

デジタル式水位自動制御装置

Digital Type Automatic Level Controlling Device

清水 勝 良*
Katsuyoshi Shimizu

中 野 修 一*
Shūichi Nakano

笹 間 純 也**
Jun'ya Sasama

内 容 梗 概

多目的ダムにおいて洪水を調節する操作は通常次の2段階に分けられる。

(1) 流入量が規定量以下の場合はダム水位を定められた一定値に保って貯水に余力をもたせ不時の洪水に備える。

(2) 流入量が規定量を越えて増加する場合は流入量に対し一定比率の計画放流を行い洪水のピークをカットする。

(1) に対しては定水位制御、(2) に対しては放流制御が行われるが、これらの制御はこれまでほとんど手動で行われてきた。

このたび、建設省九州地方建設局市房ダムにわが国最初の自動制御装置が納入され運転にはいっている。本文で紹介するのは(1)の定水位制御装置でパラメトロン回路を主体とした全デジタル方式の計算制御装置である。

1. 緒 言

多目的ダムの主要な任務の一つに洪水調節がある。ダムにおける洪水調節は普通次の2段階に分けられる。

(1) 洪水期になり、ダム流入量が規定量以下の場合は水位が常に規定された制限水位に維持されるように制御する。制限水位は通常満水位より低い値に押えられているので、これによりダムには大きな貯水余力が確保される。

(2) 洪水時、流入量が規定量を越えて増加すれば水位制御を停止し、流入量に対し規定比率の放流制御を行い、下流に対する洪水量を調節する。このようにして下流に対し常に危害を及ぼさない洪水量になるよう計画放流が行われる。

以上の操作は従来、監視員が手動で行っているが、そのためには次のことが要求される。①不時の洪水に備えて不断の監視を必要とする。②高精度の制御が必要である。③洪水時の異常な環境において特に冷静で円滑な制御を行わねばならない。これらの条件は従来の手動制御では限度があって十分にその目的を達成することは望み得ない。このため建設省九州地方建設局では市房ダムの建設にあたり、わが国で初めての制御の自動化を計画された。

この自動装置は(1)の制御を行う定水位制御装置と(2)の制御を行う放流制御装置に分れているが両者が一体になって初めて完全な自動洪水調節装置と呼ばれるべきものである。いずれも計算制御を必要とするため、電子計算機をはじめ高度のデジタル技術が応用されている。工事の都合上、定水位制御装置がさきに設置され運転にはいったので、本文では定水位制御装置につき、その概要を述べる。

2. 装置の概要

制御の性質上、高精度で安定性の大きなものが要求されるので、演算素子としてはパラメトロンを主体とし、計算は単能計算回路を使用した。装置は第1図のブロック図に示すように大別して、水位およびゲート開度の検出部、計算制御部、操作部、表示記録部、電源部より構成されている。検出部には水位検出器とゲート開度検出器がある。水位検出器は測水孔のフロー

