するように調整することができる。その特性曲線は図 5.6 のとおりである。700 kVA 発電機を自動同期閉合したときのオシログラムを図 5.7 に示す。

#### 5.5 強制並列投入装置との比較

自動同期投入の方法としては、ここに述べた方法とは別に、強制同期投入を行なう方法がある。これは発電機の電圧・周波数条件さえ、ほぼ規定値内にあるときには並列機間の位相を合わせることなく、限流リアクトルを介して直接同期投入させる方式で、5~10 秒程度で同期投入できる利点がある。

この方式では位相差に関係なく同期化することができるので、負荷変動の大きい船内発電機用として適しており、当社でもすで

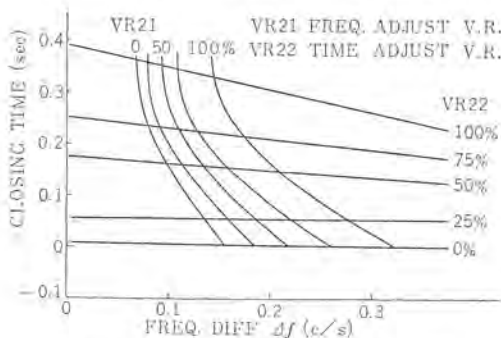


図 5.6 自動同期投入装置の特性曲線  
Fig. 5.6 Auto synchronizer-breaker working range-freq diff characteristic and closing time-freq diff characteristic.

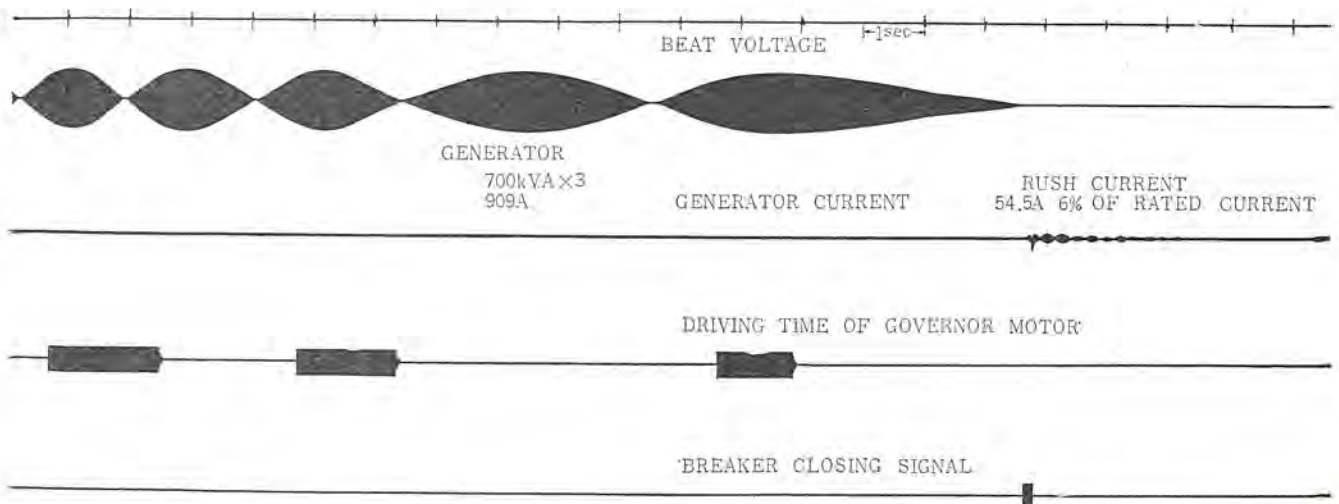


図 5.7 自動同期装置による自動並列閉合の試験結果

Fig. 5.7 Oscillogram of automatic synchronizing.



に5船分程度納入実績があるが、発電機周波数差が大きいときには同期投入ができない。さらにエンジン、発電機の定数いかによっては、安定な同期投入ができないことがある。また逆相投入時には、限流リアクトルの選定にもよるが、大略150~200%の突入電流が流れることになり、発電機に加わる衝撃が大きくなる欠点がある。

ここに述べた自動同期装置では完全に並列機間で周波数セツ速を行ない、位相差ゼロ点で投入できるので同期投入時の突入電流は5~7%以下で、完全ゼロにすることができる利点がある。

さらに同期投入装置は発電機群に対して1組でよく、強制同期投入装置のような大きな限流リアクトル、コンタクタなどが省略でき、配電盤のスペースが大幅に減少できるとともにコストも安価となる。

XET-B形自動同期装置は、タービン駆動発電機とディーゼル駆動発電機間の並列運転、および主発電機と非常用発電機間の並列運転2重母線間の並列運転、陸電との並列運転などにも利用している。

当社では、すでにこの装置を船用だけでも50数台の製作納入実績があり、いずれも好調に動作している。

## 6. 三菱 XPF 形自動負荷分担装置

### 6.1 概要

自動同期装置に自動負荷分担装置を追加することにより、交流発電機の並列運転操作については完全な自動化を計ることができる。まず最初に、交流発電機駆動用原動機を起動して同期投入スイッチ操作により自動同期回路が動作し、発電機周波数を自動セツ速装置により駆動原動機ガバナに増減速指令を与え、線路側の周波数にほぼ一致させる。次に自動同期投入装置により、両発電機の電圧の大きさ、位相の一致する瞬間に同期閉合を行ない、自動的に並列運転を行なわせることができる。

次に並列投入したままの状態では、被並列機のガバナは無負荷状態にセツされたままになっているので、このままでは負荷を分担することができない。

自動負荷分担装置は、複数発電機の並列運転時に各発電機の定格出力に比例（同容量機または異容量機いずれでもよい）させて、出力負荷を分担させるもので、各発電機の有効出力(kW)を検出し、船内負荷を各発電機定格に応じて分担させるように、駆動原動機ガバナを制御する。ガバナの増減速動作を行なうときには、必

ず電源周波数が規定範囲内にあるように、常に監視しながらkW負荷の分担を行なわせる必要がある。このために周波数検出も行なっている。

これら制御部分には、シリコン制御素子およびシリコントランジスタリレーなどの静止無接点リレーで構成しており、とくに高温（周囲温度60℃）まで耐えるよう、また高湿度、振動衝撃などにも安定な動作が得られるようにしている。

XPF形自動負荷分担装置の性能は次のとおりである。

動力(kW) 分担性能……………最大発電機定格の10%以下  
周波数検出性能……………定格周波数の±1%

### 6.2 運転操作

一般には、自動同期投入装置とシーケンスインターロックをとっており、並列投入押しボタン操作により自動同期投入装置が動作し、並列投入完了後引き続いて自動負荷分担装置が自動的に動作するようにしているのので、操作としては、同期投入押しボタン操作のみで以下の制御を行なうことができる。

たとえば#2 GENに#2 GENを並列投入した場合は、図6.2のごとく#2 GENは無負荷運転であり、したがって#2 GENのガバナを増速方向に制御し、負荷分担を行なうことができる。

このとき#2 GENのガバナのみ制御したのでは、電力分担が行なわれた点では系の周波数はB点となる。したがって#2 GENの負荷分担量に応じて、#1 GENガバナを減速方向に制御し、負荷分担後の周波数は常にA点（定格周波数）になるようにしなければならない。

動作としては、並列運転中は常時一定周波数制御を行なっており、電力不平衡分があるときにはこの偏差量に応じて電力比較回路が動作するようにしている。

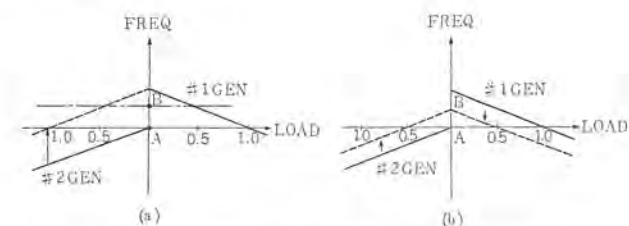


図 6.2 2 台の発電機 kW 負荷分担説明図  
Fig. 6.2 Instruction diagram of controlling power and frequency between two generators.



図 6.1 XPF 形自動負荷分担装置  
Fig. 6.1 Type XPF automatic power and frequency controller.

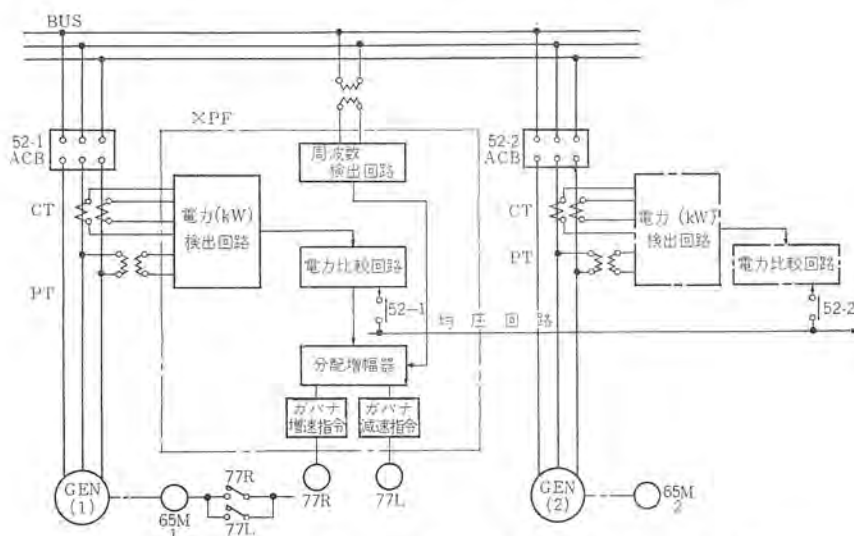
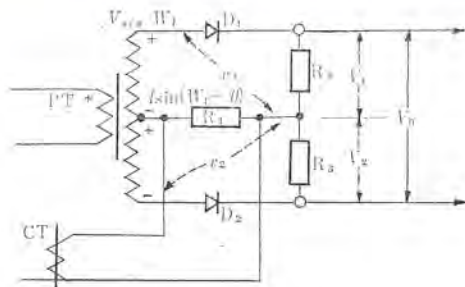


図 6.3 XPF 形自動負荷分担装置のブロック線図  
Fig. 6.3 Block diagram of type XPF automatic power and frequency controller.





$$v_1 = \sqrt{V^2 + I^2 + 2VI \cos \theta} \sin(\omega t - \phi_1)$$

$$v_2 = \sqrt{V^2 + I^2 - 2VI \cos \theta} \sin(\omega t - \phi_2)$$

$D_1 D_2$  で整流して平均値をとると

$$V_0 = V_1 - V_2 = (V^2 + I^2 + 2VI \cos \theta) - (V^2 + I^2 - 2VI \cos \theta) = 4VI \cos \theta$$

図 6.4 (a) 電力検出原理  
Fig. 6.4 (a) Principle of active power detector.

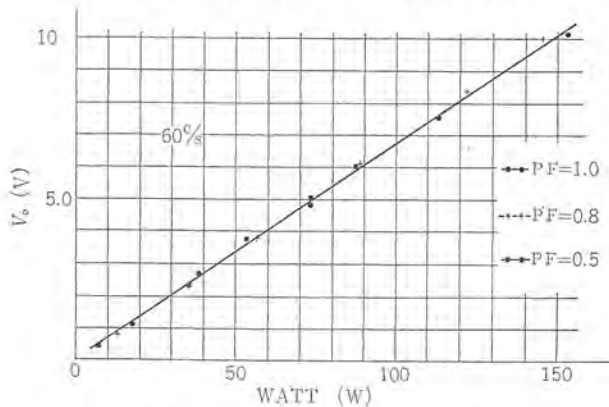


図 6.4 (b) 電力検出特性  
Fig. 6.4 (b) Characteristics of active power detector.

### 6.3 回路説明

#### 6.3.1 有効負荷検出装置

有効負荷の検出は、いま単相電力検出回路について説明すると、図 6.4 に示すとおり PT 回路の電圧と CT 回路の電圧の和  $v_1$  および差  $v_2$  を整流器で二乗検波することにより、出力電圧  $V_0 = 4VI \cos \theta$  となる。すなわち電力 (kW) を検出することができる。三相回路のときは、2 個を用いて 2 電力法で電力を計測する。

#### 6.3.2 周波数検出回路

図 6.5 (a) は、周波数検出回路を示したもので、発電機出力電圧は降圧トランスを経てパルストランスに加え周波数変化に比例した出力電圧を得ている。この出力電圧を整流して基準電圧と比較し、規準周波数との偏差量に応じた出力電圧を得ている。

周波数検出回路はパルストランスを用いている。

図 6.5 (b) に出力波形を示す。パルストランスの二次瞬時値  $e_2$  とすれば

$$e_2 = n_2 \frac{d\phi}{dt} = n_2 \frac{d\phi}{d\theta} \cdot \omega \quad (\text{V})$$

$$n_2 = \text{二次巻線数}$$

$$\theta = \omega t$$

$$\omega = 2\pi f$$

となり、図 6.5 (b) のごときヒズミ波となる。 $\theta$  は飽和角で電源電圧が大きいと小さくなり、小さいと大きくなる。

この二次出力電圧の半サイクルごとの平均値  $E_{av2}$  を求めると

$$E_{av2} = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi e_2 d\theta = \frac{1}{\pi} n_2 \omega \phi_0$$

$$= 2f n_2 \phi_0$$

$$= 4f n_2 B_m A \quad (\text{V})$$

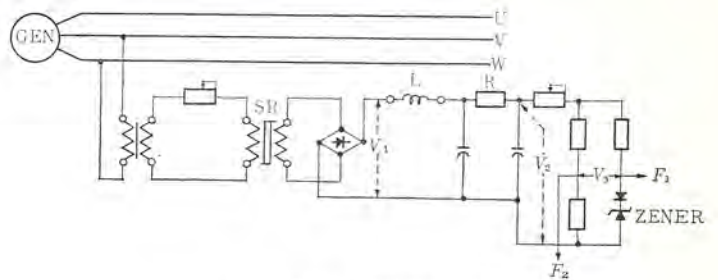


図 6.5 (a) 周波数検出回路  
Fig. 6.5 (a) Frequency detector.

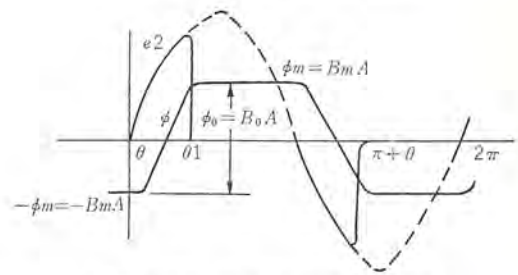


図 6.5 (b) パルストランスの出力波形  
Fig. 6.5 (b) Output wave-form of pulse transformer.

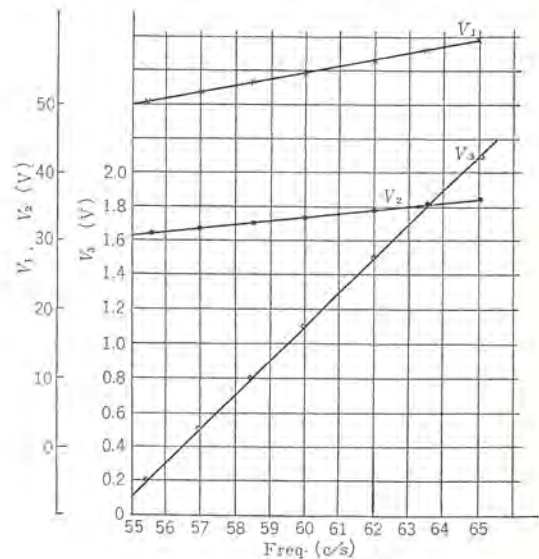


図 6.5 (c) 特性曲線  
Fig. 6.5 (c) Characteristic curve.

$$\phi_0 = B_m A = 2B_m A \quad (\text{Wb})$$

$$B_m = \text{飽和磁束密度 (Wb/m}^2\text{)}$$

$$A = \text{鉄心断面積 (m}^2\text{)}$$

すなわち電源電圧が鉄心を飽和させるに十分な値の範囲では、次出力電圧の半サイクルごとの平均値  $E_{av2}$  は電源周波数に比例し、電圧の大きさには無関係となる。

#### 6.3.3 ガバナ制御回路

ガバナ制御回路は、発電機出力 kW に比例した検出量と周波数偏差検出量を増幅して、規定値からの偏差に応じて原動機ガバナの増減速を行なわせている。さらに安定回路、時間遅れ回路を付加して、安定な動作が得られるようになっている。

#### 6.3.4 負荷分担回路

図 6.3 に総合接続を示す。

(a) 周波数は母線周波数を検出し、電力は各発電機に検出装置を設けている。1 号発電機と 2 号発電機を並列投入したときには、シヤ断器 (52) 閉路により両発電機出力電力に相当する出力電



圧が電力検出回路に誘起され、この検出回路は均圧線を介して比較回路へ接続される。したがって電力量の差に比例した横流が均圧回路に誘起され、この電圧が分配増幅器の入力として印加される。各発電機  $G$  は、この横流量に応じて増減速動作を行ない、横流がなくなるまでこの動作を行なう。横流信号（電力信号）と同時に母線周波数に応じた入力信号が各発電機の分配増幅器の入力信号として印加され、電力分担が完了した点では各発電機はこの周波数信号のみとなり、母線周波数が規定値（60 c/s または 50 c/s）になるように  $G$  は制御される。

2 台、3 台並列運転の場合も、動作としては上記と同じになる。

(b) 次に 1 号機を母線から切り離したいときには、1 号機並列切換スイッチを操作することにより 2 号、3 号機の電力検出回路は開路し、1 号発電機の出力電力に相当した横流が流れる。この信号により 1 号発電機の出力電力は、すべて 2 号、3 号機に移行され、1 号発電機出力電力もゼロになって、横流信号がなくなる。したがって 1 号発電機の電力は、すべて他の運転機すなわち 2、3 号機に移行し並列切換動作が完了となる。

#### 6.4 XPF 形自動負荷分担装置

一般の使用としては同期投入後数分間動作させ、負荷分担完了後は切り離すようにしている。このときには、船内発電機負荷間に不平衡が生じたときにいつでも呼出し動作が行なえるようにしている。

しかし並列運転発電機台数が多い場合、または周波数、電力監視を常時行なう必要があるときには、この装置を連続運転するこ

とも可能である。

また船内電源負荷の変化に応じて、適当な並列発電機稼働台数を選択するなどいろいろと応用できる。

## 7. む す び

新しく計画された青函連絡船には、種々な点で高度の自動化が採用されている。当社では発電機、配電盤、主機関操縦装置、パウラスタ電動機、制御盤および水密スベリ戸装置などを納入した。

これらはいずれも船用として必要な耐振、耐衝撃、耐湿、耐食性などあらゆる過酷な条件に耐えうるとともに、さらに旅客船であることから、安全性についても十分な考慮が払われている。

自動化の採用と機器の信頼度の向上は密接な関係があり、無接点リレーの採用など部品の性能向上には今後さらに検討の余地がある。

終わりにこの電機品製作にあたり種々ご指導をいただいた日本国有鉄道柴田課長補佐ならびに三菱電工関係者の方々に、深謝の意を表する次第である。

## 参 考 文 献

- (1) 天然社：「船舶」37 (1964)
- (2) 勝田・竹内：DB 形低圧気中  $\text{Si}$  断器「三菱電機技報」38 No. 4 (昭 39)



# タービタンカ船の中央制御方式

元木知春\*・岩永俊之\*・桂木義夫\*

## Central Control System of Turbine Tankers

Nagasaki Works

Tomoharu MOTOKI・Yoshiyuki IWANAGA・Yoshio KATSURAGI

Remarkable is the recent advancement in the automatic control and rationalization of marine plants. It is not exaggeration to say that this progress puts our merchant ships in a leading position of the world. The trend of automatization in the attempt of the cutting down labor charges originated from the shortage of crew in shipping circles has developed into the rationalization of plant, improvement of reliability and economy and further reinforcement of international competition. In the past because of relative easiness of simplifying the operation of the main propulsion machine, diesel ships have made gone ahead in the automatic and remote control. Turbine ships, however, are a little behind in this respect because of complicated operation. However automatic control tankers (one 91,000 DWT and the other 67,300 DWT) introduced herein are one of model cases carrying new turbine plants.

### 1. ま え が き

船舶の自動化および合理化は近年とくにその進歩が著しく、船体、主機および補機関、操船、通信、荷役、保安など各部門にわたっており、すでに商船における船舶自動化は、世界の主導的地位を占めているといっても過言ではない。

海運界の乗組員の不足に端を発し、人件費の削減を計った自動化の傾向は、プラントの合理化、信頼性の向上さらには国際競争力の強化へと発展している。

このような情勢のもとで、三菱重工長崎造船所において建造された東京 タンカー 社根岸丸 (91,000 DWT) のタービリモートコントロール装置、および MOSVOLD BULK TRANSPORT CO. (ノルウェー) 納め S.S. MOSKING, S.S. MOSQUEEN (67,300 DWT) の機関部の自動化および中央集中制御は、新しく計画されたタービンプラントをとう載していることで注目されている。

本船にとう載されたリモートコントロール装置および電機品の概要について述べる。

### 2. 主要機器要目

MOSVOLD BULK TRANSPORT CO. 納め S.S. MOSKING, S.S. MOSQUEEN (67,300 DWT) の主機要目は次のとおりである。

#### (a) MAIN TURBINE

All impulse two cylinder cross compound marine steam turbine with double reduction gear. 1 基

最大出力 20,000 PS×105 rpm

常用出力 18,000 PS×101 rpm

蒸気圧力 40.4 kg/cm<sup>2</sup>・g

蒸気温度 477°C

#### (b) MAIN BOILER

Two drum bent tube forced draft water tube boiler. 2 基

蒸気圧力 42.2 kg/cm<sup>2</sup>・g

蒸気温度 482°C

最大蒸発量 48 t/h

定格発量 32 t/h

#### (c) GENERATOR TURBINE

Multi stage impulse turbine with single reduction gear.

2 基

定格出力 750 kW

回転数 1,800 rpm

蒸気圧力 40.4 kg/cm<sup>2</sup>・g

蒸気温度 477°C

復水器真空 710 mmHg

### 3. 機関部自動化計画概要

ここに紹介する自動化船は三菱重工長崎造船所で建造された、MOSVOLD BULK TRANSPORT CO. (ノルウェー) の“MOSKING”および“MOSQUEEN”(各 67,300 DWT) で、機関部の自動化および集中制御の今後のモデルケースの一つとして計画されたタービンプラントをとう載していることで注目されている。

従来ディーゼル主機の船舶については、主機の運用が比較的単一化されやすいので自動化、遠隔制御化が進んでいたが、それに比べ、補機系統および主機の構成が複雑なタービンプラントはその運用が多様であるため、ディーゼルプラントより一般に合理化や自動化が遅れていたものである。とくに主機運転時には主機だけでなくプラント全体を十分に監視する必要があり、中央集中制御方式が望まれる。

この船の自動化および遠隔制御化の基本的な計画は、機関部乗組員の労力低減および機器の最も経済的な運転を目的としていることはもちろん、機関室の1区画に完全に囲われて空気調整されたコントロール・ルームが設けられ、そこでは主タービンをはじめ、ボイラ、主発電機、補助発電機および主要補機の遠隔制御・集中管理のため圧力、温度、レベルなどの表示、計測が行なわれている。防音および断熱を考慮し、また冷房装置を備えたコントロール・ルームは機関室の3rd Deckにおかれ、そこからはガラス窓を通して機関室の様子がよくわかるようになっている。室外との連絡を密にするために室内には自動電話をはじめ、Paging system, Interphone





図 3.1 S.S. MOSKING の中央制御室に設けられた  
コントロールコンソール  
Fig. 3.1 Control console installed in the central  
control room of S.S. MOSKING.

などの通信装置が完備されている。また当直員呼出し専用の信号装置もある。

室内の換気は Semi-forced ventilating system で機関室の Ventilating air supply duct から分岐させて導き、1 時間に 3 回の割合で行なわれるようにしてあり、Unit cooler が故障の場合はその割合を 1 時間に 10 回とすることができ、制御室温度は機関室温度に対して約  $10^{\circ}\text{C}$  減程度になっており、最高で  $35^{\circ}\text{C}$  以内に保たれている。

#### 4. タービンバルブリモートコントロール装置

この装置は主機タービン操縦弁を遠隔操縦するもので、ブリッジコントロールスタンドまたは機関室のコントロールコンソール盤に装備された操縦ダイヤル操作により、船の前進、後進および速度制御を行なうことができる。

とくに出入港時におけるひんばんな操船時は、ブリッジで操縦士が直接主機を操縦できるので、正確で迅速な操船を行なうことができる。機関室での操縦は中央制御室で行なう。ここには機関各部の諸計器が集中して配置されているので、機関全般の状態を十分監視しながら制御でき操作が便利であるとともに、故障の発見およびその処置も迅速に行なうことができる。

当社では、中央制御方式を採用したタービンリモートコントロール装置を 3 船分製作納入、引き続き 4 船分製作中で、その概要は次のとおりである。

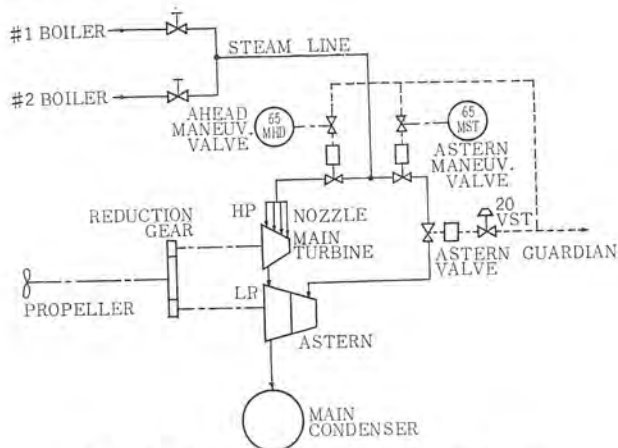


図 4.1 操縦弁スケルトンダイアグラム  
Fig. 4.1 Skelton diagram of maneuvering valves.

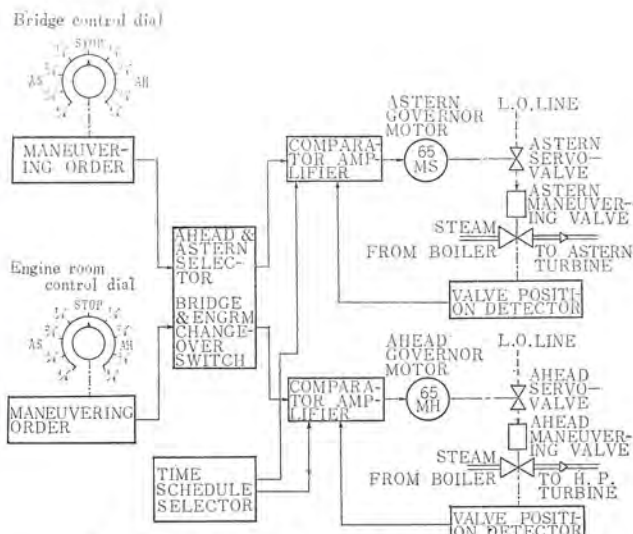


図 4.2 操縦弁制御ブロックダイアグラム  
Fig. 4.2 Block diagram of the maneuvering  
valve control device.

#### 4.1 構成

遠隔操縦装置は電気油圧方式で、その構成は下記による。

図 4.1 にブロック線図を示す。

- (1) 前進および後進操縦弁
- (2) 後進中間弁
- (3) 前進 ノズルコントロールバルブ
- (4) レーシングガバナ
- (5) 非常トリップ装置
- (6) 操縦ダイヤル ブリッジ用は エンジンテレグラフ 用 トランスミッタと連動している。

- (7) 二相 ガバナモータ (50 W)
- (8) リレー 制御盤
- (9) 制御スイッチ、押しボタンスイッチ および リミットスイッチ。
- (10) バルブ 位置検出装置
- (11) アナウンシェータ および表示灯

#### 4.2 この装置の特長

- (1) 操縦弁は ガバナ 制御方式で、従来のタービン 手動 ハンドル 機構、または ノズル 弁制御機構のいずれにも容易に適用できる。
- (2) 電気制御回路は静止機器から構成されており、信頼度が 高く保守も容易となっている。

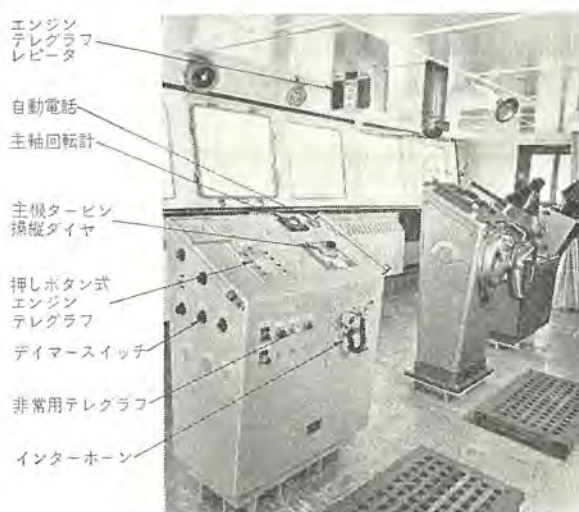


図 4.3 ブリッジコントロールスタンド  
Fig. 4.3 Bridge control stand.



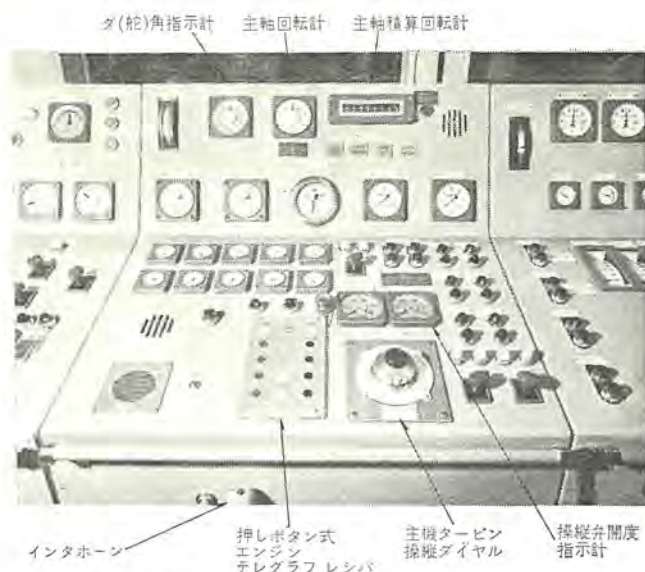


図 4.4 機関室タービンコントロールデスク  
Fig. 4.4 Turbine control desk in engine room.

(3) ガバモータには交流二相サーボモータを使用しているので追従精度が高く、さらに速度制御はパルス幅変調方式を採用しているので、ギヤ、クラッチなど変換メカニズムを必要としない。またサーボモータ励磁回路には無接点スイッチを使用し、信頼性の高いものとした。

(4) サーボポンプはすべて無接点スイッチング動作で運転しているので、効率がよく電源電圧の変動の影響も少ない。

(5) ダイヤル指令および弁開度検出には差動トランスを用いた。このためシユウ動部がなく、可動部を動作させる力はきわめて小さく、ヒステリシスや周囲温度の影響もないので検出感度が高い。また耐振、耐衝撃性能も向上させ信頼性の高いものとした。

(6) 無接点制御論理素子には三菱トランジスタサイパックを用い十分な温度補償を行ない、周囲温度 50°C に対し 60°C までは十分使用できるようにしている。

#### 4.3 操作および作動

(1) 主機タービン、ボイラ、発電機、補機類のスタンバイ完了し、各種のインターロック条件が確立すると主機タービンは運転可能となる。コントロールポジション切換スイッチにより操縦ダイヤル操作を機関室またはブリッジに切り換える。また運転中に制御位置を切り換えるときには機関室とブリッジで連絡をとり、操縦ダイヤル目盛を合わせたのち行なうようにしている。

(2) 前進または後進操縦弁の選択は、操縦ダイヤルを前進または後進方向に操作することにより、操縦ダイヤル直結の1対の差動トランスから得られる。

追従方式は、ダイヤル指令と操縦弁開度の偏差をトランジスタサーボポンプにより検出増幅し、50 W 二相サーボモータを回動し、パイロットバルブを経て操縦弁操作油圧シリンダを駆動している。操縦弁がコントロールダイヤル設定値まで動作するとガバモータは停止する。サーボモータには直流パイロット発電機が直結されており、サーボ系の安定を計っている。

#### (3) プログラムコントロール

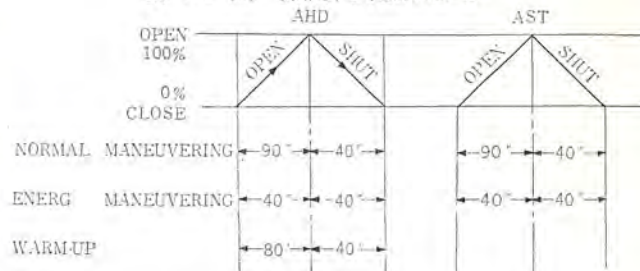
操縦弁開度はガバモータ操作により制御さ

タービントカ 船の中央制御方式・元木・岩永・桂木

表 4.1 (a) 弁開閉速度切換スイッチノッチ

コントロールポジション	ノッチ名称
エンジンルーム	1. Emergency maneuvering 2. Normal maneuvering 3. Warm up
ブリッジ	1. Emergency maneuvering 2. Normal maneuvering

表 4.1 (b) 操縦弁タイムスケジュール



れるが、弁開閉速度切換スイッチ(モードスイッチ)により表 4.1 のようなプログラムを選定できる。

状態 1: Emergency maneuvering condition

弁開閉用のすべての時間遅れ要素はバイパスされる。前進、後進とも弁全開→全閉に要する時間は 40 秒となっている。

状態 2: Normal maneuvering condition

前進、後進バルブとも全閉→全開に要する時間は 90 秒となっている。全開→全閉に要する時間は 40 秒となっている。

状態 3: Warm up condition

前進バルブ全閉→全開までに 80 分、全開→全閉までに 40 分と非常に長時間にセットしてあり、全出力になるまで漸増できる。後進バルブは Normal maneuvering と同じタイムスケジュールになっている。

なおこれらタイムスケジュールは、主タービンの状態に合わせて ±10 %程度可変できるようになっている。

#### (4) コントロールダイヤル

コントロールハンドルは、レバー式とせずダイヤル方式を採用した。中央が停止位置で、右回し前進、左回し後進となっており、150°回転することにより弁全開となる。

主軸プロペラ回転数と操縦弁開度の関係は、図 4.5 のとおりである。

コントロールダイヤル目盛とプロペラ回転数になるべく直線比例させるために、コントロールダイヤル目盛と指令電圧の関係は、図 4.6 に示すような逆対数曲線とした。このためダイヤル操作により微速か

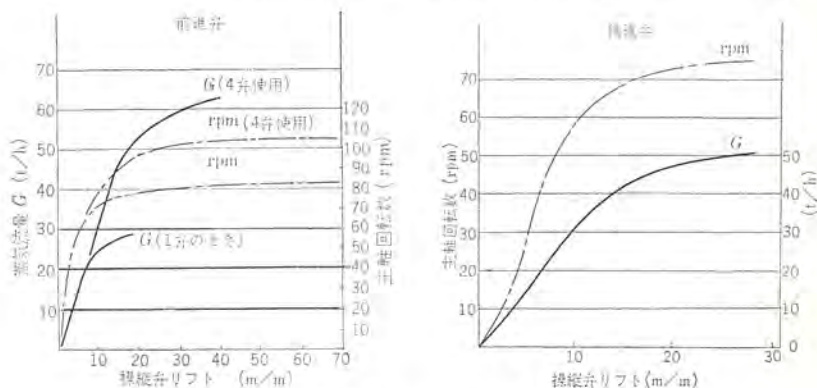


図 4.5 操縦弁開度とプロペラ回転数の関係  
操縦リフト-蒸気流量-主軸回転数の関係

Fig. 4.5 Relation between the maneuver valve opening and propeller speed in rotation, relation between the maneuver valve lift and steam flow and main shaft speed.



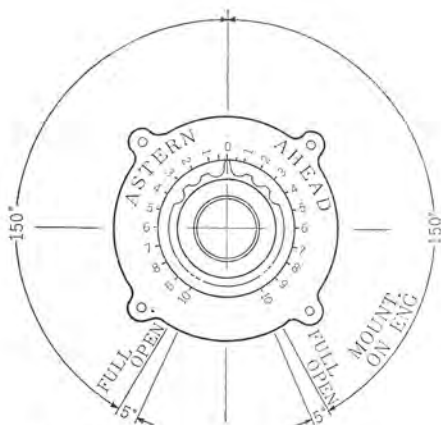


図 4.6 (a) コントロールダイヤル  
Fig. 4.6 (a) Control dial.

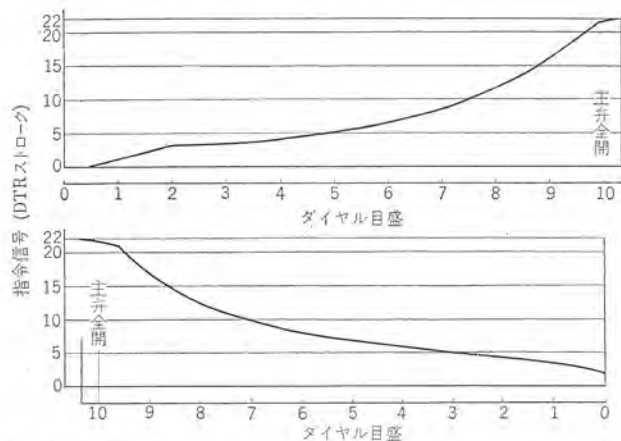


図 4.6 (b) コントロールダイヤル 目盛対差動変圧器 ストロークの関係  
Fig. 4.6 (b) Control dial scale and DTR stroke.

ら全速まで円滑な速度制御が行なえるようになっている。

またダイヤルには主ダイヤルとその上部に微動ダイヤルがあり、その減速比は 1:81 となっており、微調が容易である。主ダイヤルと微動ダイヤル操作の切り換えは、上部微動ダイヤルを押し込むだけでよく、常時はスプリングにより戻され、主ダイヤルはロックされる機構となっているので、安全な操作が得られる。

なおブリッジ操作のコントロールダイヤルには、エンジンテレグラフ用トランスミッタと連動する方式もあり、このときには完全な one-touch control を行なうことができる。

#### (5) 停止および逆転操作

コントロールダイヤルを停止位置に戻せば操縦弁は全閉となる。急激に前進位置から後進に操作したとき (Crush astern operation) には、レーシングガバナが励磁され、前進弁はただちに全閉となり、前進弁が閉じると後進中間弁が開きガバナモータは後進弁開動作を行ない、ブレーキ作用で急速に主機は停止し後進に切り換わる。このときには前進ガバナモータも急速に前進弁閉位置まで戻り、いつでもリセット可能な状態となっている。

後進から前進に急激に操作したときには、後進用ガバナモータはただちに閉動作を始め、ある値まで閉じると、ふたたび前進用ガバナモータが動作し前進弁開となる。

ブリッジ制御のときは後進側は Manuevering full までに制限しているが、前進側は全出力運転まで可能となっている。

#### (6) 押しボタンによる操作

この装置の制御電源は (A), (B) 2 系統から給電可能となっている。たとえば A 系統電源喪失のときには B 系統に切り換える。

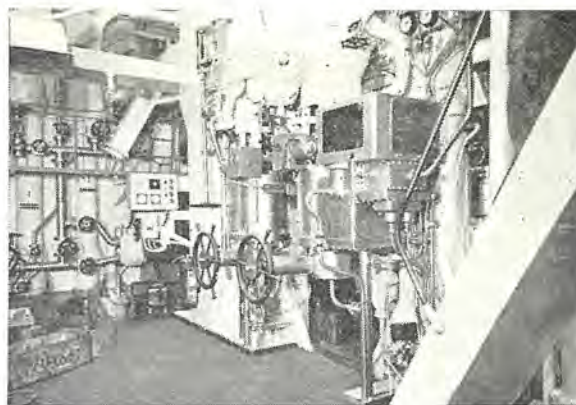


図 4.7 主タービン操縦弁  
Fig. 4.7 Main turbine control valve.

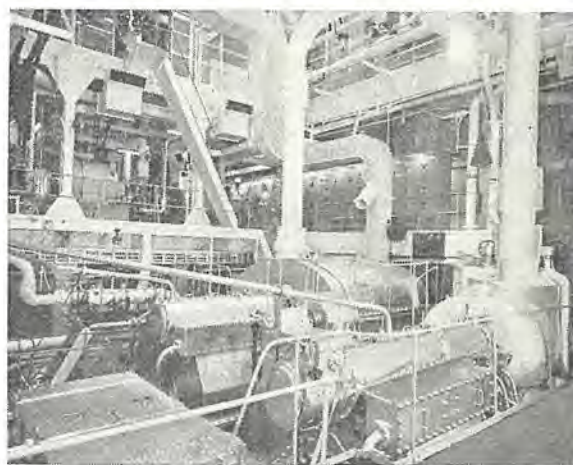


図 4.8 主タービンおよび減速装置  
Fig. 4.8 Main turbine and speed reduction device.

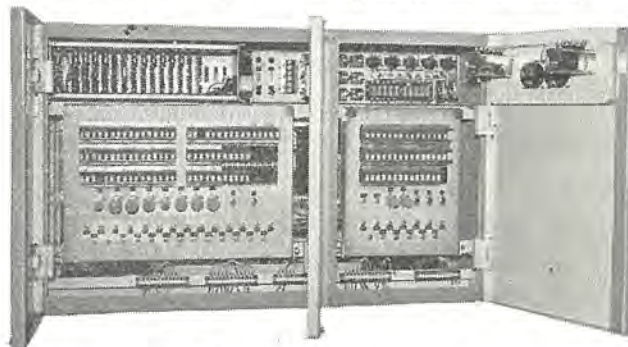


図 4.9 リレー制御盤  
Fig. 4.9 Relay control panel.

操作もダイヤルコントロールから押しボタン操作に切り換えられ、押しボタン操作により前進または後進用ガバナモータを直接制御できるようにしている。

#### 4.4 保護装置およびインターロック

主タービン保護装置としては、レーシングガバナによる過速保護装置、潤滑油圧力低下によるトリップ装置および非常停止装置など種々装備されている。これらはいずれも、前進操縦弁の油筒に油圧回路で接続されており油筒への圧油をシャ断するようにしている。

インターロック回路としてはエンジンテレグラフ、ターニングギヤ、後進中間弁および操縦弁の開閉位置、トリップ機構との機械的インターロックなどがある。

これらのインターロック条件がすべて満足されないと、操縦弁は操作できないようにしている。

#### 4.5 警報回路

タービン操縦装置の警報内容は表 4.2 に示すとおりである。い



表 4.2 ターボチャリモートコントロール 装置の アラーム

番号	ア ラ ー ム 用 途	ランプ 表示	ベルホーン	アラーム位置		カード 種類
				Engine	Bridge	
AL <sub>1</sub>	前進操縦弁用ガバナ増速動作中	赤ランプ フリッカ	チンチン	○	×	AN-1 A
AL <sub>2</sub>	前進操縦弁用ガバナ減速動作中	緑ランプ フリッカ	チンチン	○	×	AN-1 A
AL <sub>3</sub>	操縦ダイヤルを操作したにもかかわらず操縦弁開度がダイヤルに追従して変化しないとき 前進後進ともアラーム共通 (Warm-up Condition は除く)	赤ランプ フリッカ	ホーン	○	×	AN-1 A
AL <sub>4</sub>	操縦弁閉動作不良のとき、ダイヤルを停止位置に操作したときにも弁が規定時間経っても全閉にならなかったとき または前進から後進に急逆転動作を行なったとき、前進側の操縦弁が規定時間経っても全閉にならなかったとき、またその反対に後進から前進に急逆転操作したときも同様となる	赤ランプ フリッカ	ホーン	○	×	AN-1 A
AL <sub>5</sub>	ブリッジ操作のとき Emerg Manuv にモードスイッチがあるとき	赤ランプ フリッカ	ホーン	○	×	AN-1 A
AL <sub>6</sub>	後進操縦弁用ガバナ増速動作中(ブリッジ制御のときのみ)	赤ランプ フリッカ	チンチン	○	×	AN-1 A
AL <sub>7</sub>	後進操縦弁用ガバナ減速動作中(ブリッジ制御のときのみ)	緑ランプ フリッカ	チンチン	○	×	AN-1 A
AL <sub>8</sub>	テレグラフ指令と反対方向に操縦ダイヤルを操作したとき	赤ランプ フリッカ	ホーン(E) ブザ(B)	○	○	AN-1 A
AL <sub>9</sub>	制御電源 OFF のとき	赤ランプ フリッカ	ホーン(E) ブザ(B)	○	○	AN-1 A
AL <sub>10</sub>	テレグラフ電源 OFF のとき	赤ランプ フリッカ	ホーン(E) ブザ(B)	○	○	AN-1 A

れも アラーム 信号は アナウンシェータカードに接続されており、ランプ およびベル または ホーンなどを動作させている。

#### 4.6 リレー制御盤

図 4.9 に リレー 制御盤の外観図を示す.

三菱 トランジスタサイパック、パワーアンプなどの制御装置を一括収納している。

この装置は、エアコンディショニング装置のない機関室に装備した場合でも誤動作のないよう、各部は周囲温度 50°C 以上でも支障なく運転できるものとした。

主要部はすべて温度補償回路を設けており、60°C の高温に長時間さらした温度テストをはじめ種々の耐久テストを行なった。

なお追従装置の性能は、操縦弁全ストロークに対し2%となっている。

15. 無接点式エンジンテレグラフ

エンジンテレグラフは、船の運転指令権のある操縦室と機関室との連絡をする装置であり、11種の指令を操縦室から発することが出来る。従来この種の装置としては機械式セルシオン式のものが採用され、指令されたオーダは指針で示されるようになっていた。S.S. MOSKING, S.S. MOSQUEENへ納入したエンジンテレグラフは、三菱トランススサイパックを採用した押しボタン式のものであり、種々の特長を有している。

(1) パネル への取り付けスペースが小さく、照光式押しボタンを  
採用した最新のスタイルで、パネル との調和がよくとれる。

(2) 制御回路部は、数多くの実績をあげているトランジスタタイプの半導体を使用した無接点リレー制御方式を採用しており、保守点検が

ターボタンカ 船の中央制御方式・元木・岩永・桂木

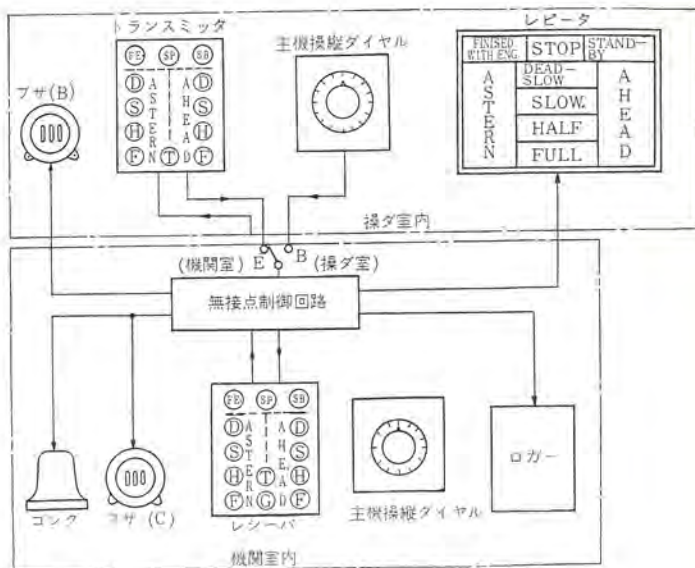


図 5.1 エンジンテレグラフのブロック線図  
Fig. 5.1 Block diagram of engine telegraph.

容易である。

(3) タービンの遠隔操縦装置と完全にインターロックされていて、船橋操作の場合は、タービンコントロールダイヤル 操作により エンジンテレグラフ の指令も出るようにしたいいわゆる One touch motion system を採用した。

(4) 夜間航行の際に、適当にランプの光度調整ができるようにしている。

(5) 操縦室の天井にレポータ(図 4.3)を設け、船橋の両ウィングからも出されている指令を容易に見ることができる。

(6) ロガーと組み合わせるにより、操縦室からの指令とその時刻、および機関室での応答とその時刻を自動的に記録できる。さらに、テレグラフロガーと組み合わせるにより主軸回転、ダ(舵)角指示などの記録も追加できる。

図 5.1 にこの装置のブロック線図を示す。トランスミッタ、レシーバ、レピータ、ブザー、ゴング その他無接点制御回路から構成され、トランスミッタから指令を出すと照光式押しボタンがフリッカし、ブザー、ゴングが鳴る。レシーバの押しボタンを押して応答すると、ブザー、ゴングはリセットされ、押しボタンは次の指令が出るまで連続点灯となり同時に操縦室のレピータも照光する。

## 6. ボイラ関係

図 6.1 に ボイラコントロールコンソール 盤を示す。主要制御部は次のとおりである。



図 6.1 ボイラコントロールコンソール 盤  
Fig. 6.1 Boiler control console panel.



## 6.1 Automatic combustion control

プラントの最大負荷から最小負荷までの広範囲の運転に対し、ボイラ蒸気圧力を常に一定に保たせ、また燃料と空気の供給を適切な割合に保持して、バーナの燃焼を最も効率よく行なわせるものとして最新式の ACC システムを備えている。BAILEY 社の Air Operated Mini-Line 方式のもので従来から船用として採用されていたものに比べて、はるかにコンパクトにまとめられており、コンソール形の制御盤の上に装備するのに、非常に適した設計になっている。

## 6.2 バーナ

バーナは両ゼン(舷)のボイラに対しておのおの4本ずつ装備されており、Steam atomizing により負荷変動に対して常に効率よい燃焼が保てる広範囲に制御可能なものである。(Turn down ratio, 1:10) しかもこれらのバーナは No. 1 のパイロットバーナを除いていずれもボイラコントロールコンソールから遠隔操作により自由に点火、消火することが可能である。

(バーナおよびリモートコントロールシステムは TODD 社製)

## 6.3 F.D. Fan と F.O. Service Pump の自動速度切換

プラント出力に応じて適当な空気と燃油を供給するために、F.D. Fan と F.O. Service Pump をボイラ ACC の loading air pressure line に設けた圧力スイッチの作動により、高低2段に速度切換を自動的に行なわせている。これらはまた手動切換とすることもできる。

## 6.4 Soot blower

両ゼンのボイラに備えられている各10基の Soot blower は、すべてコントロールコンソールから空気制御で、遠隔、自動運転できるようになっており、起動操作バルブを押せば蒸気供給管のドレンを排除したあと、シーケンシャルに各 Soot blower は作動する。

また作動 Soot blower を選択するためのバイパスバルブが設けられているので、個々にシーケンシャルコントロールから任意に除外することができる。

## 6.5 Smoke Indicator

光電式の Smoke detector を各ボイラの煙道の一部に装備し、炉内から排出される燃焼ガスの煙濃度を電気的に検出している。ボイラコントロールコンソールの上に、煙濃度指示計および濃度が規定以上になると警報を発する警報装置を置いている。

## 7. 機関室コントロールコンソール

S. S. MOSKING 機関室の中央制御室および Main floor の配置を図 7.1, 7.2 に示す。

コントロールコンソールの配列は次のとおり

- (1) Auxiliary control panel
- (2) Generator control panel
- (3) Main turbine control panel
- (4) Main boiler control panel
- (5) Burner and soot blower control panel

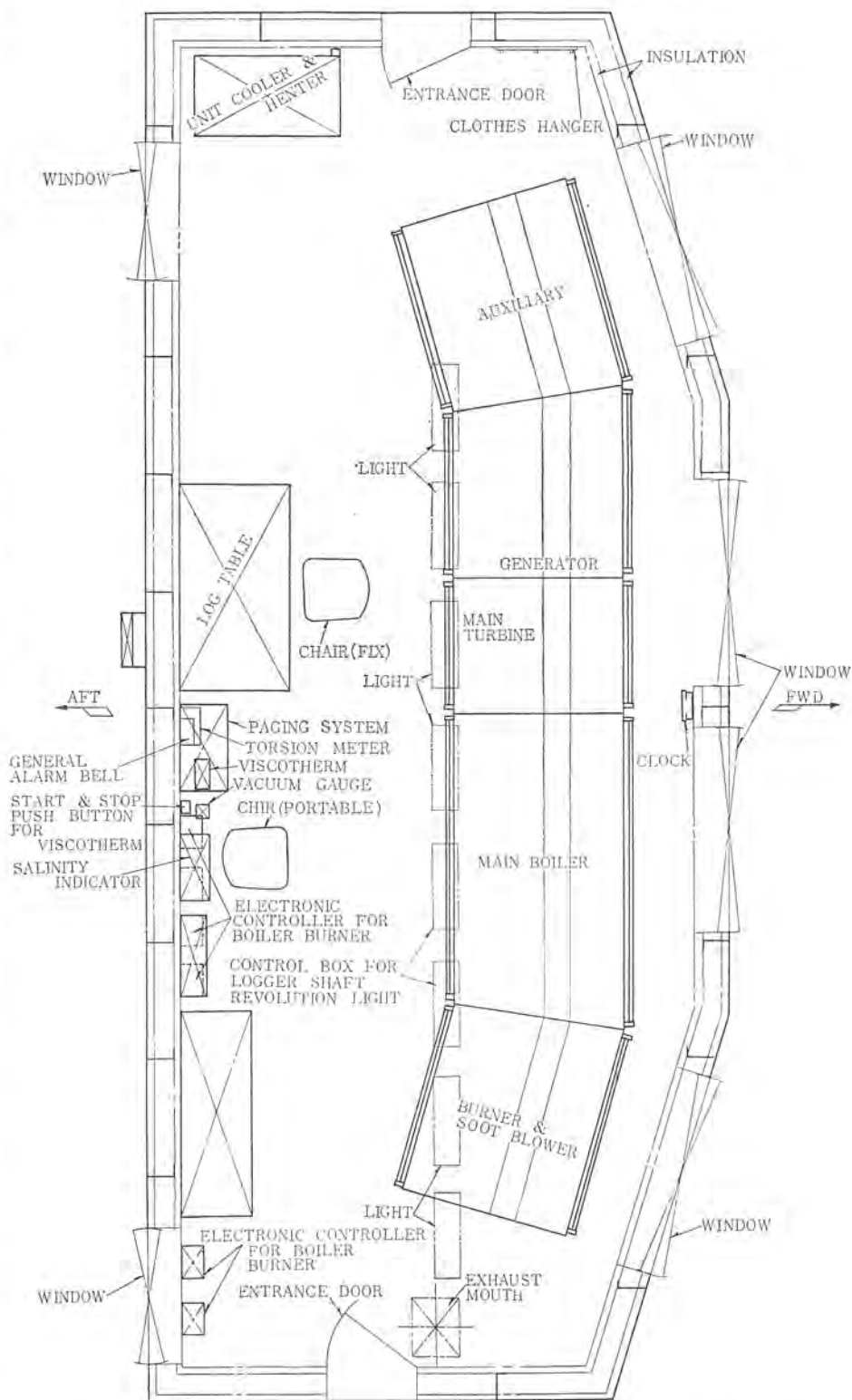


図 7.1 エンジンコントロールルーム

Fig. 7.1 Engine control room.



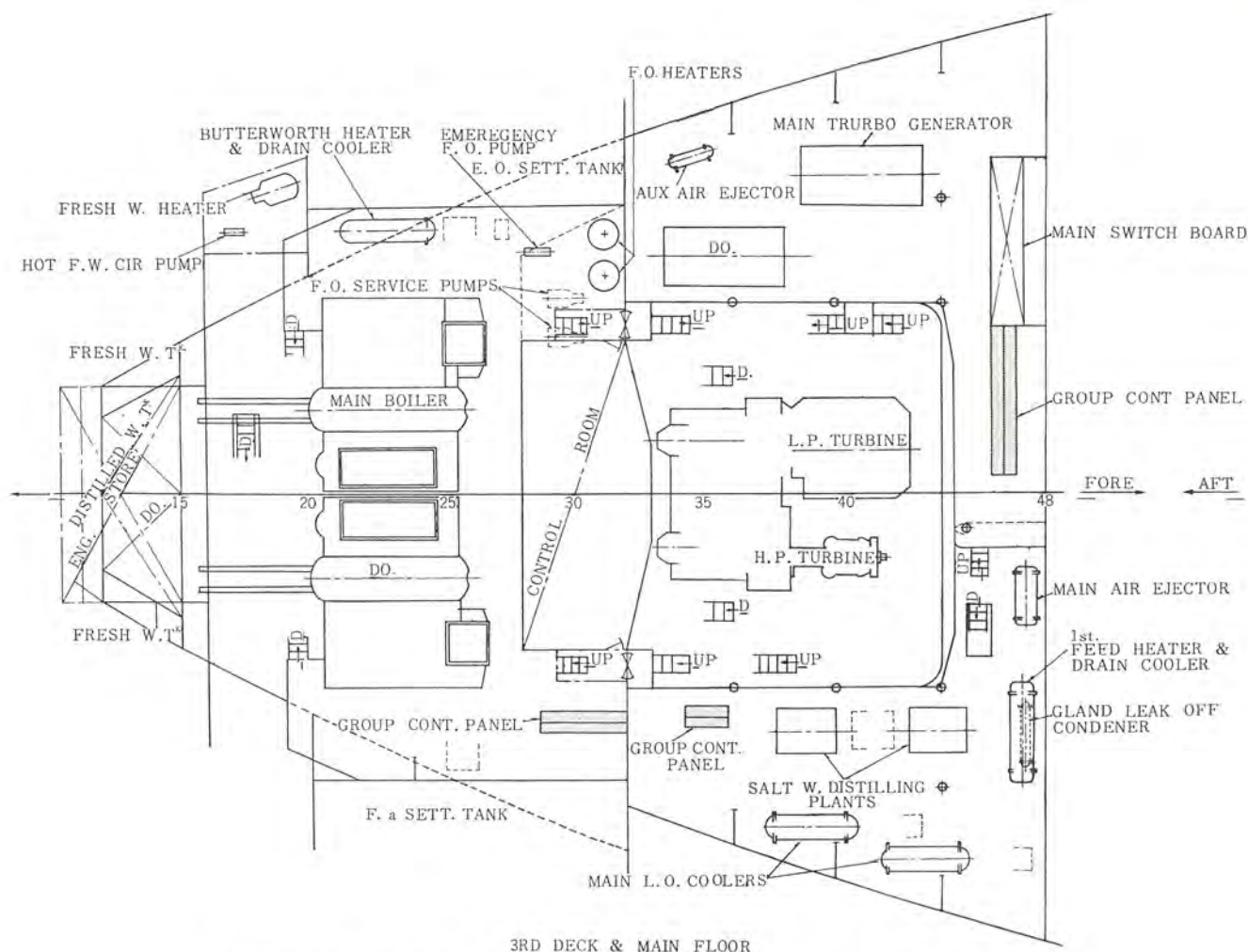


図 7.2 機関室 Main floor 配電図

Fig. 7.2 Layout of engine room main floor.

タービン、ボイラコントロールコンソールの全容を図 3.1 に示す。

## 8. 電源設備

電源設備としては タービン 駆動主発電 937.5 kVA 2 台 ディーゼル 駆動補助発電機 250 kVA 1 台を装備している。

主発電機と補助発電機は、自動同期装置 (XET-B 形) により 自動同期投入可能で、無停電切換を行なうことができる。

発電機群は、すべて機関室コントロールコンソールから制御および監視を行なうことができる。

補機電動機群のコントロール装置は、すべて両面形 グループコントロールパネルにまとめられ集中制御を行なうことができる。

グループコントロールパネルの構成も従来の片面形でなく、両面形としてまとめているので、船内据付スペースも減少し合理的な配置となっている。

主要補機は、すべてコントロールコンソールで監視制御を行なうことができるようになっており、プラント全体の制御と監視が容易に行なえる。

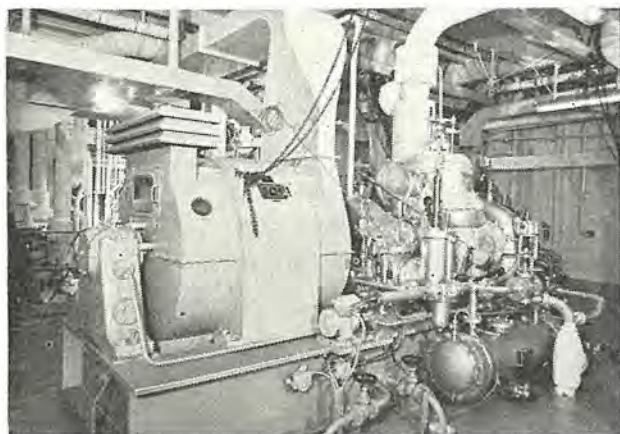


図 8.1 937.5kVA 主 発 電 機  
Fig. 8.1 937.5kVA main generator.

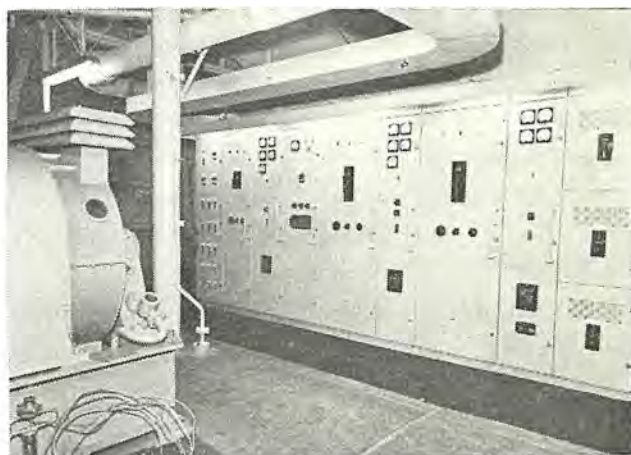


図 8.2 主配電盤 (937.5 kVA 主発電機盤 × 2 面 250 kVA 補助発電機盤 × 1 面および給電盤からなる)  
Fig. 8.2 Main switchboard.



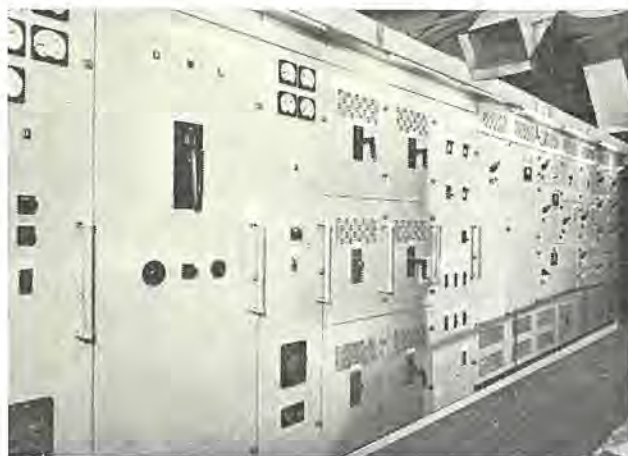


図 8.3 両面形集合起動器盤 (前面および裏面, 両面にユニット収納)

Fig. 8.3 Two face type central starting panel.

## 9. アナウンシェータシステム

### 9.1 アナウンシェータ

船舶の自動化に伴い、船内機器は中央制御室で集中制御されることとなり、一括集中監視が必要となってくる。船内故障機器の判別を早く容易にし、かつ故障時には誤動作なく正確に警報表示を行なうことが要求される。ここに述べる無接点式アナウンシェータは、この要求を満足するよう製作したものである。この製品の特長は次のとおり。

- (1) トランジスタリレーを使用し、無接点化しているので長寿命である。
- (2) プリント配線を用いたカード方式で、プラグイン形式を採用しているので保守点検が容易である。
- (3) カードの接セン(栓)部には金メッキされた接セン端子を使用し、カード着入時の接触不良による誤動作を避けている。接センは米軍 MIL 規格を満足するものである。
- (4) 耐振性、耐衝撃性の向上を計るために、プリント基板への部品の取付法について特別な注意を払っている。
- (5) 外部からの耐サージ性を保証するため、サージ電圧の侵入すると思われる端子にはコンデンサ、ゼナダイオードを使用して、トランジスタの破壊を防止している。

### 9.2 動作

#### 9.2.1 基本動作

故障検出接点が動作するとブザーが鳴り、表示灯がフリッカする。ブザーはブザーリセット用押しボタンによって、いつでもリセット可能であり、表示灯は連続点灯となる。新たに故障が追加されると、その表示灯だけがフリッカし、ブザーがふたたび鳴る。

#### 9.2.2 動作分類

9.2.1項に示すものが当社アナウンシェータの基本動作であるが、これをリセット方式によって分類し、表 9.1 に示すような4種のものを準備している。おのおのの特長を次に述べる。

(1) A-1 形: これは完全自動リセット方式で、故障検出が動作すると表示灯がフリッカし、同時にブザーも鳴る。ブザーリセット用押しボタンを押すと表示灯のフリッカは停止し、連続点灯し、ブザーは鳴り止む。故障検出接点が復帰するまで表示灯は連続点灯のままである。復帰と同時に表示灯、ブザーともに自動的にリセットされる。

(2) M-1 形: これは A-1 形と同様に故障検出接点が回復すると、いつでも表示灯、ブザーとともにリセットされるようにし

表 9.1 アナウンシェータ動作分類

操 作	故障検出接点の状態	表示灯 ブザ	形 名			
			A-1	M-1	A-2	A-3
	正 常	表示灯	×	×	×	×
		ブザ	×	×	×	×
	異 常	表示灯	☆	☆	☆	☆
		ブザ	○	○	○	○
	正常に復帰 (ブザリ セット前)	表示灯	×	×	☆	☆
		ブザ	×	×	○	○
ブザリセット用押し ボタンを押す	異常継続のとき	表示灯	○	○	○	○
		ブザ	×	×	×	×
	正常に復帰している とき	表示灯	×	×	×	○
		ブザ	×	×	×	×
ランプリセット用押し ボタンを押す	異常継続のとき	表示灯	—	×	○	○
		ブザ	—	×	×	×
	正常に復帰している とき	表示灯	—	×	×	×
		ブザ	—	×	×	×
テスト用押しボタン を押す。(動作チェ ック)		表示灯	○	○	☆	☆
		ブザ	○	○	○	○
備 考			標 準 品		標準準品	

× 印は OFF の状態を表わす

○ 印は 連続点灯および ON の状態を表わす

☆ 印は フリッカの状態を表わす

ているが、A-1 形と異なる点は、故障検出接点が復帰してなくとも、ランプリセット用押しボタンを押すと表示灯をリセットすることができることである。

(3) A-2 形: これはブザーリセット用押しボタンを押した場合は、故障検出接点が復帰しておれば自動的に表示灯はリセットされるようにしている。ブザーリセット用押しボタンを押さなければ、たとえ故障検出接点が復帰しても表示灯・ブザーともにリセットされないようにして、瞬時故障検出接点が動作しても、警報を出し、確認するまでリセットされない。

(4) A-3 形: これは A-1 と同様、故障検出接点が瞬時動作しても警報を出す。A-1 形と異なる点はブザーリセット用押しボタンを押しても表示灯はリセットされず、ランプリセット用押しボタンを押したとき故障検出接点が回復しておれば、そのとき初めて表示灯がリセットされるようにしている。

### 9.3 構 成

アナウンシェータは警報表示灯 (アラームウインドー)、警報ブザー (またはベル)、無接点リレー部、電源部、押しボタン (ブザーリセット用、ランプリセット用、テスト用) から構成されている。

警報表示灯の表示板は 40×50 および 40×100 の2種があり、盤寸法によって選択できる。またこれは表面から押し込むだけでスプリングマウントできるようにしている。表示灯の取り換えにも便利であり、表示灯部分にはツクがなく全体が照明され、ツク色の心配も不要である。電源部は、整流電源とバッテリー電源との2系統を作り、発電機関係のアラーム用としてはバッテリーから給電する。無接点リレー部は、トランジスタを主とする論理回路をプリント配線し、次の6種の機能を有するカードに分類している。

(1) A カード: 故障検出接点1個に対して1枚使用し、故障中ランプリセットが不要な場合に用いる。

(2) M カード: 故障検出接点1個に対し1枚を使用し、故障中のランプリセットが必要な場合に用いる。

(3) FLICKER カード: フリッカ信号を出すカードである。

(4) CONTROL カード: 押しボタンの信号を増幅して AN-1-A カード、AN-1-M カードにその信号を与える。

(5) TIMER カード: A カードおよび M カードの前段に使用し、故障検出接点が設定時間 (3~20 秒可調) 以上動作した場合に警報を出すようにする。船体のローリングなどにより、瞬時動作



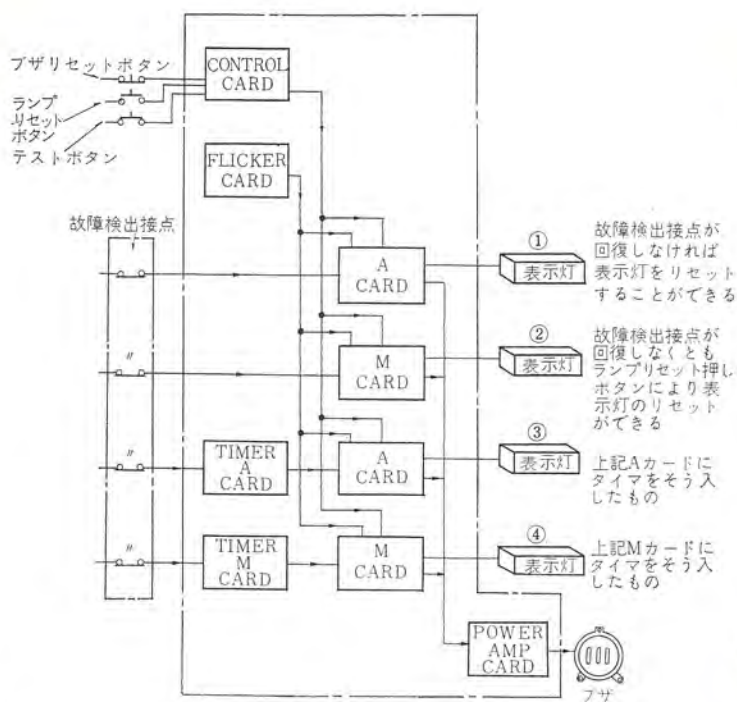


図 9.1 アナウンスカード組合せ接続例  
Fig. 9.1 Example of connection of annunciator card combination.

しては困る場合に使用し、故障継続で動作する。

(6) POWER AMP カード: プザー や リレー を駆動するための電力増幅用のカードである。

図 9.1 に上記カードを組み合わせて使用した一例を示す。

図 9.2 は リレー 盤の全体構成を示したものである。

#### 9.4 その他の監視計器

発電機、ボイラ、タービンの各種温度計測用として当社のトランジスタ多点温度計が装備されている。その他 レベル 計、圧力計など種々の計器が装備されている。計器類は広角埋込形を採用し、コントロールコンソール 盤面にコンパクトにまとめられるものとした。

### 10. む す び

以上新しいタービンプラントをとう載した自動化タービン船の概要について記した。ここに述べた3船とも現在は好調に就航している。現在製作中のものは、さらに改良を加えタービン操縦装置にノズル弁コントロール採用し、データロガをとう載するなど高度の自動化、合理化が取り入れられている。



図 9.2 リレー 制御 盤  
Fig. 9.2 Relay control panel.



図 9.3 補機 コントロールコンソール 盤 (トランジスタ 式 多点温度計装備状態を示す)  
Fig. 9.3 Auxiliary control console panel.

合理性、経済性を高めると同時に故障の少ないこと、乗組員が安全でもか楽になるということに重点をおいた自動化を推進すること、および海外におけるサービス網の強化が今後とも必要である。

最後にこの電機品製作にあたり、種々ご指導をいただいた三菱重工長崎造船所関係各位のご協力があったことを述べここにお礼の言葉としたい。

(昭 39-9-8 受付)



# 三菱自動ムアリングウインチ

熊本 永\*・新良由幸\*・富永隆弘\*

## Mitsubishi Automatic Mooring Winches

Nagasaki Works

Hisashi KUMAMOTO・Yūkō SHINRYŌ・Takahiro TOMINAGA

Shipping circles in this country are recently confronted with difficulty of meeting shortage of crew and also payability of freight. To overcome it automatization and rationalization of the apparatus on board of the ship have been positively looked into. Of many devices the mooring equipment is in the center of discussion about its automatic operation. Particularly on such ships as tankers where the speed of loading and unloading governs the efficiency of shipping business greatly and automatic mooring winches play a vital part. Mitsubishi has developed and standardized automatic mooring winches unique to the Company which is composed of a wound rotor type torque motor to detect the rope tension electrically and a squirrel cage type pole-changing motor combined through a differential gear.

### 1. ま え が き

近時海運界では乗組員不足の対処と運航採算性の向上を目的として船内諸装置の自動化、合理化が積極的に推進されているが、この中でも最も作業内容が複雑で危険を伴い、多くの作業員を要する係船装置の自動化は最大の関心事となっており、とくに自動的に積荷を行なうタンカや専用船の増加と大形化で自動ムアリングウインチの需要が増しその効果も顕著になっている。

自動ムアリングウインチは船の係留中、風浪風圧、潮の干満、潮流積荷の揚げ卸しなどによる吃水の変動、船の傾斜あるいは移動に際して、係船索の張力の増減に応じて、自動的にローの繰りだし、巻き込みを行ない、ロー張力を一定範囲に保ってロー切断などの危険を除去し、船を安全に所定位置に係留する装置でロー張力検出機構に機械的と電気的のものがあり、さらに駆動方式により蒸気式、電気式、電気油圧式などに分類される。ここでは当社が機械的検出方式の製作経験を生かして標準化した電気的検出法による交流電動式の自動ムアリングウインチについて紹介する。

### 2. 自動ムアリングウインチの性能

#### 2.1 一般性能

自動ムアリングウインチは接岸荷役中の船の係留索を外的条件の変化に応じて調整し常に適当なロー張力を与えて船の位置を保持する機能をもつとともに接岸作業中は手動操作により本来のムアリングが可能のものでなければならない。したがって所要の性能を要約すれば次のようになる。

(1) 接岸、離岸作業中の所要の巻取り、巻出しができる速度荷重特性を有し、とくに軽負荷では相当高いロー速度が望まれる。

(2) 接岸荷役中はロー張力の設定範囲が適当なものでなければならないが、ロー速度は低くてよい。

(3) 遠隔操作が可能であることが望しい。

#### 2.2 自動張力調整

岸壁に一端を固定して船上のムアリングウインチのドラムにローを巻込んだ状態ではローのスプリング効果と駆動装置の慣性モーメント、巻き込みまたは繰出しトルクによって一つの振動系が形成される。この振動系に外的じょう(擾)乱が起こったときすみやかに取れん

させて安定な係船状態に復させるには

- (1) 駆動機の  $GD^2$  をなるべく小さくすること。
- (2) 駆動機の加速トルクが大で、回転数の変化に対し、トルクの変化の度合がなるべく大きいこと。
- (3) 荷重設定点を中心としてある程度の不感帯を設けダンピング効果を大きくすること。

が望ましく、これによってロー荷重の変動、ローの動きを小さくすることができる。

### 3. 電動自動ムアリングウインチの方式

電動式として現在使用されている方式を張力検出方法から大別すると、次の2通りとなる。

#### (1) 電気的検出

一般にワードレオード方式として電動機に所定の停動トルクを与えておき、このトルクと係船ローの張力が平衡しておれば電動機は停止したままであるが、ロー張力の増減によりこの平衡が破れると、増減に応じて繰出しまたは巻き込みを自動的に行なわせる方式で電動機はトルクモータとして作動しており、性能はよいが常時通電されており、若干の電気的損失が連続して発生する。

#### (2) 機械的検出

機械的にロー張力を常時検出し、バネを用いて設定張力と比較して検出機構に設けた開閉器により駆動電動機の正逆転を行なわせ、ロー張力が設定張力と平衡するまで巻き込みあるいは繰出しを行なういわゆるオン・オフ制御で、この方式の場合には駆動電動機の種類を問わない。

### 4. 三菱自動ムアリングウインチ

ロー張力の電気的検出を使用するトルクモータ式は一般にワードレオード制御による直流電動機駆動であるが最近経済的理由その他により誘導電動機を用いるものが着目されている。この方式にも電動機をカゴ形としリアクタあるいは単巻変圧器により一次側の電圧を調整して電動機の設定トルクを変え、方式と巻線形電動機を使用し二次抵抗調整により設定トルクを与える方式がある。しかしながらカゴ形電動機の場合は停動トルクを常時発生させて張力の常時検出を行なうには電動機の温度上昇、冷却の点で困難なので通常サブリング検出すなわち一定の周期ごとに短時間通電して



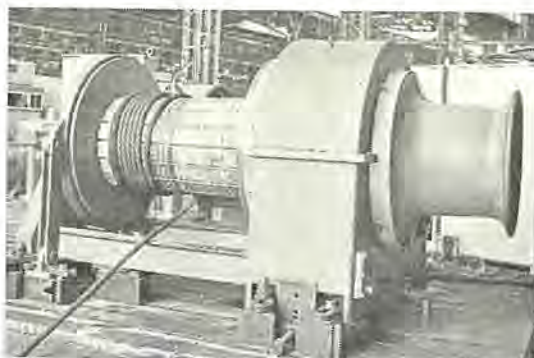


図 4.1 10t×18m 三菱自動 Δアリングウインチ  
Fig. 4.1 Mitsubishi automatic mooring winch.

表 4.1 三菱自動係船機要目

機 械 部 分	10 t×18 m/min		15 t×12 m/min	
	主 巻 胴 径	520 mm	620 mm	
	副 巻 胴 径	600 mm	600 mm	
ブレーキ・クラッチ付				
電 源 440 V 60 c/s				
電 動 機	高速用電動機		トルクモータ	
	定 格	28/28 kW 30/30 min 4/8	5 kg・m 連 続 6	
	極 形	全 閉 防 水	全閉防水他力通風	
	絶 縁 種 類	B	B	
	ブレーキ	直 流 円 板 形	直 流 円 板 形	
制 御 装 置	電 方 源 式	440 V 60 c/s	または機側設置	
	主 幹 制 御 器	電磁式極数変換		
	接 触 器	船橋操作盤組込		
	トルク設定器	防 滴 壁 掛 形		

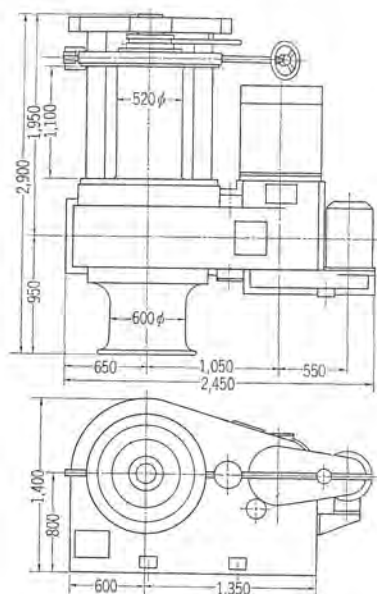


図 4.2 三菱自動 Δアリングウインチ  
外形寸法図 (10t×18m)  
Fig. 4.2 Outline dimensions of Mitsubishi automatic mooring winch.

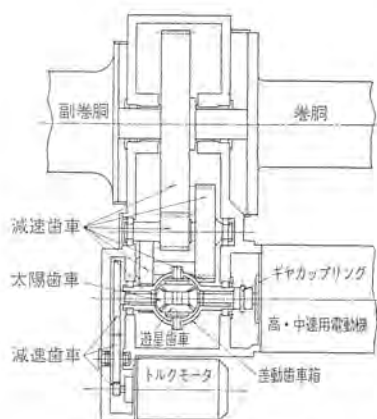


図 4.3 三菱自動 Δアリングウインチ  
断面図  
Fig. 4.3 Cross section of Mitsubishi automatic mooring winch.

