

# TO-プラントの計装

## —電子式計器による中央制御—

### Instrumentation for Tonnage Oxygen Plant —Central Control by the Electronic Instruments—

前 原 治\*  
Osamu Maehara

#### 内 容 梗 概

酸素製造装置としてのTO-プラント (Tonnage Oxygen Plant) は普通1年間昼夜連続運転を要求されることが多く、計装にも当然安定度の高いものが必要となる。日立製作所は従来よりこの方面に多数の実績を持っているが、最近計装方式も空気式から全電子式に転換のすう勢にあり、今回富士製鉄株式会社室蘭製鉄所納入の10,000 Nm<sup>3</sup>/h TO-プラントはこの点、最新式的全電子式計器を使用し、酸素製造から圧送設備に至るまで中央制御室にて全自動方式による集中制御を行なうもので、この方面の注目を浴びている。本文はこの計装例を中心に、TO-プラント計装の特異点そのほかを紹介する。

#### 1. 緒 言

近年鉄鋼業および合成化学の急速な発展に伴い酸素の利用価値の存在を見るに至り、酸素の需要も年々増加の一途をたどっている。ここに大規模な酸素製造装置が必要となる。一例をあげると、(1)製鉄所では平炉、高炉転炉などの酸素製鋼用があり、(2)化学工業ではアンモニア合成用酸素、(3)そのほか一般工業用として酸素アセチレン溶接用酸素、切断用酸素などがあり、多くの高純度酸素窒素の大量発生装置が当然必要となってきた。

日立低圧式空気分離装置については先に本誌に発表した<sup>1)</sup>が、このような大規模のプロセスにおいては、計測制御装置が重要度を増している。すなわちプラントが大容量になると、手動操作では大変な人手を要し、プロセス自体の特性が問題となり、運転不可能な状態が起きるので当然プロセス自動制御を取り入れなければ、装置の運転は不可能になってくる。これらの観点から今後は全自動遠隔操作方式を採用し、中央制御室より全装置を監視する中央制御方式が当然取られるべきである。

日立製作所では今回10,000 Nm<sup>3</sup>/h 99.6% 酸素発生装置というわが国最大級のものを製作完了し、好評裡に運転中であるが、本装置はかかる点を十分取り入れて計画設計されたもので、中央制御室には主要電気計器、全電子式工業計器および各操作器を合理的に配置して集中管理を行なっている。以下本文はTO-プラントの計装ならびにプロセス自動制御装置について述べる。

#### 2. 設 備 の 概 要

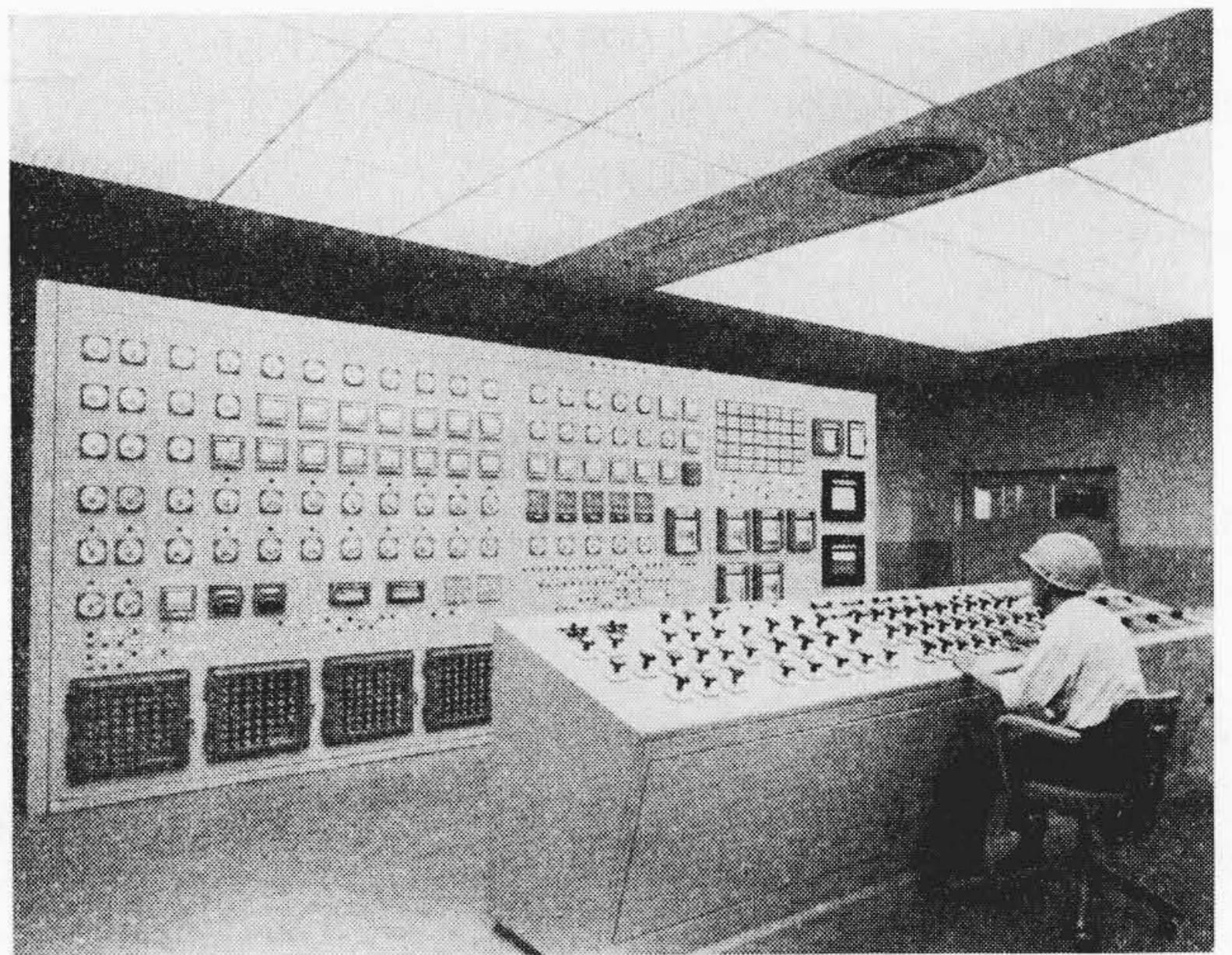
本装置は次の3部門よりなる。

(1) 原料空気圧縮機部門 原料空気である空気を一定圧力約5 kg/cm<sup>2</sup>Gに圧縮して、空気分離装置に圧送する装置で、途中にろ過機を設けて空気中のじんあいを除去している。原料空気の圧縮には軸流圧縮機が用いられている。

(2) 空気分離装置 圧縮された空気は寒冷部門で冷却液化されて精留部門に送られ、ここで液体空気は、酸素と窒素の沸点差を利用して、純物理的に酸素と窒素に分離される。精留部門で分離されたガスは再び寒冷部を通過させて原料空気と熱交換し、常温で取り出す。寒冷部には装置の熱損失を補償するため膨脹タービンを運転してプラントの熱平衡を保っている。

(3) 酸素圧送貯蔵設備 空気分離装置で発生した酸素ガスはサージタンクを通して酸素圧縮機に導かれ約30 kg/cm<sup>2</sup>Gまで昇

\* 日立製作所日立工場



第1図 富士製鉄株式会社室蘭製鉄所納10,000 Nm<sup>3</sup>/h TO-プラント中央計器盤および操作机

圧して球形タンクに貯蔵される。球形タンクを出た酸素ガスは自動減圧装置を経て一定圧力で各工場へ送られる。途中のサージタンクでは酸素圧縮機の脈動を防止している。酸素の圧縮にはバランス形三段往復圧縮機が用いられている。

#### 3. 制 御 方 式

##### 3.1 集中管理方式

酸素製鋼用の空気分離装置および圧送設備は年間を通じて稼働率が非常に高く要求され、装置の停止は他部門に多大な影響を及ぼし、工場の生産が左右されるので信頼度の高い機器を用いて各装置の安定をはかっている。プラントの運転には、原料空気圧縮機、空気分離装置および圧送設備の各部門の相互関連が運転操作に重要な問題であるからこの点十分考慮して操作の容易さと速応性を組み入れた中央制御監視室を設けて、全自動遠隔操作方法を採用している。

すなわち、本装置の管理ならびに運転操作は、すべて中央制御室に設けられた正面計器盤および操作机から全自動遠隔操作できる。この正面計器盤は第1図に示すように全装置を一括監視できるよう主要電気計器および各種工業計器を機能的に配列し、事故発生に対しては、集中表示器に表示するとともに警報を行ない、緊急処置を要する重故障に対しては自動緊急停止を行ない、装置の安全をはかっている。中央計器盤に設置の工業計器は日立全電子式計器を使用し変換器の信号レベル0~16 mA DCを受けて、指示、記録、調節さ



れている。一方重要データは、変換器の信号をデータロガーに伝送し、事務の軽減をはかっている。

従来、プラントの操作盤は工業計器のみで電気計器は現場または単独盤として別設置を行なっていたが、これらの方式では操作上不便を感じ監視も一括してできにくい点があるので、今回は上記の件を十分検討し、中央計器盤および操作机には工業計器中に電気計器を巧みに配置して全体の調和を取り、電気、工業両計器を一括して集中管理できるようにした。中央操作机には原料空気圧縮機、各酸素圧縮機の主操作開閉器、電動弁、ダイヤフラム弁の操作器および各部温度指示計等も配置している。試運転などの現場操作を必要とする場合は、中央、現場切替スイッチにより任意現場にて単独操作できる方式を採用した。

### 3.2 運 転 操 作

原料空気圧縮機および同補機電動機の起動停止、酸素圧縮機の任意並列起動停止は、中央制御機ですべてシーケンス制御できる。第1表および第2表はそれぞれ原料空気圧縮機、酸素圧縮機の起動停止操作要領を示す。これらの運転状態は中央計器盤の運転表示ランプにより監視できる。

