

社団法人  
日本造船研究協会報告

第 58 号

昭和 41 年 8 月

---

船用補機タービンのプログラム方式による

遠隔操縦ならびに自動化の研究 ..... 第67研究部会

---

Experiments on the Automatic Control for Turbine Driven Marine  
Auxiliaries by the Program Method ..... The 67 th Research Committee

---

Report No. 58

The Shipbuilding Research Association of Japan  
Tokyo, JAPAN

Aug. 1966

### 第67研究部会委員名簿

部会長	岡田幸逸	大野檀	笠間義郎
幹事	伊藤喜一	富田幸雄	
	柴田典雄		
委員	阿部隆司	安部成正	荒瀬晃二
	石川哲司	井上治一郎	岩野満洲司
	岡本連	小野寺哲郎	菊池義次
	木村和正	佐藤宏	杉山兼章
	鈴木勝利	研谷晨	西岡正美
	橋野弘貞	早川允雄	藤原忠信
	松根嘉久	村山雄三郎	諸井宣清
	宮崎義夫	宗木和美	山田光雄
	山下和三	米原令敏	脇本励

### Membership of the 67th Research Committee

Chairman	Kōitu OKADA		
Secretaries	Kiiti ITŌ	Dan ŌNO	Yosirō KASAMA
	Norio SIBATA	Yukio TOMITA	
Members	Takasi ABE	Sigemasa ABE	Kōji ARASE
	Tetuzi ISIKAWA	Jiitirō INOUE	Masusi IWANO
	Murazi OKAMOTO	Teturō ONODERA	Yositugu KIKUTI
	Kazumasa KIMURA	Hirosi SATŌ	Kaneaki SUGIYAMA
	Katutosi SUZUKI	Sin TOGITANI	Masayosi NISIOKA
	Hirosada HASINO	Masao HAYAKAWA	Tadanobu FUGIWARA
	Yoshihisa MATUNE	Yūzaburō MURAYAMA	Nobukiyo MOROI
	Yosio MIYAZAKI	Kazuyosi MUNEKI	Mituo YAMADA
	Wazō YAMASITA	Noritosi YONEHARA	Hagemu WAKIMOTO

# Experiments on the Automatic Control for Turbine Driven Marine Auxiliaries by the Program Method

## Introduction

On March 1959, the Minister of Transportation had inquired the technical problems and their solutions for the automation of the vessels.

In order to respond to this inquiry, several research divisions were organized, and many technical problems were brought up for the automation on the vessels.

As one of the technical problems of solution for the automation on the turbine ships, the automation of the turbine driven feed water pumps was taken up at the 67th Research Committee of the Shipbuilding Research Association of Japan. The Kobe Shipyard and Engine Works, Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. was charged with these experiments on the automation of pumps.

After several meetings of the committee, the primary experiment was carried out at shop on March 1964, and the second experiments on board ship was turbine driven tanker "Ryōyō-Maru" carried out on April, 1965.

## Conclusion

Some of the common main feed water pumps and its pipe diagram are shown in Fig. 2, Fig. 12, Fig. 13 and actual program for the main feed water pumps is shown in Fig. 14 and its control console in Fig. 15, Fig. 16.

Valves fitted on pumps such as suction and discharge valves, turbine inlet and exhaust steam valves, gland steam valve etc., are hydraulically operated or solenoid valves. And these valves are operated in accordance with program schedule. This sequence and position of valves are indicated on control console as shown in Fig. 15.

Results of the primary and secondary test are shown in Fig. 9, 10, 11 and Fig. 17.

The results of experiments are as follows.

1. It is possible to adopt automatic and remote control for turbine driven main feed water pump.
2. Suitable time for starting up at the normal condition is about 5 min.
3. Suitable times for stopping at the normal condition are about 1.5 min., for turbine and about 2 hours for lubricating pump.
4. It is possible to start up the feed pump with in 90~45 sec., in emergency case.

5. It is unnecessary of the warming stage.
6. The limit switches for valve position indicator to be as less as possible.
7. Pneumatic type is better than electric type for the valve position indicator.
8. It is better to keep away the solenoid from hydraulic valve.
9. Indicating lamp and control console should be as small size as possible.

# 船用補機タービンのプログラム方式による 遠隔操縦ならびに自動化の研究

## 目 次

第1章 総 説	( 1 )
第2章 研究目的	( 2 )
第3章 基礎研究	( 3 )
第4章 実船試験	( 14 )
第5章 結 論	( 21 )

## 第1章 総 説

本研究は船用蒸気タービン自動化の一端として、補機タービンの自動化が考えられ、昭和38年7月に日本造船研究協会に第67研究部会が設立され、三菱重工業株式会社が幹事会社となり、同社神戸造船所で昭和39年3月から昭和40年4月にかけて実施された。

補機タービンの自動化はタービン船における心臓部となっている主給水ポンプを用い、プログラム方式による自動化として研究題目に取上げられ、初年度は昭和33年度運輸省補助金により製作した大型单段給水ポンプを用い陸上においてプログラムの試験を行ない、第2年度は神戸造船所建造のタービンタンカ「菱洋丸」装備の主給水ポンプを用い実船試験を行ない良好な成績を得た。

## 第2章 研究目的

現在、船舶においては、乗組員の不足および人件費の上昇等から、自動化が要求されており、ディーゼル船では「讃岐丸」、タービン船では「おりおん丸」をはじめとし、その後自動化された船が多数建造されている。この内タービン船では従来からボイラの自動燃焼制御装置、自動給水加減器のように自動化された装置があり、最近の自動化の傾向としてはボイラのバーナの自動化、主タービンの遠隔操作が加えられている。しかし、これらの自動化がさらに高度化され、ブリッジから主機が操作され、機関室では1人程度の監視、あるいは機関室が無人化されるようなことがあればさらに高度な自動化を要求されるであろう。タービン船におけるタービン駆動補機としては発電機、給水ポンプ、バタワースポンプ等があるが、現在これらの起動時には起動前より機側にて潤滑油のプライミング、ドレン抜き、諸点検暖機等のスタンバイ作業を行ない、また停止に対しても同様に機側での作業が要求されている。

上述のような一歩進んだ自動化を要求された船舶ではこれらタービン駆動補機の機側での作業を自動化することが必要となる。また単に機関部員の作業の合理化、改善の目的からいっても、これら作業の自動化が要求される。

そこで、本研究では上記タービン駆動補機の内、ボイラ用給水ポンプを用い、そのスタンバイ、起動、運転中の操作、停止等の作業をプログラム方式による遠隔操作とするため、その装置の開発試作を行なったものである。

## 第3章 基 础 研 究

### 3.1 給水ポンプの構造ならびに作動

船用給水ポンプとして通常使用されているものは両吸込または片吸込の単段式であり、その制御系としては

- (a) 調速機構はその制御流体に吐出圧力水を用いるもののほか油圧式、空気式があり、いずれも定圧制御以外に給水加減弁ないしはボイラードラムとポンプ吐出圧の差圧を一定とする制御がある。
- (b) 危急遮断装置として過速度のほか、油圧低下、排圧上昇の3つの遮断装置が付けられている。があり、これらによって定常状態に達した後は適当な制御が得られる、起動あるいは停止時に操作を必要とする管系は Fig. 1 のように蒸気系統、給水系統、冷却水系統、潤滑油系統およびドレン系統がある。また給水ポンプの構造は Fig. 2 に示す。

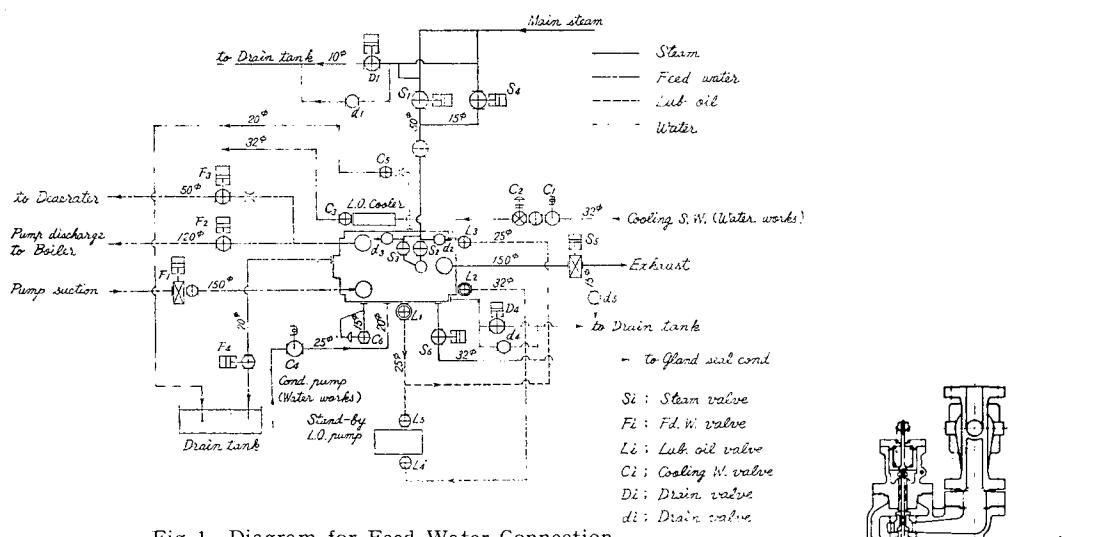


Fig. 1 Diagram for Feed Water Connection

#### イ) 主要部材質 ホンブ

ケーシングおよびカバー	鉄 鋼
羽根車	13%クロームステンレス鉄鋼
空内羽根	13%クロームステンレス鉄鋼
羽根車リング	13%表面ステライト盛金
ケーシングリング	13%クロームステンレス鋼(表面被化)
蒸気タービン	
羽根車	12%クロームステンレス鋼
ノズル	ニッケルクローム鋼
ケーシングおよびカバー	鉄 鋼
回転油箱	ニッケルクローム鋼
軸受箱	鉄 鋼
軸受	ホワイトメタル、鉄鋼およびボールベアリング
共通台板	鋼板溶接