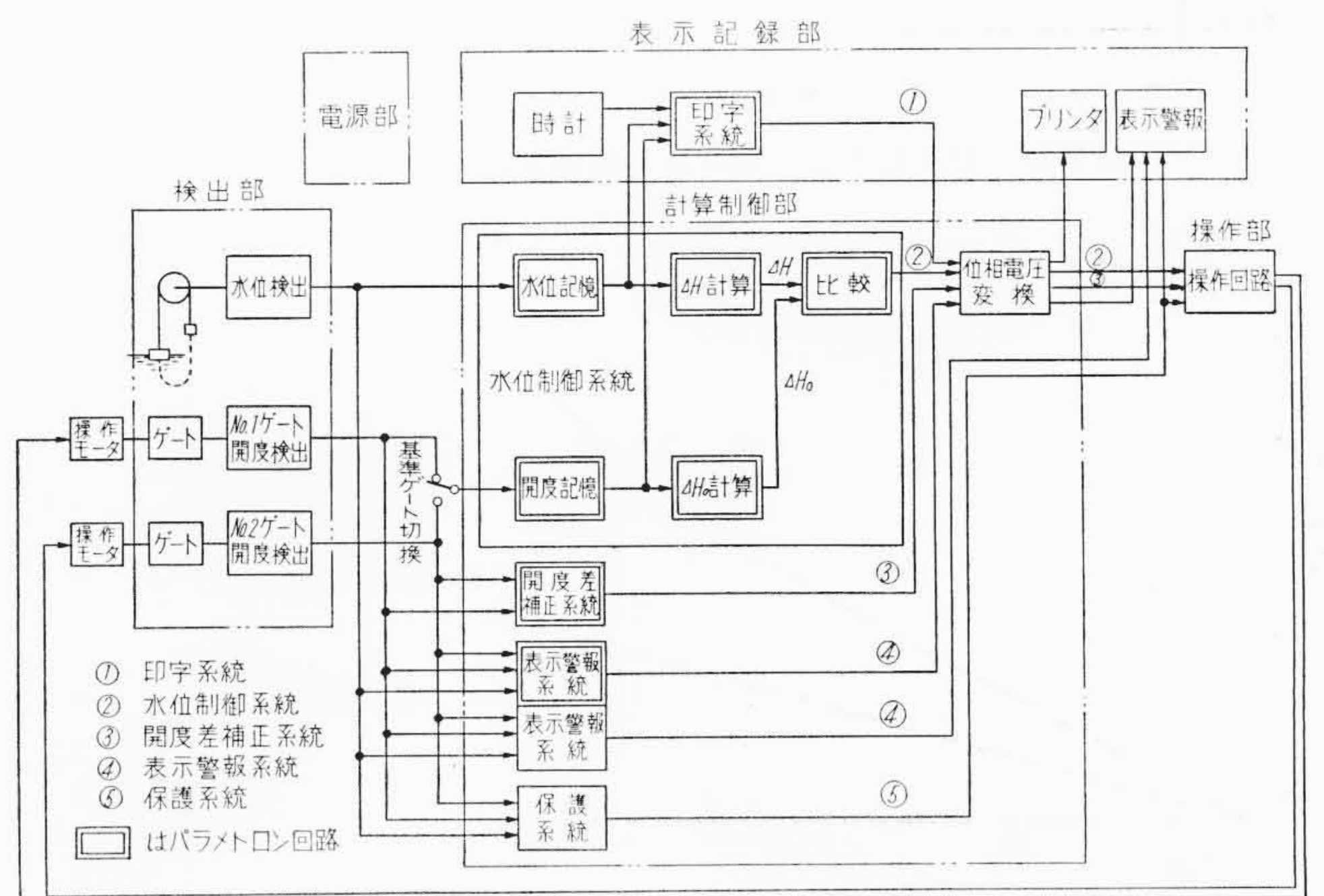
トにより水位の変化を検出し、それに連動したコードプレート(符号板)によって水位を数値化して計算制御部に送信する。開度検出器は2門のゲートに別個に取り付けられ、ゲートの動きに連動するコードプレートによってゲート開度を数値化して計算制御部に送信する。

計算制御部はパラメトロンを主体とする計算回路で、検出部から送られてくる水位およびゲート開度信号を受けて制御に必要な水位偏差、開度差および水位に応ずるゲート開度などを計算し、操作部、表示記録部に必要な指令を発する。

操作部は計算制御部からの制御指令により、ゲート操作用電動機を制御しゲートの開度を調整する。電動機保護のための時限装置および電動機制御用の電磁開閉器などを備えている。

表示記録部は水位、開度の刻々の値を表示すると同時に、制御範囲内においては水位が0.5 cm 変化するごとに自動的に時刻、水位、開度を印字記録する。制御範囲外(制限水位以下および制限水位+10 cm 以上)においては時計装置の指令により1時間または12時間ごとに印字記録する。また制御動作および状態の表示、故障箇所の表示警報も行う。このため数字表示管、ランプ表示器、時計機構、プリンタなどを備えている。