## 4. 全電子式計装

近年わが国におけるプロセス自動制御の発達に伴い信頼度の高い広範囲の応用性をもつ工業計器が年々開発され、特に電子工業の進歩による電子式制御装置が開発され、数年前より実用化されている。この電子式制御装置は、これからの新しいプラント計装方式に移行するもので注目すべきものである。日立製作所では従来の TO-プラントには空気式、水銀式変換器などを使用していたから監視盤の体裁、計器も不統一になりがちであったが、今回富士製鉄株式会社室蘭製鉄所納入の TO-プラントには、全電子式工業計器を使用し面目を一新した。これらの全電子式工業計器は前章で述べたように中央制御盤に配置されており、第3表はその一覧表を示す。

流量、圧力、温度の変換には出力 0~16 mA DC の電子式変換器を使用して中央の電子管式計器に伝送されるとともに、データロガーにも伝送される。変換器の信号レベルが 0~16 mA DC であるためデータロガーではこれを DC 電圧で取り出し直ちに A-D 変換器によりデジタル量に変換させ、4 台のタイプライタに 30 分ごと記録される。この場合、圧力、差圧、液面温度などは変換器からの電流を抵抗に通して電圧で取ればよいが、流量の場合は変換器で開平されていないため（現在は開平されたものが製品化されている）流量記録計または指示計内に開平スライド発信器を設け開平されたものをロガーに送るようにした。そのほか、作業日誌に必要な電圧、電流、各電力、各部温度などすべてデータロガーにて記入され運転員の軽減ははかっている。各部プロセスの調節には日立電子式調節計（V61-E）を使用し、完全に自動制御されている。

電子式調節計は従来の空気式に比べ下記の特異点がある。

- (1) 信号の遅れがなく長距離伝送が容易で応答の速いプロセスの制御によい。
- (2) 空気配管のようにドレンによる配管のつまりがない。

第 1 表 5,500 kW 原料空気圧縮機操作要領図

| 主操作器ノッチ               | ノッチ進メ → ノッチ戻シ |    |                  |       |       |       |     |   |   |       |
|-----------------------|---------------|----|------------------|-------|-------|-------|-----|---|---|-------|
|                       | 切             | 電源 | 起動準備             | 運 転   |       | 起動準備  | 電 源 |   | 切 | 5~10分 |
|                       |               |    |                  | (起 動) | (運転中) |       |     |   |   |       |
| 低 圧 補 機 遮 断 器         |               | ●  | ●                | ●     | ●     | ●     | ●   | ● | ● | ●     |
| 高 圧 側 放 風 弁           | ○             | ○  | ○                | ●     | ●     | ○     | ○   | ○ | ○ | ○     |
| 吸 入 主 弁               | ●             | ●  | ○                | ○     | ○     | ○     | ○   | ○ | ○ | ○     |
| 給 油 ポ ン プ             |               |    | ●                | ●     | ●     | ●     | ●   | ● | ● | ●     |
| 冷 却 フ ァ ン             |               |    | ●                | ●     | ●     | ●     | ●   | ● | ● | ●     |
| 前 置 清 浄 器             |               |    | ●                | ●     | ●     | ●     | ●   | ● | ● | ●     |
| 真 空 フ ァ ン             |               |    | ●                | ●     | ●     | ●     | ●   | ● | ● | ●     |
| オ イ ル ク ー ラ 給 水 弁     | ●             | ●  | ○                | ○     | ○     | ○     | ○   | ○ | ○ | ○     |
| オ イ ル ク ー ラ ド レ ン 弁   | ○             | ○  |                  | ●     | ●     | ●     | ●   | ● | ● | ●     |
| 低 圧 側 放 風 弁           | ○             | ○  | ○                | ●     | ●     | ○     | ○   | ○ | ○ | ○     |
| イ ン タ ー ク ー ラ 給 水 弁   | ●             | ●  | ○                | ○     | ○     | ○     | ○   | ○ | ○ | ○     |
| イ ン タ ー ク ー ラ ド レ ン 弁 | ○             | ○  | ●                | ●     | ●     | ●     | ●   | ● | ● | ●     |
| 起 動 警 報 ベ ル           |               |    | 0~5分<br>→<br>20秒 | ●     | ●     |       |     |   |   |       |
| 主 電 動 機 遮 断 器         |               |    |                  | ●     | ●     |       |     |   |   |       |
| 液 体 起 動 抵 抗 器         |               |    |                  | (正転)● | 抵抗最小  | ●(逆転) |     |   |   |       |
| 二 次 短 絡 接 触 器         |               |    |                  | ●     | ●     |       |     |   |   |       |
| 二 次 短 絡 装 置           |               |    |                  | (正転)● |       | ●(逆転) |     |   |   |       |

●……遮断器投入、電動機運転、バルブ閉、ベル警報状態を示す  
○……バルブ開状態を示す  
●……バルブ開度自動調節

第 2 表 550 kW 酸素圧縮機操作要領図

| 主操作器ノッチ                   | ノッチ進メ → ノッチ戻シ |    |      |       |   |      |     |   |   |      |
|---------------------------|---------------|----|------|-------|---|------|-----|---|---|------|
|                           | 切             | 電源 | 起動準備 | 運 転   |   | 起動準備 | 電 源 |   | 切 | 1~3分 |
|                           |               |    |      | 0~3分  |   |      |     |   |   |      |
| 低 圧 補 機 遮 断 器             |               | ●  | ●    | ●     | ● | ●    | ●   | ● | ● | ●    |
| 給 油 ポ ン プ                 |               |    | ●    | ●     | ● | ●    | ●   | ● | ● | ●    |
| 注 水 ポ ン プ                 |               |    | ●    | ●     | ● | ●    | ●   | ● | ● | ●    |
| 吸 入 主 弁                   | ●             | ●  | ○    | ○     | ○ | ○    | ○   | ○ | ○ | ○    |
| 吐 出 主 弁                   | ●             | ●  | ○    | ○     | ○ | ○    | ○   | ○ | ○ | ○    |
| 1 段 バ イ バ ス 弁             | ○             | ○  | ○    | 0~1分● | ○ | ○    | ○   | ○ | ○ | ○    |
| 2 段 バ イ バ ス 弁             | ○             | ○  | ○    | 0~1分● | ○ | ○    | ○   | ○ | ○ | ○    |
| 3 段 バ イ バ ス 弁             | ○             | ○  | ○    | 0~1分● | ○ | ○    | ○   | ○ | ○ | ○    |
| シ リ ン ダ 冷 却 水 入 口 弁       | ●             | ●  | ○    | ○     | ○ | ○    | ○   | ○ | ○ | ○    |
| シ リ ン ダ 冷 却 水 排 水 弁       | ○             | ○  | ●    | ●     | ● | ●    | ●   | ● | ● | ●    |
| イ ン タ ー ク ー ラ 冷 却 水 入 口 弁 | ●             | ●  | ○    | ○     | ○ | ○    | ○   | ○ | ○ | ○    |
| イ ン タ ー ク ー ラ 冷 却 水 排 水 弁 | ○             | ○  | ●    | ●     | ● | ●    | ●   | ● | ● | ●    |
| 操 作 空 気 支 管 弁             | ●             | ●  | ○    | ○     | ○ | ○    | ○   | ○ | ○ | ○    |
| 滴 油 弁                     | ●             | ●  | ○    | ○     | ○ | ○    | ○   | ○ | ○ | ○    |
| 注 水 バ イ バ ス 弁             | ○             | ○  | ○    | ○     | ○ | ○    | ○   | ○ | ○ | ○    |
| 注 水 吐 出 弁                 | ●             | ●  | ○    | ○     | ○ | ○    | ○   | ○ | ○ | ○    |
| 起 動 警 報 ベ ル               |               |    |      | ●20秒  |   |      |     |   |   |      |
| 電 動 発 電 機                 |               |    | 0~5分 | ●     |   |      |     |   |   |      |
| 主 電 動 機 遮 断 器             |               |    |      | ●     |   |      |     |   |   |      |

●……遮断器投入、電動機運転、バルブ閉、ベル警報の状態を示す  
○……バルブ開の状態を示す

第 3 表 計 器 一 覧 表

| 測 定 量         | 員数台 | 検出計器            | 計 器 構 成                                 |
|---------------|-----|-----------------|-----------------------------------------|
| 流 量 記 録 計     | 13  | 電 子 式           | 変換器→記録計→ロガー                             |
| 流 量 記 録 積 算 計 | 3   | 電 子 式           | 変換器→記録計→ロガー<br>→積算計→ロガー                 |
| 差 圧 指 示 計     | 4   | 電 子 式           | 変換器→指示計<br>→ロガー                         |
| 液 面 指 示 計     | 3   | 電 子 式           | 変換器→指示計<br>→ロガー                         |
| 液 面 記 録 調 節 計 | 2   | 電 子 式           | 変換器→記録計→調節計→調節弁<br>→ロガー                 |
| 圧 力 指 示 計     | 11  | 電 子 式           | 変換器→指示計 (3 点切替指示を含む)<br>→ロガー            |
| 圧 力 記 録 計     | 1   | 電 子 式           | 変換器→記録計 (4 点切替)<br>→ロガー                 |
| 圧 力 記 録 調 節 計 | 1   | 電 子 式           | 変換器→記録計→調節計→調節弁<br>→ロガー                 |
| 温 度 指 示 計     | 5   | サーチコイル          | サーチコイル→指示計 (12, 24 点切替指示)<br>サーチコイル→ロガー |
| 温 度 記 録 計     | 4   | サーチコイル          | サーチコイル→記録計 (1, 6 点切替)<br>サーチコイル→ロガー     |
| 温 度 記 録 調 節 計 | 2   | サーチコイル<br>+ 電子式 | サーチコイル→変換器→記録計→調節計→調節弁<br>→ロガー          |