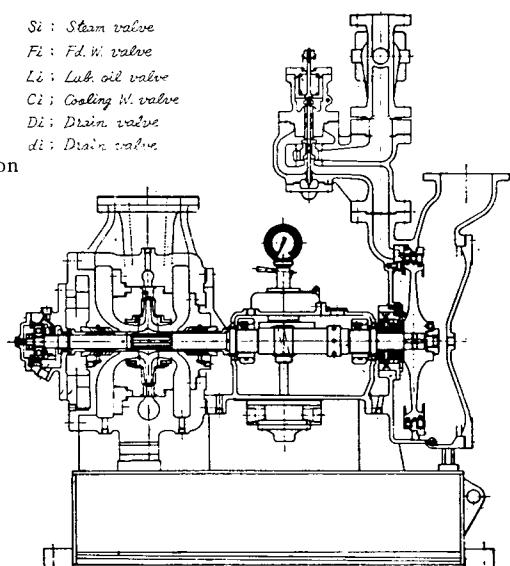


Fig. 2 A Cross Section of HD Type Turbo Feed Water Pump

### 3.2 プログラムおよびリレー回路

タービン駆動給水ポンプを起動停止する作業を大別するとスタンバイ、起動、定常運転および停止の4段階となる。これらを自動化した場合のプログラミングを Fig. 3 に、またタイムスケジュールを Fig. 4 に示す。

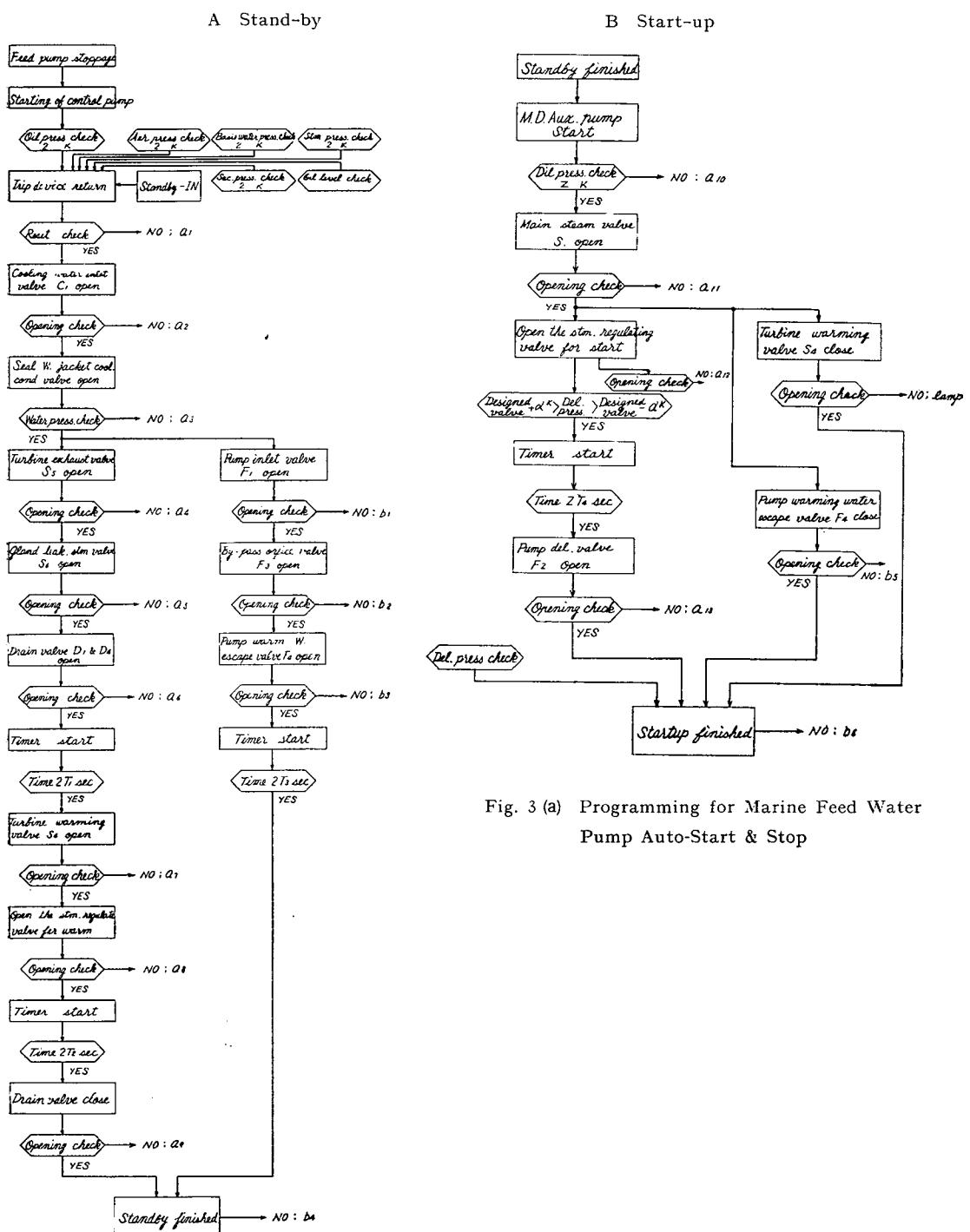


Fig. 3 (a) Programming for Marine Feed Water Pump Auto-Start & Stop

Fig. 3 のプログラミングに順じた弁の開閉および油ポンプの発停を行なわせるには、シーケンス回路を補助継電器等により組み立てなければならない。

シーケンスをリレー回路に組み立てるにあたって必要とされることは、まず給水ポンプの自動起動停止のタイムスケジュールの順序に動作させるために、ある動作を行なわせる命令に対し、実際に動作が命令どおりに完了したか否かをチェックし、異常がなければ次の動作命令を与え、プログラムどおりに動作を完了させる主回路と、異常があれば警報を鳴らし、異常箇所を警報ランプにより示す警報回路およびリレー回路がタイムスケジュールどおりに進行するか否かを試験するテスト回路の3種類の回路である。

“主回路”とはプログラムに従って動作を進行させる回路である。基本方針は1動作の終了をもって次の動作信号を出し、次から次へとタイムスケジュールに従がつて進行させる。しかし、タイムスケジュール Fig. 4 からも明らかなように、ある時間遅らせて次の動作を行なう場合も必要であり、また、前の動作信号により次の動作をさせるのでは不十分な場合もある。これらを満足させるために、限時継電器による遅延回路ならびにキープリレーを使っての記憶回路を設けてある。

主回路はスタンバイ、起動、定常運転、停止の4段階に分けられ、動作進行中、前記4段階のうちどの分野にあるか下記表示ランプが点灯するようになっている。

1. スタンバイ 作業進行中表示
2. スタンバイ 作業終了表示
3. 起 動 作業進行中表示
4. 起 動 作業終了表示（定常運転）
5. 停 止 作業進行中表示
6. 停 止 作業終了表示

弁は電気信号により開閉するものを使用する。たとえば、電磁油圧操作弁および電磁弁ならびに制御空気系統に電磁弁を設けた空気作動式調節弁である。停電時は安全性を考えて、弁開度ロックならびに安全側へ開閉する。

プログラムのうち特徴ある系統を拾い上げて説明すると、まずとりあげられるのがポンプ吐出圧力制御系統である。この系統はポンプ吐出圧力を検出し、タービン入口蒸気調節弁を作動し、吐出圧力を