## 4.2 要目

標準機種としては 10t×18m および 15t×12m を製作する。おもな要目を表 4.1 に、標準形ウインチの外形式法を図 4.2 に示す。

## 4.3 作動

トルクモータ方式の自動 Δアリングウインチには前述のように普通ワードレオード方式が使われており、電動機を 1 台ですまそうとするとその出力は相当に大きくワードレオード方式以外に適当な方式は見い出せない。これがトルクモータ方式を高価なものとする最大の原因となっている。当社では先に「HDK 形差動歯車ウインチ」<sup>(2)</sup> という名のもとに低速用電動機と高速用電動機の 2 台を差動歯車を介してつないだウインチを製作し広く荷役用として採用されている。自動 Δアリングウインチでもこのウインチのように電動機を張力調整用トルクモータと係船作業用高速電動機の 2 台に分けてやればトルクモータは小容量となり安価な巻線形誘導電動機を使用でき、また高速用電動機にはカゴ形誘導電動機が使える。このアイ

デアをそのまま実現したのがこの自動 Δアリングウインチでトルクモータ式ではだんぜん経済的なものとなっている。

### (1) 張力調整時の作動

ウインチには張力設定器が設けられており、この設定器をある値に設定し「自動」に入れるとトルクモータのブレーキがゆるみ、トルクモータは規定のトルクを出しロー張力を監視しつつ修正してゆく。このとき高速用電動機はブレーキされたまま停止している。トルクモータ式でも各軸受の摩擦力のため張力を一定に保つことは不可能で一定の不感域を有し、特性曲線は図 4.4 のような形になる。

### (2) 係船作業時の作動

係船作業時には主幹制御器により普通のウインチとして作業することができる。

速度ノッチは 3 ノッチで

(1) 「1 ノッチ」は高速用電動機をブレーキしてトルクモータのみを回転させて微速をうることができる。

(2) 「2 ノッチ」はトルクモータと高速用電動機の 8 極側の回転を加算して定格速度を得ている。

(3) 「3 ノッチ」はトルクモータと高速用電動機の 4 極側の回転を加算して高速度が得られる。

すなわちこの使用法は「HDK 形」差動歯車ウインチと同じで、特性曲線を図 4.5 に、主回路電路接続を図 4.6 に示す。

張力を検出し、繰出し巻込み動作を行なわせ、他の時間は電磁ブレーキをかけて電動機回路を開放しておく方式も考えられ一部には実船に採用された。しかしながら船舶は寄港地の条件や外洋からのスウェル(うねり)の影響などによりロー張力の変化は必ずしも漸变的なものでなく、非検出期間に大きな張力変化が起こり係船装置やローを損傷するおそれがある。当社ではこのようなあらゆる外的条件の変化にも対応して十分な特性を発揮し、しかも経済的考慮をはらって小形の巻線形トルクモータを用いた自動 Δアリングウインチを標準化した。

### 4.1 特長

(1) 係船中は常時張力を監視し修正する巻線形トルクモータ式で、回転子の  $GD^2$  が小さく大きな加速トルクをもっているので動作は円滑で応答が速い。

(2) 常時張力修正動作を行なうため高い速度で巻込みや繰出しを行なう必要がなく、自動調整に必要な最小容量のトルクモータですみ、したがって発生損失も僅少である。

(3) トルクモータの他に差動歯車を介して作業用の高速電動機を備えているので係船時の作業性が高い。

(4) ロー張力の設定はトルクモータの二次抵抗調整のみで簡単に行なえるので、必要により船橋において全ウインチの集中監視操作ができる。

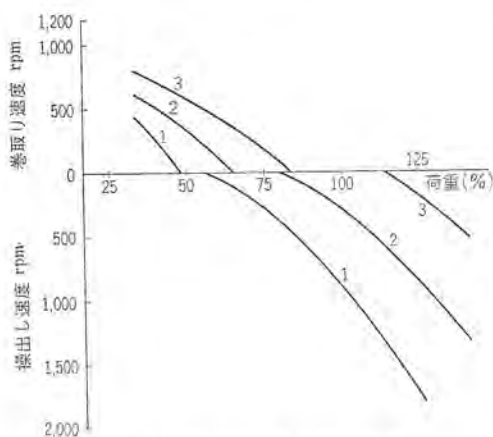


#### 4.4 構造

##### (1) 機械部分

歯車列は図 4.3 に見られるごとくで巻胴は2台の電動機により差動歯車を介して駆動されている。

差動歯車は太陽歯車、遊星歯車にカシ歯車を用いたもので太陽歯車の内1個は高速用電動機とギヤカップリングでつながり、他の1個はトルクモータと減速機で連結されている。両電動機の回転はこの差動歯車により加算された後、さらに減速機で減速されて巻胴に伝えられている。歯車はニッケルクロム鋼、炭素鋼、特殊鋳鋼でいずれも歯切前適当な硬度に熱処理され、高精度の歯切盤で歯切されており、広い歯幅と相まって十分な耐磨耗性をもっている。潤滑は油浴はねかけ式を採用している。巻胴軸の軸受には鉛青銅を裏金として使用し他の軸受には全部 ボールベアリングを使用している。カシ歯車の軸受はラジアル形とアンギュラ形のボールベアリングでスラストに対し十分な容量をもっている。歯車室内に納められた軸受は歯車の飛まつによるはねかけ潤滑方式であり、巻胴軸一端の軸受のみは鎖による給油となっている。巻胴は軸上に回転できるように取り付けられており カシ合クラッチを動かすことにより着脱でき、また巻胴にはブレーキが設けられ、ブレーキハンドルを回すことにより強い制動力を与えることができる。歯車間、軸受およびこれらをつなぐ台床は鋼板溶接製で十分な剛性をもたせている。



5 Kg·m 440 V 60 c/s 6P 11.2A CONT  
図 4.4 トルクモータ特性  
Fig. 4.4 Torque motor characteristic.

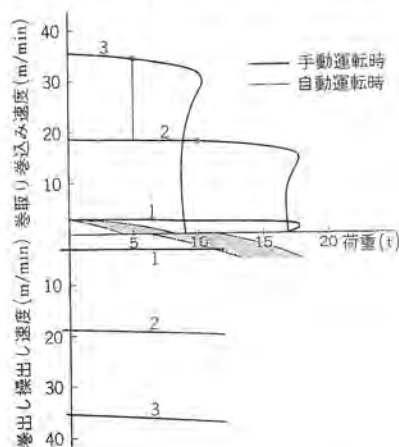


図 4.5 三菱自動ムアリングウインチ 速度荷重特性 (定格 10 t×18 m)  
Fig. 4.5 Speed load characteristics of Mitsubishi automatic mooring winch.

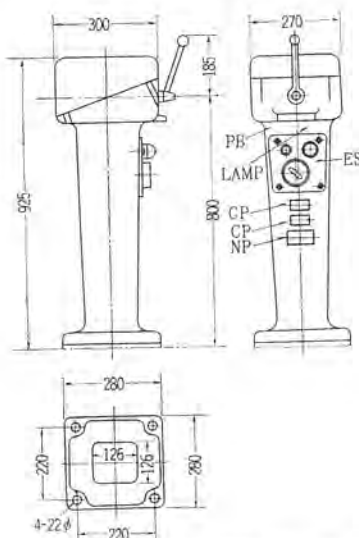


図 4.7 主幹制御器外形寸法図  
Fig. 4.7 Outline dimensions of master controller.

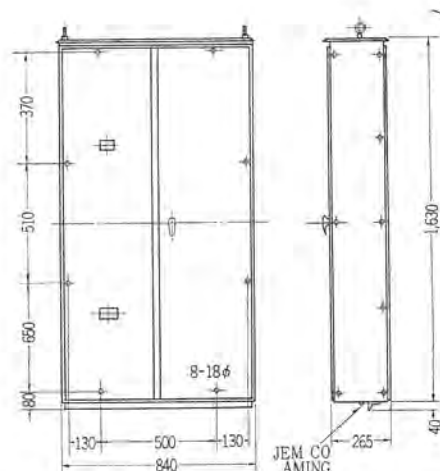


図 4.8 電磁接触器盤外形寸法図  
Fig. 4.8 Outline dimensions of magnetic contactor.

また歯車間には点検用ののぞき窓、油面計、掃除穴などを設け、内面には耐油塗料が塗布されている。

##### (2) 中高速用電動機

中高速用電動機は 4/8 極、カゴ形 2 段速度の電動機で反直結側に直流 ディスクブレーキを備えている。この電動機は従来の ウィンドラス または ムアリングウインチ 用電動機とほとんど同一構造の全閉防水自己冷却形を採用しているので取り扱いがきわめて簡単である。電動機固定子巻線および ブレーキコイル はいずれも B 種絶縁とし船用としてすぐれた絶縁特性をもたせてある。また従来の 3 段速度の電動機よりも  $GD^2$  が大幅に減少しているため ブレーキライニングの摩耗は著しく減少し長い寿命を維持することができる。

##### (3) トルクモータ

トルクモータは自動トルク調整を行なうためのもので 6 極の巻線形、全閉防水強制通風形の モータ で反直結側に直流 ディスクブレーキ および冷却用 ファン を備えている。この電動機は低速時の回転子位置による トルク の変動が発生しないような特別な設計とし、かつ定格 トルク において長時間連続拘束されても十分安全な温度上昇になるよう設計されている。

##### (4) 制御装置

制御装置は防水形主幹制御器と電磁接触器箱および ロー 張力設定装置からなっている。主幹制御器は鋳鉄製防水 スタンド で図 4.7 はその外形を示す。巻出し、巻取り、おのおの 3 ノッチ とし、ピラ 一部分には自動切換用押し ボタンスイッチ と自動運転表示 ランプ および非常停止スイッチを組み込んである。電磁接触器盤は防滴壁

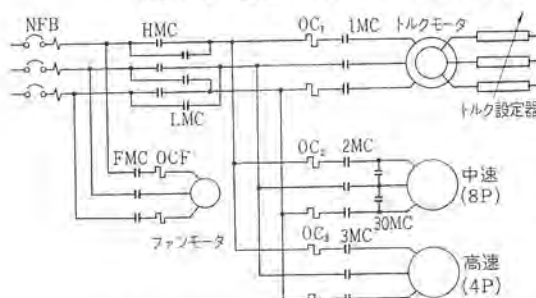


図 4.6 自動ムアリングウインチ 主回路接続図  
Fig. 4.6 Connection diagram of automatic mooring winch main circuit.

掛形とし制御に必要なすべての器具類を収納しており主幹制御器により遠隔制御される。図 4.8 は電磁接触器盤の外形を示す。

ロー 張力設定器はトルクモータのトルク調整抵抗とトルク設定用ダイヤルを組み込んでいる。トルク調



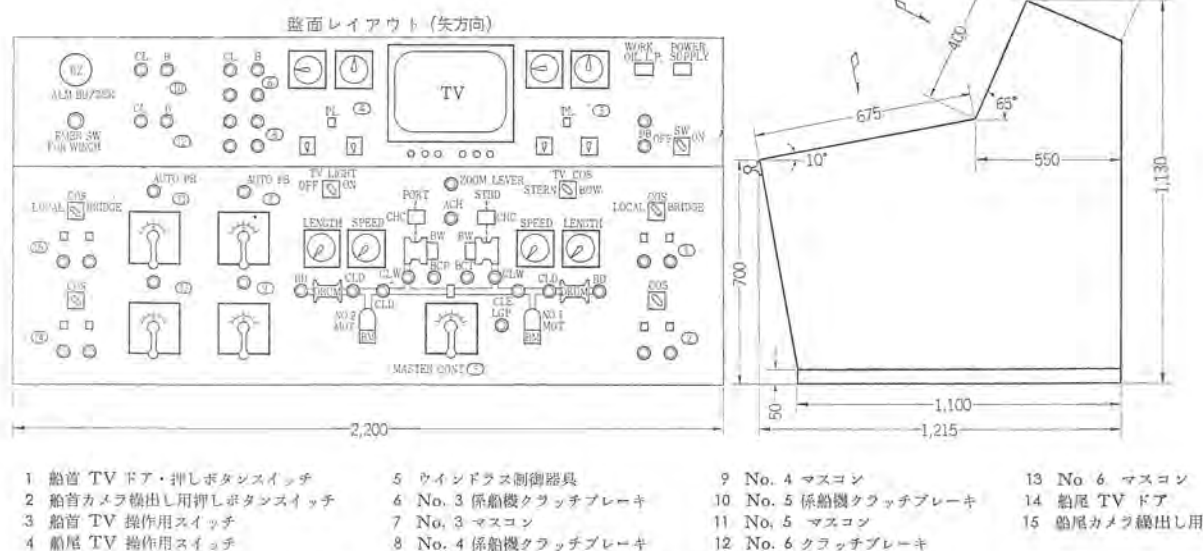


図 4.9 船橋操縦盤 Fig. 4.9 Bridge steering panel.

整抵抗には LG 形 スチルス 製抵抗器を用い電動機冷却 ファンにより強制冷却させている。抵抗器はトルク設定ダイヤルとともに防水ケースに収納し電動機下部にコンパクトにまとめて設置される。

#### 4.5 運転と制御

(1) 自動 Δアリソグとして使用するときにはトルクモータのみ運転しロー張力に応じて巻込み、繰出しを行ないロー張力が常に設定張力になるように制御している。張力設定範囲は 4, 6, 8, 10t の 4 段階になっており、ウインチに設けた張力設定ダイヤル操作により希望するロー張力にセットできる。係船作業時には主幹制御器の操作により普通のウインチとして運転することができ低速、中速、高速の 3 ノッチがあり、ローの巻取り、巻出し作業を行なうことができる。

#### (2) 自動運転操作

まず、主幹制御器 ハンドル を操作して手動でローを巻取りローに適当な張力を与え、次に希望するロー張力にトルク設定ダイヤルをセットし、主幹制御器に設けた自動運転押しボタンを操作することにより自動に切り換えることができる。自動運転は主幹制御器に設けた運転表示ランプにより確認される。この状態ではトルクモータのブレーキはゆるみロー張力設定値に応じた停動トルクを出し設定値になるまでローの巻込み、繰出しを行なう。トルクモータは連続運転しているので常時ロー張力を監視しており、ローに異常過負荷がかかったときにもただちに繰出し動作を行なうから安全な運転を行なうことができる。また、非常のときには主幹制御器の操作によりいつでも手動に切り換えることができ、また、非常スイッチの操作により停止することもできる。なおトルクモータは小容量の巻線形誘導電動機を使用しており、停動運転時の消費電力は約 6kW 程度にすぎない。

#### (3) 手動運転操作

主幹制御器のハンドル操作によりただちに自動から手動運転に切り換わり巻取り、巻出し操作を手動で行なうことができる。非常スイッチの操作でいつでも停止でき、停止後の再起動はいったん停止ノッチにもどしてからでないと手動、自動運転とも行なえないようになっている。

#### (4) 保護装置

係船中強風などにより異常に張力が増大し続け、トルクモータの繰出し速度で追従できない状態が発生したときはトルクモータの二次電圧の上昇により検出して警報するとともに中速電動機 (8 極) に切り換えて繰出しを行ない、トルクモータの過速を防止し、さらにロー張力が安全な自動調整範囲にもどると再びトルクモータにより張力監視を行なわせるようにしている。高速と中速 ノッチ 切換時の負荷選択装置および無電圧、過負荷などの一般的な保護装置はウィンドラス、カーゴウインチなどと同様に装備されている。

#### (5) 集中監視制御

船首尾のウィンドラス・Δアリソグウインチ および船体中央部の Δアリソグウインチなどを船橋において一括して監視操作を行なう形態が採用される傾向にあり、補助装置として工業用テレビが使用される。図 4.9 は船橋操縦盤のレイアウトの一例を示す。

### 5. む す び

自動 Δアリソグウインチ は係船装置の合理化において顕著な効果をもっているので広く各種船舶に実用され始めている。変動の多い外的条件に対して、どのような特性、形式のものが最適であるか、スラックロー巻取り速度の大小など実船データの集積により解決すべき問題も多少残されているが、外国製品の仕様、実績と種々の調査より当社の巻線形トルクモータ式は自動 Δアリソグウインチとして多くの特長とすぐれた性能を有しており広く船舶自動化に貢献しうると信ずる。

#### 参 考 文 献

- (1) 和田：「電動自動 Δアリソグウインチ」  
「船舶」35 6 号 P 648
- (2) 和田・熊本・新良・元木：「3t 差動歯車ウインチ」  
「三菱電機技報」36 No. 8 P 56 (昭 37)
- (3) 有働・熊本・富永：「最近の特殊甲板補機」  
「三菱電機技報」36 No. 8 P 48 (昭 37)



# 船用多点温度監視装置

田 井 昌 輝\*

## Temperature Scanning Monitor for Marine Use

Kōbe Works Masateru TAI

Temperature scanning monitors are measuring instruments capable of supervising measuring points of many positions with one unit. The measuring points are automatically scanned one by one with a scanner to make supervision and alarming operation. It is also feasible to read the measurement of any desired point by the indicator through manual operation of the apparatus.

In this article are described the construction, operating principle and performance of those devices manufactured by the Company and equipped on board of Norwegian tanker "Mos King" and "Mos Queen" built in the Nagasaki Shipyard. One example of the specification involves the measuring point number of 24 at the maximum, the alarming temperature 70°C, the measurement range 0~100°C and the scanning speed about 1.07 sec. for one point.

### 1. ま え が き

近年船舶自動化に伴い、各計測点の測定値の記録、監視などには、データロガが採用される機運にある。しかし、データロガは価格がかなり高く、現在ではすべての船にデータロガを積載することは困難であり、また実際問題としても簡単な監視、指示動作のみでよい場合も多い。この装置はこのような場合に適するよう機能の簡略化と保守の容易さおよび低価格を目標として製作した。

多点温度監視装置は1台の計器で多箇所の測定点を監視するもので、測定点をスキナにより順次自動的に走査し監視警報動作を行なうとともに、押しボタンにより手動で任意の測定点の値を指示計で読みとることも可能である。

本機は三菱重工工業株式会社長崎造船所建造タンカ船 Mos King, Mos Queen 号（ノルウェー船）にとう載され、現在外国航路航海中であるが、ここではこれについて報告する。

### 2. 仕様および計測箇所

Mos King および Mos Queen 号は姉妹船で、67,300 D.W.T. steam turbine tanker であり、ノルウェー 国籍である。

おもな仕様は次のごとくである。

#### (1) タービン軸受用温度監視、指示装置

測定点数 24  
走査速度 1 点 1 秒  
検出器 CA 熱電対 防水ネジ込み取付形 シース材質 SUS-27 シース外径 3.2φ 耐圧 5 kg/cm<sup>2</sup>  
温度指示計 防滴パネル埋込形自動平衡形指示形 測温範囲 0~100°C 0.5 級  
指示計呼出盤 24 点押し ボタンスイッチ式  
警報設定温度 70°C 全点共通

#### (2) 発電機軸受用温度監視、指示装置

測定点数 16  
走査速度 1 点 1 秒  
検出器 CA 熱電対、防水ネジ込み取付形  
シース材質 SUS-27 シース外径 3.2φ 耐圧 5 kg/cm<sup>2</sup>  
温度指示計 防滴パネル埋込形自動平衡形指示計  
測温範囲 0~100°C 0.5 級  
指示計呼出盤 16 点押し ボタンスイッチ式  
警報設定温度 70°C 全点共通

表 2.1 タービン軸受用温度計の計測箇所

No.	測 定 個 所	常用温度 (°C)	警報温度 (°C)	温度検出器	検出端までの距離 (m)
1	HT・U PR B E T N E FORE-BEARING	50~60	70	クロメル-アルメル	29.5
2	AFT-BEARING	"	"	ニアロバック	27.5
3	THRUST-BEARING	"	"	シース外径 3.2mm 材質 SUS27 耐圧 5 kg/cm <sup>2</sup>	29.5
4	MR AET IDIG NUOE CNA R 2nd WHEEL FORE-BEARING	"	"	(全箇所同一)	28
5	" " AFT-BEARING	"	"		26
6	LT・U PR B E T N E FORE-BEARING	"	"		36
7	AFT-BEARING	"	"		24
8	THRUST-BEARING	"	"		36
9	MAIN-THRUST BEARING	"	"		40
10	H R P E D S U I C I D T E I G O E N A R 1st PINION FORE-BEARING	"	"		26.5
11	" " MIDDLE-BEARING	"	"		26
12	" " AFT-BEARING	"	"		25.5
13	1st WHEEL FORE-BEARING	"	"		25
14	" " AFT-BEARING	"	"		23.5
15	2nd PINION FORE-BEARING	"	"		23.5
16	" " AFT-BEARING	"	"		30
17	LR E PD U SC U ITG DIE EOA NR 1st PINION FORE-BEARING	"	"		32
18	" " AFT-BEARING	"	"		30.5
19	1st WHEEL FORE-BEARING	"	"		31
20	" " AFT-BEARING	"	"		29.5
21	2nd PINION FORE-BEARING	"	"		29.5
22	" " AFT-BEARING	"	"		42
23	SPARE				
24	"				
CH R	FOR CHECK FOR RESET				



表 2.2 発電機軸受用温度計の計測箇所

No.	測 定 個 所		常用 温度 (°C)	警報 温度 (°C)	温 度 検 出 器	検出端ま での距離 (m)	
1	No. 1. GENERATOR TURBINE	THRUST BEARING	50~60	70	クロメル—アルメル エアロバック シース外径 3.2mm 材 質 sus 27 耐 圧 5kg/cm <sup>2</sup> (全箇所同一)	20	
2		FORE BEARING				※	※
3	PINION FORE-BEARING	※				※	※
4	PINION AFT-BEARING	※				※	※
5	WHEEL FORE-BEARING	※				※	※
6	WHEEL AFT-BEARING	※				※	※
7	No. 1 GENERATOR AFT-BEARING		※	※			※
8	No. 2 GENERATOR TURBINE	※	※	※			15
9		THRUST BEARING	※	※			※
10	FORE BEARING	※	※	※			
11	No. 2 GENERATOR TURBINE REDUCTION GEAR	PINION FORE-BEARING	※	※			※
12		PINION AFT-BEARING	※	※			※
13		WHEEL FORE-BEARING	※	※			※
14		WHEEL AFT-BEARING	※	※			※
15	SPARE						
16	※						
CH	FOR CHECK						
R	FOR RESET						

表 2.3 ボイラ用温度計の計測箇所

No.	測 定 個 所		常用 温度 (°C)	温 度 検 出 器	耐圧 kg cm <sup>2</sup>	検出端まで の距離 (m)
1	S. T. B. O BOILER	UPTAKE GAS	155	クロメル—アルメル シース外径 15 mm ＊ 材質 SUS 27 (全箇所同一)	5	22
2		AIR HEATER OUTLET	140		5	19
3		DESUPER HEATER OUTLET	320		43	21
4		ECONOMIZER OUTLET	190		54	23
5		F.O. BURNER INLET	120		20	19
6	S. T. B. O & PORT BOILER FEED WATER -		140		54	16
7	PORT BOILER	UPTAKE GAS	155		5	19
8		AIR HEATER OUTLET	140		5	15
9		DESUPER HEATER OUTLET	320		43	16
10		ECONOMIZER OUTLET	190		54	19
11		F.O BURNER INLET	120		20	15
12	1st FEED WATER HEATER OUTLET				9	40
CH R	FOR CHECK FOR RESET					

表 2.4 一般用温度計の計測箇所

No.	測 定 個 所	常用温度 (°C)	温度検出器	検出端まで の距離 (m)
1	L. O. MAIN TURBINE INLET		Pt 50 Ω (0°C) 三線式 シース外径 14 mm 材質 SUS-27 耐圧 5kg/cm <sup>2</sup> (全箇所同一)	20
2	MAIN L. O. COOLER INLET			40
3	L. O. No. 1 GEN. TURBINE INLET			30
4	L. O. No. 2 GEN. " "			25
5	COOLING MAIN CONDENSER INLET			40
6	SEA WATER " " OUTLET			32
7	L. O. No. 1 FEED PUMP TURBINE INLET			32
8	L. O. No. 2 " " " "			30
9	L. O. No. 3 " " " "			27
10	DRAIN INSIDE OF ATMOS. DRAIN TANK	90		30
11	STERN TUBE L. O. INLET			
12	" " BEARING			
13	No. 1 GENERATOR STATOR WINDING	R		20
14		S		"
15		T		"
16	No. 2 GENERATOR STATOR WINDING	R		15
17		S		"
18		T		"
CH	FOR CHECK			
R	FOR RESET			

## (3) ボイラ用温度計

測定点数 12

検出器 CA 熱電対

船用多点温度監視装置・田井

温度指示計 防滴 パネル

埋込形自動平衡形指示形  
測温範囲 0~500°C

0.5 級

指示計呼出盤 12点押しボ  
タンスイッチ 式

## (4) 一般用温度計

測定点数 18

検出器 測温抵抗体  
Pt 50 Ω

温度指示計 防滴 パネル

埋込形自動平衡形指示計  
測温範囲 0~120°C

0.5 級

指示計呼出盤 18点押しボ  
タンスイッチ 式

機器設定箇所の周囲条件は

周囲温度 40°C

動 揺 22.5 度

船体傾斜 横 14 度

縦 10 度

振 動 複振幅

1,000 c/m, 3 mm 以内

電 源 AC 115 V

60 c/s

で、NV 規格が適用される。

なお各機器の計測箇所を表 2.1  
~2.4 に示す。

## 3. 構成および動作概要

この装置は図 3.1 のブロックダイヤグラムに示すように、タービン軸受用、発電機軸受用、ボイラ用および一般用の 4 組から成っている。タービン軸受用と発電機軸受用とはまったく同じ構成内容であり、温度の監視をする警報回路部と、温度測定をする温度指示回路部とに大別される。

## 3.1 温度指示回路部

温度の検出素子(熱電対)と測定箇所を選択指示する手動呼出盤、温度指示計があり、手動呼出盤の指令によって呼出点の入力を温度指示計に接続するリレーを有している。

手動呼出盤の押しボタンを押すと、リレーが動作し、押しボタンに対応した測定箇所の熱電対が冷接点補償器を経て、指示計に接続さ

れ温度を知ることができる。

指示計には AR-600 形自動平衡形指示計を用いているため、精度が高く、また リレー には、特殊接点のワイヤスプリングリレーを用



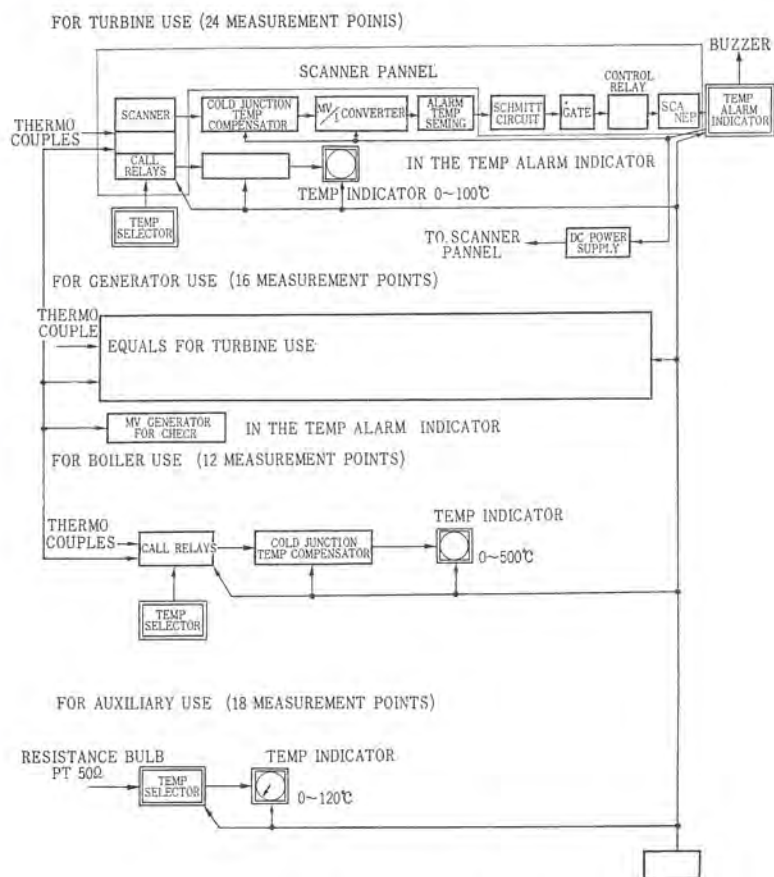


図 3.1 ブロックダイアグラム  
Fig. 3.1 Block diagram.



図 3.2 手動呼出盤外観  
Fig. 3.2 Appearance of manual operating calling panel.



図 3.3 警報盤外観  
Fig. 3.3 Appearance of alarming panel.

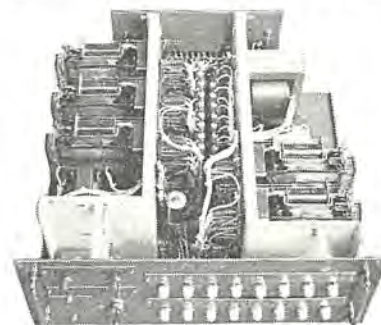


図 3.4 警報盤内部  
Fig. 3.4 Interior of alarming panel.



図 3.5 制御盤の一部 (Mos King 号)  
Fig. 3.5 Part of control panel.

いているので、非常に信頼性が高い。

図 3.2 に発電機軸受用温度計 16 点の手動呼出盤の外観図を示す。

### 3.2 警報回路部

警報回路部は測定温度が警報設定温度を越えた場合に、警報を発するもので、スキャナ、冷接点補償器、mV/I 変換器、警報設定器、シュミット回路、警報盤から成っている。

測定箇所は、スキャナはよって一定周期で走査され、自動的に順次選択されて行く。スキャナによって選択された入力値は、冷接点補償器により室温補償されたのち mV/I 変換器に送られる。mV/I 変換器は低起電力を次段のシュミット回路を働かせるに十分な電圧に増幅するためのものである。(図 3.6 シーケンス図参照)

警報温度設定器により設定された警報値よりも測定温度が高い場合には、シュミット回路が動作し、警報出力信号が発生する。こ

の信号は、ゲート回路を経て、制御リレーを動作させる。

制御リレーの出力信号はスキャナを経て、警報盤に送られ、スキャナにより入力点に対応した警報リレーを動作させて、異常箇所の警報ランプを点灯し、ブザーを鳴らすようになっているので、温度の異常点が一目でわかる。なお、温度が正常値に復帰した場合には警報ランプも自動的に消灯するようになっている。

図 3.3 に発電機軸受用温度計 16 点の警報盤外観図、図 3.4 に同内部図を示す。

### 3.3 チェック回路

この装置にはチェック回路を内蔵しており、随時押しボタンにより、指示計および警報回路をチェックして、動作の確実性を期している。すなわち、手動呼出盤のリセットボタンを押すと、全部がリセットされ、いずれの測定点も接続されなくなり、かわりに 0°C に相当する入力が指示計に加わる。また、CH ボタンを押すと警報設定温度よりすこし高めの等価基準電圧が mV 発生器より指示計および警報回路に送られ、指示計および回路がチェックされる。警報回路が正常であれば、“CHECK OK” の表示灯がつくようになっている。

以上は、タービン軸受用および発電機軸受用についての動作概要であるが、ボイラ用および一般用は温度指示回路部のみで警報回路部はなく、また、一般用温度計の温度検出素子は測温抵抗体である点だけが異なっている。

図 3.5 にこの装置が取り付けられている制御盤の外観図を、図 3.6 に全シーケンスを示す。







ボイラ用の温度検出器には、やはりクロメル-アルメル熱電対を用いているが、高耐圧 (20~55 kg/cm<sup>2</sup>) が要求されるので、シース外径 15 mm SUS-27 を用いている。

一般用の温度検出器は白金測温抵抗体を用い、三線式配線である。測温抵抗体はその構造上、とくに耐振性に注意が必要で、十分な耐振構造のものを用いなければならない。本船には酸化アルミナを充てんし、1,800 C/M 20 mm 複振幅の振動にも耐えるものを使用した。

#### 4.2 スキャナ

スキャナは警報回路部に必要なもので測定箇所を一定周期で順次走査して、警報判別器に接続するとともに、測定箇所が異常であった場合、異常箇所を表示するための分配機能をもったものである。

スキャナは図 4.1 に示されるように入出力を接続するリレー群と、これらのリレーを制御するための論理回路から成っている。

論理回路のクロックパルスには電源周波数を用い、これを、8 進スケラ 2 段で分周し、走査リレー切換用のタイミングとしている。通常は 1/60 に分周して、1 秒ごとに走査リレーを切り換えるのであるが、走査点数が 24 点と少ないため、すこし長目であってもよいことと、なるべく標準カードの数を少なくして、保守点検を容易にするため、8 進スケラ 2 段としている。したがってリレー切換周期、すなわち走査は 1 点あたり約 1.07 秒である。また、走査点数が 24 点の場合最終段スケラは 6 進でよいわけであるが、これも上と同じ理由で、8 進スケラを採用している。なおこの装置では走査点数はタービン軸受用 24 点、発電機軸受用 16 点であるが、これには予備が 2 点含まれており、当初の使用点数はそれぞれ 22

点および 14 点である。そこで、走査を 24 点および 16 点としてもよいのであるが、監視の時間間隔を極力短くしてむだ時間をはぶくために切上げ走査を行なっている。すなわち 4 進×8 進=32 進となりこのままでは、1 周期 32 点となってしまうところを走査切上げ用リレー KR の動作によってリセットラインを切りはなし、最初の位置へリセットさせて、希望の点数になるよう工夫してある。

図中のデコーダは 2 進化符号を 10 に変換するもので、スケラの出力信号と、走査リレーを結びつけるものである。

ゲート回路は通常は閉じており、mV/I 変換器に入力が接続された後、十分に mV/I 変換器の出力が安定した時点に開くようになっている。そのタイミングは走査リレーの切換信号から 56 パルス後にゲートが開き、62 パルス後に閉じる。すなわち、走査リレーが切り換わった後、約 0.93 秒後にゲート回路は開き、0.1 sec 間だけゲートが開いている。この 0.1 sec 間に、制御リレーおよび警報リレー回路が動作完了する。

警報回路部をチェックする際、基準電圧を入力から加えると同時に他の測定入力を全部切りはなす必要がある。

チェックボタンを押すとリレー K<sub>42</sub> が働き、スケラを全部リセットするとともに、走査リレーを全部 OFF にする。そして、走査が停止するためゲート回路を、やはりリレー K<sub>42</sub> によって強制的に開いてやっている。

その他、スキャナの動作チェックあるいは故障時の点検に便利のように、走査の自動-手動切換スイッチがついており、手動にしてクロックスイッチにより点検可能となっている。

これらの回路は図 4.2 のごとく、走査リレー、制御リレー以外の

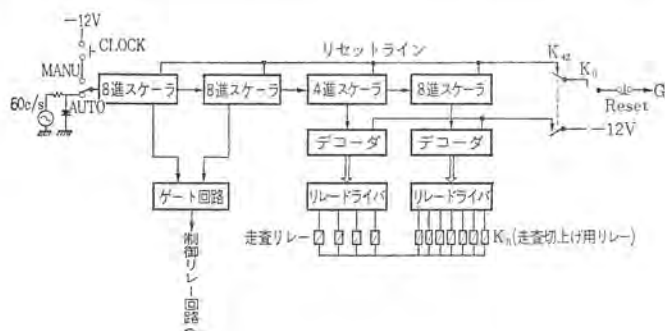


図 4.1 スキャナブロック回路図  
Fig. 4.1 Internal connection of scanner block.



図 4.2 スキャナ内部  
Fig. 4.2 Interior of scanner.

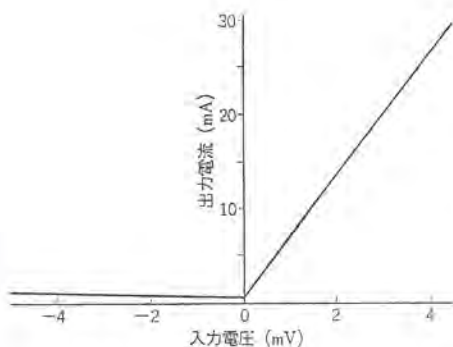


図 4.3 mV/I 変換器の入出力特性  
Fig. 4.3 Input-output characteristics of mV/I transducer.

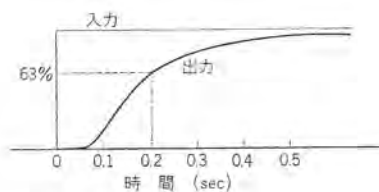


図 4.4 mV/I 変換器の応答特性  
Fig. 4.4 Response characteristics of mV/I transducer.



図 4.5 シュミットトリガ特性  
Fig. 4.5 Schmitt trigger characteristics.



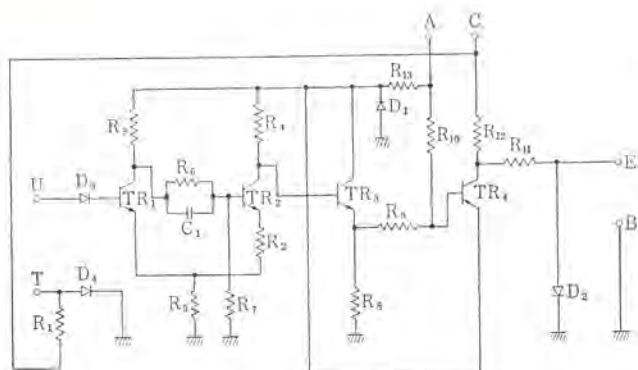


図 4.6 シュミット回路  
Fig. 4.6 Schmitt circuit.

論理回路はすべてトランジスタ化されており写真の前側部分に見えるようにプリントカード式になっているため、保守点検が容易であり、また、信頼性が高い。写真の後側の部分に入っているのが走査リレーと、温度指示回路部の入力接続用リレーである。リレーには特殊接点のワイヤスプリングリレーを用いており、制御リレーには、リードリレーを用いて信頼度をあげている。

#### 4.3 mV/I 変換器

mV/I 変換器は、微小起電力を電流に変換する一種のチョッパ増幅器であり、自動平衡形温度指示計とともに、三菱工業計測器シリーズの標準品<sup>(1)</sup>を用いている。警報温度は 70°C であるから、この時の熱電対出力電圧は約 2.87 mV である。この電圧を 0.5% 以上の精度でシュミット回路をトリガするために入力電圧 2.5 mV 出力電流 4-20 mA の高感度形 mV/I 変換器を用いており、その入出力特性、応答特性を図 4.3、4.4 に示す。負荷抵抗は 1.5 kΩ で警報温度では約 27V が得られ、警報設定値の変更は負荷抵抗の調整で行なっている。

#### 4.4 シュミット回路

シュミット回路は mV/I 変換器の出力電圧が警報設定値より大きい小さいかを判別して、大きい時すなわち、警報設定温度より測定温度が高い時に制御リレーを働かせる出力信号を出すものである。その性能は図 4.5 に示すとおりで、シャープな跳躍特性により安定した 2 位置の制御信号 (ON-OFF 信号) を出すことが

できる。ヒステリシス幅は 20 mV 以下で非常に安定しており、図 4.6 の回路図に示すごとく全部シリコントランジスタを使用している。

### 5. 構造

船用機器は陸上用機器に比べてその使用環境の性質上特殊な構造が要求される。本機は図 3.5 の写真に示されるようにコントロールデスク上にはめ込まれて使用されるため、形状寸法に最初から若干の制約がありそのため標準品を全面的に採用できなかった。形状としては軸面につくものは、原則として、防滴形のパネル埋込形で、盤内に取り付けられるものに対しては防じん形程度とした。船用でとくに注意すべき点は耐振動性であり、これが対策としては、各部品、要素に対して前もって振動試験を行ない、十分に耐え得るものを使用するとともに、部品の取り付けに対しても細心の注意を払った。すなわち、トランジスタはプリント基板にヒモでしぼり、大きな部品はリード端子だけではなく機械的に完全に保持し、また温度指示計のサーボンプや mV/I 変換器のアンプ回路などは、全体をシリコンで充てんするなどの対策を講じている。また、機構部品に対しても、重要部分はすべてクロムメッキとして耐食性を増大させるとともにスキヤなどリレーの入っている部分は防じん構造を密にしている。適用規格は NK 規格のほかノルウェー船であるため NV 規格にも合格するよう製作されていることはもちろんである。

### 6. むすび

以上 Mos King, Mos Queen 号に積載された多点温度監視、指示装置についての概要を述べた。船用はそれぞれ特殊仕様が多く、標準品がそのまま使えないことが多いが、今後これらの最大公約数的なものをつかみ、船用品に対する標準品を作成することが必要であると思う。陸上用の標準品に対しては別の機会に報告する予定である。

最後に、この製作にご助力いただきました三菱重工業長崎造船所、当社長崎製作所、神戸製作所計測器製造部の関係各位に感謝します。



# ディーゼルエンジン用平均有効圧力計

多田 智彦\*・植田 剛夫\*

## Indicated Mean Effective Pressure Meters for Diesel Engines

Kamakura Works Tomohiko TADA・Takao UEDA

Indicated mean effective pressure meters for diesel engines are devices equipped to engines in operation and capable of measuring automatically and instantly the mean effective pressure of each cylinder, doing away with the conventional troublesome and inaccurate methods. In the present trend of the automatic control of the marine vessels the device proves very effective in constant monitoring of the engines during operation. Pressure pickups and rotary pickup are mounted on the engine; the outputs from the pickups are fed to a computer through a scanner. Then analog methods are applied to the calculation of the result with each cylinder so as to be indicated on the meter. This paper reports the outline of new model MP-102, an improved model on accuracy stability and durability.

### 1. ま え が き

最近の船舶自動化の動向はめざましいものがあり着々その成果を上げているが、ディーゼルエンジンの平均有効圧力だけは、相変わらずの方法でインジケータを用いて手間をかけて測定している。

また、自動化船といわれる船の場合でも単に圧力波形をブラウン管上に示すにとどまっている。

当社では前に国鉄鉄道技術研究所のご指導により鉄道車両用エンジンの平均有効圧力計を試作したが<sup>(1)(2)</sup>、これには実験室的な要素が多く、実用運転中のエンジンに常時取り付けて監視を行なうには安定性、耐久性、精度の点で多くの問題点が残されていた。

本稿では、船舶自動化の要求から航海中の全期間にわたって平均有効圧力の自動計測を行なうことを目的として、前回製作品を種々の点にわたって改良した MP-102 形についてその概要を述べる。

### 2. 測定原理の概要

内燃機関の平均有効圧力とは、ピストン位置によって変動するシリンダ内部の圧力に対し、ピストンの上向行程では圧力 0、下向行程のみある一定圧力  $P_{mi}$  が作用したと置き換えたときのこの  $P_{mi}$  をいう。

エンジンのシリンダ圧力とシリンダ内部容積の変動の関係を指示指圧線図は 4 サイクルの場合 図 2.1 で ABCDE となり、BCDE で囲まれた面積であらわされる仕事量をストローク容積  $V$  で除したものが本器で測定する指示平均有効圧力  $P_{mi}$  である。

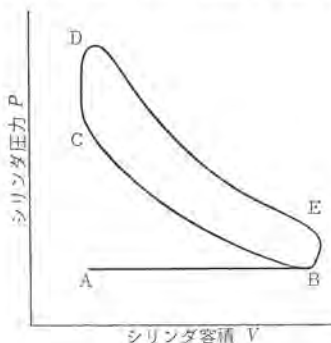


図 2.1 インジケータ線図  
Fig. 2.1 Indicating diagram.

すなわち

$$P_{mi} = \frac{1}{V} \int P dV \quad (2.1)$$

ここで  $P$ : シリンダ圧力

$V$ : シリンダ容積

$V$  をピストンの移動距離で置き換えると

$$P_{mi} = \frac{1}{2r} \int P ds \quad (2.2)$$

ここで  $r$ : クランク半径

$2r$ : ストローク

$s$ : ピストン移動距離

検出を簡単にするために、さらに式 (2.1) をクランク角度  $\theta$  を用いて変形すると次式で近似される。

$$P_{mi} = \int P (\sin \theta + \frac{1}{2\lambda} \sin 2\theta) d\theta \quad (2.3)$$

ここで  $\theta$ : クランク角度

$\lambda$ :  $l/r$  で  $l$ : コネクティングロッド長さ

$r$ : クランク半径

$\lambda$  は各エンジンにつき決まっている定数である。

この装置では圧力ピックアップにより  $P$  を検出して回転ピックアップに入れ、その出力  $P(\sin \theta + \sin 2\theta/2\lambda)$  を演算回路に入れて式 (2.3) により指示平均有効圧力  $P_{mi}$  を求めるものである。従来の測定法に対する利点その他については参考文献 (2) を参照いただきたい。

### 3. 船舶自動化面からの要求

船舶に実際に装備して一航海の間測定を行なうために、設計基準として次の事項が要求された。

(a) 圧力ピックアップはシリンダヘッドに常時取り付けておくのでカーボンが付着して焼き付くことによりピックアップが作動不能にならないこと。とくに船用機関では低質重油を燃料として使用するでカーボンの発生が激しく十分な考慮が必要である。また常時装着によりピックアップ部は非常な高温となるので材質の検討を十分に行なうとともに必ず冷却を行なうこと。

(b) 圧力ピックアップは各シリンダに 1 個ずつ装備し、手動または電動のスクナナによってスクナニングを行ない全シリンダの  $P_{mi}$  値を短時間に順次測定できること。



- (c) 回転ピックアップは従来の近似法<sup>(1)</sup>による測定では誤差の大きいことが明らかなので方式を変更し精度の向上をはかること。
- (d) 指示器の検定はピックアップ取付前に1回だけ行ない、以後使用全期間にわたって安定した指示をすること。
- (e) 指示器、電源部は制御室内の限られたスペースに置くためトランジスタ化し小形であること。
- (f) 将来船用データロガーに入れることを前提とし、その面も考慮しておくこと。

#### 4. 装置の概要

##### 4.1 全システム

装置は圧力ピックアップ、回転ピックアップ、指示器（電源部を含む）、スキャニングボックス、接続ケーブルから成り、付属部品として給油源、電磁切換弁がある。システム系統図を図4.1に示す。図は簡単のために圧力ピックアップ1個の場合を示しているが、エンジンのシリンダヘッドに取り付けられた圧力ピックアップはシリンダ圧力を電圧に変換し増幅器をとおして回転ピックアップに送る。回転ピックアップからの変調された出力は図2.1のDEに相当するピストンが下向きに動いているときの正の仕事とBCに相当する上向きに動いているときの負の仕事について別々に積分され、差をとって指示計に平均有効圧力として示される。

##### 4.2 各部の説明

###### 4.2.1 圧力ピックアップ

圧力ピックアップは高速マイハックインジータと差動トランスの組み合わせである。内燃機関用圧力ピックアップとしては他に抵抗ヒズミ計式、可動陽極真空管式などがあるがいずれも安定性その他の点で難点があり、船用主機のような比較的低速の機関に対してはマイハック式がもっとも信頼性があると考えられる。このピックアップは図4.2に示すごとく開閉弁と冷却部を有しておりエンジンのシリンダヘッドの検爆孔に取り付けて使用する。エンジンからの圧気は開閉弁をとおしてピストンにかかるが、ピストンはカンチレバーで拘束されているので圧力はストロークに変換され、さらに差動トランスによって電圧に変換される。ピックアップの上部は差動トランスのゼロ点調整機構である。

一般のマイハックインジータではピストン受圧部にカーボンがたまって固着し、数分で作動不能となって掃除をしなければならなかったが、これを解決するため開閉弁を一体に組み合わせて使用時以外はガスを遮断し長時間の連続取付を可能とすることをわかった。開閉弁は油圧式電磁弁によって操作させ、電磁弁の切換は回転ピックアップの巻線切換とともにシリンダ選択のスキャニング回路と連動している。冷却には水または機関潤滑回路の低圧油を利用する。

###### 4.2.2 回転ピックアップ



図 4.3 圧力ピックアップ  
Fig. 4.3 Outside view of pressure pickup.



図 4.4 回転ピックアップ  
Fig. 4.4 Rotary pickup.

##### (1) 計算方法

回転ピックアップにおいては  $P(\sin \theta + \sin 2\theta/2\lambda)$  の計算を行なうが、これには普通のシンクロレゾルバの原理を応用したダブルレゾルバを使用する。図4.5に示すようにダブルレゾルバには  $A_1$ ,  $A_2$  および  $A_3$  で示すレゾルバ用ブースタ増幅器を接続する。入力として圧力  $P$  に比例した電圧を与えると出力からは

$$V_0 = k_2 P \sin \theta + k_1 k_3 P \sin \theta \cos \theta \quad (4.1)$$

が得られる。ただし  $k_1$ ,  $k_2$  および  $k_3$  はそれぞれブースタ増幅器  $A_1$ ,  $A_2$  および  $A_3$  のゲインである。

ここで  $k_1 = k_2 = 1$ ,  $k_3 = 1/\lambda$  と選ぶと式(4.1)は

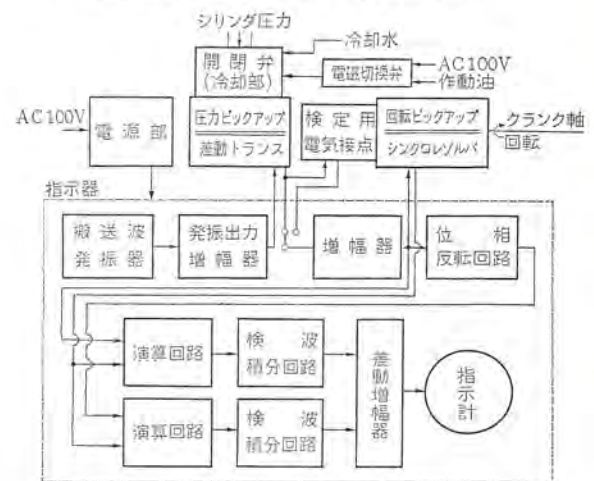


図 4.1 ディーゼル機関用平均有効圧力計系統図  
Fig. 4.1 System diagram of diesel engine mean effective pressure meter.

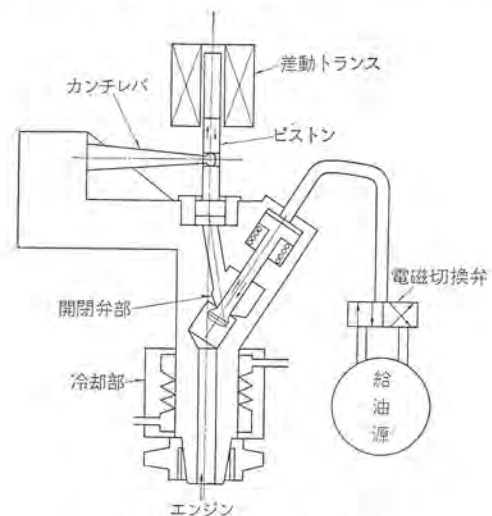


図 4.2 圧力ピックアップ概念図  
Fig. 4.2 Schematic diagram of pressure pickup.

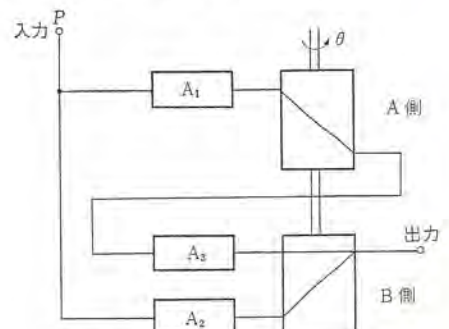


図 4.5 ダブルレゾルバ接続図  
Fig. 4.5 Schematic diagram of double-resolver.



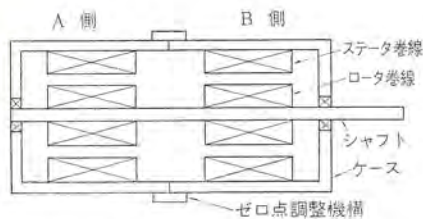


図 4.6 ダブルレゾルバの構造  
Fig. 4.6 Structure of double-resolver.



図 4.7 90 度形 ダブルレゾルバの巻線  
Fig. 4.7 Winding of type 90° double-resolver.

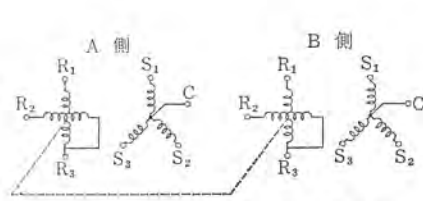


図 4.8 60 度形 ダブルレゾルバの巻線  
Fig. 4.8 Winding of type 60° double-resolver.



図 4.9 指示器  
Fig. 4.9 Indicator.

$$V_0 = P \left( \sin \theta + \frac{1}{2\lambda} \sin 2\theta \right) \dots\dots\dots (4.2)$$

となって求める式が得られる。

#### (2) ダブルレゾルバの構造

ダブルレゾルバの構造は図 4.6 に示すように 2 個の レゾルバ が一軸上に連結されており、おのの巻線が施されている。使用時は両者の ゼロ 点をあわせる必要があるので外部に ゼロ 点調整機構がついている。

巻線の種類は使用するエンジンの気筒数によって変わる。図 4.7 は単気筒、2 気筒、4 気筒など エンジンの爆発が クランク 軸角度で 90 度の整数倍でおこるものに使用する ダブルレゾルバの巻線であり、図 4.8 は 3 気筒、6 気筒、12 気筒など爆発が 60 度の整数倍でおこるものに使用する ダブルレゾルバの巻線である。いずれの場合もロータ巻線を入力側とし ステータ巻線を出力側としている。

#### (3) ダブルレゾルバの使用法

エンジンのクランク軸端にレゾルバの軸を直結するがこのとき各気筒の上死点とレゾルバのゼロ点とを合わせなければならない。また付属の平均有効圧力絶対値校正用の検定接点を任意の気筒に注目して 0~180 度で接、180~360 度で断となるように調節する。

#### 4.3 指示器

指示器は電源、搬送波発振器、増幅器、演算回路および指示計器を収容している。搬送波発振器は安定化され内部の周波数調整器により周波数可変である。この発振電圧は圧力 ピックアップ に入り圧力  $P$  によって変調され増幅器を通して回転 ピックアップ で前記の計算がおこなわれる。回転 ピックアップ の出力は位相反転加算および積分から成る演算回路に入り平均有効圧力が計算されて指示計器によって指示される。

### 5. む す び

この装置を用いて国鉄鉄道研究所車両機器研究室の試験用機関その他の機関について測定を行なった結果、精度および指示の安定性に関しては前回試作品より大幅の向上を示した。測定値の一例を図 5.2 に示す。図中縦軸はこの装置による測定値、横軸は動力計から得られる指示馬力（制動馬力+機械損失馬力）からの計算値である。1 の直線は同じ状態で改良前のものを示し 2 の直線

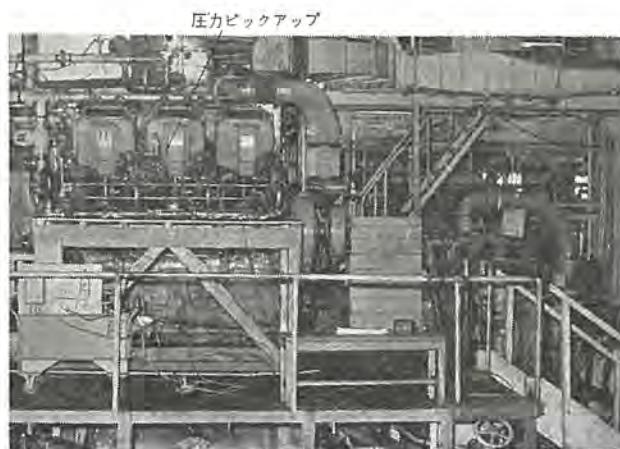


図 5.1 試験状況（三菱長崎 6UEV30/40 機関）  
Fig. 5.1 Indicated mean effective pressure meter in testing.

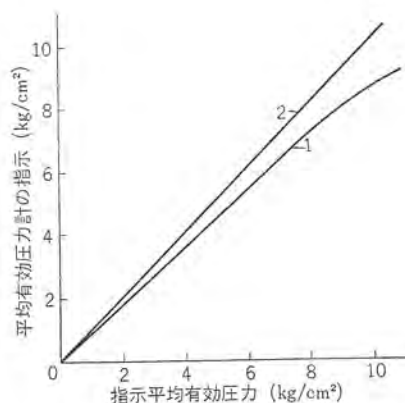


図 5.2 平均有効圧力測定値  
Fig. 5.2 Mean effective pressure measured value.

は ダブルレゾルバ を用いた改良形による測定値であって精度の向上を示している。

ピックアップの耐久性、開閉弁操作の確実性に関しては、なお長期の連続耐久試験が必要であり、現在続行中であるが、この点の確実な結果が得られれば実船に装備されて船舶自動化に寄与するところは大きいと考えられる。

末筆ながら本器の製作、実験に関し終始ご指導、ご協力をいただいた国鉄鉄道研究所車両機器研究室吉田室長に心から感謝の意を表する次第である。

#### 参 考 文 献

- (1) 吉田, 内堀, 大沢, 川島, 市川: 「鉄道技術研究所速報」 58, 216 (昭 33)
- (2) 吉田, 渋谷, 金野: 「三菱電機技報」 36, 1402 (昭 37)



# ブラシレス交流発電機

高原 洋介\*・元 木 知 春\*

## Brushless AC Generators

Nagasaki Works Yōsuke TAKAHARA・Tomoharu MOTOKI

Brushless AC generators are of a new system to be excited by a rotary rectifier and an AC exciter. This is a new exciting system which has done away with such sliding parts as a commutator, slip rings and brushes posing problems in the conventional rotary exciting system and a self exciting AC generator with little hope of improvement. They have also other excellent features of simple maintenance, high reliability and good characteristics because silicon controlled rectifier elements are in use, being regarded a new type of generator. Mitsubishi has built and delivered a 937.5 kVA turbine generator and a 150 kVA diesel generator of this system in succession and are operating successfully. The brushless generator has a promising future.

### 1. ま え が き

同期発電機の励磁方式としては、従来から、発電機軸端に直流励磁機または別置き電動励磁機から直流励磁電力をとるようにした、いわゆる回転励磁方式が採用されてきたのであるが、数年前からセレンまたはシリコン整流器などの半導体整流器を用い、発電機電機子に発生する電力の一部を整流して界磁コイルに供給する、いわゆる自動式交流発電機が盛んに採用されるようになった。この方式では、複巻特性を有し、負荷電流の急変に対して励磁電流がすみやかに応動するため、過渡特性が非常にすぐれている。さらに直流機につきものの整流子がなくなるために、保守点検が容易となり、整流子による事故の危険性がまったく解消された。

しかし、回転している界磁コイルに外部から直流励磁電力を供給するためには、やはり、スリップリングおよびブラシは必要であり、その保守点検の問題は依然として残されていた。

ここで述べるブラシレス交流発電機とは、整流子、スリップリング、ブラシなどのシュウ動部分をすべて取り除いた最も新しい励磁方式であって、保守が簡単なこと、信頼度が高いこと、特性が良好なことなどすぐれた特長を有しており、従来の発電機に代わる新しい発電機として注目される。

当社では、はやくからブラシレス交流発電機の試作試験を続けてきたのであるが、最近に至り下記の3種類6台のブラシレス交流発電機をあいっいで製作納入し、現在好調に運転中であり、さらに今後多数の需要が予想されるので、この機会にその概略を紹介してみる。

### 2. ブラシレス交流発電機

#### 2.1 発電機および励磁機の仕様

今回当社で製作納入した発電機の仕様は次に示すとおりである。

##### (1) 呉造船所納め 150 kVA ブラシレス交流発電機

発 電 機

150 kVA (120 kW)

三相 450 V 60 c/s 600 rpm 12 極

0.8 PF 開放防滴形 B 種絶縁

交流励磁機

5 kVA

三相 110 V 60 c/s 600 rpm 12 極

0.932 PF 開放防滴形 B 種絶縁

規 格 ロイド

台 数 3 台

納入年月 38 年 12 月

##### (2) 三菱重工神戸造船所納め 937.5 kVA ブラシレス交流発電機

発 電 機

937.5 kVA (750 kW)

三相 450 V 60 c/s 1,200 rpm 6 極

0.8 PF 全閉内冷形 (エアクーラ付) B 種絶縁

交流励磁機

7.5 kVA

三相 90 V 60 c/s 1,200 rpm 6 極

0.963 PF 全閉形 B 種絶縁

規 格 AB, AIEE

台 数 2 台

納入年月 39 年 3 月

##### (3) 京大原研納め 5 kVA ブラシレス交流発電機

発 電 機

5 kVA (4 kW)

単相 115 V 60 c/s 1,800 rpm 4 極

0.8 PF 開放保護形 A 種絶縁

交流励磁機

0.3 kVA

三相 40 V 60 c/s 1,800 rpm 4 極

0.972 PF 開放保護形 A 種絶縁

規 格 JEC

台 数 1 台

納入年月 39 年 2 月

上記、発電機のうち、呉造船所向け 150 kVA 発電機と京大原研向け 5 kVA 発電機とは非常用発電機であるが、三菱重工神戸造船所向け 937.5 kVA 発電機は常用主発電機である。また後者の発電機はエアクーラを発電機に載せた全閉形である。これらの発電機の外観を示すと図 2.1, 2.2 のとおりである。

#### 2.2 ブラシレス交流発電機の概要

従来ブラシレス交流発電機としては、小容量のものでは永久磁石発電機など数種類の形式が見うけられるが、ここでは中容量以上



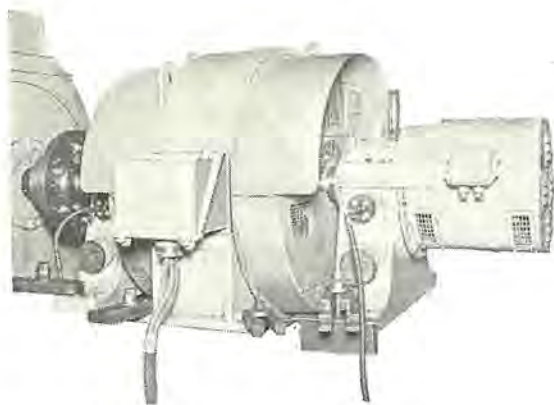


図 2.1 150 kVA ブラシレス 交流発電機  
Fig. 2.1 150 kVA brushless AC generator.

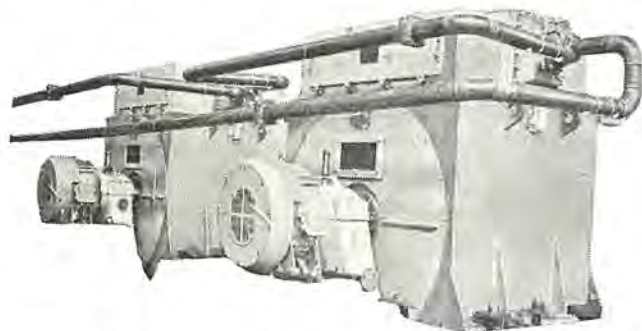


図 2.2 937.5 kVA ブラシレス 交流発電機  
Fig. 2.2 937.5 kVA brushless AC generator.

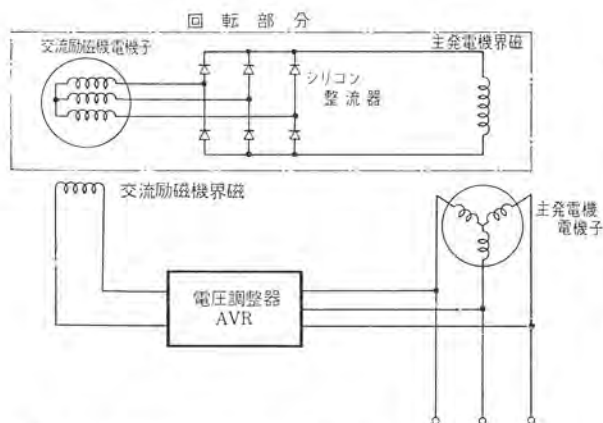


図 2.3 ブラシレス 交流 発電機 接続 図  
Fig. 2.3 Connection diagram of brushless AC generator.

の同期発電機で回転界磁形の構造を有している場合の ブラシレス 交流 発電機について述べる。

図 2.3 は ブラシレス 交流 発電機の原理図を示す。図において、交流励磁機の電機子に発生した交流出力は、回転整流器（シリコン整流器）に導かれ、ここで直流出力に変換されて、主発電機の回転界磁に供給される。交流励磁機は回転電機子形であって、交流励磁機の電機子、回転整流器および主発電機は同一の軸上に配置され、ともに回転するので直流出力を静止部に取り出す必要がなく、したがって ブラシ および スリップリング のような シュウ 動部分はまったく不要となる。なお、図 2.3 において制御回路は SCR から構成された AVR 回路であって、これによって交流励磁機の界磁電流を調整し発電機の端子電圧を制御する。

### 2.3 交流励磁機

交流励磁機は ブラシレス 交流 発電機の主要部分であり、その仕様、特性に関しては十分な解析ならびに検討がなされた。



図 2.4 ブラシレス 交流 発電機 回転子  
Fig. 2.4 Rotor of brushless AC generator.

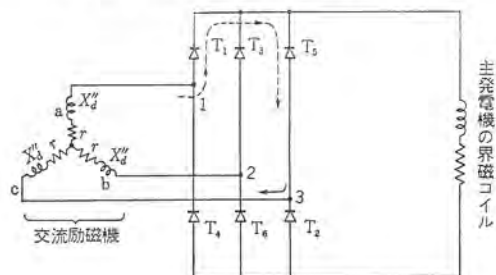


図 2.5 ブラシレス 交流 発電機の電気回路  
Fig. 2.5 Electrical circuit of brushless AC exciter.

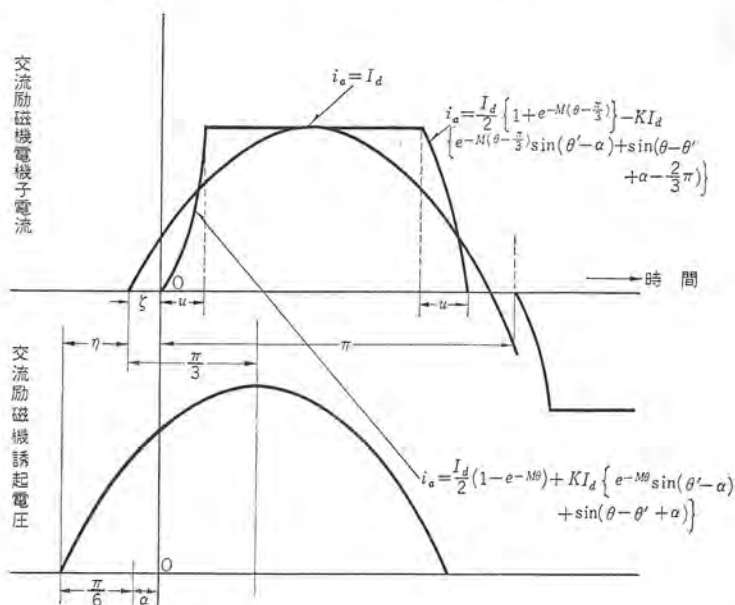


図 2.6 電 圧 電 流 波 形  
Fig. 2.6 Voltage and current waveforms.

交流励磁機の設計にあたって問題となるのは、容量・定格電圧・相数・周波数の決定方法である。

まず相数はこれをふやすほど電機子反作用小となり有利であるが、整流器の構造ならびに電機子巻線が複雑化し、経済性の点からも製作の面からも問題がある。これらの点を勘案して当社では三相を標準とし、整流器回路としては最も能率のよい三相全波回路（グレッツ結線）を採用している。

次に周波数はできるだけ高いほど速応度が良好となり望ましいのであるが、周波数に比例して励磁機の極数がふえて、その構造が複雑となり経済的に不利となる。タービン発電機などのごとく大容量大形機においては、数百サイクルの高周波を採用することもあるが、一般の突極ディーゼル発電機においては商用周波数を採用している。

次に励磁機の定格出力・電流・電圧および力率の決定は、ブラシレス交流発電機の特性に直接影響するので、設計にあたってとくに重要である。これらの仕様は主発電機が必要とする界磁電圧・



界磁電流より逆算し決定される。すなわち図 2.6 に示すような三相全波整流回路に基づき、付記に記載した解析に従って、まず付記の式(付 10), (付 11) との連立方程式を解くことによって重なり角  $\mu$  と励磁機誘起電圧  $E_g$  とを決定し、次に式(付 6) ないし (付 9) に従って励磁機電機子電流  $i_a$ 、力率角  $\eta$  が決定される。ここで図 2.5 の励磁機電機子リアクタンスの値としては、転流期間がきわめて短く数分の一サイクルの現象であるという点から次過渡リアクタンス  $x_d''$  をとるのが妥当である。

上記の計算は非常に複雑であり、さらに式(付 10), (付 11) の連立方程式を解くためには Cut and try を必要とするため、電子計算機 IBM-7090 を用いて行なうこととした。その概略のフローチャートを図示すると図 2.7 のとおりである。なお、この計算においては基本波のみならず高次高調波成分も計算できるようになっており、これを正確に評価することが可能であり、また交流励磁機の磁化特性を組み込んで、種々の負荷・力率に応じた交流励磁の励磁電流を詳細に求めることも可能である。

上記の計算結果から交流励磁機の特性和して、次の点が明らかになった。

- 重なり角  $\mu$  は  $40^\circ$  前後であって、 $60^\circ$  をこえることはなく、整流は第 1 モードである。
- 交流励磁機の力率角は  $20 \sim 25^\circ$ 、すなわち力率は  $0.91 \sim 0.94$  である。
- 交流励磁機の電機子電流(交流)と主発電機の界磁電流(直流)との比は、普通に設計された発電機では  $0.75 \sim 0.80$  程度であり、この比は発電機負荷に無関係にほぼ一定である。
- 交流励磁機の電機子電圧(線間)と主発電機の直流界磁電圧との比は、 $0.77 \sim 0.87$  程度であり、この比は発電機負荷によってあまり変化しない。
- 交流電機子電流の高調波成分は、基本波電流を  $100\%$  としたとき、第 5 高調波電流は  $15 \sim 18\%$ 、第 7 高調波電流は  $8 \sim 11\%$  程度となる。

次に交流励磁機の構造は、直流励磁巻線を固定子に、多相交流電機子巻線を回転子に配置したいわゆる回転電機子形交流発電機である。当社では、機器内部の点検の容易さを考慮して、交流励磁機は軸受の外側にオーバハングするのを標準としている。

## 2.4 回転整流器

回転整流器はブラシレス交流発電機の心臓部であって、その設計には慎重を期した。

シリコン整流素子は回転による強大な遠心力をうけるので、その機械的強度ならびに寿命については十分な検討がなされた。シリコン整流素子としては、当社で開発したきわめて信頼性の高い SR

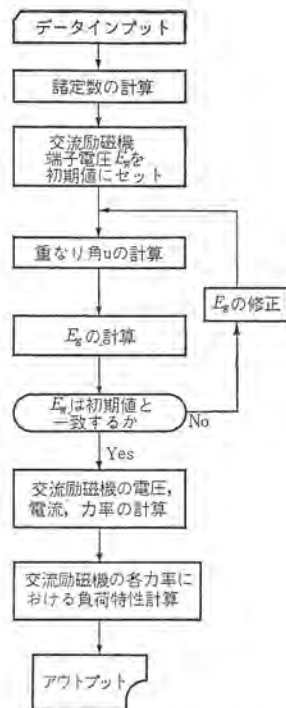


図 2.7 交流励磁機特性計算フローチャート  
Fig. 2.7 Characteristic calculation flow chart of AC exciter.



図 2.8 シリコン整流素子  
Fig. 2.8 Silicon rectifier element.

形シリコン整流素子を使用している。この整流素子を採用するに先だて、圧縮・曲げ・引張り・せん断など予想されるすべての応力を加えて試験を行ない、その許容応力を確認した。また電気的には、定格運転時の電流・電圧に対して十分な余裕を有するとともに、過負荷運転、固定子からのサージ電圧、突発短絡時の過電流に対してもきわめて高い安全率を有するものを選定している。

シリコン整流素子を回転部に設けた場合、支持円板の構造ならびにその取付方法が問題である。シリコン整流素子は圧縮に対する許容応力が最も高いので、支持円板の構造としては素子には圧縮荷重のみがかかり、曲げ・引張り・せん断などの荷重が加わらないよう考慮している。すなわち素子間の配線はできるだけ短くし、その途中を確実に支持し、素子に余分の荷重が加わらないようにしている。また整流素子の保護装置としては、必要最小限にとどめ、いたづらに構造を複雑化して信頼性を低下させることのないよう注意している。整流素子取付部には、冷却フィンを設けたり、また通風孔を設けたりして、運転中の整流素子の温度上昇を極力低くしている。

当社では前記ブラシレス交流発電機の製作に先だて、数種類の回転整流器を試作し長期間にわたる耐久試験を実施し、その標準構造を決定した。

## 3. 励磁装置

### 3.1 励磁装置

トリスタ(SCR)を用いた自動電圧調整器(形 SE 31)および三相変流器、シリコン整流器から構成されている。交流励磁機の界磁巻線(1)には、トリスタによって直接励磁電流を供給し適正な電圧制御を行なっている。界磁巻線(2)には、三相変流器とシリコン整流器によって負荷に比例した励磁電流を供給している。図 3.1 はその回路構成を示す。

この方式の特性は次のとおりである。

(a) トリスタ、トランジスタを用いた電圧調整器を使用しているので応答速度が早く、電圧変動率も小さい。

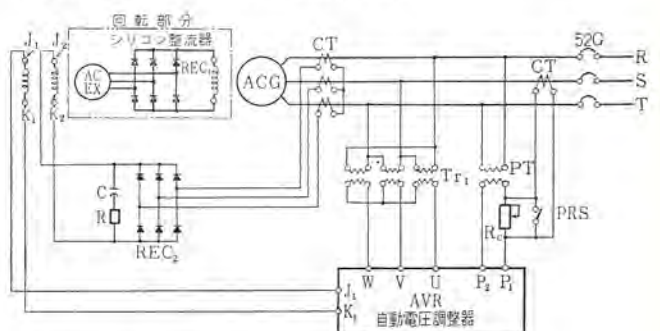


図 3.1 ブラシレス交流発電機励磁回路接続図  
Fig. 3.1 Schematic diagram of the exciter system for brushless AC generator.



- (b) 複巻特性であるから過渡応答特性がすぐれている。
- (c) 励磁装置が小形軽量となり、励磁装置組み込みとした場合でも発電機盤は大幅に縮小できる。
- (d) 静止励磁装置であるため可動部がなく保守、点検が容易である。

### 3.2 自動電圧調整器の構造および動作原理

トリスタを用いた電圧調整器の構成は、電圧検出回路、トランジスタ増幅回路、トリスタ点弧回路、トリスタ電圧増幅部、安定回路ならびに電源回路に大別される。図3.2はAVRの外観図である。



図 3.2 自動電圧調整器  
Fig. 3.2 Type SE-31 automatic voltage regulator.

#### (1) 電圧検出回路

発電機電圧は、単相または三相検出変圧器を経て整流器に印加され、CR ロハ器で2段平滑する。リップルの少ない検出電圧は、抵抗器とゼナーダイオードのブリッジ回路からなる検出回路に加えられ、ゼナー電圧と発電機電圧に比例する電圧の差電圧が、トランジスタ制御回路に供給される。この回路の設計にあたっては、次の考慮が払われている。

- (a) 初段トランジスタの温度による変化が少なくなるような入力電圧、電流を選定する。
- (b) ゼナーダイオードの電圧に温度変化があるので、対辺のブリッジ辺にサーミスタを入れ温度補償を行なっている。
- (c) 直流増幅器には、とくに動作中のドリフトの少ないシリコントランジスタを選定している。

電圧調整は可変抵抗  $VAD_1$  により行なえるようになっており、定格電圧の  $-10 \sim +5\%$  まで調整可能となっている。

#### (2) トランジスタ制御回路

シリコントランジスタを用いた2段増幅回路で、発電機出力電圧の増減によりトランジスタのコレクタ電流を変化させている。2段目トランジスタのコレクタ回路は、トリスタの点弧移相用磁気増幅器のリセット巻線に接続されている。トランジスタのコレクタ電圧およびパイアス電圧は、ゼナーダイオードからなる直流定電圧回路から供給される。

発電機電圧回路に対してトランジスタ制御回路は検出トランス、平滑回路の遅れだけでほとんど瞬時に応答するが、発電機側は励磁機および発電機の二次遅れがあり、電源の変動に対してすぐ応答せず乱調を起こす。これを防止するためには安定回路が必要となる。この回路は抵抗とコンデンサからなる微分回路を通して励磁機出力電圧を初段トランジスタのベースに負帰還し、制御系の安定度と制御特性を改善している。

#### (3) トリスタ点弧回路

点弧回路には磁気増幅器を採用した。このゲート回路は次のような利点があり、トリスタのゲート回路としては最も適している。

- (a) 立ち上がりの急しゅんな一定電圧で、 $180^\circ$  の広範囲にわたって位相制御することができる。

- (b) 移相特性がよく制御特性はきわめて直線性に富んでいる。
- (c) 温度によるドリフトがほとんどない。

- (d) 出力回路は飽和トランスの励磁電流以内では、ほとんどインピーダンスがなくゲート短絡形として使用できるので、トリスタの  $V_{BO}$  の上昇を期待できる。

磁気増幅器は、一般的な自己飽和回路を用いている。これはRameyの速応性磁気増幅器回路に比べて応答速度は劣るが、リセット回路が非常に簡単にできる利点がある。リセット回路は三相を直列接続し抵抗によりパルスさせている。

点弧回路は磁気増幅器のリセット回路を調整することにより得られる。2段目のトランジスタコレクタ電流を誤差電圧の大小に応じて変化させ、各磁気増幅器の飽和度を変えて移相制御している。

#### (4) トリスタ増幅回路

トリスタとシリコン整流器の組合回路で出力に応じて、単相全波整流または三相全波整流回路を用いている。その電源は発電機端子から供給している。この場合電源トランスの二次電圧タップ選定は、トリスタが全通電時でも励磁機励磁電流の  $150 \sim 200\%$  に選んでおり、トリスタには過大な電流が流れない。またトリスタおよびシリコン整流器の直流側には、RCからなるサージアブゾーバおよびセラアレスタを設け、サージ電圧から保護している。

#### 3.3 複巻回路

複巻回路は、変流器およびシリコン整流器から構成されている。交流発電機の端子電圧を負荷のいかんにかかわらず常に一定に保つためには、その励磁を負荷電流による電機子反作用に応じて変化しなければならない。

この回路では、負荷電流に比例した直流出力により交流励磁機の界磁巻線(2)を励磁することにより複巻特性を得ている。交流励磁機の界磁巻線(1)はAVRにより励磁している。界磁巻線(1)と(2)の比率は  $1:1$  にとりてありこれによりAVRの出力を小さくできるとともに発電機の過渡特性改善に役だっている。負荷側に設けた変流器は、定格電流の  $250 \sim 300\%$  で飽和するように選定してあり、交流発電機の持続短絡電流を流すに十分な値になっている。

#### 3.4 並列運転

並列運転は横流補償回路を用いて、従来一般に使用されている回転励磁機による並列運転とまったく同一要領で行なうことができる。横流補償回路は、抵抗器と計器用変流器から構成されている。この装置による発電機端子電圧の垂下特性は、リアクティブ負荷を発電機定格  $kVA$  の  $0 \sim 60\%$  まで変えても、定格電圧の  $4\%$  以上垂下することのないように調整可能としている。

#### 3.5 電圧確立

交流発電機起動時には発電機および励磁機の残留起磁力による小さな残留電圧しか発生していない。この残留電圧ではトリスタゲートに流れる電流が小さく、トリスタを導通させることはできない。この回路ではトリスタゲート回路に抵抗  $R_s$  およびダイオード  $R_{xs}$  をそう入し、発電機起動時はトリスタは、ほぼ電圧ゼロの位相でスイッチングさせて急速に電圧確立させ、トリスタが動作するに必要な電圧まで確立すれば、電圧リレーVRによりこの回路は切り離し、トリスタによる定電圧制御を行なわせるようにしている。(図3.3)

トリスタゲート回路にはコンデンサをそう入しているため、ゲート印加電圧は指数関数的な電圧となり、その時定数は  $10 \sim 15 \mu s$  に選んである。トリスタターンオン時間は約  $1 \sim 2 \mu s$  であるから、電圧ゼ



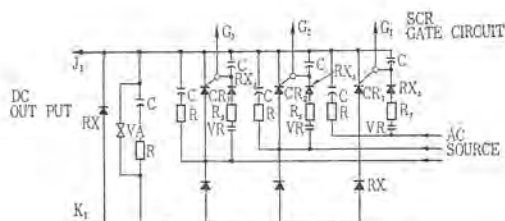


図 3.3 トリニスタ接続図  
Fig. 3.3 Connection diagram silicon controlled rectifier.

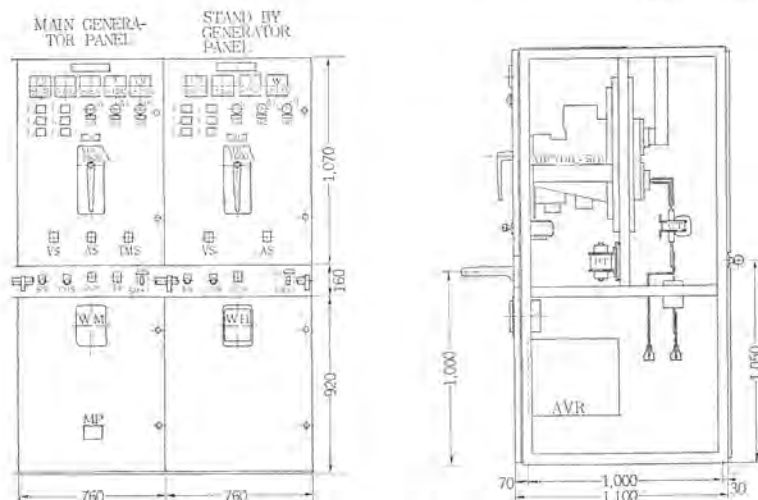


図 3.4 937.5 kVA ブラシレス発電機発電機盤  
Fig. 3.4 Main switch-board for 937.5 kVA brushless AC generator.