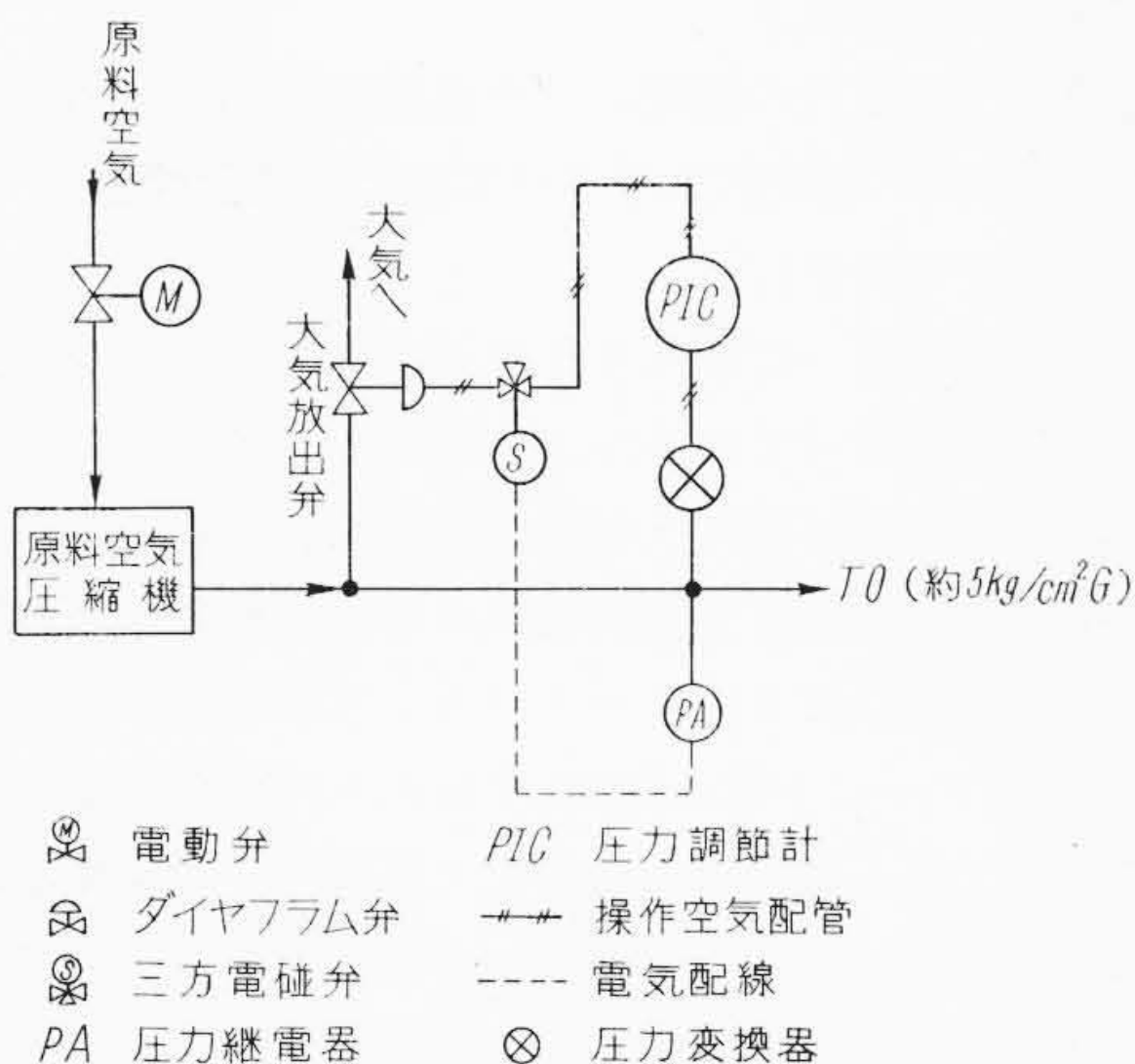
- (5) 保守が容易である。
- (6) 空気源が不用。
- (7) カスケード制御，比率制御が容易である。
- (8) データ処理装置との結合が容易である。

電子式には以上の利点があるが，その反面爆発性ガスの発生する場所には使用できないなど欠点もある。しかし今後のプラント計装方式としては電子式に移行すべきである。

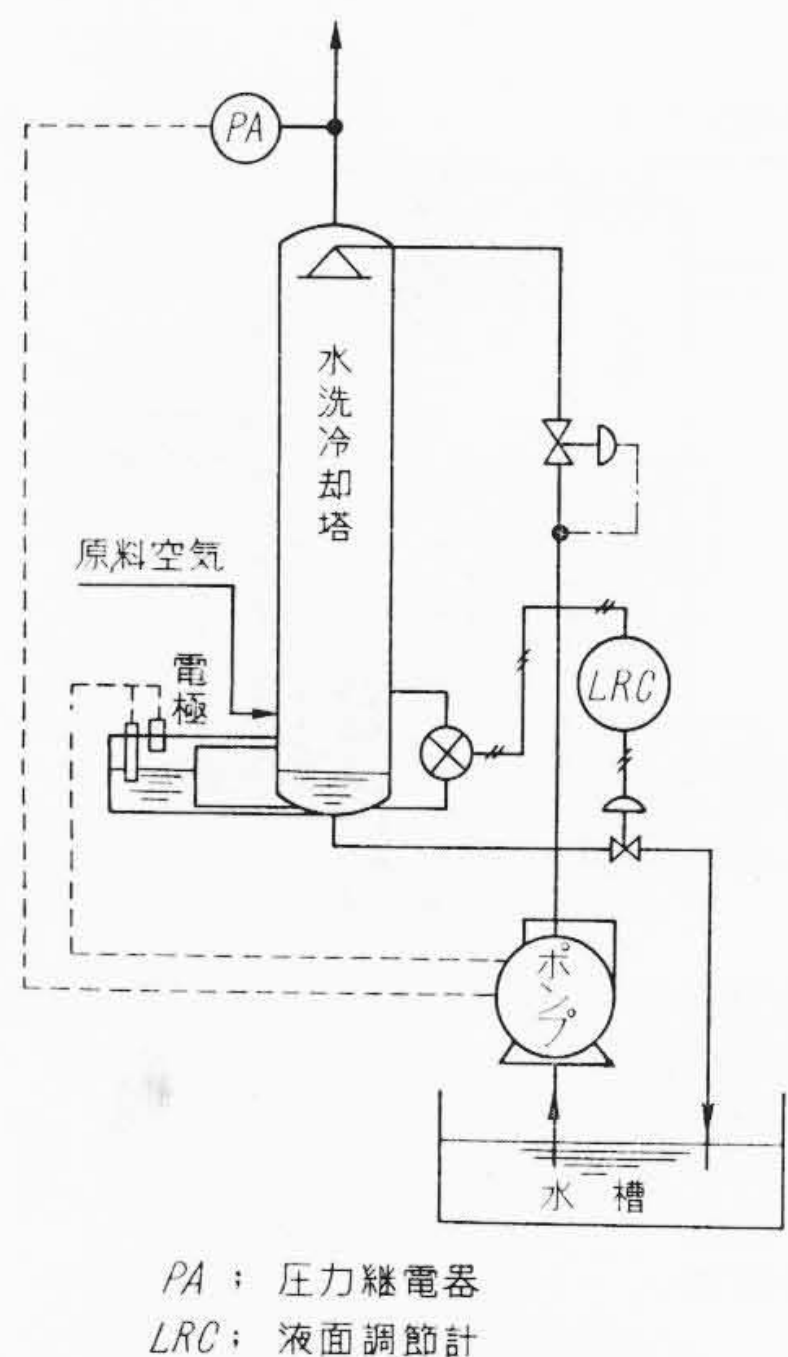
## 5. 自動制御装置ならびに遠隔調節装置

空気分離装置は自己平衡性がきわめて高い装置であるから自動制御の適用を十分考える必要がある。閉ループ制御の系統をむやみに増すことは，装置の特性と制御計器の特性に偏差を生じ，かえってその効果を減殺するばかりでなく操作の複雑性を増すものである。本装置はこのような点を十分考慮に入れ，装置を最高の条件，すなわち製品ガス純度の一定，電力原単位および人件費の通減を目的として自動運転できるようプラントに次の項目の自動制御装置を設けている。

- (1) 原料空気圧縮機サージング防止装置
- (2) 水洗冷却塔液面自動制御装置
- (3) 蓄冷器自動切替装置
- (4) 膨張タービン危急遮断装置
- (5) 膨張タービン出口三方バイパス弁風量調節装置
- (6) 精留塔系液面制御装置
- (7) 酸素圧縮吸入圧自動調節装置



第2図 原料空気吐出圧力調節装置



第3図 水洗塔液面自動制御装置

以下各自動制御装置について述べる。

### 5.1 原料空気圧縮機サージング防止装置

原料空気圧縮機は原単位の低い原料空気を分離器に供給するため(i)圧縮機吐出圧力(約5kg/cm²G)を一定に保つこと，(ii)圧縮機のサージングを防止することが必要条件となってくる。そのため圧縮機の高圧側にダイヤフラム式調節弁を設け吐出圧力を一定に保つとともにサージングを防止している。すなわち第2図のように吐出圧力を検出し，調節計を介して大気放出弁を動作させ圧力を自動調節する。また圧力異常上昇時には圧力継電器により三方電磁弁を動作させて大気放出弁を全開し，圧縮機のサージングを防止し，装置の安全をはかっている。圧縮機を効率よく稼働させるため吸入側に電動弁を設け，中央遠隔操作して風量，吸入圧を調節している。