### C Stoppage

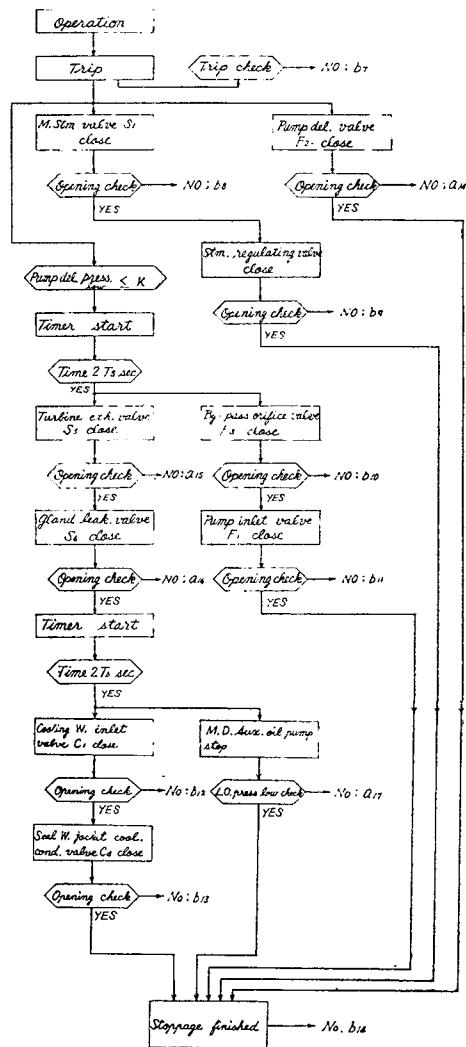


Fig. 3 (b) Programming for Marine Feed Water Pump Auto-Start & Stop

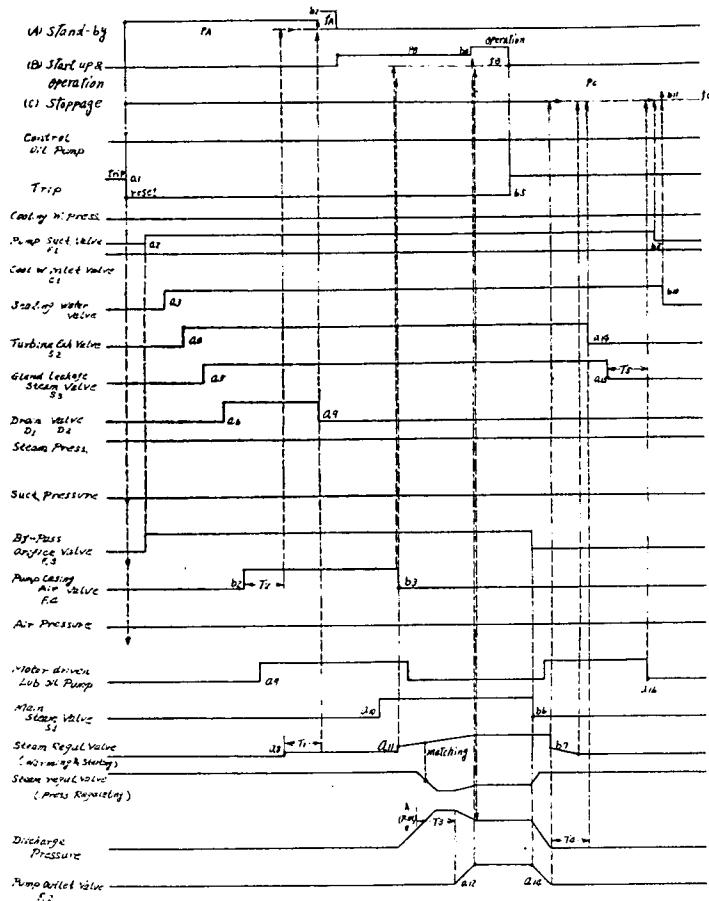


Fig. 4 Time Schedule Marine Feed Water Pump Auto-Start & Stop

設定値に調節するものである。今、ポンプ起動時を考えると、吐出圧力がないために蒸気調節弁は全開状態となる。このような状態で蒸気を通せば無負荷のタービンに多量の蒸気が流れ、危険である。ゆえに起動時には僅かな弁開度から徐々に開度を大きくしてゆくことが要求される。また、タービン暖機を行なうためにタービンが回転しない程度の弁開度も必要となる。このような動作を1つの蒸気調節弁で行なわせるようにしたのがFig. 5である。まず、タービン暖機の場合はSV2にONの信号が入り、弁通路はONの矢印の方となる。よって、暖機用空気信号が低圧セレクタを通じて蒸気調整弁のポジションに伝わり暖機用開度となる。

ここで低圧セレクタというのはP1、P2のどちらか小の方が出力となる機構を備えたもので、暖機時ポンプが停止しているので吐出圧力低、すなわち比例動作調節計の出力空気圧が大であるので信号圧の小さい暖機信号が優先される。

起動の場合は SV1, SV2 ともに電気信号が断たれ OFF の状態になるので、起動用空気信号が比例積分動作調節計で比例積分され、徐々に空気圧が上昇し、弁は徐々に開かれる。そうすればポンプ吐出圧力も上昇して、ある点で吐出圧力調節計の信号が優先される。そして、調節計が制御範囲に入り、制御動作が良好で、ある設定時間内に設定圧力土  $\alpha$  の許容範囲をはずれない場合には、ポンプ吐出弁をあけ

るが、もし、ハンチング現象を起し、前述の条件が満足されない場合は、ポンプ吐出弁は開かないような回路方針をとっている。

運転中、給水ポンプを停止する必要のある場合、または停まる場合としては以下のような場合が想定される。

1. 完全にプラントを停止する場合
2. 運転保守上 1 号、2 号機を切り換える場合
3. 振動が出た場合
4. 軸受油圧低下トリップが働いた場合 ( $0.5 \text{ kg/cm}^2$  以下)
5. 過速度トリップが働いた場合 ( $9,890 \text{ rpm}$  以上)
6. 排圧上昇トリップが働いた場合 ( $3.8 \text{ kg/cm}^2$  以上)
7. 軸受温度が上った場合
8. 吸込圧力不足の時

以上のうち 4、5、6 項についてはトリップ装置がインタロックされており、その他は遠隔トリップ装置によりトリップさせる。

遠隔トリップ装置は軸受油圧を低下させてトリップさせる。なお、トリップ装置は蒸気調節弁を全閉にしタービン・ポンプを停止させる。

『警報回路』はプログラムどおりに動作が進行しているか否かを判別する系統と保安の系統の 2 種からなっている。

前述の系統の考え方とは、タイムスケジュールに示された順序で動作が異常なく進行しているかを、ある動作を起させる命令に対し、その動作が完了したかどうかをチェックすることが主となる。もしチェックして異常があれば、警報ランプとブザーでもって異常箇所を知らせる。ところが弁類等は入力信号に対して全開全閉に時間を要する関係上、命令に対し、ある時間後の弁の動きが正しいか否かにより警報を鳴らす必要があるので限時继電器を便用し、前述の作用する回路を形成している。

『テスト回路』はリレー回路および弁の開閉に異常がないかどうかを、運転する前に試験するために設けたものである。

テスト時の条件はタービンがトリップ状態でなければテストすることはできない（インタロックあり）。そして主蒸気のみ全開とし、他はプログラムどおりに開閉する。シーケンス進行上必要なエネル

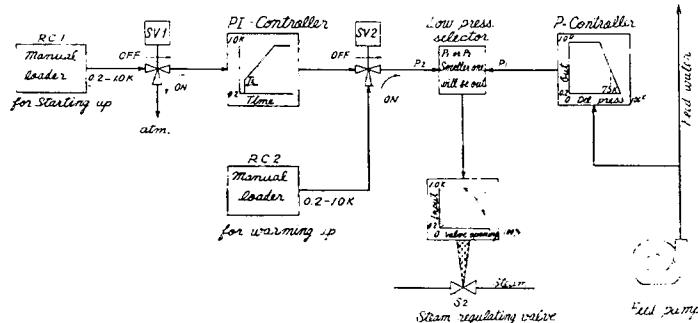


Fig. 5 Delivery Pressure Control System  
for Feed Water Pump Automation

ギ源は電源、操作油圧、空気圧で、その他は圧力スイッチの接点を短絡し、圧力があるような状態を模擬している。

また、仮にテスト時にスタンバイ、起動（定常運転）、停止の3行程のうち1個所に不具合が生じた場合その個所を修理する必要があるが、修理を行なった後結果を見る時に、シーケンスを最初からの状態から走らせるのでは時間の浪費である。よって各行程の前の状態に速かに持ってこれるような回路も設けてある。この回路は時間短縮から限時継電器の接点を短絡し、設定時間を零に模擬している。その他圧力スイッチ類も接点を短絡する。