の位相でスイッチングされなくとも、ゲートには過電圧がかからないようにしている。この回路のほかに従来の DC 電源による着磁回路も設けている。

全体としての装置は増幅器としてトリニスタ・トランジスタを用いているため、その出力はきわめて小さくてよく、在来の磁気増幅器、その他の静止励磁装置に比べても数分の一にすることができた。さらに制御特性もすぐれたものを得ることができた。

図 3.4 は 937.5 kVA ブラシレス交流発電機の配電盤を示したものである。自動式発電機用に比べてほぼ半分の大きさでよい。

## 4. 試験結果

### 4.1 発電機の静的特性

主発電機および交流励磁機のおおの単独の無負荷飽和特性・三相短絡特性・負荷特性などの測定は、励磁機端部に設けられた取り付け取りはずし容易な測定用スリップリングを用いて行なわれた。これらの諸特性は設計値とよく一致した。また、主発電機および交流励磁機を組み合わせたのちの諸特性も IBM による計算結果と非常によく一致した。

また、ブラシレス交流発電機の漸変電圧特性はきわめてすぐれており、その実測値を図 4.1 に示す。すなわち無負荷から 110%

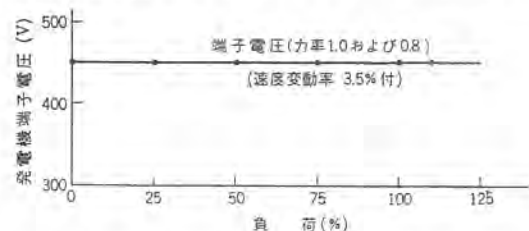


図 4.1 ブラシレス交流発電機の漸変電圧特性  
Fig. 4.1 Gradually changing voltage characteristic of brushless AC generator.

過負荷の全領域にわたり、速応変動率を 3.5 % とした場合、力率 80 % または 100 % のいずれにおいても電圧変動は  $450V \pm 1.0V$  の範囲内にはいっている。

### 4.2 発電機の過渡特性

ブラシレス交流発電機の過渡特性を確認するため、負荷シャ断試験ならびに負荷投入試験を実施した。これらの試験結果は図 4.2、4.3 のオシログラムに示すとおりである。ブラシレス交流発電機の過渡特性において、最も問題であるのは励磁系の速応度である。自

励交流発電機に比べて、中間に交流励磁機が介在しているため主発電機の界磁回路の時間遅れは必然的に大きくなるのであるが、当社のブラシレス交流発電機では、制御回路に SCR を使用しているため商用周波数を採用したにもかかわらず、十分高い速応度を有している。

図 4.2 は 0.8 PF の全負荷をシャ断したときのオシログラムを示す。電圧上昇は定格電圧 450 V に対して 525 V で、電圧変動率 16 % であり、また整定時間は 1 sec 以下であった。

次に図 4.3 は、無負荷運転時にカゴ形三相誘導電動機を投入した場合のオシログラムを示す。この図から投入瞬時の電圧降下の値は、JEM-R2016 の規定値を十分満足

しており、また、界磁電圧も急速に上昇し、発電機の電圧は短時間に回復している。

### 4.3 電圧確立試験

電圧確立の試験結果を図 4.4 に示す。図から明らかなごとく電圧確立はきわめてすみやかであり、1 sec 前後で定格電圧に到達する。

## 5. ブラシレス交流発電機の特長

ブラシレス交流発電機は、整流子、ブラシ、スリップリングを完全に除去したことにより、次のような特長が列举される。

### (1) 信頼度の向上

#### (a) カーボンドストによる事故がないこと

ブラシの摩耗により、カーボンドストがコイル表面に付着してメガ低下、さらにセン絡事故を起こすおそれがない。

#### (b) 湿気、腐食性ガスのふんい気に影響されないこと

従来のブラシ付発電機では、湿気や腐食性ガスによってブラシスリップリング間の接触が不満足となり、スリップリングおよびブラシの異常摩耗が起こる危険性がある。これに反しブラシレス交流発電機におけるシリコン整流器素子はハーメチックシールであり、ふんい気の影響をまったく受けないので、悪条件のもとで運転される発電機として最適である。

#### (c) 火花発生がないこと

スリップリング、整流子からの火花発生がないので、電波障害のおそれがない。

#### (d) 振動による事故がないこと

従来のブラシ付発電機を振動の多い場所に据え付けた場合には、ブラシのオドリによって火花発生、ブラシの摩耗さらにはブラシ、スリップリングの摩耗を生ずるおそれがある。ブラシレス発電機ではこの問題はまったく解消される。





図 4.2 負荷シャ断 100% 負荷 0.8 PF

Fig. 4.2 Load interruption at 100% load and 0.8 PF.

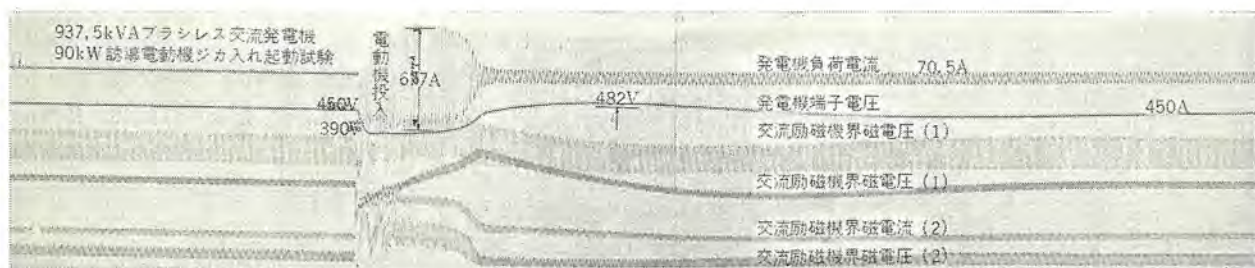


図 4.3 誘導電動機 ジャカ入れ起動

Fig. 4.3 Line start of induction motor.

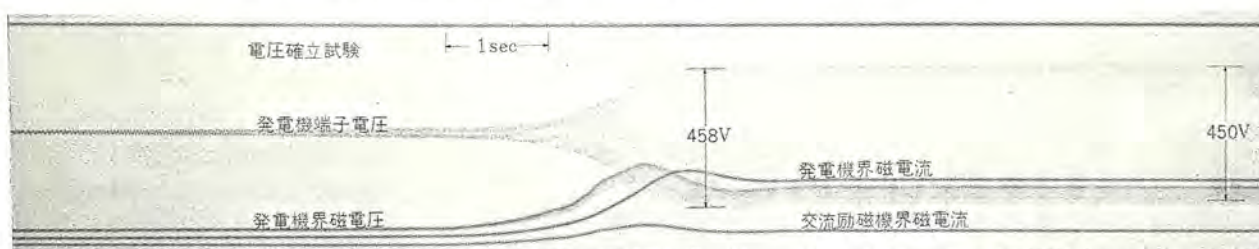


図 4.4 電圧確立

Fig. 4.4 Voltage establishment.

## (2) 保守の簡便化

従来の ブラシ 付発電機では ブラシ、スリップリングなどの集電装置に基づく事故が数多く、日常からその摩耗の状況、火花の発生などを監視し、定期的に ブラシ 取換または修理を行なう必要があった。

これに反し、ブラシレス 発電機においては ブラシ の取り換えはまったく不要となり、オーバーホール も簡便化され、その時間も短縮される。さらに半導体整流素子の寿命は半永久的であって、保守点検は軸受部と巻線の結線物とに限られる。

## 6. む す び

以上 ブラシレス 交流発電機およびその励磁装置について概略説明した。当社では、早くから ブラシレス 交流発電機および励磁機につ

いての試作研究を続け、とくに回転整流器については種々の実験を重ね十分信頼できるものと確信している。

すでに三菱重工神戸造船所納入 ESSO 社納め 937.5 kVA タービン 発電機をはじめとして、いずれも現在好調に運転中であり、そのすぐれた特性と高信頼度のため、今後とくに ブラシレス 発電機の需要の増大することを望む次第である。

## 参 考 文 献

- (1) W. J. Shilling: Exciter armature reaction and excitation requirements in a brushless rotating-rectifier aircraft alternator, AIEE Tr. 79, 3794 (1960)

## 付 記

ブラシレス 交流発電機用の交流励磁機の特性格解析を行なうと、次のとおりである。回転整流器の整流回路は三相全波整流回路で図 2.5 のとおりであるとすれば、交流励磁機の誘起電圧は

$$\begin{aligned} E_a &= \sqrt{2} E_g \cos \left( \theta - \frac{\pi}{3} \right) \\ E_b &= \sqrt{2} E_g \cos (\theta - \pi) \\ E_c &= \sqrt{2} E_g \cos \left( \theta + \frac{\pi}{3} \right) \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (付 1)$$

ここで  $E_g$  は交流励磁機の誘起電圧実効値

$$\begin{aligned} \theta &= \omega t \\ E_{ab} &= \sqrt{6} E_g \cos \left( \theta - \frac{\pi}{6} \right) \\ E_{bc} &= \sqrt{6} E_g \cos \left( \theta - \frac{5\pi}{6} \right) \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (付 2)$$

$$E_{ca} = \sqrt{6} E_g \cos \left( \theta + \frac{\pi}{2} \right)$$

次に、交流励磁機の A 相に流れる電流を  $i_a$  とすれば、

$$\begin{aligned} (1) \quad \theta = 0 \sim u \text{ の期間 } (T_5 \rightarrow T_1 \text{ の転流期}) \\ i_a = \frac{I_d}{2} \{ 1 - e^{-M\theta} \} + K I_d \{ e^{-M\theta} \sin (\theta' - \alpha) + \sin (\theta - \theta' + \alpha) \} \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (付 3)$$

上式で、 $I_d$  は主発電機に必要な直流励磁電流である。さらに

$$\begin{aligned} Z &= \sqrt{r^2 + (X_d'')^2} & K &= \frac{\sqrt{6} E_g}{2 Z I_d} \\ \theta' &= \cos^{-1} \left( \frac{r}{Z} \right) & \alpha &= \sin^{-1} \left( \frac{-I_d r}{\sqrt{6} E_g} \right) \\ M &= r / X_d'' \end{aligned}$$

$$(2) \quad \theta = u \sim \frac{2}{3} \pi \text{ の期間}$$



この期間においては  $T_1$  と  $T_6$  の同時通電 ( $\theta = u \sim \frac{\pi}{3}$ ),  $T_6$ — $T_2$  の転流 ( $\theta = \frac{\pi}{3} \sim \frac{\pi}{3} + u$ ),  $T_1$  と  $T_2$  との同時通電 ( $\theta = \frac{\pi}{3} + u \sim \frac{2}{3}\pi$ ) が行なわれるが, 交流励磁機 a 相電流は一定で

$$i_a = I_d \quad \dots\dots\dots (\text{付 4})$$

である.

(3)  $\theta = \frac{2}{3}\pi \sim \frac{2}{3}\pi + u$  ( $T_1 \rightarrow T_3$  の転流期)

この期間においては (1) 項と同様にして, 交流励磁機 a 相電流として次式が求められる.

$$i_a = \frac{I_d}{2} \left\{ 1 + e^{-M(\theta - \frac{2}{3}\pi)} \right\} - KI_d \left\{ e^{-M(\theta - \frac{2}{3}\pi)} \sin(\theta' - \alpha) + \sin\left(\theta - \theta' + \alpha - \frac{2}{3}\pi\right) \right\} \dots\dots\dots (\text{付 5})$$

となる.

以上, (1)(2)(3) 項から交流励磁機の a 相の電流波形は図 2.6 に示すとおりとなる. この電流波形を Fourier 級数に展開しその係数を求めると次のとおりとなる.

基本波に関しては

$$a_1 = \frac{2}{\pi} \int_0^\pi i_a \cos \theta d\theta$$

から

$$a_1 = \frac{2}{\pi} \left\{ C_0 \sin u + \frac{C_1 e^{-Mu}}{M^2 + 1} (-M \cos u + \sin u) + \frac{C_1 M}{M^2 + 1} + \frac{C_2}{2} \sin^2 u + C_3 \left( \frac{u}{2} + \frac{\sin 2u}{4} \right) + C_4 (\cos u - 1) + C_5 \frac{1}{M^2 + 1} \{ e^{-Mu} (M \sin u + \cos u) - 1 \} + C_6 \left( \frac{u}{2} - \frac{\sin 2u}{4} \right) + \frac{C_7}{2} \sin^2 u + C_8 \right\} \dots\dots\dots (\text{付 6})$$

$$\begin{aligned} \text{ここで} \quad C_0 &= \frac{1}{2} \left\{ 1 + \cos \left( \frac{2}{3}\pi \right) \right\} \\ C_1 &= \left\{ \frac{1}{2} - K \sin(\theta' - \alpha) \right\} \left( \cos \frac{2}{3}\pi - 1 \right) \\ C_2 &= K \cos(\theta' - \alpha) \left( 1 - \cos \frac{2}{3}\pi \right) \\ C_3 &= K \sin(\theta' - \alpha) \left( \cos \frac{2}{3}\pi - 1 \right) \\ C_4 &= \frac{1}{2} \sin \frac{2}{3}\pi \\ C_5 &= \left\{ \frac{1}{2} - K \sin(\theta' - \alpha) \right\} \sin \frac{2}{3}\pi \\ C_6 &= K \sin \frac{2}{3}\pi \cos(\theta' - \alpha) \\ C_7 &= -K \sin \frac{2}{3}\pi \sin(\theta' - \alpha) \\ C_8 &= \sin \frac{2}{3}\pi - \sin u \end{aligned}$$

また  $b_1 = \frac{2}{\pi} \int_0^\pi i_a \sin \theta d\theta$  から

$$b_1 = \frac{2}{\pi} \left\{ X_0 (1 - \cos u) + \frac{X_1}{M^2 + 1} \{ e^{-Mu} (M \sin u + \cos u) - 1 \} + X_2 \left( \frac{u}{2} - \frac{\sin 2u}{4} \right) + \frac{X_3}{2} \sin^2 u + X_4 \sin u + \frac{X_5 e^{-Mu}}{M^2 + 1} (-M \cos u + \sin u) + \frac{X_5 M}{M^2 + 1} + \frac{X_6}{2} \sin^2 u + X_7 \left( \frac{u}{2} + \frac{\sin 2u}{4} \right) + X_8 \right\} \dots\dots\dots (\text{付 7})$$

$$\begin{aligned} \text{ここで} \quad X_0 &= \frac{1}{2} \left( 1 + \cos \frac{2}{3}\pi \right) \\ X_1 &= \left\{ \frac{1}{2} - K \sin(\theta' - \alpha) \right\} \left( 1 - \cos \frac{2}{3}\pi \right) \\ X_2 &= K \cos(\theta' - \alpha) \left( 1 - \cos \frac{2}{3}\pi \right) \\ X_3 &= K \sin(\theta' - \alpha) \left( \cos \frac{2}{3}\pi - 1 \right) \\ X_4 &= \frac{1}{2} \sin \frac{2}{3}\pi \\ X_5 &= \left\{ \frac{1}{2} - K \sin(\theta' - \alpha) \right\} \sin \frac{2}{3}\pi \\ X_6 &= -K \cos(\theta' - \alpha) \sin \frac{2}{3}\pi \\ X_7 &= K \sin(\theta' - \alpha) \sin \frac{2}{3}\pi \\ X_8 &= \cos u - \cos \frac{2}{3}\pi \end{aligned}$$

で与えられる. したがって基本波電圧は

$$i_a = a_1 \cos \theta + b_1 \sin \theta = \sqrt{a_1^2 + b_1^2} \sin(\theta + \zeta')$$

ここで  $\zeta' = \tan^{-1}(a_1/b_1)$   $\dots\dots\dots (\text{付 8})$

となる. ここで  $\zeta'$  は図 2.6 に示す角度であって, したがって力率角  $\eta$  は次式で与えられる.

$$\eta = \frac{\pi}{6} + \alpha - \zeta' \quad \dots\dots\dots (\text{付 9})$$

上式において重なり角  $u$  と交流励磁機の誘起電圧  $E_g$  とが未知である. まず重なり角  $u$  を求めるためには式 (付 3) において  $\theta = u$  で  $ia = I_d$  の条件から

$$1 = \frac{1}{2} \{ 1 - e^{-Mu} \} + K \{ e^{-Mu} \sin(\theta' - \alpha) + \sin(\theta - \theta' + \alpha) \} \dots\dots\dots (\text{付 10})$$

また, 交流励磁機の誘起電圧  $E_g$  と直流励磁電圧  $E_d$  との関係は

$$E_d = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} [\cos \alpha + \cos(u + \alpha)] E_g - 2RI_d + \frac{3}{2\pi} RI_d u \dots (\text{付 11})$$

となるので, これら 2 式の連立方程式を解くことにより未知の  $u$ ,  $E_g$  の値を決定することができる.

以上は基本波について解析したのであるが, 高調波成分についても同様な計算式を導くことができる.



# 船用データロガ

今出昭彦\*・塚原昌恭\*・西尾 治\*

## Marine Data Loggers

Kamakura Works    Akihiko IMADE・Masayasu TSUKAHARA・Osamu NISHIO

With the development of modernization and rationalization of ships, supervision and recording with vessels have been gradually making substantial changes in their forms. To cope with this trend Mitsubishi has been manufacturing, what is called, marine data loggers which suit special condition for marine use. However, to make further improvement in their reliability, effect and economy new standard marine data loggers have been developed with careful considerations on a number of points. This article reports on the function and other salient features of the standard marine data loggers, and touches on the brief points of several kinds of marine data loggers which Mitsubishi built in the past.

### 1. ま え が き

船舶の自動化、合理化の進展に伴い、多能化された乗組員により、効率の良い運転を確保しようという傾向にある。

すなわち運航における採算性などから船舶は大形化され、それによる主機関の高出力化あるいは専用船化などによって、より高度の知識や技術が必要とされ、多能的かつ専門的という一見矛盾する技術的能力が乗組員に要求されようとしている。

したがって従来の船舶における非近代的な労働条件を改善し、合わせてこれら多面的要求を処理するために、船内業務は従来の経験的、肉体的要素から計器や装置の集中監視を主体とした科学的、頭脳の要素へ移行しているといえる。

船舶における監視、記録の形態が次第に質的な転換を遂げつつあり、将来においては船舶の安全運行が係員の未熟、誤認などによって犯されるような監視機構は改めるべきであり、重大な事態が発生した場合は容易に適切な処置がとれるような機構とすべきである。

船舶の近代化のすう勢に対処して、これらの要求を満たし、係員の負担軽減と監視機能の増大を図ることは、相当以前からいわれてきたが、電子機器を主体としたこれら装置に注目されたのは比較的最近である。

船用データロガは、すでに実績のある電子計算機および各種データロガの設計、製作技術を基にし、かつ船舶用としての特殊性を十分考慮したものを教台製作し、現在実動中である。

われわれは上記のすう勢に対処するため、さらに船用としての経験を加味した標準形船用データロガを開発した。

船用データロガに要求される機能は、これにより船舶の安全運転を確保することが第一目的であることから、測定値の正確な読みはもちろんであるが、むしろ監視設定値をはずれた個所の迅速な発見にある。

データロガ故障のとき、運航に対する影響を考えると装置の信頼性および保守の容易性も重要な課題である。とくに信頼性に対しては耐振動、耐衝撃性が高く、確実な動作がその尺度となり、保守においては各動作要素ごとのユニット化すなわち互換性が必要である。さらに輸出船の場合は海外サービス網の充実性も見落とせない。

標準形船用データロガはこれらを十分考慮し、機能も可能な限り単純化し、装置の信頼度および保守はもちろんのこと、取り扱いの容易なものにした。

また標準化したことにより、従来問題になっていた短納期に対しても十分応じられるものとなった。

以下標準形データロガについてその概略を述べ、合わせてこれまでに製作した船用ロガの2、3について紹介する。

### 2. 標準形船用データロガ

このデータロガのおもなる機能は、各測定点の監視、記録および数値表示である。

また測定入力点数はアナログ入力100点（セルフチェック項目点数3点を含む）を標準とし、入力点数が100点増すごとに、必要回路要素を追加する方式を採用している。

これらの入力信号のうち指定の入力については、常時あらかじめ設定してある上限値または下限値と比較し、入力がこの範囲をこえる場合には警報を発するとともに、そのときの時刻と異常点のデータをラインプリンタまたはタイプライタにより記録するとともに、デジタル表示器にも表示する。さらに異常点に対応する警報記憶リレーの接点信号により、どの入力点が異常状態であるかをランプで表示することもできる。

また、指定の時間々隔ごとに各入力を計測して自動的に記録させ、このための印字指令はこの装置に内蔵する時計装置から発生する。また任意の時刻に手動で記録することもできる。

数値表示は、入力点の異常時にそのデータを表示するとともに、表示指令押しボタンにより任意の点のデータを呼び出して数値表示させることができる。

この装置のあらゆる動作は、すべてプログラムボード、およびプログラムピンボードにより設定しており、これらのプログラムに従って、逐次動作してゆく方式を採用しているため、この装置はきわめて融通性のあるものであり、たとえば上下限の監視値はもちろん、記録、表示、監視項目の変更なども比較的簡単に行なうことができる。

またこの装置のうち、とくに重要な部分については自動的に常時点検を行なうセルフチェック方式を採用し、故障発見の自動化をはかっている。次に入力点数100点以下についての標準仕様を述べる。



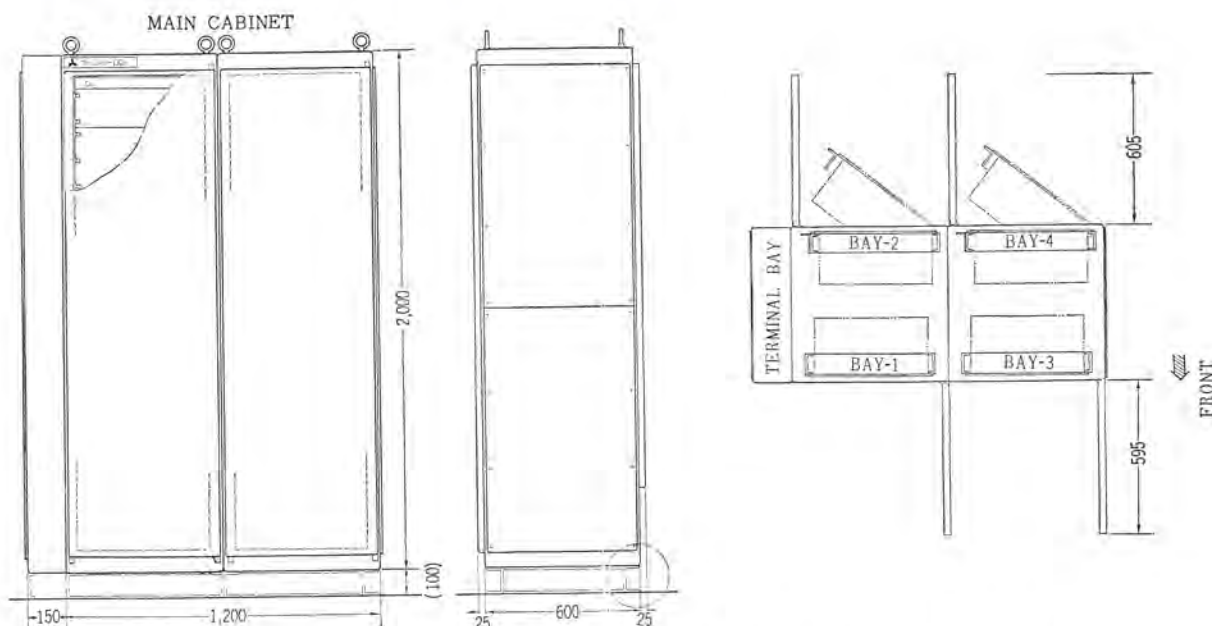
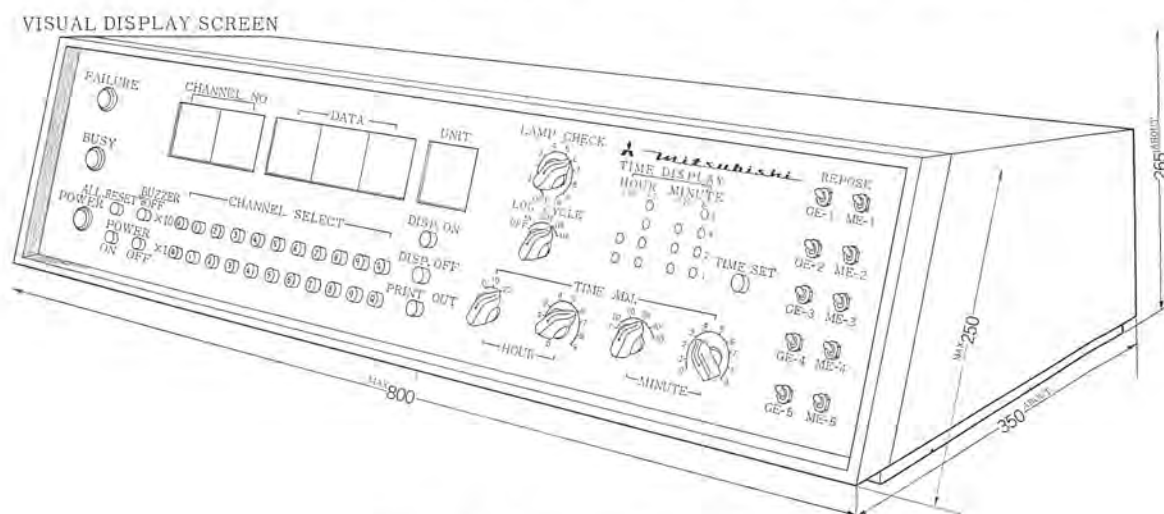


図 2.1 データロガの外形

Fig. 2.1 Outline of marine data logger.



Note: Buzzer is located in the operation box.

図 2.2 操作盤

Fig. 2.2 Operation panel.

ただし 100 点以上については後述する。

## 2.1 ログ寸法形状

標準形船用データロガは本体および操作盤から構成しており、ともに、振動、衝撃には十分耐えられるものである。

### 2.1.1 本体

本体は図 2.1 に示すように標準きょう(筐)体(高さ 2,000 mm, 幅 600 mm, 奥行 600 mm) 2 台および端子架 1 架から構成されている。

きょう体は振動、衝撃および塩害に対して、十分考慮した構造になっている。外形寸法は、

高さ 2,000 mm, 幅 1,350 mm, 奥行 600 mm

また重量は約 600 kg (全パネル組込) である。

各きょう体は 2 台の内部架をはめ込むことができ、前面内部架は固定、後面内部架は開閉式になっており、この状態も図 2.1 に示す。各盤のうち取扱度の高いものまたは重量物を前面架に、論理回路要素、プログラムボード、その他軽量物を開閉架に実装している。端子架は船用としてとくに設けたもので、本体と操作盤、出力機器、警報信号および入力測定信号などの伝送用に用いられる

船用データロガ・今出・塚原・西尾

船用電線が接続されるものである。

### 2.1.2 操作盤

操作盤はデータロガの運転に必要な呼び出しおよび各種指令用押しボタン、警報ブザーなどを組み込んだものである。

図 2.2 はその外観図を示したもので通常制御室の操作デスク上に設置される。

### 2.1.3 その他

出力機器としてのプリンタは据置形、ラック取付形があり、これらは仕様により選ぶことができる。タイプライタは INVACTR200, ゴルフボール式で  $\pm 180^\circ$  の傾斜でも記録可能である。

それぞれの外形寸法は次のとおりである。

ラインプリンタ 高さ 240 mm, 幅 480 mm, 奥行 400 mm

タイプライタ 高さ約 260 mm, 幅約 530 mm, 奥行約 380 mm  
またこれらの外観図を図 2.3 および図 2.4 に示す。

本体、操作盤およびラインプリンタなどの塗装色は マンセル 7.5 BG 7/2 を標準色としており、裏面は銀粉塗装である。

## 2.2 環境条件

この装置は信頼度、寿命、保守の容易化などを考慮し、アナログ





図 2.3 ラインプリンタ 外観  
Fig. 2.3 Appearance of line printer.



図 2.4 タイプライタ 外観  
Fig. 2.4 Appearance of typewriter.

回路、デジタル回路を問わず、トランジスタを主構成要素としている。したがって周囲条件のうちくに温度に対しては十分注意を払う必要がある。通常主機室は  $40 \sim 50^\circ$  になることが見込まれるので、データロガを設置する室は空調を施さねばならない。

次にこの装置が異常なく動作する環境条件を列記する。

- 温度  $20^\circ\text{C} \pm 15^\circ\text{C}$
- 湿度 75% 以下
- 動揺 ローリング 22.5 度以内  
ピッチング 15 度以内
- 振動 周波数  $100 \sim 6,000 \text{ c/m}$   
振幅 3mm 以下  
ただし加速度 1G 以下とする。
- 衝撃 加速度 2G 以下

### 2.3 所要電源

この装置に必要な電源は次のとおりである。

- 電圧 AC 100 V または 200 V  $\pm 10\%$
- 周波数 50 c/s または 60 c/s  $\pm 5\%$
- 所要電力 約 500 VA
- 無停電電源 DC 24 V  $\pm 10\%$

### 2.4 機能

船用データロガに要求される機能は、主として監視、表示および記録であるが、場合により計算、制御がある。

これらについて、この装置は次のような動作を行なう。

#### 2.4.1 監視

スキャナにより入力を連続走査し、ペンボードにあらかじめ設定 (10 進 2 ケタ) した上限値または下限値と比較を行ない、異常を発見した場合に、次の動作を行なう。すなわち、警報ブザーを鳴らして係員に報知するとともに、この装置外の警報表示ランプを点灯し、数値表示器にその点のデータを表示し、さらにタイプライタまたはラインプリンタにより時刻およびデータを記録する。ブザーおよび数値表示器は、操作盤に設けてある押しボタンスイッチ “BUZZER OFF” および “DISPLAY OFF” を押すことにより、リセットされる。ただし警報表示ランプは異常状態から復帰するまで点灯を続ける。

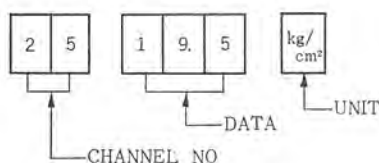


図 2.5 表示様式  
Fig. 2.5 Indication style.

#### 2.4.2 数値表示

数値表示器は操作盤に 6 ケタ用意し、次の各場合に表示動作を行なう。

##### (1) 異常値表示

上記監視動作で異常を発見した場合には、入力点番号 2 ケタ、データ 3 ケタおよび単位 1 ケタを表示する。この表示は異常が検出されるごとに更新され、押しボタン “DISPLAY OFF” により消すことができる。

この異常値表示は次項の呼出し表示が行なわれている場合でも、自動的に異常値表示に切り換わるものである。

##### (2) 呼出し表示

選択押しボタン “CHANNEL NO SELECT” により入力点番号をセットし、押しボタン “DISPLAY ON” を押すことにより、任意の点のデータを読み出して単位とともに数値表示させることができる。また小数点のあるデータについては小数点も表示する。

呼出し表示は表示指令後約 1 秒以内に指定の入力点のデータを表示し、この表示は 1 走査ごとに新しいデータを表示する。

なお呼出し表示も操作盤に設けてある “DISPLAY OFF” を押すことにより消すことができる。

表示様式は図 2.5 のとおりである。

#### 2.4.3 記録

タイプライタまたはラインプリンタにより次のような記録を行なう。

##### (1) 定時記録

記録指定項目のデータについては、あらかじめ設定した時刻ご

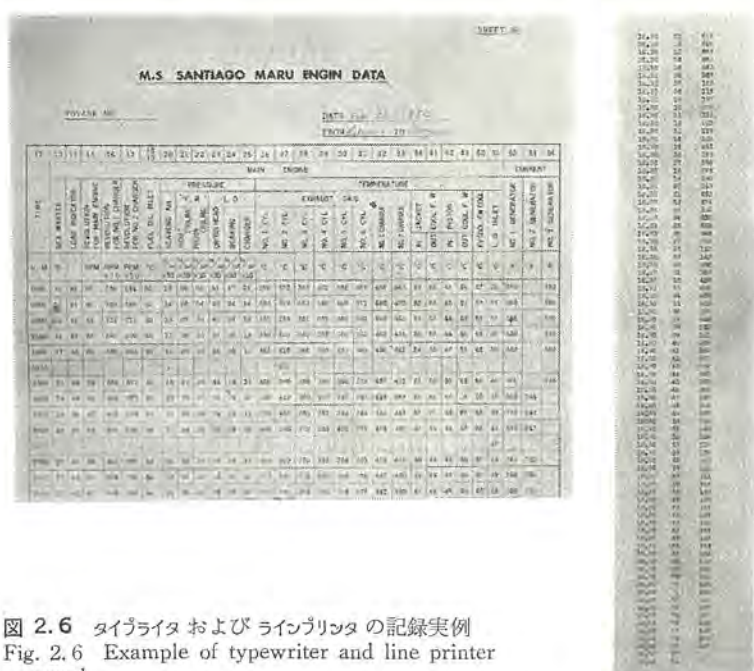


図 2.6 タイプライタおよびラインプリンタの記録実例  
Fig. 2.6 Example of typewriter and line printer record.



とに記録する。

記録時間々隔は、0 時 0 分を基点とし、5 分ごと、30 分ごと、1 時間ごと、4 時間ごとのいずれかを操作盤上の“LOG CYCLE”スイッチで選択することができる。

定時記録は運航時は 1 時間ごとないしは 4 時間ごとに行なわれるものであるが、出港または入港時とか、近海航路（たとえば連絡船など）の場合、5 分ごと、30 分ごとの記録間隔が必要になる。

## (2) 任意時刻記録

上記定時記録のほか任意の時刻に操作盤上の押しボタン“PRINT OUT”を押すことにより、ただちに記録項目全点のデータを記録することができる。

## (3) 異常値記録

連続走査時に異常が発生した場合は、そのときの時刻と異常データを赤字で記録する。

図 2.6 はタイプライタおよびラインプリンタで記録した実例を示したものである。

## 2.4.4 休止選択

船舶の各機器の休止時（たとえば停泊中における各主機関関係あるいは各発電機関係など）には、その機器に関するデータの処理をこの装置においても一括して休止させることができる。これら休止グループの選択は、操作盤に設けてあるスイッチにより行なえるようになっている。

休止選択されたグループについては、監視、表示および記録は行なわない。

休止グループの構成は、プログラムボードで容易に行なうことができ、標準化では 10 グループまで設定可能になっている。

これら機能のうち、記録、表示における優先順位は記録が優先される。たとえば記録中に表示指令を与えたときは記録完了後、所定の入力点が走査されたときにデータを表示する。また定時記録中に任意時刻記録は無効である。

## 2.5 走査速度

一般に計測点の記録は、1 時間に 1 回または 4 時間に 1 回行なわれ、それ以外のときは監視のための走査が行なわれる。監視動作のみに注目すれば、走査速度は早いことが望ましいが、ログ構成要素の寿命、プリンタまたはタイプライタの印字速度などから制限される。

標準形データログでは

ラインプリンタ記録の場合 2 点 1 秒

タイプライタ記録の場合 1 点約 1 秒

タイプライタの場合は、記録項目数（2 項目または 3 項目）により走査速度は若干異なる。

記録時以外の走査速度を速くしたい場合は、4 点 1 秒程度まで可能である。

## 2.6 精度

船用データログの測定信号は電流・電圧あるいは抵抗変化などのアナログ量が多く、これをデジタル量に変換し、表示、記録を行なわせている。このため精度の定義として指示精度と測定精度に分けられる。

指示精度は、アナログ計測値を 3 桁のデジタル量に変換し、かつ変換精度は 0.1 % 以下、したがって 0.1 % である。

また測定精度は検出端を含めた総合精度で、これは相当検出器の精度に左右されるものである。したがって使用する検出器により異なるが、標準船用ログではそれらを含めて測定精度は次のと

船用データログ・今出・塚原・西尾

おりである。

温度  $\pm 1\%$

圧力  $\pm 2\%$

流量  $\pm 2\%$

その他 1~1.5%

データログの信頼性向上の一環として、検出精度の向上は今後に残された重要な課題である。

## 2.7 セルフチェック

船用データログでは測定点の監視も重要であるが、ログ内部の各要素が、正常に動作しているかどうかを常時確かめることは、ログの信頼度の上からも必要である。

したがって、おもな構成要素は連続的に、または 1 走査ごとに自動的にチェックを行なっている。これらのチェックの結果 1 箇所でも故障になればランプおよびブザーで警報を発し、かつ故障点のいかんによっては、この装置を自動的に停止させている。

故障表示ランプは、本体調整表示盤に故障箇所別表示を、また一括表示を操作盤にて行なっている。

セルフチェック項目は次のとおりである。

### 2.7.1 A-D 変換器チェック

#### (1) 入力過大

A-D 変換器への入力信号が規定範囲内（DC 0~5 V）であるかをチェックし、これより大きい場合は、入力異常の警報を発し、かつ A-D 変換器操作パネルの“OVER”のランプを点灯させて故障内容を表示する。

#### (2) 変換精度チェック

基準信号発生回路から既知のアナログ信号を A-D 変換器に与え、変換精度が規定どおりあるかをチェックし、規定値よりはずれている場合は A-D 故障の警報を発する。このチェックはスキャナが一巡するごとに自動的に行なっている。

### 2.7.2 増幅器チェック

2.7.1 項 (1) と同じ要領で増幅器の精度をチェックし、故障の場合は AMP 故障の警報を発する。これもスキャナ一巡ごとに行なう。

### 2.7.3 入力回路チェック

これも 2.7.1 項 (2) と同じ要領で測温抵抗体用ブリッジの精度をチェックし、故障時は警報を発する。これもスキャナ一巡ごとである。

### 2.7.4 ヒューズチェック

この装置の電源装置に使用しているヒューズのうち、1 個でも溶断したものがあればただちにヒューズ断の警報を発し、さらに主電源回路を断にする。

以上が標準形船用データログのおもな仕様である。

## 2.8 動作概要および構成

図 2.7 は船用データログのブロック線図である。このブロック線図によりその動作概要を説明する。

データログ入力としては温度・圧力・回転数その他流量・液位・電圧・電流・電力などが、主として抵抗値偏差、電流または電圧などのアナログ信号に変換される。これをフィルタ回路で検出部からの雑音を除去するとともに、電圧信号として統一し、熱電対を除いて、データログが標準電圧レベル 0~100 mV にしている。

スキャナはこれら入力を順次走査し、このスキャナ出力は、それぞれの入力信号の性質に応じたアナログ信号処理回路へ接続される。たとえば熱電対の場合は、ゼロ接点補償回路を経て増幅器へ、



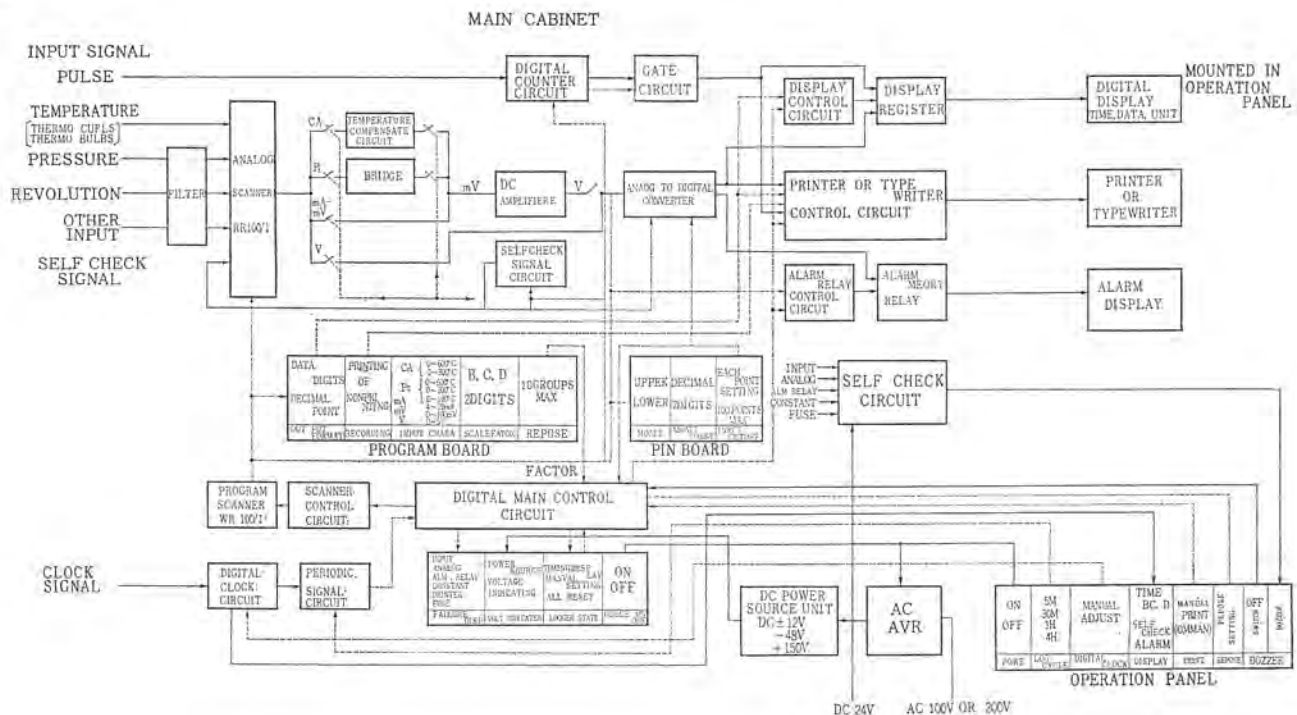


図 2.7 ヲ ロ ッ ク ダ イ ナ ラ ム Fig. 2.7 Block diagram.

測温抵抗体は、ブリッジ回路を経て増幅器入力信号となる。これらの経路の選択は、すべてプログラム設定により行なわれる。

直流増幅器は、これら入力電圧を DC 0~5 V に増幅し、A-D 変換器につながる。A-D 変換器は、アナログ量 0~5 V をデジタル量 0~1,000 (2 進 10 進, 3 ケタ) に変換するとともに、統一された入力信号レベルを測定値単位に戻すために、スケール変換および上下限監視設定値との比較も行ない、異常時には上限または下限異常信号を出す。スケール定数および設定値はプログラムカードおよびピンボードで行なわれる。

A-D 変換器出力であるデジタル測定値はプログラムに従い、表示、記録制御回路を経て操作盤上にデジタル表示を行ない、さらにタイプライタまたはラインプリンタで記録する。

また異常時には警報リレーを動作させる。

一方パルス入力(主として積算値の測定)は、デジタルカウンタによりカウントし、プログラム信号により表示または記録回路に送られる。親時計からの時計信号(一般に 24 V, 30 秒反転パルス)により、データロガ内部のデジタル時計回路が動作し、時刻の調整時は調整信号を受けることにより、親時計の調整値とまったく同期して自動的に行なわれる。またこのデジタル時計回路は可逆である。調整表示盤および操作盤については後述する。

図 2.8 は標準形船用データロガの各盤の実装図である。測定点 100 点以下の場合には標準きょう体 2 個から構成され、各きょう体は内部架 (BAY) 2 架からなっている。図においては BAY-1, BAY-3 前面固定架, BAY-2, BAY-4 は後面開閉架である。



図 2.8 標準形船用データロガの実装図 Fig. 2.8 Marine data logger module assembly.



それぞれの BAY には図のように各盤を配置しており、BAY-5 および BAY-6 は、測定点数が 100 点単位で増すごとに追加される BAY であり、実装される各盤は図に示したとおりである。BAY-1 から BAY-4 においても、測定項目その他の仕様により削除する盤もある。

次に、これらのうち、主要構成盤についてその概略を述べる。

### 2.8.1 スキャナ

この装置では、スキャナとしてアナログスキャナとプログラムスキャナとがある。

アナログスキャナは多数の入力信号を 1 点ずつ順次切換走査し増幅器を経て、A-D 変換器に送り込む役割をもつ。重要なことは ON, OFF 動作が確実にこなされることであり、現在ではリレー接点を開閉素子とするものが多い。アナログスキャナは、動作速度、寿命、船用としての特殊条件を考慮して、接点が密閉されたリードリレーを用いている。

図 2.9 はスキャナ回路を示したもので、図のように 100 個のスキャナリレーでマトリックスを構成し、トランジスタによるスキャナリレー駆動回路により、00 から 99 までのリレーが順次駆動される。またこれらの駆動回路への信号はスキャナカウンタにより与えられる。この図ではリレーコイルのみを記しているが、100 個のリレーが順次動作することにより、リレー接点の片側を共通にしてやれば 100 点の入力を切り換えうることは容易に理解できる。アナログスキャナ信

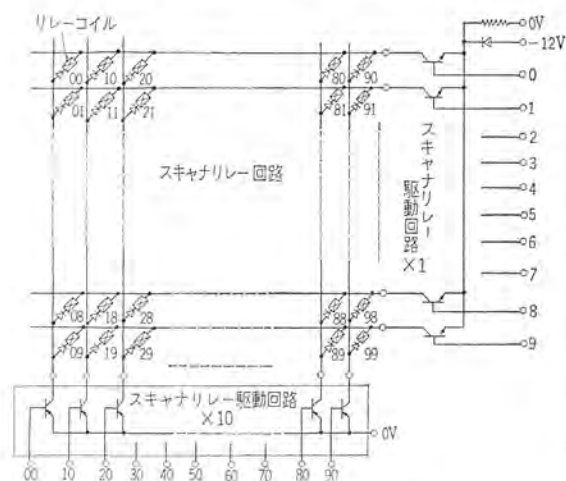


図 2.9 スキャナ回路  
Fig. 2.9 Scanner circuit.

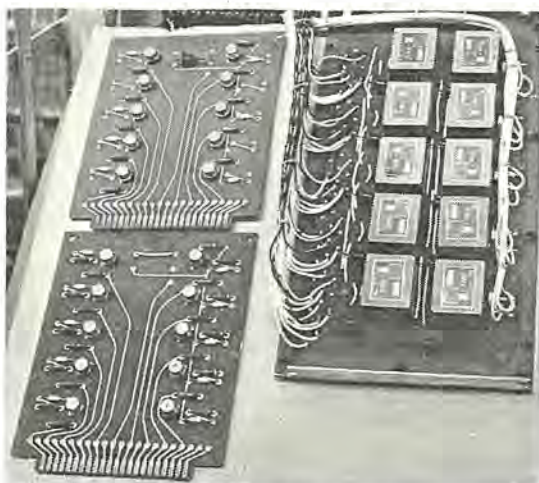


図 2.10 スキャナリレーボード(右)およびドライブカード(左)  
Fig. 2.10 Scanner relay board and drive card.

号の導入は 2 線式を採用している。図 2.10 は、スキャナリレー 10 個を 1 枚のプリント基板に実装したリレーカードと、1 位および 10 位の駆動回路を実装したドライブカードである。

### 2.8.2 直流増幅器

直流増幅器は mV のオーダで検出される測定信号を、A-D 変換器の入力信号レベル 0~5 V に増幅するものである。

この増幅器は、振動その他の悪条件に耐えるために、可動部の含むことを避けるべきであり、検出点からの信号伝送中における誘導、アース電位の相違などによる測定妨害を除くため、入出力絶縁形を用いることが好ましい。

船用データログでは、当社中央研究所で開発された磁気変調器を、入力段に用いた磁気変調器-トランジスタ形増幅器を用いることにより、これらの問題を解決している。

図 2.11 はこの増幅器のブロック線図であり、図 2.12 はその実装状態を示したものである。

増幅器の性能は大略次のとおりである。

増幅率	50~500 倍
直線性	±0.3 % 以下
応答	0.15 秒 以下 (100%)
入力インピーダンス	50 kΩ 以上

### 2.8.3 A-D 変換器

A-D 変換器はアナログ入力 0~±5 V をデジタル量 0~1000 (2 進化 10 進, 3 ケタ) に変換するものである。

変換方式は種々あるが、変換速度、精度にすぐれた逐次比較式を採用し、全トランジスタ方式である。

おもな性能は次のとおり、

動作	A-D 変換, スケール変換, 上下限值比較
入力電圧	0~±5 V
出力	符号 0~1000 (2 進化 10 進 3 ケタ)
精度	0.1 % ±1 bit

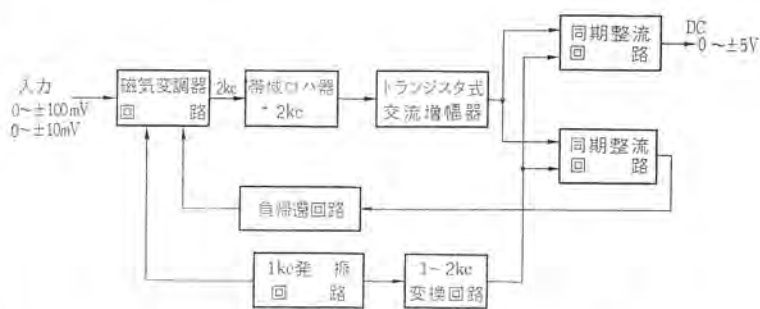


図 2.11 磁気変調器-トランジスタ増幅器ブロック線図  
Fig. 2.11 Block diagram of magnetic modulator transistor amplifier.

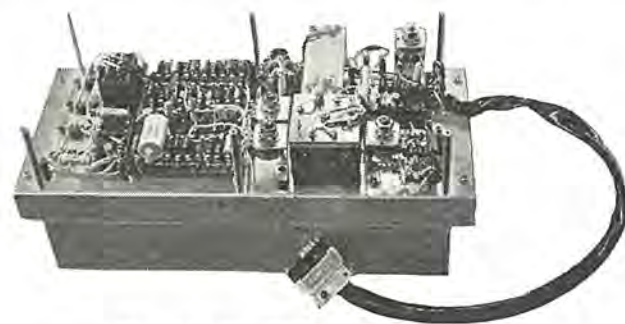


図 2.12 磁気変調器形直流増幅器の内部  
Fig. 2.12 Interior of magnetic modulator type DC amplifier.



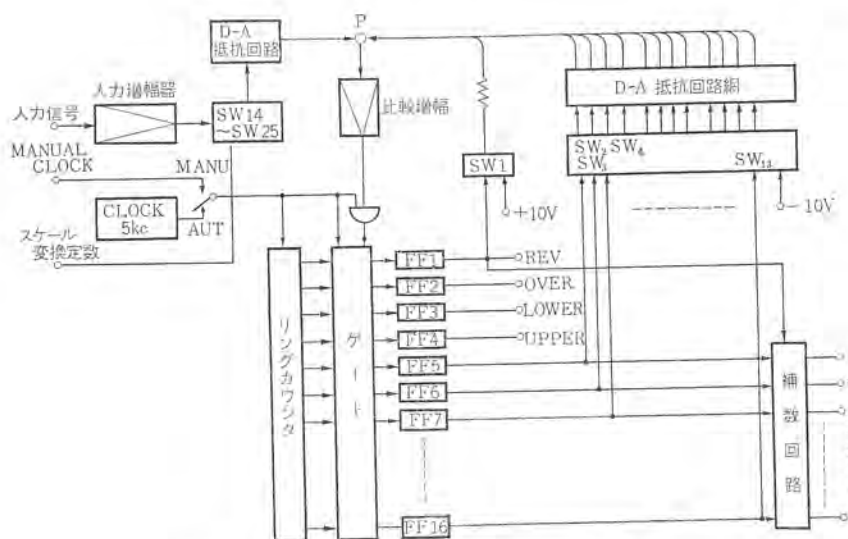


図 2.13 A-D 変換器ブロック線図  
Fig. 2.13 Block diagram of A-D converter.

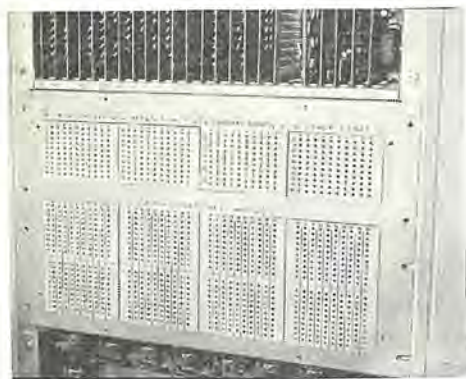


図 2.14 ピンボード盤実装状況  
Fig. 2.14 Pin board actually equipped.

変換速度 約 5 ms

図 2.13 は A-D 変換回路のブロック線図である。

図において AUT の場合、5kc のクロック信号によりリングカウンタは順次 ゲート 信号を出している。ゲート回路出力信号は、フリップフロップ FF1~16 までのセット信号である。

入力信号は、入力増幅器を通して、デジタル的にスケール変換され、D-A 回路を経てまず極性が正か負かをチェックする。正のときは FF1 はリセットされ、その後のクロック信号で入力過大、下限値比較、上限値比較の後、FF5 以下 FF16 までの 2 進 10 進 3 ケタすなわち 12 個のフリップフロップが順次セットされる。

これは、-10V を基準電圧とした重みに従って D-A され、入力信号と比較の後、 $|入力電圧| < |比較電圧|$  のときは対応する FF をリセットし、逆の場合はそのままのセット状態にしておく。

このようにして入力電圧と、各 FF のセットまたはリセット状態による D-A とが一致したときに A-D 変換が完了となる。各 FF とデジタル出力との対応は FF5~FF8 が 2 進 10 進 100 位、FF9~FF12 が 10 位、FF13~FF16 が 1 位である。

最初のクロック信号により入力極性が逆と判定したときは、比較増幅器入力に +10V を基準電圧としたフルスケール電圧をバイアスとして加え、前と同様の A-D 変換を行ない、補数回路を通してデジタル出力を得る。

#### 2.8.4 プログラム装置

この装置の順序動作は、すべてあらかじめ設定されたプログラムに従って動作する方式となっている。

これらのプログラムのうち、データロガ使用中常時変更のおそれのあるもの、変更が容易でありたいものをピンボード盤に、またあまり変更のおそれのないものをプログラムボードによりプログラムしている。それぞれのおもな設定項目は次のとおり、

#### (1) ピンボード 設定

(a) INPUT CUT OFF……該当入力番号の位置にピンをそう入すれば、その点に関してのみロガが機能を休止する。

(b) LOWER LIMIT……下限監視項目に対応する点にピンをそう入し、記憶させる。

(c) UPPER LIMIT……上限監視項目に対応する点にピンをそう入する。

(d) ADDRESS……定数の番地を選択するもので、上下限各 20 番地の選択ができる。

きる。

(e) CONSTANT……比較定数を、ピンにより 10 進 2 ケタの設定を行なうことができる。

ADDRESS と CONSTANT のピンボードは、内部で接続されており、UPPER および LOWERLIMIT と ADDRESS のピンボードは、パッチコードで前面から容易に接続することができる。図 2.14 はピンボード盤を示したものである。

#### (2) プログラムボード

プログラムボードにて設定するおもな項目は次のとおり、

(a) MONIT……監視項目であることの指定

(b) SELF CHECK……セルフチェック項目であることの指定

(c) INPUT CHARACTER……入力信号の種類の指定

(d) SCALE FACTOR……スケール変換定数(2 進 10 進 2 ケタ)

(e) UNIT……測定項目の単位の指定

(f) OUTPUT FORMAT……表示または記録様式の指定

(g) REPOSE……休止グループの指定

などがある。

#### 2.8.5 論理回路

データロガを所定のシーケンス動作をさせたり、また、各種の計算回路には論理素子 (NOR 素子) が多数必要である。これらの素子はトランジスタ、抵抗、コンデンサ、ダイオードなどの組み合わせであり、同一機能をもった数個の素子を 150×125 mm のプリント基板に収め、MELDAP 標準カードとしている。

船用データロガの論理回路も、この MELDAP カードにより構成している。

動作のための各種指令はすべてロガ内部で構成したタイミングパルスにより行なわせており、これを大きく分けると、スケッチセット、増幅器動作、A-D 変換、および表示、記録、警報などの指令の四つの区間となる。

ここでは具体的な論理回路の説明は省略するが、おもな構成回路は、TIMING 発生回路、SCANNER COUNTER 制御回路、DISPLAY REGISTER 制御回路、LOGGING COMMAND 作成回路、ALARM RELAY 制御回路、DIGITAL CLOCK 回路、LINE PRINTER または TYPEWRITER 制御回路、SELF CHECK 回路などがある。

図 2.15 は、MELDAP カードでこれらの回路を構成した状態



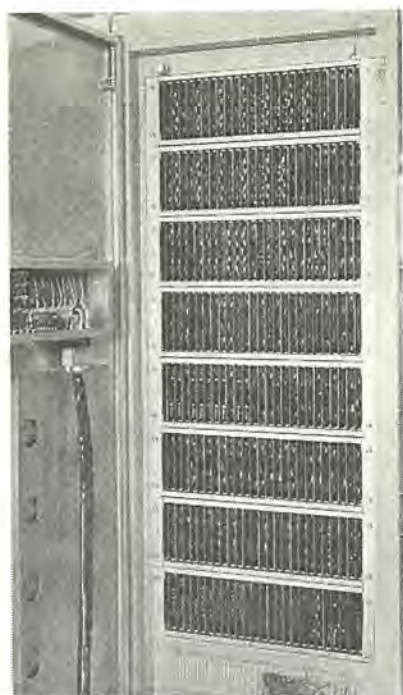


図 2.15 MELDAP カードの実装状況  
Fig. 2.15 MELDAP card actually equipped.

を示したものである。

#### 2.8.6 調整表示盤

調整表示盤はデータロガ本体に実装しており、主として調整、または保守のときに必要な各種スイッチおよびランプ類がついている。これらの記号名称および操作時の動作、表示内容を表 2.1 に示す。

通常のロガ操作時にはあまり必要ではない。ランプ類は故障を避けるため、すべてネオンランプを用いている。

#### 2.8.7 操作盤

操作盤は本体とは別に設けるもので、たとえば総括制御室の操

作卓などに設置される。この盤には、本ロガを操作するときに必要な各種指令または表示用のスイッチ、ランプ類が付いている。表 2.2 は、操作盤に取り付けられている各部品の名称および動作を説明したものである。

各種の指令、表示信号は、すべてデジタル的に行なわせているため、本体と操作盤の距離が長くなっても誤動作することはない。

#### 2.9 出力機器

船用ロガにおいて、おもな出力機器はラインプリンタまたはタイプライタである。いずれを用いるべきかは、それぞれの特徴をよく検討して決めるべきであるが、主目的が測定値の監視という観点からすれば、ラインプリンタで十分であろう。

##### 2.9.1 ラインプリンタ

ラインプリンタをタイプライタと比較したとき、長所としては、

- (a) 記録速度が速い。
- (b) 安価である。
- (c) 故障率が低い。

また短点としては、

- (a) データ整理が繁雑である。
- (b) 測定データ 1 項目に注目したとき、その傾向が一目了然である。などがある。

ラインプリンタのおもな性能は次のとおりである。

最大印字速度	5 行 / 秒
ケタ数	12 ケタ / 行
紙幅	80 mm
活字寸法	2 mm (W) × 3 mm (H)
活字種類	0~9, 小数点および※の 12 種
文字色	黒字および赤字
特殊記号	可能
外形寸法	485 mm (W) × 240 mm (H) × 400 mm (D)

外観は図 2.3 に示すとおりである。

表 2.1 調整表示盤動作説明

部 品	名 称	動 作	備 考
NEON LAMP	STATE	4 進, 8 進リングカウンタによる 1 CHANNEL 内の動作状態を表示	
	INPUT	測温抵抗体用ブリッジ回路故障時に点灯	
	ANALOG UNIT	AMP または A-D が故障時に点灯	警報ブザ鳴動
	CONSTANT	PIN BOARD への設定不良時に点灯	ロガ動作停止
	ALARM RELAY	ALARM RELAY 動作不良時に点灯	
	FUSE	POWER UNIT のいずれかの FUSE 断のときに点灯	ブザ鳴動, 主電源断
	POWER	主電源 ON のときに点灯	
SWITCH	BUSY	AUTO 動作であり, かつ SELF CHECK 正常時に点灯	
	ALL RESET	ロガ動作すべてを初期状態に戻す	
	MANUAL STATE SET	このスイッチを手動操作することにより, 1 CHANNEL 内の STATE が順次進む	
	POWER ON-OFF	主電源の ON-OFF	
	AUTO-MAN	ロガ動作の自動, 手動の切換	
	DC 24V ON-OFF	船から供給される DC 24 V の ON-OFF	警報ブザ動作
	VOLT CHECK	ロガ実装の POWER UNIT の出力電圧 CHECK	

表 2.2 操作盤の動作説明

部 品	名 称	動 作	備 考
NEON LAMP	TIME DISPLAY	10h, 1h, 10min, 1min を 2 進化, 10 進で表示	1 分パルスで動作
	FAILURE	SELF CHECK ALARM の場合一括して表示	
	POWER	主電源 ON のとき点灯	
	BUSY	AUTO であり, SELF CHECK ALARM 正常時に点灯	
	CHANNEL NO SELECT	選択押しボタンスイッチで 10 進操作で設定	
	LOG CYCLE SELECT	定時記録周期を 5min, 30min, 1h, 4h のいずれかに設定	0 時 0 分を基点にする
	TIME ADJUST	デジタル時計にセットすべき時分を 10 進で設定	
SWITCH	POWER ON-OFF	主電源の ON-OFF	
	PRINT OUT	任意時刻記録指令用押しボタン	記録項目のみ
	DISPLAY ON	呼出し表示指令用押しボタン	
	DISPLAY OFF	数値表示値を消去	
	TIME SET	TIME ADJUST にて設定した内容に時計をセットする	
	ALL RESET	ロガ動作すべてを初期状態に戻す	
	BUZZER OFF	ALARM 発生によるブザ鳴動を停止	
	REPOSE SELECT	休止グループの設定	最大 10 グループ
	DISPLAY CHECK	数値表示器のランプのチェック	
	BUZZER	ALARM 発生時に鳴動	
	DIGITAL DISPLAY	CHANNEL NO 2~3 ケタ, Data 3 ケタおよび単位の表示を行なう	



### 2.9.2 タイプライタ

タイプライタの信頼度は、船用データロガの信頼度・実動率に大きく影響する。制御機構をトランジスタなどの半導体素子で構成し、かつキャレージが固定でプリントヘッドが1字ごとに移動する方式(通常この印字機構をゴルフボール式と称している)のINVAC製TR-200は、船用タイプライタとして要求される条件に比較的近いものといえる。

TR-200のおもな性能は次のとおり、

最大印字速度	15.5字/秒
印字間隔	12字/インチ
紙幅	15.5インチ
印字幅	13.0インチ
印字可能傾斜	±180°
タイプライタコード	ADJUTANT GOLF BALL 形 IBM セレクトリックコード
文字色	黒字または赤字
外径寸法	約 530 mm (W) × 約 260 mm (H) × 約 380 mm (D)

外観は図2.4に示したとおりで、またそれぞれの記録は図2.5に示したとおりである。

### 2.10 特長

これまでに標準形船用データロガについて、機能および動作の概略を説明したが、この装置の特長のおもなものは次のとおりである。

#### (a) 電子回路のトランジスタ化

ロガの主要機能を果す回路は、すべてトランジスタ化しており、これには使用実績のあるMELDAPカードを用いている。

#### (b) 高信頼度リレーの使用

スキナ、アラムリレーなどには、振動、ジヤイ、塩害、寿命などに対し信頼度の高いものを使用している。

#### (c) 上下限監視の設定

入力測定値を監視し、異常時には警報を発する機能をもっている。また上下限値の設定はピンボード盤前面で容易に行なえる。

#### セルフチェック機能

主要機能は常時チェックし、ロガの信頼度と実動率を上げている。

#### (e) 休止グループ選択機能

船舶停泊時の主機運転停止などにおける入力信号断の際は、グループ別に監視動作の停止を行なうことができる。

#### (f) 密閉化

ジヤイ、塩分などの影響を考慮し、主要部分は密閉化している。

#### (g) 入出力端子

入出力端子は船用ケーブルの接続可能なものを用いている。

#### (h) 計算回路

船用データロガでは、ロガの小形化、価格などから所要計算は主としてアナログで行なっている。計算例としては次のようなものがあげられる。

- i) 主機シリンダ排ガス温度平均値、平均値に対する偏差
- ii) 主軸馬力合計
- iii) 主軸回転数平均値
- iv) FOタンク容量合計値
- v) FO消費量合計値
- (i) きょう体構造その他

きょう体構造、使用電子部品などは船用としての特殊条件を十分考慮して使用し、設計、製作している。

## 3. 船用データロガの実例

データロガの船舶への積載は比較的歴史は浅い。当社においても昨年春、大阪商船「さんちゃあご丸」納めデータロガを製作してから漸次受注増の傾向にあり、現在も数台製作中である。

表3.1は、これまでに製作した船用データロガのおもなものについて、その性能をまとめたものである。

### 3.1 大阪商船「さんちゃあご丸」納めデータロガ

当社において本格的な船用データロガの1号機である。おもな機能は表3.1に示したとおりであるが、調整表示盤が本体のトリア上部についており、数値表示器は警報ランプを取り付けたグラフィックパネル上部に、また操作スイッチ類は操作卓に組み込まれている。

図3.1はこのデータロガの設置現場を示したものである。本体は3台のきょう体から構成しており、左からBAY-1、BAY-2、BAY-3と呼んでいる。BAY-1は上から圧力変換器電源、電流変換器および警報リレーなどが実装され、BAY-2にはA-D変換器、増幅器、スキナなどが、またBAY-3には論理回路、ピンボードおよび電源盤などが実装されている。グラフィックパネルには角形の警報ランプが配置され、中央操作卓にはタイプライタが、またその手前に操作パネルが組み込まれている。ロガ本体トリアは運転時は閉じられ、ジヤイなどを防ぐ。

### 3.2 青函連絡納めデータロガ

このデータロガは、本体および操作監視盤からなり、本体は6きょう体により構成している。

図3.2はその外観を示したもので、調整表示盤はBAY-2の



図 3.1 大阪商船納め船用データロガ設置現場  
Fig. 3.1 Data logger installation for marine use.



図 3.2 青函連絡船納めデータロガ  
Fig. 3.2 Data logger on ferry boat.



表 3.1 船用データロガの性能 (例)

形 名	MELDAP-1361	MELDAP-1392	MELDAP-1362	MELDAP-1231	MELDAP-1392
積 載 船	大阪商船 「さんちゃ丸」	青函連絡船 「八甲田丸」	ESSO タンカー (エンジンログ)	ESSO タンカー (ダ角, 回転船ログ)	青函連絡船用
全 入 力 点 数	74	339	79	2	293
各 入 力 点 数	温 度	47	47		211
	圧 力	6	42	31	42
	回 転 数	3	3	1	3
	そ の 他	18	37	0	37
主 電 機 能	走 査 監 視	51 点	291	32	231
	連 続 監 視	な し	15	な し	15
	記 録	定 時	11 h, 4 h ご と	連 続, 10 min, 30 min, 60 min ご と	5 min, 30 min, 1 h, 4 h ご と
		任 意	可 能	可 能	可 能
	表 示	デ ー タ	3 ケ タ	3 ケ タ	3 ケ タ
		時 刻	時 分 符 号 表 示	時 分, 数 値 表 示	日, 時, 分 符 号 表 示
出 力 機 器	タイプライタ	プ リ ン タ	プ リ ン タ	プ リ ン タ	プ リ ン タ
走 査 速 度 (点/秒)	1	2	2		2
上 下 限 設 定 器	ビ ン ボ ー ド	ビ ン ボ ー ド	ビ ン ボ ー ド		ビ ン ボ ー ド
電 源 電 圧 お よ び 電 力	AC 100 V 500 VA	AC 100 V 2 kVA	AC 220 V 500 VA	AC 200 V 100 VA	AC 100 V 2 kVA

トビラについている。操作監視盤は正面表示パネルには監視点数と同数のランプを常時弱点灯にしており、異常時には対応するランプが強点灯となる。また上部投影式表示器は左側が時刻表示、(時、分)右側が入力点番号、データおよび単位表示用である。

ライブラリタ右面にはめ込まれており、その手前が操作パネルとなっている。このログでは、圧力 15 点については連続監視を行っており、操作監視盤正面下部に見える 15 個のポテンシオメータは監視値設定用である。図 3.3 は調整表示盤を示したもので、SCANNER NO, TIME などのランプ類、また ALL RESET,

TIMFADJUST などのスイッチ類が見られる。

その他、定時記録周期は指定した時点を基準としている (0 時 0 分が基準ではない) ことや、上下限設定値の表示可能などもこの装置の特長である。各種計算は主としてアナログ回路によって行なっている。

### 3.3 ESSO タンカ納めデータログ

ESSO 納めデータログには、エンジンログと、ダ(舵)角および回転数ログとがある。

エンジンログの仕様は、標準形データログの仕様とほとんど同じで



図 3.3 調整表示盤 (青函連絡船用)  
Fig. 3.3 Adjustment indicating panel (on ferry boat).

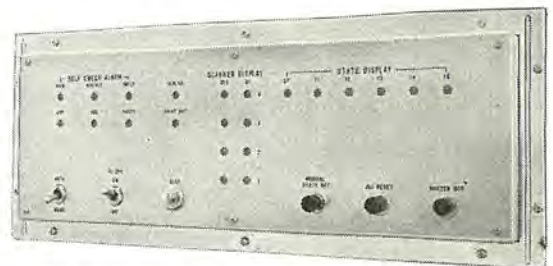


図 3.5 ESSO 納め船用データログ調整表示盤外観  
Fig. 3.5 Exterior view of ESSO marine data logger adjustment indicating panel.

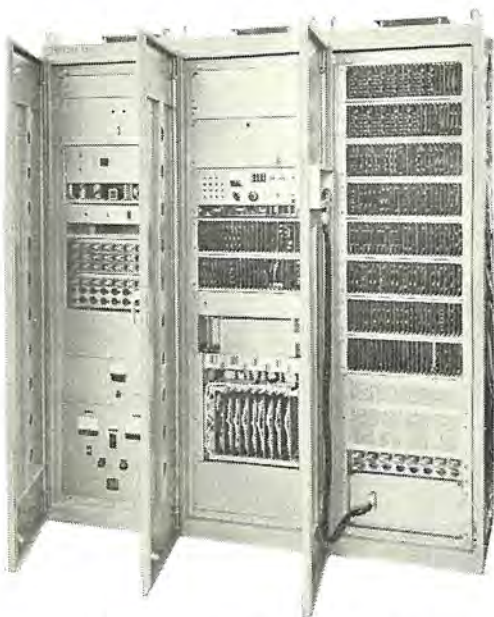


図 3.4 ESSO 納め船用データログ本体外観  
Fig. 3.4 ESSO marine data logger assembly.



図 3.6 ESSO 納め船用データログ操作盤外観  
Fig. 3.6 Exterior view of ESSO marine data logger operating panel.



図 3.7 ダ(舵)角および回転数ログ外観  
Fig. 3.7 Exterior view of helm and rotation speed logger.



ある。

構成は本体が3きょう体からなり、別に操作盤がある。図3.4は本体を正面からみたもので、各パネル配置は大阪商船納めデータロガと比較的よく似ているが、各所において改善されている。とくに積載船が輸出船であるため、保守・点検の容易性に留意し、可能な限り各盤をunit化している。

図3.5は調整表示盤を、また図3.6は操作盤の外観を示したものである。

ダ角および回転数ロガは、船舶操作におけるオーダ変更時に、ダ角あるいは回転数が定常状態に落ちつくまでを記録するとともに、定常運航状態においてダ角あるいは回転数に偏差を生じた場合にも記録せしめるものである。図3.7はその外観である。

#### 4. む す び

先に述べたように、船用データロガは最近注目され出した機器であるが、われわれは各種の船用データロガを設計製作し、これらの経験と、船舶にデータロガを積載したことによる効果と経済性を十分考慮して、標準形船用データロガを開発した。

電子工学ならびにこれに関連した計装技術の発達が日進月歩の

現在、船用データロガはその第1歩を踏み出したともいえるが、それだけに今後に残された課題も多い。

たとえば、検出変換器を含めた精度、信頼度の向上、音声による異常情報伝達方式の検討、雑音振動などによる誤動作の絶無、出力機器（プリンタ、タイプライタなど）の故障率の減少、外国船積載ロガの海外サービス網の設置と拡充、データロガ簡易チェックの製作などがあげられる。

また近い将来は、船用データロガによって温度、圧力などをフィードバック制御することも考えられるし、さらに進んで船舶運航のプログラムを記憶させておき、これによる命令によって航行させるような、いわゆるコンピューティングロガの必要性も生じてくるであろう。

今後、実船における信頼性および有用性が実証されるにつれて、船舶近代化構想に占めるデータロガの比重が増大することは必然である。これらに対処すべく、今後またゆまぬ努力を続ける所存である。

最後に、船用データロガ開発に惜しみない尽力をたまわった、中央研究所第3研究部安藤次長ならびに関係者各位に謝意を表する次第である。



# 三菱船用テレビジョン装置

道家昭彦\*

## Mitsubishi Marine Television Equipment

Kamakura Works, Itami Factory

Akihiko DŌKE

The latest progress in shipbuilding industry has come to call for automatization and rationalization of vessels. As a result marine television equipment has been developed and installed on a 53,000 ton oil tanker, King Kadmus. Marine television equipment in general involves that used for steering, for watching an engine room and for supervising loading and unloading. The marine TV equipment referred to is for the steering and its TV camera is installed on top of a mast at the bow which is situated in a particularly adverse condition. The camera is a transistor type IT-TI "Melvision" housed in an all weather type camera case in use. To withstand the temperature change from  $+50^{\circ}\text{C}$  to  $-20^{\circ}\text{C}$  electronic cooling by thermoelectric semiconductors is provided together with electric heaters. To guard against the frost on the glass surface is employed electroconductive glass. Future problems to be imposed on the equipment are such as to work out a method to know the distance of objects, to widen the angle of vision and to reduce the number of adjusting points.

### 1. ま え が き

産業用テレビジョン装置、いわゆる ITV は昭和 30 年から実用化され、視覚の延長として監視用、各種機器の集中制御、作業工程の管理などに多数利用されてきたが、船舶業界においても、建造、操船の合理化の要求から ITV の利用が注目されてきた。

当社では昭和 37 年から三菱重工株式会社神戸造船所のご好意により、ITV をオイルタンカ、貨物船などに持ち込んで振動などに対する試験を行ない、昭和 38 年には海上保安庁の巡視船“しきね”に接岸用としてとう載したが、このほど本格的なマリントレヴィジョン装置を開発し、さる 2 月に、Cadmus Shipping 社 (Liberia) のオイルタンカ“キングカドマス”号 (53,000 トン) に納入した。

最近のオイルタンカは、ますます大形となり数万トン十数万トンにも及ぶものが建造されつつあるが、このような大形船では、従来のものとは異なり、エンジン、ブリッジともに船尾に配置された、いわゆるアフターエンジン、アフターブリッジ方式が採用されている。このように船の長さが長くなり、さらにアフターブリッジ方式となると、ブリッジから前方海面を監視する場合に船首に視界をさえぎられて見えなくなる死角が広くなり、入出港時の操船が困難となる。

このマリントレヴィジョン装置 (以下マリント V と略す) は、上記のような欠点を除くために使用されるもので、船首のマストにテレビジョンカメラを取り付け、ブリッジ操舵室にモニターを設置し、この間をケーブルで接続している。

以下船舶における ITV の各用途ならびに、今回キングカドマス号



矢印は TV カメラを示す

図 1.1 マリント V をとう載したキングカドマス号  
Fig. 1.1 Tanker "KING KADMUS."

にとう載したマリント V につき大略をご紹介します。

### 2. 船舶における TV の用途

船舶における ITV の用途は種々考えられるが、現在着目されているおもなものをあげると次のようである。

#### 2.1 操船用 TV

船舶においては乗組船員の減少ということが大きな課題となっている。

最近では数万トンのオイルタンカでも乗組員がわずか二十数名というような自動化船が建造されている。

このように乗組員が少なくなると、一番問題となるのは、入出港時や、係船時の操船に要する人員で、航行中には小人数で足りても、入出港や係船時の操船のために、あまり人員を削減することができない。このような操船に必要な人員を削減するために、目の延長としてのテレビジョンが用いられるようになった。当社では、この種の用途として、“キングカドマス”号に、とう載したマリント



図中矢印

図 2.1 巡視船“しきね”に取り付けた TV カメラ  
Fig. 2.1 TV camera installed on "Shikine".



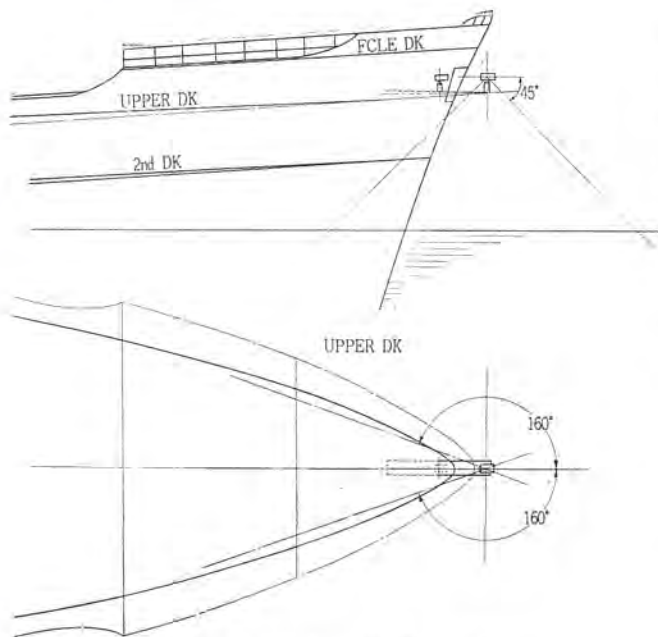


図 2.2 アンカー監視用 TV  
Fig. 2.2 TV camera for watching the anchor.



図 2.3 エンジンルーム内の監視状況 (受像直画)  
Fig. 2.3 TV picture of the engine room for watching it.

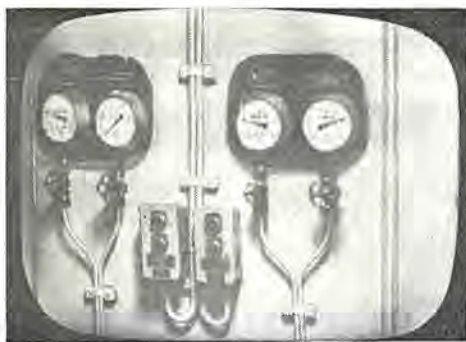


図 2.4 エンジンルーム内計器盤の監視 (受像画面)  
Fig. 2.4 TV picture of meters in the engine room for watching.