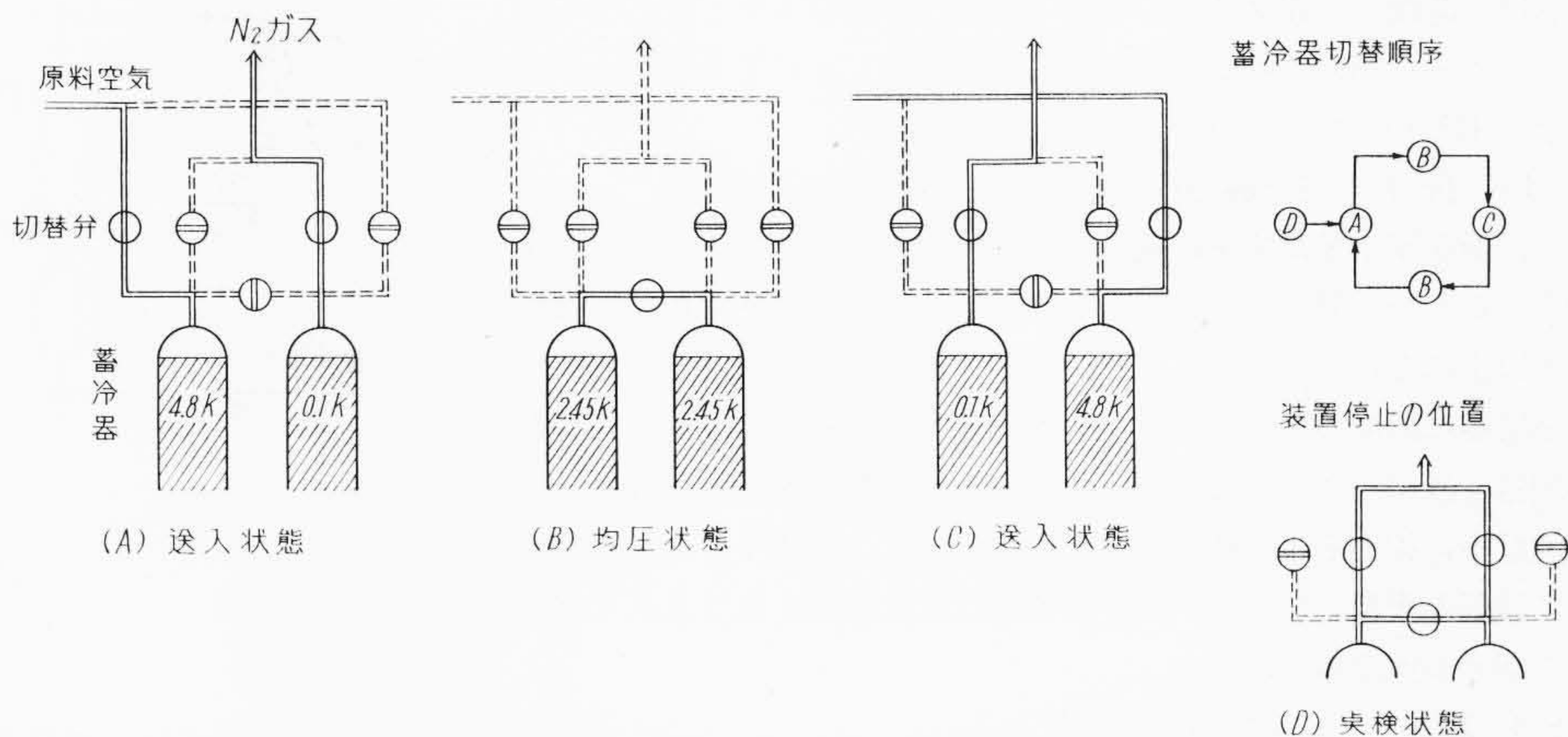
### 5.2 水洗冷却塔液面自動制御装置

原料空気圧縮機より出た空気は温度が上昇するので，水洗冷却器に導き冷水と熱交換させ一定温度に冷却させて蓄冷器に入れるが，この水洗冷却器内で冷水と熱交換の際，水滴の混入した空気が蓄冷器内に流入する恐れがあるため下記の装置が設けられている。

- (1) 水洗冷却塔内の液面を検出し，出口バルブの開度を変化させ液面を一定に保つ。
- (2) ポンプの吐出圧を検出し，自動絞り弁を設けて水量を最小限に押える。
- (3) ポンプの起動は原料空気圧規定値により行ない，低圧時水洗冷却塔内の空気が過大流速時には給水を停止せしめる。
- (4) 水洗塔液面異常上昇すればオペレータに警報し，ポンプを自動停止さす。第3図はその制御系を示す。

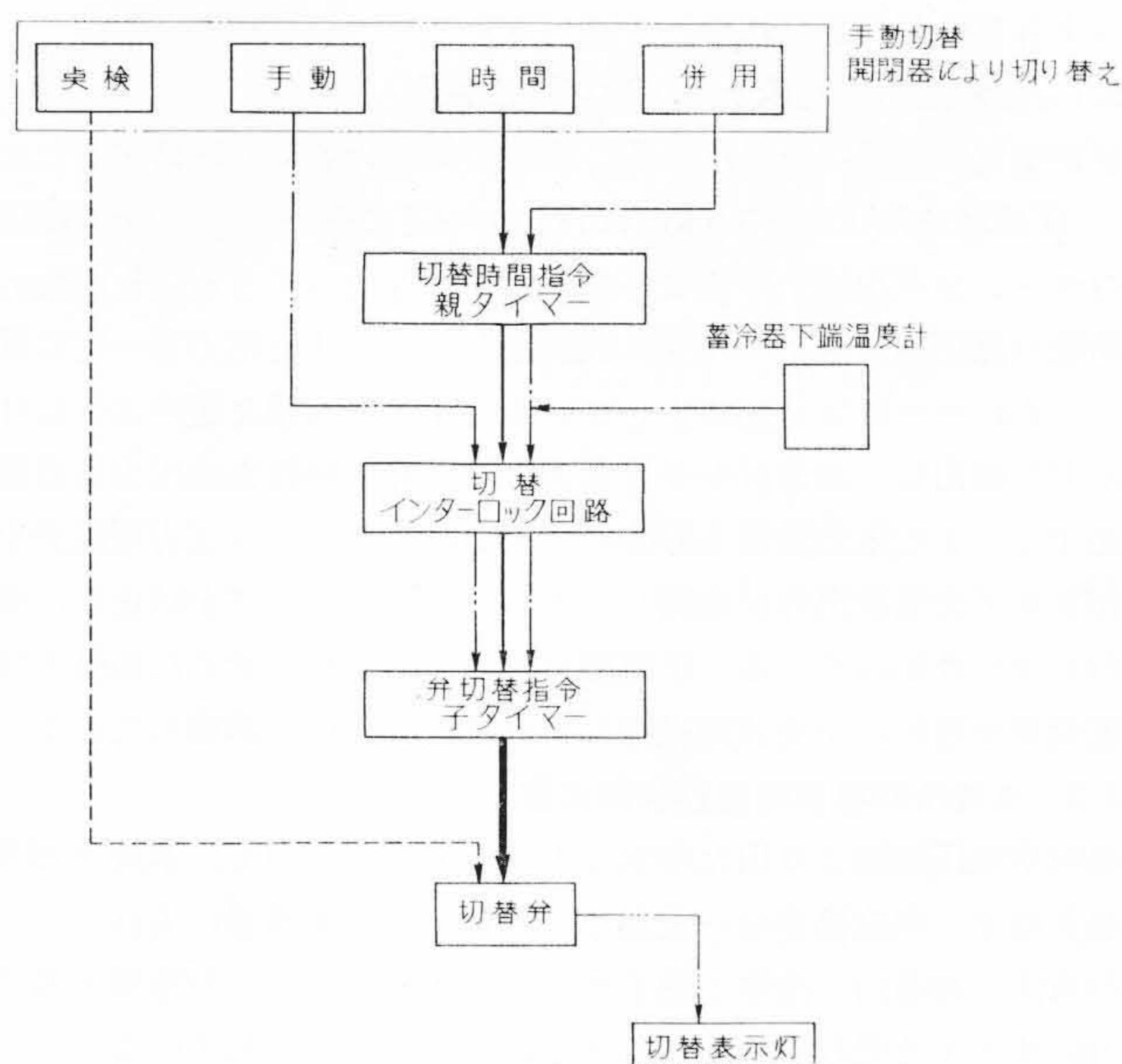
### 5.3 蓄冷器自動切替装置 (日立特許申請中)

蓄冷器は寒冷サイクル部における最も重要な機器で2基1組となっており，一定周期(5～15分ごと)で切り替え使用するもので，各周期ごとに低温ガスと原料空気を交互に切り替え，低温ガスの寒冷を回収するとともに原料空気を飽和温度まで冷却しプラントの熱損失を小さくしている。この蓄冷器の空気およびガス比率の平衡を保つて運転することが要点であって，熱バランスの取り方により装置の運転の良否が左右される。蓄冷器の切り替え装置はプラントの主神経であって故障すれば手動操作は不可能で制御装置もこの意味から信頼度の高い装置を使用する必要がある。現在日立製作所では電気的な切替制御装置を用い，この指令により作動する空気圧作動式切替弁より構成される電気-空気式を採用し，長年の実績をもっている。本装置は大別して蓄冷器の切替時間を設定する親タイマーとその指令により原料空気と分離ガスの通路の切替操作と，一対の蓄冷器の切替時の均圧を行なう切圧弁の動作とを第4図に示すような順序に切り替えさせる子タイマーより成っている。この一連のプログラムは親タイマーの指令により子タイマーを繰り返し動作させて蓄