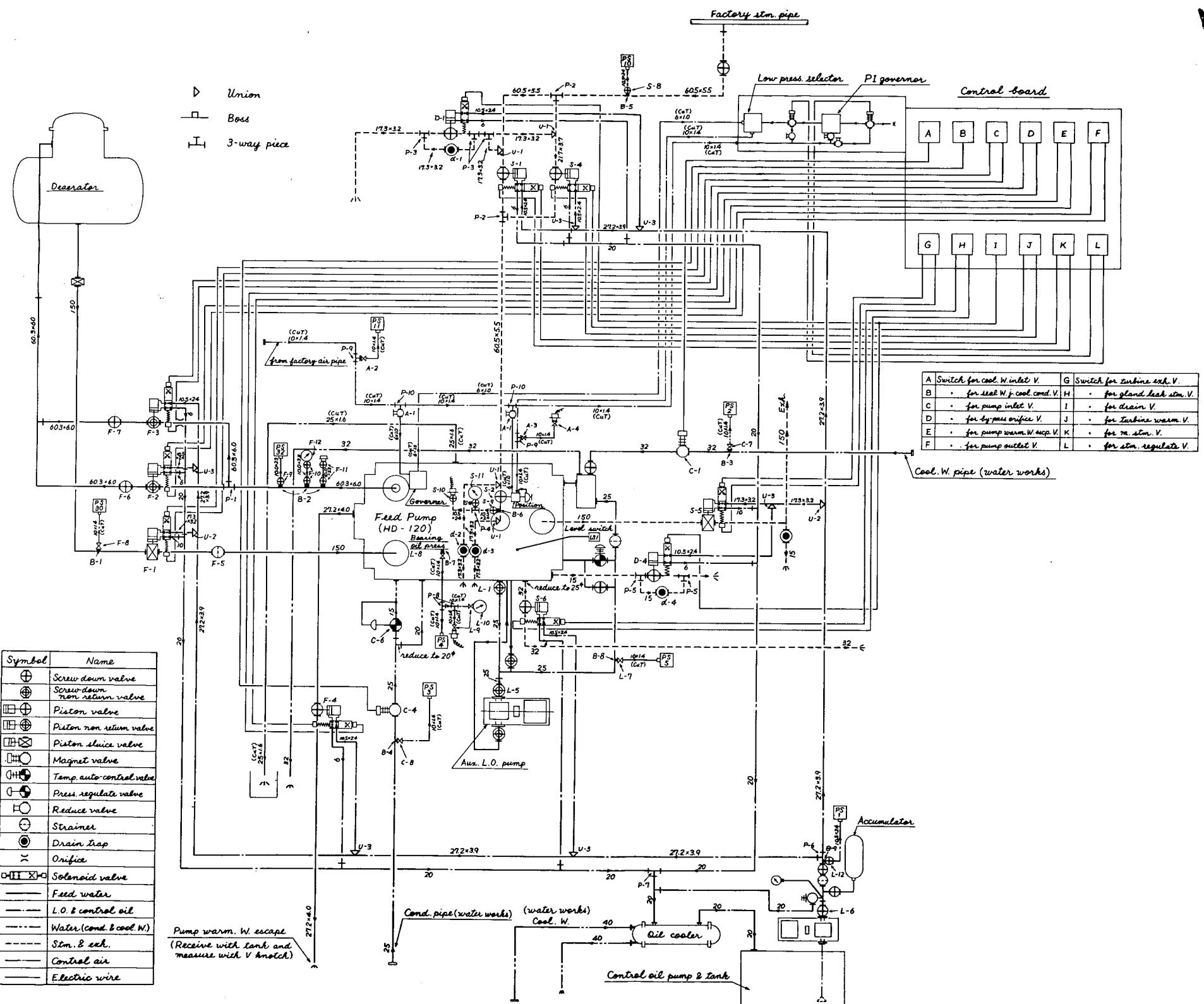
### 3.3 試験装置

前記の構想にもとづいて工場試験用として製作したのが以下に記述する試験装置である。Fig. 6 は試験装置全体の配管線図である。この内デイアレータには工場内の仮想脱気器を用いた。

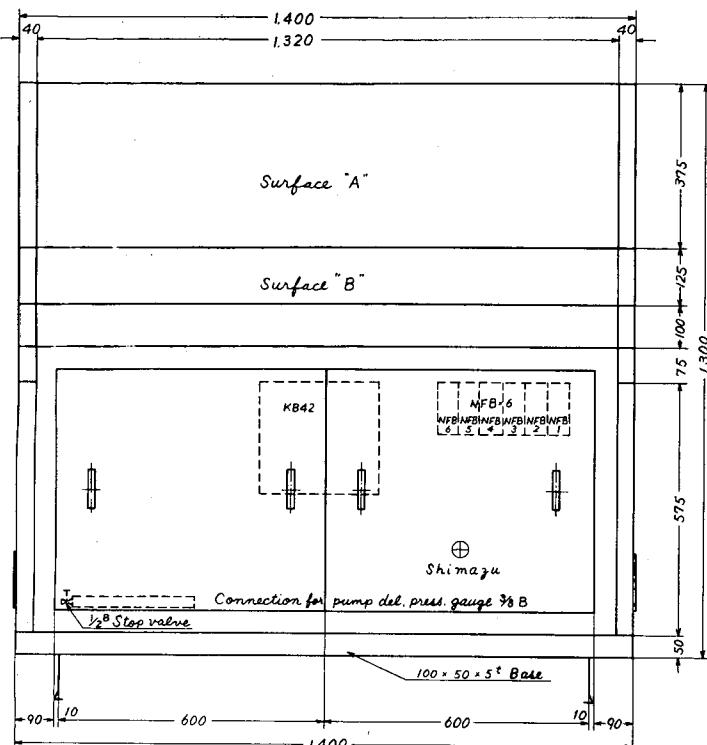
また試験に用いたポンプおよびタービンの要目は次のとおりである。

ポンプ型式	H D 120 単段高速両吸込型
機械番号	試作品
揚水量	130m <sup>3</sup> /h
吐出圧力	54kg/cm <sup>2</sup> G
吸込圧力	3.7kg/cm <sup>2</sup> G
回転数	約 7000rpm
給水温度	常温～80°C
吸込口径	150mm
吐出口径	50mm
タービン出力	
入口蒸気圧力	40kg/cm <sup>2</sup> G
入口蒸気温度	飽和～320°C
排気圧力	大気圧
回転数	約 7000rpm
蒸気入口口径	50mm
排気口径	150mm
潤滑方式	歯車式ポンプ強制潤滑
ポンプ容量	3m <sup>3</sup> /h × 2.5kg/cm <sup>2</sup> G
油タンク容量	約 210ℓ
油冷却器	プレート式 1m <sup>2</sup>
冷却器必要冷却水量	5m <sup>3</sup> /h × (0.5～1)kg/cm <sup>2</sup> G
調圧機構	空気圧式

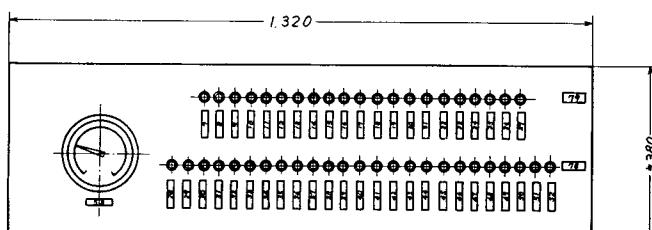
その他補助潤滑油ポンプは市販の 2m<sup>3</sup>/h, 1.4kg/cm<sup>2</sup>G の汎用品を使用、油圧ポンプは 2.4ℓ の容量の工場備品を使用したがいずれも詳細は省略する。操作用パネルは試験用として使用しやすいように考えた。その外観は Fig. 7 に示す。



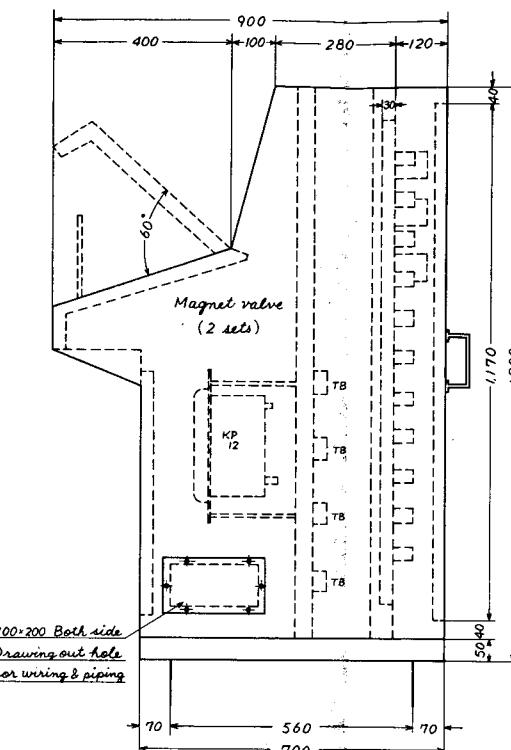
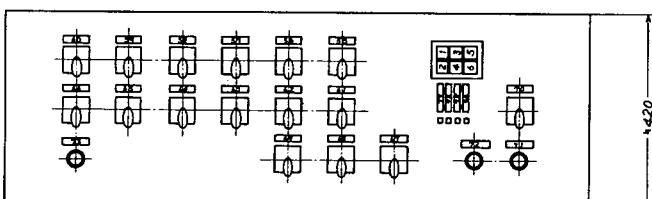
Symbol	Name
⊕	Screw down valve
⊖	Screw-down non return valve
□⊕	Piston valve
□⊖	Piston non return valve
□⊗	Piston slice valve
□○	Magnet valve
□+○	Temp. auto control valve
□○	Press. regulate valve
□○	Reduce valve
○○	Strainer
○○	Drain trap
×	Orifice
□(II) X○	Solenoid valve
—	Feed water
—	L.O. & control oil
—	Water (cond. & cool W.)
—	Stm. & exh.
—	Control air
—	Electric wire



Surface "A" Indicating lamp arrangement



### Surface "B" Instrument arrangement



The diagram illustrates a foundation plan with the following dimensions:

- Total width: 1,400 units.
- Width of the central rectangular area: 660 units.
- Width of the side vertical columns: 40 units each.
- Height of the central rectangular area: 75 units.
- Height of the side vertical columns: 1,300 units.
- Vertical distance between the top of the central area and the top of the side columns: 50 units.
- Vertical distance between the bottom of the central area and the bottom of the side columns: 50 units.
- Horizontal distance from the center of the central area to the center of each side column: 100 units.
- Horizontal distance from the center of the central area to the outer edge of each side column: 100 units.
- Horizontal distance from the center of the central area to the outer edge of the side column on the right: 170 units.

Four anchor bolts are indicated by small rectangles with cross-hatches, positioned at the intersections of dashed lines extending from the side columns towards the center. The text "4-1/2" anchor bolt" is located at the bottom left.