TV のほかに、接岸専用としては、海上保安庁の巡視船“しきね”に納入したものがあつた。これは、ブリッジ後方のバランスタックにより見えない部分の監視用に取り付けたもので、おもに後部から接岸する際の監視に使用している。

このほか、図 2.2 に示すごとく、船首にカメラを組み込んでおき、必要に応じて遠隔操作でカメラを繰り出し、投げよう(錨)、抜くようの監視や投げよう鎖のタルミぐあいやその方向の監視に用いることも考えられている。

## 2.2 エンジンルーム用 TV

船舶のエンジンルームにおいても、陸上の諸プラントと同様自動化や、遠隔操作が進んでいるが、自動化、遠隔化が進んで人員を減

少し、または無人化した場合、安全性などの点から、ますます監視ということが重要になってくる。この場合も遠隔監視であるので、産業用テレビジョンが用いられるが、環境条件としては陸上の諸プラントとほとんど同一と考えてよく、実船(雄鶏丸およびオリオン丸)における実験の結果も、振動や、動揺に対し、特殊な考慮を払う必要がないことがわかつた。図 2.3 および図 2.4 に、実験時のモニタ受像画面の写真を示す。

## 2.3 その他の用途

船用 TV の用途としては上にあげた用途のほかに荷役の監視、船倉における荷くずれの監視用などがあり、また特殊なものとしては、スクリューやカジに魚網やロープを引掛けたときなどに、船上で状況を知るための水中 TV などとも考えられている。

## 3. マリン TV

上記の各用途のうち 2.1 節の操船用のものは 2.2 節などのものと異なり、カメラ部分が甲板上またはマスト上に設置されるため、その環境条件が、陸上用や船内エンジンルーム用などに比べ悪く、この環境条件にいかに対処するかが、設計上のポイントとなる。

### 3.1 設置の目的

キングカドマス号はアフターブリッジ形の船で、全長は 229 メートルにも及び、ブリッジから前方海面の視界は、船首によって大きくさえぎられている。とくにから荷のときには船首が、満載喫水時に比べ約 9 メートルも高くなり、さらに死角が大きくなる。このような船が入出港する際、レーダにも出ないような小舟などが死角に入った場合非常に危険であり、また運河航行時や、接岸時などにも、この死角が大きいと操船が困難となり、船首に監視員を置く必要がある。本機はこのような不便を取り除くために設置されたもので、カメラからの視野は図 3.1 に示すようになり、船首のごく近傍まで、ブリッジにいながらにして監視可能となった。

### 3.2 構成

本マリン TV は次の各部から構成されており、全体の系統は図 3.2 に示すごとくになる。

#### (1) カメラ部

この部分は船首に設けられたマストの上、約 11 m (甲板上から) の所に設置された。

- |                              |     |
|------------------------------|-----|
| (a) テレビジョンカメラ                | 1 台 |
| (b) 全天候形カメラケース               | 1 台 |
| (c) 全天候形伏仰回転台                | 1 台 |
| (d) ズームレンズ                   | 1 個 |
| (e) ケーブル接続箱 (カメラケース用電源装置を含む) | 1 台 |

#### (2) モニタ部

モニタ部はブリッジ操舵室内に設けられており、コンソール形となっている。

- |                   |     |
|-------------------|-----|
| (a) 14 形ピクチャモニタ   | 1 台 |
| (b) カメラコントロールユニット | 1 台 |
| (c) 端子板           | 1 個 |

#### (3) ケーブル

- |              |
|--------------|
| (a) 信号伝送ケーブル |
| (b) 制御ケーブル   |

### 3.3 全天候形カメラケース

カメラ部分は船首のマスト上に設置されるので、いわゆる全天候形とする必要がある。このために、カメラは標準形のメルビジョン、IT-T1 形を、保護用のカメラケースに納めて使用している。図 3.3



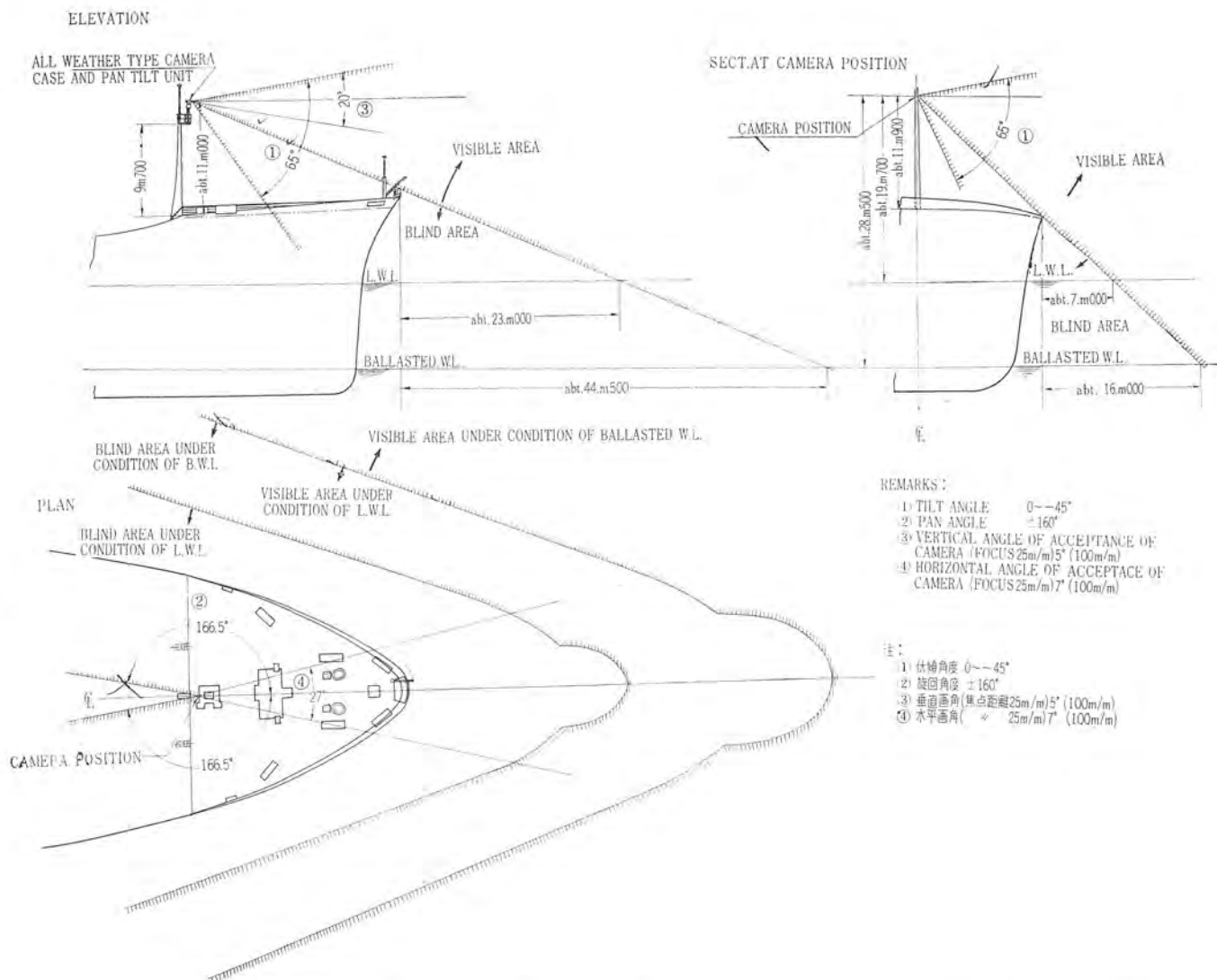


図 3.1 視野図

Fig. 3.1 Viewing angle of marine television camera.

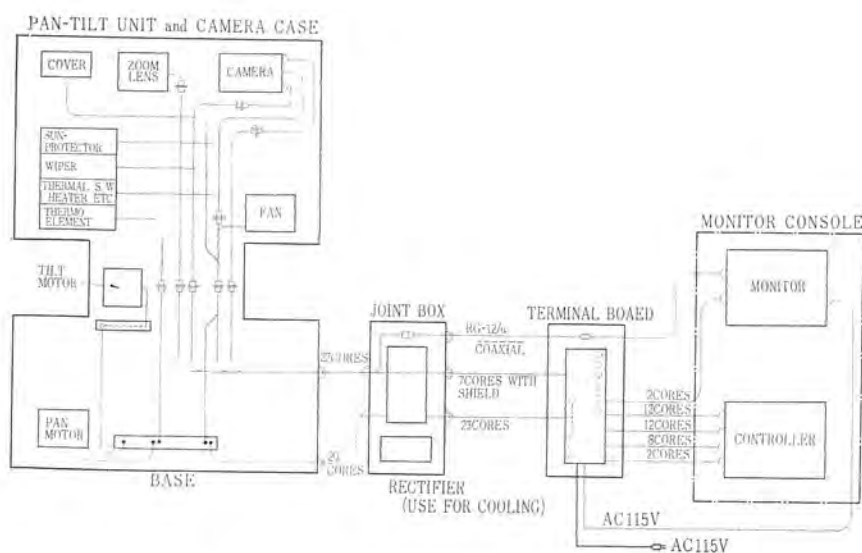


図 3.2 マリンテレビジョン系統図  
Fig. 3.2 Block diagram of marine television.



図 3.3 船首マストに取り付けたカメラ部  
Fig. 3.3 TV camera installed on the mast of the bow.

に マスト 上 の カメラ 部 を 示 す。

### 3.3.1 温度に対する対策

使用される周囲温度は、赤道直下あるいはアラビア海などの高温域から、北欧方面の低温域までが予想されるので、+50°C か

三菱船用 テレビジョン 装置・道家

ら -20°C まで動作するように設計した。

カメラをこのような環境で使用する場合、潮風や、塩水、風雨から保護するために、カメラケースは、完全密閉構造とすることになる。





図 3.4 (a) カメラ 部  
Fig. 3.4 (a) Camera section.

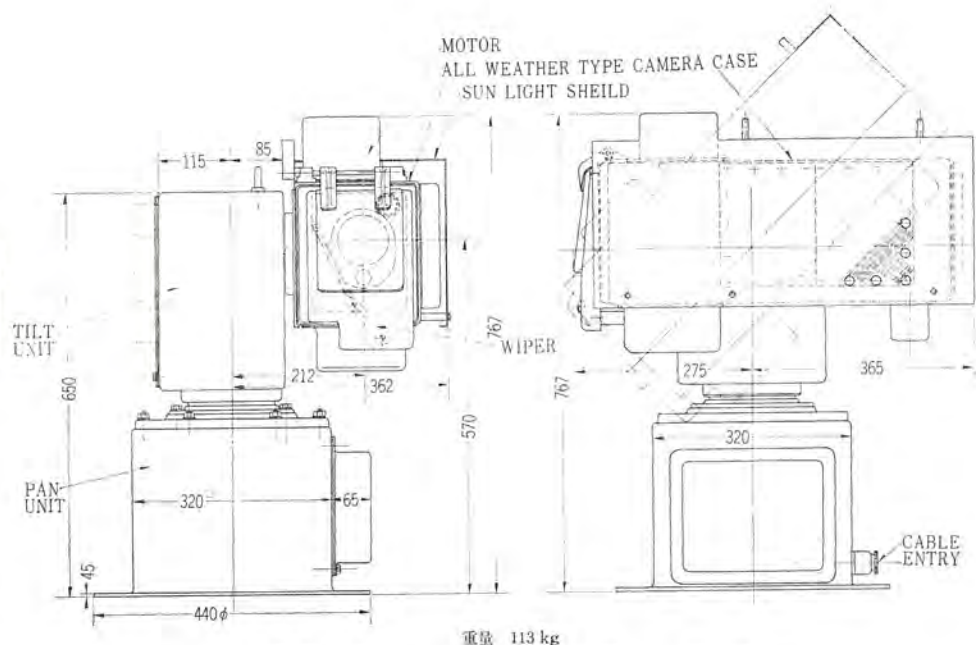


図 3.4 (b) カメラ 部 外形 寸法 図  
Fig. 3.4 (b) Marine television all weather type camera case and pan tilt unit.



図 3.5 (a) 接続箱  
Fig. 3.5 (a) Junction box.

密閉した ケース の内に、カメラ のとき発熱体を入れた場合、一番問題になるのが、発生する熱の処理である。周囲の空気温度が低い場合には、ケース を伸介して熱交換をさせ、内部の熱を外に放散できるが、周囲の空気温度が、 $+50^{\circ}\text{C}$  というように高い場合には、(a) 外部から冷たい空気を送り込むが、(b) ケース 外面に冷水を流して水冷とするか、(c) 積極的に冷房を行なうかのいずれかの方法による必要がある。

(a) の方法は、海上であるので塩分などを含まない清浄な湿度の低い冷風が得られない。また (b) の方法も同様に船中では冷たい清水は得がたいのと、また カメラケース が回転するという機構上の問題や、冬期に凍結の恐れがあるなどの点から、本装置では、(c) の積極的冷房を行なうことになり、可動部分のまったくない、半導体を使いたいいわゆる電子冷房を用いた。

一方低温に対しては、ヒータによる加熱を行なっているが、前面 ガラス には、導電 ガラス を用いた二重 ガラス 構造とし、これに電流を流して、低温における ガラス 面の凍結や、ケース 内外の温度差による露結を防止している。

この導電 ガラス の電流は、 $-4^{\circ}\text{C}$  以下では 100% 流して凍結防止を行ない、 $+4^{\circ}\text{C}$  以上  $+34^{\circ}\text{C}$  までは約 50% の電流として露結を防止するようになっている。

カメラケース 内の種々の温度 コントロール は、すべて サーモスイッチ による自動調節となっている。温度の設定点を表 3.1 に示す。

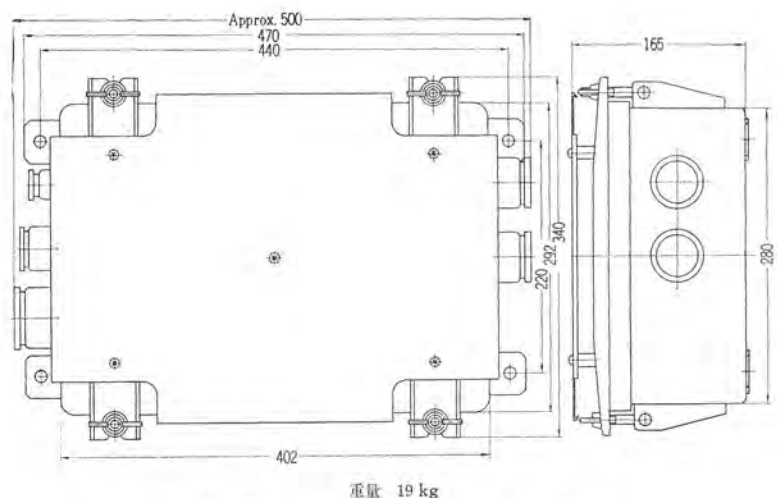


図 3.5 (b) 接続箱 外形 寸法 図  
Fig. 3.5 (b) Outline dimensions of junction box.

### 3.3.2 耐風圧

耐風圧としては、船速 20 ノットに 60 m/sec の風速の風が加わるものとして設計した。

### 3.3.3 耐水性、耐波浪性

甲板上の機器が耐水性、耐波浪性を要求されるのは当然であるが、とくに テレビジョン のカメラ の場合は単に密閉構造とするのみではなく、前面 ガラス をできるだけ清浄に保つ必要がある。

このためにガラスの前面には、カメラの電源の入、切により自動的に開閉するカバーを備えており、カメラを使用しない大洋航行中などに波しぶきがかかって、ガラス面に塩分が析出してくるのを防

表 3.1 サーモスイッチ 温度 設定点

用 途	「接」( $^{\circ}\text{C}$ )	「断」( $^{\circ}\text{C}$ )
低温限界でカメラ「断」	+ 4	- 4
ヒータ	+ 6	+14
サーモエレメント (冷却)	+34	+26
高温限界でカメラ「断」	+42	+50
前面ガラス (電流 100%) (注)	- 4	+ 4

注 前面ガラスは、サーモエレメント「接」と前面ガラス「断」の間は、電流約 50%、サーモエレメント「接」で完全「断」となる。



止している。

またガラス面にはウインドワイパを有し、降雨の際は、ブリッジのカメラコントロールユニットから、押しボタンにより遠隔操作できる。

### 3.4 伏仰回転台

カメラケースは全天候形の伏仰回転台に取り付けられ、ブリッジのカメラコントロールユニットの押しボタンにより遠隔操作される。操作の方式は、できるだけ簡単で部品数が少なく、したがって故障も少ないことを主眼にして、サーボ機構を用いず、単なる ON-OFF 方式とした。

この回転台も、カメラケースと同様に密閉形であるが、連続に回転することもなく、またトランジスタカメラと異なり許容温度も高いので、温度に対してはとくに問題となる点はない。

伏仰回転台のおもな仕様は、

上下伏仰角	0～-45°
左右回転角	±160°
伏仰および回転速度	約 3°/sec

### 3.5 レンズ

レンズには自動光量調節機構の付いたズームレンズを使用し、さらにカメラが太陽に向いた場合でも撮像管の光電面を焼損することがないように、太陽電池を利用した自動シャッタを設けてあり、カ



図 3.6 (a) ブリッジ操ダ室に据え付けた モニタコンソール  
Fig. 3.6 (a) Monitor console installed in the bridge.

メラが太陽に向う寸前に、自動的にシャッタが閉じるようになっている。

レンズの明かるさ	F=1:1.8
最少絞り	F=1:22
焦点距離	25～100 mm
ズーム比	1:4
水平視角	約 27°～7°
垂直視角	約 20°～5°

### 3.6 モニタコンソール

モニタはカメラと同様に標準形の 14 形 ピクチャモニタを使用し、カメラコントロールユニットとともに、図 3.5 に示すようなコンソールに組み込んである。

この部分は、船首のカメラ部と異なり、エンジン部に近いので振動が大きい。

モニタコンソールに、モニタおよびカメラコントロールユニットを実装した状態で試験の結果、120～600 c/m、全振幅 2 mm および 600～2,000 c/m、全振幅 0.5 mm において異常なく、共振点は 1,250 c/m にあり、このときの最大振幅は 3 mm であった。

この船の主振動は巡航時 565 c/m、最大 575 c/m であるので、とくに問題となる点はなく、実際に試運転時の結果においても、振動による異常は認められなかった。

### 3.7 カメラコントロールユニット

カメラに必要なすべての操作調整は、カメラコントロールユニットから遠隔操作される。

操作項目は

- (1) 全電源開閉
- (2) カメラ 電源開閉
- (3) カメラ 左右回転
- (4) カメラ 上下伏仰
- (5) レンズズーム
- (6) レンズ 焦点
- (7) ワイパー 開閉

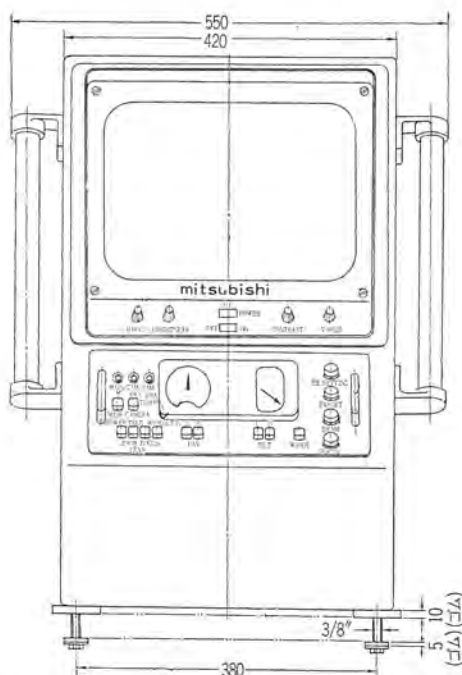


図 3.6 (b) モニタコンソール 外形寸法図 (重量 67 kg)



Fig. 3.6 (b) Outline dimensions of monitor console.



- (8) EE セッティング
- (9) ビジコンターゲット 電圧調整
- (10) ビジコンビーム 電流調整
- (11) ビジコンビーム 焦点調整

であるが、カメラの左右回転と、上下伏仰はその角度が、カメラコントロールユニットのメータにそれぞれ指示され、カメラの角度によって視野が海面のみとなり、自船の一部などが写っていないときでも、その方向がわかるようにしている。

#### 4. 実装上の諸問題

##### 4.1 遠近感

テレビジョンを操船用に使用した場合、使用上の点で問題になるのは、実際の被写体との遠近感が、TV 受像画面から得られるかという点である。

しかし、われわれが眼球を二つ持っているために立体感を得ている距離は、割合に短く、せいぜい 10 m くらいまでであり、これより遠方のものは、比較する何かとの重なりぐあいや、すでに持っている目的物の大きさのイメージに比べた実際に見える大きさや、動いている目標、または、こちらが動いている場合には、頭の中にすでにある予想される動きの速さと、実際に見える動きの感じ（速いものほど動きがゆっくりと見える）との差、または、かすんで見える度合などを、無意識のうちに頭の中で総合的に判断して遠近感を得ているので、テレビジョンのカメラが単眼であっても、慣れることにより受像画面から、かなりの遠近感が得られるものである。

今回製作したマリン TV は、船首のマストの上にカメラを設置し、カメラは遠隔操作により上下左右に方向を、またレンズのズームにより、視野の大きさを自由に換えられるようになっているが、このようにすると見たいと思う方向にカメラを向けしかも広角にしたり、望遠でクローズアップしたりが自由にできて、便利ではあるが、一方カメラの伏仰回転角や、レンズの視角の調整により、自船などの比較物がいっさい入らず、海面と目的物のみが写るという場合が起こり、遠近がはっきりわからなくなる欠点がある。さらにレンズをズームして視角を変えて見ていると、一つの視角に対する慣れというものがなく、さらに遠近の感じが出にくくなると考えられる。

この点については、ドイツの IBAK 社でも TV カメラの視野には船体の一部をつねに入れるのがよいとしており<sup>(1)</sup>、回転台を使用したときの便利さと、固定カメラによる遠近感の確実性と、いずれをとったほうがよいかは、今後の検討を要する問題である。

##### 4.2 レンズの視野

今回使用したレンズは、前述のように、焦点距離 25~100 mm（水平視角約 27~7°）のズームレンズであるが、ブリッジから船首にさえぎられずに見えるような遠方は、ブリッジから直接肉眼もしくは望遠鏡で監視できるので、TV では比較的近い海面を広い範囲にわたって見わたせればよく、実船に装備して見た感じでは、ズームで望遠にして見ることはあまり意味がないように考えられた。

レンズの焦点距離は、さらに短いほうがわれわれの肉眼で見た感じに近い遠近感が得られ、ズームレンズでは 17~70 mm が、また固定のものでは 16 mm または 12.5 mm くらいが適当と思われるが、この点も今後の検討が必要である。

##### 4.3 取り扱いの容易さ

今回のマリン TV は、回転台やズームレンズを使用したこともあって、3.7 節でしるごとく、操作および調整箇所が 11 項目となり、押しボタンが 11 個、調整つまみが 4 個と、かなり多くなっているが、このように小人数での操船を目的とした装置であり、しかも使用するのが船員で、TV の専門的知識もないのが普通であるので、完全なシャープな画質を調整によって得るよりは、多少画質は完全といえなくても調整箇所を少なくするほうが望ましい。

このため、レンズの焦点の押しボタンや、ビジコンのビーム焦点のつまみ、ビジコンの調整、などを取り除き、できるだけ無調整でもなんとか実用になる画質を得られるようにしたほうがよいと考える。

#### 5. む す び

以上、最近注目されつつある船用テレビジョンの種々の用途、ならびに、このたび開発したマリンテレビジョン装置の概要を述べた。今後船舶の自動化が急速に進むことが予想されるが、陸上と異なる特殊な環境条件に対処し、テレビカメラの設置位置、使用レンズの視野、取り扱いの容易さ、画質の良さというような、今後検討を重ねるべき問題点があり、今後さらに改良を続けてゆくつもりである。

終わりに装置の開発および製作にあたって、ご指導、ご援助をいただいた三菱重工業株式会社、ならびに浦賀工業株式会社の関係各位に深く謝意を表する次第である。

#### 参 考 文 献

- P. A. Lowery: International Marine Design and Equipment 67 (1963).

# 関西電力天ヶ瀬発電所 55,000kVA 水車発電機 運転制御装置および配電盤設備

田 附 和 夫\*・山下 喜美雄\*・山 田 米 造\*

## 55,000 kVA Water Wheel Generator and Control Switch-gear for the Kansai Electric Power Co. Amagase Power Station

Kōbe Works

Kazuo TATSUKI・Kimio YAMASHITA・Yonezo YAMADA

The Japanese Ministry of Construction has made a plan of riparian with the Yodo river system. As a link in a chain of the project a dam has been built at Amagase for multiple purposes, which has resulted in a construction of power station in addition to the scheme of flood regulation. In the power station are installed two Deriaz turbines each rated at 50,000 kW, the largest in the orient, built by Mitsubishi Heavy Industry. Driven by these machines, 55,000 kVA umbrella type Mitsubishi vertical generators operate there with special consideration in their design to match with the scenic beauty of surroundings. This article deals with the details of the generators and their switchgear.

### 1. ま え が き

この発電所は、建設省が立案した「淀川水系改修基本計画」の一環として、洪水調節を主目的とした天ヶ瀬多目的ダムを建設し、これから取水発電するものである。

そして、デリア水車として東洋最大容量を誇る三菱重工株式会社製 50,000 kW デリア水車に直結され、発電所の地点が観光地に近いため、とくに観光面から発電所の設計に考慮がはらわれた。主発電機だけでなく機器全般について信頼度と容易な保守点検に重点をおき、従来を経験を十分に取り入れ、細部にまで検討を加えた結果、工場試験、現地試験とも予想どおりの成績をあげ得た。機器しゅん工を機会にその概要を紹介する次第である。

### 2. 発電機仕様

#### (1) 発電機



図 2.1 天ヶ瀬発電所内影  
Fig. 2.1 View of Amagase Power Station.

形式 カサ形回転界磁全閉内冷形(空気冷却器付)

定格出力	55,000 kVA
電圧	13,200 V
力率	85 %
周波数	60 c/s
回転数	180 rpm
極数	40 極
ハズミ車効果	4,200 t・m <sup>2</sup> (保証値)
無拘束速度	380 rpm
短絡比	1.1

#### (2) 励磁機

形式 立テ軸開放保護形分巻補極付

定格出力	320 kW
電圧	330 V
電流	970 A

#### (3) 電気カバナ電源用永久磁石発電機

形式 立テ軸開放形

定格出力	1,200 VA
電圧	110 V

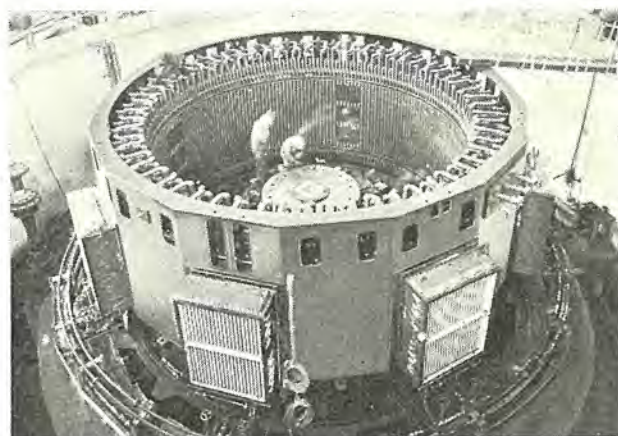


図 2.2 据付中の固定子  
Fig. 2.2 Stator in assembling.





図 2.3 主 軸  
Fig. 2.3 Main shaft.

この発電機は、いわゆる カサ 形構造である上、発電機全体が励磁機のみを残し床に埋没されている。推力軸受は発電機を分解することなく点検できる。図 2.1 は天ヶ瀬発電所の内影を示している。

## 2.1 固定子

固定子ツクは鋼材溶接構造の 16 角形で、輸送のつごう上 4 分割とし ボルト で一体にしている。外周に 8 個の空気冷却器を取り付け、冷却を行なう全閉内冷形通風形式を採用している。

固定子鉄心は鉄損のきわめて少ない ケイ 素鋼板を使用し、各積層間はワニス で絶縁し、ウズ 電流損を減少させている。また鉄心端部の漏れ磁束を減少させるために両端に非磁性金具を当て、十分に締め付け長時間運転後の鉄心の ユルミ による振動および騒音を生じないようにした。積層間には適当な間隔に通風ダクトを設けている。

固定子巻線は 1 重星形、重ね巻 ツターンハーフコイル で、素線は多数の 2 重 ガラス 巻平角銅線を使用し、表皮作用による ウズ 電流損を減少させるため ヱジ 内でローベル 転位を施している。

コイル 絶縁は マイカテープ を主体とした完全 B 種絶縁で、絶縁材料としては当社が誇る周知の ダイアラスチック 絶縁で処理している。

## 2.2 回転子

回転子は外径 5.8 m で、水車無拘束速度 380 rpm に耐えるように設計されている。

### (a) 主 軸

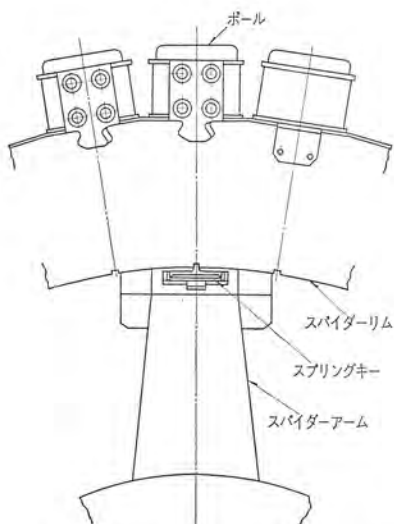


図 2.5 スパイダーアーム および リム 部取付構造  
Fig. 2.5 Construction of spider arm and spider rim.

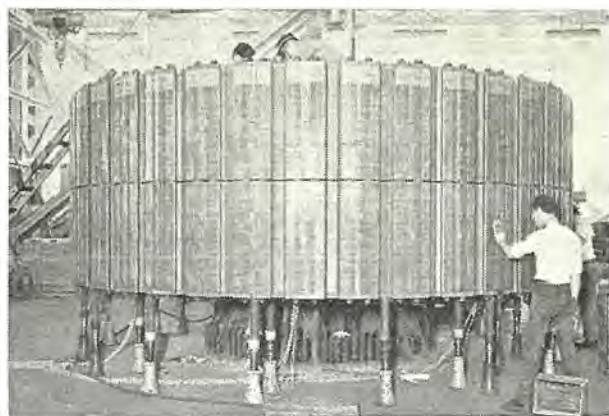


図 2.4 組立中のスパイダリム  
Fig. 2.4 Spider rim under assembling.

主軸は両 フランジ 付の一体鍛造品で、長さ 5.7 m、重量 38 t で、下部 フランジ は水車軸と直結、上部 フランジ 下面は スラストランナ が接合され、側面は案内軸受 シュウ 動面を形成している。

### (b) スパイダ および リム

スパイダ は鋼板溶接構造で、8 本の腕を有しその外周に高抗張力で良質の薄鋼板を セクタ に打ち抜いて後積層し、その両端に厚鋼板を当て ボルト で一体とした スパイダリム を当社独特のスプリングキー で取り付ける。

この スパイダリム は、当社が数年前から実施しているいわゆるスパイラル 状に積む方式で、従来 セクタ の割り数は必要な大きさになるように極数の約数として、1 極ずつ ズラして積層していた。本方式は セクタ の割り数を極数の約数とせず、1 極ずつ ズラしてエッジレスに積層させ、スパイダリムの有効断面積を増加させるすぐれた方式である。

スパイダリム と スパイダアーム との結合は、当社が 2~3 年前から実用化した スプリングキー により行なわれている。この キー は、従来 スパイダリム を加熱膨張させ、リムの内径と アーム 間に キー を打ち込み冷却すれば十分の締付圧力が得られる。

しかし定格速度の約 150% くらいで締めシロ が 0 になるようににしても、キー の剛性が大きいので静止時各 アーム には過大の力が加わり、スパイダ をこのために強固にする必要があった。

新方式では図 2.5 に示すように、スパイダリムの径方向に弾性を

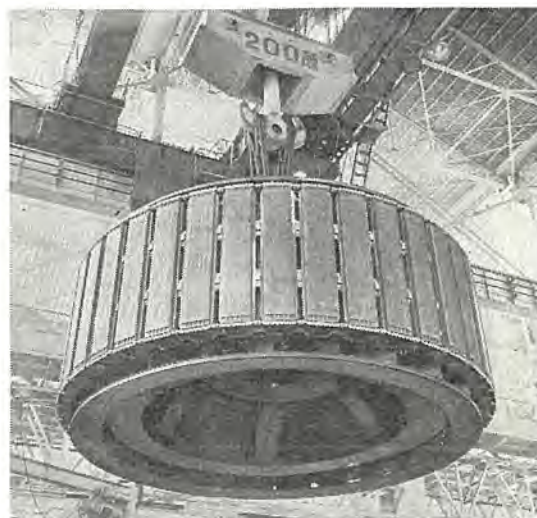


図 2.6 完成した回転子  
Fig. 2.6 Completed rotor.





図 2.7 上 ブラケット  
Fig. 2.7 Upper bracket.

有する特殊形状の板 パネを常温で打ち込み、遠心力でスパイダリムの内径が膨張してもスパイダリムとアームの結合が維持できる構造である。(実用新案 700634)

加熱する必要がないため据付期間の短縮にもなる。すでに数例を実施し、好成績である。

#### (c) 磁極および回転子 コイル

磁極は磁気特性のよい薄鋼板を所要の形状に打ち抜き、積層して両端に鋳鋼製端板を当て、十分に圧縮後 リーボルト で締め付け一体とし、ダフテイル および キー でリムに取り付ける。

磁極頭部には数本の制動巻線を埋設し、その両端は Z 形断面の短絡片に銀 ロー付をし隣接極同志のこの短絡片を タワミ 性の銅帯で結合して連続形制動巻線を形成している。

この Z 形断面の下面を磁極端板の内側でささえているので、遠心力により半径方向に突出することなく、軸長方向の熱膨張収縮にも自由になっている。

回転子 コイル は裸平角銅線を エッジワイズ に曲げ、層間に アスベスト 紙に耐熱性 レジン を含浸したものををはさみ、磁極鉄心には タワミ 性 マイカ および アスベスト 布で絶縁を行ない、高温高压で成形し、コイル 上下には ガラス 布入 マイカルタ をはさみ鉄心にそう入する。コイル 下端には板 パネ をそう入し、絶縁物の枯れによる ユルミ を防止している。

#### (d) 軸 受

本機の軸受配置は、下 ブラケット 油 タンク 内にスラスト 軸受をガイド 軸受とともに設置した油自蔵式である。スラスト 軸受は キングスベリ 形で、扇形 パッド の支持は 4 線支持 ビーム により、荷重や熱による パッド の変形を適当な形にするように決定している。パッド



図 2.8 ス ラ ス ト 軸 受  
Fig. 2.8 Thrust bearing.

の下 の圧縮管の タワミ を油 タンク 外部から測定して、各 パッド 間の荷重分担を均一に調整し、同時に軸受荷重の測定も可能である。昇降装置を取り付ければ、スラスト 軸受部分を油 タンク の下方に取り出すことができるので、発電機 ロータ を分解することなく軸受の点検を容易に行なえる。ガイド 軸受はセグメント 式で、油のカクハによる アフ 立ちを防止する装置を設けている。

デリア 水車と直結する場合、水車 ランナ の羽根先端のスキ 間の問題がある。すなわち軸の上下移動がこのスキ 間を変化させ、これが水車効率に影響するので、軸やその支持構造物、建屋などの荷重や温度変化による伸縮を検討しスキ 間の変化をなるべく小さくせねばならぬ。このため下 ブラケット の剛性を増し、スラスト 軸受の メタル 厚さを特別に薄くした。スラスト 軸受焼損によって ホワイト メタル の厚さ全部が溶融するような事故は、機械そのもの、保護装置および運転管理が進歩した現今ではきわめてまれな ケース と考えられるが、万一このような事態が発生しても パッド 裏金が ストップ となり、水車 ランナ 先端が接触しないようにしてある。

この発電所はセン 頭負荷用として起動停止の回数が比較的多く、また起動時の水圧推力も フランス 水車に比べると多いので、起動時スラストパッドに圧油を供給する オイルリフト 方式の採用について検討した。ベーン 起動開度、水圧推力および起動 トルク の関係を調査した結果、ランナベーン の起動開度を大きくすれば軸受油圧も比較的小さくかつ トルク は大きくなり、オイルリフト なしで十分円滑に起動できると推定される。一方 オイルリフト を実施すると、起動は非常に円滑になる反面、定格運転中にパッド面の油が逆流する可能性とその保護対策、保守の煩雑さなどの不利を伴う。結局本機にオイルリフト 方式を採用しないこととしたが、工場、現地とも好調に運転している。

#### (e) 風道その他

風道側面は コンクリート で、その上面は鋼板製で、その裏面に騒音の防止および水分の凝結を防ぐため フェルト を張っている。

空気冷却器は U フィン 管を用いた表面冷却形で、総数 8 個のうち 1 個故障で取りはずしても定格運転に支障のない容量をもっている。

消火装置としては炭酸 ガス 消火装置が設置しており、差動継電機の動作により自動的に炭酸 ガス を放出し消火を行なう。

発電機風道内、励磁機 カバー 内部、発電機下 ブラケット 回りには、プラスチックカバー 付 ケイ 光灯を数個所に配置し点検に便利ようにしている。

発電機長期間停止の防湿対策として、下 ブラケット 部の ピット 内にスペースヒータ を置いている。

### 3. 工 場 試 験

工場で仮組立を行ない、種々の試験を行ない下記の結果を得た。

#### (a) 特性曲線

無負荷飽和曲線および短絡曲線は図 3.1 に示す。

この結果 短絡比 1.18

電圧変動率 定格出力 0.85 力率 21.6%

定格出力 1.0 力率 10.3%

#### (b) 効率算定

図 3.2 に 発電機出力—効率曲線を示す。

定格出力 0.85 力率 97.3%

定格出力 1.0 力率 97.8%

おのこの、保証値を 0.2 および 0.3 上回る好成績を得た。



(c) リアクタンス および時定数

各種 オシログラフ をとり、測定した結果

$$x_d = 84.7\% \quad x_{d'} (\text{不飽和値}) = 35.6\%$$

$$x_{d''} = 28.0\% \quad x_2 = 28.9\%$$

$$x_0 = 11.8\%$$

$$T_d' = 10.7 \text{ sec} \quad T_d'' = 1.47 \text{ sec}$$

$$T_d''' = 0.197 \text{ sec}$$

(d) 等価温度上昇試験

工場における等価温度上昇試験の結果、定格負荷 55 MVA における温度上昇推定値は下記のとおりである。

固定子 コイル 約 53°C

回転子 コイル 約 40°C

(e) 絶縁特性試験

当社の誇る ダイラスタチック 絶縁の絶縁特性の優秀なのは周知のとおりであるが、 $\tan \delta$  特性、衝撃電圧試験、絶縁抵抗試験およびコロナ 特性試験に好結果を得た。

とくに コロナ 特性試験で、客先要求の定格相電圧で  $10^{-8}$  クーロン以上のコロナが、毎秒 1 個以上発生しない特性を十分満足した。

(f) AVR 組合試験

励磁機および磁気増幅器式 AVR を含めた総合励磁系で、速応度、頂上電圧、周波数応答試験を行ない好成績を納めた。

励磁系速応度は、変化量 +20% に対し 2.24 - 20% に対し頂上電圧はおおの 593 V 640 V であった。

(g) 波形狂い率

発電機の電圧波形狂い率は線間 1.9%，相 2.8% であった。

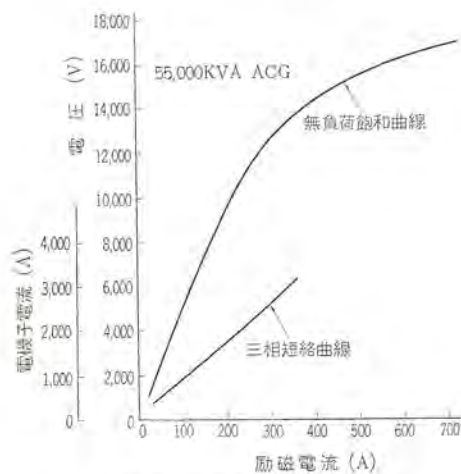


図 3.1 無負荷飽和曲線および三相短絡曲線

Fig. 3.1 No load saturation curve and three phase short circuit curve.

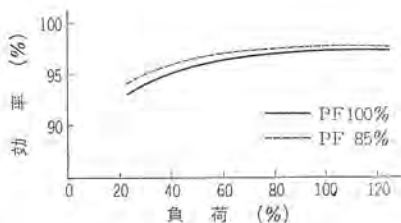


図 3.2 55,000 kVA 水車発電機効率曲線  
Fig. 3.2 Efficiency curve of 55,000 water wheel generator.

4. 回路方式

図 4.1 はこの発電所の単線接続図である。発電機主回路は離相母線地下 1 階の計測用 PT キュービクルを経て同期投入器に接続された後、屋外の主変圧器に接続され、140 kV に昇圧されて伊丹および横大路変電所に送電される。

一方、所内動力は主変圧器低圧側から分岐し、断路器 キュービクルを経て、500 kVA タップチェンジャ 付配電用変圧器により降圧された後、密閉母線で接続された 3.3 kV キュービクルにより供給される。3.3 kV キュービクルは前記配電用変圧器からの受電回路、取水口配電線、圧油ポンプ回路、所内低圧動力用 200 kVA 所内変圧器および低圧シ断器一式をまとめたロードセンタ などにより構成されている。

直流制御電源は、360 Ah, DC110 V 蓄電池で配電盤室直流盤

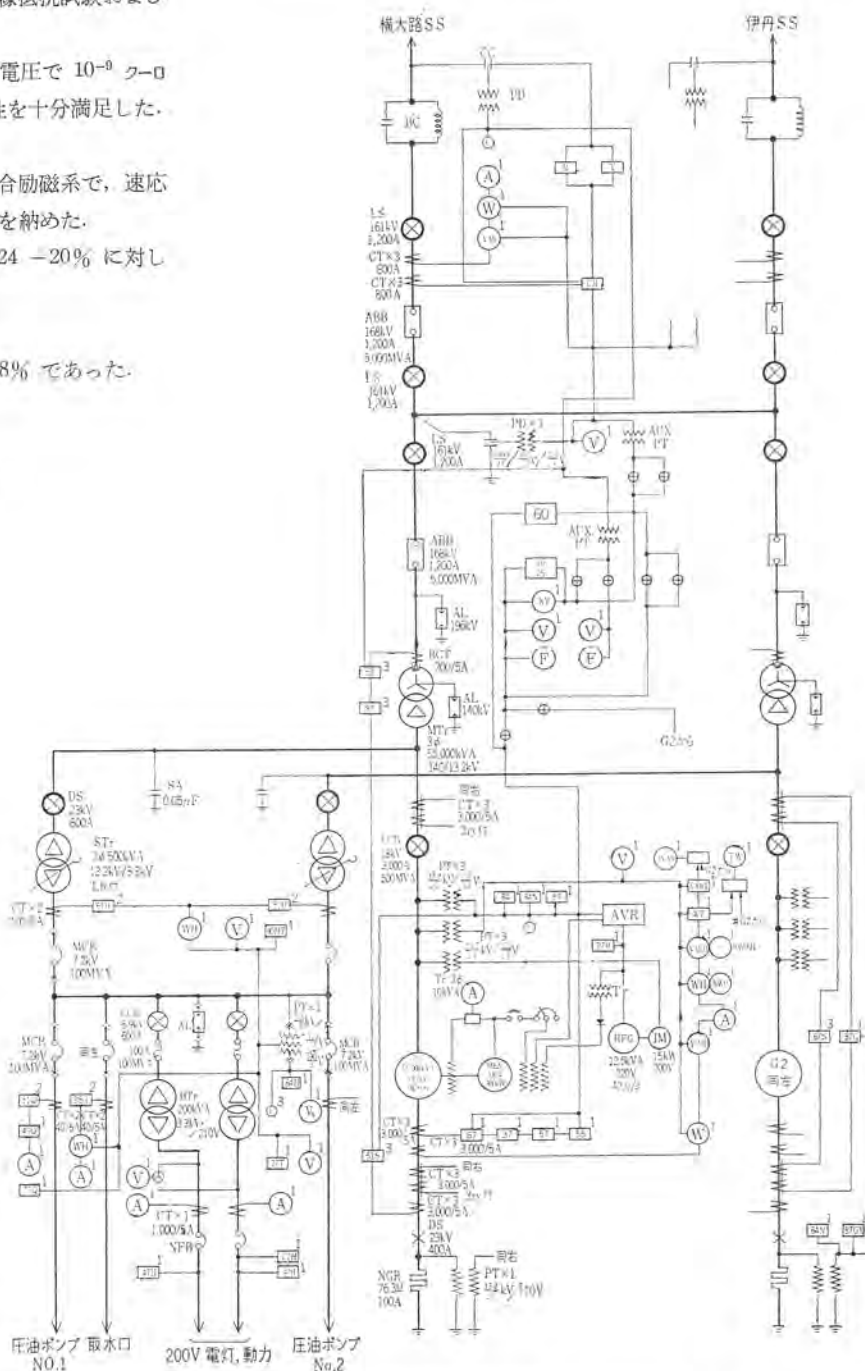


図 4.1 単線結線図 Fig. 4.1 Skelton diagram of Amagase power station.





図 4.2 3.3kV キュービクル  
Fig. 4.2 3.3kV cubicles.

で分岐を行なっている。そのほか各種記録計および発電所内子時計駆動用親時計装置のために 288 Ah, DC24V 蓄電池が設備されている。

## 5. 運転制御装置

運転制御方式は通常の半自動1人制御方式で、保護方式は非常停止、急停止、軽故障警報の3種とし、無負荷励磁運転は設けられていない。

### 5.1 補機關係

圧油ポンプは電動機駆動のものが各発電機ごとに1組あり、駆動電動機の容量は110kWで3.0kV電動機を使用し、前記3.3kVキューピクルに6-DHM-15形シタ断器を収納して圧油ポンプ制御盤としている。

給水装置は鉄管から給水ストレーナを通して取水し、上下タンクを経て供給されるが上下タンクへの汲み上げ、および上水タンクからの給水はすべて主配電盤から制御ができる。

水車軸受 パッキン の封水は、上下 タンク からさらに自動 ストレーナを経て供給されるが、この封水 ストレーナ および給水 ストレーナの制御は タイマ による自動制御で、図 5.1 に示す自動制御盤が設けられている。

その他、返油ポンプは返油タンク油面による自動運転、制動用空気圧縮機は気蓄ツウ(槽)の圧力により自動制御されるなど自動発電所としての機能を十分に発揮するに足るものである。



図 5.1 ストレーナ制御盤  
Fig. 5.1 Strainer control cubicle.

## 5.2 調速機

調速機は、三菱重工と協同して電子管式電気 ガバナ を製作納入した。

発電機に直結された 1,200 VA 永久磁石式発電機を電源とし、関西電力読書第 2 発電所、電源開発滝発電所などに納入された従来のものと同様、負荷の制定、負荷の制限、ノーロードダンピングとサービスダンピングの切り換え、ジョイント運転時の負荷配分など各種機能を有し、高感度で速応性の高いしかも安定な動作性能をもったものである。

装置の構成その他は、この号の別稿「50,000 kW デリア 水車」に紹介されているので省略する。

### 5.3 ランナ調整装置

カプラン 水車の ラッパ 羽根は水車流量に応じて、水車効率が最高となるよう調整されるものであるが、この開度調整を初めて電気式にした電源開発滝発電所 カプラン 水車に引き続いて、この発電所でも電気式 ラッパ 調整装置を採用した。図 5.2 が ラッパ 調整装置の回路構成図である。

滝発電所納入のものと相違する点は、磁気増幅器式を電子管式としたことである。

落差変動による ラッパ 開度を補正する高能率運転装置、水車起動時および停止時、速度上昇時の ラッパ 開度を制御する各装置を具備し、これら装置は、調速機盤、調速機制御盤にそれぞれ収納

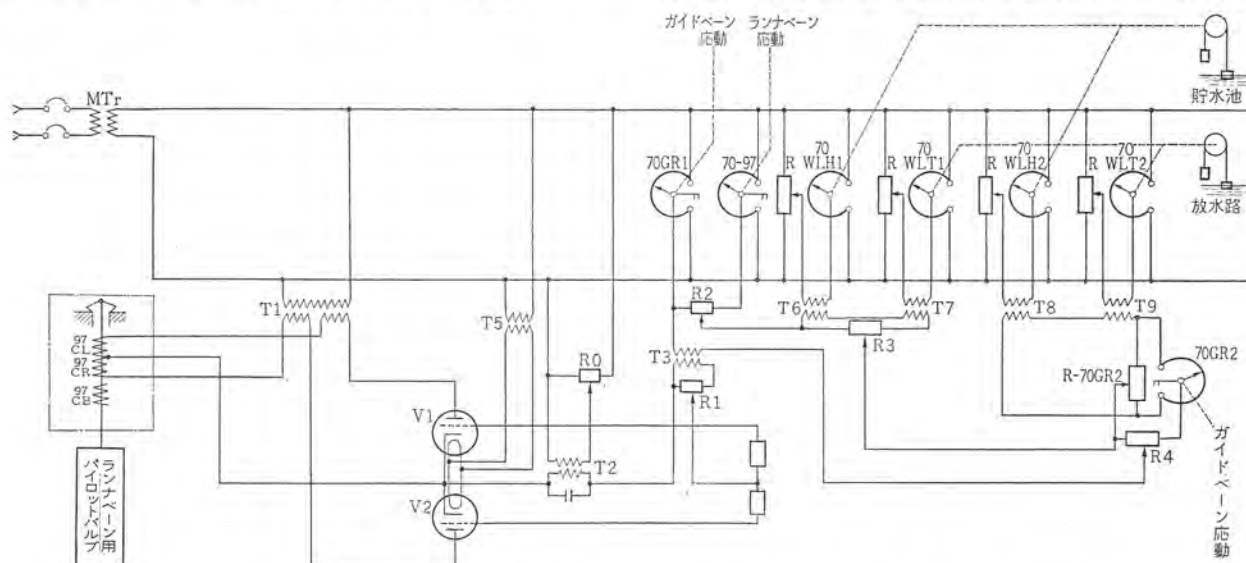


図 5.2 ランナペーン開度自動調整装置構成図  
Fig. 5.2 Schematic drawing of automatic runner blade regulator.



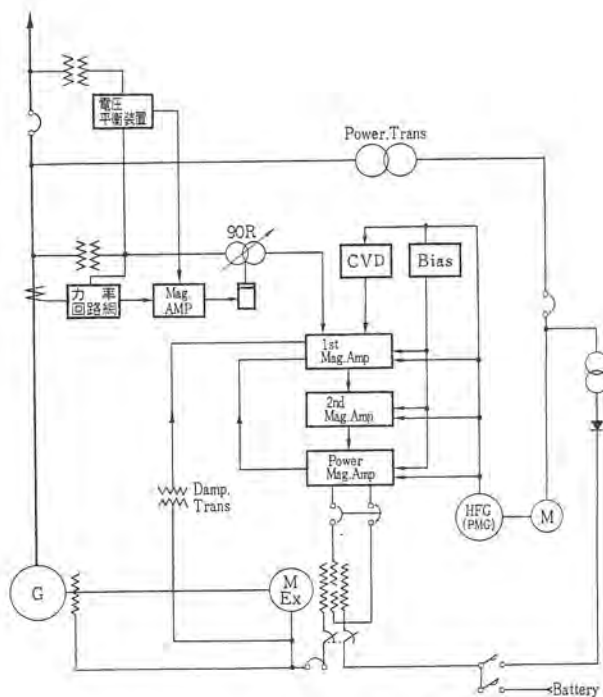


図 5.3 励磁系単線接続図  
Fig. 5.3 Skelton diagram of excitation system.



図 5.4 AVR キュービクル  
Fig. 5.4 Excitation cubicle.

されている。

#### 5.4 自動電圧調整器

自動電圧調整器は 420 c/s の高周波発電機を電源とする磁気増幅器形で、高周波発電機は主発電機回路に設けられた変圧器を電源として誘導電動機で駆動される。図 5.3 はこの自動電圧調整系の単線接続図で今回のものは

(1) 副励磁機を省略し上記電源変圧器から全波整流して安定界磁電源とした。

(2) 高周波発電機は永久磁石式とした。  
ことが特長である。

付属装置としては並列時の均圧装置、界磁追従装置などがあるが、これらに対しても磁気増幅器を使用し、自動電圧調整装置全体が静止形となっている。

この発電所では発電機回路の故障電流シヤ断は、主変圧器高圧側シヤ断器に受け持たせ、主変圧器低圧側には投入容量をもった同期投入器を設けシヤ断器を省略している。発電機を普通停止させるときは、発電機負荷を減少させるとともに無効電力をゼロにし、回路電流の低下をまって同期投入器を開き解列するようになっている。このため普通停止時に発電機力率を 1 に保つための力

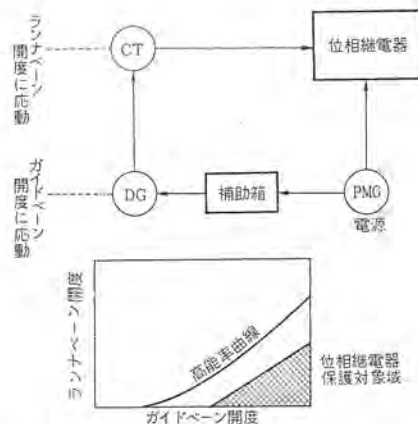


図 5.5 スラスト軸受保護装置回路構成図  
Fig. 5.5 Skeleton diagram of protecting device for thrust bearing.

率回路網、磁気増幅器からなる力率調整装置が設けられている。

#### 5.5 スラスト軸受保護装置

水車運転時は、前述のランナ調整装置により、ランナベーン開度とガイドベーン開度との関係は、一定の関係を保って運転されているが急激な周波数変動など、なんらかの原因でこの一定の関係が破れた場合には、スラスト軸受には異常な水圧により荷重がかかりそのまま運転を続けるとスラスト軸受は、焼損する恐れがある。スラスト軸受保護装置はガイドベーン開度とランナベーン開度をシンクロ差動発信器 (DG) と、シンクロ制御変圧器 (CT) により検出し、その検出量を誘導円板形位相継電器によりスラスト軸受保護対象域にあるかいなかを検出し、スラスト軸受を保護するものである。

図 5.5 は本装置の回路構成図でこの装置動作の場合は急停止保護を行なっている。

### 6. 配電盤

配電盤は主盤、補助盤、監視機の 3 群で構成されている。主盤は送電線 2 回線、主機 2 台、所内回路の監視制御を行なう計器、継電器、器具類を取り付けたもので垂直自立形両面盤 6 面からなっている。図 6.1 は主盤の正面、図 6.2 は主盤の裏面を示し、ランプ式故障表示器用の補助リレーは、ラウグリン式電話リレーとし裏面継電器盤にまとめて取り付けられている。

図 6.3 は補助盤正面を示すものである。垂直自立形両面盤で正面は故障記録計盤、水位受量盤、自動同期盤、直流盤、所内盤とし、裏面は親時計盤および送電線保護継電器盤となっている。監視機は主任機、制御機、交換台からなり、制御機には総合電力計、総合無効電力計、負荷調整および電圧調整スイッチが取り付けられている。交換台は電話交換用押しボタ (10 回路分) のほか表門、裏門用インタホン装置および開閉制御装置、所内拡声装置、サイレン吹鳴装置、ラジオなどが組み込まれている。

配電盤について特記すべきものを要約すれば次のとおりである。

(1) 故障の種類と発生時刻を時、分、秒の単位まで打点印字する故障記録計を設けた。

(2) 貯水池水位、放水路水位および落差の計測は、トランジスタを使用したデジタル方式を採用し、表示器は文字管式とした。なお各水位は送量部のクロート、カム、マイクロスイッチによる信号のみを受量部に送り、アナログ、デジタル変換器は受量部に設置し連絡線



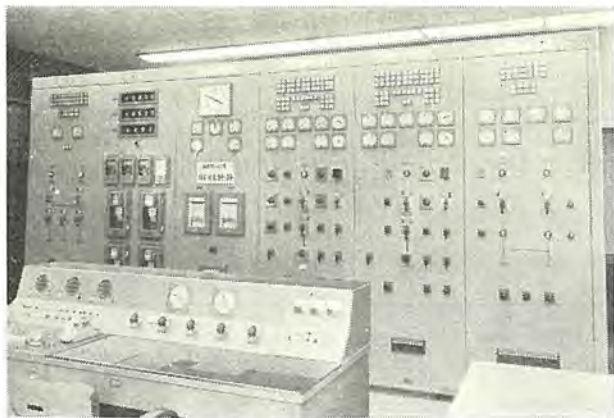


図 6.1 主 盤

Fig. 6.1 Front view of main control panel.

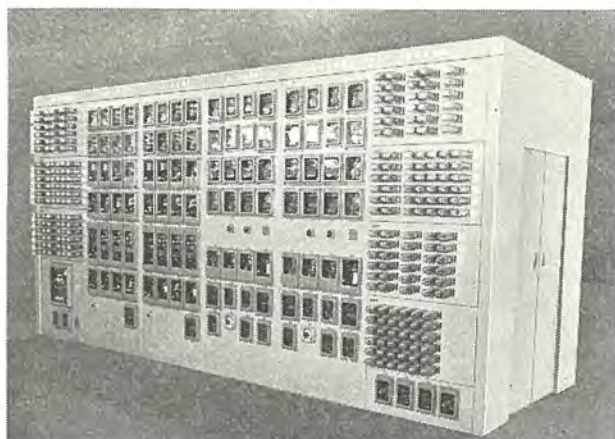


図 6.2 主 盤

Fig. 6.2 Rear view of main control panel.

本数を4本としている。

また受量部、電源部、印字部、継電器部、時計部などを取り付

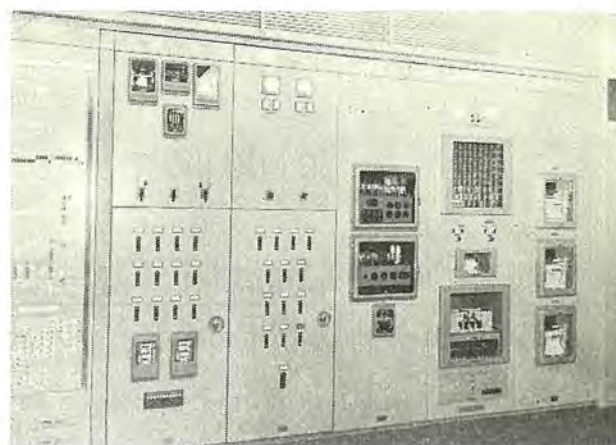


図 6.3 補 助 盤

Fig. 6.3 Auxiliary panel.

けた水位受量盤を補助盤に設けている。

(3) 電気時計は DC 24 V を電源とし、水晶発振器と トランジスタにより正確な AC 100 V 50 c/s を発振させる静止形である。

時計装置も補助盤に組み込んである。

## 7. む す び

以上、発電機、運転制御装置、配電盤の概要について記載したが、この発電所の機器に対しては、過去の大容量発電機器製作経験に基づき新しい構想を加えて設計製作にあったもので、とくに、自動電圧調整器およびそれに付随した各種装置の静止形化、電気式 ランナバーン 調整装置など新しい方式については十分な検討を行ない、すぐれた特性を得ることができた。

終わりにのぞみ、ご指導ご尽力を賜わった関西電力株式会社の各位に、厚く感謝の意を表する次第である。



# 関西電力天ヶ瀬発電所 50,000kW デリア水車

大島進\*・森友茂\*

## 50,000 kW Deriaz Turbines for Amagase Power Station of The Kansai Electric Co.

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. Susumu ŌSHIMA・Tomoshige MORI

Two 50,000 kW Deriaz turbines have been installed at Amagase power station of the Kansai Electric Power Co. After going through adjustment, trial operation and the government test they are now in commercial operation with success. They are the second longest unit of the kind in the world. The turbine of this type has been developed by Mr. P. Deriaz of the English Electric Co. in England with whom Mitsubishi is in technical concert. They operate with a high efficiency at a low head, sometimes displaying higher performance than high head machines. Those built by Mitsubishi Heavy Industry are now operating with satisfying results, which promises that they are about to extend their application to the range of Francis turbines. This article is chiefly a report on the units in Amagase power station.

### 1. ま え が き

天ヶ瀬発電所が据付、調整、試運転を経て、本年5月末きわめて好調のうちに官庁試験を受け、このほど営業運転に入った。本機は デリア 水車中世界最大容量のものであり、表 1.1 に示すごとく ポンツ 水車を含めても Valdecana (Spain) に次ぐ世界最大級のものである。

この形式の水車は、当社との技術提携先である英国の English Electric Co., の設計者である Mr. P. Deriaz の開発による斜流可動羽根水車で、可逆 ポンツ 水車としてすぐれた性能をもつだけでなく、高落差 カララン 水車の性能をしのぐ、著しい長所をもつものである。現在国内、国外において、すでに十数個所の発電所が建設もしくは建設中である。表 1.1 は デリア 形 ポンツ 水車の製作実績を示す。

本機の設計製作にあたっては、当社の設計製作に上記 English Electric Co. との技術提携によるものを加え、種々な試験、検討を加えて製作し、試運転にあたってその確認試験を行ない、いずれも優秀な結果を得た。

以下にその概要について述べることにする。

表 1.1 デリア 形 ポンツ 水車 製作 実績

発電所名	所 在 国	P=ポンツ T=水 車	落 差 (m)	出 力 (MW)	回転速度 (rpm)	台数	製 作 者	完成年
Culligram	Scotland	T	58	23.9	300	1	E. E. C	1962
天ヶ瀬	日 本	T	57	50.0	180	2	三菱重工	1964
七 飯	日 本	T	94.3	11.0	500	1	"	製作中
EL Cadillal	Argentina	T	54	5.7	500	2	E. E. C	"
新日向川	日 本	T	113.4	15.5	600	1	日 立	1963
新大倉	日 本	T	96.9	5.5	750	1	日 立	1961
広内川	日 本	T	69.5	13.5	360	1	日 立	1964
名 頃	日 本	T. P	46.65	1.36	720/600	1	東 芝	1961
黒又川第2	日 本	T. P	78/80	19.2/19.9	300	1	富 士	1964
Niagara	Canada	T. P	25.3	33.1/40.5	92.3	6	E. E. C	1957~1958
Valdecana	Spain	T. P	74	79.5/81	150	3	E. E. C	1964
Mile 18	U.S.A.	P	38.1	27.6	120	3	E. E. C	製作中
Sesquile	Colombia	P	37.2	3.5	450	1	E. E. C	1961
Ferrera	Switzerland	P	43.8	1.5	600	2	E. E. C	1959

### 2. 主 要 目

#### 2.1 発電所計画概要

天ヶ瀬発電所は、琵琶湖を源とする淀川水系宇治川の「多目的ダム」である天ヶ瀬 ダム から取水発電するもので、最大出力 92,000 kW の発電所である。

取水河川名	淀川水系宇治川
発電所位置	京都府宇治市宇治金井戸
発電出力	最大 92,000 kW
最大使用水量	196 m <sup>3</sup> /s
調整池	有効貯水量 13,480,000 m <sup>3</sup>
利用水深	9.9 m
貯水面積	1.88 km <sup>2</sup>
ダ ム	形式 ドーム式 アーチダム
	高さ 72 m
	堤頂長 245 m
水 圧 鉄 管	内径 5.2~4.4 m
	条数 2 条

図 2.1 は発電所断面を、図 2.2 は発電所平面を示す。

#### 2.2 水車仕様

形 式	立テ軸単輪単流ウズ巻 デリア 水車
台 数	2 台
設 計 要 項	
最高静落差	60.5 m
有効落差	57 54 47 m
水車出力	50,000 45,500 36,400 kW
流 量	99.1 95.0 87.5 m <sup>3</sup> /s
回 転 数	180 rpm
周 波 数	60 c/s
比 速 度	262 kW-m
回 転 方 向	発電機からみて時計式
無拘束速度 (高)	380 rpm
(低)	325 rpm
最大水圧上昇値	97 m
最大速度変動率	40 %
発電機回転部 GD <sup>2</sup>	4,200 t-m <sup>2</sup>
調速機閉鎖時間	6.85 sec
調速機不動時間	0.2 sec
ランナベーン 閉鎖時間	30 sec
吸出落差 許容値	-2.42 m
推奨値	-3.7 m
採用値	-4.72 m
制御方式	一人制御

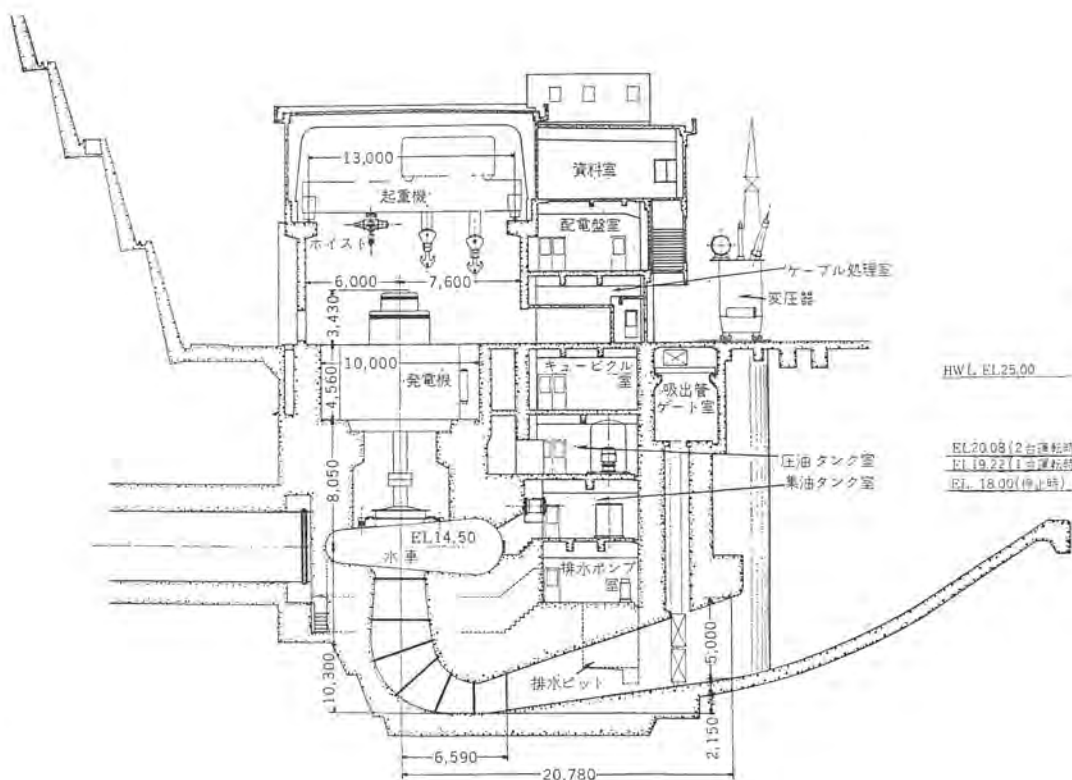


図 2.1  
発電所配置断面図  
Fig. 2.1  
Cross section  
of power station  
layout.

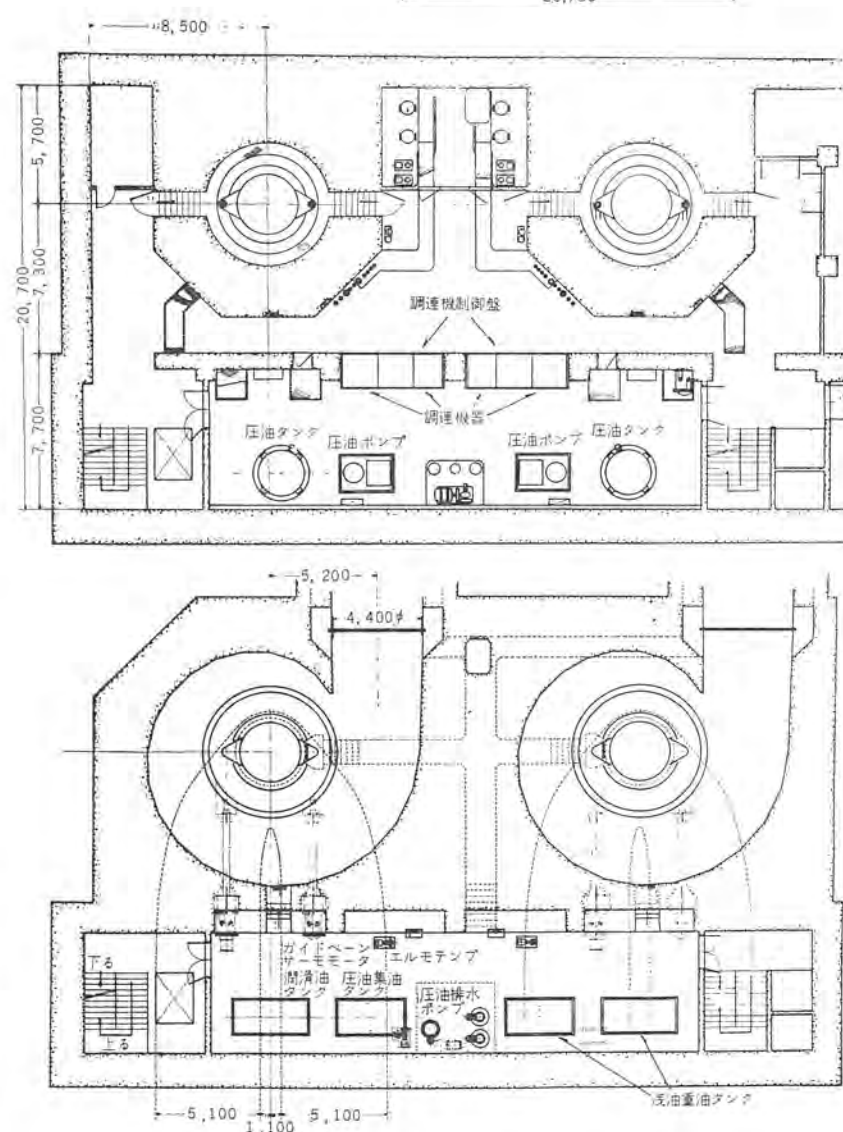


図 2.2 発電所配置平面図  
Fig. 2.2 Plan of power station layout.

## 2.3 调速機

形 式	SEIKD-38,000 形
アクチュエータ	電気式
ランナベーン 制御装置	電気式
ガイドベーンサーボモータ 容量 (閉側)	38,100 kg・m
ランナサーボモータ 容量	84,300 kg・m

## 2.4 圧油装置

圧油 ポンプ	形 式	立テ軸スクリュ式
	台数 (水車 1 台に対し)	1 台
	油 圧	24 kg/cm <sup>2</sup>
	吐 出 量	1,470 l/min
圧油 ポンプモータ	出 力	110 kW
	回 転 数	1,200 rpm
圧油 タンク	全 容 量	12,300 l
	空 気 量	7,600 l
集油 タンク	容 量	10,000 l
返油 ポンプ	吐 出 量	7.5 l/m
返油 ポンプモータ	出 力	0.2 kW
返油 タンク	容 量	500 l
空気圧縮機	吐 出 量	1,250 l/min
空気圧縮機 モータ	出 力	19 kW
空気 タンク	容 量	150,300 l

## 3. 模 型 試 験

この発電所は記録的な デリア 水車であり、その模型試験においては、あらゆる分野における実機運転時の安全性とその性能の確認ならびに調査を行なった。

すなわち、性能試験、キャビテーション 試験のほか、無拘束速度、水圧推力調査、インデックス試験、ランナ外周間 ギヤ と効率との関係、パランスパイラ と効率の関係、ガイドベーン 開閉力、ランナベ





図 2.3 発電所 外観  
Fig. 2.3 Exterior view of power station.

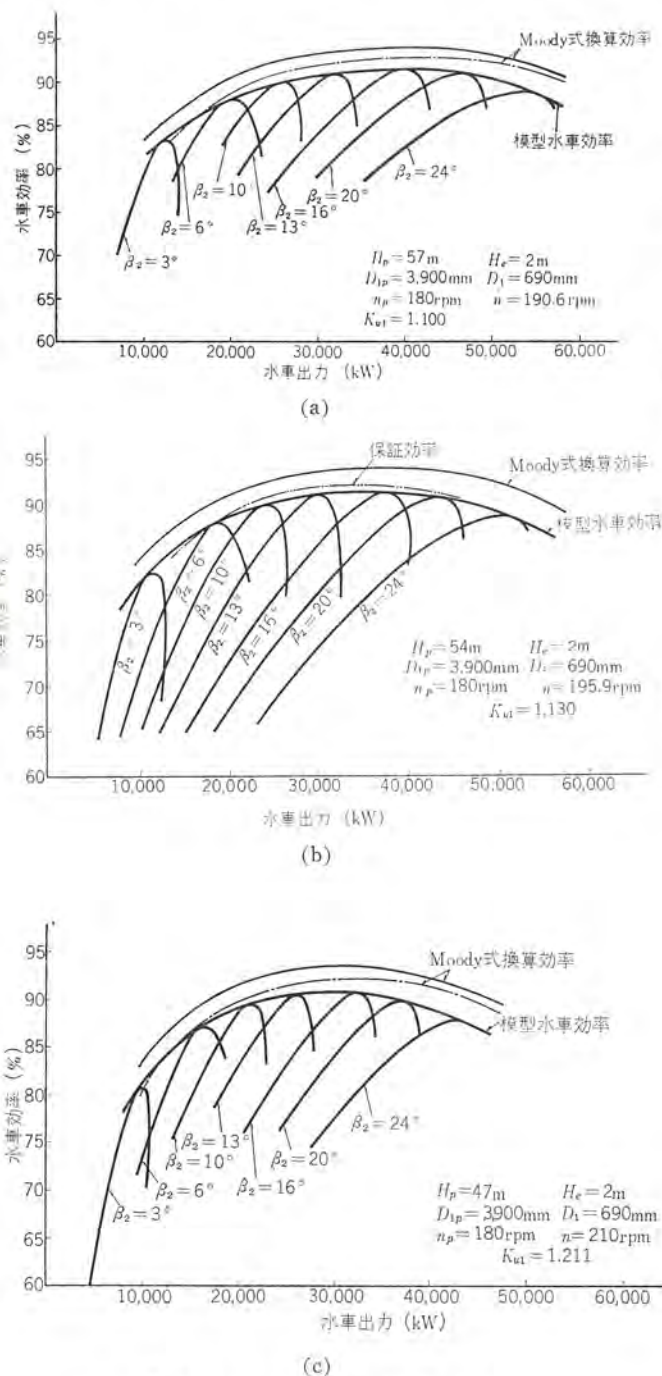


図 3.1 水車効率曲線  
Fig. 3.1 Water turbine efficiency curves.

ン開閉力、ランナ外周間ゲキとキャビテーション係数との関係、キャビテーション係数と無拘束速度との関係などについて試験を行ない、またロータリサポモータの模型を作製して、そのパッキン効果、漏油量および動作などの調査検討を行なった。

### 3.1 模型性能試験

水車ランナの選定には、まず高効率であること、および負荷変化に対する平均荷重効率が低いこと、キャビテーション特性がすぐれており無拘束速度の低いことなどであり、当社が従来から開発してきたデリア水車に English Electric Co. の提携技術を取り、各種の模型を作り実験を行ない、最も優秀な特性を有するものを採用した。

結果はデリア水車の最大利点である高水車効率を顕著に発揮しており、傾斜角  $60^\circ$ 、模型ランナ直径  $690\text{mm}$  で最高効率  $91.4\%$  を示し、実機ランナ直径  $3,900\text{mm}$  に換算して約  $94\%$  を示す高効率を発揮することが確認された。

図 3.1 は有効落差  $57\text{m}$ ,  $54\text{m}$ ,  $47\text{m}$  における模型効率、換算効率、保証効率を示す。ただし換算効率は Moody の  $1/5$  乗公式で換算した値を示す。

またランナベーン先端間ゲキと効率との関係を図 3.2 に示し、図 3.3 にガイドベーン軸回りの水力モーメント調査の一例を示す。

### 3.2 キャビテーション試験

キャビテーション性能についても、現地運転上最悪の条件下において Non-cavity 運転が可能である。すなわち Plant Condition  $Q \parallel \max = 863\text{ l/s}$ ,  $\sigma_p = 0.27 \sim 0.28$  において  $\sigma_0 = 0.235$  を示し、約  $17\%$  の余裕をもっている。

図 3.4 にキャビテーション性能結果を示す。

図 3.5 はランナベーン先端間ゲキの大小によるキャビテーション性

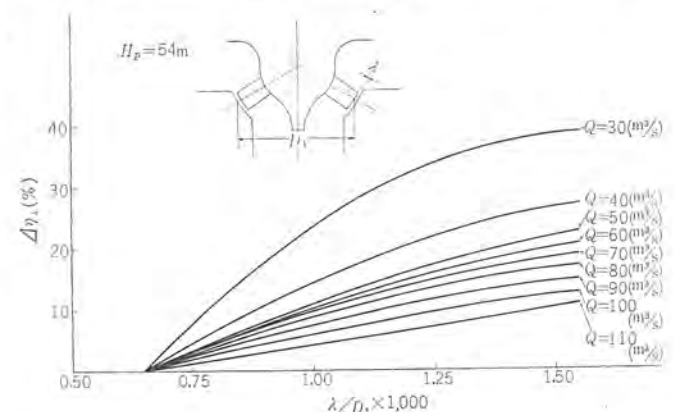


図 3.2 ランナベーン先端間ゲキによる効率の変化  
Fig. 3.2 Efficiency drop versus runner gap.

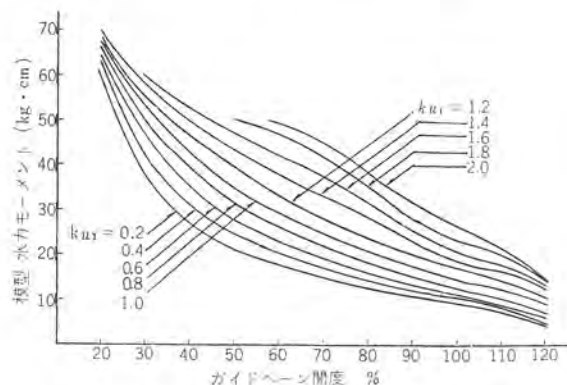


図 3.3 ガイドベーン軸回りの水力モーメント  
Fig. 3.3 Guide vane hydraulic moment.

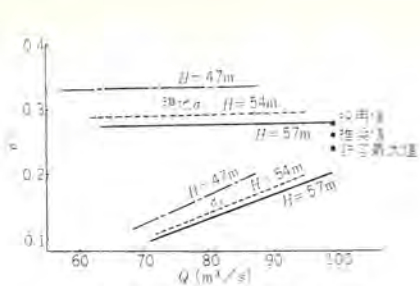


図 3.4 キャビテーション性能  
Fig. 3.4 Cavitation characteristics.

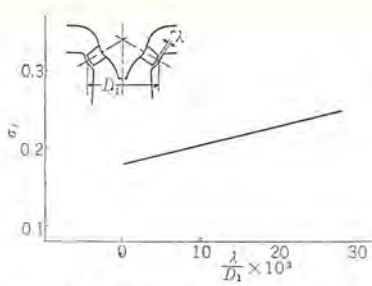


図 3.5 ランナベーン先端間ゲキによる  
 $\sigma_e$  の変化  
Fig. 3.5  $\sigma_e$  versus runner gap.

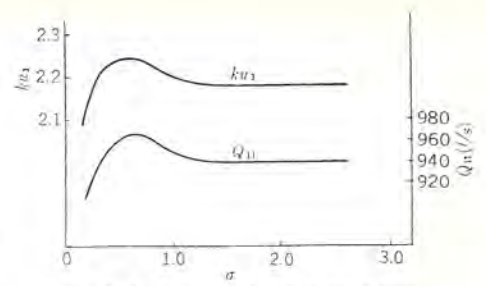


図 3.6  $\sigma$  による無拘束速度の変化  
Fig. 3.6 Runaway speed versus  $\sigma$ .

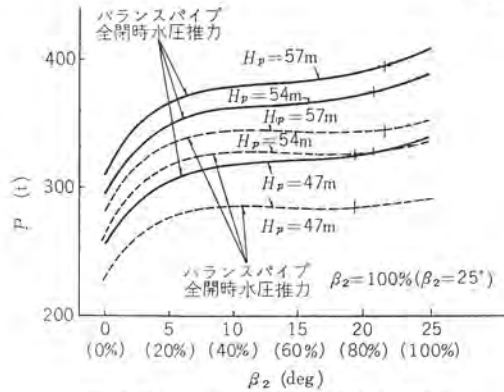


図 3.7 オンカム状態における水圧推力  
Fig. 3.7 Hydraulic thrust under an on-cam condition.

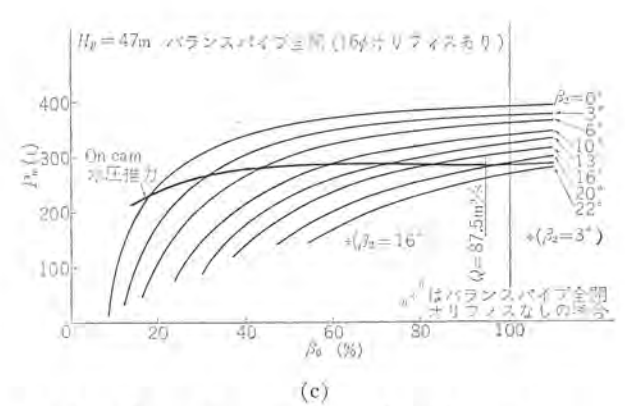
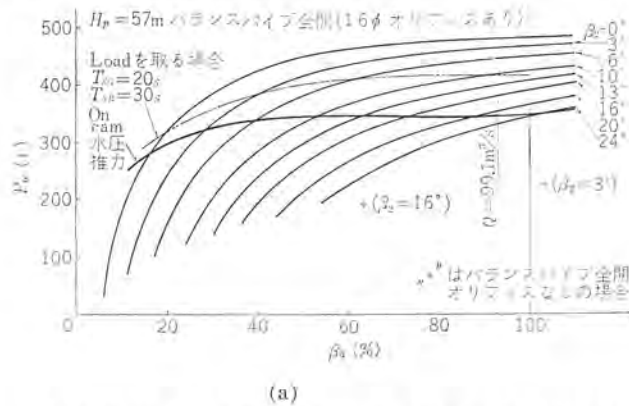
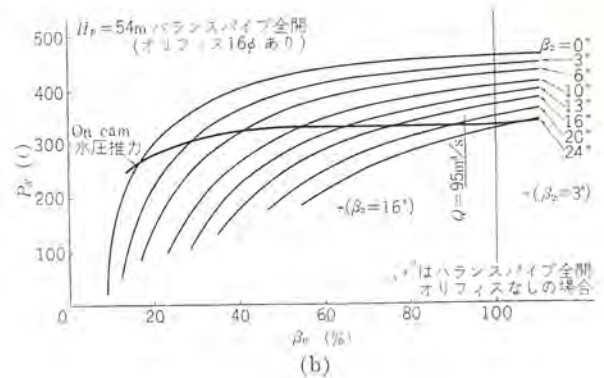


図 3.8 水圧推力とランナベーン開度 ( $\beta_2$ ) ガイドベーン開度 ( $\beta_0$ ),

Fig. 3.8 Runner vane opening  $\beta_2$  & guide vane opening  $\beta_0$  versus hydraulic thrust.