第4図 蓄冷器切替順序





第5図 切替弁制御装置系統図

冷器の切り替えを自動的に行なうものである。第5図は切換弁制御装置系統図を示す。

(1) 切換時間設定用親タイマー

本タイマーは変速機構を備えた電動機に一連のカムスイッチ機構を連動させたもので、この時限接点の開閉によりタイマーが起動するよう接続されている。親タイマーは蓄冷器群の切替周期を設定するもので、その周期は5～15分まで任意に設定可能である。

## (2) 切替弁操作用子タイマー

本タイマーは小形電動機に蓄冷器切替弁の切替順序を規定した一連のカムをドラムにセットしたもので、カム機構の回転により接点が開閉して電磁弁の動作により切替弁を操作させる。上記電磁弁操作用スイッチおよび動作時間の相互関係はカム板の組み合わせにより、容易に調整することができる。子タイマーの操作は、親タイマーの指令で動作を開始しあらかじめ設定したプログラムを経たならば、接点を開きブレーキをかけてカムを規定位置に止める。

親タイマーおよび子タイマーの操作は中央制御机上の切替開閉器により下記のように任意選択きでる。

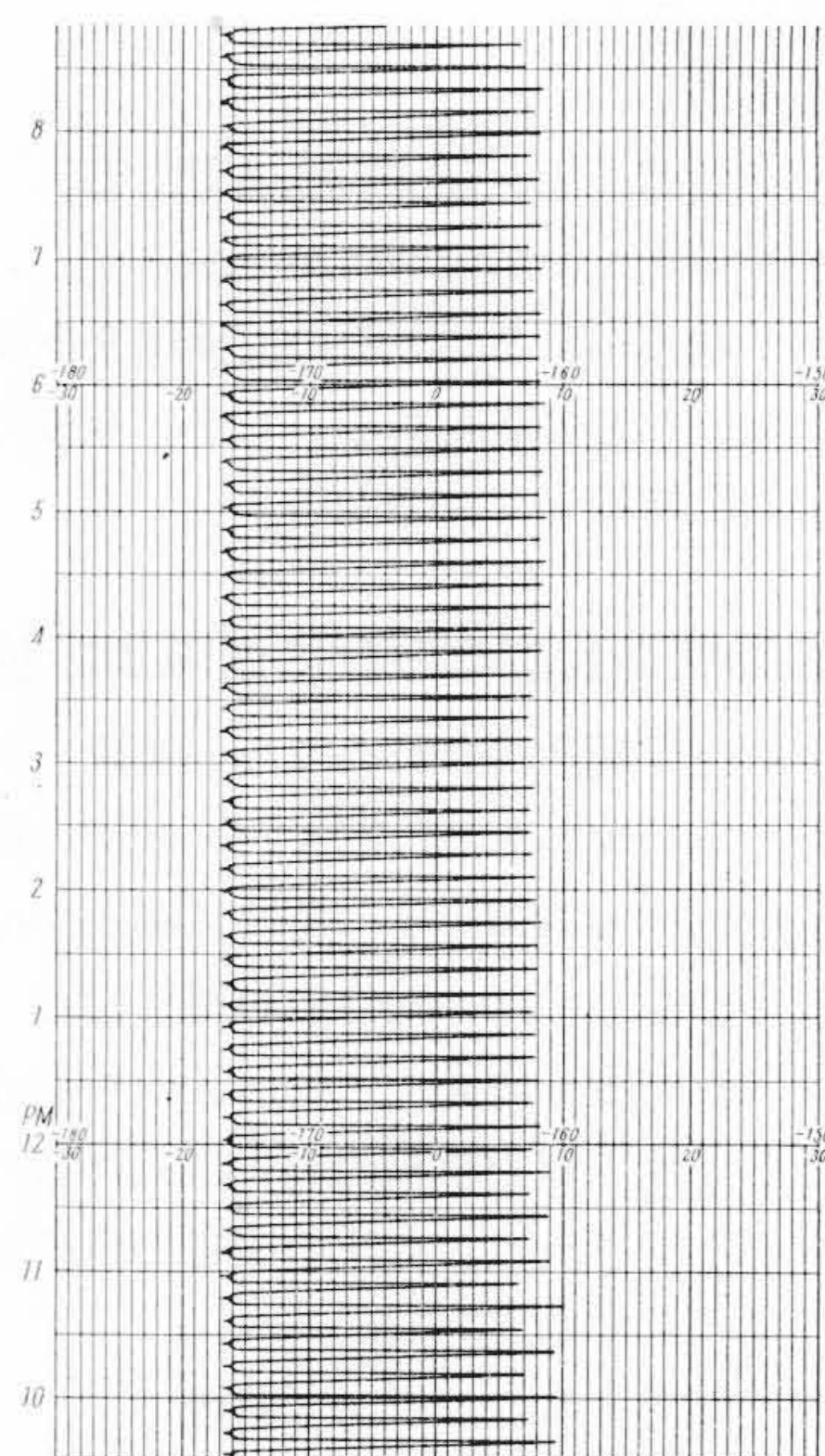
- (1) 点検 各切替弁には点検用スナップスイッチを設け、子タイマーと無関係に単独に切替動作させて切替弁の動作確認をする。なお点検時弁の位置は①の状態になっている。
- (2) 手動 時間、温度切替用親タイマーに関係なく押ボタンスイッチにより子タイマーを動作させることができる。
- (3) 時間 親タイマーを5～15分/回 回転さすことにより子タイマーを動作させる。すなわち一定時間ごとに子タイマーに指令を出し切り替える。
- (4) 併用 自動温度制御切替

#### (4) 併用 自動溫度制御切替

蓄冷器を安全で高能率に運転させるには蓄冷器の温度を一定に保持することで、親タイマーの指令により一定時間に切り替えて設定温度以上にならないようにしているが、「時間」だけの切替方式では蓄冷器に温度のアンバランスを生じるおそれがある。そこで切替開閉器「併用」ノッチでは、蓄冷器の下端温度を測定してこれを一定値以内に押えるよう時間切替に温度検出による切り替えを組み入れて装置の平衡を保っている。第6図は温度制御を取り入れた蓄冷器下端の温度記録を示す。

#### 5.4 膨張タービン危急遮断装置

寒冷発生源である膨張タービンは毎分何万回転と云う超高速度で



第6図 蓄冷器下部温度記録

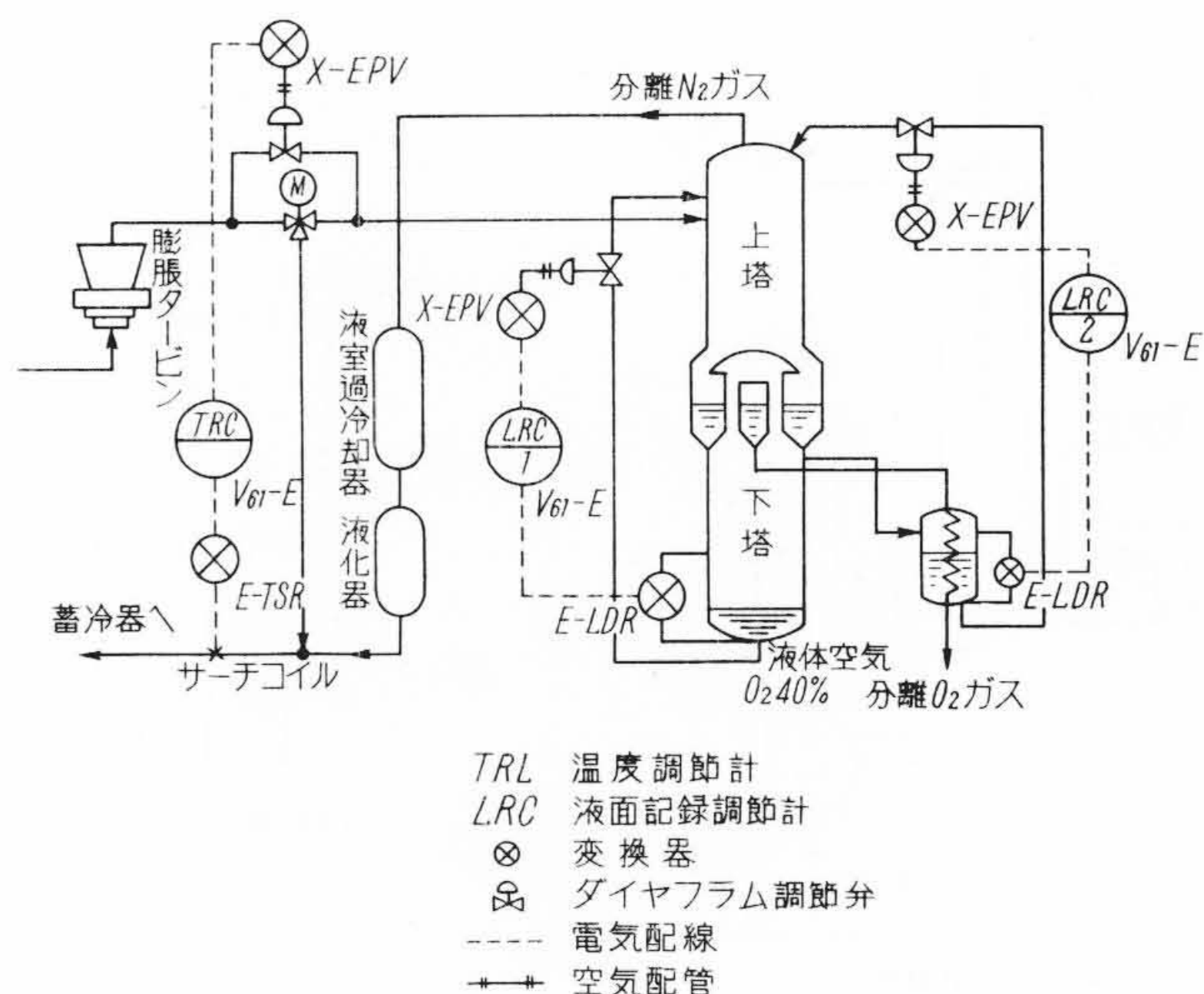
回転しているため特に確実に動作する保安装置を必要とするので、タービン入口に危急遮断弁を設け、下記の場合、弁を閉そくして膨張タービンに流入する空気を遮断している。