No.	Name	No.	Name	No.	Name
1	Stand-by progress	31	Turbine exh. valve	61	Stm. regulating valve
2	Stand-by finished	32	Gland leak. stm. valve	62	M. Stm. valve
3	Start up progress	33	Drain valve	63	Turbine warm. valve
4	Start up finished	34	Turbine warm. valve	64	Drain valve
5	Stoppage progress	35	Stm. regulate valve (warm.)	65	Gland leak. stm. valve
6	Stoppage finished	36	M.D. Aux. oil pump	66	Turbine exh. valve
7	Trip (pump side)	37	M. Stm. valve	67	Stoppage
8	Reset (pump side)	38	Stm. regulate valve (start)	68	Start up
9	Test A	39	Pump outlet valve	69	Stand-by
10	Test B	40	Pump inlet valve	70	Aux. oil pump
11	Test C	41	By-pass orifice valve	71	Alarm reset
12	Operation	42	Pump warm. W. escape valve	72	Lamp test
13	Reset	43	Stand-by finished	73	Trip
14	Cool. W. inlet valve	44	Start up finished	74	Auto
15	Seal W. jacket cool. cond. valve	45	Stoppage finished	75	Test A
16	Turbine exh. valve	46	Pump del. press.	76	Test B
17	Gland leak. stm. valve	47	Control oil press.	77	Test C
18	Drain valve	48	Water press.	78	Alarm lamp
19	Turbine warm. valve	49	Stm. press.	79	Indicating lamp
20	Stm. regulate valve (warm.)	50	Air press.	80	
21	M.D. Aux. oil pump	51	Pump suc. press.		
22	M. Stm. valve	52	Oil tank level		
23	Stm. regulate valve (start)	53	Pump del. press. gauge		
24	Pump outlet valve	54			
25	Pump inlet valve	55	Pump outlet valve		
26	By-pass orifice valve	56	Pump warm. W. escape valve		
27	Pump warm. W. escape valve	57	By-pass orifice valve		
28	Reset device	58	Pump inlet valve		
29	Cool. W. inlet valve	59	Seal W. jacket cool. cond. valve		
30	Seal W. jacket cool. cond. valve	60	Cool. W. inlet valve		

Paint color

Surface Mansel 7.5 BG 6/5

Rear Mansel 7.5 Y 8/2

FIG. 7 ARRANGEMENT OF CONTROL STAND FOR  
FEED WATER PUMP REMOTE START & STOP

また Fig. 8 に試験装置全体を示す。

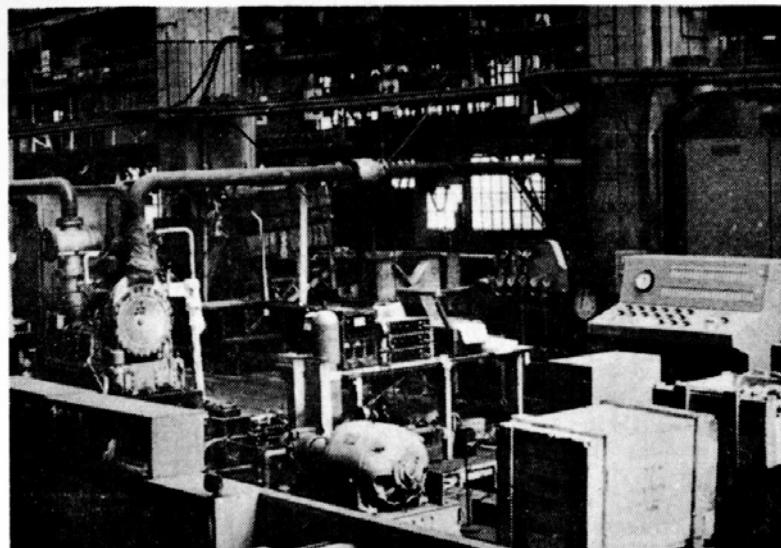


Fig. 8

### 3.4 試験結果

#### (a) 予備試験

まず弁単体の試験およびシーケンスの確認試験を行なった。計測は室内空気温度 12°C、操作油圧力 38kg/cm<sup>2</sup>G、操作油温度 11°C にて行ない弁作動時間はポンプ入口弁、バイパスオリフィス弁、ポンプ出口弁、排気弁が 1.5 ないし 2.0sec. でありその他の弁は 0.5sec. であった。また弁体からの油洩れは全体で 46hr/3.5kg/cm<sup>2</sup> であった。次にシーケンスの作動を確認したが期待どおり特に異常はなかった。

またポンプ単独の連続運転も行なったが、特に異常はなかつたのでここではその結果は省略する。

#### (b) 遠隔操縦試験

ポンプ単独試験の結果をもととしてタイマーを設定し、シーケンスに従って運転させた。その後タイマを徐々に短く設定して同様の試験を行なった。タイマの設定を Table 1 に、また起動前の条件を Table 2 に、試験結果の例を Fig. 9 より Fig. 11 に示す。

Table 1 タイマの設定

番号	計測日時	T 0	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 6	T 7	T 8
1	39. 3. 17	5'	1'	8'	1'	10"	1'	8'	15"	15"
2	39. 3. 17	5	1	8	1	10	1	8	15	15
3	39. 3. 18	2	1	6	1	10	1	8	15	15
4	39. 3. 19	1	1	5	1	10	1	5	10	10
5	39. 3. 19	1	1	5	1	10	1	5	10	10
6	39. 3. 21	1	0.5	4	1	10	1	5	10	10
7	39. 3. 21	1	0.5	4	1	10	1	5	10	10

To: 暖機終了より起動終了までの時間

Table 2 起動前の諸条件

番号	1	2	3	4	5	6	7
気温 (°C)	13.3	13.5	11	9.8	10	11.8	12.7
給水温度 (°C)	38	52	12	10	10	10	24
潤滑油温度 (°C)	13	14	11	10	10	10	17
冷却水温度 (°C)	13.4	13.5	11	14	14.5	10.4	17.4
操作油圧 (kg/cm <sup>2</sup> )	38	38	38	37	37	44	40
操作油温度 (°C)	11	11	12	9.5	10	11	11.5

(MEASURE No 19)