電源部は本装置に必要な各種の電源装置でパラメトロン用電源、



第1図 デジタル式水位自動制御装置総合ブロック図

* 日立製作所国分工場

** 日立製作所那珂工場

M-G 定電圧電源、充電器、アルカリ蓄電池から成る直流電源などである。

3. 制 御 方 式

3.1 定 水 位 制 御

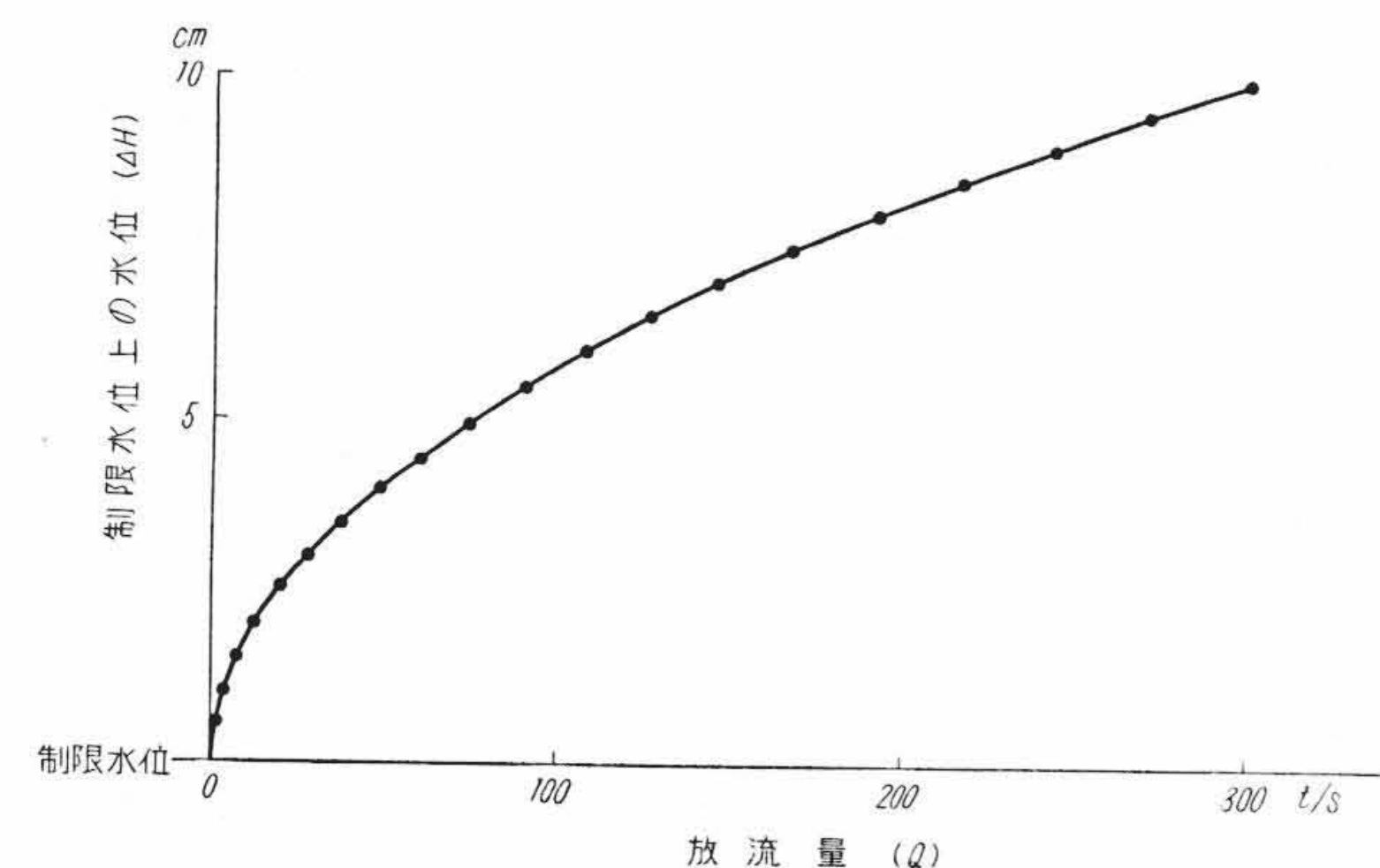
市房ダムの計画最大洪水量は 1,300 t/s であるが 300 t/s までの放流は下流に危害を与えないので、ダム流入量が 300 t/s になるまでは定水位制御を行い、ダム水位が常に規定制限水位に保たれるようにゲート開度を調節する。