- (a) 停電時（この場合高圧油槽より1～2分給油できる）
- (b) 給油圧力異常低下
- (c) 過速度（回転計の指標により自動的に動作する）

### 5.5 膨張タービン出口三方バイパス弁風量調節装置

(日立特許申請中)

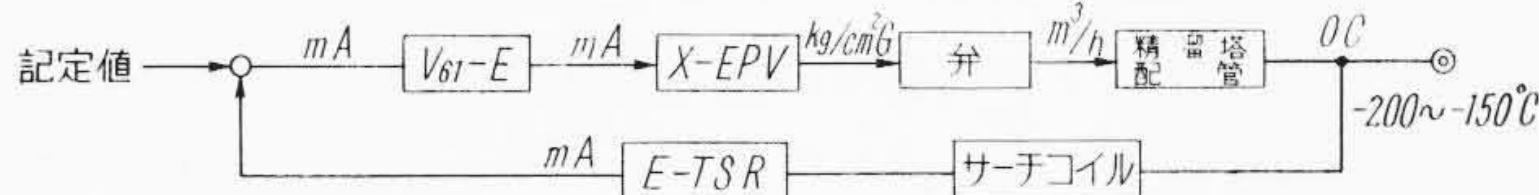
分離器起動順序は第一に寒冷サイクル部を冷却し、第2段として精留部門の冷却を行なっているが、この寒冷サイクル部から精留部門へ移行操作を自動的に行なうために設けられたもので、まず起動時、蓄冷器を通った空気は全量膨張タービンに導き、断熱膨張されて低温となり蓄冷器の戻り管にバイパスして蓄冷器にもどす。この運転を続け、膨張タービン出口温度、すなわち戻り管の温度が一定になった時ダイヤフラム調節弁を操作して低温空気を精留塔に送り、精留塔の冷却段階にはいる。精留塔に多量に低温空気を送ると塔内冷却後の高温の空気が蓄冷器への送管内の温度、すなわち窒素低温主管温度が過上昇するのでそれを防ぐためダイヤフラム弁を調節



第7図 膨張タービン出口風量制御ならびに  
精留塔系液面制御



し、精留塔へ送る低温空気量を調節している。この操作は非常にむずかしいので本自動制御装置を設けたのである。すなわち第7図に示すように窒素低温主管温度をサーチャイルで検出し E-TSR 形温度変換器で 0~16 mA DC 信号に変換されて V61-E 形調節計にはいる。調節計からは設定値を中心に偏差に応じた信号を弁に送り調節弁に PID 動作を与えて温度を一定に保っている。このブロック線図を第8図に示す。



第8図 ブロック線図

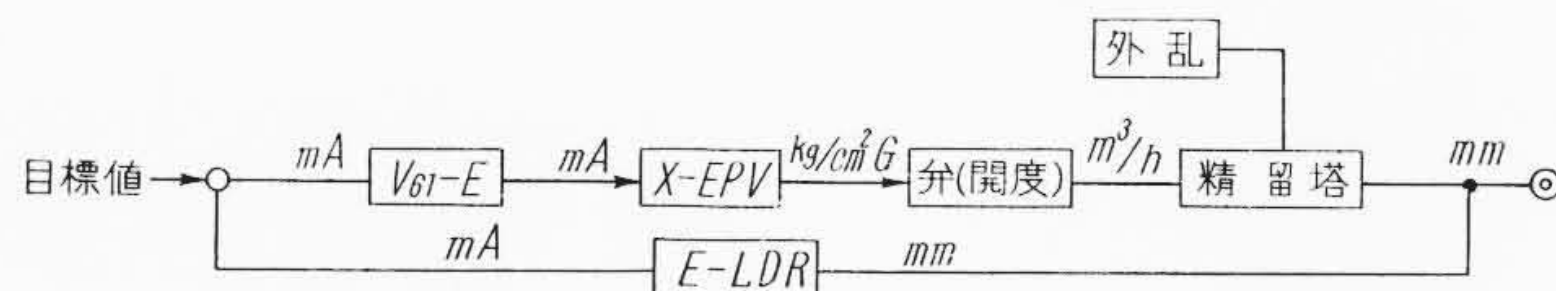
### 5.6 精留塔系液面制御装置

装置の運転に際し最も重要なことは精留塔内の精留状況を最も好条件に保つことで各部の液面をそれぞれ運転条件にマッチしたレベルに保持することが必要である。

#### (1) 精留塔液体空気液面制御

製品ガスの純度を一定に保つには精留塔の操作が最も重要である。その一方法として上塔に送る還流液用窒素の純度を一定になるよう調節しているが、これに応じて下塔の液体空気液面が増減して装置の精留を不安定にするから、この液面を検出し上塔に送る液体空気量を自動調節する。

第7図に示すように精留塔内の液面変動を差圧方式で検出し（液体空気は配管途中で気体となる）、差圧変換器 E-LDR で 0~16 mA DC 電流に変換され、中央計器盤取付の V61-E 形電子式調節計に伝送される。調節計内で設定値に対する偏差分に応じてダイヤフラム調節弁に PID なる制御指令を与え、液面を設定値に調節している。それをブロック線図で表わせば第9図のようになる。

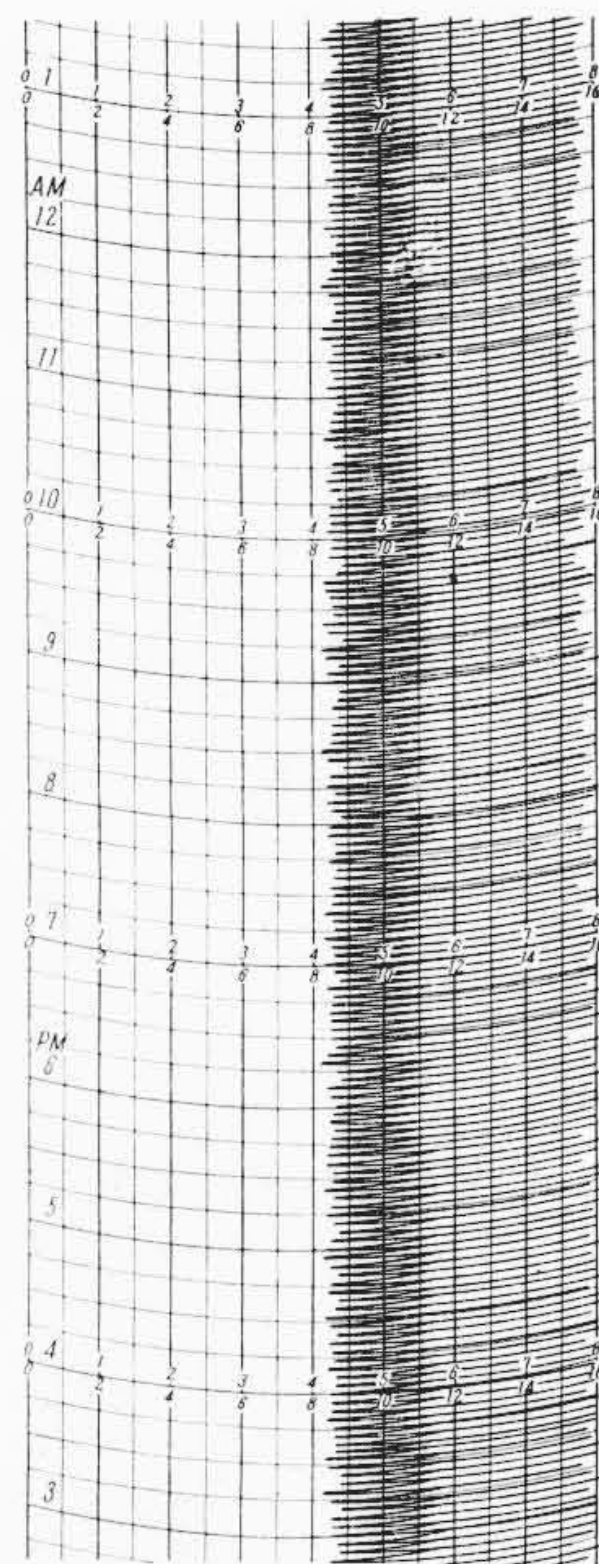


第9図 精留塔液面制御ブロック線図

第10図は液面記録を示しており、図では大幅なハンチングを起しているような記録をしているが、これは蓄冷器の切替時、圧力変動が外乱として精留塔に及ぼし液面を変動させるためである。すなわち蓄冷器切替時、圧力変動のほかに精留塔に振動を与え液体空気の滴下量を一時的に増加させるものと考えられる。これらの外乱が蓄冷器切替に精留塔へ及ぼす結果、制御系の設計には十分注意し、外乱による系のハンチングを起さないようにする必要がある。第10図の記録は自動制御を行なった液面の記録で蓄冷器切替時による振幅は一定している。すなわち系は外乱が生じてもただちに打消すだけの安定性を持っていることを示す。