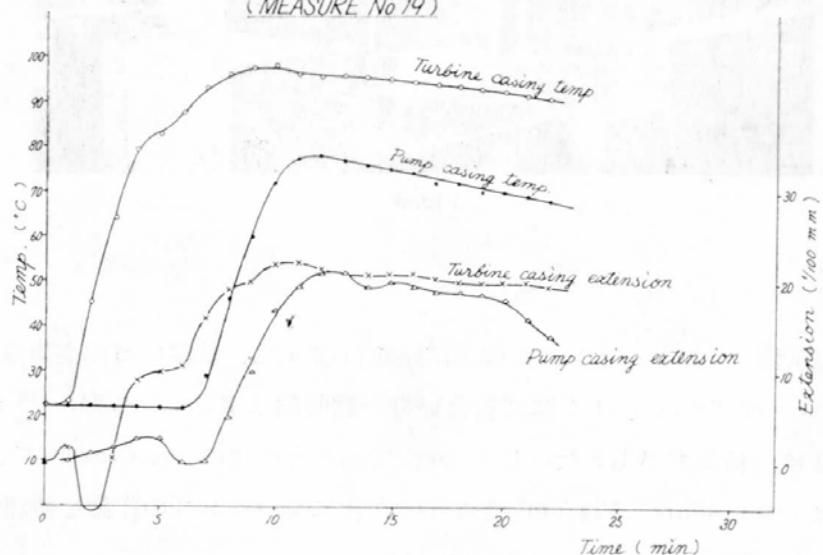


Fig. 9

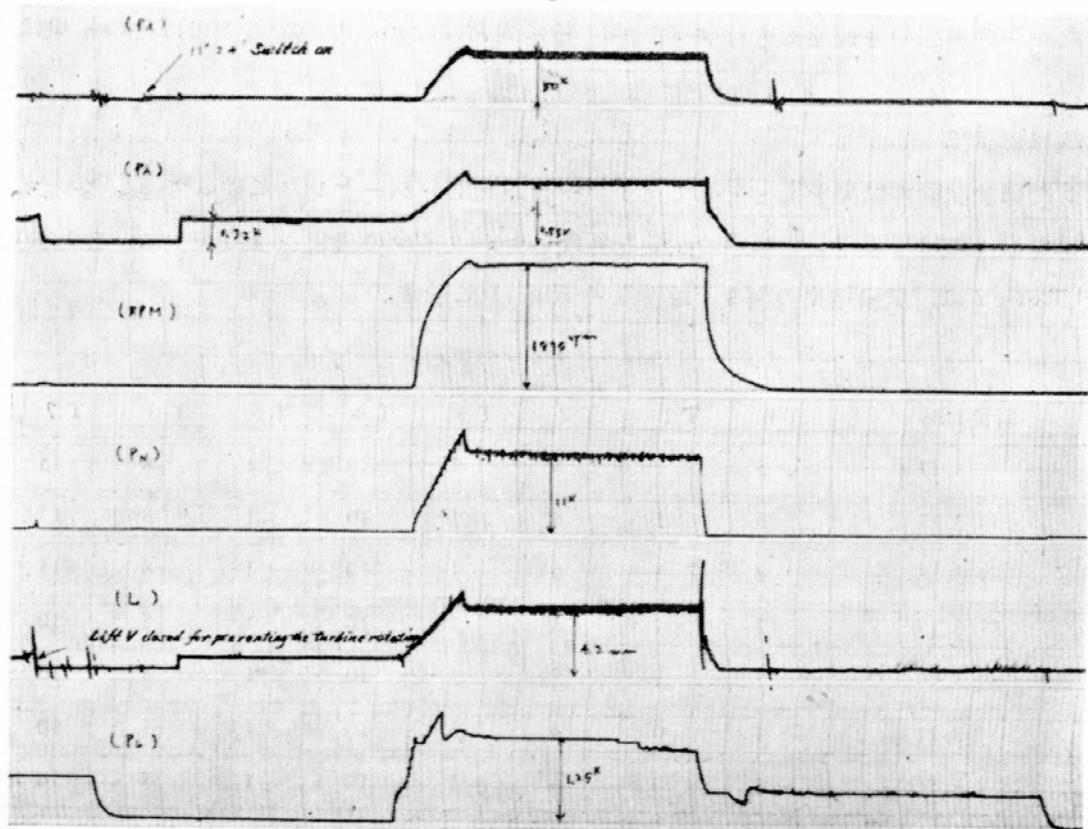


Fig. 10

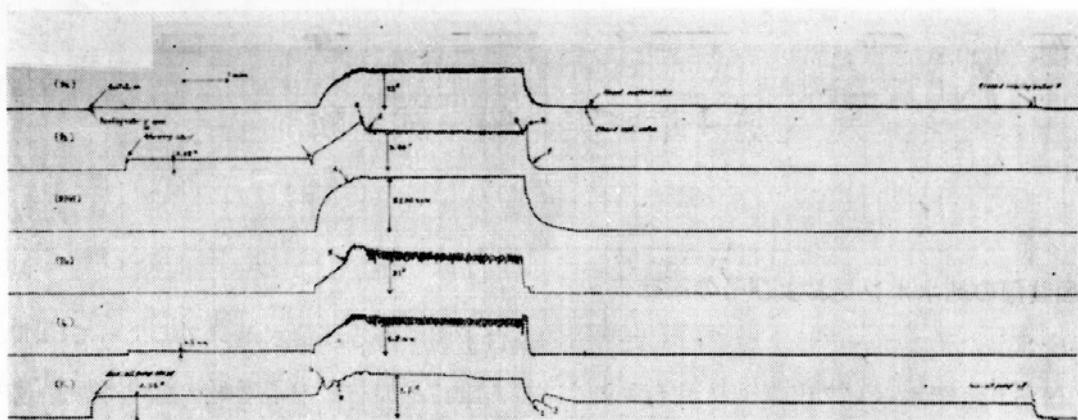


Fig. 11

### 3.5 考 察

- (a) 油圧は本試験では最高  $50\text{kg}/\text{cm}^2$  を使用したが、実船では高温高圧管が近くにあることを考えればもう少し低圧の方がよいと思われる。
- (b) ドレントラップにはヤーウエのディスク型のものを用いたが、各個所ともよく作動した。ただ実験ということでトラップ入口のコシ器を省略したが1度ゴミをかんで作動不能になったことがある。トラップに対するゴミは十分注意する必要がある。
- (c) 陸上のために各種リレー、タイマ類は汎用のものを用いたが、船では特に防振に対して注意する必要があった。
- (d) ドレン弁を付ける位置ならびに開閉の時期はもう少し改良の余地があるように思われる。たとえば主蒸気管のドレン弁は実船では主蒸気弁の後、調整弁の手前にすべきである。またケーシングのドレン弁はもっと後までドレンが抜けるようプログラムを組むべきである。
- (e) 2, 3 の試験で起動途中ハンチングのようなびびりを生じた。これは起動トルクと蒸気量が関係したのではないかと思われるが、不明である。
- (f) 起動時間は上記の問題さえ解決がつけば現在の 1min. をあるいはさらに縮めることができるかも知れない。
- (g) 暖機の時間は定常状態でポンプを起動するとか、完全冷態時よりの起動の場合には長い方がよいかから適当な時間を選べると思われるが、危急起動の場合には暖機時間を短くしてしまうような切換装置が必要と思われる。いずれにしてもプログラム中のタイマの設定はさらに今後の実験結果を待つ必要がある。
- (h) 給水ポンプの遠隔操作は今までの実験結果から、このような装置で一応可能であるとの結論に達した。ただ、今の装置は相当複雑化されているので今後の課題はむしろ少しづつ単純化の方向をとるべきと考える。

## 第4章 実船試験

### 4.1 実船装備の給水ポンプおよびその系統

実船に搭載した給水ポンプは2台で、1台常用、1台予備である。給水ポンプによって給水されるボイラは2缶あり、給水ポンプ出口よりボイラまでに第3段給水加熱器および第4段給水加熱器が存在する。

ポンプおよびタービンの要目は次のとおりである。

ポンプ型式	横形1段両吸込タービン式
吐出流量	130m <sup>3</sup> /h
再循環流量	17m <sup>3</sup> /h
吐出圧力	77kg/cm <sup>2</sup> G
吸込圧力	約3.2kg/cm <sup>2</sup> G
給水温度	130°C
回転数	8700rpm
吐出口径	120mm
吸込口径	160mm
タービン型式	横形カーチス1段インパス式
初蒸気圧力	27kg/cm <sup>2</sup> G
蒸気温度	420°C
排気圧力	2kg/cm <sup>2</sup> G
回転数	8700rpm
蒸気入口口径	70mm
排気口径	160mm

給水ポンプに関連する保護装置として次の装置を有する。

(a) ミニマムフローバイパス弁の自動開閉

主機1段落の蒸気圧は関連させ該圧力が設定圧より低くなった時に自動開になるようにしている。

(b) 油温上昇警報

油冷却器冷却海水入口弁を開け忘れて運転した場合の油温上昇に対しては、油冷却器出口油温約45°Cにてブザーを鳴らせる。

(c) 排圧上昇警報

タービン排気圧3kg/cm<sup>2</sup>にてブザーを鳴らせる。

(d) 油圧低下警報

軸受油圧0.6kg/cm<sup>2</sup>にてブザーを鳴らせる。

また、トリップ装置として次の3つが装備されている。

- 軸受油圧低下トリップ (0.5kg/cm<sup>2</sup>以下)
- 過速度トリップ (10,000rpm)
- 排圧上昇トリップ (3kg/cm<sup>2</sup>)

給水ポンプの関連ダイヤグラムをFig. 12に、給水ポンプをFig. 13に示す。

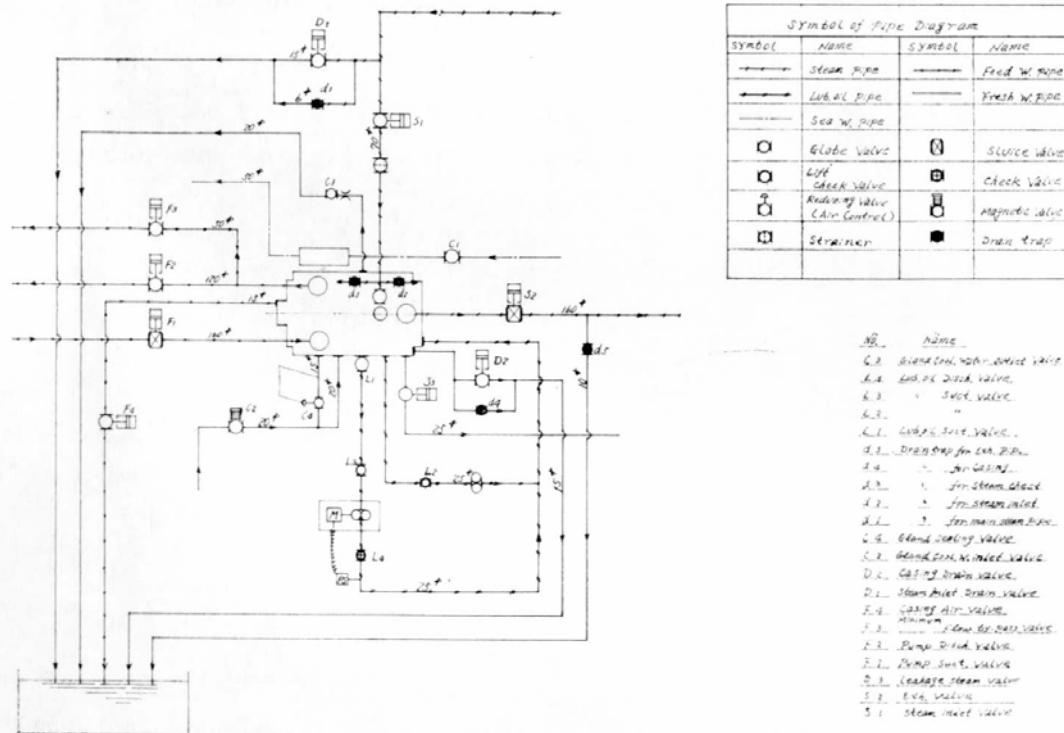


Fig. 12 Piping Diagram for Main Feed Water Pump

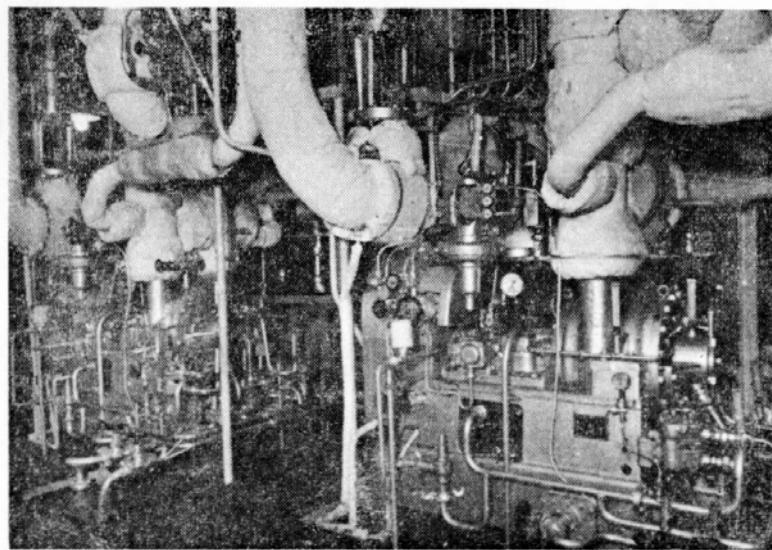


Fig. 13

#### 4.2 プログラムおよびリレー回路

運転中自動切換が生じるのは次のような場合である。

- 油圧低下トリップが働いた場合

(b) 過速度低下トリップが働いた場合

(c) 排圧トリップが働いた場合

(d) 蒸気調整弁が作動不良の場合

この装置としてはこれらのような場合に、そのポンプの吐出圧力が低下すれば、この信号により停止中の他のポンプが起動するような回路を設けている。

この場合、停止中のポンプは原則として、(1)スタンバイ (2)起動の動作を経由して (3)定常運転に入るが、緊急起動する場合には、Fig. 14 のプログラムにあるように蒸気入口ドレン弁、ポンプ暖機水逃し弁、蒸気調整弁（暖気起動）のタイマを動作させずに正常運転に達するようとする。この場合正常運転になれば蒸気入口ドレン弁、ポンプ暖機水逃し弁、グランド漏洩蒸気弁は手動にて閉鎖できるようにしておく。