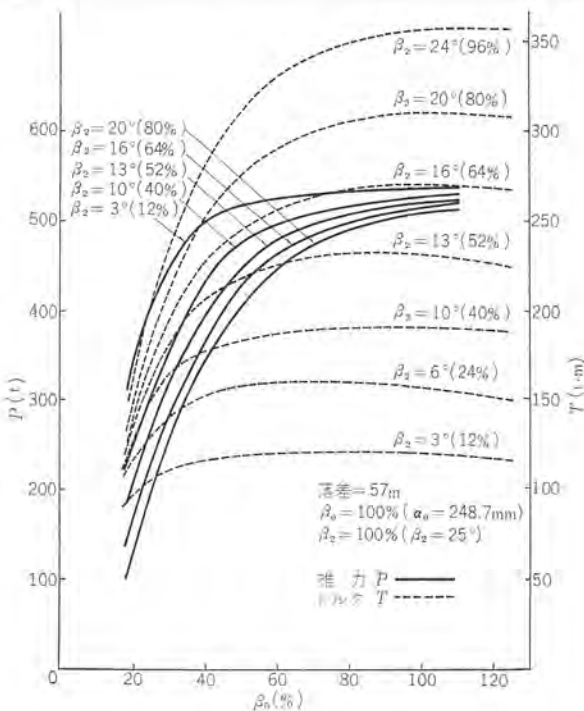


図 3.9 起動トルクと水圧推力

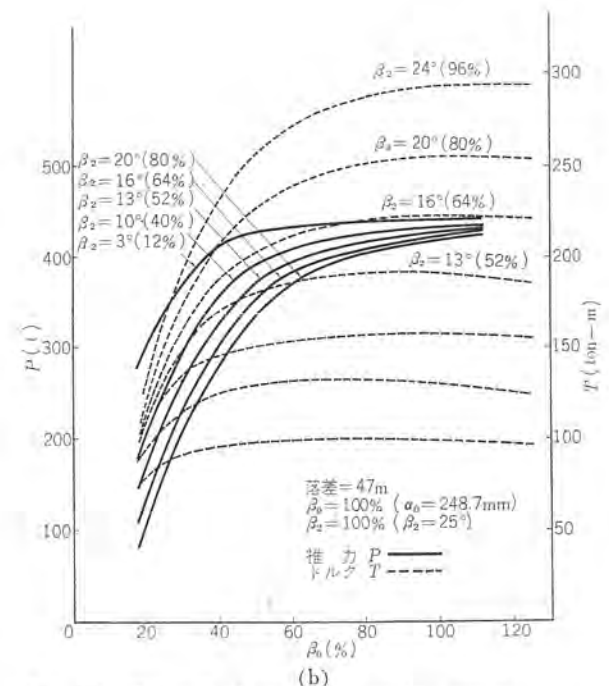


Fig. 3.9 Hydraulic thrust versus starting torque.



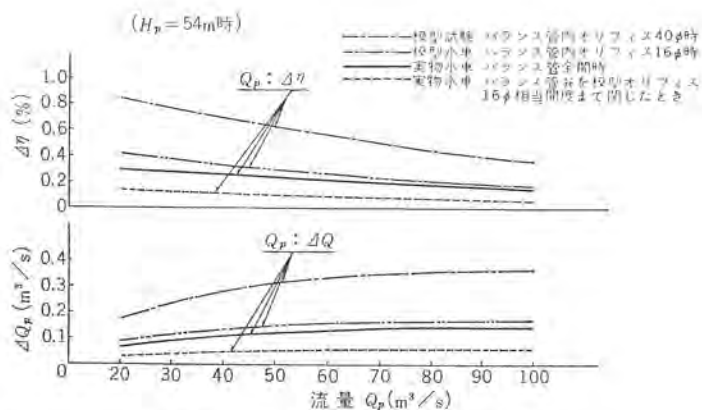


図 3.10 水車流量と バランスパイプ 漏水による水車効率低下  $\Delta\eta$  および漏水量  
Fig. 3.10 Efficiency drop versus balance pipe opening.

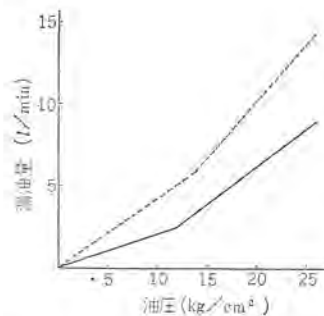
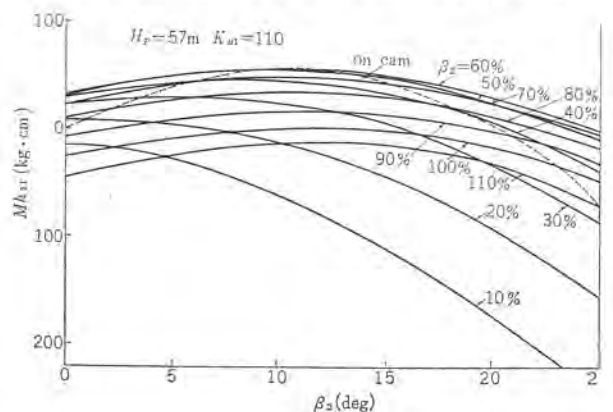
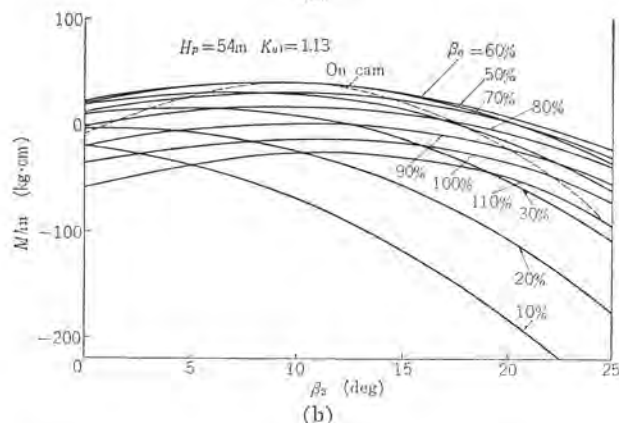


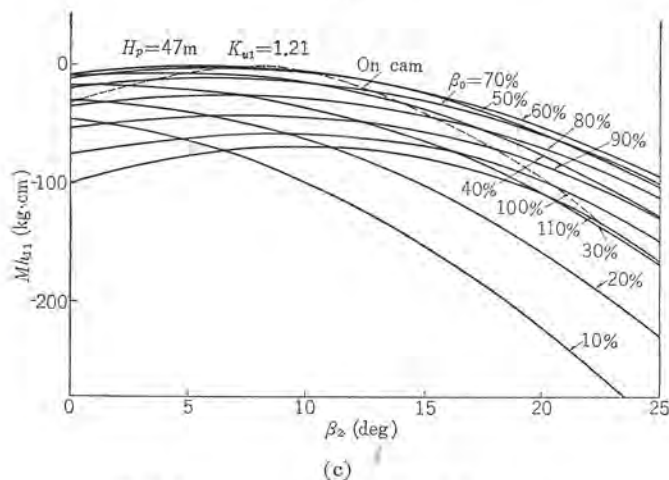
図 3.12 ロータリサーボモータ 漏油量  
Fig. 3.12 Leakage oil test result of rotary servomotor.



(a)



(b)



(c)

図 3.11 ランナベーンスピンドル 回り水力 モーメント (1枚あたり)

Fig. 3.11 Runner vane hydraulic moment.

能の一例を示す。すなわち  $\sigma_c$  は間 4 枚の増大につれて増加する傾向を示している。

図 3.6 は  $\sigma_c$  による水車無拘束速度の変化の一例を示す。すなわち  $\sigma$  が小さいところで最大となる個所があることを示している。

### 3.3 水圧推力の調査

ランナベーンに作用する水圧推力について、ランナベーン 背部と吸出管上部を結んだ バランスパイプの開閉による変化について調査した。同時に水車起動時における推力ならびに トルク をも、合わせて調査した。

図 3.7 および図 3.8 は実機水車 オカム および オフカム 状態における水圧推力を示す。

また図 3.9 は模型試験結果から有効落差 47 m の実機水車起動時における水圧推力および トルク の変化を示す。

### 3.4 バランスパイプ開度と効率の影響調査

バランスパイプ 開度と水車効率の低下について模型試験で実施し、有効落差 54 m の実機に適用した場合を図 3.10 に示す。

### 3.5 ガイドベーンおよびランナベーンの開閉力調査

ガイドベーン および ランナベーンの各開度に対する開閉力を調査した。図 3.11 は ランナベーンの 開閉力試験結果を示す。

### 3.6 ロータリサーボモータの試作試験

ロータリサーボモータの漏油量、その他の特性を調査するため小形の模型試験機を試作し、特殊パッキンを装備して試験を行なった。図 3.12 は油圧に対する漏油量を示したものであり、図中実線は特殊パッキンを用いたもので、点線はパッキンを使用しないものを示す。

## 4. 水車の現地試験結果

この水車は昭和 39 年 3 月 30 日から試運転を開始し、5 月 25、26、27 日に官庁試験を完了し営業運転に入った。ただしダム水位は最低水位にあり、本年 10 月ごろまで、この状態での運転を続けることになる。

以下に現地試験において得た結果について、その概要を述べることにする。

### 4.1 水車出力

公式な水車効率試験は施行しなかったが、ダム 水位と放水路水位との関係から比較的精度のある水車効率、水車出力を見出すことができる。

図 4.1 は模型試験の結果と対比した水車出力を示す。ただし有効落差については、実測値を保証最低有効落差 47 m に換算したものである。

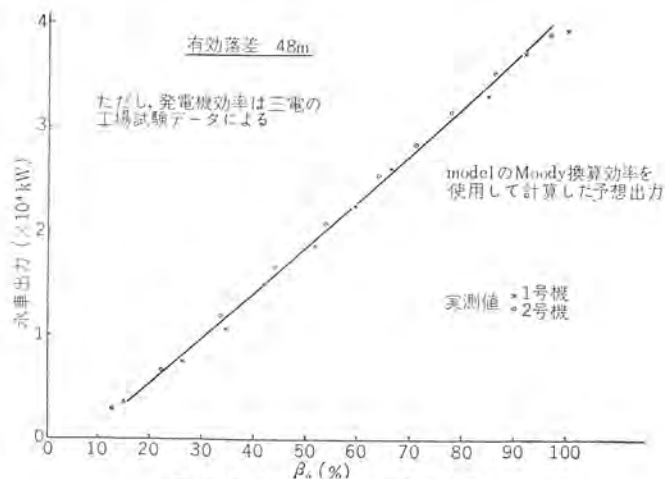


図 4.1 水車出力曲線  
Fig. 4.1 Water turbine output curve.

図示のごとく、水車出力は模型試験結果から moody の  $1/5$  乗式を用いた出力にまで達しており、これからみて、実機水車効率は保証効率を上回っていることはもちろん、ゲリア水車がきわめてすぐれた効率を発揮することがよくわかる。

#### 4.2 調速機試験

負荷シタ断試験時における調速機試験の結果の一例を、表 4.1 および図 4.2 に示す。

前述のごとく、現在の有効落差は最低落差の状態であるが、保証値である最高落差時における水圧および速度上昇値は本結果からともに満足しうるものと推定される。

#### 4.3 連続負荷試験

最低落差時における連続負荷試験の結果を表 4.2 に示す。水車負荷時における振動および軸振れは、きわめて少なく下記のごとき数値を示していた。

$$\text{水車軸受付近振動} \cdots \cdots \frac{0.3}{100} \sim \frac{0.7}{100} \text{ mm}$$

$$\text{水車軸軸振れ} \cdots \cdots \frac{1}{100} \sim \frac{2}{100} \text{ mm}$$

$$\text{発電機軸軸振れ} \cdots \cdots \frac{2}{100} \text{ mm}$$

#### 4.4 その他の試験

##### (a) 軸変位測定試験

この試験は、ゲリア水車の構造上、軸の上下変位が水車の効率に敏感に働くので、各条件に応じた軸変位量を計測し、最終的な設定位置を決める資料とした。

##### (b) 水圧推力計測

発電機下流に設けたコンプレッションチューブによる変形量をパルス管開および閉時の各条件で計測し最適条件にあることを確認した。

### 5. 水車本体

図 5.1 は完成したパレル内部の水車本体の外観を表わし、図 5.2 はその断面図を示す。

#### 5.1 ランナ

ランナは羽根入口直径 3,900 mm、羽根枚数 10 枚、傾斜角  $60^\circ$  のゲリア形で、羽根材質はステムと一体の 12.5-1Cr, Ni ステンレス鋳鋼製で、ステンレス鋳鋼製ボスとともにナライ機械加工を行ない、キャビテーション性能を高めるため羽根の表面アラサを 6S 以下とするなどその仕上げはとくに入念に行なった。

関西電力天ヶ瀬発電所 50,000 kW ゲリア水車・大島・森

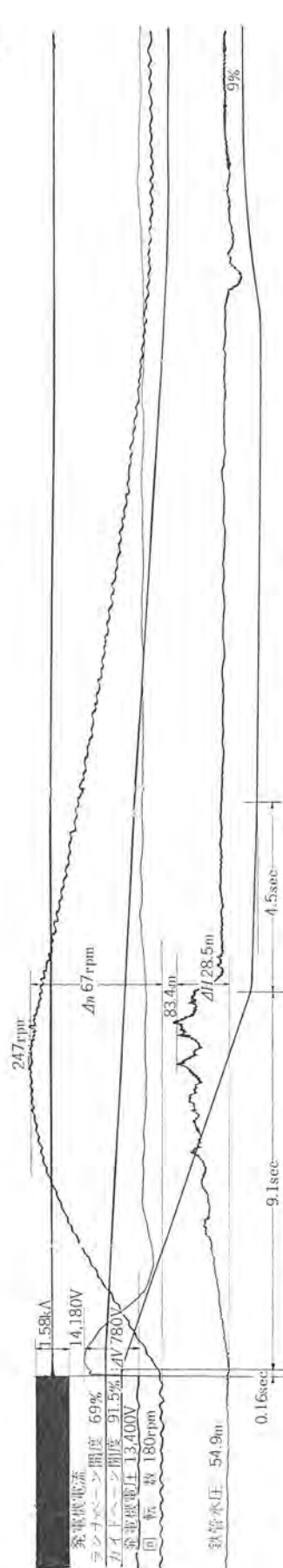


Fig. 4.2 (a) No. 1 Governor test oscillogram at 19:36 on May 25, 1964.

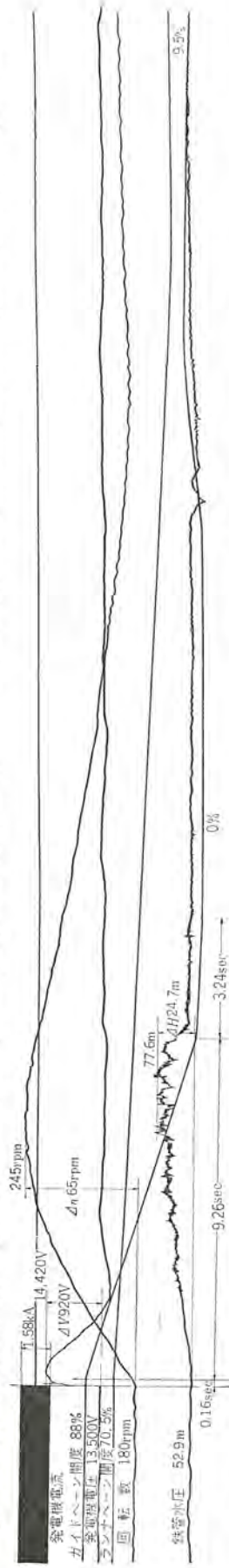


Fig. 4.2 (b) No. 2 Governor test oscillogram at 10:34 on May 27 1964.

図 4.2 (a) 1 号機 ガバテスト シタ 断負荷 36,000 kW 昭和 39 年 5 月 25 日 19 時 36 分  
図 4.2 (b) 2 号機 ガバテスト シタ 断負荷 36,000 kW 昭和 39 年 5 月 27 日 10 時 34 分



表 4.1 (a) 調速機試驗記錄

[illegible]

負荷シヤ断試験記録 (その1)										負荷シヤ断試験記録 (その2)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
機 械 番 号					第 2 号機 (製造番号 本車番)					機 械 番 号					第 2 号機 (製造番号 本車番)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
シヤ断時刻					1					2					3					4					5					6					7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
9:52					10:00					10:34					10:34					8.8					8.5					20<					20<					6					4					20<					6					20<					6					0.16					0.23					5.8, 3.13, 2.2, 2.89, 7.7, 3.24					48.0					48.3					51.0					23.8					21.6					+15					+10					-45					-63					68.96					68.97					19.35					19.53					19.68					19.85					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C					°C				



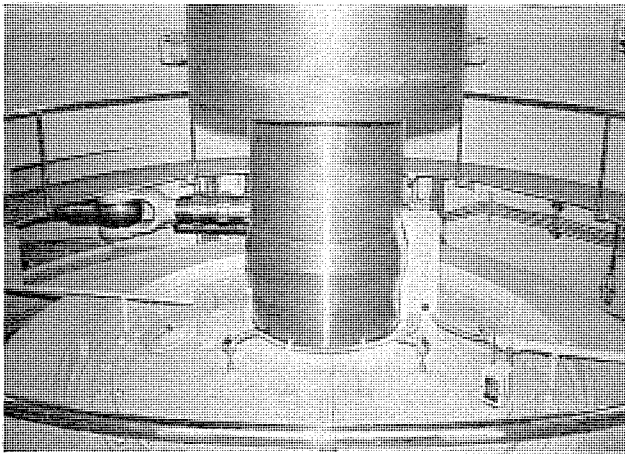


図 5.1 パーレル内水車本体外観  
Fig. 5.1 Exterior view of water turbine assembly in the barrel.

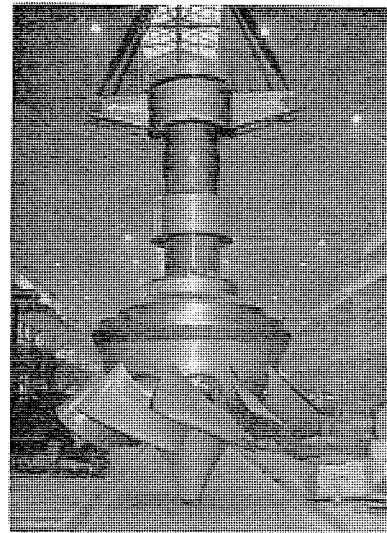


図 5.3 主軸およびランナ  
Fig. 5.3 View of the main shaft and runner.

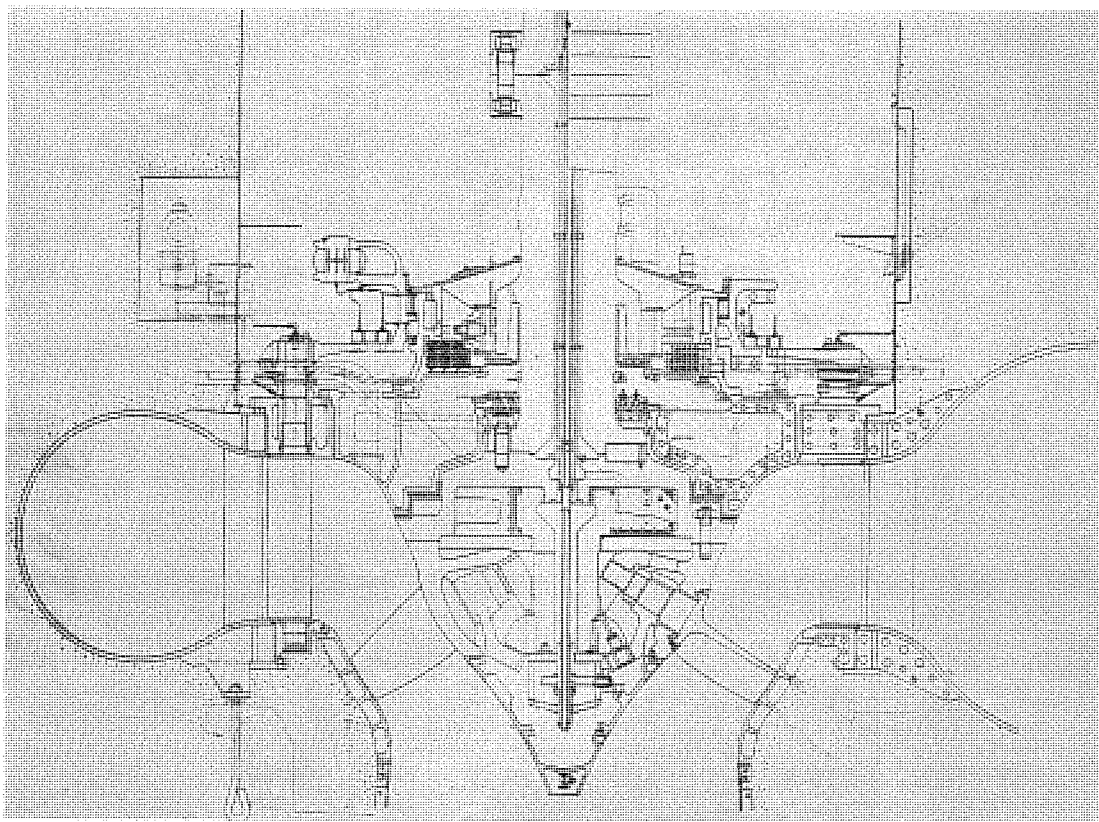


図 5.2 水車本体断面図  
Fig. 5.2 Cross section assembly of water turbine.

図 5.2 に示すごとく、ランナボス内にはスパイダースライダブロック、アーム、復帰機構などのランナボス操作機構を改め、スパイダはロータリ式ランナサーボモータのロータに固定されている。

ランナベンシステムに対する軸受は、テーパとし軸受間ゲキはスペーサにより正確に調整される構造とした。

図 5.3 は完成ランナ外観を示す。

## 5.2 主軸

主軸は鍛鋼製で軸直径 850 mm、長さ 3,400 mm の中空軸で、内部に圧油導入管およびリターンパイプを通して、軸受部には直径 1,400 mm のスカート部を設けている。主軸下端部はキーおよび

ボルトによりランナサーボモータと結合し、発電機軸とは着脱に便利なよう、軸方向の力の伝達はボルトの引張力が受け、トルクを伝えるせん断力はボルトの外周にはめ込んだスリーブによる特殊な結合ボルト形式を用いた。なお軸変位測定装置を設けている。

## 5.3 ケーシングおよびスピードリング

ケーシングとスピードリングは、それぞれ溶接構造用鋼板 (SM41) 製 5 分割構造で、スピードリングはフランジによるボルト組立構造とし、その外周にケーシングを現地溶接する構造とした。

図 5.4 に工場仮組立中のケーシングおよびスピードリングの外観を示す。



図 5.4 工場組立中の ケーシング および スピードリング  
Fig. 5.4 Spiral case and speed ring under machining at the shop.

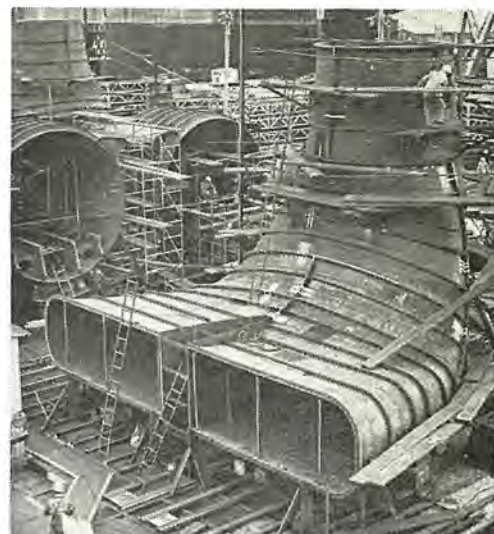


図 5.6 吸 出 管  
Fig. 5.6 Draft tube.

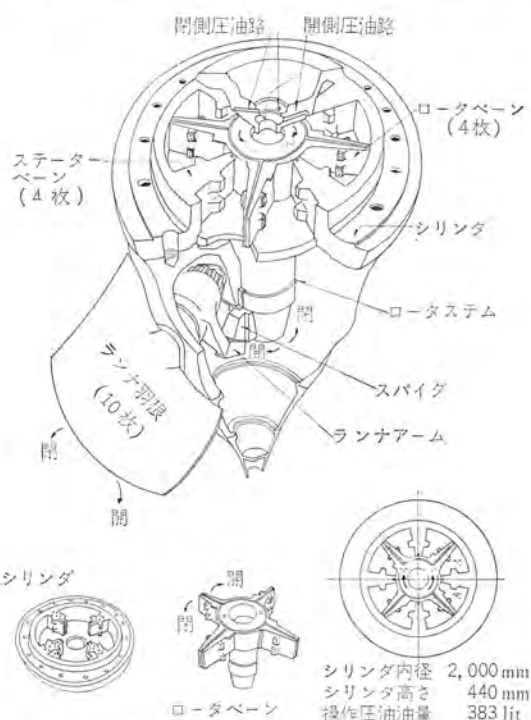


図 5.5 ランナサーボモータ 構造説明図  
Fig. 5.5 Operating mechanism of runner servomotor.

#### 5.4 ディスチャージリング

ディスチャージリングはステンレス 鋼 (13Cr) 製 2 分割で、ランナとの間ゲキを正しく保つため入念な仕上げを行ない、かつ現地据付後の変形をチェックする特殊用具を使用し正規の状態に据え付けた。

#### 5.5 ガイドベーンおよび水量調整機構

水車特性上に問題がなく、構造的に簡単な垂直形構造の鋼 (SC 46) 製 24 枚構成で、ガイドベーン 高さ 1,462 mm 上下間ゲキ 0.3 mm とし、上下面および シャッタ面は 18-8 ステンレスの肉盛溶接を行なった。

この発電所は主弁を設けず、ガイドベーンに自己閉鎖特性をもたせた。また シャッタ面の片側にゴムパッキンをはめ、ガイドベーン 出口端を押つけて漏水防止を行なっている。ガイドベーンの上下位置調整はライナ式を用い、簡単で確実な構造とした。またガイドベーン自身が閉鎖特性を有するため、アームの 2 重部分に弱点部を設け、ピ

ンの引張りによる切断を利用した。

ガイドリングと軸受ささえの間にはローラベアリングを設け、摩擦力を低減するように考慮した。

ガイドベーンサーボモータもガイドベーンが自己閉鎖形であるので、閉側シリンダの容量を少なくして、閉鎖時に閉側シリンダに生ずる背圧を減少させる構造を採用した。

#### 5.6 ランナサーボモータ

ランナサーボモータはロータリ式で、ランナボス上部に直接に取り付け、シリンダおよびシリンダカバーはランナボスカバーを兼ね、シリンダは主軸と結合される。シリンダ内部には 4 枚のステータベーンを設け、またランナベーン操作軸と一体に鋳造した 4 枚のロータベーンを備え、それぞれのシユウ動部には特殊構造のメタリックパッキンを備え、スプリングおよび油圧で押しつけて漏油防止を行なった。

図 5.5 はその構造の概要を示す。

#### 5.7 主軸受および主軸受パッキン装置

主軸受はセグメンタル式で、軸受下部の油ダメに冷却水管を設けた。主軸パッキンは水平止水形で、主軸フランジカバー上で止水する方式を採用し、特殊カーボン製パッキンを 2 段設けている。

#### 5.8 吸出管

吸出管は当社の標準形であり、水平部 センパイライナの終端まで水車中心から 6,590 mm の範囲を鋼板製ライナでライニングし、それ以降出口までをコンクリート製とした。

図 5.6 は工場組立中の吸出管である。

### 6. 調 速 機

調速機は三菱 キャビネット 形電気式調速機を採用し、系統周波数の安定に万全を期している。この発電所は水車が 2 台あるため、ジョイントオペレーションができるようにしてある。

この発電所の調速機として特筆すべき点は、ランナベーンの制御も電気式としたことであり、電源開発株式会社滝発電所 50,000 kW カララ水車のランナベーンの制御に最初に採用し、今回これに引き続きこの発電所用 デリア水車に適用したものである。この制御装置の採用により、ガイドベーン開度および有効落差に対するランナベーンの追従精度ならびに速応性を高めて、デリア水車としてつねに高い効率で運転しながら、系統周波数制御を行なうことができる。また電気式制御の特長である外部から容易に制御信号を加え



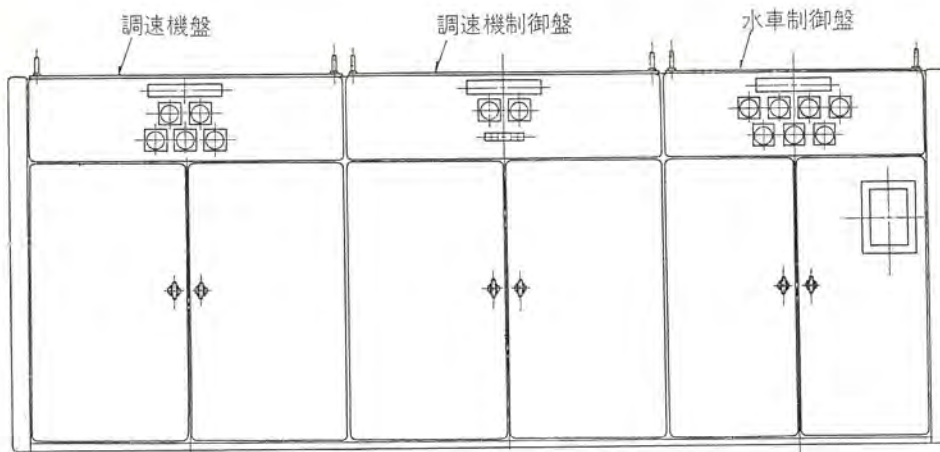


図 6.1 調速機盤および水車制御盤  
Fig. 6.1 Governor and water-turbine control cabinet.

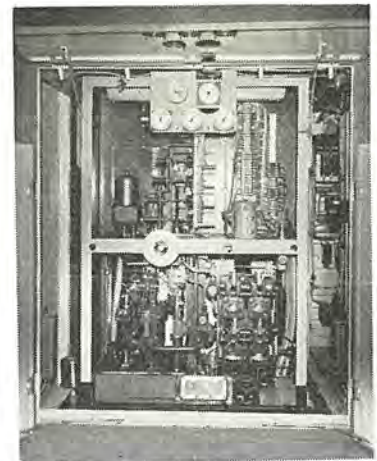


図 6.2 調速機盤 (前面)  
Fig. 6.2 Governor cabinet (Front view).

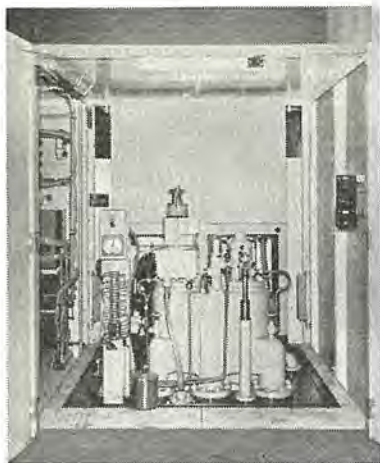


図 6.3 調速機盤 (側面)  
Fig. 6.3 Governor cabinet (side view).



図 6.4 調速機制御盤  
Fig. 6.4 Governor control panel.

ることができるため、水車の起動時、制動時および過速時のランナペーン の制御には、一連の油圧操作機構を必要とせず、それぞれの場合のランナペーン 開度を簡単に設定することができる。

図 6.1 は調速機盤の外観を示し、図 6.2, 6.3 は調速機盤の内部を示すもので、アクチュエータ、ガイドベーン および ランナペーン 用配圧弁などを収納している。図 6.4 は調速機制御盤の内部を示すもので、電気調速機用および ランナペーン 自動調整用の器具を収納している。

## 7. 圧油装置

圧油装置は単位式で、常用油圧は  $22 \sim 24 \text{ kg/cm}^2$  である。

この発電所の圧油装置は、前述のごとくガイドベーン は自己閉鎖形であるので、常用の圧油 ポンプ 1 台のみで、予備機を設備していない。圧油 ポンプ は、110 kW 立テ軸電動機に直結されたスクリューポンプで、吐出量は  $1,470 \text{ l/min}$  の大容量機である。

圧油装置の系統図は図 7.1 に示す。

## 8. 給排水装置

給水装置は単位式で、水車発電機の各軸受、発電機空気冷却器などへの給水は、水圧鉄管から分岐して自動ストレーナを通し、上

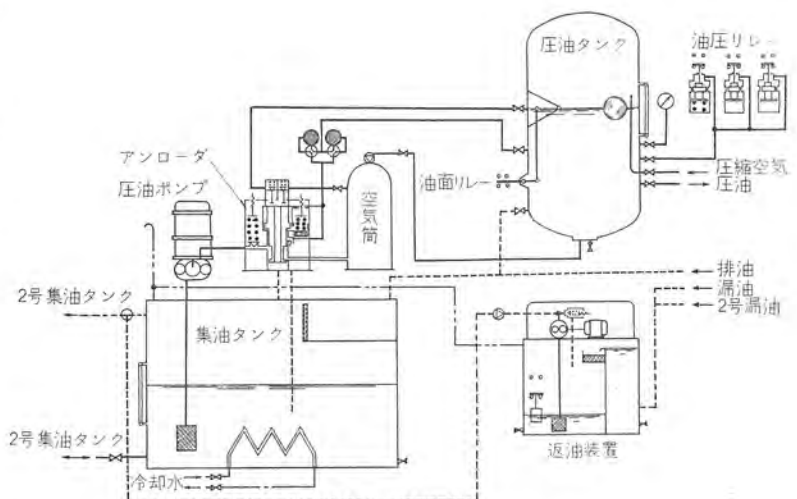


図 7.1 圧油装置系統図  
Fig. 7.1 Diagram of pressure oil system.

水そうを経て供給される。水車主軸 パッキン の封水は上水タンクからさらに自動ストレーナを通して供給される。

冷却水用の自動ストレーナは、くし歯形回転式で、封水用の自動ストレーナは積層板形回転式で、いずれもタイマにより規定時間ごとに自動的にゴミを排出する。

所内排水用に 19 kW 電動機駆動の ポンプ 2 台、ジェットポンプ 1 台があり、常用 ポンプ、予備 ポンプ、ジェットポンプの順に所内 ビット 内



図 9.1 水車制御盤  
Fig. 9.1 Water turbine control cabinet.

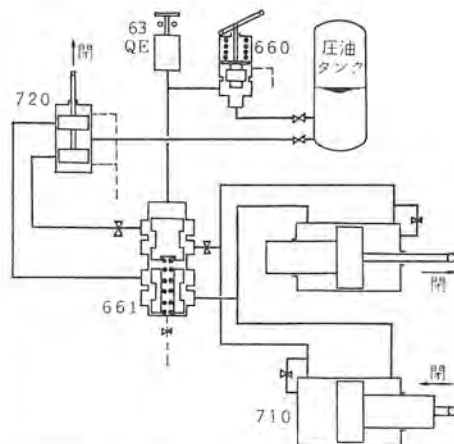


図 9.2 自己閉鎖機構系統図  
Fig. 9.2 Diagram of self-closing system of guide vane.

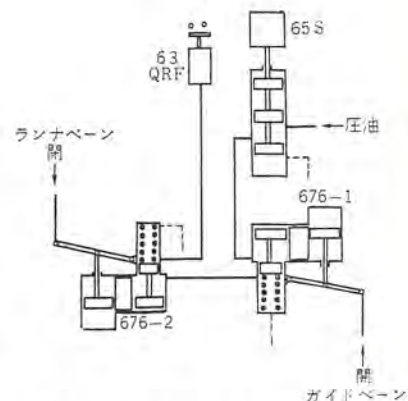


図 9.3 スラスト軸受保護装置系統図  
Fig. 9.3 Diagram of protecting device for thrust bearing.

の水位に応じて、自動的に起動して排水し、規定水位になると自動的に停止する。

水車上カバーの排水には電動機駆動のポンプ1台、ジェットポンプ1台があり、電動機駆動ポンプはフロートスイッチにより自動起動停止し、ジェットポンプは手動弁の操作により、排水する。

また吸出管排水用として真空ポンプ付 37 kW 電動機駆動ポンプがある。

## 9. 運転制御装置

制御方式は、1人制御方式で配電盤室において、制御および監視を行ない、また機械室の水車制御盤で手動操作できる。

水車制御盤は図 6.1 に示すように、調速機制御盤に並べて設置され、図 9.1 はその内部を示すもので、自動操作用の電磁弁、油圧継電器などが納められており、盤面には水圧計、油圧計、軸受温度計などが取り付けられている。

この水車のガイドベーンは自己閉鎖形であり、またランナは可動羽根であるため、次の特殊な自動操作装置を設けてある。

図 9.2 はガイドベーン自己閉鎖機構の系統図である。水車の正規運転状態では、自己閉鎖弁、661 は閉じ、ガイドベーン配圧弁 720 によりサーボモータ 710 が制御されているが、油圧が規定値以下に下がるか、手動で油圧応動弁 660 を操作すると、自己閉鎖弁 661 が開いて、サーボモータの開閉シリンダを連絡し、ガイドベーンは自己閉鎖する。同時に油圧リレー 63QE によりランナベーンに開動作の指令を与える。

図 9.3 はスラスト軸受保護装置の系統図である。水車運転時、連続した急激な周波数の変動などにより、ランナベーン開度とガイドベーン開度の規定の関係が破れて、スラスト軸受に異常な水圧による推力がかかり、この状態で運転を続けるとスラスト軸受を焼損する恐れがある。したがってスラスト軸受を保護するために、運転時ランナベーンが規定開度以下で、開度検出弁 676-2 が開いているときに、スラスト軸受に異常な水圧による推力がかかるようなガイドベーン開度に達すると、開度検出弁 676-1 も開いて、電磁弁 65S からの圧油で油圧リレー 63QRF が動作すると、水車を停止する。

## 10. むすび

天ヶ瀬発電所は世界最大級のデリア水車であり、その設計製作について慎重を期し、現在最低落差においてではあるが、きわめて好調な運転を続けている。

デリア水車は、今後ますますフランス水車の領域にまで適用範囲を広げるであろうし、またポンプとしてのすぐれた効率、揚程変動の広範囲な適用などの特性に加えて、振動などに対する安全性などフランス形では達しえない種々の特性を有しており、ここに本機の運転実績を得たことはわが国電力界にとってもきわめて意義の深いものと信じておる。

終わりにこの発電所の開発を企画され、設計製作について種々有益なご指導ご鞭撻をいただいた関西電力株式会社の関係者の皆様に心からの敬意と謝意を申し上げる。



# 最近の送電線保護継電装置(6)

## 搬送保護継電装置

北 浦 孝 一\*

### The Latest Protective Relay Scheme for Transmission Lines (6)

#### —Carrier Protective Relaying—

Kōbe Works Kōichi KITAURA

In general it is a hard problem to give protection to a power system where there are terminals without back power or a multiterminal power system or a multi parallel transmission lines. Then it has been a common practice to select a protective relaying system in each case so as to cope with particular circumstances. A protective relay scheme made public herein is a directional comparison carrier protective relaying which is applicable to most of power systems including those mentioned above with no restraint on the condition of systems. The article deals with the principle and distinctive features of it.

#### 1. ま え が き

系統保護という観点から見たわが国電力系統のおもな特殊性は

- (1) 無電流端子
- (2) 多端子系統
- (3) 多回線併架送電線
- (4) 多重故障

などが多いことである。したがって普遍的な保護継電方式を求めらばこれらの特殊性に対する考慮が必要である。以下、上記の系統条件故障条件を対象とした数種の搬送保護継電方式の原理、特長を紹介し、現在行なわれつつあるキャリアリレー化のご参考に供する次第である。

#### 2. 無電流端対策

故障時故障電流の流れないいわゆる無電流端子が存在しても、無電流端子が固定しておれば従来の非対称方向比較方式でも十分保護目的を達成し得たのであるが、任意の端局が無電流端子となる可能性のある系統については、保護性能に制限を与えざるを得なかった。ここに紹介する方式はこのような系統でも標準的に適用しうるものである。すなわち搬送波の所要周波数帯域幅を大幅に広げることなく、かつ装置構成が対称となるような無電流端対策を講じたものである。とくに異周波打返し方式は実用性が高いので、試験結果を合わせ紹介する。

##### 2.1 無電流端 FS 方式<sup>(1)(2)</sup>

従来の FS 方式(周波数偏移方式)は、内部故障と判定しうる端子から無判定端子に対し FS 信号を送り、トリップ指令するものであったが、指令信号が、故障点を通過して伝送されねばならぬという宿命的な欠点があった。また、搬送波を指令信号として使用することは、雑音による誤動作の可能性を含み、信頼度の点で難点があった。ここに紹介する方式は、無判定端から相手端へ逆に自端が無判定であることを FS 信号により伝えるもので、FS 以前の信号も FS 後の信号もともにトリップ阻止信号として利用するので、従来の FS 方式に比べ信頼度が高い方式である。

しかし、後述の異周波打返し方式と比較すれば性能が同一でありながら、この方式の所要周波数帯域幅が若干広く必要となり、かつ装置も若干複雑となるから打返し方式のほうが有利である。したがって FS 方式のみを利用することは得策ではなく、後節の多端子系統対策で詳述するが、内部故障でありながら流出端が生ずるような場合の対策として、異周波打返し方式と併用することが効果的である。

##### 2.2 同周波受信記憶方式<sup>(3)</sup>

この方式は、搬送波を通常の同周波方式とし、故障時故障方向が、内部外部いずれであるか判定するに足る故障電流が存在する場合に搬送波を送出し受信が一定期間以上継続し、かつ内部方向と判定した場合に送出を停止する。トリップ条件は、故障検出したこと、搬送波が存在しないこと、内部方向と判定したこと、または故障発生後一定期間以上受信した記憶を有することである。

記憶所要時間を長くするほど信頼度が増すから、この方式は動作時間があまり問題とならない、たとえば抵抗接地系統の地絡保護における無電流端対策として効果的である。

図 2.1 はこの方式の原理図である。

T: 送信部

R: 受信部

FD: 電圧のみを対象とした故障検出要素

Y: 電流の存在を考慮に入れた故障検出要素

X: 故障電力方向が内部方向なることを確認する方向要素

$f_A$ : A 端から送出の搬送波

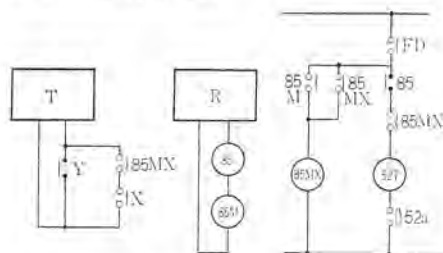


図 2.1 無電流端 FS 方式原理図  
Fig. 2.1 Operational principle circuit.

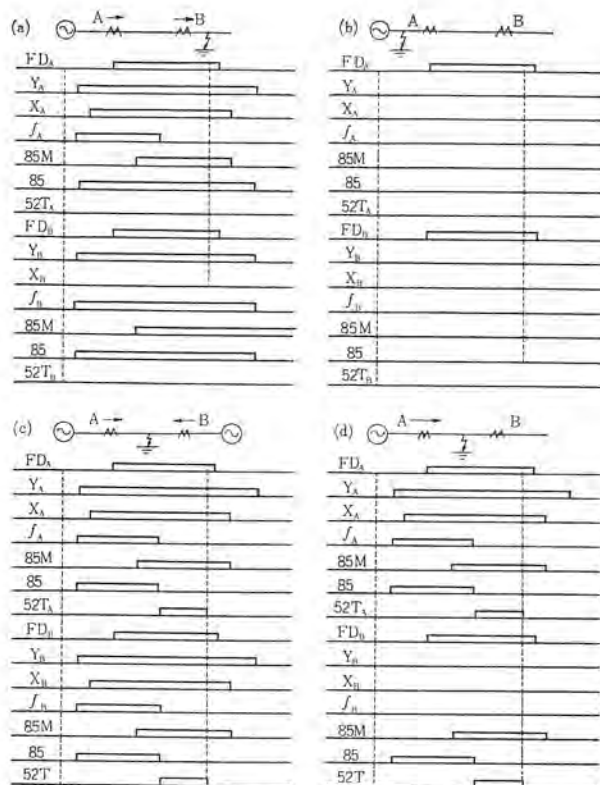


図 2.2 動作原理図  
Fig. 2.2 Operational principle diagram.

$f_B$ : B 端から送出の搬送波

$f_A$ ,  $f_B$  の搬送周波数は同一でも異なっても適用しうる。

85:  $f_A$ ,  $f_B$  いずれに対しても即応する受信継電要素

85M:  $f_A$ ,  $f_B$  いずれに対しても、一定期間以上存在したことを記憶する受信記憶要素である。

図 2.2 は応動関係図である。

### 2.3 異周波打返し方式<sup>(4)(5)</sup>

この方式は、異周波方式（送信受信の搬送周波数差  $f_{AB}=300 \sim 600$  c/s として、自局への回り込みを許さない方式）とし、かつ帰還方式（受信出力により送信部を制御する方式）を併用することにより無電流端対策をとったものである。すなわち無判定端は、相手端搬送波の送出停止により相手端が、内部と判定しているものと判断し、自端の送出を停止するとともに、トリップ回路を形成するものであって、各端子の装置をまったく対称的に構成することができる。この点が従来方式と著しく相違する点である。

図 2.3 はこの方式の原理図である。図において

T: 送信部 1-2 間 開放時搬送波送出

R: 受信部 相手端搬送波のみ受信

R-b: 相手端搬送波停止時閉成

FD<sub>1</sub>: 軽故障検出継電器

FD<sub>2</sub>: 重故障検出継電器

X: 内部方向判定要素

Y: 外部方向判定要素

$T_X$ : X リレーの動作時間

内部外部の協調時間 5 ms を含めても 25 ms 以内

$T_B$ : ビルドダウン 5 ms 以下 ただし、受信側の通過帯域幅を  $\pm \Delta f$  c/s 2 端子 1 対向の所要周波数帯域幅を  $\pm f_{AB}$  c/s とすれば、近似的に表 2.1 に示す値となる。

図 2.4 は周波数配置図である。

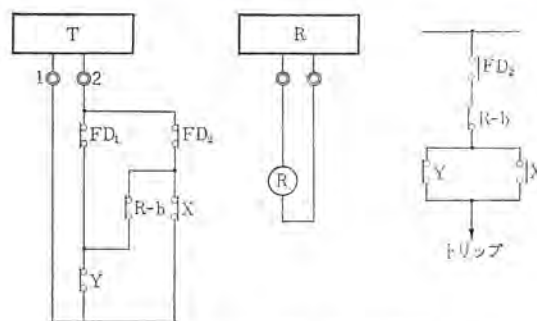


図 2.3 異周波打返し方式原理図  
Fig. 2.3 Operational principle circuit.

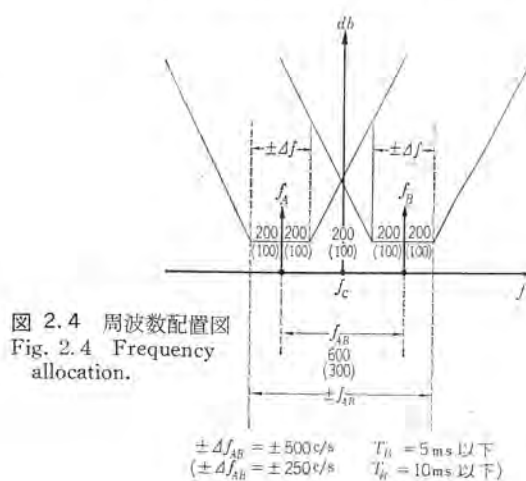


図 2.4 周波数配置図  
Fig. 2.4 Frequency allocation.

$\pm \Delta f_{AB} = \pm 500$  c/s  $T_B = 5$  ms 以下  
 $(\pm \Delta f_{AB} = \pm 250$  c/s  $T_B = 10$  ms 以下)

$T_S$ : シーケンスリレー 動作時間 5 ms 以下

以上を満足すると主継電器および補助継電器を選定すれば、

- (1) 故障電流貫通の外部故障で誤動作せず
- (2) 両端とも無電流の外部故障で誤動作せず
- (3) 両端流入の内部故障時  
動作時間  $T = T_X + T_B + T_S = 35$  ms 以下
- (4) 一端流入の内部故障時  
動作時間  $T = T_X + 2T_B + T_S = 40$  ms 以下

すなわち、いずれか一端の故障電流が X の動作時間  $T_X$  をして 25 ms 以内に値以上あれば他端の故障電流値には関係なく、全動作時間  $T$  を 40 ms 以内に入れることができる。以上要するにこの方式の特長を要約すれば

- (1) 異周波方式であっても、送受信装置の規模内容は同周波方式と同等であり、所要周波数帯域幅が表 2.1 に示すごとく若干余分に必要となる程度で以下に述べる種々の特長が発揮される。
- (2) 異周波方式であるから キャリブート による誤動作の可能性はまったくない。とくに多端子系統では、この特長が顕著である。

(3) 各端子の装置は、方式原理上対称構成であるから、背後電源の有無、大きさに制約されない。すなわち、保護動作中に系統構成が変化して、非電源端が移行しても誤動作することなく、また前述のごとく、一端でも X の動作時間が 25 ms 以内となるような故障電流が得られるならば全動作時間が 40 ms 以内に入る。

- (4) 対称構成であるから系統条件の変更に伴う移設増設改造

表 2.1  $T_B$   $\Delta f$   $f_{AB}$   $\Delta f_{AB}$  関係

$T_B$ (ms)	$\pm \Delta f$ (c/s)	$f_{AB}$ (c/s)	$\pm \Delta f_{AB}$ (c/s)
5 (ms)	$\pm 200$ (c/s)	600 (c/s)	$\pm 500$ (c/s)
10 (ms)	$\pm 100$ (c/s)	300 (c/s)	$\pm 250$ (c/s)



表 2.2 納入実績一覧

No.	納入先	端 局 名	納入年月	系 統 条 件				継 電 方 式			備 考
				電 圧 (kV)	亘 長 (km)	端子数	接地方式	短 絡	地 絡	方式名称	
1	九州電力	山家S/S—上植葉S/S	31-3	110	130	2×1	PC+NGR	位相比較	方向比較	PC-110	現地テストのみ
2	三菱金属	獅子沢S/S—小又川第4S/S	33-8	52	25	2×2	直接接地	搬 送 指 令 方 式		—	搬送電話共用
3	九州電力	山家S/S—嘉穂S/S	32-4	110	25	2×2	PC+NGR	位相比較	方向比較	PC-123	
4	中国電力	新宇部P/S—宇部S/S (1, 2号)	33-5	110	7	2×2	PC+NGR	位相比較	方向比較	PC-121	
5	九州電力	築上P/S—嘉穂S/S	34-3	110	30	2×1	PC+NGR	位相比較	方向比較	PC-122	
6	九州電力	築上P/S—川崎S/S	34-3	110	30	2×1	PC+NGR	位相比較	方向比較	PC-122	
7	国 鉄	新鶴見S/S—武蔵境S/S	35-3	154	25	2×2	NGR	位 相 比 較		PC-210	(I <sub>1</sub> I <sub>0</sub> 切換方式)
8	九州電力	畑田P/S—西谷S/S	34-7	220	18	2×2	直接接地	位 相 比 較		PC-220	(I <sub>1</sub> I <sub>0</sub> 合成方式)
9	中国電力	新宇部P/S—宇部S/S (3, 4号)	37-3	110	7	2×2	PC+NGR	方 向 比 較		PC-312	
10	関西電力	北方SW/S—小坂SW/S	38-2	154	80	2×2	NGR	方 向 比 較		PC-315	
11	関西電力	小坂SW/S—蟹ヶP/S— 笹津SW/S	38-2	154	76	3×2	NGR	方 向 比 較		PC-316	3 端 子
12	四国電力	新徳島P/S—国府S/S	38-4	187	28	1×2	直接接地	方 向 比 較		PC-318	
13	四国電力	新居浜S/S—西条S/S	38-10	66	11.2	2×2	PC+NGR	方 向 比 較		PC-325	マイクロ回線併用
14	国 鉄	新鶴見S/S—武蔵境S/S	38-12	154	25	2×2	NGR	方 向 比 較		PC-328	常 時 送 出

### 3. 多端子系統対策

多端子送電線に保護継電方式を適用する場合考慮すべきおもな事項は、

- (1) 系統構成の変更
- (2) インピーダンス測定における分岐誤差
- (3) 線路 CT の特性不平衡による残留電流および不平衡分岐による不平衡電流
- (4) 故障回線からの故障電流出現象 などである。

以下これらを考慮した搬送保護方式を紹介する。

#### 3.1 異周波打返し、FS 併用方式

ここに紹介する方式は接地方式、端子数、回線数などに関係なく適用しうるが、直接接地3端子送電線の場合を例にとって述べる。

一般に3端子系の方向判定結果を分類すると

内部方向と判定したときを	X	} とすれば
外部方向と判定したときを	Y	
無判定と判定したときを	Z	

その組み合わせは

(1) XXX, (2) XXY, (3) XXZ, (4) XYY, (5) XYZ  
(6) XZZ, (7) YYY, (8) YYZ, (9) YZZ, (10) ZZZ  
の 10 とおりとなる。このうち、(7)(8)(9) のとき組み合わせは、保護区間内に電源が存在しない限り実在しないから、これらを除いた7とおりの ケース となる。

このうち(1)(3)(6)は内部故障(4)(5)(10)は外部故障であるが、ケース(2)は図3.1の判定分類図にも示すごとく、一般には外部故障であるが、(2)'に示すごとく流出端ある内部故障の場合もありうる。

この方式は、無電流端対策をとると同時に内部故障時の流出端対策もったものである。すなわち(2)'の内部故障では流出端が存在しても、いずれかの端局の距離継電器第1段 X<sub>1</sub> が動作しうるが、(2)の外部故障では、いずれの端局の第1段 X<sub>1</sub> も動作しないことに着目し、いずれかの X<sub>1</sub> が動作するときは搬送波の送出を停止してトリップ指令し、いずれの端局の X<sub>1</sub> も動作せず流出端あるとき(外部方向距離継電器 Y 動作時)は、搬送波を送出しトリップを阻止させるものである。図3.2はこの方式の原理図であり、表3.1は内部故障時動作一覧、表3.2は外部故障時動作一覧である。



図 2.5 搬送保護継電装置 正面図  
Fig. 2.5 Front view of carrier protective relay panel.



図 2.6 搬送保護継電装置 正面図  
Fig. 2.6 Front view of carrier protective relay panel.

が容易である。たとえば、3端子系統から4端子系統へ変更となっても増加分のみ新設すれば、既設分はそのまま流用可能である。

(5) 自己受信阻止方式であるから、いわゆる打ち返しの点検が可能となり、自端装置はもちろん、相手端装置および伝送路すべての点検を行ないうる。

(6) 多回線併架送電線に生ずる環流誤差電流の対策として、この方式を利用すれば一般に回線数に関係なく、内部故障時いずれかの端局から全系 NGR 電流  $I_N$  の 1/2 以上が流入するものと期待しうるから、任意の端局が電源端または、非電源端となっても保護しうるこの方式の特長が生かされ、従来方式に比較して必要とする NGR 電流  $I_N$  を減少しうる。たとえば、4回線の場合 1/2~1/3 となる。この検討は後節を参照されたい。

図2.5、2.6はこの方式原理を適用した方向比較式搬送保護継電装置の外観図であるが、図2.5は平行2回線3端子の1端局分(2回線分)であり、図2.6は超高圧単相—三相再閉路装置付1端子分である。表2.2は納入実績一覧表であるが、最近納入した No. 9~No. 14 はすべてこの方式を適用した方向比較方式である。



表 3.1 内部故障時動作一覧

No.	ケース	系 統	A 端	B 端	C 端	判 定
1	(1) $X_1 X_2 X_3$		$X_1$ により停止	$X_1$ によりトリップ	$R_A, R'_A$ 復帰により停止 $R_A, R_C$ 復帰 ( $R'_A$ ) ( $R'_C$ ) によりトリップ	全端トリップ
2	(3) $X_1 X_2 Z$		同 上	同 上	同 上	同 上
3	(3) $X_2 X_3 Z$		Y 不動作 FS 発信 $X_2 X, R_B, R'_C$ により停止	$R_B, R_C$ 復帰 ( $R'_B, R'_C$ ) によりトリップ	Y 不動作 FS 発信 $X_2 X, R'_C, R'_A$ により停止	Y 不動作 FS 発信 $R_A, R'_A$ ( $R_B, R'_B$ ) 復帰により停止
4	(6) $X_1 Z Z$		$X_1$ により停止	$X_1$ によりトリップ	$R_A, R'_A$ 復帰により停止	同 上
5	(6) $X_2 Z Z$		Y 不動作 FS 発信 $X_2 X, R_B, R'_C$ により停止	$R_B, R_C$ 復帰 ( $R'_B, R'_C$ ) によりトリップ	Y 不動作 FS 発信 $R_A, R'_A$ 復帰により停止	Y 不動作 FS 発信 $R_A, R'_A$ 復帰により停止
6	(2) $X_2 T X_1$		Y 不動作 FS 発信 $R_C, R'_C$ 復帰により停止	同 上	Y 動作 FS 送信断 $R_C, R'_C$ 復帰により停止	$X_1$ により停止 $X_1$ によりトリップ

表 3.2 外部故障時動作一覧

No.	ケース	系 統	A 端	B 端	C 端	判 定
7	(4) $X_2 Y Y$		Y 不動作 FS 発信 $X_2 X$ 動作, ただし $R_B, R'_C$ 復帰送出停止せず	$R_B, R_C$ 動作によりロック	Y 動作 FS 断送出停止条件なし	$R_A, R_B$ 動作によりロック
8	(5) $X_2 Y Z$		Y 不動作 FS 発信 $X_2 X$ 動作, ただし $R_B$ 復帰送出停止せず	同 上	同 上	Y 不動作 FS 発信送出停止条件なし
9	(10) $ZZZ$		Y 不動作 FS 発信送出停止条件なし	同 上	同 上	同 上
10	(2) $X_2 Y X_1$		Y 不動作 FS 発信 $X_2 X$ 動作するも $R_B$ 動作せず送出停止条件なし	同 上	Y 動作 FS 断 $R'_C, R'_A$ 動作するも $X_2 X$ 動作せず送出停止条件なし	Y 不動作 FS 発信 $X_2 X$ 動作するも $R_B$ 動作せず送出停止条件なし

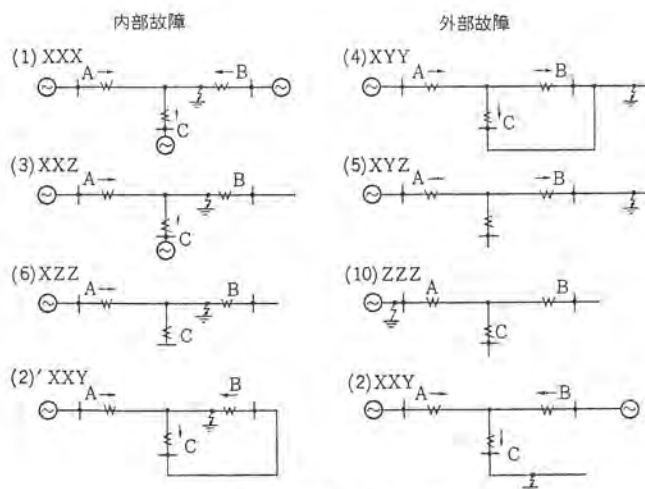


図 3.1 動作分類図  
Fig. 3.1 Classification of operation.

図 3.2 において

$T_A, T_B, T_C$ ……A 端, B 端, C 端の搬送装置送信回路部

$FD_1$ ……各端設置の重故障検出要素

$FD_2$ ……各端設置の軽故障検出要素

$X_1$ ……各端設置の距離継電器第 1 段 (アンダーリチ整定)

$X_2$ ……各端設置の距離継電器第 2 段 (オーバーリチ整定)

$Y$ ……各端設置の外部判定距離継電器

(微小オフセット付)

$R_A, R_B, R_C$ ……A 端, B 端, C 端から送出の搬送波の受信継電器

$R'_A, R'_B, R'_C$ ……A 端, B 端, C 端から送出の FS 波受信継電器

最近の送電線保護継電装置 (6)——搬送保護継電装置——北浦

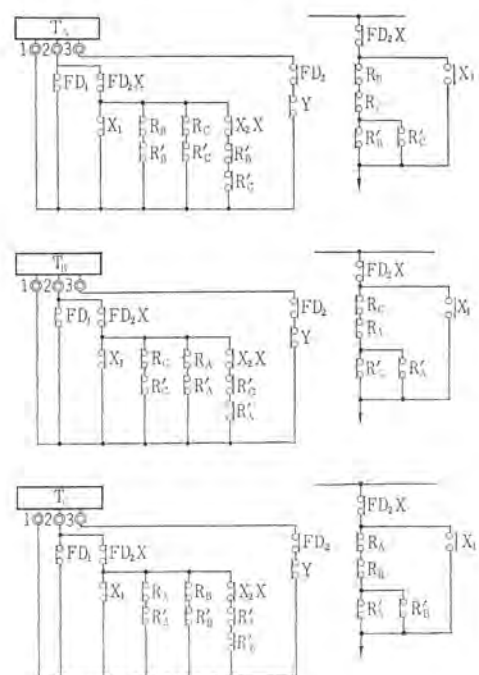


図 3.2 原理図  
Fig. 3.2 Operational principle circuit.

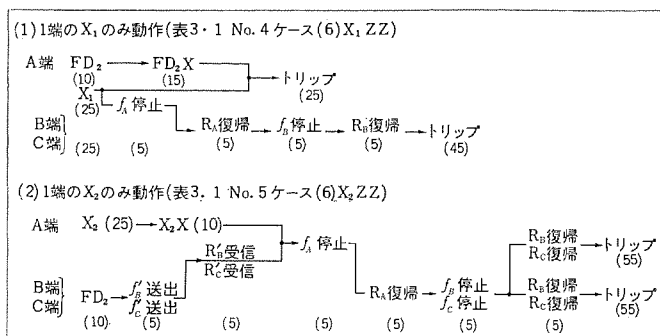
$FD_2 X$ ……各端設置の  $FD_2$  により付勢される補助継電器

$X_2 X$ ……各端設置の  $X_2$  により付勢される補助継電器

また送信回路部  $T_A, T_B, T_C$  において 1-2 間を開放すれば搬送波送出 1-3 間を閉成すれば FS 波送出, 1-3 間を開放すれば FS 波停止, 1-2 間を閉成すれば搬送波 FS 波とも停止, したがって,



表 3.3 動作時間



FD<sub>1</sub> 動作すれば自端固有の搬送波を送出し、FD<sub>2</sub> 動作し、かつ X<sub>1</sub> 動作したとき、またはいずれかの他の端子の搬送波 FS 波とも送出停止したとき、または X<sub>2</sub> が動作し、かつ他の端子がすべて FS 信号を送出しているときに自端搬送波の送出を停止する。次に FD<sub>2</sub> 動作、Y 不動作のときは、上記搬送波の停止条件さえなければ各端それぞれ FS 信号を送出する。各端のトリップ回路は、FD<sub>2</sub> 動作し X<sub>1</sub> 動作したとき、または FD<sub>2</sub> 動作し、他端から送出の搬送波がすべて送出停止したとき構成される。外部故障時に絶対に誤動作しないよう十分な協調時間を与えたときの内部故障に対するトリップ時間は、最悪条件を考慮しても表 3.3 程度である。表の中で ( ) 内の数字は各要素の応動時間 (ms) を表示している。条件の良い場合すなわち、全端子から故障電流が流入する内部故障では、トリップ時間が 20~30 ms 以下である。

### 3.2 異周波打返し優先シャ断方式<sup>(6)(7)(8)</sup>

この方式も端子数に制限なく適用できるが、高抵抗接地、3 端子平行 2 回線の多重故障を考慮した優先シャ断方式について述べる。一般に平行 2 回線に対し優先方式を適用する場合、従来方式のものでは平衡継電器を主継電器としているため、2 回線にまたがる 1 相—1 相の異相地絡時には、進み相側回線を、2 回線にまた

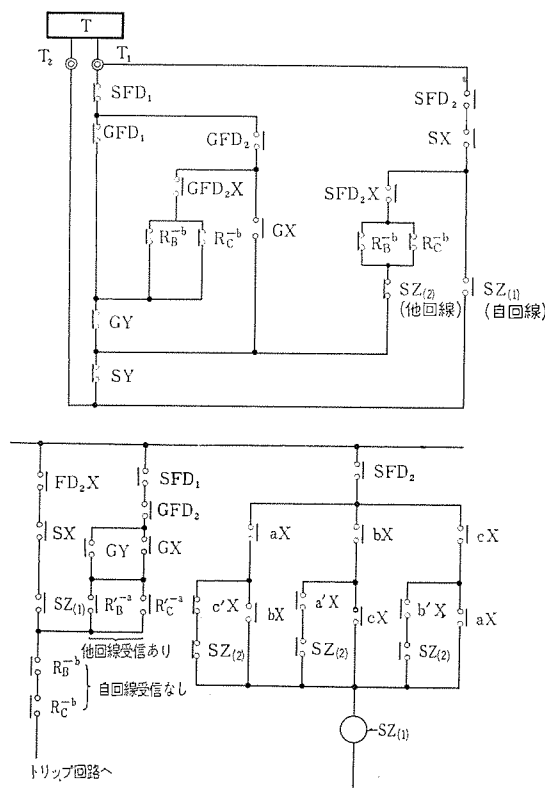


図 3.3 異周波打返し、優先シャ断方式原理図 (A 端)  
Fig. 3.3 Operational principle circuit (terminal A).

表 3.4 入力導入

相	基準コイル E pol	動作	コイル
A	E <sub>BC</sub> メモリー付	1 号検出	$E_a - Z[(I_a - kI_a') + k'(I_b - I_b')]$
		2 号 "	$E_a - Z[(I_a' - kI_a) + k'(I_b' - I_b)]$
B	E <sub>CA</sub> メモリー付	1 号 "	$E_b - Z[(I_b - kI_b') + k'(I_c - I_c')]$
		2 号 "	$E_b - Z[(I_b' - kI_b) + k'(I_c' - I_c)]$
C	E <sub>AB</sub> メモリー付	1 号 "	$E_c - Z[(I_c - kI_c') + k'(I_a - I_a')]$
		2 号 "	$E_c - Z[(I_c' - kI_c) + k'(I_a' - I_a)]$

k: 0.3~0.5 k': 0.1~0.3

がる二相—相故障時または 2 回線にまたがる三相—相故障時には、短絡故障側回線を選択し、いわゆる短絡優先進み相優先の優先方式を満足していたが、2 回線にまたがる同名相 2 相—2 相または三相—三相の多重故障時には、平衡継電器が判定不能となり、後備保護に依存せざるを得なくなり、最も被害が大きいにもかかわらず、トリップ時間が著しく遅れるという欠点を有していた。この方式はかかる欠点を除くものであり、各端背後の正相電源(背後電力) 零相電源(中性点抵抗)などの有無に関係なく適用しうる特長を有する。図 3.3, 3.4 はともにこの方式の原理図であるがそれぞれ A 端(電源端) B 端(非電源端となる可能性ある端局)の原理図である。

図において

SFD<sub>1</sub> ……二相以上の軽故障検出要素

SFD<sub>2</sub> ……二相以上の重故障検出要素

GFD<sub>1</sub> ……一線地絡のみを対象とした軽故障検出要素

GFD<sub>2</sub> ……一線地絡のみを対象とした重故障検出要素

以下同様に短絡には S、地絡には G を付して区別する。

X ……回線ごと、または 2 回線一括の内部方向判定要素

Y ……回線ごと、または 2 回線一括の外部方向判定要素

SZ ……各相ごとの方向距離継電器 aX, bX, cX (1 号線用) と a'X, b'X, c'X (2 号線用) を、たとえば図 3.3 に示すごとく

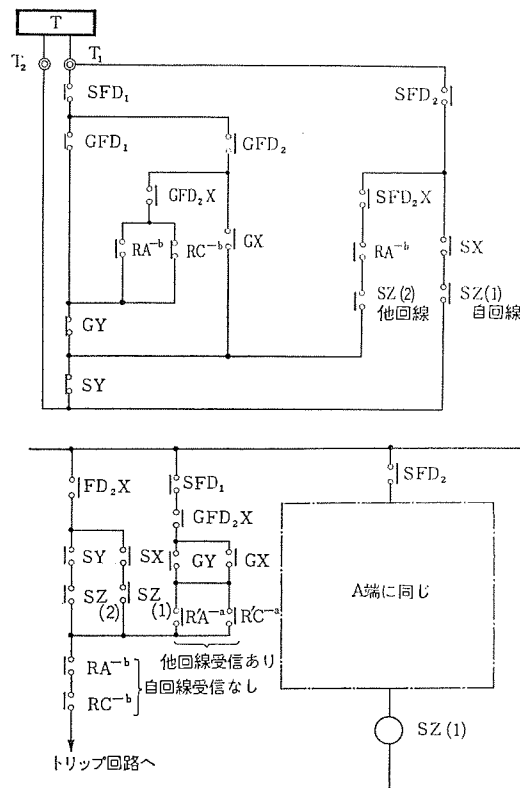


図 3.4 異周波打返し、優先シャ断方式原理図 (B 端)  
Fig. 3.4 Operational principle circuit (terminal B).

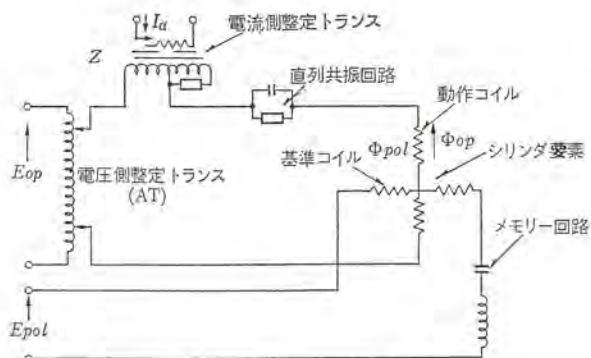


図 3.5 主継電器回路図  
Fig. 3.5 Main relay circuit.

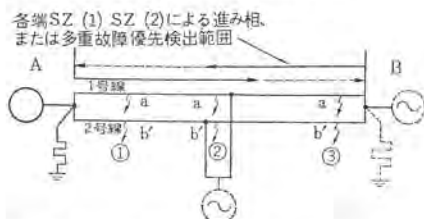


図 3.6 SZ(1), SZ(2) の選択範囲  
Fig. 3.6 Selective zone of SZ(1) and SZ(2).

組み合わせ、各端局から見て保護方向に故障があるか否かを判定する選択要素

- SZ(1) .....1 号線用の選択要素
- SZ(2) .....2 号線用の選択要素

各相ごとの方向距離継電器としては、図 3.5 に示す継電器に表 3.4 に示すごとき入力を与えたもの (6) (7) (8) が適している。かくすれば 1 号線用の SZ(1) は、1 号線に二相以上の故障があるか、一相の故障でも他回線 (2 号線) の進相が故障でない場合に動作し、2 号線用の SZ(2) は、2 号線に二相以上の故障があるか、一相の故障でも他回線 (1 号線) の進相が故障でない場合に動作することとなる。

図 3.3, 3.4 において  
T .....送信部

$T_1$ - $T_2$  間を開放すれば自端固有の搬送波を送出し、 $T_1$ - $T_2$  間を閉成すれば送出を停止する。

R .....受信継電器

A 端では B 端からの搬送波  $f_B$  のみを受信する  $R_B$

A 端では C 端からの搬送波  $f_C$  のみを受信する  $R_C$

B 端では A 端からの搬送波  $f_A$  のみを受信する  $R_A$

B 端では C 端からの搬送波  $f_C$  のみを受信する  $R_C$

C 端では A 端からの搬送波  $f_A$  のみを受信する  $R_A$

C 端では B 端からの

表 3.5 各種故障時動作一覧

ケース	1 号	2 号	故障形態	動作状態	備考
1	ab (abc)		単純短絡	故障回路のみトリップ	
2	a	b'	両回線地絡 (異名相)	進み相故障回路のみトリップ	
3	ab	a'	両回線短絡、地絡 (同名相)	多重故障回路のみトリップ	
4	ab	c'	両回線短絡、地絡 (異名相)	同上	
5	ab	a'b'	両回線短絡、短絡 (同名相)	両回線ともトリップ	
6	ab	b'c'	両回線短絡、短絡 (異名相)	同上	
7	a	a'	両回線地絡 (同名相)	指定回路のみトリップ	
8	a		指定回路地絡	故障回路のみトリップ	
9		a'	非指定回路地絡	同上 トリップ時間、ケース 8 より 1c/s 遅れる	ケース 7 を指定回路トリップさせるため

搬送波  $f_B$  のみを受信する  $R_B$   
をそれぞれ有する。

従来の単なる平衡継電器を主体とした優先シャ断装置では、自端からある距離までは前記優先方式を満足し、それ以遠の故障に対しては、1, 2 号線とも検出不能となるのに対し、前記表 3.4 の入力導入方式による距離継電器を使用したこの方式では、図 3.6 に示すごとく各端の SZ(1), SZ(2) は自端からある距離までは、進み相優先または多重故障優先を満足し、それ以遠 (図示点線部分) の故障に対して、SZ(1), SZ(2) とも動作する。この点が従来方式と根本的に異なり、両回線にまたがる平衡短絡故障に対して両回線シャ断を可能にしている。いうまでもないが、ここで注意を要することはいかなる地点の異相地絡に対しても、各端の回線選択結果が一致することである。たとえば 1 号線 a 相 2 号線 b' 相故障を想定し、故障点を至近端から相手端に移行させて考えたとき、動作すべき両回線の各相距離継電器は

自端は

$$\begin{bmatrix} a \text{ 相} \\ b' \text{ 相} \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} a \text{ 相} \\ b' \text{ 相} \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} a \text{ 相} & b \text{ 相} \\ b' \text{ 相} & b' \text{ 相} \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} a \text{ 相} & b \text{ 相} \\ a \text{ 相} & b' \text{ 相} \end{bmatrix}$$

となり

相手端は

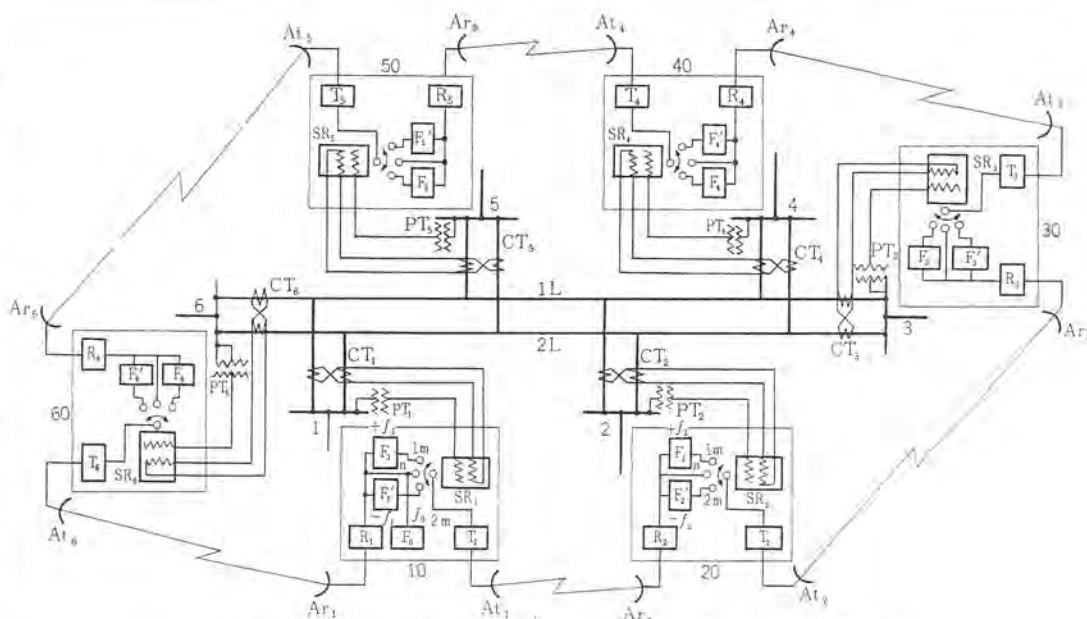


図 3.7 総合判定方式原理図

Fig. 3.7 Operational principle circuit.



$\begin{bmatrix} \text{a 相} & \text{b 相} \\ \text{a' 相} & \text{b' 相} \end{bmatrix} \leftarrow \begin{bmatrix} \text{a 相} & \text{b 相} \\ \text{b' 相} & \end{bmatrix} \leftarrow \begin{bmatrix} \text{a 相} & \text{b 相} \\ & \text{b' 相} \end{bmatrix} \leftarrow \begin{bmatrix} \text{a 相} & \text{b 相} \\ & & \text{b' 相} \end{bmatrix}$   
 となる必要がある。けっして

$\begin{bmatrix} \text{a 相} & \text{b 相} \\ & \text{b' 相} \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} \text{a 相} & \text{b 相} \\ \text{a' 相} & \text{b' 相} \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} \text{a 相} & \text{b 相} \\ \text{a 相} & \text{b' 相} \end{bmatrix}$  のとき応動となつてはならない。表 3.4 入力導入表の第 2 項  $k'(I_i - I'_i)$ ,  $i=a, b, c$  はこの目的で与えたものである。表 3.5 は各種故障時の動作一覽であるが要するにこの方式は、単純故障 (1φG, 2φG, 2φS, 3φG, 3φS) に対しては、故障回線のみを選択シ断し、両回線にまたがる故障では、指定回線優先進み相側回線優先、多重故障側回線優先を満足すると同時に両回線とも二相以上が故障している場合には両回線とも選択シ断しうる方式である。

### 3.3 総合判定方式<sup>(9)(10)</sup>

端子数が 4~5 端子以上となりかつマイクロ回線などのごとく、環状通信路を構成しやすい場合には、以下に述べる通信連絡と総合判定の両機能を兼備した方式が有利となる場合がある。すなわち、端子数の増大とともに、系統切り換えによる不平衡並行多端子運転となる確率が高く、系統切り換えのつど、制御回路の切り換えあるいは整定変更をいちいち行なう必要を生じ、また系統内に異相地絡などの複雑な故障発生時には、各端子で異なる回線を選択する機会を生じ、両回線シ断して全系統をつぶしてしまうことがある。この方式は、この種の欠点に対処するものである。図 3.7 は、この方式の原理図であるが、多端子電力系統各端子における各端局装置 10, 20……などを送信機 At と受信機 Ar で環状に連結して環状通信路を構成させ、系統故障時第 1 の回線 1L を選択した端局装置では、基準周波数  $f_0$  に対し  $f_j$  を加え第 2 の回線 2L を選択した端局装置では、 $f_j$  を差し引いている。したがって、環状通信路を一周した搬送波は、基準周波数  $f_0$  に対し  $(f_0 + \sum f_i - \sum f_j)$  となり系統内端局装置で第 1 回線 1L を選択したものが多ければ

$$\sum f_i - \sum f_j > 0 \dots\dots\dots (3.1) \quad \text{となり}$$

第 2 回線 2L を選択したものが多ければ

$$\sum f_i - \sum f_j < 0 \dots\dots\dots (3.2) \quad \text{となり}$$

系統全体として、いずれの回線を選択した端子がより多いかによって、一方の回線のみを全端一斉シ断させるようにすることができる。また系統全体の各端局装置の動作状態を十分に監視した後にシ断することができる特長を有する。

### 4. 多回線併架送電線対策

多回線併架送電線に生ずる環流誤差電流の対策は、すでに種々提案されているが継電方式としては表示線による差動保護が最も安全確実

な保護手段と考えられている。しかし、現実の問題として保護区間が長くて表示線の設備もなく、搬送装置に依存しなければならぬ場合が多い。以下かかる場合の諸方式を紹介し、利害得失を検討する。

#### 4.1 対称無電流端対策を施した方向比較方式

1 端から  $I_N$  なる NGR 電流が流入する  $n$  回線において

$I_Y$ : 外部方向要素のタツウ電流

$I_X$ : 内部方向要素のタツウ電流

とすれば従来の方向比較では

$$I_Y < I_X < k I_N (1/n) \dots\dots\dots (4.1)$$

ただし、 $k$ : 地絡の程度を表わす係数

環流誤差電流  $I_E$  を考慮する必要があるときは、外部故障に対しては  $I_E$ ,  $I_N$  とも貫通状態であるので、 $I_E$  の存在は誤動作の原因とはならないが、内部故障に対しては

$$I_Y < I_X < [k I_N (1/n) - I_E] \dots\dots\dots (4.2)$$

を満足する  $I_N$  を必要とする

$$\left. \begin{aligned} I_Y &= k_{XY} I_X && \text{一般に } k_{XY} = 0.5 \sim 0.8 \\ I_X &= k_{XN} [k I_N (1/n) - I_E] && \text{一般に } k_{XN} = 0.5 \sim 0.8 \end{aligned} \right\} \dots\dots (4.3)$$

とすれば

$$I_Y = k_{XY} I_X = k_{XY} \cdot k_{XN} [k I_N (1/n) - I_E] \dots\dots\dots (4.4)$$

$$I_N = \left\{ \frac{I_Y}{k_{XY} \cdot k_{XN}} + I_E \right\} (n/k) \dots\dots\dots (4.5)$$

多回線併架による誤差電流のほか各装置の精度に関する誤差電流を考慮し、また CT 負担などを考慮すれば、送電線の地絡保護継電器の最低タツウは、0.1 A 程度が限界である。三次巻線のタツウを 30T とし、Ratio 通りの電流が期待しうるとして、系統

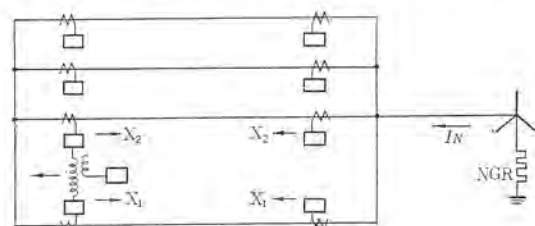


図 4.1 スケルトン  
 Fig. 4.1 Schematic diagram.