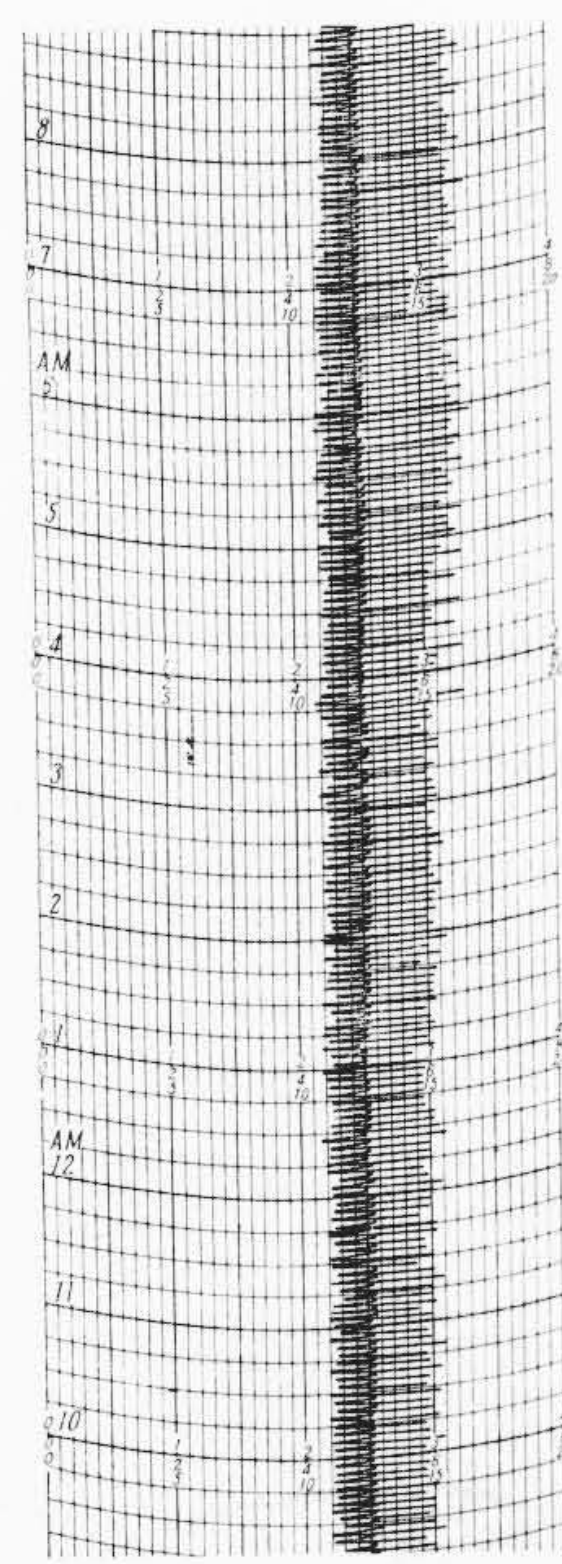
#### (2) 副凝縮器液体窒素液面制御

液体酸素中にはアセチレンおよび炭化水素が微量に含まれているため主凝縮器から直接酸素ガスとして取り出すと、主凝縮器中に溶解したアセチレンおよび炭化水素が次第に濃度を増し危険であるから、主凝縮器からは液体酸素のまま取り出し副凝縮器内で気化する。この場合、運ばれて来たアセチレンおよび炭化水素は濃縮されて液体酸素の中に残るからこれをドレーンとして取り出し安全を保っている。この液体酸素を気化するために主凝縮機からの窒素ガスを用い、液体酸素と熱変換させて酸素ガスとして一方は液体窒素として副凝縮器内にたまる。これを上塔に供給する



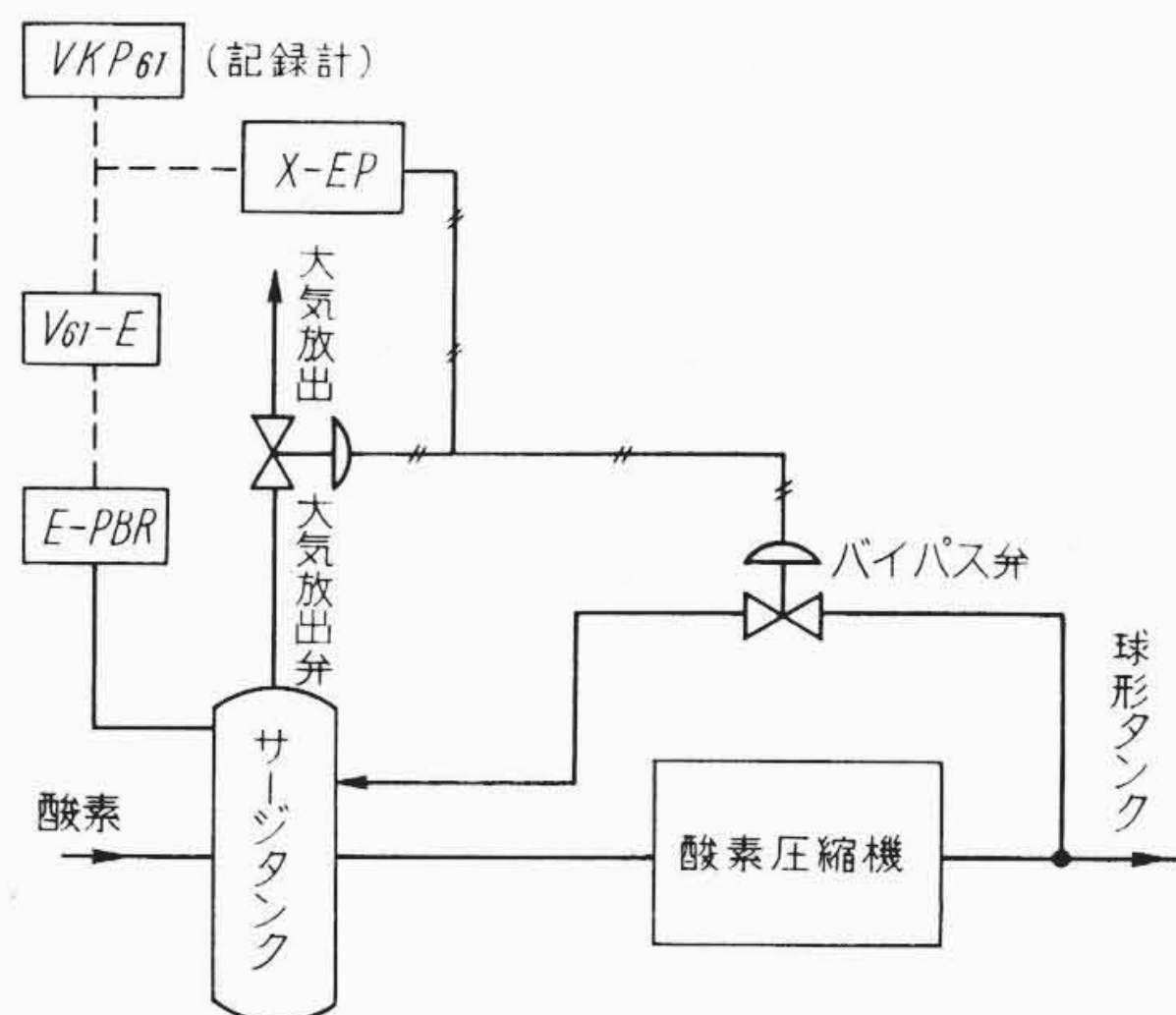
第10図 下塔液空液面記録

液面設定値 500 mm  
調節計設定値 比例帯 70%  
リセットタイム 3 min



第11図 副凝縮器液面記録

液面設定値 240 mm  
調節計設定値 比例帯 100%  
リセットタイム 1 min

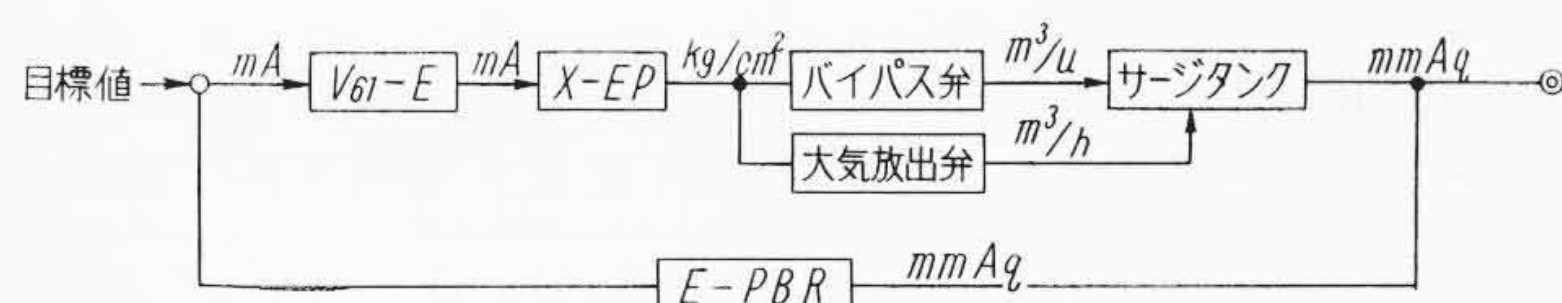


第12図 酸素圧縮機吸入圧自動調節装置

が、この窒素液の液面を一定に保つことにより酸素の気化状態を一定にしている。第11図は副凝縮器液面の自動制御記録を示す。この液面は第7図に示すように LRC-2 により調節されているが、精留塔液面制御の場合と同様外乱が多少含まれる。