Fig. 15, Fig. 16 に給水ポンプのコントロール・コンソールを示す。

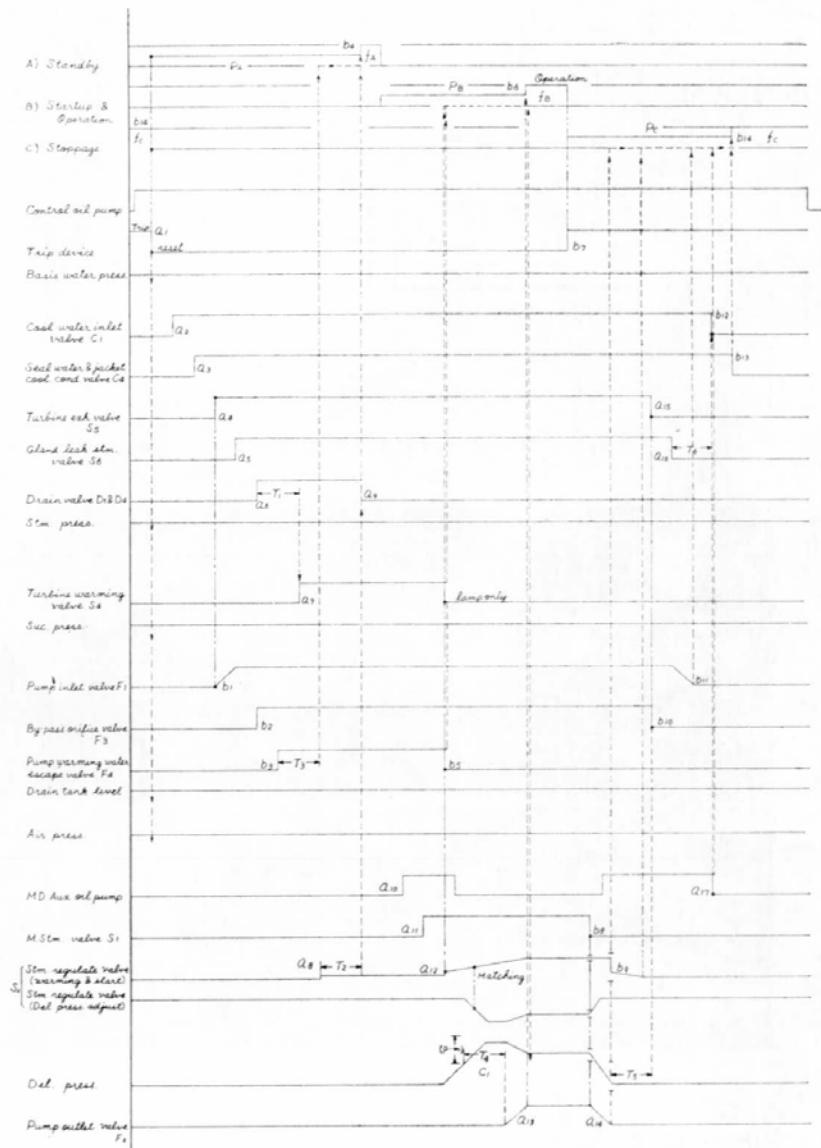


Fig. 14 Feed Water Pump Auto Start-Stop Time Schedule

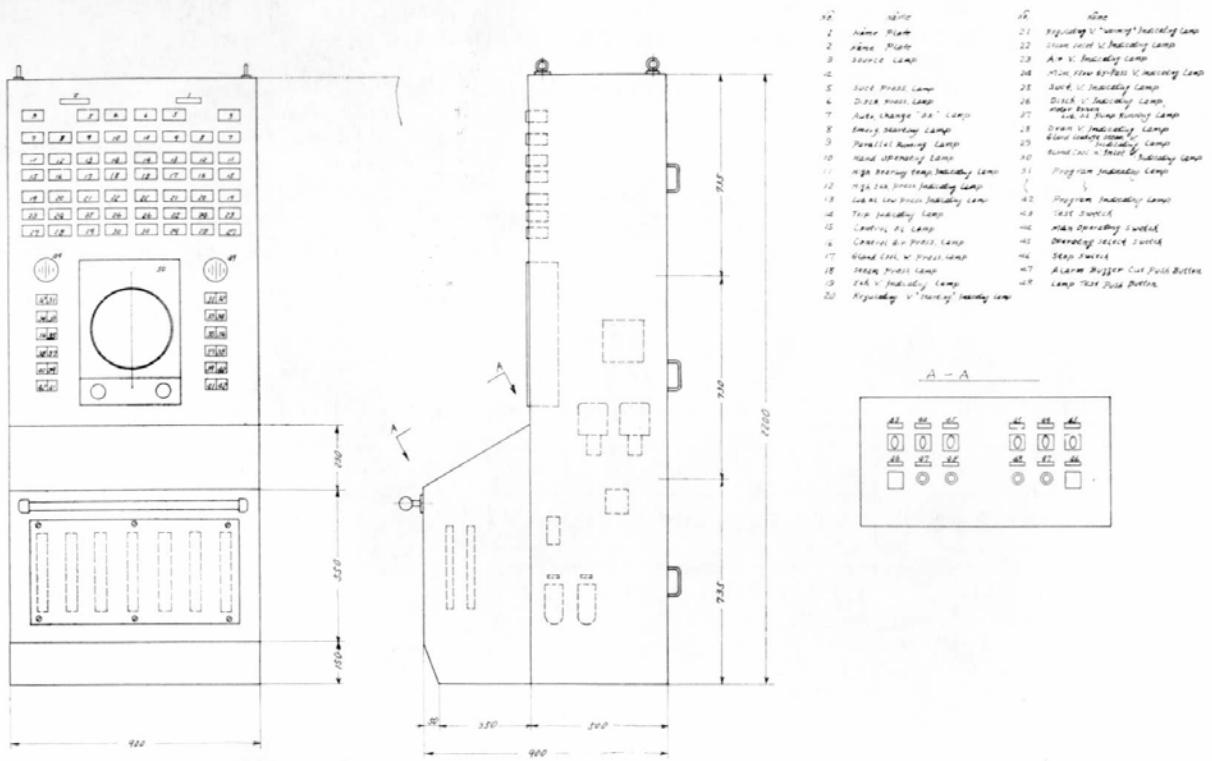


Fig. 15 Feed Water Pump Control Console

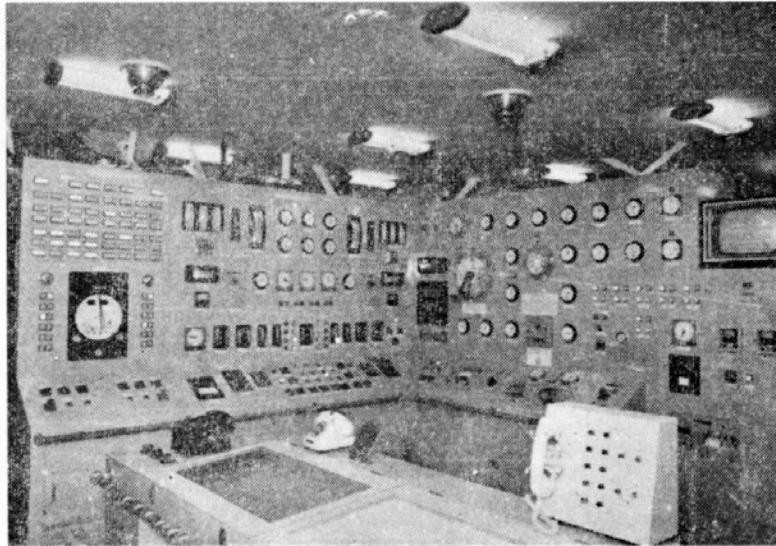


Fig. 16

#### 4.3 試験結果

##### (a) 試験時の条件

自動切換試験は下記の条件のもとで行なった。

- (1) 主機停止
- (2) 主発電機 (No. 1) 使用, 負荷 380kW
- (3) エバボレータ停止
- (4) バタワースポンプ稼動 (試験終了時停止)
- (5) 主缶最初 No. 1 ボイラ使用中に No. 2 に切換 (過熱蒸気  $46\text{kg}/\text{cm}^2 \sim 60\text{kg}/\text{cm}^2$ ,

420°C～510°C)

- (6) 甲板蒸気は甲板機械、居室暖房、賄室等に使用するも不明
- (7) 給水ポンプ駆動蒸気(圧力 23kg/cm<sup>2</sup>～27kg/cm<sup>2</sup>、温度 420°C～320°C)
- (8) 気温 11°C  
機関室(給水ポンプ付近) 40°C  
制御室 23°C
- (9) 海水温度 7°C
- (10) タイマ設定値