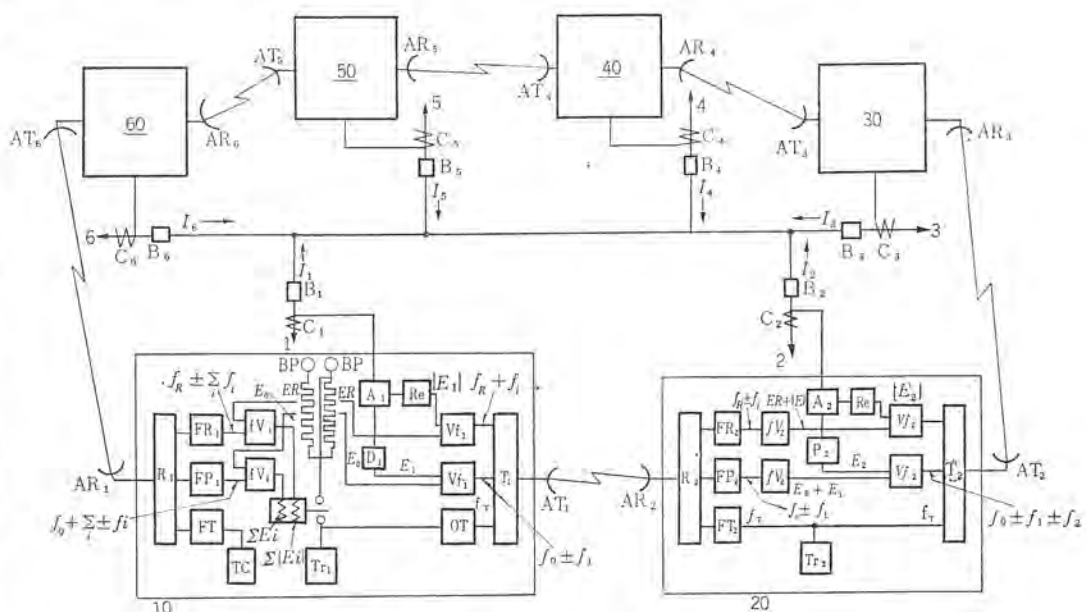


図 4.2 比率差動方式原理図  
 Fig. 4.2 Operational principle circuit.



一次側では、 $I_F = 0.1 \times 30 \times 3 = 9 \text{ A}$  となる。

$k_{XF} = k_{YN} = 0.8$   $n=4$ ,  $k=0.5$  とすれば

$$I_N = 112 + 8I_F \text{ (A)} \dots\dots\dots (4.6)$$

式(4.6)以上のNGR電流が必要となる。

この必要とするNGR電流を減少させる対策として、図4.1に示すごとく

(1) 外部方向要素には2回線または $n$ 回線の和電流を導入する。

(2) 隣回線の $X_i$  ( $i=1 \sim n$ ) を自回線の外部方向要素とみなす。

(3)  $X$  と  $Y$  とを同一タップとする。すなわち  $k_{XY}=1$  として保護能力を広げる。

(4) いずれの端局が無電流または、微弱電流端となっても保護しうる対称無電流端対策を施した方向比較方式、たとえば異周波打返し方式または無電流、無判定条件で周波数偏移する方式を採用する。かくすれば、内部故障時いずれかの端局から、 $kI_N$  (1/2) が入るものと期待しうるから

$$I_Y = I_X = k_{XY}(1/2 \cdot kI_N - I_F) \dots\dots\dots (4.7)$$

$$I_N = (I_Y / k_{XF} + I_F) (2/k) \dots\dots\dots (4.8)$$

前記同様  $I_F = 9 \text{ A}$ ,  $k_{YN} = 0.8$ ,  $n=4$ ,  $k=0.5$  とすれば

$$I_N = 44 + 4I_F$$

式(4.9)程度のNGR電流で済む。すなわち式(4.6)と式(4.9)とを比較すれば明らかなように、上記対策により必要とするNGR電流を、1/2~1/3に軽減しうる。

#### 4.2 比率差動方式<sup>(11)(12)</sup>

この方式は、表示線保護継電方式の伝送路である表示線を搬送装置に置換したものである。すなわち、図4.2はこの原理図であるが、2信号を使用し

(1) 一方の信号は系統電流の瞬時値に比例する量および方向に周波数偏移し

(2) 他方の信号は系統電流の絶対値に比例する量で、一定方向に周波数偏移し

(3) 各端子電流の瞬時値に比例した総合周波数偏移量

$\sum \pm f_i$  に比例した動作力  $\sum |E_i|$  と

(4) 各端子電流の絶対値に

比例した総合周波数偏移量  $\sum f_i$

$f_i$  に比例した抑制力  $\sum |E_i|$  と

を求め

(5) 両者により比率差動方式を構成するものである。

この方式はマイクロ回線を利用しうるとき実用性に富み、とくに多端子系統の場合に効果的である。

#### 4.3 反転比較方式<sup>(13)</sup>

一般に系統健全状態から故障発生すれば、図4.3の応動分類図に示すごとく外部故障であれば、A端、B端ともに反転しないが、ともに反転するか、またはともに無電流状態となるのに対し、内部故障であれば、一端のみが反転するかまたは一端の

		(a)両端電源時	(b)一端電源時
1	健全時		
2	負荷端側外部故障		
3	電源端側外部故障		
4	内部故障		

図4.3 動作分類図

Fig. 4.3 Classification of operation.

みが無電流状態となるものである。この方式はこのことに着目し

(1) 各端の電気量(電流)とこの電気量に対し所定サイクル遅れた電気量を導出する装置を有する電気量状態検出装置を備え

(2) 各端においてそれぞれ電流状態を監視し、故障発生時にその変化を検出して変化の有無に対応して搬送波の送出停止を制御し

(3) 図4.3の分類に従って、内部故障と外部故障とを弁別する方式である。この方式の所要周波数帯域幅は、方向比較方式並みで済み、しかも位相比較と同様基準電圧不要という特長を有する。

#### 4.4 有効分電流比較方式

多回線併架であるために生ずるゼロ相誤差電流のみならず、線路キャパシタンスへの充放電電流またはリアクトルへの供給電流なども、抵抗接地系の地絡継電器誤動作の原因となる。この対策としては故障電流中の有効分電流( $I_{NGR}$ )のみを対象とした継電装置、たとえば、各端装置への流入流出電流または電力の有効分に比例する電気量を導出し、これら出力を相互比較して内外故障を判定する継電装置<sup>(14)</sup>が効果的である。とくにマイクロ波装置が利用しうるときは、 $I_A$ : 自端電流  $I_B$ : 相手端電流

$I, m$  ( $I \approx m$ ) を定数としたとき、各端電流を相互に交換して、

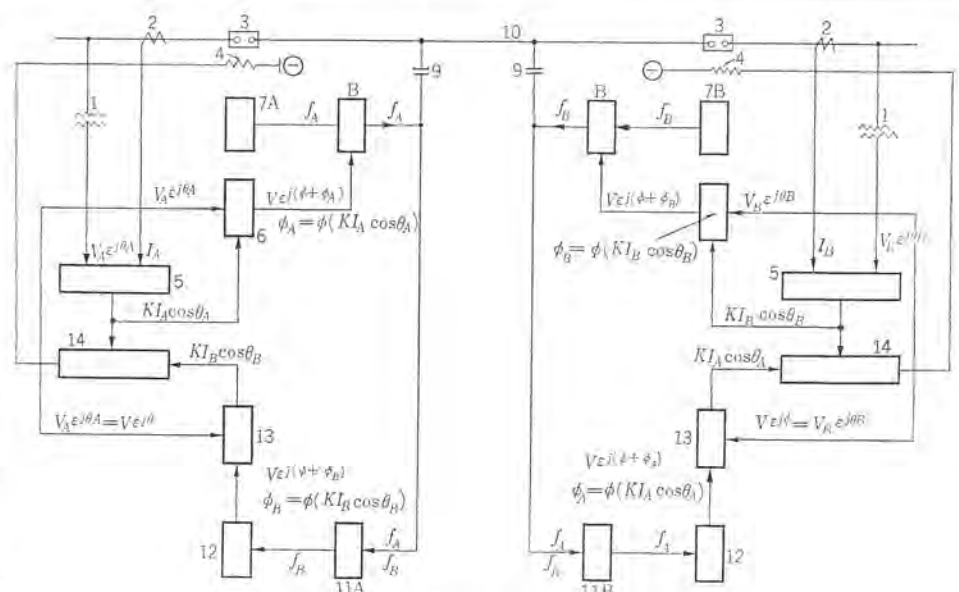


図4.4 有効分電流比較方式(その1)原理図

Fig. 4.4 Operational principle circuit.



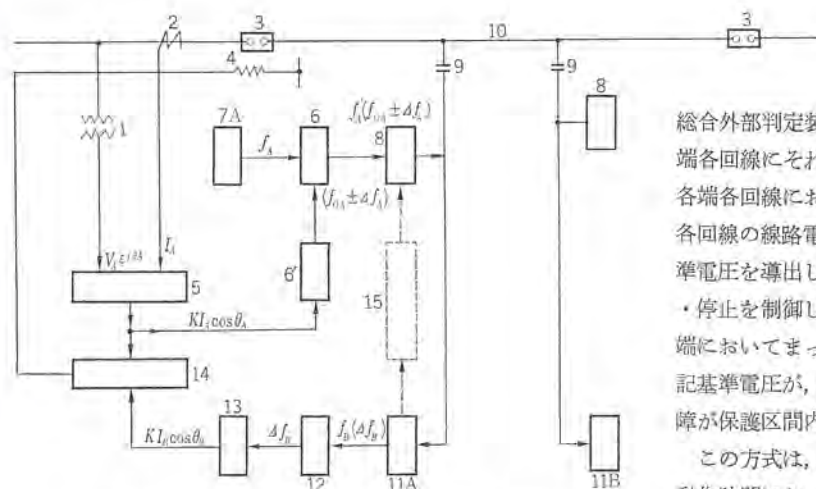


図 4.5 有効分電流比較方式（その 2）原理図  
Fig. 4.5 Operational principle circuit.

$I_{A1} = I_A + mI_B$  と、 $I_{A2} = mI_A + I_B$  を導出し、それぞれの有効分電流または電力に比例した直流電圧を導出し両者がともに正の一定値以上となったとき、応動する継電装置<sup>(15)</sup>を使用すれば、いっそう確実となる。すなわち、CT、PT あるいは継電装置の誤差が大幅に許容される継電装置が得られる。しかし、交流量の瞬時値伝送技術はまだ十分に安定しているとはいえないので、以下に述べる方式がより実用的である。

#### 方式その1

系統電圧電流から、所望位相方向の電流成分の大きさに比例した電氣量を導出し、その出力により各端で共通に検出する電圧の位相を制御し、上記成分電流の大きさの関数として与えられる位相角だけ進みまたは遅らせ、その移相された電圧の位相を搬送波にて伝送することにより、相手端電流を導出し前述の有効分比較方式を満足させることができる。地絡保護を対象とした場合は、 $V_0$  と  $I_0$  から、 $I_0 \cos \theta$  を導出すればよい<sup>(14)</sup>。ここに  $\theta$  は  $V_0$  と  $I_0$  の位相差角である。基準電圧としては、 $V_0$  または  $V_\Delta$  が適当である。また搬送波の帯域幅に余裕あるときは、前述のごとく移相された電圧位相と、基準電圧位相とをともに搬送波で伝送してもよい。図 4.4 はこの方式の原理図である。

#### 方式その2

有効分電流を対象とした差動方式を満足するため、相手端電流を搬送装置により伝送する方法として、方式その1では位相の変化を利用したが、方式その2では、周波数の変化を利用するものである。すなわち、各端個々の搬送周波数を保護の対象となる電氣量導出装置出力電圧の大きさおよび符号により制御し、相手端へ自端電氣量の大きさおよび符号を伝送してもよく、または、任意周波数の発振装置の発振周波数を保護の対象となる電氣量導出装置、出力電圧の大きさおよび符号により制御し、上記出力電圧に関連を有する周波数を搬送波に乗せて伝送し、相手端へ自端電氣量の大きさおよび符号を伝送させてもよい。図 4.5 はこの方式の原理図である。

#### 方式その3

この方式は、4.1 節対称無電流端対策を施した方向比較方式と、

有効分電流比較方式その1、その2とを組み合わせた方式である。すなわち、 $n$  回線送電線の各端にそれぞれ、 $n$  回線の和電流を入力とした総合外部判定装置と各回線毎の内外方向判定装置を設け、かつ各端各回線にそれぞれ個々の搬送周波数を有する搬送装置を設け、各端各回線において、それぞれ、周期（周波数）あるいは位相が、各回線の線路電流または、線路電流の所定成分値の関数となる基準電圧を導出し、この基準電圧により、上記各端の搬送波の送出・停止を制御し、故障電流が貫通するときは、上記基準電圧が両端においてまったく同一となり、両端電流に差のあるときは、上記基準電圧が、両端間で異なることにより、搬送波を介して、故障が保護区間内か否かを判定するものである。

この方式は、内外故障を判定する主継電器は、感度においても動作時間においても、従来装置に使用されているものをそのまま用い、両端流入の内部故障、一端流入の内部故障、両端無電流の外部故障は、従来装置のみで、内外判定を確実にしない、流出端ある故障時のみ、両端貫通の外部故障か、または、流出端ある内部故障かを前記の周期比較または位相比較により判定するものであるから、既設の装置に環流誤差電流対策を施したいような場合には、他の方式に比べ有利である。すなわち、異周波打返し式方向比較装置の一部に各端電流の所定方向成分  $|KI \cos \theta|$  の大きさに対応した限時を有する限時継電要素を付加するのみで、簡単確実に、環流誤差電流対策を講じうるものである。

## 5. む す び

以上、各種搬送保護継電方式の原理および特長を紹介したが、その中で異周波打返し式、搬送保護継電方式が無電流端対策のみならず、多端子系統対策、多回線併架系統対策、多重故障対策などのすべてに効果的であり、実用性に富んでいる。しかし、その他の諸方式も伝送技術の向上とともに実用化される気運にあり、継電装置と搬送装置とは、機能構造とともに一体化する傾向にある。最後に三菱搬送保護継電装置の開発実用化にあたり、種々指導ご助力賜った各電力会社の関係各位に深甚なる感謝の意を表する。

## 参 考 文 献

- (1) 北浦：特許第 278699 号
- (2) 北浦：「三菱電機」33 No. 12 (昭 34)
- (3) 北浦：特許第 412120 号
- (4) 北浦：特許第 407189 号
- (5) 北浦：「三菱電機技報」37 No. 4 (昭 38)
- (6) 北浦：特許第 306767 号
- (7) 北浦：特許第 416547 号
- (8) 北浦：特許第 416339 号
- (9) 北浦：特許第 252763 号
- (10) 北浦：電学誌 (昭 35.6)
- (11) 北浦：特許第 252764 号
- (12) 北浦、古谷：昭和 39 年電連大
- (13) 北浦：特許第 281414 号
- (14) 北浦：実案第 555471 号
- (15) 北浦：特許第 406330 号



# 東海道新幹線列車無線旅客電管用設備

中村敏行\*・佐野定治郎\*・遠藤由松\*  
黒田忠光\*\*・阿部修\*\*\*・奥村徹\*\*  
沼田敏男\*\*・中村信弘\*\*

## Radio Telephone Equipment of Mobile Station for New Tōkaidō Trunk Line of JNR

Japan National Railways    Toshiyuki NAKAMURA・Sadajirō SANO・Yoshimatsu ENDŌ  
Mitsubishi Electric Corporation    Tadimitsu KURODA・Osamu ABE・Tōru OKUMURA  
Kamakura Works, Itami Factory    Toshio NUMATA・Nobuhiro NAKAMURA

Mitsubishi has supplied radio telephone equipment to be used for the new Tōkaidō trunk line of the Japanese National Railways. The device is almost the same in the basic system as the mobile station built for trial cars running on the model tracks. However, a slight modification has been required because the equipment has come to be allocated in the bonnet of the head of the train. All the apparatus have been made smaller and the allocation has been changed accordingly. The antenna has been reduced in size and made flush mounted on the roof of car. Various tests have proved that the equipment is satisfactory in every respect and capable of having communication on public telephone as well as with the central dispatching office in Tokyo.

### 1. ま え が き

新幹線の列車運行は、従来の駅を中心とする運転連絡方式をとらず、すべて東京中央指令所と列車とを直接接続する指令系統が採用されたので、列車無線設備の役割はきわめて重要である。さきにその地上系設備について報告<sup>(1)</sup>したが、さる10月から運行を開始した列車の、運転指令系電話回線を主体とした旅客電管用設備について、その概要を述べる。その基本方式および構成はさきに報告<sup>(2)</sup>したように、小田原～綾瀬間 モデル線区間の試作車用列車無線電話装置のそれらと、ほぼ同一であるが

(1) とう戦場所が列車先端のボンネット内になったために、構造および一部構成を変更したこと。

(2) 試作車における実用試験の結果をおりこんで種々改良したこと。

がおもな相違点である。

なお、埋込形指向性切換利得アンテナの詳細については、別途報告<sup>(3)</sup>したのでそれを参照されたい。

### 2. 旅客電管用列車無線電話設備の概要

今回設備しているのは、運転指令業務に専用する指令系2CHのみであるが、将来、車内業務電話用および公衆電話サービス用の交換系も実装可能で、送信架、電源架、受信架、端局架および空中線からなる。これらのほかに日立製作所の製作になる信号架と制御架があるが、これらは別の資料によられる。

(1) 運転指令回線は上り、下り列車に対してCH1およびCH2が使用されるが、機器障害時あるいは非常時には逆の使用が可能で、予備回線としての機能を有する。

(2) 基地→列車方向は12～44kcに配列されたSS-8CH多重方式の信号をPM方式400Mc帯多重無線方式で伝送する。したがって受信架は8CH SS-PM方式の現用、予備受信部2式を実装している。

(3) 端局架はSS-PMSS方式8CH容量多重搬送端局の受

信部と、単一通信用電話部3トラック容量とからなり、指令系としてそれぞれ2CH、1トラック分を実装している。この架には、車内の狭さに基づく測定器運搬の不便を考慮して、音声～搬送周波数帯の発信器、レベルメータ、減衰器および接続部を装備しており、いずれも全トラッキング携帯形に作られている。

(4) 送信架は単一通信用送信機4式の容量を有し、指令系は上り、下り専用送信機2式からなる。列車の先頭部ボンネット内に設備するため、各架の高さはいずれも1,350mm以下に制約され、最も実装パネル容積の多い送信架は、そのうち電源部のみを分離して電源架（付属品収容箱を含む）として独立の架とした。このため架間布線による妨害波、雑音の漏れ混入を防ぐため、とくに高周波パネルの入出力端子には入念なシールドリングフィルタを装置している。

(5) 空中線は受信用に1台、送信用に3台装備し、そのうち、指令系には受信用と指令系送信用1台を使用する。あと、送信用2台は業務公衆用で、各2Mc離れた各3波の高低群にそれぞれ専用するものである。

### 3. 構造と構成

試作電車においては大阪方運転席後部に設備したが

(1) 列車無線設備全般が予想以上に小形になること

(2) 信頼度、安定性がよいこと。

(3) したがって保守周期が比較的に長いこと。

(4) 列車床面積の有効な利用が必要であること。

などの理由から、多少保守は不便であるが、大阪方先頭車ボンネット内に構造を変更して収容し、それによって得られた床面積を旅客用座席に振り向けることができた。

しかしボンネット内は容積が小さく、そのほかの制御設備も含めた装置の発熱量によって室内の温度もかなり上昇することが予想され、また夏季に車庫の側線などに放置された場合の直射熱によって室温が極度に上昇し、ほとんど全固体化された列車無線電話設備が損傷することも心配されたので、とくに断熱材の内張りを



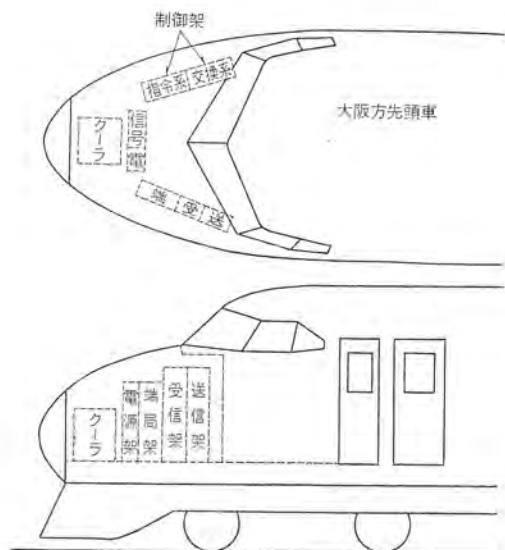


図 3.1 ボンネット内機器配置  
Fig. 3.1 Bay allocation in bonnet.

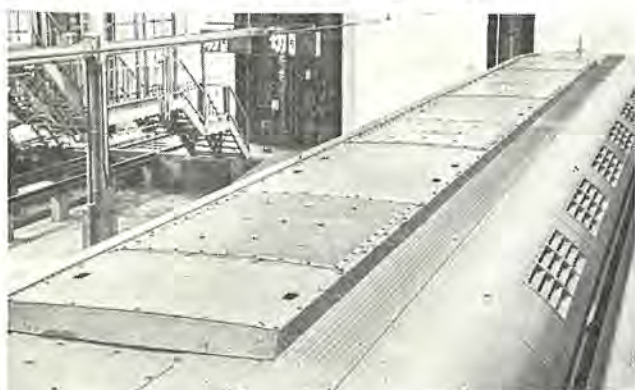


図 3.2 埋込形列車空中線  
Fig. 3.2 Flush-mounted antennas of mobile station.

十分に、外部との温度シャ断をはかるとともに、列車のパナグラフ動作時はもちろん、外部電源の引き込みさえあれば列車無線電話設備の動作、不動作にかかわらず、室内を冷却するようにクーラを設備し、夏季においても一応その目的が達せられた。

先頭部のボンネットは図 3.1 に示すように最高部の天井高さが 1,700 mm 程度であるため、取り付けの余裕も考慮して最も高い架高を 1,350 mm と制約され、先頭に近い電源架は 1,200 mm とする必要があった。このため、各架ともその構造、実装は、試作電車用の場合に比べて、全面的に変更を余儀なくされたが、送信

架から電源部を、端局架を搬送部と信号部とに分離し、また指令系と交換系とに制御架を分割することによって目的を達した。

空中線は試作電車の場合、屋根の上に突出した取り付けであったが、今回は別に報告<sup>(3)</sup>したように性能を低下することなく外形寸法を大幅に縮小し、図 3.2 に示すように完全な埋め込みとすることができた。当然、重量も軽減され、列車に対する荷重も少なくなった。空中線の配列は先頭部から指令系送信用、受信用、交換系ルート 1 送信用および同ルート 2 受信用である。これは、送信周波数群 (412~414 Mc) は受信周波数群 (452 Mc) と約 40 Mc 離れており、また送信 2 群間は 2 Mc 離れているので、送信電波がほかの空中線に結合して、受信機入力端あるいは別群の送信機出力部に流入するのは、それぞれ受信機入力部あるいは送信機出力部に設けた帯域ロハ器で十分に阻止できるが、同一群内の送信機が 2 台同時に (指令系と交換系) 発信した場合、空中線結合で流入した電力が送信機の終板で相互干渉 (Inter-modulation) を生ずるのを防ぐために、これら空中線間隔を最も広くとったものである。

## 4. 機器の概要

### 4.1 送信架

#### 4.1.1 機器の主要点

送信架は電源部を独立させて別の架に収め、架の高さを低くした。架寸法は幅 350 mm、高さ 1,350 mm、奥行 225 mm である。ボンネット内に収容するという特殊条件から、

(1) 外気とのシャ断が十分でないので、防音のため、各部をできるだけ密閉構造にした。

(2) 温度上昇を避けるため、電源部、送信出力部付近はとくに放熱を十分にした。

(3) 送信架と電源架との架間布線から妨害波の漏エ、指令系、交換系相互の干渉、インパタ装置から発生する雑音電圧の混入などを防止するためデカップリングフィルタを強化した。

表 4.1 送信架の構成

系別	品名	内容	数量
	架	架端子を含む架回路構成部品	1
指令系	制御部	各種制御表示ロハ、出力、モニタ (1 系統、収容) および同軸切換リレー	1
	送信出力部	CH-1 用、CH-2 用	各 1
	送信機倍部	CH-1 用、CH-2 用	各 1
	雑電器部	制御および警報用雑電器部	1
交換系	制御部	各種制御表示ロハ、出力モニタ (2 系統収容)	1
	送信出力部	CH-3, 5, 7 (切換)、CH-4, 6, 8 用 (切換)	各 1
	送信機倍部	CH-3, 5, 7 用 (切換)、CH-4, 6, 8 用 (切換)	各 1
	雑電器部	制御および警報用雑電器部	1



図 4.1 送信架  
Fig. 4.1 Transmitter of mobile station.

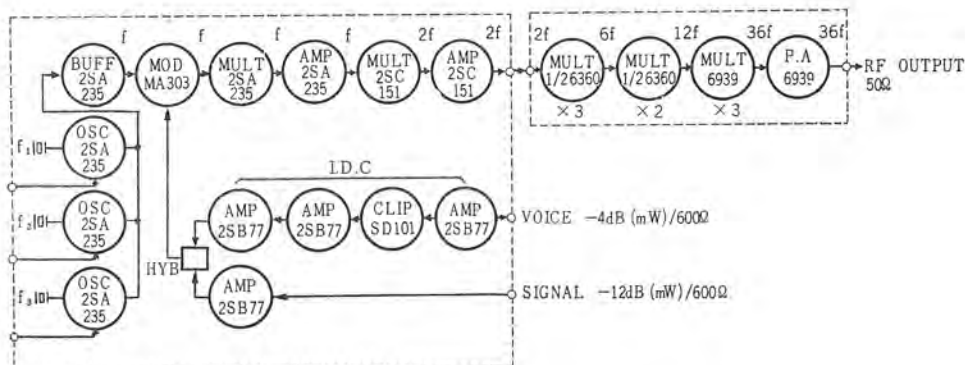


図 4.2 送信機系統図  
Fig. 4.2 Block diagram of transmitter.



#### 4.1.2 構成

送信架には四式の送信機が実装されているが、その各部構成は表 4.1、実装は図 4.1、送信部の系統は図 4.2 のとおりである。

#### 4.1.3 主要性能

- (1) 通 信 方 式 同時受送方式
- (2) 使用周波数 指令系 2 波  
交換系 6 波  
(412,025 Mc~414,475 Mc 帯の 8 波)
- (3) 電 波 形 式 F3
- (4) 変 調 形 式 位相変調
- (5) 送 信 出 力 4 W
- (6) 周波数安定度 温度 0~40°C, 電圧  $\pm 5\%$  の範囲で  
 $\pm 1 \times 10^{-5}$  以内
- (7) 周波数テ(通)倍数 36 (2×3×2×3)
- (8) 変 調 度 音声 2.5 ラジアン (入力レベル -4dBm)  
信号 帯域内 1.4 ラジアン 帯域外 1 ラジアン
- (9) 変調周波数 音声 0.3~3 kc  
信号 帯域内 1.785~2.295 kc  
帯域外 3.4~4.15 kc
- (10) スプリアス放射 -60 dB 以下
- (11) 音声帯域 S/N 40 dB 以上 (1 kc, 3.5 ラジアン 変調で  
6 dB/oct ディエンファシスを行なった評価値)
- (12) ヒ ス ミ 率 -26dB 以下
- (13) レベル変効  $\pm 0.5$ dB 以下
- (14) 電 源 電源架仕様どおり

#### 4.2 電源架

##### 4.2.1 機器の主要点

送信機の電源部のみを分離独立させたもので、送信架には交換系、指令系用送信機おのおの 2 組ずつ設備されるが、電源系統についてはまっ

表 4.2 電源架 構成

品 名	内 容	数 量
架	架端子を含む架回路構成用品	1
送信電源部	指令用、交換系用 (同一内容) 各 1	2



図 4.3 電源架  
Fig. 4.3 Power supply for transmitter.

たく同じ内容の構成になっているので、送信電源部が 2 組収容される。架の寸法は幅 350 mm, 高さ 1,200 mm, 奥行 225 mm で取扱説明書、工具などの収容箱を内蔵している。また パンタグラフを降ろした場合、外部から AC 100 V の給電を受ければ、全機器が動作しうるよう車内外電源を切り換える回路も収容している。

#### 4.2.2 構成

電源架の構成は表 4.2、その実装を図 4.3 に示す。

#### 4.2.3 主要性能

- (1) 入力 AC 100 V  $\pm 5\%$  60 c/s  
DC +250 V 60 mA  
+200 V 130 mA  
-24 V 600 mA (指令交換系用に共用)  
+24 V 100 mA  
+12.6 V 30 mA  
AC 12.8 V 1.1 A

#### (2) 1 架あたり消費電力

全実装動作時の 1 架あたり消費量 約 500 VA

電源架の系統図を図 4.4 に示す。

#### 4.3 受信架

##### 4.3.1 機器の主要点

この架は試作電車用の場合にも小形容積であったため、構造上の変更はほとんどなく、受信部入力端の帯域ロハ器をやや大形とし、そう入損失および妨害波に対する抑圧を改善した。

表 4.3 受信架 構成

品名	内 容	数 量
架	架端子を含む架回路構成用品	1
制御部	各部測定監視、表示、操作回路	1
切換部	高周波入力切換回路	1
受信部	受信ロハ器、局発、I F、ビデオ増幅、雑音モニタ	2
電源部	受信機用エリミネータ電源継電器回路	1

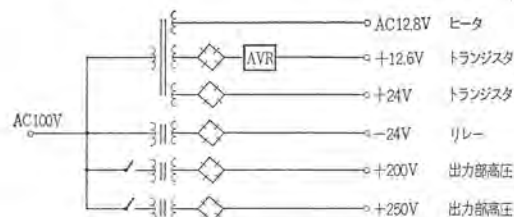


図 4.4 電源部 系統図  
Fig. 4.4 Block diagram of power supply.



図 4.5 受信架  
Fig. 4.5 Receiver of mobile station.

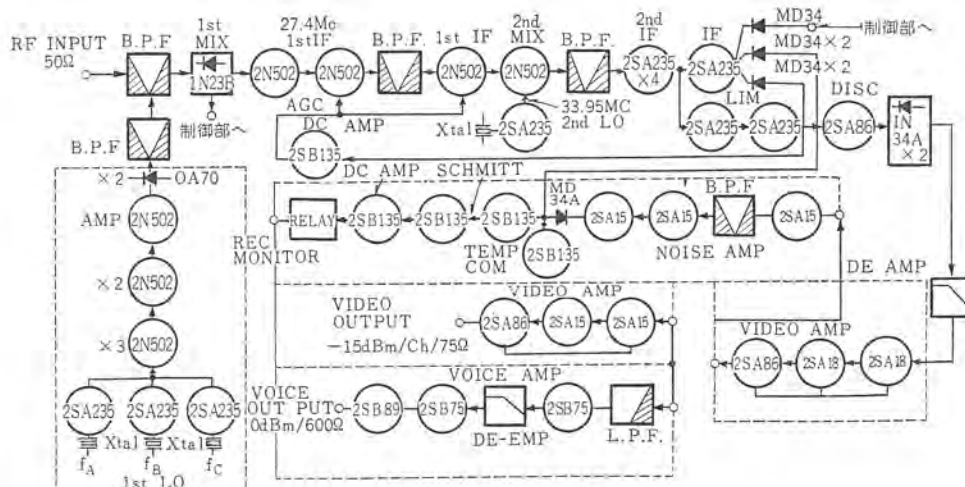


図 4.6 受信機 系統図  
Fig. 4.6 Block diagram of receiver.



#### 4.3.2 構成

本架の構成は表 4.3, 実装は図 4.5, 系統は図 4.6 に示すとおりである。

#### 4.3.3 主要性能

- (1) 受信周波数 451.65, 451.95 および 452.25 Mc
- (2) 受信方式 ダブルスーパーヘテロダイン方式
- (3) 受信局発周波数偏差 温度 0~40°C および電圧  $\pm 5\%$  の範囲で  $\pm 1 \times 10^{-5}$  以内
- (4) 受信帯域幅 3 dB 低下で 180 kc 以上
- (5) 受信選択度 40 dB 低下で 800 kc 以内
- (6) スプリアス感度 60 dB 以上
- (7) 雑音指数 14 dB 以下
- (8) 周波数範囲 12~44 kc
- (9) 伝送帯域内偏差 21 kc 基準で  $\pm 0.5$  dB 以内
- (10) レベル変動 受信入力 -77 dBm 基準, -98~-23 dBm の変動に対して出力レベル変動は +1, -3 dBm 以内
- (11) ヒズミ率 2 次 21 kc, 3 次 14 kc 音の 2 ラジアンピーク変調に対して 2 次 -40 dB, 3 次 -45 dB 以下
- (12) 標準出力 -15 dBm/CH
- (13) 出力インピーダンス  $75 \Omega \pm 30\%$  (不平衡)
- (14) 電源 AC 100  $\pm 5$  V, 60 c/s, 単相
- (15) 電力消費量 1 架あたり 100 VA 以下

#### 4.4 端局架

##### 4.4.1 機器の主要点

試作電車の場合, この架は搬送電話部分の帯域内, 外発振器および信号器を収容し, 交換制御架を組み合わせて信号, 制御動作のすべてを行っていたが,

表 4.4 端局架構成

品名	内容	数量
架	架端子部および架回路	1
通話路復調部	群, 前部, 通話路復調回路(容量8)	2
回線監視部	パイロット監視, 自動利得制御回路	1
搬送部	各交換用搬送電流発振器	1 式
音量圧伸部	音量圧縮, 伸張回路(容量3)	1
電源部	架内用エリミネータ電源回路	1 式
制御部	点検端子, 計器, 跨検	1 式
測定器部	発振器, レベルメータ, 減衰器, 接続部	1 式



図 4.7 端局架

Fig. 4.7 Multiplex terminal of mobile station.

列車無線電話としての特殊な接続機能および時間 シーケンス が要求されるために, 製作区分の「リレー 接点受け渡し分割」をやめ, 「電気信号電流受け渡し分割」とした。このため前記信号発振器および信号器は別に信号架として, 交換制御架と統一設計とすることとして分割した。

また, ボンネット部に収容された機器の点検保守は天井高, 床面積ともに, きわめて窮屈なので, 測定器の搬入手間ははぶくため, 全トランジスタ化可搬形発振器レベルメータ, 可変減衰器および接続部を実装した。

#### 4.4.2 構成

架の構成を表 4.4, 実装を図 4.7, 系統を図 4.8 に示す。

#### 4.4.3 主要性能

- (1) 搬送周波数帯 12~44 kc
- (2) 通話路数 8 CH 容量
- (3) 通話路伝送帯域 0.3~3.7 kc
- (4) 音声伝送帯域 0.3~3.0 kc
- (5) 周波数変換方式 図 4.9
- (6) 搬送周波数安定度 0~40°C, 電源電圧  $\pm 5\%$  において音声周波数偏差  $\pm 4$  c/s 以内
- (7) 音声伝送帯域内偏差 0.3~3.0 kc において +1, -2.5 dB 以内
- (8) 入出力インピーダンス
  - a. 制御架側 0.3~3.0 kc,  $600 \Omega \pm 30\%$  平衡
  - b. 無線架側 受信 12~44 kc,  $75 \Omega \pm 30\%$  不平衡  
送信 0.3~4.2 kc,  $600 \Omega \pm 30\%$  平衡

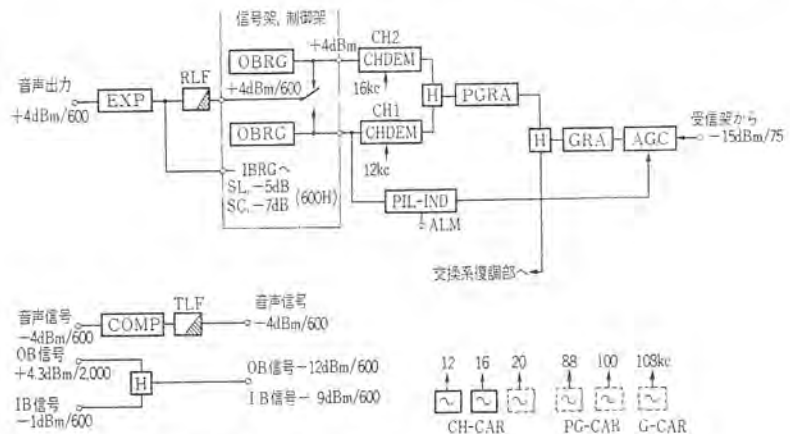


図 4.8 端局架系統図(指令系)

Fig. 4.8 Block diagram of multiplex terminal.

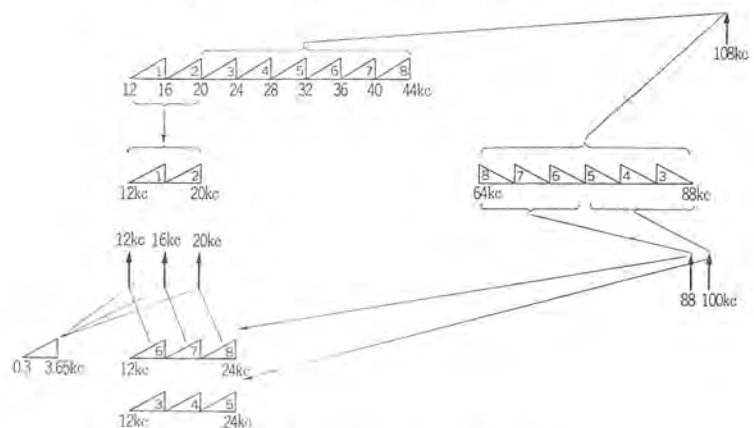


図 4.9 復調変換配列

Fig. 4.9 Sub carrier frequency allocation.



- (9) 装置雑音 雑測計で測定し、出力相対レベル 0 dBm 点で -60 dBm 以下
- (10) 回線監視 AGC CH1 の帯域外 3,650 c/s パイロットを監視し、AGC 圧縮率 0.2 以下
- (11) 音量圧伸比 1:2
- (12) 発振器 (測定器部)
- 発振周波数 0.2~200 kc
  - 出力インピーダンス 0.2~60 kc で 600  $\Omega$   
10~200 kc で 75  $\Omega$
  - 最大出力 +10 dBm
  - 出力可変範囲 30 dB 以上連続可変
- (13) レベルメータ (測定器部)
- 周波数範囲 0.2~200 kc
  - レベル 測定範囲  
+30~-60 dBm
  - 入力インピーダンス 0.2~60 kc にて 600  $\Omega$  および 8 k $\Omega$  以上  
10~200 kc で 75  $\Omega$  および 1 k $\Omega$  以上
- (14) 可変減衰器 (測定器部)
- 減衰量 0~61 dB ま  
で 0.1 dB ステップ
  - 入出力 インピーダンス  
標準 600  $\Omega$  平衡
  - 伝送帯域 DC~200 kc
  - 最大入力 レベル  
+23 dBm
- (15) 中継線輪 (測定器部)
- インピーダンス および周  
波数範囲  
0.2~60 kc, 600  $\Omega$ : 600  $\Omega$   
10~200 kc, 75  $\Omega$ : 600  $\Omega$
  - 動作減衰量 1.5 dB 以内



図 5.1 機器装備 (左から送信, 受信, 端局架)  
Fig. 5.1 Allocation of transmitter, receiver and multiplex terminal.



図 5.2 機器装備 (左から電源架, 信号架: 日立製)  
Fig. 5.2 Allocation of power-supply, signalling bay.

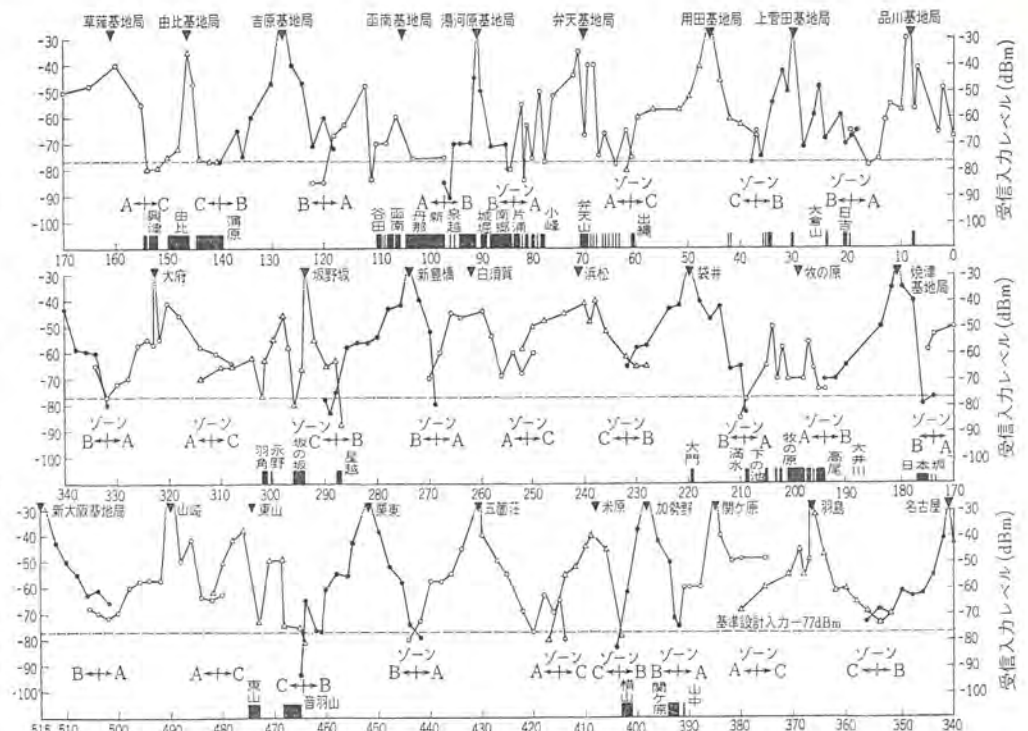


図 5.3 列車受信機入力 レベル

Fig. 5.3 Input level of receiver mobile station.

## 5. む す び

以上述べた機器は図 5.1 および 図 5.2 のようにボンネット内に取り付けられているが、走行時の振動、温度上昇についても実走試験の結果、いずれも機器環境条件として十分満足すべきものであることが確かめられた。

また、機器間相互あるいはほかの制御、電源設備からの妨害についても問題がなく、安定に動作している。

全線について移動局受信入力レベルを測定した結果の一例は、図 5.3 のとおりで、標準設計値 -77 dBm をほとんど満足している。図の入力レベルは平均入力レベルで走行による定在波は小さいところで  $\pm 3$  dB 程度、大きいところで約  $\pm 10$  dB あるが、スレッショルドレベル -98 dBm 以下となる点はほとんどなく、当初の設計基準、すなわち

- (1) 全線の 99.9% 以上で通話可能のこと
- (2) 全線の 90% 以上で S/N 35 dB (圧伸器による改善を含む評価値) 以上であること
- (3) 1 分間隔の呼びに対して、接続率 99% 以上であること

を満足している。

以上、新幹線列車無線旅客電車用設備について、その概要を述べたが、沿線 500 km に散在する基地局、統制局、などの地上設備および 30 車両にとり載された移動局設備を安定に運用してゆくにために、保守面に残された課題は多くあって、指令系に引き続いて計画中の交換系増設、車両増設などとともに今後なお検討を続けたいと考えているが、新幹線の運行開始を機会に概要を報告し、大方諸賢のご批判をいただければ幸甚である。

終わりに種々ご指導ご協力をいただいた列車無線委員会、郵政省電波監理局、日本電信電話公社、日本国有鉄道、各社両会社、日立製作所、三菱電機株式会社の関係各位に厚く感謝の意を表する次第である。

## 参 考 文 献

- (1) 中村, 石原, 佐野, 遠藤, 北垣, 阿部, 奥村: 「三菱電機技報」 38, No. 3 (昭 39)
- (2) 北垣, 阿部, 奥村, 笹田, 水沢: 「三菱電機技報」 37, No. 8 (昭 38)
- (3) 喜連川, 武市, 水沢, 阿部, 大林: 「三菱電機技報」 38, No. 3 (昭 39)
- (4) 鉄道通信協会: 列車無線に関する研究報告書



# 全固体化 150Mc 帯 10W FM 移動用無線電話装置

奥村 徹\*・東 勇\*・川上 昭\*

## All Solid State 150Mc Band 10W FM Mobile Radio Telephone Equipment

Kamakura Works, Itami Factory

Tōru OKUMURA・Isamu AZUMA・Akira KAWAKAMI

The ultra short wave mobile radio telephone communications have made marked development of late with rapid increase in the number of units. The sphere of application has been expanding from the service of the police force and the fire fighting to taxi cabs and other general business. The telephone equipment for use in this communication is required to be in the most reasonable design to meet with general users. Mitsubishi has developed for this purpose all solid state 150 Mc band 10 W FM mobile radio telephone equipment of all-in-one type. This article introduces the base of design and the brief explanation of the performance.

### 1. ま え が き

陸上移動無線は、移動しているものとの通信という特質から、複雑な現代産業機構のなかで、緊急機動性、経営の合理化に合致するところから産業各界に広く使用されてきたが、その需要は増加の一路をたどり早急な電波割当の円滑化が期待される一方、機器に対してはその小形、軽量、低電力化が叫ばれてきた。当社ではこれらの要望にこたえるべく、従来困難とされていた超高周波電力用シリコン・トランジスタおよびパリアクタの研究開発を推し進め、これと並行して機器の機構、回路設計に新技術を導入、待望のALL-IN-ONE（送受信、電源、制御、スピーカが一体化）-全固体化 FM-15 A 形移動用 150 Mc/FM、10 W 無線機の開発を完了したので、ここにその概要を紹介する。

### 2. 陸上移動無線の動向

昭和 21 年の VHF 陸上移動無線に関する試験、昭和 23 年の警察の 30 Mc 帯 FM 通信に関する研究開発に始まったわが国の陸上移動無線は、その本格的発展は昭和 26、27 年ごろである。それも当初警察が主であったが、無線機器の製造技術の向上とともに、小形軽量でしかも信頼性の高い無線機が生産できるようになり、また、企業運営形態の合理化の目的に合っているところから、消防、鉄道、電力、道路、新聞、タクシーなどあらゆる事業分野に利用され、これと呼応して郵政省の VHF、UHF 帯の開放、実用化をみるにいたって、陸上移動無線局の数は著しく増加したものである。かかる陸上移動無線は警察業務の緊急機動性、統一行動性に対処する手段として使用されはじめて以来、今やタクシー無線のごとき、実車率の向上、固定した顧客の確保、運転手の労働環境の向上などの企業安定化および合理化の目的に使用されているが、日本の経済、産業の成長発展とともに、また移動中の通信が陸上移動無線による以外にないという移動無線本来の特質を加味するとき、その使用目的はさらに各方面に拡大され、需要は増加の一路をたどるものと考えられる。わが国における陸上移動局の増加は、最近 5 か年間に約 4~5 倍といわれ、10 年後には 40~70 万局に達するのではないかと予想されている<sup>(1)(2)</sup>（図 2.1、表 2.1）。郵政省ではこれら需要増加に対処すべく調査検討を重ねてきたが、周波数有効利用という観点から、このほど、東京地区におけるタクシー業務に 400 Mc 帯の新バンド開放を契機に 400 Mc、150 Mc 帯の 2 周波、集中基地方式の採用実施を明

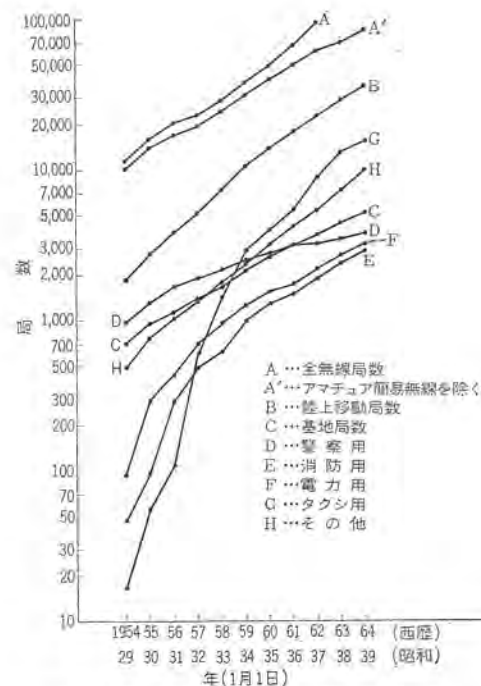


図 2.1 移動無線増加状況  
Fig. 2.1 Graphical explanation of the increase in mobile radio telephone equipment.

表 2.1 陸上移動に関する日本およびアメリカの資料

	アメリ カ		日 本	
	1950 年	1962 年	1963 年	1973 年
人 口	15,500万	18,660万	9,700万	10,500万
面 積	936万km <sup>2</sup>	同 左	37万km <sup>2</sup>	同 左
車 両数 <sup>1)</sup>	5,000万	7,960万	490万	2,000~3,000万
陸上移動局 (ML)数 <sup>2)</sup>	14.5万	155万	3万	40~70万
公共安全業務用	41%	25%	33%	25~30%
陸上運輸業務用	36%	23%	48%	25~30%
一般産業用	23%	52%	19%	40~50%
1 ML あたり人口	1,070	120	3,230	150~250
1 ML あたり車両	345	51	163	40~60
1 km <sup>2</sup> あたり ML	0.015	0.17	0.08	1~2

※1 車両数は4輪以上の自動車（軽自動車を含む）であり軍用を含まない。  
※2 移動局は車載、携帯すべてを含み、送信機数である。

らかにし、チャネルプランを公表した<sup>(1)</sup>。さらに利用チャネル増をはかるべく、アメリカではすでに実施をみているチャネルスプリット化への検討を進めており、昭和 40 年中には技術基準の設定、実施の運びになるものと思われる<sup>(2)(3)</sup>。かくして郵政省がとられた抜本的手段により急増する移動無線の一般需要に対する解決への道が



開かれ、電波割当上の問題は逐次解消し、移動無線はさらに一般に普及されるに至った。今やメカは上述のごとき新方式に適合した、小形軽量、高信頼度、保守容易な無線機を生産し、それできるだけ低価格で提供しなければならないという使命を負ったのである。

### 3. 陸上移動無線機としての問題点

上述の使命達成にあたっては、まず遭遇している技術的問題点を明らかにしなければならない。以下これら諸問題を挙げる。

#### 3.1 電源の問題

電源の問題には、電力消費と電源電圧の二つがある。

##### (1) 電力消費

一般に中形自動車に無線機を取り付ける場合、無線機に許容される消費電力は 100 W 前後といわれ、従来のセミトランジスタ式のものでは、送信時約 95 W の電力消費であった。したがって全固体化による電力消費低減の期待は大きい。

##### (2) 電源電圧

自動車の電池電圧は、自動電圧調整器により押えられているが、実測によれば最近の自動車では表 3.1 に示すごとき電圧変動であり、公称 12 V は最高時 +30% になることを示している。これに対し、EIA<sup>(6)</sup> では 13.8 V $\pm$ 10% と規定しているが、新旧混用の現段階では、基準電圧の 13.8 V に統一昇圧することは困難で 12 V+30%、-10% を保証しなければならない。

#### 3.2 振動

自動車の振動は普通 1 G 前後であるが、無線機に要求される基準はかなりきつく、これを満足するように設計しなければならない。表 3.2、図 3.1 は振動衝撃専門委員会<sup>(4)</sup>の各種車両の振動比較表ならびに車両車輪数と上下振動加速度に関する資料を、また表 3.3 は型式検定規則、電力統一仕様、および EIA 基準<sup>(6)</sup>を示す。

#### 3.3 最高周囲温度

自動車内の温度は、自動車の走行、停止、窓の開閉などにより異なるが、ダッシュボードの場合、警察庁通信課のデータによれば、窓を閉じた場合温度上昇 15~18°C、窓を開けたときで 6~11°C で、ダッシュボード形無線機にすれば周囲温度 +50°C で動作するケースはほとんどない。しかし使用しないときに周囲温度 +50°C を越

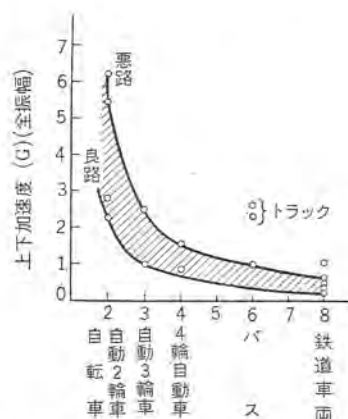


図 3.1 車両車輪数と上下振動加速度

Fig. 3.1 Car wheel number vs vertical vibration acceleration.

表 3.1 電池電圧変動

昼間走行時	14.0~15.0 V
夜間	13.4~14.1 V
停止時	12.3~13.0 V

表 3.2 各種車両の振動比較

注：加速度は全振幅とする

車 両		条 件		上下方向		左右方向		前後方向		備 考	試験最 高速度 (km/h)
		路面主 たは軌 道	荷重	加速度 (g)	振動数 (c/s)	加速度 (g)	振動数 (c/s)	加速度 (g)	振動数 (c/s)		
電 車	郊外電車最新形	良	積	0.5	1.5~30	0.4	0.6~20	0.05	4~10	速度変化に より 3~5g 非常制動時 の最高減速 度は 0.4~ 0.5gに達す	80
"	"	悪	積	0.15	2~30	0.1	0.8~20	0.1	4~10		70
トラック	4ton 積	良	空	2.8	2~50	1.5	8~50	0.7	8~50		55
"	"	良	積	2.0	"	1.3	"	0.5	"		55
"	"	悪	空	2.4	"	1.4	"	0.6	"		30
"	"	悪	積	1.8	"	1.2	"	0.5	"	30	
バ ス	普 通	良	積	1.0	0.8~50	0.2	5~50	0.2	5~50		50
"	"	悪	積	2.0	8.0~50	0.9	5~50	0.6	5~50		30
小形自動車	4輪車 1ton積	良	25%積	0.8	2~20	0.5	2~20	0.3	2~20		40
"	"	悪	25%積	1.6	2~20	0.8	2~20	0.8	2~20		30

表 3.3 振動に対する各種規格

	全振幅 (mm)	振 動 数 (rpm)	周波数 (c/s)	加速度 (g)	時 間
型式検定規則	3	0~500	0~8.3	0.4	30分間ずつ 3 方向
	1	500~1,800	8.3~30	1.8	"
電力統一仕様	3	120~600	2~10	0.6	1 時間ずつ 3 方向
	2	600~2,000	10~33.3	4.4	"
EIA Standard	0.03" (0.75mm)	600~1,800	10~30	1.36	5 分間 3 周 30分 3 方向
	0.015" (0.38mm)	1,800~3,600	30~60	2.76	"

すことがあり、したがってこれを越えても、+50°C 以下にもどったとき機能復帰を保証しなければならない。

#### 3.4 狭帯域化

2 章で述べたごとく、150 Mc 帯は現在の 40 kc スペーシングから 15~20 kc に狭帯域化されることになり、次のごとき基準が示されると予想される。

周波数安定度  $\pm 5 \times 10^{-6}$

変調側帯波広がり抑制回路の付加

チャンネル間隔 15~20 kc

変調周波数偏移 4~5 kc

少なくとも、上記基準を満足させるための改造調整は、最少限度になるように設計しなければならない。

#### 3.5 寸 法

無線機を取り付ける場合、温度上昇の最も少ない場所はダッシュボードであるが、使用される車種が多くなった昨今、大多数の車に取り付けられてしかも人間工学的観点からも満足すべき寸法の無線機にしなければならない。

#### 3.6 電池接地極性

現在市販の自動車は、メカにより電池端子の接地極性がまちまちで統一されてなく、あらゆる種類の自動車に取り付け可能とするためには、無線機側でこれを解決しなければならない。

## 4. 機器の概要

#### 4.1 設計の方針

2 章、3 章においてすでに出現を期待される移動無線機の要求、問題点を述べてきたが、ここにこれら諸条件を満たす無線機の具体的設計にあたり採った基本方針を明らかにする。

##### (1) 小形化と価格のバランス



この移動無線機はあらゆる種類の自動車に取り付けることを考え小形軽量化をはかるが、小形化と価格の点では、価格低減に重点を置き、小形化は第2とする。

#### (2) 取付場所と寸法、信頼度

無線機の寿命を縮める原因は、温度、湿度、振動、ホコリの4条件が考えられる。無線機障害の発生状況を長期間にわたって統計的に調査すると、同一無線機でも基地局として使用する場合と、自動車にとう載して使用する場合とでは、障害発生件数が約7.5倍異なる。自動車内で最も環境条件のよい、すなわち、信頼度が高くなる場所で、なおかつ取り扱いやすいという観点から無線機は運転席前面のダッシュボードつり下げ形とする。しかも人間工学的観点から、無線機の高さ(厚さ)は約80mm以下となるようにする。

#### (3) 装置の一体化と信頼度、保守、価格

従来の無線機では、無線機本体、制御器、スピーカ、(および選択呼出装置)などの各部に分かれ、この間をケーブルで接続するのが普通であった。しかるに、これらケーブルまたは接続部に基因する障害が多く、またこれらケーブルが足下でじゃまになったり、保守点検の際にも不便であった。したがって信頼度向上、保守の便からもこれら各部を一つのキョウ(筐)体に収めたALL-IN-ONEセットに作り上げる。装置の一体化は上記信頼度向上、保守に便利というばかりでなく、そのまま価格低減に役だつものである。

#### (4) 保守と構成

送受信部と電源制御部をそれぞれ一体化し、これを背面積層化し、該部の保守点検が上下両面から容易に行なえるようにする。

#### (5) 装置の保守単位

移動無線が買われる特長の一つである緊急機動性という性質から、装置の保守も迅速さが要求される。本機はまず小形化、一体化をはかり、信頼性向上を行なっているが、具体的保守に関しては使用者側の要求、立場を想定、次の4段階のステップを考える。

##### (a) 本体ごとの交換……第1次交換

パテン錠2個と接セン類をはずすだけで本体を取り出し、予備セットと交換する。この操作には特殊工具を使用しない。

##### (b) 調整点検

引き出した無線機の上面下面には調整点検用の端子が出ており簡単なFMテスターで故障個所の発見、再調整ができる。

##### (c) 送受信部または電源部の交換……第2次交換

数本のネジをゆるめるだけで、送受信部と電源制御部に2分する。この単位で予備と交換する。または2分された各部の詳細点検を行ない、大きい部品の交換はこの段階で行なうものとする。

##### (d) 細分化ユニット交換……第3次交換

送受信部はそれぞれ、前後段2部の合計4部からなり、これらを構成するブロックを交換単位とする。さらにはこれらに使用している部品の交換ができる。

#### (6) 発熱部と構成

発熱する部分は、電源部と送信後段部のみであるところから、これらをそれぞれ上下最後部に配置し、放熱片によってトランジスタ、パキキャップなどからの発熱を逃がすと同時に、他の部分に熱が伝わらないよう配慮する。

(7) 高能率、高利得の三菱製シリコン・プレーナ形トランジスタおよびパキキャップを用い、無線機の全固体化、小形化、低電力消費をはかる。

(8) 電源電圧は12V+30%、-10%を保証する。

(9) 狭帯域化に際しては、水晶発振器、水晶フィルタなどの交換LPFの追加のみとし、他は再調整で可能ようにする。

(10) 回路の単純化標準化から送信変調器には広角度高直線変調回路を採用、テ(通)倍数の低減をはかる。

(11) 同様に回路の単純化、標準化からシングル・スーパー・ヘテロダイナ受信方式とする。

(12) 電源部のトランジスタDC-DCコンバータに新技術を導入し小形化をはかる。

(13) 電池電源誤接続破損防止回路を付加する。

#### 4.2 構造と構成

4.1節の設計方針に基づき、非常に小形にしかもALL-IN-ONEにまとめ上げたのが図4.1である。これは小形軽量化にできているので、各種乗用車、ジープ、トラック、消防車などのダッシュボードに容易に取り付けることができる。図4.2および図4.3は無線機の実装例を示す。

従来のセミトランジスタ式無線機との比較を示すと表4.1のとおりである。



図 4.1 FM-15A 外 観 図  
Fig. 4.1 Exterior view of FM-15A radio telephone equipment.



図 4.2 乗用車実装例(コナ)  
Fig. 4.2 Example of unit equipped on a car.



図 4.3 乗 用 車 装 備 図  
Fig. 4.3 Example of unit equipped on a car.



表 4.1 新旧無線機比較

	FM-15A	FM-9A	FM-15A/FM-9A
体 積	75×250×210	120×290×340	約 1/3
重 量	4.5 kg	15 kg	約 1/3
電力消費	送信時 56W 受信時 9W	送信時 95W 受信時 20W	送信時比 1/1.7 受信時比 1/2

注：FM-9A はセミトランジスタ式

表 4.2 型式検定規則および当社の仕様

項 目	型 式 検 定 規 則	三 菱 標 準 仕 様
(1) 周波数	146~162 Mc	146~162 Mc
(2) 通話方式		プレトーク方式
(3) 電力消費		DC12V 電源で 送信時 約 4.7A 受信時 約 0.7A
(4) 使用定格		送信 1 分、受信 3 分繰り返し使用
(5) 周囲条件	1. 使用する環境 2 (周囲温度 -10~+50°C) 2. 相対湿度 +35°C で 95%	1. 周囲温度 -10°C~+50°C 2. 相対湿度 +35°C 95%
送信部		
(1) 空中線電力	公称値 +20% -50%	10W +20% -40%
	温度範囲 -10~+50°C、電圧変動 ±10%	
(2) 出力インピーダンス		50Ω 不平衡
(3) 変調方式		可変リアクタンス位相変調
(4) 最大周波数偏移	±12 kc	±12 kc
(5) 周波数許容偏差	±0.002%	±0.001%
	温度範囲 -10~+50°C 電圧変動 ±10%	
(6) テイ倍数		6(3×2)
(7) 変調周波数特性		1kc 20% 変調基準 0.3kc -10.5±3dB 2kc+4±3dB 3kc+6±3dB
(8) 占有周波数帯幅	30 kc 以内	30 kc 以内
(9) スプリアス発射強度	1mW 以下でかつ搬送波の平均電力に対して帯域内 -80dB 以下、帯域外 -60dB 以下	1mW 以下でかつ搬送波の平均電力に対して帯域内 -80dB 以下、帯域外 -60dB 以下
(10) ヒズミ	1kc 70% 変調で -20dB 以下	1kc 70% 変調で -20dB 以下
(11) 標準変調入力		70% 変調入力 -4±3dB (mW) (1 kc)
(12) 変調入力インピーダンス		0.3~3kc において 40±10Ω 不平衡
(13) S/N		1kc 100% 変調で 45dB 以上
(14) 残存 AM 変調		1kc 100% 変調で 5% 以下
受信部		
(1) 受信方式		水晶制御シングル・スーパーヘテロダイン方式
(2) 中間周波数		10.7 Mc
(3) 入力インピーダンス		50Ω 不平衡
(4) 周波数許容偏差	±0.002%	±0.001%
	温度範囲 -10~+50°C 電圧変動 ±10%	
(5) 感度	20dB QS 6dB (μV) 以下	20dB QS 6dB (μV) 以下
	温度範囲 -10~+50°C 電圧変動 ±10%	
(6) S/N		1kc 70% 変調 30dB(μV) 入力時 40dB 以上
(7) 通過帯域幅	6dB で 20kc 以上	6dB で 20kc 以上
(8) 選択度	70dB 減衰 50kc 以内	70dB 減衰で 50kc 以内
(9) スプリアス感度	-70dB 以下	-70dB 以下
(11) 感度仰圧効果	±40kc で 80dB (μV) 以上	±40kc で 80dB (μV) 以上
(12) 相互変調特性	同方向 40kc, 80kc 65dB (μV) 以上	同方向 40kc, 80kc 65dB (μV) 以上
(13) 低周波出力		1kc 70% 変調 20dB(μV) 入力時 25dB (mW)
(14) ヒズミ	-20dB 以下	-20dB 以下
(15) 周波数特性		1kc 20% 変調基準 0.3kc+6±3dB 以内 2kc-4±3dB 以内 3kc-8±3dB 以内
(16) スケルチ特性		0dB (μV) 以下 -10dB (μV) 以上調整可能
寸法、重量		
(1) 寸法		高さ 80×幅 225×奥行 225 (含制御器、スピーカ)
(2) 重量		約 5kg (含制御器、スピーカ)

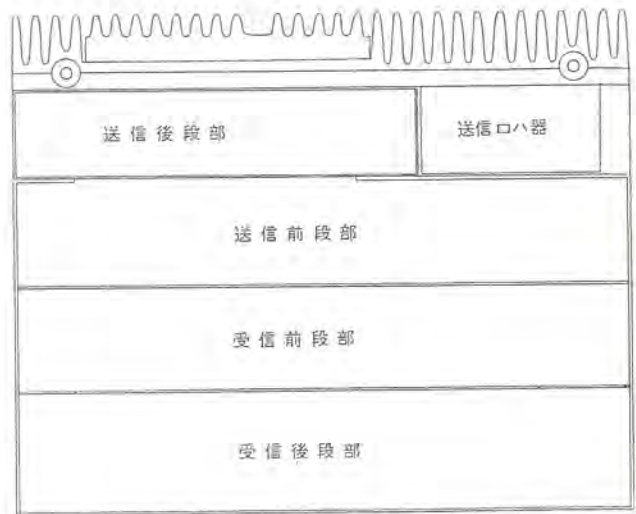


図 4.4 送受信部構成

Fig. 4.4 Composition of transmitting and receiving section.

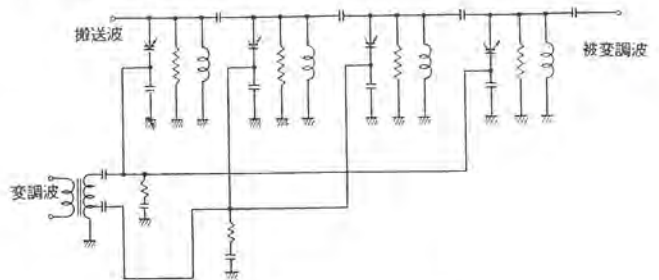


図 4.5 変調回路

Fig. 4.5 Modulation circuit.

送受信部の内部構造を示したのが図 4.4 であり、このようにこの部を取り上げれば一面構造になっており、保守に便利なようにまとめ上げてある。

また 150 Mc 帯無線機の型式検定規則および当社の仕様を表 4.2 に示す。

#### 4.3 送信部

##### (1) 広角度位相変調器

従来 150 Mc 帯無線機においては、変調器の変調度が深くとれず、24 テイ倍とか 16 テイ倍が普通であった。そのため近傍のスプリアス特性が問題となり、テイ倍数の低減が望まれていたが、その他機器の小形化、回路の単純化、標準化、さらに近い将来実施される狭帯域化の場合無線機の雑音特性改善が要求されるであろうという見通しから、このたび広角度位相変調器を開発した。

この変調器は同周回路の容量をパリキャップ（可変容量ダイオード）に置き換えて、これを変調信号で変化させることにより、通過搬送波の位相推移量を変化させる方式である。図 4.5 に変調回路を示す。

この回路の定数は該回路の遅延特性が平坦になるように選んである。この変調器の位相偏移対ヒズミ特性を従来のパリキャップ変調器（パリキャップ 1 個）と比較、図示したものが図 4.6 である。

またこの変調器にはシリコン、パリキャップを除き活性素子を用いていないため、温度に対してはきわめて安定である。図 4.7 に変調特性の温度特性を示す。

##### (2) 送信機側帯波の広がり制限回路

移動無線においては変調制限を行なうため、IDC (Instantaneous Deviation Control) 回路付加を行なうが、このため高調波を生じ側帯波が広がり、ときには隣接チャネルへの妨害が起ることがあ



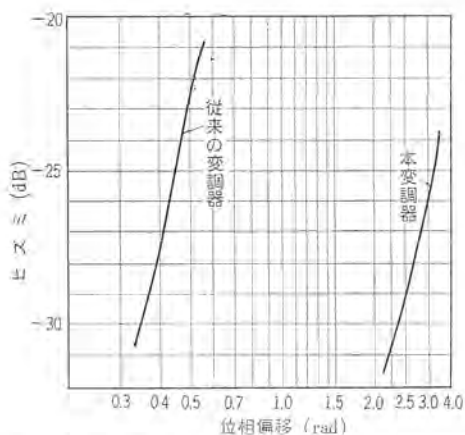


図 4.6 変調器 ヒズミ 特性  
Fig. 4.6 Modulator distortion characteristic

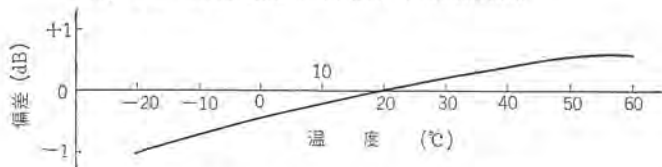


図 4.7 変調感度特性 (標準変調からの偏差)  
Fig. 4.7 Modulation sensitivity characteristic.

った。近い将来実施予定の狭帯域化にあたっては、この送信機の側帯波の広がり制限を必要があり<sup>(8)</sup>、アメリカではすでに FCC<sup>(5)</sup> で  $40 \log_{10}(f/3)$  特性の低域ハロ器を入を規定している。わが国でも、狭帯域化実施にあたっては、本特性が要求されることが予想され、本機では該特性の回路装備が可能にしている。

### (3) 水晶発振器ユニット

従来 150 Mc 帯においては  $\pm 2 \times 10^{-5}$  の周波数変動が許されていたが、狭帯域化にあたっては受信の帯域が狭くなり、品質の良い通信を維持するためには送受信の周波数安定度を  $\pm 5 \times 10^{-6}$  以下にしなければならないとされている<sup>(9)</sup>。機器の小形、低電力化の観点から、恒温タンクの採用をやめ、トランジスタと水晶の温度特性が逆なることを利用、これを一体ユニット化した水晶発振器を用いた。近い将来狭帯域化が実施される場合、周波数安定度改善はこの水晶発振器ユニットを交換することにより可能である。温度特性の一例を図 4.8 に示す。

### (4) 高周波大電力 シリコン・トランジスタ および パリキャップ

送信後段部には当社製 シリコン・トランジスタ および パリキャップを用いている。これらトランジスタは NPN 3 重拡散 プレーン形 シリコントランジスタで、各電極間耐電圧、コレクタ損失利得が高く、VHF 帯電力増幅用に適する。またいずれのトランジスタもコレクタがケースから絶縁されている。パリキャップは容量が  $1/\sqrt{V}$  にしたがって変化するシリコン・ダイオードで  $Q$  が高く最大動作電圧が高いので VHF、

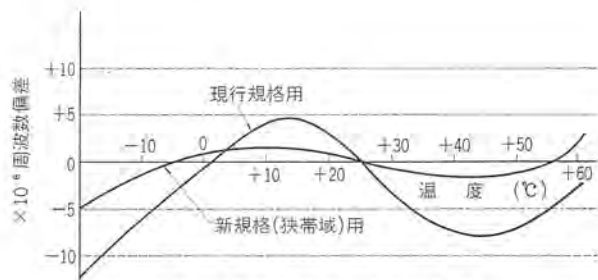


図 4.8 水晶発振器 ユニット 温度特性  
Fig. 4.8 Crystal oscillator unit temperature characteristics.



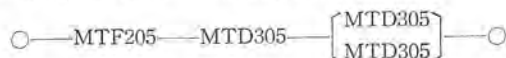
図 4.9 シリコントランジスタ パリキャップ  
Fig. 4.9 Silicon transistor varicap.

UHF 帯の高電力周波数 2 倍に適する。図 4.9 にダブルエンド形トランジスタ (MTD 300, MTD 350 シリーズ) と高  $Q$  パリキャップ (MVB 6114, 6117 など) を示す。また表 4.3 にこれらの特性を示す。

### (5) 送信後段部

送信後段部は、送信前段部から受け継いだ 75 Mc 信号を (4) 項であげたシリコントランジスタを用い、約 18 W まで増幅する VHF 帯増幅器チェーンと、これを能率よく周波数 2 倍するパリキャップ、ダブラー、さらにここで発生する高調波を除去するスプリアスフィルタとからなり、最終、約 11 W の出力が得られるようにしてある。

VHF 帯増幅器チェーンのラインアップは



とし、とくに電力消費の低下、電力利得に余裕をもたせ、安定な動作が得られるような回路構成としてある。また、各トランジスタにはプラス電圧をキ電し、万一調整、保守時誤まって各電極をアースしても、トランジスタが破損しないように配慮してある。トランジスタ増幅器の回路例を図 4.10 に示す。

周波数 2 倍用パリキャップには 2 倍能率がよく、 $P_c$  の大きい (4) 項にあげたシリコン・パリキャップを用いた。回路は図 4.11 に示すごとく直列同調形 2 倍器でスプリアスフィルタを含め、約 60 % の 2 倍能率を得ている。

### (6) 総合性能

本機は、送信の 2 倍数を 6 倍にしているから、搬送波とキャリア、スプリアスとの間が 25 Mc 以上も離れており、近傍のス

表 4.3 トランジスタ、パリキャップ 特性

記号 条件	最大定格					電気的特性					記号 条件	電気的特性		
	$V_{CBO}$ (V)	$V_{CEO}$ (V)	$V_{EBO}$ (V)	$I_C$ (A)	$P_c$ (W)	$I_{CBO}$ ( $\mu$ A)	$h_{FE}$	$h_{fe}$	$C_{ob}$ (pF)	$G_p$ (dB)		$C$ (p)	$Q$	$V_{max}$ (V)
トランジスタ											パリキャップ			
						$V_{CB}=28V$	$V_{CE}=28V$	$V_{CB}=28V$ $I_C=100mA$ $f=70 Mc$	$V_{CB}=28V$ $I_E=0$ $f=1 Mc$	$V_{CE}=28V$		-4V 50 Mc	-4V 50 Mc	$I_B=10 \mu A$
MTF205	60	40	4	0.5	2.5	<10	$I_C=100mA$ Typ 25	Typ 2.7	<15	$I_C=100mA$ $f=70 Mc$ >9 dB	MVB6117	47	>100	>100
MTD305	75	$V_{CES}=60$	4	1.2	20	<10	$I_C=350mA$ Typ 20	Typ 2.1	<40	$I_C=350mA$ $f=30 Mc$ >10 dB				

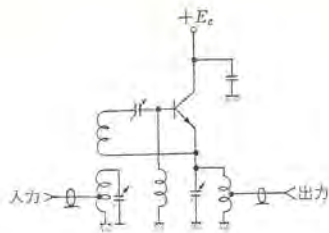


図 4.10 トランジスタ増幅器回路  
Fig. 4.10 Transistor amplifier circuit.

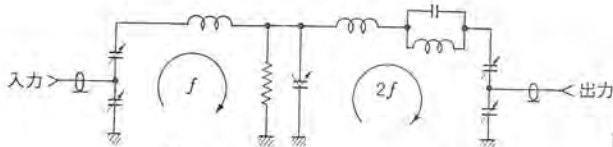


図 4.11 バリキャップ周波数2倍器回路  
Fig. 4.11 Varicap frequency doubler circuit.

表 4.4 送信スプリアス特性

スプリアス	値
$f/2$	-81 dB
$3/2f$	-80 "
$2f$	-88 "
$5/2f$	-76 "
$3f$	-75 "

リアス特性は、従来の無線機に比べ問題にならない。そのほかのスプリアスについても、バリキャップ倍器とスプリアスフィルタを倍率を落すことなく、適当に組み合わせることにより、たとえば表 4.4 のときスプリアス特性が得られている。

本機を1分送信、3分受信の割合で連続運転した場合、送信出力変動および送信後段部の電力増幅トランジスタ用放熱板での温度上昇例を示せば図 4.12 のとおりである。

#### (7) ブロックダイアグラム

送信部の総合ブロックダイアグラムを示したのが図 4.13 である。

#### 4.4 受信部

##### (1) 設計概要

従来の移動無線受信機においては、回路部品の制約のため、2重または3重スーパーヘテロダイン受信方式が採用されていたが、トランジスタおよび回路部品の急速な進歩によりその障壁は除かれ、今や長年期待されていたシングルスーパー化の経済的実用の段階にあるとみなし、シングルスーパー受信方式の開発に踏み切った。その実現により、回路構成の簡略化、スプリアス特性の向上、調整の簡単化が可能となった。さらに受信機の性能を支配する感度と2信号特性の改善、バランス化をはかった。

##### (2) 感度と相互変調特性

まず、感度についてのみ考慮すると、これは総合の雑音指数を小さくすることにつきる。すなわち、受信機初段には低雑音指数の半導体を用い、しかも2信号特性のゆるす限り高利得とし、次段以降の雑音指数の影響をできるだけ少なくすることである。本機においては、これに対し雑音指数の小さい、高利得トランジスタ 2N1742 を用いた。

相互変調特性はすでに岩井、森永氏<sup>(8)(10)</sup>らによって明らかにされているごとく、隣接チャネルと次隣接チャネルの信号による妨害変調により支配され、これを良くするには、ヒズミ係数を小さくするように選ぶか、非直線部分に加わる妨害波増幅を小さくす

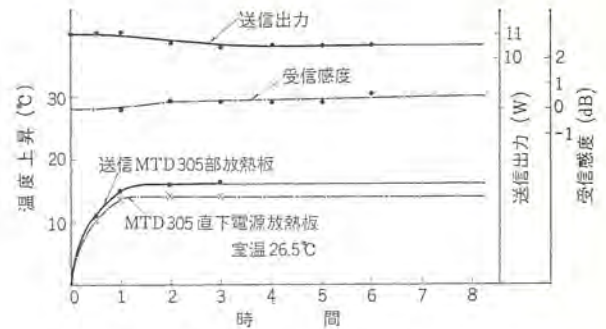


図 4.12 FM-15A 150 Mc 連続試験 (送信1分 受信3分)  
Fig. 4.12 FM-15A 150 Mc continuous test.

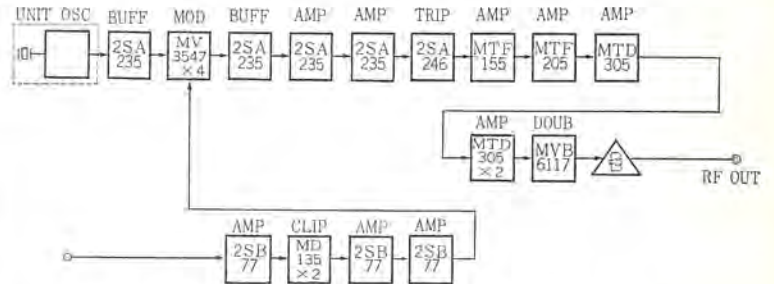


図 4.13 150 Mc 帯全固体式 10 W 送信部ブロックダイアグラム  
Fig. 4.13 Block diagram of 150 Mc band all solid state 10W transmitting section.