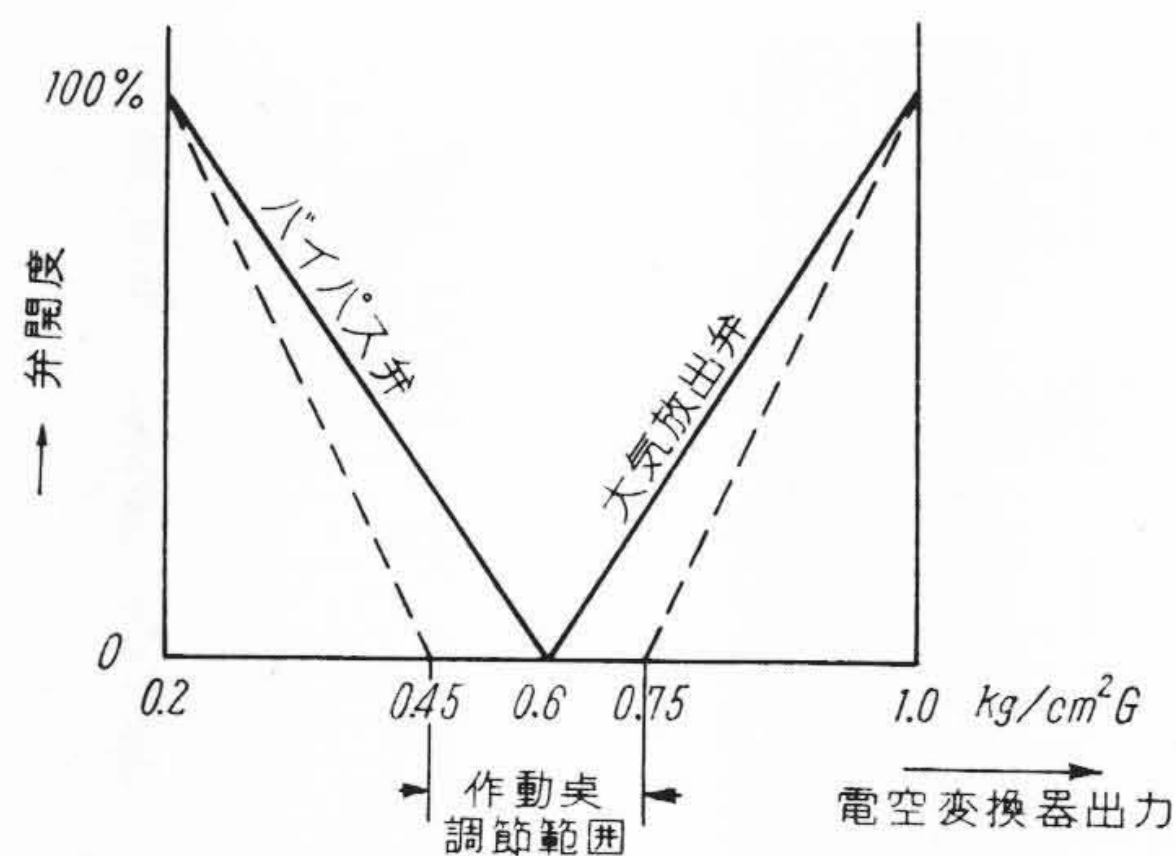
### 5.7 酸素圧縮機吸入圧自動制御装置（日立特許申請中）

本装置は空気分離装置の酸素発生量に対し酸素圧縮機の容量を自動調節するため、酸素吸入圧を検出し、圧力調節計により酸素圧縮機のバイパス弁および大気放出弁を自動調節し、圧縮機の吸入圧を一定に保っている。制御操作は第12図に示すようにサージタンク圧力を検出し、E-PBR 形検出変換器により 0~16 mA DC で V61-E 形調節計に伝送する。調節計からの信号は X-EP 形電空変換器により 0.2~1 kg/cm<sup>2</sup>G の空気に変換されてバイパス弁および大気放出弁を動作させる。



第13図 酸素圧縮機吸入圧自動制御系





第 14 図 調節弁動作特性

バイパス弁および大気放出弁は第 14 図のように動作するようにした。すなわち設定値より圧力が上昇した場合には大気放出弁を動作させ圧力を規定値にもどす。圧力低下した場合はバイパス弁を開き高圧ガスを逆流させて圧力低下を防ぐのである。



特許第 243813 号

## 特 許 の 紹 介



山口 次郎・桜井 良文  
小林 栄二・近藤 大吉

## 周 波 数 変 化 検 出 装 置

交流電源周波数の変化を連続的かつ速応的に検出するもので、周波数の計測あるいは周波数の自動制御などに適用して精度高く応答速度は非常に高いものである。

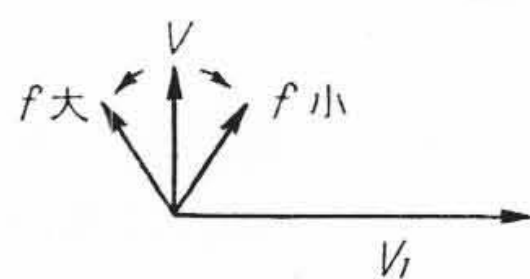
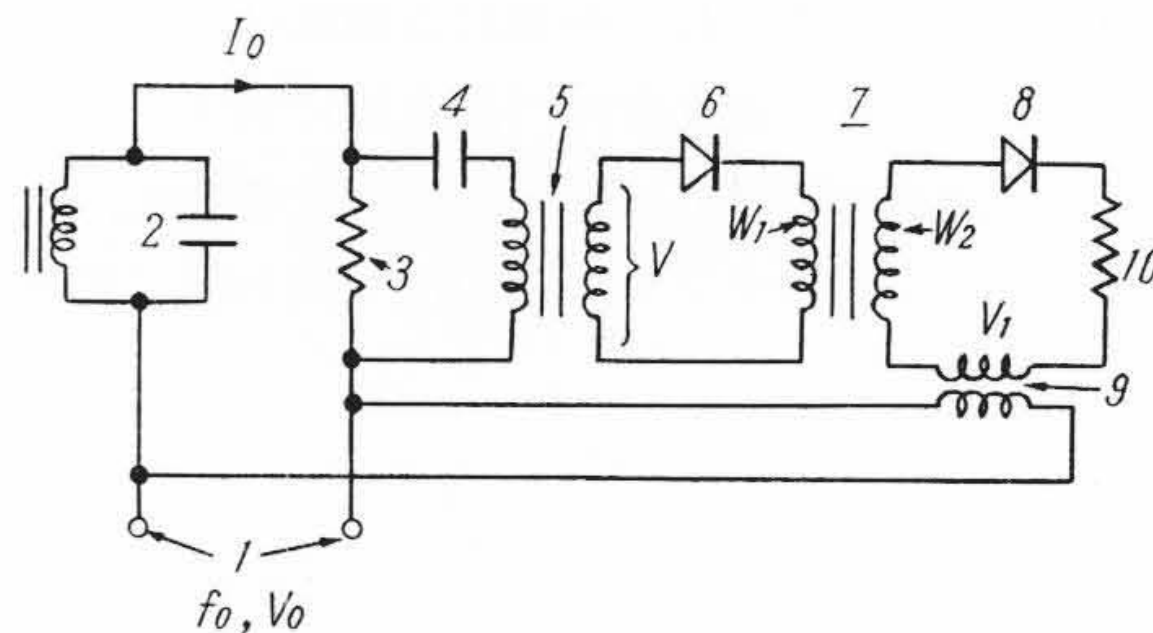
第 1 図において端子 1 に交流電源 ( $V_0, f_0$ ) が印加される。2 は共振回路で  $f_0$  で共振するように構成されている。電源周波数  $f$  が変化すれば、抵抗 3 を流れる共振電流  $I_0$  の大きさおよび位相は変化する。

この  $I_0$  の 3 による電圧降下はコンデンサ 4 により 90 度進相され変圧器 5 を介し半波整流器 6 で整流され可飽和鉄心変圧器 7 の一次巻線  $W_1$  に加えられる。一方電源電圧は変圧器 9 を介し 7 の二次側に負荷 10、半波整流器 8 とともに接続されている。ここで半波整流器 6, 8 は互いに逆方向に接続されている。

このように構成すれば変圧器 9 の二次電圧  $V_1$  と変圧器 5 の二次電圧  $V$  の位相関係は第 2 図のようになり、リセットの半サイクルで  $V$  は 7 の磁束レベルを引き下げ、ゲートの半サイクルで  $V_1$  が磁束レベルを引き上げることになり、 $V$  の大きさおよび位相により 7 が飽和し負荷 10 に電力を供給する時間が増加することになる。

すなわち電源周波数の変化は  $V$  を変化せしめ、これがひいては負荷 10 への電力供給を変化せしめる。負荷 10 として検出器の付勢線輪または制御継電器の線輪を接続すれば周波数の自動連続計測および制御ができる。

(小川)



Vol. 44

日 立 評 論  
目 次

No. 5

- ・内蔵形復水器逆洗弁の操作について
- ・急速起動におけるタービン車室の熱応力
- ・電源開発株式会社納相分離形密閉母線
- ・関西電力株式会社納 154 kV 系統キャリヤリレー
- ・天井つり下げ形セシウム 137 治療装置
- ・AUH-1 形硫酸濃度分析計
- ・赤外分光光度計の波長駆動機構
- ・210 t 積 ト レ ー ラ
- ・富士製鉄株式会社室蘭製鉄所納空気分離器用 5,500 kW 原料空気圧縮機
- ・リターンガイドベーンの研究
- ・CK-1 形二次元ならいフライス盤
- ・気化器エアブリードの導入空気流量と燃料の脈打噴出

- ・AX3 形クロスバ交換機
- ・メサ形トランジスタの高周波特性
- ・ニュービスタ 2B-H5, 6CW4

## 架空送電線特集

- ・長径間送電線用電線“AS-170”の諸特性
- ・長径間送電線用電線の“AS-170”の付属品の検討
- ・長径間送電線用アルミ被鋼より線の金車通過実験
- ・超高圧送電線の機械的問題—ジャンパ補強—
- ・送電線における気中絶縁のせん絡特性とその解析
- ・4 導体送電線の断線実験
- ・60 kV 2 回線送電線における不平衡絶縁
- ・短波尾波に対する棒間けきせん絡特性

発行所 日立評論社 東京都千代田区丸の内 1 丁目 4 番地 振替口座 東京 71824 番  
取次店 株式会社 オーム社書店 東京都千代田区神田錦町 3 丁目 1 番地 振替口座 東京 20018 番