	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 6	T 7	T 8	T 9	T 10
No. 1 ポンプ	1.5'	1.0'	10"	1.0'	4.0'	5"	5"	2'	5"	5'
No. 2 ポンプ	2.0'	1.0'	10"	1.0'	4.0'	5"	4"	2'	5"	3'

	T T 1	T T 2	T T 3	T T 4	T T 5
No. 1 ポンプ	5"	15"	5"	5"	5"
No. 2 ポンプ	5"	14"	5"	5"	5"

(b) 停電保持テスト

No. 1 ポンプ、No. 2 ポンプの各々の稼動電源スイッチを切り停電の状態とし、各繼電器その他  
の異常のないことを確認した。

(c) 遠隔起動および停止テスト

いずれかのポンプ稼動中、他のポンプを制御室パネルより起動し、並列運転となし、最初から稼  
動中のポンプをまた遠隔で停止させる。

結果

稼動ポンプ	起動ポンプ	起動時間	停止時間	潤滑油ポンプ 停止時間
1号機	2号機	6'	1.5'	5.5'
2号機	1号機	2'.28"	1.5'	5'.10"

(d) 自動切換テスト

いずれかのポンプ稼動中、そのポンプの吐出圧力を低下させ、他のポンプを自動起動させて切換  
えた。(Fig. 17 参照)

結果

稼動ポンプ	切換ポンプ	切換所要時間
2号機	1号機	1'52"
1号機	2号機	1'12"
1号機	2号機	2'11"
2号機	1号機	1'30"

(e) 遠隔ならびに自動切換テスト中生じた問題点

- (1) 潤滑油圧力検出の圧力スイッチの設定が困難。

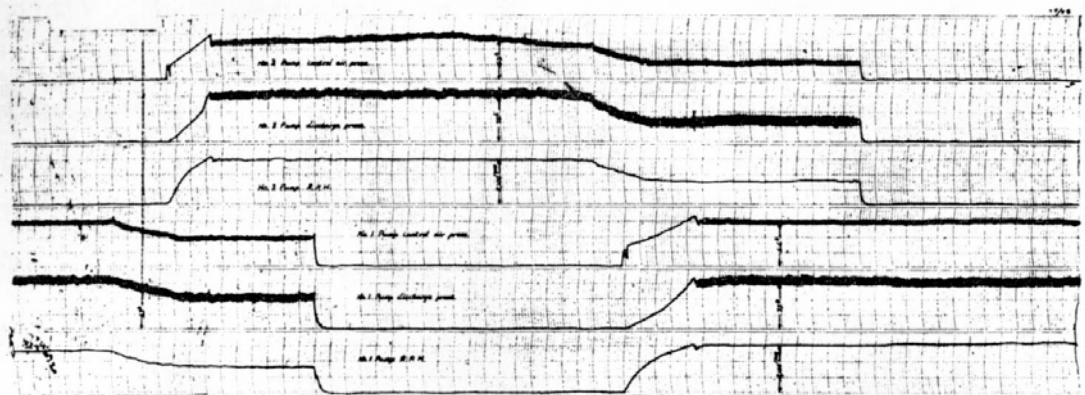


Fig. 17

- (2) 潤滑油圧力検出に時間がかかる。
- (3) 停止に時間がかかりすぎる。
- (4) 潤滑油ポンプの圧力調整弁の作動が悪い。
- (5) ガバナの吐出圧力検出部逆止弁よりの洩れで停止中のポンプのグランドより水が洩れる。
- (6) 並列運転中一方をトリップさせるとウォーターハンマを生じる。
- (7) 運転選択スイッチがポンプの振動でビスがゆるみ作動不良を生じる。
- (8) リミットスイッチが高温部にあり、電気関係が駄目になる。
- (9) グランドシール水圧が低く起動しない。
- (10) ディーゼル発電機より陸電へ、またディーゼル発電機より主発電機へ切替える時にポンプに対し停止信号が働く。

#### 4.5 考 察

##### (a) 自動切換テストに対する考察

本船工事工程の関係上、航行中の自動切換のデータを得ることできなかったのは残念であるが、自動切換テストとしては本船で 72sec で切換えることができて、航行中の危急切換に対して十分なる確信を得ることができた。

切換テストに対しては前節(e)項で述べたような問題点を生じ、その調整に非常に手間を必要とした。しかし、完全に調整後は就航後 1 度も問題を起しておらず航行中の切換も問題なく、スムーズに行なわれている。造船所でのテスト結果には時間の長いものもあるが最後の調整後はもっと短い時間で切換可能のはずである。

##### (b) 問題点に対する考察

- (1) 潤滑油圧力検出の圧力スイッチの設定がむつかしいのは設定圧力が  $0.6\text{kg}/\text{cm}^2$  対し、圧力スイッチの耐圧が  $4\text{kg}/\text{cm}^2$  のため精度が悪く、誤差が生じやすく設定に手間どることである。この点昭和38年度の試験でも同様の作業を要したが、実船でも 1 度設定てしまえば後は問題なく、支障なく作動している。
- (2) 潤滑油圧力検出に時間がかかるのは温度の低い場合に粘度が高く、また圧力スイッチにいたる導管が細いためと考えられる。このため切換時間が 20 sec.~50 sec. 位長くなっている。解決方

法としては導管を太くするか短くするかの 2 方法がある。実船では内径 4mm を 7.2mm と太くした。

- (3) 停止に時間がかかりすぎるのは主として電動潤滑油ポンプをポンプ停止後 2~3hr. 回しておく必要があるためで、切替試験ではこのタイマを 3~5min. にちぢめて試験を行なった。實際上事故なしにポンプを停止する場合は長く潤滑油ポンプを回しておく必要があり、また長くてもさしつかえないが、トリップが働いて停止した場合はその点検の点で短い方がよい。これは実船では最後に改造し、電動ポンプを手動で止めうる様にした。
- (4) 潤滑油ポンプの圧力調整弁は油系統の油圧が電動ポンプの停止によって変化するため、それを調整する目的で付けられているものであるが、直動弁で作動が悪く調整に手間どつたものである。現在のところ落着きよく作動している。
- (5) グランドより水を吹出すのはガバナの吐出圧力検出がポンプの吐出弁までの間にあり、ポンプ各々について別個に検出し、ガバナで一諸となっていたが、この検出用の導管に逆止弁が入っており、稼動中のポンプの圧力がこの逆止弁から洩れ停止中のポンプに圧力がかかるようになったため、ポンプのグランドから水を吹出したもので、これは検出部を吐出弁の出た所につけることによって解決した。しかし、このため、冷始動時には吐出弁の開く時期とガバナの働く時期のずれの問題から過速度トリップの働く危険が生じている。したがって冷始動時には手動起動を立前とすることにした。
- (6) ウォータハンマを生じるのは並列に入っているポンプの内圧力が高く、勝っている方のポンプをトリップによって急停止させる場合に吐出弁が急閉したときで、これはポンプの停止をトリップによらず休止スイッチによれば吐出弁が徐々に閉まり起らない。したがってこれは操作の面で注意すれば十分である。
- (7) 運転選択スイッチのビスというのは、選択用のカムをつないだ軸を止めてある廻り止めであるがポンプの振動のためにゆるみ作動不良となったものである。これはビスを締め直したが、これにもとづき暖機起動弁開度リミットスイッチを圧力スイッチに変更した。
- (8) これは実際には本船積込以前に変えたもので、弁付の開閉検出のリミットスイッチはすべて空気スイッチに取換えた。
- (9) グランドシールは主復水ポンプの出口より取っており、復水ポンプがキャビテーションコントロールをしており再循環量コントロールの関係で低圧になることがあり、低圧の場合起動できないようなインターロックがあるので起動しないことがあった。これは密閉水準調整弁を用い復水ポンプの出口圧力を高くすれば最もよい解決法となろう。
- (10) これは停電検出のリレーの問題で検出のためのリレーの慣性のため、短い停電では作動しなかったもので、これはタイマを入れて解決した。

## 第5章 結論

### 5.1 遠隔操縦および自動切換に対する結論

昭和38年度から39年度に至る試験研究の結果次の結論が得られた。

- (a) 遠隔操縦および自動切換は可能である。
- (b) 正常時における起動時間は 5min. 前後が適當である。
- (c) 正常時における停止時間はタービンの停止に 1.5min., 油ポンプの停止は 2~3hr. が適當である。
- (d) 危急起動の時間は最高 90 sec. 最低 45 sec. 以下で可能である。

### 5.2 装置に対する結論

- (a) 暖機段階は不要である。
- (b) 弁開閉のリミットスイッチはできるだけ少なくすること。
- (c) 弁開閉のリミットスイッチは空気式のものがよい。
- (d) 電磁油圧弁のソレノイドは弁から離し、まとめた方がよい。
- (e) ランプ表示はできるだけ小さくし、操作盤を小さくすること。

### 5.3 むすび

最後に昭和38年度および昭和39年度を通じお世話になった委員、特にご助言をいただいた幹事のかたがたに厚くお礼を申しあげるとともに感謝致します。

昭和41年8月20日 印刷  
昭和41年8月30日 発行

日本造船研究協会報告 第58号

発行人 菅 四 郎  
発行所 社団法人日本造船研究協会

東京都港区芝琴平町35  
「船舶振興ビル」8階  
電話 (502) 2371~80  
内線 (421~426)

印刷所 株式会社 青 光 社  
東京都品川区五反田1の249  
電話 (441) 0006, 4444, 2020