ることである。すなわち、隣接、次隣接チャネル妨害波を除去する集中フィルタまでの利得をできるだけ低くし、妨害波振幅が増幅されて非直線領域に入らないようにすることである。またかくすることは感度抑圧特性を劣化させないことにもなる。

以上のことを考慮し、集中フィルタまでの受信前段部の構成、利得配分を行なった。これを示したのが図 4.14 である。また、図 4.15、4.16、4.17 にそれぞれ、相互変調特性、感度抑圧効果特性および感度特性を示す。なお、連続動作時の感度特性は前掲図 4.11 に示してある。

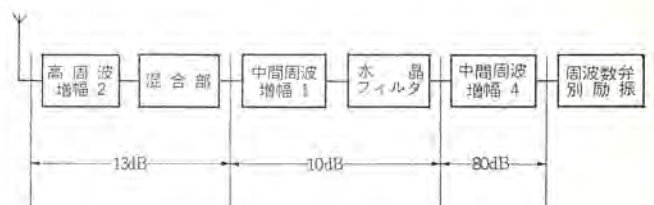


図 4.14 利得配分  
Fig. 4.14 Gain distribution.

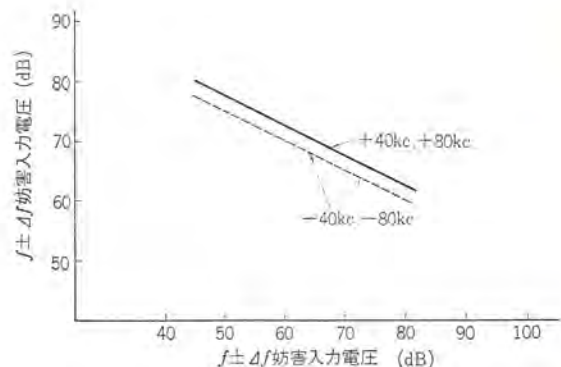


図 4.15 相互変調特性 (雑音抑圧 20dB)  
Fig. 4.15 Mutual modulation characteristic.



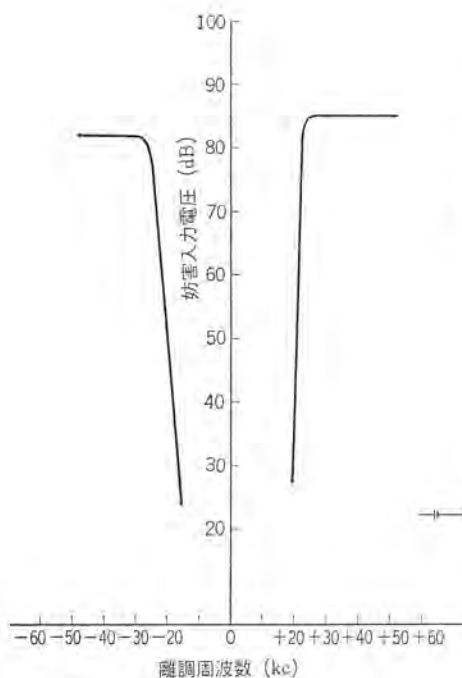


図 4.16 感度抑圧効果  
Fig. 4.16 Sensitivity suppression effect.

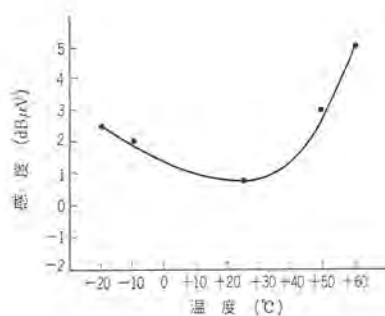


図 4.17 感度特性  
Fig. 4.17 Sensitivity characteristic.

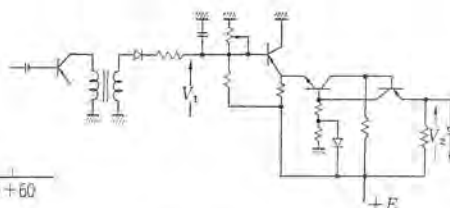


図 4.19 スケルチ回路  
Fig. 4.19 Squelch circuit.

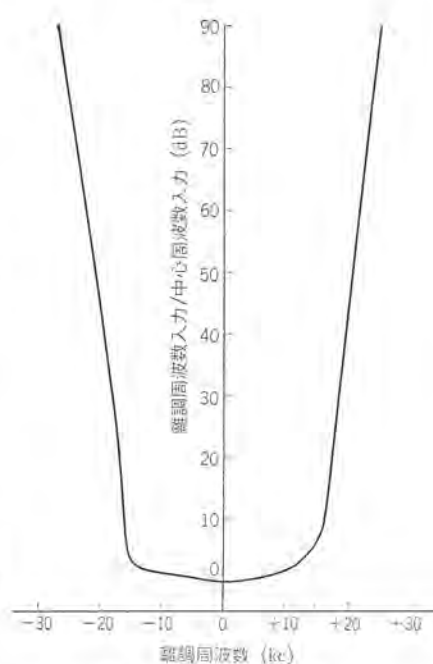


図 4.18 帯域幅選択度  
Fig. 4.18 Bandwidth selectivity.

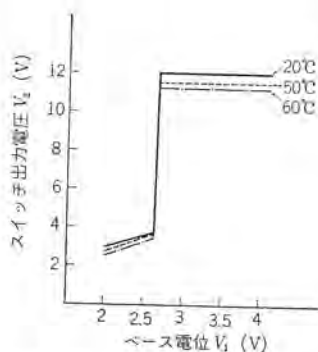


図 4.20 スケルチ特性  
Fig. 4.20 Squelch characteristic.

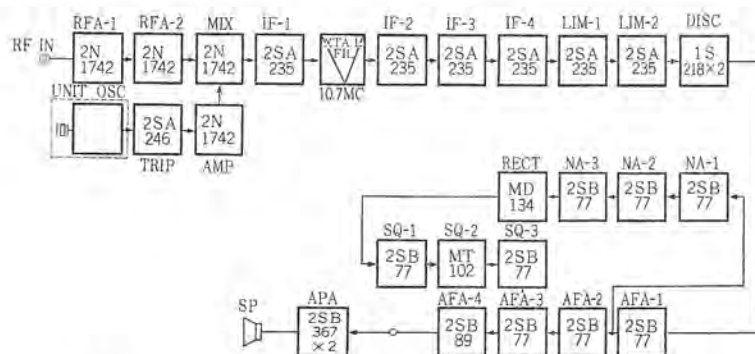


図 4.21 150 Mc 全固体式受信部ブロックダイアグラム  
Fig. 4.21 Block diagram of all solid state receiving section.

### (3) 混合器

混合器としては、(2) 項で述べた相互変調積が小さく、変換利得が大きく、雑音指数が小さく、なおかつ、これらの温度特性のよいことが要求される。ダイオード混合器、トンネルダイオード混合器、トランジスタ混合器が一般に使用されているが、変換利得、雑音指数特性の点からトランジスタ混合器とし、トランジスタ 2N 1742 を選んだ。高変換利得が得られるように局発信号はエミッタ回路からそう入、また雑音指数、相互変調積が小さくなるように該信号の大きさを決めた。そのほか従来問題とされていた温度特性に対しては、これが平たんとなるごとく適当なコレクタ電流に設定した。

### (4) シングルスーパー 受信中間周波部

中間周波数を 10.7 Mc に選び、2 信号特性を改善するために、急しゅんな水晶フィルタを中間周波増幅部前段にそう入するとともに、所要の利得をとるのに 6 段増幅器チェーンとした。まず入力の変化により増幅器の動作点が変わり、不安定になるのを防ぐため、ダイオードリミタを各段に設け、トランジスタ動作の安定を図った。小形部品の採用、回路の単純化により全体として小形化されたが、コレクタ容量による帰還、電源回路による帰還、入、出力回路の静電、電磁結合などによる帰還発振が問題となり、これに対しては、各

増幅器の利得配分の適正化による安定化をはかるとともに、フィルタによる帰還防止、部分的シャハイ、適当な配置を行なうことによって解決した。

周波数弁判器は温度補償を行なっても、その周波数安定度は高々  $\pm 100 \times 10^{-6}$  で限度があり、本機では水晶 1 個を用いた周波数検出回路を採用し、中間周波数の簡単、迅速、正確な点検および局部発振器の較正ができるようにしている。

受信の選択度は、水晶フィルタの帯域特性によって決定されるから、将来、狭帯域化にあたっては、該水晶フィルタを狭帯域用のものと交換するものとし、また送信部の場合と同様に、必要に応じ水晶発振器ユニットを交換する。図 4.18 に受信機周波数帯域幅選択特性を示す。

### (5) スケルチ回路

従来スケルチ回路としては、中間周波部における搬送波に比例した電圧とオーディオ回路から取り出した雑音を増幅、整流し、シュミット回路によりスイッチングを行なわせる回路が知られているが、上記方式では雑音電界による中間周波電圧の変動により、スケルチ回路を開く弊害があるため、オーディオの雑音分のみを利用することによりこの問題を解決し、また NPNP の原理を利用した NPN、

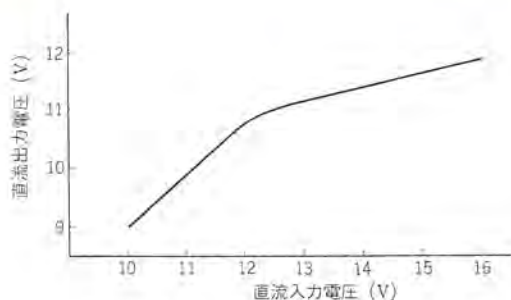


図 4.22 入力電圧変動試験 AVR  
Fig. 4.22 Input voltage variation test.

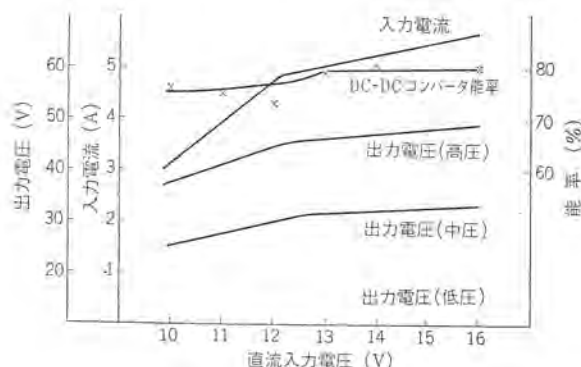


図 4.23 入力電圧変動試験 (送信時) DC-DC コンバータ  
Fig. 4.23 Input voltage test (during transmission).

PNP トランジスタ の組み合わせからなる温度特性のよい新規な スケルチ 回路を採用した。図 4.19, 4.20 に回路および特性例を示す。

#### (6) ブロックダイアグラム

受信部の ブロックダイアグラム を示したのが図 4.21 である。

#### 4.5 電源部

この無線機においては、送信後段部の全固体化により、送受信部に必要な電圧、電流が小さくて済み、電源の小形化の可能性が見出された。そこで DC-DC コンバータ のスイッチング 周波数を従来の 400 c/s から一挙に 2 kc に上げるとともに、コンバータ の効率向上をはかるために B-H 特性の良好な小形 コア を採用し、電源部

の小形化をはかった。さらに、入力電圧の変動に対しては、トランジスタ と ツェナーダイオード を組み合わせたある基準電圧よりも高い電圧のみを制限する簡単な AVR を、DC-DC コンバータ の一次側にそう入した。また DC-DC コンバータ の二次側低圧電圧はさらに AVR を追加し 1 段と 電圧変動を抑え、送受信部主要回路の電源電圧変動による特性劣化を防いだ。図 4.22, 4.23 に AVR 特性、DC-DC コンバータ 特性を示す。また入力電源の極性が逆になったときでも電源部に障害を生じないように保護回路を設けている。

#### 5. む す び

以上で、このたび新しく開発した 150 Mc 帯 10 W 全固体化 FM-15A 形移動用無線機の概要を紹介したが、今後広くご使用いただくべく生産の合理化、価格の低廉化をはかるとともに使用者の方々のご批判をいただき、より使いやすい無線機とするべく努力を払うことを誓うものである。ここに本機開発にあたり、種々のご指導ならびにご協力をいただいた関係各位に対し厚く謝意を表する。

#### 参 考 文 献

- (1) 電波時報 38 年 1 月
- (2) 電波技術審議会資料 39 年 6 月
- (3) 藪妻：VHF 陸上移動無線の現状および将来について、通信方式研究会 1962-9-18
- (4) 振動衝撃専門委員会、振動衝撃試験法に関する調査報告、昭 32.12、電気学会技術報告
- (5) FCC Regulations
- (6) EIA Standard
- (7) D.R. Earles: Reliability Growth Prediction during the Design Analysis, 7th PNSRQC, 383~388 (1961).
- (8) 岩井、森永：移動無線通信における干渉妨害、通研研究実用化報告 11, 第 10 号 (1962)
- (9) R.T. Myers: 15 kc Split Channels for the 150 Mc Land Mobile Services IRE Int'l Conv. Rec. Pt8. (1961).
- (10) 岩井、森永：移動無線通信、電子通信工学講座 39 (昭 34)
- (11) 電波情報 S.39-6-30 発行。



# バイメタル式サーモスタットの解析

小原 英一\*・高沢 正二\*・古屋 芳明\*  
高橋 功\*\*・加太 義武\*\*

## Analysis of Bimetal Thermostats

Ware Research Laboratory  
Kōriyama Works

Eiichi OHARA・Shōji TAKAZAWA・Yoshiaki FURUYA  
Isao TAKAHASHI・Yoshitake KATA

In spite of their old history, thermostats look to have been given rather little attention with almost no particular description on their operation. In reality, however, they involve complicated and delicate functions, which need study if dependable operation is expected from them. Mitsubishi Kōriyama factory now specialize in the manufacture of them and in view of turning out good products, thorough investigation has been made on them. The secret of producing good thermostats lies in a manufacturing process, assembling and adjustment. This report describes these points and also various apparatus used for the analysis. Roughly divided, there are a slow operating type and a quick operating type. The description is made on both types pointing out their respective features.

### 1. ま え が き

バイメタルの熱応力を利用したサーモスタットは従来から広く用いられているが、近年、家庭用電熱器の分野でその使用量は極度に増加し、また電熱器の種類が増えるにしたがってサーモスタットに要求される事項も厳しいものが多くなった。たとえば、敏感な熱応答性、快適温度を得るための細い制御、正確に電流を遮断できること、そして安定した動作を長い年月にわたって維持できることが必要である。この中でサーモスタットにとってもっとも大きな問題点は、ゆっくりした温度変化に感じて大きな電流を正確に遮断することである。このような要求は、旧形サーモスタットでは満足し得ず、たちまち接点は溶着し、制御動作ができなくなるものが多かった。このため、サーモスタットのバイメタル、パネ板、また接点などの、その材質、加工、処理を向上させるとともに、サーモスタットの動作の向上、耐用の長期化をはかってきた。今回は、サーモスタットの微細な動きを精度よく測定する装置と、これによって得られた動作の解析を中心に要約した形で述べる。

### 2. ホームコタツ用のサーモスタット

ホームコタツに用いられているサーモスタットは他の暖房器に使われているものよりも鋭敏な感度と、すぐれた追従性が必要である。ホームコタツは直接足を入れる形のもので、熱源と人体が近く、また

熱源の電力容量が大きく、さらに主としてフツ射による暖房の形式をとっているためである。したがって、わずかの感度のスレも温度制御の不適となってあらわれ、人体には寒暖の繰り返しとなって不快感を感じさせる結果となる。

このような要求を満足するサーモスタットは設計はもちろん、精密な工作と、慎重な調整に基づく優秀なものが望まれる。

#### 2.1 仕 様

図2.1のようにバイメタルのフツ曲だけが接点を押し開く形式を徐動式サーモスタットとよんでいる。おもな使用材料および概略の仕様を表2.1、2.2に示してある。

#### 2.2 構造と動作

図2.1のように徐動式サーモスタットの構造は簡単である。すなわち、バイメタルと一對のパネ板、これに設けられた接触している接点がおもな構成部品であり、これを保持する背板、調節ツマミ用の軸ターミナル、スパーサ、絶縁用マイカ、ワッシャなど、その部品は約20点程度である。

制御の動作は図2.1にあるようにバイメタルが熱変化でフツ曲し、パネ板を押して接点を開くことにより電源は断たれる。ふたたび温度が下ってバイメタルのフツ曲が少なくなればパネ板の接点は接触し電源は閉じて発熱し上記の動作をする。制御動作はこの動作の繰り返しであって熱の授受に鋭敏なものほど開閉回数が多く、制御動作の正確なほど時間当りの開閉回数が一定している。

表 2.1 サーモスタット 主要 部品

部 品 名	材 料
バイメタル	BL-2
パネ板	炭素工具鋼 表面処理亜鉛メッキ
接点	銀酸化カドミウム
マイカワッシャ	Z マ イ カ
絶縁座金	マ イ カ

表 2.2 サーモスタットの性能

形 名	CS-6L-5080A
セット温度	50 ~ 80°C
寿命回数	150,000 回
調節方式	左回転
定格電圧	100 V
定格電流	6 A
外形寸法	高さ 32 横 50 縦 40 (mm)

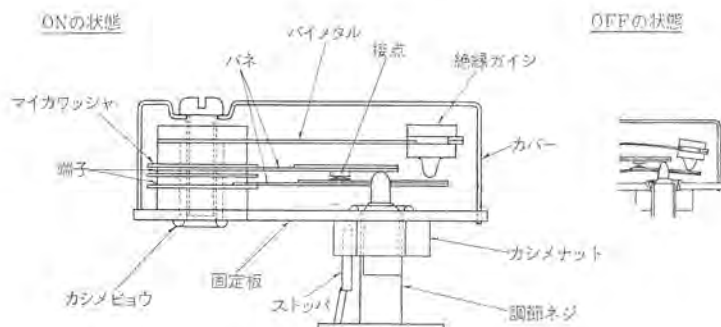


図 2.1 サーモスタットの構造と動作図  
Fig. 2.1 Structure and movement of bimetal thermostat.



## 2.3 主要部品および処理

ホームコタツ用サーモスタットの主要部品とその処理について簡単に述べる。

### 2.3.1 バイメタル

サーモスタットはバイメタルの熱によって発生するワッ曲を動力源として利用するものであって、ワッ曲と温度の関係はその使用限度内では直線的に変化する。このワッ曲の正しさをそこなうような事項については十分考慮する必要がある。すなわち、設計の段階ではバイメタルの発生力とバネの力の関係で十分な寸法を採用することから、加工の段階ではバイメタル素材のロール方向に長手方向がそろうように板取りすること、打抜きは低膨張側から行ない、発生するバリはワッ曲の内側になるようにすることなどが大切である。

加工後に熱処理を行ない、加工によって発生した応力の除去をすることは常識となっている。熱処理の温度と時間がバイメタルの製造業者がバイメタルの種類ごとに指定しているからこれにしたがうのがよい。

### 2.3.2 バネ板

サーモスタットのバネ板には高炭素鋼を使用したものが多いが、高炭素鋼は強じんであり、耐熱的で耐久性が大きく、接点に必要な接触圧力をもたせるのに適しているためである。また、電気伝導度もステンレス鋼などに比べるとよいので利用範囲をさらにひろげている。

ホームコタツ用サーモスタットではバネ板が長期間の使用でさびることを考慮して亜鉛メッキを施し長寿命化をはかっている。亜鉛メッキ後は水素ゼイ性除去の作業を行なってバネとしての特性をそこなわないように十分に注意して処理される。また、バネ板の表面平滑度はサーモスタットの特性を決める要因の一つとして素材のときから検査され、きびしく管理されている。

### 2.3.3 接点

サーモスタットの寿命は接点の寿命といっても過言ではなく、構成部品中重要なもので、電流の開閉を多数回繰り返してもこれに耐えなければならない。接点は開閉動作をするにしたがい消耗する

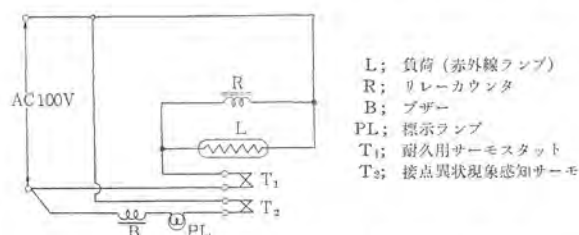


図 2.2 接点寿命試験装置回路  
Fig. 2.2 Life test circuit of thermostat.



図 2.3 接点寿命試験装置  
Fig. 2.3 Life test device of thermostat.

が、消耗による接点高さの減少はサーモスタットの動作温度を低下させる一因ともなる。また、電流の開閉を過酷な条件で繰り返すと接点が溶着することがあり、暖房器は過熱し温度ヒューズが切れて故障の形になる。このようなことのないように接点の材質形状にはとくに留意し、さらに図 2.2, 2.3 に示す寿命試験装置で定期的に寿命回数を検査している。

家庭用暖房器の使用条件には銀酸化カドミウム合金の接点が適当であり、接点の消耗、溶着の防止に効果をあげている。

## 2.4 加工と組立

長期にわたって正確に動作するサーモスタットを作るために、また、均一な特性をもつサーモスタット群を製作するためには、組み立てはもとより、部品の加工の精度がよく、バラツキの少ないことが必要である。加工された部品は、バイメタル、バネ板などはもちろん、スパーサ、マイカ、ワッシャまでゆるがせにはできない。すなわち、スパーサ、マイカ、ワッシャの平行度はバイメタルやバネ板の平行な向きあいにも影響し、厚さの不同はこれらの部品の関係距離に差ができる。これらはすべてバネの接点で押しあう接触圧力に影響し、サーモスタットの動作特性を変える要素となる。

また組立には細心の注意が必要で精度よく作られた部品を正しい関係位置にゆるみなく固定しなければならない。このとき、部品に異状な力がかかることのないようにすべきで、とくにバイメタルには触れないことや、締付ボウのカシメ圧力を一定にするなどが大切である。さらに、カシメ作業後、サーモスタットのヒズミ取りのために徐熱徐冷を行なうことは、精度の高いサーモスタットを作るコツともいえる。

## 2.5 調整

組立が終わったサーモスタットは、動作温度をセットする工程に回される。この工程は炉中で実際に温度変化を与えてサーモスタットを指定の動作範囲に固定することを目的とし、もっとも重要なもっとも時間のかかる作業である。この作業のために自動連続調整炉が製作されて正確な温度のセットと、きびしい温度範囲の狭い



(a)



(b)

図 2.4 連続調整炉  
Fig. 2.4 Continuous temperature-setting system.



自動選別作業に高能率を発揮している。この装置による温度調整作業の結果は従来行なってきた方法に比べ、

- (1) パラッキの少ないこと。
- (2) 温度設定範囲が狭く正確なこと。
- (3) 自動選別の結果不良品が組立工程へ流れる心配のないこと。
- (4) 人の労力が少ないこと。

などの特長がある。図 2.4 にこの装置を示した。

連続調整炉は(1)予熱室、(2)調整室、(3)選別準備室、(4)下限選別室、(5)上限選別室、(6)確認室の6部分に大別され、各室はそれぞれ小室に分けられ、送り速度が一定なので必要な時間だけの長さをもっている。この装置でもっとも大切なのは、サーモスタットが各室温になじむための時間を十分にとることである。このなじみ時間が短いことは、サーモスタットの真の温度と各室温との間に差が生じ、不安定となり、外気温の影響を必然的に受けて時期によって真のセット温度に差ができる危険がある。そしてこのようにして受けた差は、もちろん選別室も同様であるため選別作業も盲目化してしまう。これは選別作業がその室温にたいして ON であるか OFF であるかによっているためである。

自動式連続調整炉では上記のような欠点のないように十分な時間をかけ、ゆっくりした送りをもたせてあるため満足な成果をあげている。

## 2.6 設計と動作

サーモスタットの設計は使用される機器がきまり熱系の測定が行なわれて(1)動作温度、(2)制御精度、(3)シャ断電流がきまることによりはじまる。まずパイメタルの種類が高温用、中温用、低温用の分類から選ばれ、制御精度や鋭敏性の要求からパイメタルのワッ曲常数( $K$ )の値が選ばれる。また、シャ断電流の大きさから接点が決まり、その動作中の接触圧力の要求からバネの常数が与えられて、これにたいして動作するパイメタルの厚さ、幅などの形状寸法がきめられる。

一般にサーモスタットの設計ではワッ曲を与える式と発生力を与える式とから基本値を割出している。しかし、ワッ曲を与える式は、ある形状のパイメタルが何の束縛もない自由な状態のときの、ある温度に対するワッ曲量を示し、実際のバネにたいして接点を押しひらくワッ曲とは大いに異なることに注意しなければならない。

このようなことから図 2.1 にあるようなサーモスタットでは、パイメタルが自由状態にある間の温度と、バネ板の力と等しい力を発生させる温度との和がもっとも実際と近似した数値として用いられている。ここに近似したという表現から実際と異なることを示しているがこの相異はパイメタルとバネ板や、バネ板の実際の運動から数値計算には精密に現わし得ない要素からなっている。これらについては、測定装置による動作の解析から理解できるが、サーモスタットの基本計算としてパイメタルの基本式を用いることは単にサーモスタット設計の目やすを求める程度の意味しかないことを述べておきたい。

## 3. サーモスタットの動作測定装置

パイメタルの温度変化によるワッ曲量の測定は、一般に温度を変えられるようにした油槽(槽)内で行ない、ワッ曲量を直接スケールの上に現わし観測する方法が JIS に規定されている。

しかし実際に接点開閉機構をもつサーモスタットで、パイメタルのワッ曲量を測定するには、このような測定機では、動作中と同一

の温度条件がとれないとどうじにワッ曲偏位も 1/1,000 単位の動作であるため直読は困難で、どうしても拡大機構を用いなければならない。

ところが現在一般的な測定機では偏位感知素子を被測定物に直接に取り付ける方法が用いられるため、微小が微力なこのワッ曲量を測定するには不適當である。このような理由から、ワッ曲動作に影響せず、また精度良く拡大できる方法を用いた測定機が要求される。

この章では、このような必要条件をみたした測定機を製作し、比較的良好の結果が得られたので、この装置について述べる。

### 3.1 装置の構成

この装置は恒温タンクおよび投光器と読みとりスケールから構成され、恒温タンクは黒色塗装された高さ 200 mm、横幅 300 mm、奥行 200 mm のものからできている。

タンク内には被測定物であるサーモスタットと、これを温度上昇させるための発熱体および恒温条件にするためのファンが配置され、発熱体には発熱量を任意に変化できるように電圧調整器を、また印加電圧を指示するための電圧計( $V_1$ ,  $V_2$ )を並列に接続してある。

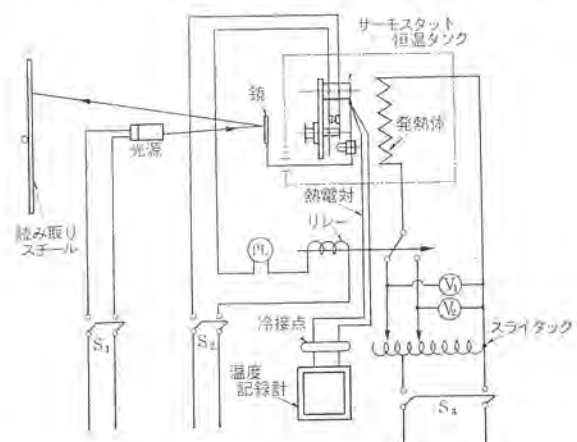
タンク内に固定されたサーモスタットには、サーモスタット自体の温度変化を感知するための CA 熱電対、0.65φ mm がパイメタルのワッ曲偏位に影響なく取り付けられ、冷接点保証器を経て記録温度計に接続され、温度を指示するようにしてある。

またサーモスタットの回路には、サーモスタットの接点の開閉を表示するための表示ランプと、リレーが直接に結線され、このリレーがサーモスタットの温度上昇ならびに降下速度を規正する発熱体を、自動的に制御するようになっている。

さらに感熱部であるパイメタルの先端には、光を反射させるための鏡がパイメタルの動作に影響しないように固定され、タンクから外部につきでている。この鏡は非常に軽いがさらにパイメタルのワッ曲方向に支障のない直角方向にその重量がかかるように配慮されている。鏡には検流計のものをを用いたためにその反射力は大きく読みとりスケールの上に、距離が遠いにもかかわらず明確な輝線を照射できる。図 3.1 にこの装置の構成図を示す。

### 3.2 動作原理

この装置でサーモスタットのパイメタルのワッ曲偏位を測定する場



- PL: サーモスタット接点開閉状態表示ランプ  
S1-S3: スイッチ  
V1: 温度上昇時  
V2: 温度下降時

図 3.1 ワッ曲量測定装置(上視図)  
Fig. 3.1 Deflection measurement device.



合、まず投光器の光を バイメタル の先端にある鏡に照射し、この反射光を読み取り スケール でうけるようにする。

投光器のスリットは光線をしぼり、読みとり スケール 上では細い輝線となって、その位置を明確にしている。サーモスタットを上記の回路で温度上昇させると、バイメタル は湾曲し、鏡は回転動作して光源からの光の反射の角度を変え、読み取り スケール の上を移動する。サーモスタットの接点が開いてその回路が断たれると、表示 ランプは消え、リレー は落ち、加熱回路は自動的に発熱を中止し サーモスタットは温度降下し、バイメタル の湾曲量は減少し、鏡は回転動作してもどり、読みとり スケール 上の光の輝線はもとへもどってくる。ふたたび サーモスタットの接点が開路すれば、表示 ランプがそれを知らせるとともに、リレー が自動的に加熱測に回路を変え、前の動作に移る。このときの読み取り スケール 上の輝線を読みば サーモスタットの ON, OFF 点の位置、変化がわかり、また読みとり スケール 上の輝線の往復が サーモスタットの温度制御の動作を拡大して表示していることになる。

ここでバイメタル と鏡の動作について簡単に検討してみると、バイメタル はある温度で加熱されれば弓形に湾曲するが、その曲率半径  $R$  は式 (3.1) によって表わされる。

$$\frac{1}{R} = \frac{6(a_1 - a_2)T(t_1 + t_2)t_1t_2E_1E_2}{3(t_1 + t_2)^3t_1t_2E_2E_1 + (t_1E_1 + t_2E_2)(t_1^3E_1 + t_2^3E_2)} \quad \dots(3.1)$$

$a_1 - a_2$ ; 両金属の熱膨張係数の差

$t_1, t_2$ ; 両金属のそれぞれの厚み (mm)

$E_1, E_2$ ; 両金属のそれぞれの弾性係数 (kg/mm<sup>2</sup>)

$T$ ; 温度変化 (°C)

バイメタル の湾曲と鏡の反射光の関係は図 3.2 に示すように垂線  $A$  と入射角  $\beta$  で照射された入射光線は同角度で反射される。次にバイメタル が  $D$  だけ湾曲したときは、バイメタル の垂線は  $C$  となり、垂線  $A$  と  $C$  のなす角は  $\theta$  となる。このため入射光線の入射角は  $\beta + \theta$  となり、反射光線も  $\beta + \theta$  で反射する。しかるにバイメタル の偏位角  $\theta$  は、

$$2(\beta + \theta) - 2\beta = 2\theta \quad \dots(3.2)$$

となり、バイメタル の偏位角は 2 倍に拡大される。

またバイメタル の湾曲量  $D$  は読みとり スケール 上に、ある倍数  $k$  を乗じた値  $kD$  で表わされ、 $k$  は式 (3.3) で求められる。

$$k = L/l \quad \dots(3.3)$$

$L$ ; 鏡と読みとり スケールの距離

$l$ ; バイメタル の長さ

式 (3.2), (3.3) の組み合わせからえられるこの装置の倍率  $K$  は

$$K = 2L/l \quad \dots(3.4)$$

となる。

次にこの装置の精度について検討してみる。

バイメタル 動作に影響があると考えられる バイメタル の先端に取り付けられた鏡の重量はわずか 1g 程度であり、さらにバイメタル の湾曲に関係ないように取り付けられていることは、前にも述べたが、この装置による測定に誤差として入る要素は無視できる。

次に鏡と読みとり スケール 間については図 3.4 に示すように、鏡の回転動作に対して読み取り スケール は円弧でなく直線 スケール なので、鏡の回転動作を一点で動作していると仮定すると式 (3.5) より誤差を求めることができる。

$$x = (R - L) \sin \theta \quad \dots(3.5)$$

$x$ ; 含まれる誤差

$L$ ;  $M, A$  間の距離

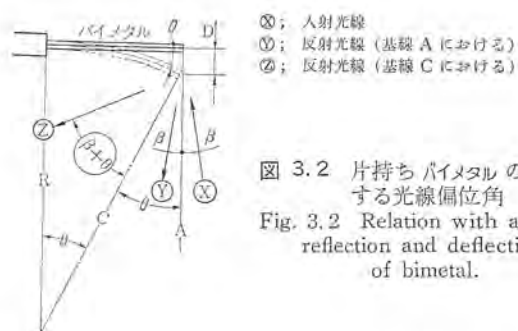


図 3.2 片持ちバイメタルの動作に対する光線偏位角  
Fig. 3.2 Relation with angle of reflection and deflection of bimetal.

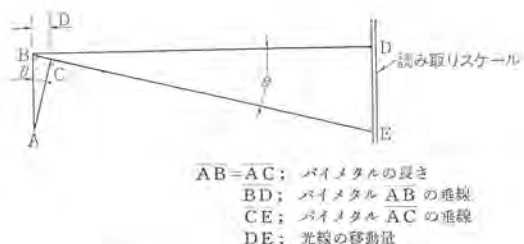


図 3.3 光線による拡大図  
Fig. 3.3 Magnifying method of deflection.

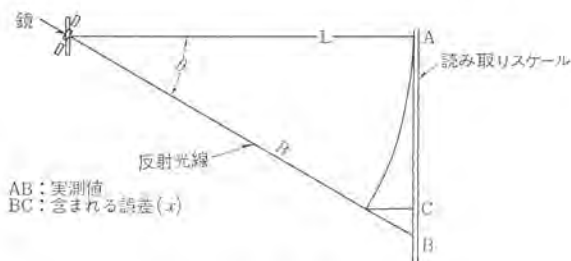


図 3.4 測定誤差  
Fig. 3.4 Error of measurement.

$R$ ;  $M, B$  間の距離

さらに誤差が含まれるところとしては、鏡自体がバイメタルとおなじ動作をするので、鏡はバイメタルの湾曲量だけ読み取りスケールに近づく。このために式 (3.4) の  $L$  は  $L - D$  となり、倍率  $K$  は式 (3.6) のように修正される。

$$K = 2(L - D)/l \quad \dots(3.6)$$

$D$ ; バイメタル の湾曲量 (mm)

以上述べたおのおのの誤差を計算し、総計してみると、スケールの上で 1/180 程度になる。すなわちこれがこの装置の精度である。

すなわち、この装置による測定は振動などで輝線の位置が変わることがなければ、相当に精度良く測定できることを示している。

## 4. 動作解析

### 4.1 動作特性

3章に説明した装置でサーモスタットをもつ機器の制御動作とおなじ動作を行なわせ、読み取りスケール上に現われる輝線の動きから、サーモスタットのバイメタル先端部と、これによって動かされ制御動作をする接点部の動作を調べることができたので、以下に述べる。

#### 4.1.1 バイメタル先端の湾曲

バイメタルのさらされている温度と、その湾曲量の関係は、バイメタルの種類による係数、および接点ナベ板のナベ圧などの要素によって変わるが、これらはサーモスタットの動作を規定する要素ともなるものである。



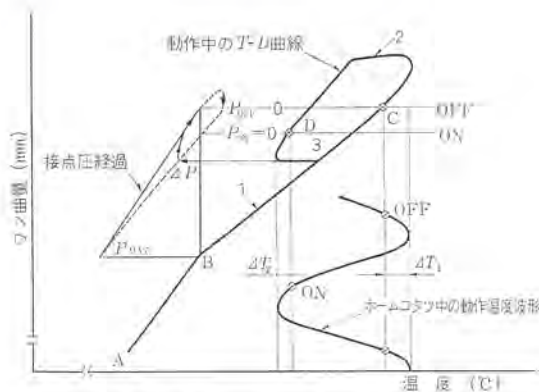


図 4.1 温度とワッ曲量との基本曲線  
Fig. 4.1 Typical curve of temperature-deflection (slow type thermostat).

バイメタルのワッ曲  $D$  は次の式 (4.1) で示される。

$$D = KTL^3/t \quad (4.1)$$

ここで バイメタル の厚み ( $t$ )、長さ ( $L$ ) は サーモスタットの寸法できまり、 $K$  は バイメタル の種類で決定するワッ曲定数である。この試験で取りあげた サーモスタット は図 2.1 であって、バイメタル 先端はある温度に上昇してはじめて接点 バネに接する形式であるので接するまでと、接して以後の動作は次に述べる変化をする。

図 4.1 は徐動式 サーモスタットの温度とワッ曲量との関係についての測定から描かれた基本動作曲線である。これについて説明をすると、AB 間は無負荷の バイメタル のワッ曲経過であり、この間は バイメタル の先端は自由の状態である。B 点は接点 バネに バイメタル の押し ガラス が接触した点であり、これ以後の バイメタル は、接点 バネのバネ 圧に対して押しとげる動作をする。BC 間は接点 バネを押ししているときの経過である。C 点は接点が開いた点、すなわち OFF となり電流は断たれる。そして接点が開くと温度が降下しふたたび ON する。この点が D 点である。D 点で接点が開路し加熱が始まると、ふたたび バイメタル の温度は上昇し、ワッ曲して接点を開く。この点が C 点である。

動作中は サーモスタットの接点が開閉し制御動作をするが、バイメタル 先端のワッ曲と温度との関係は基本動作曲線のようにループを描き、その温度波形は図 4.1 に示したようになる。

#### 4.1.2 接点バネ板のタワミと接点圧

サーモスタット が実際に制御動作をしているときの接点の接触圧の変化を、この測定装置で得られた結果から想定すると図 4.1 に示す接点圧経過曲線となる。すなわちバイメタル 先端の押し ガラスが接点 バネに接するまでは接点の接触圧は変わらず、接触後、温度上昇してバイメタル が接点 バネ板を押すにしたがい接点接触圧は減少し、ついに離れて OFF となる。したがって接点の接触圧は B 点およびそれまでが最大であり、OFF する点  $P_{OFF}$  でゼロとなって閉路し、 $P_{ON}$  の点で ON となってふたたび閉路し導通する。このとき図 4.1 に示すように、この結果からは、 $P_{OFF}$  の点は  $P_{ON}$  の点よりワッ曲偏位が大きくなっており、ON 点と OFF 点が偏位上同じ位置にないことに、とくに注目されたい。

実際に動作するとき、図 4.1 の温度波形をとるから基本動作曲線の ループは C—2—D—3 の変化となり、このときの接点の接触圧力の変化は  $P_{OFF}$ — $P_{ON}$ — $\Delta P$ — $P_{OFF}$  の経過をたどる。

同一の サーモスタット でも、その使用条件が異なれば動作は変わり、基本動作曲線も変わるため、接点の接触圧経過も変わる。ここで重要なのは、動作中の接点接触圧は、常温中で測定される接点 バネ板のバネ 圧とは異なり、非常に少ない値であり、これを知らず

に使用することは、接点を少ない接触圧で使用する結果、寿命の短い使い方をする危険性がある。したがって実際動作中にどの程度の圧力をもって接点が開閉しているかを常に チェック する必要がある。簡単にはこの装置によらずとも制御波形を測定すれば推測できる。

#### 4.2 基本動作特性曲線を定める要因

いままで図 4.1 で説明に使ってきた特性曲線は一つの例であって、サーモスタットの形が異なると必然的に変化する。すなわちサーモスタット を構成する各部品が異なれば、動作特性は変化する。具体的には、バネの力、バイメタル の力などがその要素であるが主としてバネに基づくことが多い。

##### 4.2.1 バイメタルがバネ板を押している間の経過

温度上昇により バイメタル がワッ曲して、その先端の押し ガラスが可動接点 バネ板に接すると同時に、バイメタル にはバネのもっている圧力がかかり、バイメタル はこの力にたいして、接点を開くまでワッ曲を続ける。すなわち、この間もバイメタル の温度が上昇するとともに偏位は発生している。この偏位はバイメタル 自由状態の偏位に比べて少ない。

この間に発生する偏位量を決定するものは、温度上昇によって発生する バイメタル の熱応力もこれにあづかっているが、バネの形状からくるバネの個性といったものによって大きく変わる。可動接点 バネ板の形状を図 4.2 (a) にふたたび示し、また図 4.2 (b), (c), (d) にその動作を図解した。図 4.2 (b) において可動バネの自由端に荷重が加わっていないとき (図 4.1 の AB 間) は A 位置で示され、バイメタル 押し ガラスが可動バネを押して接点が開く瞬間 (図 4.1 の C 点) は B 位置に示されている。さらに  $\Delta T_1$ °C だけ温度上昇したときの可動バネの位置は C 位置に示され、このとき接点は完全に開く。

図 4.2 (b) で A 位置から B 位置まで偏位を与えるとき、接点部には偏位が発生せず、閉路のままバネの腰部に力点と逆向きの偏位 (A', B' 間) が発生する。さらに自由端に接点が開く方向に偏位を与えるとこのときはじめて腰部には力点と同方向の偏位

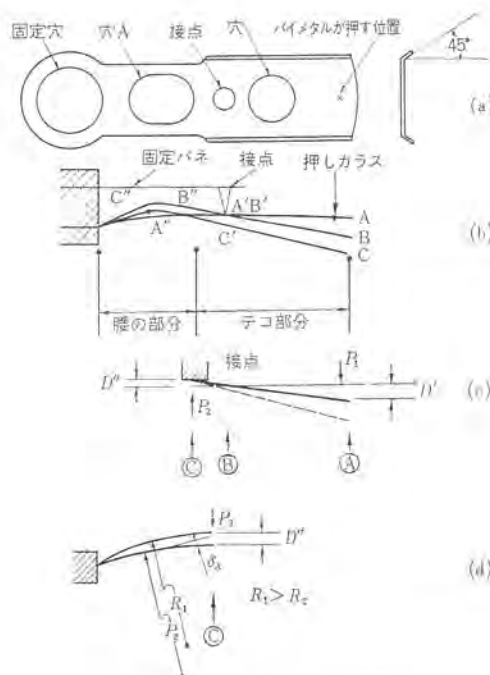


図 4.2 可動接点バネの動作分解図  
Fig. 4.2 Illustration of spring movement.



が生ずる。

このような動作をする可動接点 パネは図 4.2 (b) に示すように二つの動作要素が合成されたように構成されていると考えられ、可動接点 パネの腰の部分にはパネとして働き、縁折り加工のある部分は接点を支点としたテコの動作をするものとみてよい。

この関係は比喩的に説明するのに図 4.2 (c), (d) を使う。図 4.2 (c) で A はバイメタルの力  $P_1$  が働く位置であり、B に接点がある。C は上記のパネの腰の部分の中央であって図には示されていないが、その左方にパネの固定部があることになる。いま、バイメタルの力  $P_1$  を加えれば接点 B を中心に回転し、バイメタル側に  $D'$ 、パネの腰の側 C に  $D''$  の偏位が生ずる。パネの腰の側で  $D'$  以上の偏位が許されないときは、バイメタルの側で  $D'$  以上の偏位を与えると、図中で点線で示されるように接点 B は離れる。これと同様の動作が実際のパネの働きにあるが、ここで示した  $D'$  に対する  $D''$  の割合、 $P_1$  に対する  $P_2$  の大きさは、使用されたパネによって異なる。このために動作特性の線の傾きがサーモスタットのパネ寸法パネ常数から決定される。一般にバイメタルの押す可動接点パネが強いと、この線の傾きは水平となり、弱いと立つ傾向にある。

#### 4.2.2 サーモスタットの ON 点と OFF 点

サーモスタットの ON 点と OFF 点は常識的には同一温度にあり、またバイメタルの偏位から考えても同一の点にあると考えるのが普通である。しかし、実際には ON 点は OFF 点よりも数度温度が低い。そして偏位量も同一の点ではない。

徐動式サーモスタットは、その構造上、バイメタルが接点のついた可動接点パネ板をゆっくりと押し開くものであるため、バイメタルの押しガラスと可動接点パネ板の間の摩擦力は、その動作に影響を及ぼす。すなわち、両者間の摩擦力が大きければ、バイメタルの押しガラスと可動接点パネが接してのち、この摩擦力に打ちかかって動き出すのに必要な力は熱応力であるために、必要とする温度変化は大きい。この力は押しガラスと可動接点パネがはじめて接したときはもちろん、OFF して温度が降下するとき、また ON して温度が上昇するときにも必要である。これが、動作特性曲線が四辺形のルーズを描く理由である。したがって、この摩擦力の相違は特性曲線のルーズの形を変え、もし摩擦力のない形を考えたときはルーズはできず、直線変化のみとなる。この形は一般に設計のときに用いられる計算式のみの姿であるが、実際とのへだたりは大きい。

前項でも述べたように、動作特性を決定するものは主として可動接点パネ板であるというのはこれらの理由によるもので、とくに摩擦力の変化はサーモスタットの動作の波形を変える原因である。すなわち、可動接点パネが強ければ一般にルーズの形は大きくなる。これにしたがい ON 点と OFF 点の温度幅は広くなって、制御することによってできる温度波形は山の谷の大きい、ピッチの長いものとなる。また可動接点パネが弱ければルーズの形は小さくなって波形の山と谷は低く、ピッチの短いものとなる。

上記のことを、制御の波形のみから考えれば、弱い可動接点パネを用いた制御波形の細いものの方が良いことになるが、一般に接点の接触圧力は低く、接点の開閉回数の多いものとなって長期の使用に耐えないものとなる。

サーモスタットとして望まれる要素のうち、動作の安定性、耐久性からみれば、山と谷の大きさは実用上、その機器に許される程度に大きく、開閉回数もできるだけ少ないものが望ましいが、この

ためには、バイメタル先端の押しガラスと可動接点パネとの接触圧力がある程度大きくし、ルーズの形を十分に作って使用し、ON した後の温度の降下と、OFF した後の温度の上昇を適度にもたせて用いることが望ましい。

徐動式サーモスタットを用いた機器で、必要以上に接点開閉回数を多くしたものがみられるが、このようなサーモスタットの用い方は、耐用年数が短いばかりでなく、短期間にサーモスタットに課せられた、機器の温度を一定温度に保つ役割すらはたせない動作の不安定なものとしてしまう危険が大きい。

### 5. 速動式サーモスタットの動作特性

いままですら徐動式サーモスタットについて、いろいろと実測値に基づいた動作特性の解析について述べてきたが、この章では、サーモスタットのもう一つの方式である「速動式サーモスタット」の動作特性について述べてみることにする。

#### 5.1 速動式サーモスタットの構造と動作

速動式サーモスタットの接点開閉機構は、反発パネまたはバイメタルの機構中の死点を利用して、高速度で接点を開閉させるもので、接点の開閉速度、負荷電流およびその動作特性は開閉機構の構造によって変わる。

速動式サーモスタットの一例を図 5.1 に模型的にしめす。模型図について説明すると、固定接点、パネ板および感熱部であるバイメタルは固定台に固定されており、開閉動作をする可動接点パネは固定接点パネと対向するように位置し、一端を支点として反発動作できるように取り付けられ、可動接点パネ板とバイメタルにかけられた伸張パネによって死点を構成するように組み立てられている。

図 5.1 について速動式サーモスタットの動作を説明すると次のようになる。

常温において可動接点パネは伸張パネによって上向きに力を受けるために、可動接点パネに取り付けられた接点と固定接点は高い接触圧をもって図 5.1 (a) のように接触している。温度が上昇すればバイメタルは下方に湾曲し、図 5.1 (b) のように死点に近づく、さらに温度が上昇すれば図 5.1 (c) のように伸張パネがバイメタルを引く点 R と可動接点パネ板を引く点 S を結ぶ線が死点 P を越えるので可動接点パネ板は反転し、接点が開く。接点が開いて電流を断てば、冷却に移り、バイメタルの湾曲はもとにもど

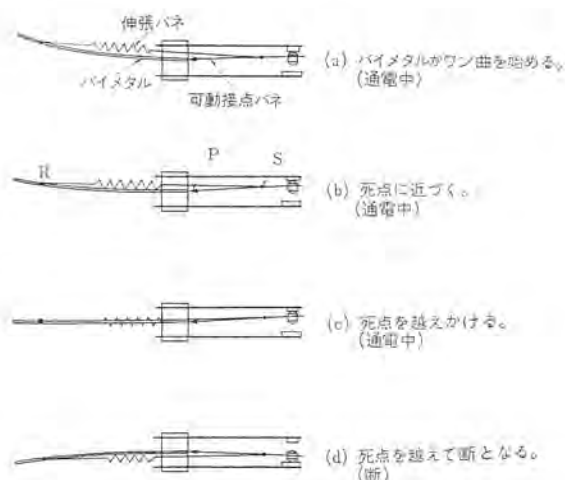


図 5.1 速動式サーモスタットの動作分解図  
Fig. 5.1 Illustration snap-action thermostat device.



って、ふたたび可動接点 パネ 板は死点を越え、急速に接点を閉じ、この動作を繰返し温度を制御する。

## 5.2 バイメタル先端の動作

このような動作をしている速動式 サーモスタットの バイメタル 先端の運動を解析すると、図 5.2 のようになる。

すなわち速動式 サーモスタットが常温  $A$  から温度上昇すれば、バイメタル 先端は動作範囲を規制されている可動接点 パネ と伸張 パネ でひっぱり合っているため、この力に抗しながらつ曲する。温度  $T^{\circ}\text{C}$  になってつ曲が  $B$  点になったとき、可動接点 パネ 板は死点  $B$  を越えて急速に反転する。このとき バイメタル は伸張 パネ により、今までとは逆に引かれるため、偏位量は瞬間的に増大し、 $C$  点に移る。このため接点は開き加熱は止まるが バイメタル は熱慣性で  $\Delta T_1$  だけ温度上昇したのち、温度は下降に移る。これにしたがい バイメタル のつ曲は減少し死点  $D$  に向う。  $D$  点でふたたび可動接点 パネ は死点を越える。このとき バイメタル は伸張 パネ の力により、偏位量が瞬間的に減少するため、反転して  $E$  点に移る。この偏位量で接点は閉じ加熱は始まるが バイメタル の熱慣性で  $\Delta T_2$  だけ温度が降下したのち、ふたたび温度は上昇に移る。これにより バイメタル のつ曲は死点  $B$  に向い、この動作を繰り返す。

バイメタル はこのように動作するため、図 5.2 にあるように温度と偏位の関係は ルーラ を描く。これが速動式 サーモスタットの基本動作曲線であり、死点  $B$  付近に回路の開く OFF 点があり、死点  $D$  付近に回路の閉じる ON 点がある。

## 5.3 動作中の接点圧

実際の接点の接触圧力の変化は図 5.2 に示すようになる。速動式 サーモスタットの機構は、前にも述べたようにバイメタル と可動接点 パネ 板は反発し合っている機構であるので、接点の接触圧力は常温から接点圧  $P_{RT}$  をもつが、温度が上昇すると発生するバイメタル のつ曲によって接点圧は  $P_{RT}$  から徐々に減少する。そして  $P_E$  を経て死点  $B$  で接点 パネ は反転し  $P_{OFF}$  でゼロとなる。接点が開くとバイメタル は熱慣性  $\Delta T_1$  だけ上昇した後に冷却に移り、死点  $D$  を経て接点 パネ は反転するため、接点は急速に接触し、ON となる。すなわち接点の接触圧は  $P_{OFF}=0$  から一挙に増加して  $P_{E1}$  になり接点は閉じ、加熱ははじまるが熱慣性で  $\Delta T$  だけ温度が降下するので接触圧  $P_{E1}$  からわずかに増加し  $P_{E2}$  となる。その後ふたたび温度は上昇するので、接点の接触圧も  $P_{E2}$  から  $P_{E1}$  の方向へ移動し、 $P_{OFF}=0$  の点に向う。  $P_{OFF}=0$  になると可動接点 パネ は反転し、急激な偏位が発生し接点が開く。速動式 サーモスタットの動作中の接触圧はこのような接点圧経過を繰り返す。

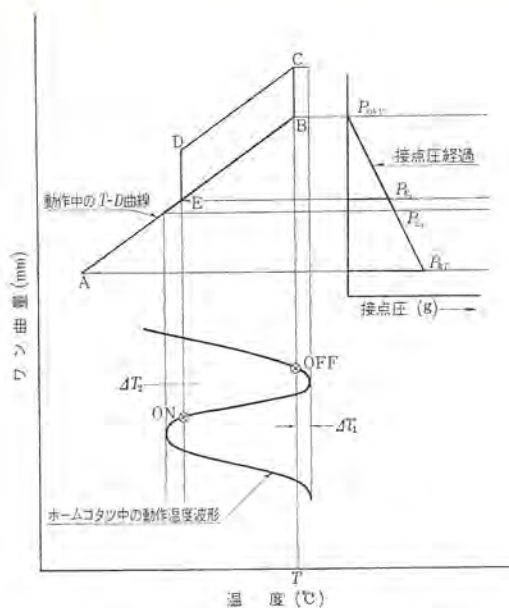


図 5.2 温度とつ曲量との基本曲線  
Fig. 5.2 Typical curve of temperature-deflection (snap action thermostat).

返し、ON したときに急激に接触圧が発生することに特長がある。

以上のように速動式 サーモスタットは徐動式 サーモスタットに比較して、接点の開閉速度が早いので負荷電流を大きくとれ、火花放電の持続時間が短く接点の寿命が長い。

## 6. む す び

バイメタル を用いたサーモスタットは、ほかの温度の制御方式に比べると非常に安価であるし、意外に制御特性がよいものである。工業用分野にも水銀 スイッチ や電磁継電器と連動して用いられているのもこのためである。

しかし構造が簡単で安価であってもその動作は単純ではなく、またその製作にも意を用いなくてはならない。ことに徐動式では、制御動作は非常に微細で、ある暖房器の使用条件では接点の開いた距離は数十 ミクロン 程度のこともある。したがって、よいサーモスタットを作るのに必要な事項は、慎重な部品の製作と、細心の組立および完璧な温度設定の管理である。そしてまた、よいサーモスタットを作るには、それによって制御する温度特性のはあくど、それを満足する動作解析に基づいたサーモスタットの設計が大切である。

(昭 39-9-8 受付)

## 変圧器用鉄心材料(その2)

清水英範\*・丸谷領一\*

### 5. 鉄心構造

#### 5.1 鉄心接合部の構造, 組合せ

一般に変圧器を大形と小形に分けると, 小形の一部には巻鉄心を用いるものもあるが, そのほかは, ほとんど積鉄心を用いている<sup>(18)</sup>。

積鉄心は, 従来図 5.1 のように タンザク 形鉄心がもっぱら用いられていたが, 方向性 ケイ 素鋼帯の出現に伴い, その方向性を有効に利用するため, すなわち圧延方向と直角方向に磁束が通ることのないようにするために額縁形鉄心が用いられるようになった。この接合部の構造について, H. Brechna の行なった興味ある実験結果があるので紹介する<sup>(19)</sup>。

図 5.2 に示すように, 熱延 ケイ 素鋼板と方向性 ケイ 素鋼帯を用い 4 種の接合方式につき, 単相変圧器の場合について実験している。この実験結果によれば方向性 ケイ 素鋼帯を使用した場合, 45° 接続に比べ, 90° 接続は 8~10% 鉄損が多くなる。また 45° 接続と 30° 接続と比較すると 2~6% 後者のほうが鉄損が多い。また 45°, 90° 交互接続は, 45° 接続に比し, 5~7% 多くなる。

このように方向性 ケイ 素鋼帯を使用した場合, 45° 接続にすることの効果は明らかであるので, 変圧器の大小を問わず, ほとんど全部がこの 45° 接続方式を用いているが, 反面この方式は, とくに三相の場合切り取って捨てる クズ 部が多いため材料の有効利用という見地から, 45°, 90° 交互接続 (図 5.2 の (4)) を接合部の一部にとり入れるという方法も考えられている。

#### 5.2 鉄心構成方法

##### 5.2.1 外鉄形鉄心と内鉄形鉄心

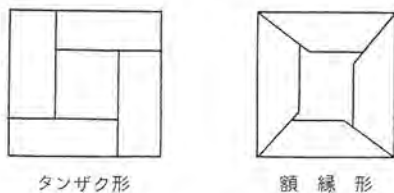


図 5.1 単相変圧器鉄心の接合方式

一般に変圧器は, 外鉄形変圧器 (Shell Form Transformer) と内鉄形変圧器 (Core Form Transformer) に大別されるが, 両変圧器には, それぞれ特長があり, 各製造者も独特の技術で外鉄形変圧器, 内鉄形変圧器を製造している。その形状はそれぞれ図 5.3, 図 5.4 および図 5.5 のごとくであるが, 鉄心構造上から見たその利点, 欠点を列記すると次のごとくなる。

##### (1) 鉄心締付機構

鉄心締付機構としては, 内鉄形は鉄心に ボルト 孔をあけ ボルトで締め付けているが, 外鉄形は, 上下タンクの フランジ によって, 幅方向全面に均一に締め付けている。その結果としては次のごとき欠点を生ずる。

(a) 内鉄形は, ボルト 孔付近で磁束がさえぎられるため局部的な磁束の集中および方向性のかたよりが生じ, 鉄損が増加する。外鉄形には, このようなことはない。

(b) 内鉄形は, ボルト 孔のカエリが大きいとウズ電流損または鉄心の波うちによる鉄損増大を生ずる傾向があるので注意を要する。

(c) ボルトによる鉄心締付は局部的であるため, 鉄心層間の振動を十分に抑制できないことがある。このため, 騒音の原因となりやすい。また局部的に締付力が集中するため, ヒズミ を発生しやすく, 鉄損増加の原因となる。

(d) ボルト 部を流れる磁束は大半が, そこで方向を変えるが, 一部は漏れて ボルト を横切るため ボルト 内に電圧が発生し, これによる ボルト 絶縁物の損傷あるいは, ウズ電流による熱損失などが起こる危険がある。とくにこれは ボルト を何列か並列に使った場合に生ずることであるが, この対策として ボルト を 1 列にしたリ, ボルト 孔を小さくして解決策としている。

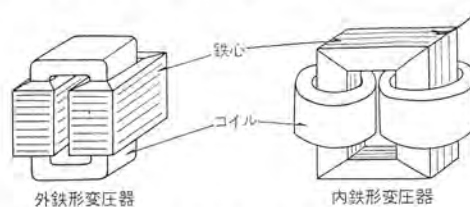
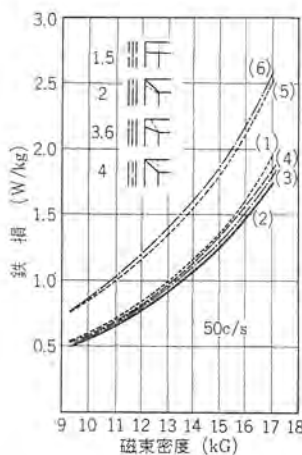


図 5.3 外鉄形変圧器と内鉄形変圧器（単相）



(注)  
(1) 方向性ケイ素鋼帯での 90° 接続  
(2) 方向性ケイ素鋼帯での 4mm 重ね 45° 接続  
(3) 方向性ケイ素鋼帯での重ね 30° 接続  
(4) 方向性ケイ素鋼帯での 45°, 90° 交互接続  
(5) 熱延ケイ素鋼板での 90° 接続  
(6) 熱延ケイ素鋼板での重ね 30° 接続

図 5.2 各接合方式における鉄損特性



図 5.4 外鉄形鉄心 (120 MVA, 3φ)



図 5.5 内鉄形鉄心 (15 MVA, 3φ)



## (2) 鉄心形状

外鉄形の鉄心形状は、きわめて単純であって、幅寸法は1種のみであり長さ寸法も多くて4種程度であるので、切板の製作が簡単で鉄心組立も容易である。このため、製品の工作上の変動要素がきわめて小さく、加工ヒズミに敏感な方向性ケイ素鋼帯に対しては有利である。

また、同容量の内鉄形に比べ、幅寸法は小さく（たとえば100 MVA程度で外鉄形は210 mm程度であるのに対し、内鉄形は600~700 mmとなる）ヒズミ取り焼鈍が完全に行なわれ、広幅にみられる幅方向の焼鈍不均一というようなことはない。

## (3) 冷却効果

外鉄形変圧器の鉄心は幅がせまく、積み高さが高い構造で、その高い積層面がすべて冷却面積となっている上に、油流に完全にさらされているので、冷却効果はきわめて良好である。

これに対して内鉄形は鉄心断面において鉄心幅と積み高さがほとんど同等であるため、冷却面積が小さい。鉄心表面は絶縁皮膜でおおわれているので、この方向への熱伝達はいきわめて悪く、ほぼ10:1である。このため内鉄形鉄心は、積み高さあるいは幅方向に分割して、冷却ダクトを設けることがあるが、これは締付機構の複雑化を招くこととなる。

## 5.2.2 段重ね接続鉄心 (Step lap joint core)<sup>(20)</sup>

アメリカの Westinghouse 社で特許出願のなされたものに、Step lap core というのがある。これは、普通の積鉄心の接合図を図5.6のごとく、層ごとに少しずつ、づらせていったもので、特性は現在広く用いられている重ね接続鉄心 (lap joint core) に比べすぐれているが、工作法が複雑となるため、積鉄心にはあまり使

われていない。しかしながら、巻鉄心（ただし cut core に限る）には、これと同じ考え方を採用したものが多いようである。図5.7に段重ね接続鉄心の特性例をのせる。

## 5.2.3 巻鉄心 (Wound Core)<sup>(21)(22)</sup>

巻鉄心は電子機器用の超小形のものから、電力用の数百 kVA 程度まで広い分野で使用されている。その形状は環状のもの、方形のものなど種々あるが2,3の例を図5.8に示す。巻鉄心に注意を要することは、内径と外径の差が大きいと内側と外側の境界の強さの違いにより、ヒステリシス曲線などが本来の特性と変わってくるということである。しかしながら巻鉄心はケイ素鋼板の方向性を最も巧みに応用している例であるということができ、特性も、接続部のある積鉄心に比べ、一般にすぐれている。また工作法も比較的容易に能率よく行なうことができ、その応用分野は今後、広まることはあっても、せばまることはないであろう。

## 5.2.4 放射状鉄心 (Radial Core)<sup>(23)</sup>

放射状鉄心とは、図5.9のように多数の薄い幅の異なる鋼板を三角状に結合し、それを放射状に結合したものである。

この円柱状の脚鉄心とその外周にコの字形の継鉄群を配列して構成する放射状鉄心は、鉄心高さを著しく低くできること、外鉄形変圧器のフォームフィット構造に似て、タンク寸法が軽減され油量少なく、製品重量が減少することから、大形変圧器の輸送問題解決策として、きわめて有効な方法であるが、中央円柱鉄心の製作が、きわめて困難であるため、製品に適用された例はあまりない。三菱電機では、接着鉄心技術を応用して交流電気機関車とう載用変圧器の鉄心を製作し、優秀な磁気特性を得ている<sup>(24)</sup>。

## 5.2.5 ラセン形鉄心 (Involute Core)<sup>(25)</sup>

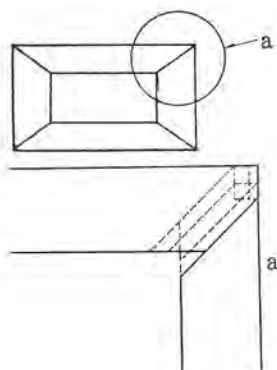


図 5.6 段重ね接続鉄心

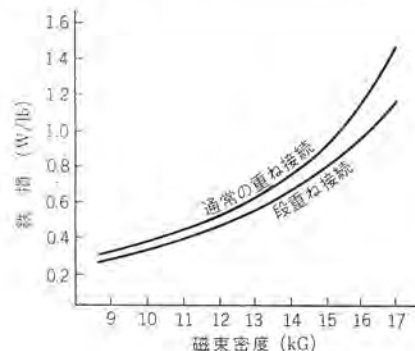


図 5.7 段重ね接続鉄心の特性

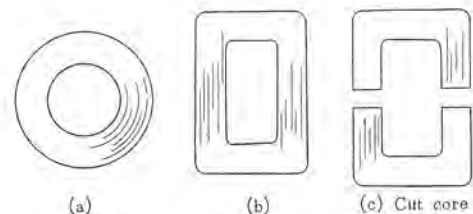


図 5.8 巻鉄心

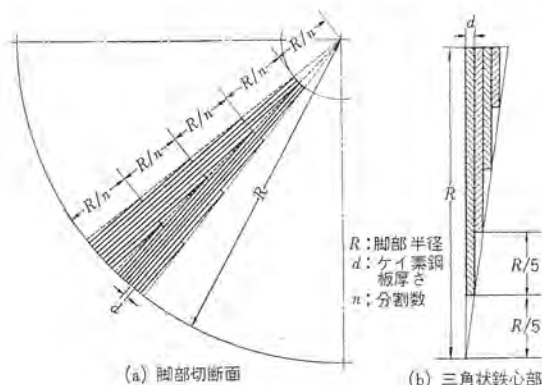


図 5.9 放射状鉄心断面図

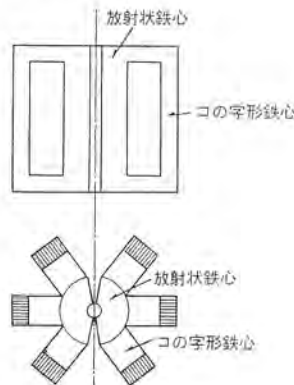


図 5.10 単相放射状鉄心

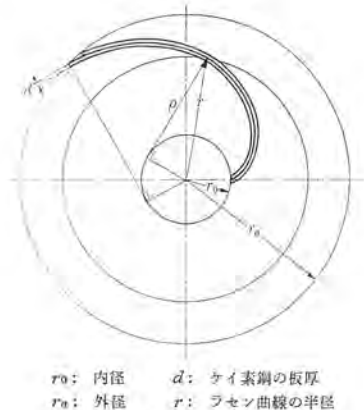


図 5.11 ラセン形鉄心



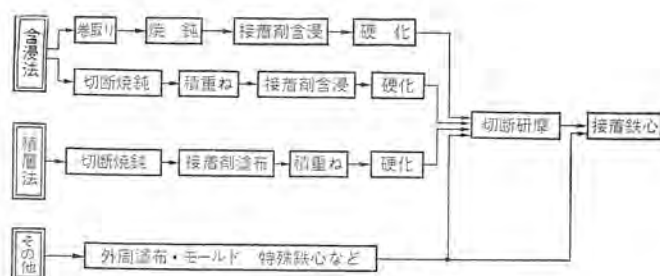


図 5.12 接着鉄心製造法

ラセン形鉄心とは、図 5.11 に示すように鋼板をラセン状に巻いて作った鉄心で、圧延方向にのみ磁束が通るように考慮したものである。もちろん、この鉄心の目的とするところは、ケイ素鋼帯の方向性を有効に利用するところにあるが、そのほか鉄心の重量が軽減されるという利点を有し、BBC での製造結果では平均約 10% の減少をきたしている。この鉄心の大きさの限度は鋼板の幅によって決まるが、現在、最も普通に使用されている 760 mm 幅の鋼帯では外径約 600 mm のものまで製作可能で、これは約 30 MVA の変圧器用鉄心に相当する。

### 5.3 接着鉄心<sup>(20)</sup>

#### 5.3.1 接着鉄心の利点

接着鉄心に関する研究は、各国において古くから試みられてきており、その実用例も少なくないが、近年高分子接着剤の急速な品位向上と供給量増大に伴い、いっそう工業化の研究が進められてきている。

変圧器接着鉄心の目的とするところ、あるいは実益とされるものをまとめると

- (a) 積層鉄心の磁気振動を直接、あるいは間接に抑制することにより変圧器騒音を低減することができる。
- (b) 積層鉄心を固着、一体化することにより、鉄心とコイルとの組合わせ作業が単純、迅速になる。
- (c) 変圧器鉄心積み作業を機械化することがきわめて容易となる。(すなわち、現在広く行なわれている、1 枚ずつ鉄心を積み上げる作業に比べ、切板の固着、成形など比較的容易に機械化することができる。)
- (d) 内鉄形変圧器鉄心は、一般にボルト締めを行なうが、接着鉄心ではその必要はなく、そのための磁気特性劣化はまったくなくなる。
- (e) 工作上の管理しにくい要素、たとえば鉄心のつぎ目の大小、ボルト締付のいかなど、ある程度、作業者の任意性にまかされている要素が少なくなり、製品成績が安定、向上する。
- (f) 鉄心各部を分割することにより、変圧器の分解輸送が容易になる。

#### 5.3.2 製法

接着鉄心の製法は鉄心構造によって異なるが、これを大別すると図 5.12 のように含浸法、積層法、その他とに区別できる。もちろん両方法の組み合わせにより、特殊形状の接着鉄心とすることもできる。

#### 5.3.3 接着剤

接着鉄心の接着剤は、一般の接着剤としての特性のほか鉄心の電気磁気的特性に悪影響を及ぼさないことが必要で、大体、次



図 5.13 電磁シャ断鉄心（タンク内周壁に見える）

の諸項目を満足することが望ましい。

- (a) 接着強度が大で温度特性が良好なこと。
- (b) 適当な粘度を有し、含浸、塗布が容易にできること。
- (c) 絶縁抵抗が高いこと。
- (d) 接着硬化の際の発生 ヒズミ が少ないこと。
- (e) 膨張係数が金属に近いこと。
- (f) 劣化性、耐油性などが、すぐれていること。

しかし、これら全項目を満足することはむずかしく、相反する性質を示す場合が多いが、これらの条件に近いものとしては、無機系のものより有機系のもののほうが、取り上げやすい。

代表的なものとしては、エポキシ系、ビニール系がよく、皮膜のないケイ素鋼帯間では  $300 \text{ kg/cm}^2$  以上の接着強度を有し、皮膜ありでは、 $120 \text{ kg/cm}^2$  程度となる。

#### 5.3.4 注意すべき事項

ケイ素鋼帯を接着硬化して巻鉄心とした際に、ケイ素鋼板と接着剤の熱膨張係数の差ならびに接着剤自身の硬化収縮により、内部応力が発生し、鉄心の磁気特性が劣化することはよく知られている。また積層鉄心製作時の締付、および組立時の圧着などの外部応力によっても特性が劣化する。

これら応力による特性劣化は、接着鉄心において、最も注意すべきことである。

#### 5.4 電磁シャ断鉄心

これまでに述べてきた鉄心とは用途の異なるものではあるが、漂遊磁束によって変圧器タンク壁内などに生ずる損失を減少するために、漂遊磁束と直角に積層鉄心を並べた電磁シャ断鉄心ともいうべきものがある。

図 5.13 にタンク内壁に配置された当鉄心の様子を示すが、これは原則として漂遊損の問題になる大容量変圧器にのみ付け、小容量のものには付けていない。

## 6. 鉄心の製作

### 6.1 変圧器鉄心製造工程

変圧器鉄心の製造工程は、普通図 6.1 に示される順序で行なう。すなわち、最初標準幅 (760 mm または 915 mm) のコイル状の鋼帯が、2~5 トンの大きさにこん包して入荷される。これを使用者側では要求する幅に幅切りした後、台形などの形状に切断する。内鉄形変圧器の場合は、ボルト孔を打ぬく。しかる後、切断工程に加わった機械ヒズミを除去するために約  $800^\circ\text{C}$  の温度で焼鈍する。このようにしてでき上がった薄板に必要な応じて表面抵抗値を増加させるため、ワニスなどの絶縁皮膜を塗布し、焼





図 6.1 変圧器鉄心製造工程



図 6.2 幅切り装置 (Gang Slitter)

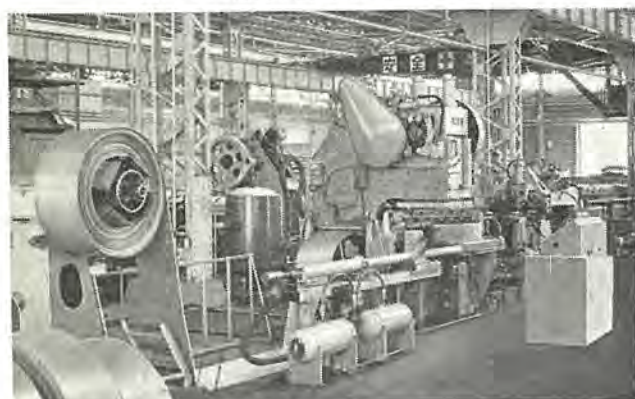


図 6.3 切断装置 (Oscillation press)

付乾燥後、組立工場に運び込まれる。

以下、切断ラインおよび焼鈍について、個々に述べる。

## 6.2 切断ライン

### 6.2.1 幅切り装置 (Gang Slitter)

幅切り装置は、一例として図 6.2 に示すように、標準幅から最上の歩どまりになるように、幅切りする。カッタを適当に組み合わせることにより任意の幅、任意の条数に幅切りできる。

### 6.2.2 切断装置 (Oscillation Press)<sup>(27)</sup>

鉄心切断ラインの一例を図 6.3 に示す。

これは鋼帯を連続的に切断することにより、作業性の向上をきたし、切断寸法・角度の精度も向上する。外鉄形鉄心の場合は、鉄心幅が 1 種であるので、とくに工程の能率化が可能である。内鉄形鉄心の場合は、このほかにボルト孔を打ち抜く。

## 6.3 焼 鈍<sup>(28)(29)</sup>

前述のように方向性ケイ素鋼帯は、機械ヒズミに対して敏感であるため、切断加工完了後にはヒズミ取り焼鈍を、施すことが要求される。

通常ヒズミ取り焼鈍は、ペル形炉または連続炉によって行なわれ、ガスまたは電気を熱源に用いるが、焼鈍ふんい気制御の容易さの点から、電気炉が主として用いられている。焼鈍条件の焼鈍効果に及ぼす影響は非常に大きく、鋼帯製造者、使用者ともに多大の関心を集め、種々の検討を行なっている。

ケイ素鋼は炭素、硫黄などの不純物によって、著しく磁気特性が

劣化するので、焼鈍は普通窒素、水素などの非酸化性ふんい気で行なわれるが、ここにアメリカの ARMCO 社の推奨する焼鈍条件を紹介することとする<sup>(30)</sup>。

### (1) 焼鈍ふんい気

N<sub>2</sub> 90～95%、H<sub>2</sub> 5～10% のできるだけ乾燥したふんい気を推奨している。とくにカーライト皮膜処理のしてある鋼帯の場合は、水素量の多いふんい気を用いてはならず、10% 以下にしなければいけない。それより多くなると、カーライトは高温において分解される。

### (2) 焼鈍温度

被焼鈍物の最低温度部分において、790℃ であることが最もよく、この温度に 1 時間以上保持しなければならない。

また、温度を下げるときは 10～20℃ 時がよく、急冷してはよくない。

要点は以上のごとくであるが、その他鉄心の大きさ、量などによっても条件が変わってくるため Mass Effect を考慮しながら十分注意して焼鈍しなければならない。冷却速度によっては、かえってヒズミが加わり、特性を劣化させることすらある。

焼鈍効果は鉄心の形状、材質、加ツイ(歪)の程度によって一定ではないが、通常の電力用変圧器(鉄心幅 50～300 mm)についていえば、方向性ケイ素鋼帯の場合で約 15～30% である。

## 6.4 加工組立による鉄損増加<sup>(31)(32)</sup>

### 6.4.1 概 要

鉄心を焼鈍してから、製品として組立が完了する間には種々の機械ヒズミの加わる要因があるが、この鉄損増加の割合を知るのに普通、鉄損増加率 (destruction factor) なるものが用いられ、これは次式によって表わされる。

$$df = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \times 100 \quad (\%) \quad \dots\dots\dots (6.1)$$

ただし、df: 鉄損増加率

W<sub>0</sub>: 焼鈍後 エラストイン 試験器または定尺試験器で求めた単位重量あたりの鉄損値 (W15/50)

W<sub>1</sub>: 製品変圧器の単位重量あたりの鉄損値 (W15/50)

この式によって得られる鉄損増加率は、変圧器形状、大きさなどによって一定ではなく、数%に押えることが可能な反面、鉄心取扱いかんによっては、40% 前後の値にまでなりうるものである。しかしながら式 (6.1) からわかるごとく、鉄損増加率は加工中の機械ヒズミによるもののほかに、素材コイル内およびコイル間特性の変動度、鉄心構造 (単相・三相・外・内鉄形の区別、鉄心回路の特殊性、接続部形状、持続ひん度、鉄心幅、ボルト孔の形状、数量、成層の 1 回あたりの積み枚数などの要因もはいつている。

この章においては、これら要因は考えないこととし、機械ヒズミによる原因のみについてふれることとする。

### 6.4.2 機械ヒズミ (外部応力) の種類

機械ヒズミを加える行為を分類すると次の二つに大別でき、おのおの次のような内容を持っている。

#### (1) 加工のため、必然的に行なわれるもの。

焼鈍時の底板または仕切板の湾曲によるもの、鉄心の加圧によるもの、購入鋼板に存在する波打ち、湾曲、巻きぐせ、測波、トッ



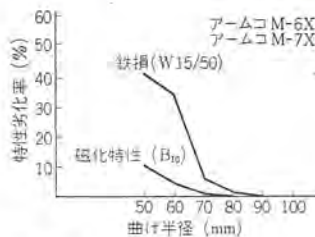


図 6.4 曲げ応力による劣化

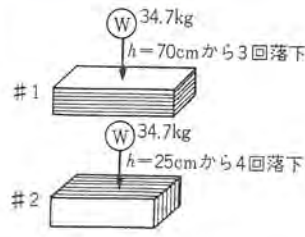


図 6.5 衝撃試験

わ(凸凹)などのため鉄心積みの際生ずるヒズミによるものなど。

(2) 取扱中の不手ぎわによるもの。

鋼板の運搬や積換時の変形、鉄心積みのときの変形によるものなど。

また、これを外力の加えられ方によって分類すると次の(a)、(b)になるが、それぞれ応力の大きさによって、弾性域、塑性域の両域に分かれる。

(a) 外部応力(衝撃も含む)が加えられるが、後ではその応力が除かれる場合(焼鈍によってヒズミを除く場合は除く)

- ・鉄心損のとき、端部をそろえるために加えられる衝撃
- ・運搬や鉄心積みのときに加えられる曲げ応力
- ・鉄心を落したり、鉄心の上に重量物を落したための衝撃
- ・保管中に板を高く積んだために加えられる圧縮応力 など

(b) 外部応力が加えられたままの場合

- ・鉄心を加圧するために加えられる圧縮応力
- ・焼鈍時に生じた永久変形のため、鉄心にしたとき加えられる曲げ応力
- ・購入時からあった各種変形のため、鉄心にしたとき加えられる曲げ応力
- ・鉄心積みのとき、変形させて積んだため、加えられる曲げ応力
- ・切断カエリのあるまま積んだため、加えられる曲げ応力など
- ・以上のごとく数多くの外部応力が加えられる機会が多いため、

鉄心組立に際してはこれら応力による特性劣化の程度を知るとともに、その応力が加わらないよう対策をたてることが重要である。

#### 6.4.3 機械ヒズミの特性に及ぼす影響

機械ヒズミの特性に及ぼす影響について、上記(a)、(b)の分類にしたがって試料による実測結果を紹介する。

(a) 外部応力が加えられるが、後では取り除かれる場合  
曲げ応力

図 6.4 は 0.35 mm 厚の鋼帯(アムコ M-6X, M-7X)を 30×280 mm の エラストイン 試料に切断し、各半径を有する輪の外周に沿わせた後、力を除いて、25 cm エラストイン 試験器で測定した結果である。これにより、曲げ半径 80 mm 程度以下になると、外力を取り除いた後でもその影響が残ることがわかり、注意しなければならない。なお半径 80 mm は、ほぼこの鋼板の弾性限界応力に相当する。

#### 衝撃

衝撃による特性劣化は、応力が弾性限界以下で永久変形を残さない場合には、ほとんど影響しない。

たとえば、35 kg 程度の重量物を図 6.5 #1, #2 のごとく落下させたところでは、#1 で W15/50 が 4.2%、 $B_{10}$  が 0.6%、#2 では、W15/50 が 0.3%、 $B_{10}$  が 1.0% の劣化を見た。

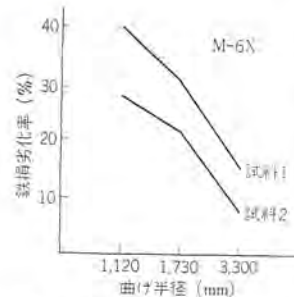


図 6.6 曲げ応力の影響 (1)

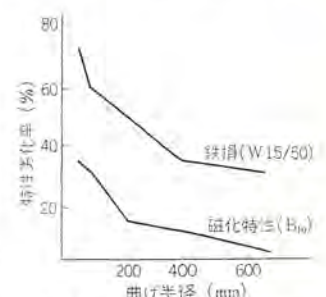


図 6.7 曲げ応力の影響 (2)

これにより、鉄心積みのときの、端部をそろえるための ハンマ 叩きは、注意すればほとんど影響がないことがわかる。以上のごとく、一度は外部応力が加えられても、あとでは取り除かれる場合には、その応力が弾性限界以下であれば、応力が

取り除かれた後では、ほとんど特性が劣化しないことがわかる。

(b) 外部応力が加えられたままの場合  
曲げ応力

図 6.6 は、弾性限界応力より小さい曲げ半径で エラストイン フック 中に、そう入して測定した結果であり、図 6.7 はそれより小さい曲げ半径の影響を知るため、各半径に曲げた状態で焼鈍し、測定時には平タンに延ばして エラストイン 試験器で測定したものである。このように応力が加えられたままの場合は、たとえ曲げ半径が大きくても特性劣化の度合いは大きく鉄心積みのときは、極力、曲げ応力の加わらない平タンな状態で積まれるよう注意しなければならない。

#### 圧縮応力

変圧器鉄心は、加圧されないで用いられることはほとんどないので、この圧縮応力の影響を知ることは重要である。

板面に直角に加圧する場合単純な圧縮応力のみでなく、積層される鋼板に波打ちや湾曲、あるいはせん断によるカエリなどがあると、圧力を加えて平タンにするため、その変形部分には、曲げ応力が加えられることとなり、そのほか加圧することにより層間抵抗が小さくなるなどの影響も含まれる。

図 6.8 に鉄損・層間抵抗について圧縮力の影響を記す。これにより、通常の鉄心締付圧付近(3 kg/cm<sup>2</sup> 前後)では、締付圧が少し変化してもあまり影響ないことがわかる。しかし極度に变化すればその影響は、じん大となる。

以上のごとく外部応力の影響について、代表的な 2, 3 の実験結果を紹介してきたが、これにより、方向性ケイ素鋼帯がいかにヒズミに対して敏感であるかがわかることと思う。鋼帯取り扱いに細心の注意を払わなければならないゆえである。

#### 7. 変圧器の騒音<sup>(33)(34)(35)</sup>

近年、電力需用の増加に伴い、大容量変圧器の開発および大容



量変電所の都市周辺における設置などにより、変圧器の騒音に対する一般の関心が高まってきた。

この関心にこたえるため、製造者、使用者ともに騒音低下の問題と、とりくんできているわけであるが、ここでその騒音の発生原因と対策について概要を述べる。

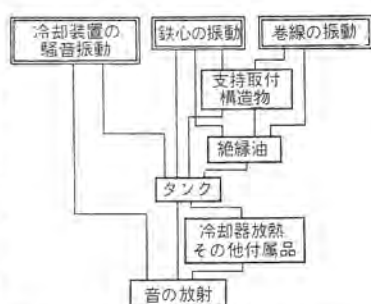


図 7.1 変圧器騒音の発生と伝達経路

変圧器の騒音源として考えられるものには次の 4 項目がある。

- (a) ケイ素鋼板の磁歪振動によるもの
- (b) 鉄心の継目、各成層間に働く磁気力に基づく振動によるもの
- (c) 巻線導体またはコイル間の電磁力に基づく振動によるもの

(d) 強制冷却の場合のファン、ポンプの発生する振動によるもの  
このうち、(b)、(c) については、変圧器の設計、工作両面で慎重に行なえば、問題とするに足りない小さな値とすることができる。(d) については、変圧器の騒音としてはむしろ 2 次的なもので、騒音レベルの低いファン、ポンプを使用するようにしなければならない。しかしなんといっても鉄心の磁歪振動によるものが変圧器騒音源の主体であり、これをいかにして合理的にしかも経済性に合致した手段で低減させるかということが、当面の研究課題である。

次に、これら騒音源の伝搬経路を図示すると図 7.1 のようになる。この図で注目すべきことは、中身と外箱との間の伝搬に 2 種類あって、その一つは鉄心と外箱の底部との直接の接触を通して行くものと、他の一つは油を介して行くもので、その伝搬量もほぼ相等しいということである。

これらのことを考慮に入れて、現在とられている騒音低減対策を考えて見ると次の四つの方法に大別できる。

- (1) 騒音源自体の騒音エネルギーを小さくする方法
- (2) 伝搬経路中で減衰させる方法
- (3) 外箱の振動を抑制する方法
- (4) 外部に放射される前にシヤ音する方法

これら個々についてみると

- (a) 騒音エネルギーを小さくする方法

騒音エネルギーを小さくするには、ケイ素鋼板の磁歪を少なくすることである。その一つとして、磁束密度を下げる方法が考えられるが 1,000 gauss 低下させても 2~3 dB 程度しか下がらず、これは鉄心重量を増大させることにより、経済性の点から限度がある。また鉄心材料の選択により磁歪の低減もはかれるが、実際には鉄損・励磁電流等の点から、大容量器は必然的に方向性ケイ素鋼板を使用することになる。

- (b) 伝搬経路中で減衰させる方法

磁歪などによる振動エネルギーが鉄心や支持物を介し直接伝搬される場合、そのエネルギーの伝達を減少させるため、防振ゴムまたはスプリングを用いる方法であり、騒音低下のためには、重要な手

段ではあるが、期待しうる量は、せいぜい 5 dB 以下である。

- (c) 外箱などの振動を抑制する方法

外箱の高調波共振部分をなくし、振動エネルギーを減少させる方法である。

- (d) 外部に放射される前にシヤ音する方法

変圧器の騒音低下策として、とられる方法は前述のように (a) ~ (c) 項までであるが、このシヤ音する方が最も効果的である。

この方法としては変圧器本体に取り付ける方法と、外部に設置する方法とがある。変圧器本体に取り付ける方法としては、タンク内に取り付けるシヤ音板があり、外部に設置するものとしては、変圧器の周囲にへい(塀)を設けて、その方向の騒音を低減するものである。

以上のように騒音対策としては、いくつか考えられるわけであるが、上の (a) ~ (c) 項を総合しても 10 ホー 以下であり、(d) 項が最も効果的である。

最近の傾向としては、20 dB までの低下方法としてはシヤ音構造タンクを用いており、20 dB 以上の場合は、シヤ音構造タンクとシヤ音壁の併用または、シヤ音箱方式がとられている。

## 8. ケイ素鋼帯の磁気特性測定法<sup>(36)</sup>

変圧器に用いられるケイ素鋼帯の磁気特性としては、交流磁化特性および鉄損が主として取り上げられる。

これらの特性を測定するには、25 cm エプスタイン試験器が用いられ、JIS (日本工業規格) に正式に規定されている。しかし、これは 30 mm 幅×280 mm 長さ程度の試料に切断したものを約 2 kg 使用するいわゆる破壊試験であるため、日常の鋼帯管理には最適とはいえず、また、取り扱いもめんどうである。

このような欠点を補い、日常の鋼帯管理に適するものとして開発されたのが、定尺試験器である。

### 8.1 25 cm エプスタイン試験器<sup>(37)</sup>

試料は、30 mm×280 mm のもの約 2 kg を用い、試験ワタにそう入し、図 8.1 に示す回路によって試験する。

交流磁化特性の測定法は、所定の磁化力  $H$  に相当する  $V_{Jh}$  に対する二次誘起電圧  $V_f$  を読み式 (8.1)、(8.2) によって求められる

$$H = \frac{0.4\pi N_1 I_c}{l_2} = 10 I_c \frac{E_{Jh}}{0.44 f M} \quad (\text{Oe}) \quad (8.1)$$

$$B = \frac{E_f \times 10^8}{4.44 f N_2 A} - \frac{H(a-A)}{A} \quad (\text{G}) \quad (8.2)$$

ただし、 $H$ : 磁化力の波高値 (Oe)  $l_2$ : 見かけの磁路長=88 cm  
 $N_1$ : 一次コイルの巻数=700  $I_c$ : 励磁電流の波高値 (A)

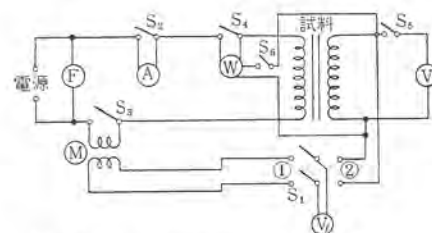


図 8.1 25 cm エプスタイン試験測定回路

(W) 電力計 (V) 実効値電圧計 (V<sub>h</sub>) 磁束電圧計  
(A) 実効値電流計 (F) 周波数計 (M) 相互誘導器  
S<sub>1</sub> ~ S<sub>6</sub> 開閉器



$E_{fh}$ : 相互誘導器の二次誘起電圧による磁束電圧計の読み (V)

$f$ : 周波数 (c/s)  $M$ : 相互誘導器の相互誘導係数 (H)

$B$ : 磁束密度の波高値  $E_f$ : 二次コイルの誘起電圧による磁束電圧計の読み (V)  $A$ : 試料の断面積 ( $\text{cm}^2$ )

$a$ : 二次コイルの実効断面積 ( $\text{cm}^2$ )

また鉄損測定は、所定の  $B$  に相当する  $E_f$  を与え、このときの電力計の振れ  $P$  と実効値電圧計の読み  $E$  とから式 (8.3)、(8.4) によって計算される。

$$E_f = 4.44 f N_2 B A \times 10^{-8} + E_{fa} \quad (\text{V}) \quad (8.3)$$

$$W_c = \frac{(P - E^2/R) \times 100}{h + (E/E_f)^2 e} \quad (\text{W}) \quad (8.4)$$

ただし、 $E_{fa}$ : 空ゲタ磁束による二次コイルの誘起電圧 (V)

$W_c$ : 正弦波での値に換算した試料の鉄損 (W)

$P$ : 電力計の読み (W)  $E$ : 二次コイル誘起電圧による実効値電圧計の読み (V)  $R$ : 実効値電圧計、磁束電圧計および電力計、電圧コイルの合成抵抗 ( $\Omega$ )  $h$  および  $e$ : 鉄損中に占めるヒステリシス損とウエス電流損の百分率で 0.35 mm 厚の方向性ケイ素鋼帯の場合  $e: h = 60:40$

## 8.2 定尺試験器<sup>(35)(39)(40)</sup>

前述のエラストイン試験器は国内外において規格にとり入れられ、広く標準試験法として用いられているが、破壊試験であるため試料にヒズミが加わること、取り扱いがめんどうであること、抜取試験、品質管理などには不適当であることなどから、ケイ素鋼帯を素材形状のままで測定する装置について研究が進められ、今日では、広く品質管理用として用いられている。ただし、商取引用などには 25 cm エラストイン試験器を用いる。

この定尺試験器は、鉄損測定法としては次の三つに大別できる。

(1) 鋼板内平均磁束密度を所定値に保って鉄損を測定する方法

(2) 差動的に鋼板内均一磁束密度部分の鉄損を測定する方法

(3) 鋼板内均一磁束密度部分測定法

ここでは (2) の差動法に例をとって、その原理を述べることにする。図 8.2 (a) は測定回路を示し、(b) は測定に際しての鋼板内磁束密度分布の変化状態を示す。

測定法は次のごとくである。

図 8.2 (a) において連動開閉器  $S$  を補助測定用コイル  $A$  側に閉じ、一次側電源電圧を加減し、鋼板を磁化する。鋼板中均一に磁化される部分に設けられた磁束密度検索用コイルに結ばれた磁束電圧計  $V_f$  の指示により、所要磁束密度 (1-2-3-4) に対応する鉄損  $W_A$  を算定する。次に連動開閉器  $S$  を試験測定コイル  $T$  側に閉じ、前述と同一操作により、磁束密度・分布 (1-2-3'-4') に対応する鉄損  $W_T$  を算定する。

もし、(イ) (3'-4') 曲線が (3-4) 曲線と同一傾度で下降する。

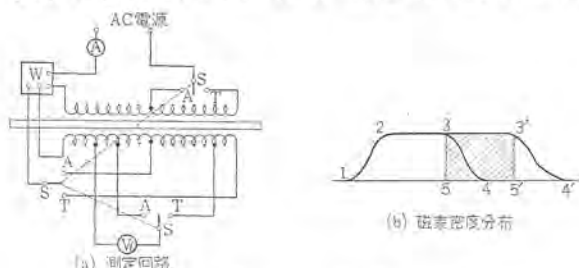


図 8.2 差動形定尺試験器の原理

(ロ) 図 8.2 (b) において、磁束密度・分布 (3-4-5) に対応する鉄損と、磁束密度・分布 (3'-4'-5') に対応する鉄損とが相等しい。この 2 条件が成立すれば、所要の鉄損値  $W$  は、(3-3') 試料長に対する重量を  $M$  とすれば

$$W = \frac{W_T - W_A}{M} \quad (\text{W/kg}) \quad (8.5)$$

で求められる。

この方法によれば、鉄損測定の誤差は多くて、2% 程度である。また鋼帯を何 m かの長さで切断して測定する現在の方法に対して、鋼帯のまま切断しないで連続に鉄損値を測定する連続鉄損測定法とでもいふべきものが当社において研究、開発をされており、実用段階にきている<sup>(41)</sup>。これによれば鋼帯内の特性のバラツキも管理でき、完全な非破壊試験でもあり、同時に鉄損値を (W/kg) の単位で直読できる回路をそなえることにより<sup>(42)</sup>、いっそう正確で能率的な特性管理が期待できる。

## 9. む す び

変圧器鉄心に用いられる材料および外部応力による鉄心の劣化に重点をおきながら、鉄心構造等についてその概略を紹介してきた。1933 年 N. P. Goss によって、発明された方向性ケイ素鋼板は、その後、急速の進歩を遂げ、変圧器など誘導機器鉄心材料として不動の地位を固めるにいたった。

磁気特性について見れば、鉄損など、 $W_{15/50} = 0.95 \text{ W/kg}$  (0.35 mm 厚) のものまで、入手可能となり、鉄損値としては大体行きつくところまで行きついたと考えられる。

今後、この鋼帯に要求されることは、主として

- (a) 鋼帯長さ方向および鋼帯間の特性のバラツキの安定化
- (b) 飽和磁束密度の増大
- (c) 磁ツイの低減
- (d) 価格の低減
- (e) 形状 (厚さの変動、変曲度、など) の改善
- (f) 絶縁皮膜 (安定性、密着度、抵抗値の増大など) の改善

などであり、今後に待たれるものが多い。また、現在、ちょっと足踏み状態にある方向性ケイ素鋼帯については、今後、価格が安くなり、量産できるようになれば、変圧器鉄心構造に今一度改革をもたらすであろう。

## 参 考 文 献

- (18) 和田:「芝浦技報」20, 309 (昭 16)
- (19) H. Breshna: Bulletin Oerlikon 324, 70
- (20) B. B. Ellis: USA patent case No. 31, 141.
- (21) 板垣:「電気雑誌 OHM」45, 66 (昭 33)
- (22) 萩野・清水:「三菱電機技報」35, 68 (昭 36)
- (23) A. Meyerhans: The Brown Boveri Review 43, 187 (1956)
- (24) 伊藤・清水:「三菱電機技報」36, 19 (昭 37)
- (25) U. Grossen: The Brown Boveri Review 49, 230 (1962)
- (26) 伊藤・清水:「三菱電機技報」36, 1 & 19 (昭 37)
- (27) Redman Tools & Product LTD: Machine Shop Magazine, Jan (1961)
- (28) Wagner Elect. Corp.: Elect. World, Dec (1960)
- (29) 和田:「東芝レビュー」8, 988 (昭 28)
- (30) U. J. Gibbons: ARMCO Memorandum Jan (1957)
- (31) 野口: 未発表論文
- (32) 野口: 昭 38 電学連大 S, 3-4
- (33) 渡辺:「電気公論」9, 49 (1962)
- (34) 久保田:「電気公論」9, 42 (1962)
- (35) 木村:「変圧器の設計工作誌」139 (昭 36)
- (36) 成田: 電気試験所研究報告 566, 47 (昭 33)
- (37) 日本工業標準調査会: JIS C2550 (1961)
- (38) 池田・成田: 電気試験所彙報 21, 1 (昭 32)
- (39) 電気学会ケイ素鋼板専門委員会: 電気学会技術報告 17, 1 (昭 32)
- (40) 電気学会ケイ素鋼板専門委員会: 電気学会技術報告 8, 8 (昭 30)
- (41) 野口・土屋:「三菱電機技報」37, 94 (昭 38)
- (42) S. C. Leonard: AIEE 29 (1957)



## 技術者・研究者と技術情報

金 常 実\*

## 1. ま え が き

朝、満員電車で揺られて出社すると、業界新聞が机の上に配られている。きのう、読み残した技術雑誌が、しおりをのぞかせて積んである。その他にも社内レポートがあり、2週間前に参画した委員会の議事録が届いている。さて、どれから目をとおそうか。

このようにして、技術者・研究者の会社での一日が始まる。なんのへんてつもない、どこでも見うけられる情景であろう。

ここで述べようとするのはほかでもない、技術者・研究者のまわりの、このなんでもない情景をつくりだすための技術——技術情報管理——についてである。すなわち技術者諸氏が必要とする技術情報を集め、蓄積し、提供することを目的としたスタッフワークであると、のみこんでおいていただきたい。あなたの引き出しなり、机の上に置かれている技術資料は、ほとんど例外なく技術情報管理スタッフの手を経て、お手もとに届けられているはずである。

ほんとうは技術情報管理も他のスタッフワークと同様、利用者側はそのもの自体はなににも知らなくてよく、ラインの人達は、ただ、そのアウトプットをうまく使いさえすればそれでよいものであろう。われわれ情報管理スタッフも、担当職務が技術者・研究者にとって水か空気のように、生きるうえに不可欠のものでありながら、日常は意識されないとこまで到達することを願っている。

反面、技術者・研究者におかれても技術革新の進度にペースを合わせ、あるいは追いぬくために、全世界における新情報の発生に絶えず注意を払っておくことを要請されている以上、好むと好まざるにかかわらず、必要情報の媒体である技術資料が会社の機構上、どのように収集され、個々の利用者のもとに届けられるかを知っておき、最大限にその機能を活用することが必要であろう。

このような現状にかんがみて、ここでは技術情報管理そのものよりも、これをつかさどる情報管理部門の「利用のしかた」ということに重点を置いて、説明を試みてみよう。ただし、各企業間で共通と思われる範囲にとどまるので、サービスの行ない方の詳細については所属のしかるべき部門に出向かれ、直接、担当者に説明を求められるのがよいと考える。

## 2. 組 織

技術情報管理をうんぬんする際に、まず、とりあげなければならないのはその組織である。

技術情報管理部門は端的にいうと、事業所の図書室の管理を担当していることが多い。これは図書室に蓄積した、あるいは図書室に集まってくる技術情報を基本軸とすれば、あとに述べるような対利用者活動を行なうことが有利になるからである。この情報管理部門と利用者層のつながりは、その機能上組織対人(利用者個人)になっている点、他の企業内組織が部門対部門になってい

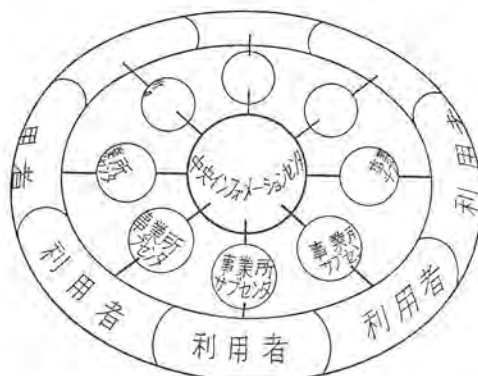


図 2.1 企業内における情報管理ネットワーク

ることと比べて、ユニークな存在となっている。さらには本社部門に、中央インフォメーションセンタ的な機能を有するセクションが設けられ、各事業所の情報管理部門は、ここを軸に相互の連けいを維持している形態をとることが多い(図 2.1)

情報管理部門が、こうした社内ネットワークを形成し運営することにより、個々の利用者はより広範囲、かつ、完全な技術情報の供給を受けることができるようになる。このことについてはおいおい説明していく。

## 3. 利用者の情報要求モード

## 3.1 関連分野での新情報のサーチ

さて、技術者・研究者は上に述べた情報管理組織をどのような目的で利用されるだろうか。

まず自分の担当する分野における進歩や傾向を、つねにおさえておきたいという要求から、新着の図書・雑誌、はては新聞にまで目をとおしておこうという目的にそった情報の探し方があろう。われわれは、このような要求モードを「関連分野での新情報のサーチ」と呼んでいる。

これにこたえて情報管理部門は、新入着図書の紹介をしたり雑誌の回覧、コンテンツサービス、抄録配布サービスなどを行なっている。

しかし、察するところ、利用者諸氏は多かれ少なかれこの種のサービスについて、欲求不満を持っておられるようである。なにか自分の知らない新事実が、なにかの形で発表されているのではないか、というわけである。情報管理技術の分野で「情報の流れの習性を掌握する」ことを重要視しているのは、ひとえに、この不安をとり除こうという意図にほかならないが、そのことの困難さを示す一つのデータを紹介しよう。(図 3.1)

図 3.1 は電気工学およびエレクトロニクス分野での関係論文の雑誌別分布である。(科学技術文献速報、電気工学編からのデータ) このカーブは Science Abstract Sec. B “Electrical Engineering” をデータにして作成したカーブとも、ほぼ一致するのであるが、これから「電気・電子工学分野における公表有用文献は、上位 300 種の雑誌中にその 80% が掲載される」ということ、および「残



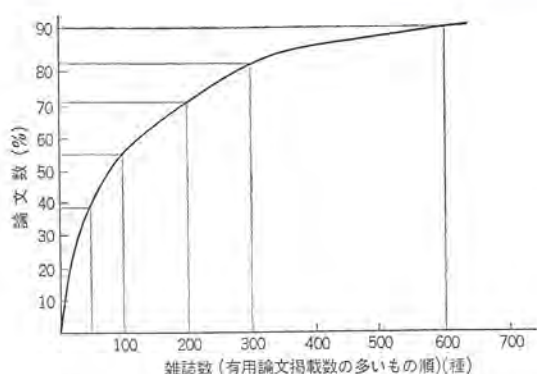


図 3.1 電気・電子工学分野における有用技術文献の雑誌別分布

り 20% の有用文献を手元で押えようとするれば(実際には不可能であるが)下位 400 種の技術雑誌を手に入れなければならない」という、二つの示唆をくみとることができる。

通常、企業なり研究機関で継続して購読する技術雑誌は、予算の範囲内で科学的にであれ、経験的にであれ、グラフで示した上位何十位までかの雑誌が選ばれて利用者の目にふれているわけであるが、それではカバーできない有用文献の存在が利用者の不安の因になっているわけである。しかし予算のツカがあるとはいえ、それを口実に、残りの何十パーセントかの有用文献から技術者・研究者をかくくしておくことはスタッフとして許される態度ではない。優先順位からすれば、非常に低い雑誌に研究のポイントとなるような論文の出ていることもあろうから、「予算の許すかぎりの範囲内で有用雑誌を購読する」という消極的なサービスのみでは、サービスどころかかえって損失を招くこともあるからである。

このような悩みは情報管理部門が例外なく抱いているといえる。つまり限られた費用で、より広範な情報をカバーしようとするれば、どうしても、ぶつかるかべといえよう。

関連分野の全雑誌を入手することは上のような事情で不可能であるとして、はかにもっと容易で、かつ全雑誌入手と同等の効果を実現する代用品はないであろうか。

このような要求を満たすものが、2 次資料といわれるものである。これは文献そのもの、論文そのものを個々にばらして、抄録あるいは Bibliography の形で再生産し、もとの文献の代役をさせようとするものである。数万語で構成される論文も、再生産後は 500 語程度までにコンデンスされるから、情報探しをする方にとっても非常に好都合なわけで、読みたいときには原文がすぐ手に入る保証があれば、雑誌よりも便利な場合もありうる。

たとえば日本科学技術情報センタが発行している科学技術文献速報は、総数 3,600 の技術雑誌を、電気・電子工学分野のみでは約 700 種の技術雑誌をバックグラウンドにして、抄録サービスを行なっている。であるから、文献速報の電気工学編を購読すれば、それ 1 冊で 700 冊の雑誌を購読しているのと同じことだという理屈もなりたつ。このメリットに目をつけて、1 事業所で数冊まとめて購読し、情報収集の効果をあげている企業もある。

このように抄録誌は世界的な技術交流の傾向とあいまって、ますますその存在価値を発揮してきている。文献速報以外にもイギリスの Science Abstracts、アメリカの U. S. Government Research

Report などが、同分野で著名であるが、他の分野のための抄録誌にも折にふれて目をとおす機会があれば、新情報のサーチはまた一段と精度を増すことになるであろう。

「新情報のサーチ」に関して、もう一つダメを押すとすれば、それは特許情報の探索と、一般的な抄録サービスではカバーできていない範囲の刊行物の探索がある。特許情報についての説明は別の機会にゆずるとして、後者にいますこしふれてみよう。これは非売の交換雑誌 (House Organ) あるいは、発行部数の少ない大学官公立研究機関から定期・不定期に刊行される研究報告などである。これらを情報源とする有用情報が比較的多いだけに、情報管理部門はいかにしてその所在を知り、入手し、利用者に伝達するかが大きな使命であると心得ている。入手できた情報は、他の技術雑誌と同様の方法、すなわち回覧とかコンテンツサービスなどで、利用者に PR を行なうのであるが、こうした希少価値のある情報については図 2.1 で示した中央インフォメーションセンタが集中掌握し、2 次資料化ののち、あらためて各事業所へフィードバックするやり方で、有効に利用しようという動きもみられるようである。

### 3.2 特定主題についての重点的サーチ

技術者・研究者にとって、もう一つの情報を捜す動機があると思う。たとえば論文を読んでその巻末参考文献欄に示された論文を、いもづる式にたぐるときや、一つのテーマで研究を開始するにあたって、関連ある文献をできるだけ多く集め、それを消化することによって研究のスタートラインを明確にしようとするときなどがある。つまり「特定主題について深く捜す」やり方である。

このときでも前項で説明した新情報のサーチのための諸手段を逆の方向から利用することによって解決することもできるが、このような場合は探索する範囲が、年代的に古いものから新しいものまで及ぶし、さらに購読中の雑誌の中の文献だけでおさめることはまれであるから、一情報管理部門だけですべてを調達することは困難となる。ここに情報管理部門が、あらかじめめりめぐらせておいたネットワークの役にたつ機会が生まれる。

一般的には、ねらいの文献へのアプローチは、第 1 ステップとして自部門蓄積資料内でのチェック、次に本社インフォメーションセンタへの照会による社内他事業所関係部門での所蔵の有無のチェック、最後の手段として社外の文献提供を業とする機関への依頼という順で進められる。もし利用者の運が良ければ、社内ですぐ求めるものが調達できて、2・3 日中に手元に届くが、運が悪いと社外のインフォーマルな方面にまで手を回さなければならず、意外に時日を要することもある。しかしいずれにしても入手は可能であると考えてよい。

ところで、どうしても入手が不可能ということもある。その理由の大きなものとして、求める文献のアドレスが不備の場合がある。担当者は往々にしてこれに泣かされているので、ひとつ論文を発表する機会のあるむきの自覚を促したい。

ひとことで言って参考文献欄の記載には不完全なものが多い。たとえていえば郵便の表書きに「東京都 池田様」と書くのに似た無神経なものも見受けられる。これでは郵便局で手のうちようのないのは当然であろう。あらゆる可能性を推測して捜しまわり、どうにか求めるものに行きあたることもあるが、みつかったこと



自体フロック以外のものでもなく、このような良い結果を常時期待するのはムシが良すぎるのである。われわれの文献探索の手だては、(1) 著者、(2) 表題、(3) 掲載誌名・図書の場合は書名および出版社名、(4) Vol. No. 発行年月、ページなどである。発表論文の参考文献欄に、これらの事項を明示する習慣（あえて習慣というコトバを使おう）はわれわれスタッフの仕事は円滑にするという以前に、読まなければならない文献の激増している今日において、技術者が他の技術者の文献探しの手間を省くという相互助け合いの精神にかかったものではないであろうか。

## 4. 知識の供託

以上社外の技術情報について情報管理部門がどのようなサービスを行なえるかについて、ひととおりのことを述べた。

今度は同じ資料システムではあるが、利用者の協力をお願いする必要のあるものを紹介する。

話はいささか古くなるが、いま「情報管理」というコトバがわれわれの職務内容を表現しているとして、前身にあたるコトバは「ドキュメンテーション」であった。これは技術資料管理と訳されていたのであるが、戦後の書物・文献が少なく、すべてが貴重視されていた時代がその背景となっていた。いわば資料＝情報という公式がなりたっていたといってもよく、収集した資料をそのままシステムの中に取り入れても、さしたる不都合は生じなかった。そのような状況からドキュメンテーションの中味も「資料の処理のしかた」に重点が置かれ、利用度・有用度に対する意識は低かったように思える。

ところが今はどうであろうか。技術資料のはんらん時代である。そしてその中で有用な情報となるものは、ほんの数パーセントにすぎないであろう。実に、資料＝情報＋紙クズであり「いかに無数の資料の中から有用情報を探し、蓄積し、再活用しに備えるか」が新しい問題として提起されている。「情報管理」というコトバが創造された（外国には対応するコトバはない。純然たる日本語である）のも、従来のドキュメンテーション技術に加えて「評価機能」をも重要視し、情報流通ルートの中に組み入れようという意図の現われであると考えてさしつかえない。（他にもいくつか情報管理というコトバに付随して再確認された機能があるが、説明は省略する。）

ところで、この「評価」を行なうには相当な知識・経験が必要である。とくに各技術者・研究者の担当が専門化・細分化する傾向のある今日では、スタッフ部門における情報評価は非常にむずかしい。その上評価ということ自体が、そもそも事後においてのみ可能なものであって、事前においては厳密な意味での評価は困難である点、また事後の評価においても、それをどのくらいの期間について、またどれだけの広がりて評価するかによって結果が異なってくるといったあいまいなものである点とあいまって、いずれの情報管理部門においても多かれ少なかれ、この問題については頭を悩ませているのが実情である。スタッフとしてドキュメンタリストとか、インフォメーションスペシャリストという名で呼ばれる、知識経験豊富な技術者を置く動きは、この問題を少しでも良い方向に導こうとの意図にほかならない。

本題にはいろいろ。能力の点からみて最も適切な評価を下しうる人はだれかという、いうまでもなくその情報を消化する立場にある人、すなわち技術者・研究者自身である。であるから企業として蓄積する情報は、一度、技術者・研究者の頭脳というフィルタを通ったものになるように情報の流れを制御すれば、情報管理部門でむだな紙クズをためこむという愚は避けることができよう。

しかし技術の本務は研究・開発・設計である。もし、情報の評価を分担することによって、それら本務に支障をきたすようなことがあれば、これは角をためて牛を殺すのとえどおり意味のないことであろう。チョットした配慮が、情報管理部門のルールに集積されて、いざというときに大きな働きをするように維持されるシステムが最も望ましい。次にこのような「知識の供託」によってささえられている企業内システムの典型を二つ紹介する。

### 4.1 有用文献管理システム

回覧されてきた技術雑誌の中から興味ある文献を見つけたとすると、今すぐ読むかも知れない。また、いつか暇ができたときに読もうということになればメモにその文献のアドレスを書きつけたり、自分なりの文献カードをこしらえたり、さらに用心深い性格の人だとコピーを請求するであろう。もちろんここまでで当面の目的を果たせたといえることができるが、いまひと息手を伸ばして「なぜ目にとまったか」というポイントを2, 3行でもよいから書きつけて情報管理部門に知らせてほしい。コピーが入用なればその旨書き添えておけばよい。これだけのことで情報銀行への預金は成立するわけである。このように何百人かの技術者・研究者が預け入れた預金（有用文献）は、必要に応じてふたたび利用者に提供される。たとえば特定主題に関する文献を何千、何万の文献から検索すると、自分の預託した文献以外に、思いがけず他の技術者の触角にふれた同一テーマの文献が出てくるようなことが起こってくる。いわば利子とでもいおうか。

このようにして、ひとりでに評価というプロセスを経た有用文献のルールができあがり、いざというときには、これが強力な武器として研究開発を支援することができるようになるであろう。経済機構中の銀行が、預金者からわずかずつでもお金を預かり、一定のまとまった金額にしたのち、拡大再生産の用に提供し、ひいては社会の繁栄をもたらすように、情報銀行も研究開発に対して機能することを期待したい。

一方情報管理部門では、このようなシステムを円滑に運用するためにマイクロフィルムシステムや、機械検索を応用して、タイミングの良い銀行業務（照合の受付、迅速な検索サービス、コピーの提供）を行なう。すでに実用の段階までできているコンピュータによる文献検索は、情報管理業務の合理化とスピードアップに大きく寄与することが予想される。

### 4.2 社内レポートシステム

技術者・研究者の頭脳というフィルタを通過しての情報の再生産を重要視するときに忘れてはならないのは、社内レポートシステムである。技術者・研究者の企業内における使命はいうまでもなく「創造」であり、これが企業の要求する「研究・開発」と結びついて、製品の形でこの世に姿を現わし、ひいては人間社会の福祉の向上に寄与することにもなる。創造の度合いが飛躍的なものか、



現状からの「ワンステップアップ」という程度のものかは別として、このサークルになんらの参画もできない技術者・研究者がいるとすれば、彼はもはや技術者・研究者の名に値しない一介の職人にすぎないであろう。

さて技術者・研究者の創造力が、究極には製品に実を結ぶとして、その間どのようなプロセスを通るか、ということを考えてみたい。

研究の開始から製品化にいたるまでには、研究者、設計技術者、製造技術者などがそれぞれの持場を分担するのが普通である。まず研究者は設計に必要な諸データをつかむために、いろいろの基礎的な研究を行ない、得た成果をレポートの形で次にパトタッチする。機能設計を担当する技術者は研究者のレポートを参考にしながら、さらに自己の創造力を駆使して要求される機能を満足するような製品の基本設計を行ない、データとともに設計図を生産設計を受け持つ技術者に任せる。彼は手に入れられる材料、機械設備で製作が可能になるよう、これまた知識・創造力を傾注して製作図を作りあげる。これを受け取った製造技術者として、のんびりしているわけにはいかない。工作精度の問題、専用工具、熱処理方法……数かぎりなく新たな創造力を発揮して、問題を処理していくよう要請されているのである。

さて、こうした各研究者・技術者の有機的分業をささえているものは何であろうか。レポート、データ、設計図など、形態こそ異なるけれども、これらはすべて「情報」である。上の例のように、ただ一度の流れによって開発の完了することは、実際問題、きわめてまれであることや、研究開発がたった4人の人でやりおおせるほど容易ではあり得ないことなどを考え合わせれば、この間に生まれる情報量の非常に多くなることは当然であるし、さらにはこ

の製品の誕生までに投入された「創造」を、次に生まれるべき他の製品の開発の糧としても役だてたいという大局的な判断を下すなれば、これらの情報はレポートというより広い潜在利用者を期待できるものとしても編集され、公共化されるべきであろう。

社内レポートシステムは、企業内の技術者・研究者の生み出した創造物の価値を、最大限に消化できるようにとの意図から出発している。これが利用者にとっていつまでも若々しい生命力を与えられ、企業の技術レベル向上に役だつことこそ、日ごろこれの編集発行機関として、インデックスやリストの発行により需要の創造に心がけている情報管理部門の願いなのである。

## 5. む す び

「情報管理とは、人間の創造活動を情報の生産・伝達・利用という循環的流通の面とらえ、この情報の流れを、その創造活動の促進に役だつように調整するためのシステムを設け、これを効率的に運営することである。」(情報管理便覧から)

情報管理は、いまやごく一部のスタッフだけがジタバタしたところでどうにもならない大きさにまで成長した。これからの技術情報管理が、企業にとって重大な役割を果たすようになるためには技術者・研究者の理解と協力が是非とも必要である。本文では、諸システムのコーディネートを受け持つ情報管理スタッフの職務や意図のごく一部を紹介するに止まったが、不十分な点は、貴社におけるその筋の専門家の方に納得のいくまでお尋ねありたい。

## 参 考 文 献

- (1) 「情報管理便覧」日刊工業新聞社 (1963)
- (2) 多田和夫: 「企業の情報」培風館 (1963)



## 高性能小形油シヤ断器完成

とくに小形で高性能の 7.2 kV/3.6 kV 級 OCB を、斬新な構想のもとに開発し、進歩した工作技術を駆使して製品化した。

### ■ 定 格

形 名	6-FK-15
準拠規格	JEC-145
定格電圧	7.2 kV 3.6 kV
定格電流	600 A
定格シヤ断容量	150 MVA 100 MVA
定格投入電流	32.8 KA 43.7 kA
定格短時間電流	12 kA 16 kA
定格シヤ断時間	3 サイクル
定格再起電圧	(II) 号 20 kc/s
絶縁階級	6 号
標準動作責務	O-1 分-CO-3 分-CO
無負荷投入時間	0.15 S
油 量	20 l
油なし重量(電気操作)	87 kg

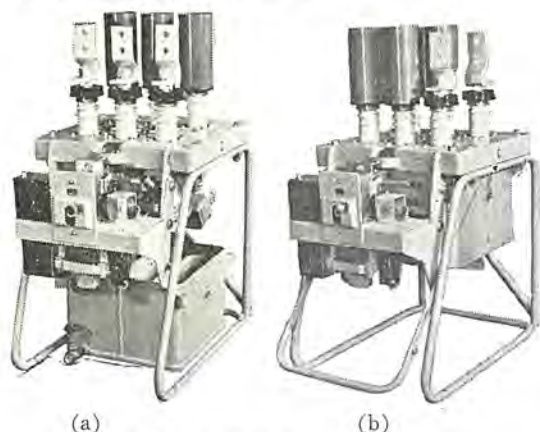


図 1 6-FK-15 形タンク形油シヤ断器

投入操作方式	電気、手動
投入操作電流	90 A (DC-100 V)
引はずし操作方式	電気、手動
引はずし操作電流	4 A (DC-100 V)

### ■ 特 長

消弧室を傾斜配置し、シヤ断時に発生するガスを、アークに有効に吹き付けると同時に、大部分のガスをタンクの隅底部に向って逸出させるので、油の移動も規正され、全油量が、有効な油高を構成する。小油量で大きなシヤ断容量を持つ。全背丈が低い。WK 形閉鎖配電盤に 2 段に内蔵できる。

回転する可動コンタクトは、初開離速度がきわめて速く、アーク時間が短いことと相まって、全シヤ断時間が安定して 3 サイクル以下という高性能である。オシログラムは、3 相、7.2 kV で、交流分シヤ断電流 14.1 kA (175 MVA)、B 相非対称シヤ断電流 17.2 kA の CO 責務を、アーク時間 0.2~0.4 サイクルで、完遂した一例である。コンデンサ電流の開閉にも、とくにすぐれた性能を持っている。

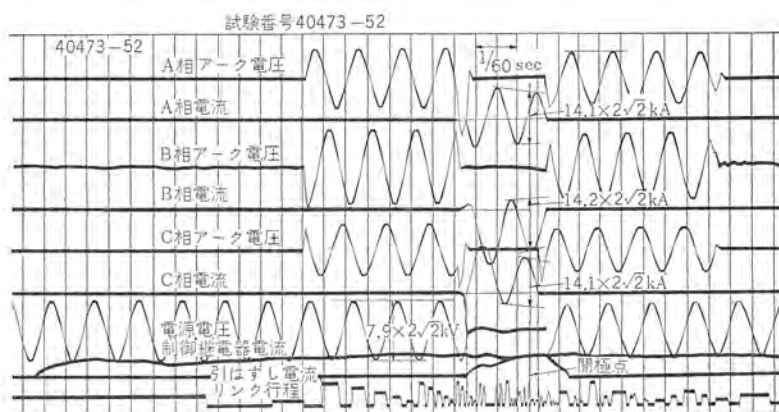


図 2 6-FK-15 形タンク形油シヤ断器の短絡試験 オシログラム

## 航空機用 FM 多重テレメータ装置

当社では、これまでロケット用、自動車用などのテレメータ装置 (FM-FM 方式) の製作を行ってきたが、この経験を生かして、このたび受信装置に周波数負きかん方式を用いた高性能航空機用 10 チャンネルのテレメータ装置の製作に成功し、科学技術庁航空宇宙技術研究所に納入した。

この装置は、航空機にとう載する送信装置と、同研究所内に設置されている受信装置および記録装置とで構成されている。

### ■ 概略仕様

主搬送波周波数	295.6 Mc
副搬送波周波数	2.3 kc 3.0 kc 3.9 kc 5.4 kc 7.35 kc 10.5 kc 14.5 kc 22.0 kc 30.0 kc 40.0 kc
送信出力	5 W
受信感度	-107 dBm
送信空中線形式	ユニポール形
受信空中線形式	ヘリカル形 ビーム幅 40°

サービスエリア 半径 約 250 km



図 1 自動車用テレメータ装置 (PT-410 形) 受信機外観



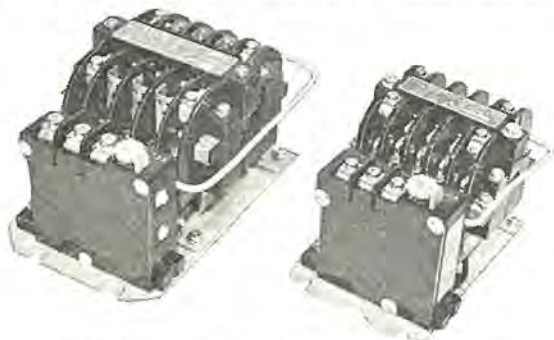
図 2 自動車用テレメータ装置 (PT-410 形) 送信機外観



## EM-15B, 35C 形 電 磁 開 閉 器 完 成

EM シリーズの EM-15 形 35B 形の改良を行ない性能が一段と向上した新形の開発を完了し量産市販を開始した。仕様は新旧とも同一であるが性能は JISA-1-1 の 2 倍で電氣的寿命 100 万回に余裕がある高性能のものでおまな改良点は

- (1) 固定、可動接触子の取り換えを一層容易にした。
- (2) 接触器の取付台を安定な形状とし固定鉄心を完全に浮動



EMO-35C 形および EMO-15B 形電磁開閉器

させ鉄心の騒音の発生は皆無になる。

(3) M-15B, EMO-15B はより小形化され取付面積で M-15B は、78%, EMO-15B は 86% になった。

なお EM-35C 形は箱入、開放形とも外形寸法取付ピッチは同一。EM-15B は箱入りの外形寸法取付ピッチは同一とし、またサーマルリレーも同一で互換性をもたせている。

### ■ 仕 様

		電 磁 開 閉 器				電 磁 接 触 器	
形 名		箱 入		開 放			
		EM-35C EMO-35C		EM-15B EMO-15B		M15-B M-35C	
定格電圧 (V)		600		600		600	
定格容量 (kW)	200-220V	3.7		7.5		定格 250V 16 電流 600V 10 (A)	33
	400-550V	5.5		11			25
補 助 接 点		1a 1b & 2a 2b		1a 1b & 2a 2b		連続面 電容量 20 (A)	40
操作電磁コイル		AC 200 V 50 c/s 200-220 V 60 c/s その他 100 V, 400 級他					
重 量 (kg)		2.4	1.5	1.5	0.9	1.1	0.6

鮮やかなカラー・明るい映像・見やすい 16 形・中間色の再現

## 三 菱 カ ラ ー テ レ ビ 16CT-385 形 新 発 売

当社では、このほど新たに 16 形 カラーテレビとして、カラー白黒受像切換装置、AFPC など多くの自動調整装置を採用し、従来最も難点とされていた調整箇所を減らすことに成功するなど、多くの特長をもった、業界で最も安価なカラーテレビを新発売いたします。

### ■ 特 長

(1) 今までの 3 倍明るいカラーブラウン管

16 インチ角形カラーブラウン管は、新しいケイ光体 (硫化物系) を使っていますので、鮮明な色彩とともに、従来より 3 倍明るい画面で、お楽しみいただけます。

(2) 見やすく、眼のつかれないダークフィルタガラスの採用

ブラウン管の前面に、ダークフィルタガラスを使用していますので、明るい場所に置いても眼が疲れず、適切なコントラストで一段と見やすくなっております。またダークフィルタガラスは、強化ガラスになっていますので、破損する心配はまったくありません。

(3) 超高感度チューナの採用

高感度真空管 2GK5 を使用し、厳密な調整によってすぐれた性能を発揮します。

そのうえ、三菱独特のセルフクリーンチューナを採用していますので、チューナの故障がなく、いつまでも安定した映像をお楽しみいただけます。

(4) ニュープリント配線の採用

ニュープリント配線は、色彩に深みをくわえ、安定した性能を発揮します。

(5) ハイファイ音が楽しめます。

三菱の誇るダイナトンスピーカを、キャビネットの前面に 2 個使用していますので、豊かなハイファイ音が立体感をもって流れ、画面の美しい色と合いまって、いっそうその迫真感を高めています。

(6) カラー・白黒両用

カラー放送はもちろん、白黒放送も普通のテレビと同じように受信できます。

(7) トーンコントロール (音質調整装置) つき

### ■ 仕 様

電 源 100 V (90, 110 V ユニ付) 交流 50/60 c/s

消費電力 270 W

受信周波数 1~12 チャンネル

映像搬送波中間周波数 26.75 Mc

クロミナンス中間周波数 23.17 Mc

音声搬送波中間周波数 22.25 Mc

ブラウン管 400LB22

コンバーゼンス方式 直流…永久磁石、ダイナミック…左右独立方式

クロマ同期安定方式 位相検波・リアクタンシ管式

AGC 方式 遅延形キード AGC

AFC 方式 パルス幅 AFC

付属回路 音質調整・外部スピーカ端子



16CT-385 形三菱カラーテレビ

現金正価 ¥ 190,000 月賦正価 ¥ 199,500



クロマ複調軸 X2 軸

真空管 25 球 (ブラウン管を除く)、シリコン整流器 ×2 ギルマ  
ニウムダイオード ×2、セレン整流器 ×3

重量 45.2 kg (パッキングケース 込み)

大きさ 幅 68.0×高さ 41.5×奥行 43.5 cm

ポケットを拝借……お耳を拝借……

### ピースより小さい三菱トランジスタラジオ 3X-345 形 “コールメリー” 新発売

当社では、いつでも、どこでも、お一人でこっそり聞ける便利なイヤホンラジオ、愛称“コールメリー”を新発売いたします。

大きさはタバコのピースより小さくてウイシャツのポケットに入れても気になりません。フェライトコアアンテナとスーパー方式の採用で性能もハイクラス、フィールドテストでも、東京 NHK 第二放送が信越線の軽井沢や上田 (長野県) できけるほど高感度です。

#### ■ 特 長

(1) 一人で静かに楽しめる イヤホンタイプ

イヤホン 専用に特別設計されているので、性能が高く、とくに通勤電車内やナイト観戦には、他人に迷惑がかからず最適です。

(2) 高 感 度

フェライトコアアンテナと、メサ形トランジスタを使ったスーパーヘテロダイナ方式の採用により、6 石ラジオに匹敵する感度を持ち、NHK 東京第二放送が軽井沢や上田 (長野県) でもキリッできます。

(3) 小さくて軽い

ウイシャツのポケットやハンドバックの中にも楽に入り、気軽に持ち運べるよう、コンパクトに設計してありますので 90 g という軽さです。

(4) 贈物としても好適

スッキリしたスマートなデザイン、ピクカラーの青、黄、黒、緑、赤と 5 色もそろっていますので、好きな色が選べ、しゃれた贈物としても好適です。

#### ■ 仕 様

回路方式 3 石 1 バンドスーパーヘテロダイナ

受信周波数 535~1,605 kc

中間周波数 455 kc

出 力 150 mW

電 源 3V, UM-5 乾電池 2 個

ア ン テ ナ 6×13×40 (mm) 角形フェライトコア・アンテナ内蔵

イヤホン 高性能クリスタルイヤホン 1 個つき

トランジスタ 2SA366, 2SA367, 2SB135

ダイオード MD60

外形寸法 (幅) 48×(高さ) 65×(奥行) 22 (mm)

重 量 90 g (電池込み)



3X-345 形三菱トランジスタ  
ラジオ (コールメリー)  
現金正価 ¥ 1,980

ブックススタイルの

### 三菱トランジスタラジオ 8X-224 形 “コンパニカ” 新発売

当社では、このほどヒズミの発生原因になりやすい出力トランスを取り除いた OTL 回路、1 石で 2 石分働くドリフト形トランジスタを採用した高性能で、しかも安価なブックススタイルの 2 バンドオールウェーブ三菱トランジスタラジオ (愛称コンパニカ) を新発売いたします。

#### ■ 特 長

(1) 音のヒズミのない OTL 回路採用

ヒズミの原因になりやすい出力トランスを取り除いた OTL 回路を採用し、高性能スピーカをつるに活用する設計になっていますから、豊かな音量と美しい音質を楽しんでいただけます。

(2) 高感度ドリフト形トランジスタ使用

局部発振・周波数混合など大事な個所には、1 石で 2 石分働くドリフト形トランジスタを使用し、合理的に部品を配置・設計してありますから、感度はするとく、中波・短波ともに安定した性能を発揮します。

(3) 微調ツマミ付き

これで受信バンドを部分的に広げることができますので、隣接する短波帯の選局も容易にできます。

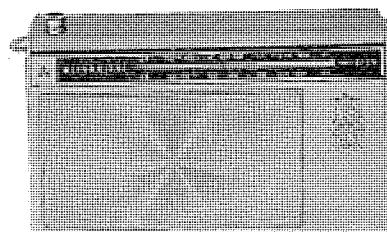
(4) さん新なデザイン

精巧なダイヤパネルと放射状にかがやくキャビネットにまとめた新味あるデザインです。

## ■ 仕 様

回路方式	2 バンド 8 石スーパーヘテロダイン
受信周波数	MW 530~1,605 kc, SW 3.8~12
出 力	無ヒズミ 0.17 kW 最大 0.25 W
電 源	UM-3A×4 個 (6 V)
ス ピ ー カ	7 cm スピーカ
イ ト ホ ー ン	マグネチックイトホーン
ア ン テ ナ	10φ×140 mm スチックアンテナ (中波・短波用) 648 mm 9 段 ロッドアンテナ 内蔵 (短波用)
電力増幅	ラッシュプル 電力増幅

寸 法	幅 16.3×高さ 9.5×奥行 4.1(cm)
重 量	510 g (電池こみ)



8X-224 形三菱トラン  
ジスタラジオ (コンパクト)  
現金正価 ¥ 6,700  
月賦正価 ¥ 7,000

キ レ イ に 洗 う, 同 時 に 脱 水

## 三菱脱水洗たく機 CW-750 形 “ダイヤカップル” 新発売

当社では、洗たくと脱水が同時にできる遠心脱水洗たく機として、このたび布地に合った水流が選べ、しかも洗たく、ゆすぎ、排水の操作がすべてツマミ一つでできるなど、多くの特長を備えた CW-750 形三菱遠心脱水洗たく機 (愛称 ダイヤカップル) を新発売いたします。

### ■ 特 長

#### (1) 能率的な二槽式

左の槽でお洗たく、同時に右の槽でどんどん脱水。とても能率的で山のような洗たく物も苦になりません。

#### (2) 理想的な二つの水流

薄物なら自動回転、厚物なら一方回転水流と布地の種類に合わせて、二つの水流が選べる W ストリームタイプですから布地をいためることがなく、しかも洗い上りは抜群です。

#### (3) 心臓部は定評ある三菱モートル

心臓部は、広く海外にも定評ある二つの三菱モートルがお引受けしています。注油の必要もなく、いつまでも安心して経済的にご使用いただけます。

#### (4) 強力な遠水脱水力

脱水機は、1 分間に 1,700 回もの高速で回転しますので、またたく間に洗たく物の水を振り切ります。薄物ならそのままアイロン掛けができるほどです。

#### (5) 操作の簡単なコック式

ツマミ一つの操作で洗たく、ゆすぎ、排水ができますから、ホースを立てたり倒したりする手間がいりません。

#### (6) フタ連動ブレーキつき

脱水槽のフタをあけると、自動的にブレーキが働いて、カゴの回転がピタリと止まりますから、危険がなく、どなたにも安心してご使用いただけます。

#### (7) タイムテーブル式タイムスイッチ

タイムスイッチは、洗たく物の布地に合わせて、ひと目で時間が選べるタイムテーブル式、しかも完全防水形ですから、故障の心配がありません。

## ■ 仕 様

電 源	100 V 50/60 c/s
外形寸法	640 (幅) × 420 (奥行) × 780 (高さ) mm
重 量	32 kg

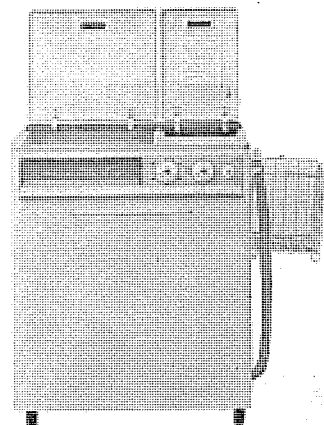
型式承認	洗たく機 ㊞91-180, 脱水機 ㊞91-741
付 属 品	洗たくカゴ 1 個, ホース (1 m) 1 本, 特殊ネジ 回し その他付属品

### 洗たく機

洗たく方式	自動反転, 一方水流切換式
洗たく容量	1.5 kg (31 l)
電 動 機	SLW-9 形 4 極 80 W
タイムスイッチ	TR-17 形
水流切換スイッチ	MBKS-3A 形 (コックと連動)
コ ッ ク	ピンチバルブ方式 (ホース 1 本式)
パルセータ回転数	470~500 回転 (毎分)
洗たく槽寸法	360 (幅) × 380 (奥行) × 385 (高さ) mm

### 脱水機

脱水方式	遠心脱水方式
脱水容量	1.5 kg
電 動 機	SLW-13 形 4 極 20 W
タイムスイッチ	洗たく機側と共用
脱水機スイッチ	MBKS-4A 形
安全 スイッチ	マイクロスイッチ (フタの開閉に連動)
脱水カゴ回転数	1,470 回転 (50 c/s) / 毎分 1,770 回転 (60 c/s) / 毎分
脱水カゴ寸法	167 (直径) × 370 (深さ) mm



CW-750 形三菱遠心脱水洗たく機 (ダイヤカップル)  
現金正価 ¥ 29,900 月賦正価 ¥ 31,500



## ■ 東海道新幹線に活躍する各種 アンテナ

去る 10 月 1 日開通の“夢の超特急”国鉄東海道新幹線には 400 Mc 帯列車無線、160 Mc 帯防護無線、および 150 Mc 帯構

東海道新幹線 アンテナ一覧

周波数帯		400 Mc 帯	160 Mc 帯	150 Mc 帯
局	使用周波数	412.0~414.5 Mc (移動局送信・固定局受信) 451.5~452.4 Mc (移動局受信・固定局送信)	169.01 Mc	150.97 Mc
	用途	列車無線 (運転指令・業務通信・ 公衆通信)	防護無線 (列車防護)	構内無線 (構内連絡)
移動局 (車両)	旅客電車	埋込み形頂部装荷 ユニポールアレー アンテナ (指向性、2 方向切換)	60 c/s・150 Mc・160 Mc 帯 共用 プレード アンテナ (架線電圧前電誘導 兼 無線周波無指向性放射)	
	電気試験車	同 上	同 上	
	ディーゼル 機関車	埋込み形頂部装荷 ユニポールアレー アンテナ (指向性、2 方向切換、 送受共用)	同 上	
	入換機関車	な し	な し	頂部装荷ユニ ポール アンテナ (無指向性)
固定局(基地)		ダイポール 2 素子 コーナ リフレクタ アンテナ 一部 バラバラ アンテナ 使用 (指向性、送受共用)	固定局なし 車両の無線機に對す のは携帯用無線機	八木 アンテナ (指向性)

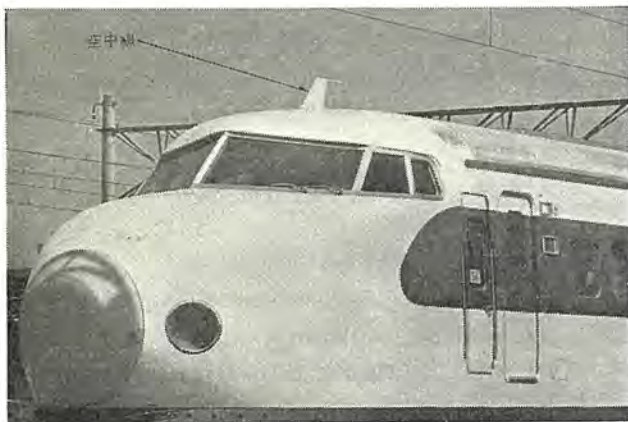


図 1 列車の屋根に取り付けられた 60 c/s 架線電圧検知・150 Mc 帯構内無線・160 Mc 帯防護無線共用 アンテナ

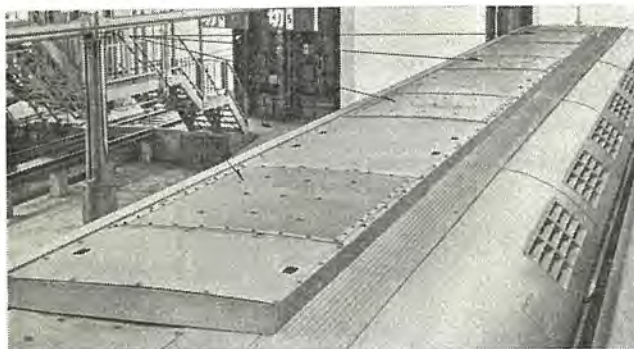


図 2 列車の屋根に埋め込まれた 400 Mc 帯列車無線用 アンテナ (1 車両に送信用 3 台、受信用 1 台、計 4 台)

内無線の 3 種の無線設備が施され、それぞれの用途に適合した斬新な アンテナ が用いられて好成績をあげている。その概要は表のとおりで、表中\*印を除くすべてのアンテナは当社中央研究所の協力のもとに鎌倉製作所伊丹工場で製作したものである。

## ■ 東京電力中東京変電所納め 345 MVA 変圧器

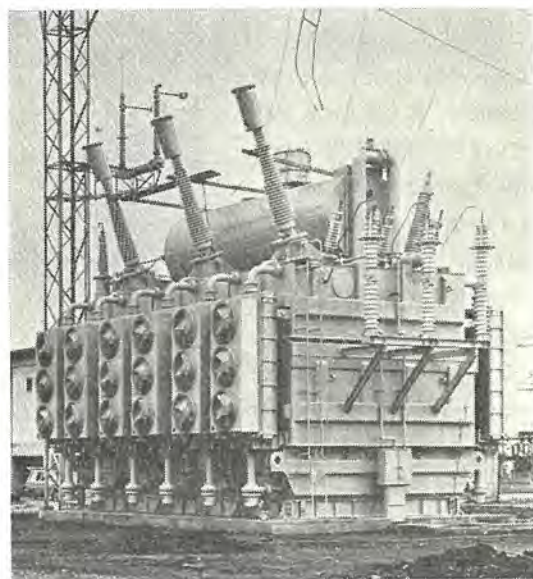
当社では、東京電力中東京変電所 3 号主変圧器として、345 MVA 負荷時 タップ 切換変圧器 1 台を鋭意製作中であつたが、このほど現地据付が完了し、運転に入った。中東京変電所は、東京電力の超高圧外輪線に連なる超高圧変電所で、すでに当社製の 260 MVA 変圧器 2 台が運転されており、本器は 3 号器に当る。

この変圧器は、当社がさきに、同じく東京電力の北東京変電所に納入した 345 MVA 変圧器と同一仕様で、特別三相構造、MR-F 形負荷時 タップ 切換器、プレートフィン 形 ユニットクーラなど、新しい技術を取り入れた製品である。

おもな定格事項は次のとおりである。

特別三相 50 c/s 345,000 kVA 連続定格 送油風冷式 外鉄形 負荷時タップ切換器付き

一次	275-268.75-262.5 kV ± 7.5%	300 MVA 入
二次	147 kV	300 MVA 入
三次	63 kV	90 MVA △



東京電力中東京変電所納め 345 MVA 変圧器

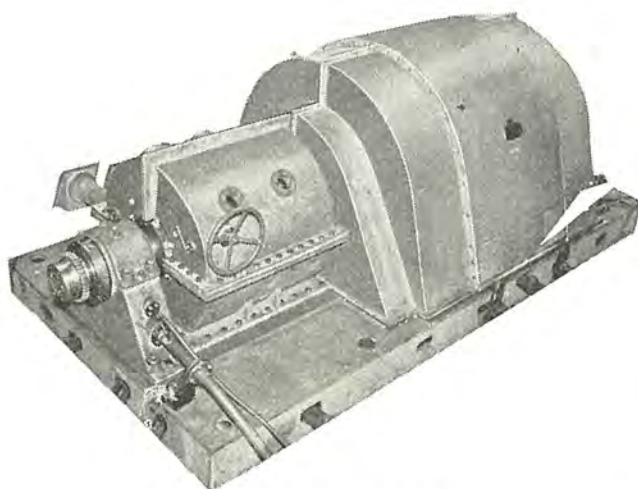
## ■ 三菱油化納め 8,800 kW 三相誘導電動機完成

かねてより製作中であつた三菱油化四日市工場納め 8,800 kW、4 極の三相誘導電動機を 39 年 8 月好成績をもって工場試験を終了した。この電動機は三菱重工製のコンプレッサに遊星歯車を介して直結されるもので、わが国では 4 極機として記録品である。電



動機の形式は、巻線形全閉内冷形で、空気冷却器は電動機ピット内に設けられ、断水などの非常時には開放形としても使用できるようなピット通風路の設計が行なわれている。スリップリング部は耐圧防爆構造で、電動・手動式スリップリング短絡ブラシ引上装置付である。その要目は次のとおりである。

出力 8,800 kW  
電 圧 6,600 V  
周波数 60 c/s  
極 数 4 P  
回転数 1,785 rpm  
台 数 1 台  
軸受給油方式 強制給油方式  
空気冷却器所要水量 100 t/h  
スリップリング 部分耐圧防爆



8,800 kW 4 極三相誘導電動機

#### ■ LV-GL 形配電用避雷器公開立会試験

さきに完成した LV-GL 形定格 8.4 kV 避雷器（公称放電電

流 2,500A, 6.6 kV 配電線用）の公開試験を、伊丹製作所において 9 月 3 日に施行した。九電力会社から多数の関係者が参加され、JEC-156 による形式試験、動作責務参考試験などを立会で施行し、好結果を収めた。動作責務参考試験は機圧上昇法により破壊するまで行なったが、定格 8.4 kV に対し 12 kV でも良好に続流をシャ断するとともに、破壊時もガイ管底部の密封用金属ツタに穴があいて内部ガスを放出し、良好な防爆効果を実証した。配電用避雷器の決定版として今後の適用が期待される。

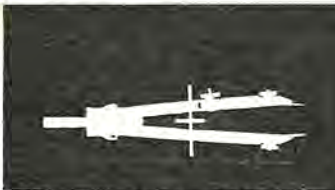


図 1 試験結果を記録中の立会者



図 2 JEC-156 による動作責務公開立会試験





## 特許と新案

### 回転電機の端子座

考案者 杉山昌司

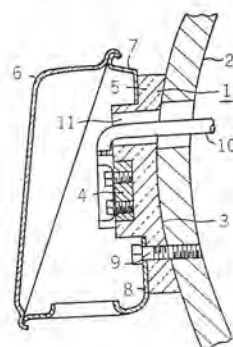
この考案は回転電機の端子部を簡単に組み立てうるようにした、端子座の構造に関するものである。

すなわち、端子座(1)は裏面を回転電機の継鉄(2)の外周面と一致する円弧面(3)とし、表面に所要数の端子金具(4)を埋植し、外周を一段低い環状座(5)とした合成樹脂製のもので、端子箱のフタ(6)と一对をなす胴体(7)の底面中央を削り取り、その周囲に環状底(8)を形成し、この環状底を上記環状座(5)に重ね、(螺)子(9)によって継鉄に(螺)着される。なおこの端子座には、リード線(10)を貫通する透孔(11)が設けられている。

以上のようにこの考案によると、従来の回転電機の端子構造に比べ、端子座が合成樹脂製のためそれ自身絶縁性を有し、従来用いられていたガスケットは不要となり、また端子座を直接継

鉄に取り付けることができるので、工費、材料の節減を計ることができるものである。

(実用新案登録第 716519 号) (大岩)



### 二素子形積算電力計

考案者 山縣 穆

この考案は制動磁石の取り付け操作を、電力計の前面から行ない得るようにしたものである。

すなわち、コ字状の主ツク(1)の上下両脚(2)(3)の両側に、駆動素子(9)(10)を有する一对の取り付けツク(4)(5)を固定し、この両取り付けツクには、回転円板(6)の制動作用を行なう制動磁石(7)が埋設された非磁性被包体(8)を固定している。

このような構成により、制動磁石(7)を電力計の前面から取り付け得、しかも主ツクの両脚(2)(3)間の広い空間部に制動磁石(7)を収容しているから、大形の制動磁石の取り付けが可能となり、1個の磁石で従来の2個の磁石以上の大なる制動力を得ることができる。(実用新案登録第 583245 号) (幸島記)



図 1

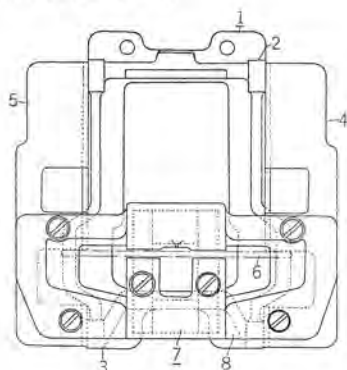


図 2

### 制動磁石装置

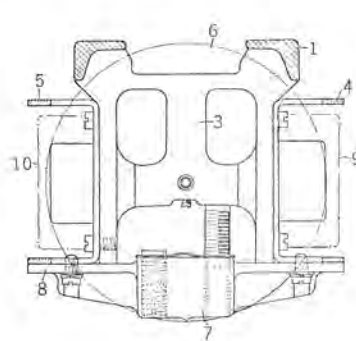


図 3

この考案は継電器や積算電力計などの制動磁石装置の磁鋼を簡単な操作により着磁するようにしたものである。

すなわち、非磁性被包体(1)に被包された一对の継鉄(2)(2')および磁鋼(3)と、上記継鉄(2)(2')と対向する一对の継鉄(4)(4')および磁鋼(5)とで構成される間ゲタ(6)(7)(8)に、E字状の着磁用導体(9)の各導体(10)(11)(12)をカッ(嵌合)し、さらに継鉄(2)(2')と継鉄(4)(4')との間のすき間(13)には、着磁用導体(9)に定着された磁性板(14)をカツウ(嵌挿)するものである。

したがって、着磁用導体(9)の導体(10)(12)を電源の陽極に、また導体(11)を陰極

にそれぞれ接続すれば、継鉄(2)(2')(4)(4')および磁鋼(3)(5)で形成される環状磁路に磁束が通り、磁鋼(3)(5)を着磁することができる。(実用新案登録第 582553 号) (幸島記)

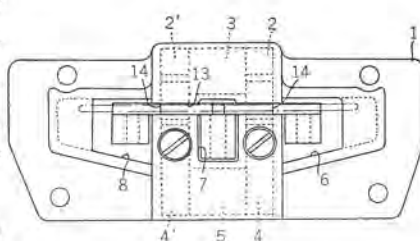


図 1

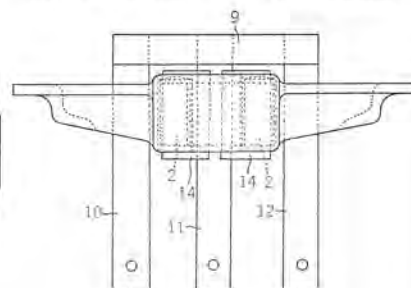


図 2

最近登録された実用新案

名 称	登 録 日	登 録 番 号	発 明 ・ 考 案 者	関 係 場 所
アイスクリームフリーザ	38-12- 9	728323	武 藤 正・中山哲夫	商 品 研 究 所 群 馬 岡
水冷式暖房装置	38-12- 9	728339	河 合 照 男	静 岡
冷蔵庫の霜取終了時期感知装置	38-12-27	729780	河 合 照 男・広 田 豊	"
扇風機速度表示装置	38-12-27	729782	原 優・長瀬卯三郎	中 津 川
電気煮炊具のフタ掛装置	38-12-27	729783	高 橋 正 景・大 沢 和 夫	群 馬
冷蔵庫のドアートッパー	38-12-27	729785	駒 形 栄 一	静 岡
シリンダ形電気掃除機	38-12-27	729786	加 藤 悟・武 井 久 夫	群 馬
電気掃除機のホース挿着用口金取付装置	38-12-27	729787	武 井 久 夫・林 甲 三	"
扇風機コード収納装置	38-12-27	729788	田 口 幹 雄・増 田 元 明	中 津 川
扇風機コード収納装置	38-12-27	729789	田 口 幹 雄・増 田 元 明	"
電気掃除機	38-12-27	729790	武 井 久 夫・加 藤 悟	群 馬
電気掃除機の薬液剤供給気化装置	38-12-27	729791	加 藤 悟・日 比 野 好 伸	"
電気掃除機の端フタ取付装置	38-12-27	729792	武 井 久 夫・加 藤 悟	"
電気機器用ブラダ	39- 1-17	730591	東 野 弘・小 川 鎮 三	群 馬・名 古 屋
"	39- 1-17	730592	東 野 弘・祖 父 江 常 雄	群 馬
軸流扇風機	39- 1-17	730598	新 倉 宗 寿	中 津 川
スイッチ用押しボタン	39- 1-17	730599	長瀬卯三郎	"
透明電気厨房器	39- 1-17	730607	祖父江晴秋	商 品 研 究 所
"	39- 1-17	730608	"	"
"	39- 1-17	730612	"	"
電気ポット	39- 1-17	730613	加 藤 義 明	群 馬
警報付回路シャ断装置	39- 1-27	731244	武 田 克 己・松 浦 清	福 山
電気ストーブの発熱体支持装置	39- 1-27	731247	馬 淵 公 作・桜 井 信 捷	群 馬
空気調和装置	39- 1-27	731250	高 橋 克 己・鈴 木 太 八 郎	静 岡
冷暖房機	39- 1-27	731252	牛 田 善 和・高 橋 克 己	"
軸受装置	39- 1-27	731254	新 倉 宗 寿	中 津 川
ミシンの布送り調節装置	39- 2-17	587127	三津沢武夫	和 歌 山
飛ばしう体用アンテナ装置	39- 2-17	731881	河 村 孝	録 倉 岡
防爆形容器の排水装置	39- 2-17	731880	平 野 琢 磨	"
"	39- 2-17	731882	石 橋 泰 夫	"
"	39- 2-17	731883	"	"
マイクロモジュール用圧電素子フィルタ	39- 2-17	731884	小 林 信 三	録 倉 製 作 所 伊 丹 工 場
電磁装置	39- 2-17	731885	兼 松 豊・小 沢 靖 彦	名 古 屋
積算量遠隔測定装置	39- 2-17	587128	小 林 須 美	福 山
端子ブラッシング	39- 2-17	731879	佐 藤 竜 興・伊 藤 芳 夫	名 古 屋
ミシンの送り軸支持装置	39- 2-17	731878	三津沢武夫	和 歌 山
内燃機関用蓄電池充電装置	39- 2-25	732539	平 田 毅・荒 金 堅 次 郎	姫 路
発電機電圧調整器	39- 2-25	732542	宮 崎 秀 夫・平 田 毅	"
コンデンサ形計器用変圧器	39- 2-25	732543	亀 山 三 平・早 瀬 通 明	伊 丹
フレーム	39- 2-25	732544	黒 田 茂 樹	録 倉 製 作 所 伊 丹 工 場
ボイラー式電気アイロンの蒸気タンク	39- 2-25	732540	野 畑 昭 夫・赤 羽 根 正 夫	群 馬
電気アイロンのハンドル	39- 2-25	732541	野 畑 昭 夫	"
コーヒープット	39- 2-25	732545	"	"
床磨機のハンドル固定装置	39- 2-25	732546	服 部 信 道・森 田 清 司	"
開放形冷凍ショーケース	39- 2-25	732745	勝 本 長 五 郎	静 岡
ヨークカバー締付装置	39- 3- 2	733364	駒 田 時 寿	姫 路
消弧装置	39- 3- 2	733365	鎌 田 隆 好	伊 丹
回路シャ断器の操作装置	39- 3- 2	733366	中 原 敏 行・梶 田 保 雄	名 古 屋
冷蔵庫トビラ	39- 3- 2	733361	木 下 忠 男	静 岡
トースターのコード巻付装置	39- 3- 2	733362	加 藤 義 明・町 原 義 太 郎	群 馬
ポット付トースター	39- 3- 2	733363	加 藤 義 明	"
熱電素子の導伝橋	39- 3- 2	733367	祖父江晴秋・大 場 健 司	商 品 研 究 所
電気調理器	39- 3- 2	733368	野 畑 昭 夫・村 岡 和 典	群 馬
磁石発電機の回転子	39- 3- 6	733651	三 木 隆 雄	姫 路
電気巻線	39- 3- 6	733652	中 村 敏 之・早 川 隆 昭	名 古 屋
着火用磁石発電機	39- 3- 6	733657	市 川 和	姫 路
半導体整流装置	39- 3- 6	733662	奥 村 儀 一	伊 丹・北 伊 丹
エレクトロニクス継電装置	39- 3- 6	733668	藤 井 重 夫・三 上 一 郎	神 戸



## 次号予定

三菱電機技報 Vol. 38 No. 12

### プラズマ特集

#### 特集論文

- プラズマジェットを用いた MHD 発電機の実験
  - アーグプラズマの温度および電子密度の測定法
  - 環状高温 プラズマ の発生
  - 高周波多極磁界による プラズマ の閉じ込め
  - He—Ne 可視光 ガスレーザ
  - イオン 源の研究
- #### 論文
- インド 国鉄向け メータゲージ 用 52t 交流電気機関車
  - 7 Gc 帯 テレビ 多重通信装置
  - 三菱大形高性能 アナログ 電子計算機
  - 交通量自動測定装置
  - 線形陽子加速器の建設計画
  - ラダーatron (多間 ゲキミリ 波 クライストロン)
  - 電界放射陰極
  - 各種気体中における ポリエチレン の コロナ 劣化の化学分析
- #### 技術解説
- ALGOL 言語とその Complinz 手法

### 三菱電機技報編集委員会

委員長	小倉弘毅
常任委員	明石精
"	安藤安二
"	大野寛二
"	河合武彦
"	小堀富次雄
"	高井得一郎
"	中野光雄
"	馬場文夫
"	宮内圭次
"	安松靖彦
"	山田栄一
委員	大森淳夫
"	榎本俊弥
"	片岡高示
"	神崎遼
"	島津大介
"	堀真幸

(以上 50 音順)

昭和 39 年 11 月 22 日印刷 昭和 39 年 11 月 25 日発行  
「禁無断転載」 定価 1 部 金 100 円 (送料別)

#### 編集兼発行人

東京都千代田区丸の内 2 丁目 12 番地 小倉弘毅

#### 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 高橋武夫

#### 発行所

三菱電機株式会社内「三菱電機技報社」

東京都千代田区丸の内 2 丁目 12 番地 (三菱電機ビル内)  
(電) 東京 (212) 大代表 6111

#### 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 (291) 0912 振替東京 20018

### 本社 営業所 研究所 製作所 工場 所在地

本 社	東京都千代田区丸の内 2 丁目 12 番地 (三菱電機ビル内) (電) 東京 (212) 大代表 6111
大 阪 営 業 所	大阪市北区堂島北町 8 の 1 (電) 大阪 (312) 大代表 1231
名古屋営業所	名古屋市中村区広井町 3 の 88・名古屋ビル (電) 名古屋 (56) 大代表 5311
福岡営業所	福岡市天神 2 丁目 12 番地 1 号 天神ビル 5 階 (電) 福岡 (75) 代表 6231
札幌営業所	札幌市北二条西 4 の 1・北海道ビル (電) 札幌 (26) 大代表 9111
仙台営業所	仙台市大町 4 の 175・新仙台ビル (電) 仙台 (22) 代表 6101
富山営業所	富山市桜木町 1 番地・明治生命館 (電) 富山 (3) 代表 3151
広島営業所	広島市八丁堀 63・昭和ビル (電) 広島 (21) 代表 4411
高松営業所	高松市鶴屋町 45 番地 (電) 高松 (2) 大代表 0001
東京商品営業所	東京都千代田区丸の内 2 の 12・三菱電機ビル (電) 東京 (212) 大代表 6111
大阪商品営業所	大阪市北区堂島北町 8 の 1・(電) 大阪 (312) 大代表 1231
名古屋商品営業所	名古屋市中村区広井町 3 の 88・名古屋ビル (電) 名古屋 (56) 大代表 5311
福岡商品営業所	福岡市天神 2 丁目 12 番地 1 号 天神ビル 5 階 (電) 福岡 (75) 代表 6231
札幌商品営業所	札幌市北二条西 4 の 1・北海道ビル (電) 札幌 (26) 大代表 9111
仙台商品営業所	仙台市大町 4 の 175・新仙台ビル (電) 仙台 (22) 代表 6101
富山商品営業所	富山市桜木町 1 番地・明治生命館 (電) 富山 (3) 代表 3151
広島商品営業所	広島市八丁堀 63・昭和ビル (電) 広島 (21) 代表 4411
高松商品営業所	高松市鶴屋町 45 番地 (電) 高松 (2) 代表 0001
横浜出張所	横浜市神奈川区沢渡 1 6 高島島第 2 ビル (電) 横浜 (48) 4021 4761
新潟出張所	新潟市万代町 69 番地 (電) 新潟 (4) 643
静岡出張所	静岡市七間町 9 の 10・池田ビル (電) 静岡 (53) 代表 9186
北九州出張所	北九州市小倉区京町 10 の 28・五十鈴ビル (電) 小倉 (52) 代表 8234
長崎出張所	長崎市大黒町 3 番 1 号長崎交通産業ビル (電) 長崎代表 (3) 6101
岡山出張所	岡山市駅前町 1 の 1 岡山会館 (電) 岡山 (4) 代表 0331
金沢出張所	金沢市幸町 13 番 28 号 (電) 金沢 (31) 6213~4
長野出張所	松本市白坂 212 番地 (電) 松本 (2) 1058・(3) 1453
中央研究所	尼崎市南清水字中野 80 番地 (電) 大阪 (481) 大代表 8021
商品研究所	鎌倉市大船 782 番地 (電) 大船 (6) 代表 3131
神戸製作所	神戸市兵庫区和田崎町 3 丁目 (電) 神戸 (67) 代表 5041
伊丹製作所	尼崎市南清水字中野 80 番地 (電) 大阪 (481) 大代表 8021
長崎製作所	長崎市平戸小屋町 122 番地 (電) 長崎 (3) 代表 3101
名古屋製作所	名古屋市中区矢田町 18 丁目 1 番地 (電) 名古屋 (73) 代表 1531
福岡製作所	福岡市今宿青木 690 番地 (電) 福岡 代表 0431
福山製作所	福山市沖野上町 6 丁目 709 番地 (電) 福山 (2) 代表 2800
姫路製作所	姫路市千代田町 840 番地 (電) 姫路 (23) 大代表 1251
相模製作所	相模原市小山字久保 224 の 224 (電) 相模原 (72) 大代表 5131
静岡製作所	静岡市小島 110 番地 (電) 静岡 (85) 大代表 1111
中津川製作所	中津川市駒場町 1 番地 3 号 (電) 中津川 大代表 2121
和歌山製作所	和歌山市岡町 91 番地 (電) 和歌山 (3) 代表 1275
大船製作所	鎌倉市大船 800 番地 (電) 鎌倉 (6) 代表 6111
郡山製作所	郡山市字境橋町 1 番地 (電) 郡山 (2) 1220~1223
群馬製作所	群馬県新田郡尾島町大字岩松 800 番地 太田 代表 4311 番
無線機製作所	尼崎市南清水字中野 80 番地 (電) 大阪 (481) 大代表 8021
京都製作所	京都府乙訓郡長岡町大字馬場小字岡所 1 (電) 京都 西山 (92) 代表 1141
北伊丹製作所	伊丹市大鹿字主ヶ池 1 番地 (電) 伊丹 大代表 5131
鎌倉製作所	鎌倉市上町屋 325 番地 (電) 鎌倉 (6) 大代表 6171
稲沢製作所	稲沢市字井之口 (電) 稲沢 (32) 代表 4121
鎌倉製作所	尼崎市南清水字中野 80 番地 (電) 大阪 (481) 大代表 8021
伊丹工場	名古屋市中村区矢田町 18 丁目 1 番地 (電) 名古屋 (73) 代表 1531
鎌倉製作所	東京都世田谷区池尻町 437 番地 (電) 東京 (44) 代表 8111
相模製作所	三田市三輪町字父ヶ部 85 番地 (電) 三田 4371~4375
世田谷工場	
伊丹製作所	
三田工場	