制限水位は季節により次の 3 期に分けられ、切替え設定される。

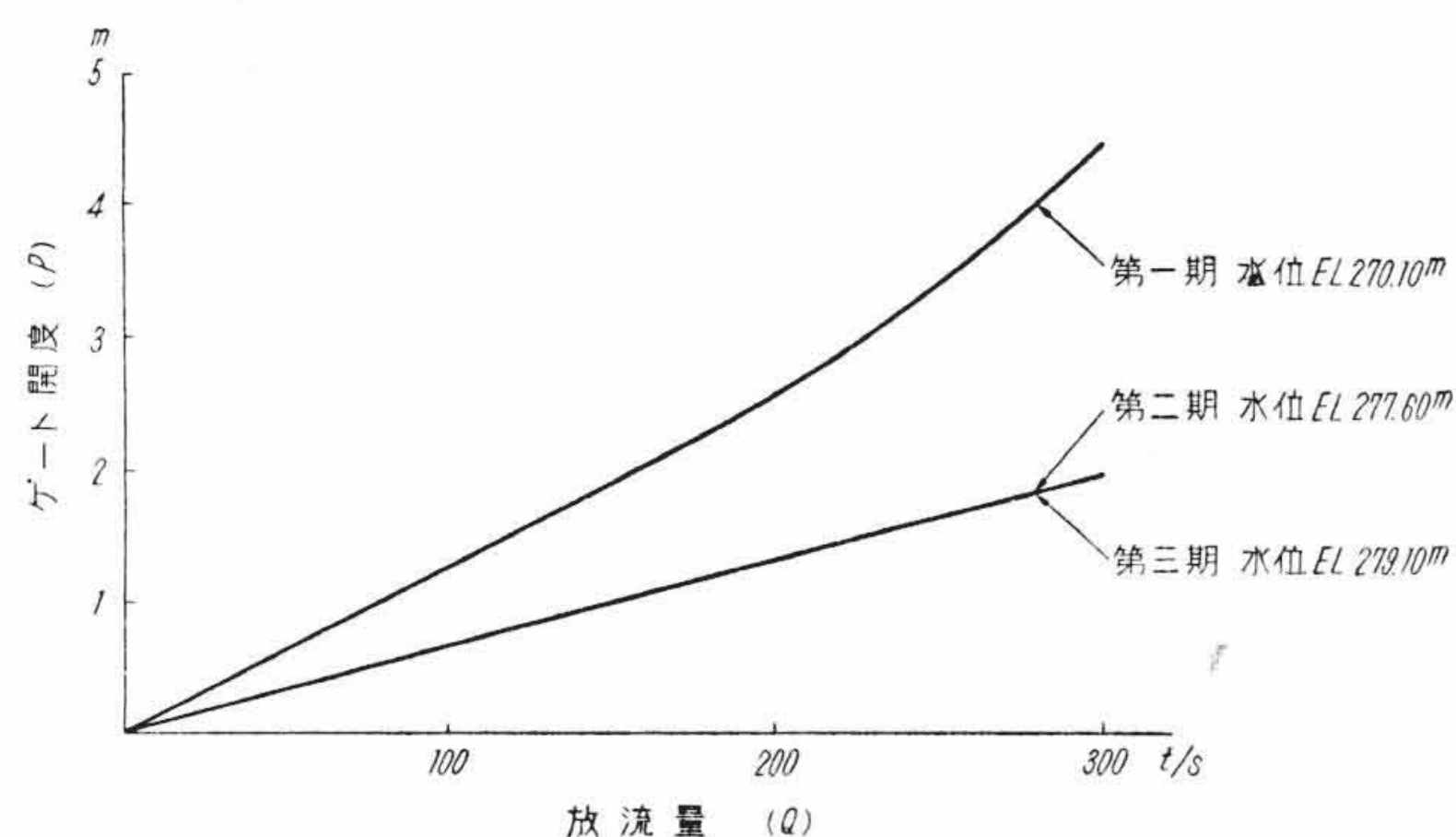
第 1 期制限水位	EL 270 m
第 2 期 "	EL 277.5 m
第 3 期 "	EL 279 m

また安定な制御を行うため、それぞれの制限水位に対し流入量に応じ制限水位上 10 cm までの水位変動が許されている。すなわち、下流への影響を考慮して徐々に放流を開始するため、水位と放流量の関係は第 2 図の特性に従い流入量が 300 t/s のとき水位が制限水位+10 cm になるように制御される。したがって制限水位以下においては放流は行われない。この特性は各期に共通である。また各制限水位におけるゲート開度と放流量の関係は一つの実験式で与えられるが、本装置では計算を簡単にするため、直接、式を計算せずあらかじめ実験式から第 3 図のような各制限水位に対するゲート開度—放流量曲線を計算し、これから第 2 図の特性を満足するようなゲート開度を求めている。

すなわち、第 2 図および第 3 図の曲線はいずれも放流量の関数であるから、これから制限水位に対する水位偏差 ΔH とゲート開度 P の関係は容易に得られる。水位 10 cm の間を 20 等分し 0.5 cm ごとにその水位に対応するゲート開度を求めたのが第 1 表に示す値であ



第 2 図 貯水池水位—ゲート放流量曲線



第 3 図 ゲート開度—放流量曲線

る。水位とゲート開度の関係がこの表に示す値どおり制御されておれば、第 2 図で与えられた特性を満足することになる。第 1 表の数値は常に装置に記憶されている。ダム水位 H (EL で表示される) は水位送信器より数値化されて送られてくるので、装置において制限水位を引算して ΔH を求める。一方ゲート開度 P も同様に送られてくるので、記憶されている第 1 表の関係からその開度に対応する水位 ΔH_0 が求められる。 ΔH と ΔH_0 は比較回路で比較され $\Delta H - \Delta H_0 > 0$ のときは開信号 $\Delta H - \Delta H_0 < 0$ のときは閉信号が操作部に送られ $\Delta H - \Delta H_0 = 0$ になるまでゲートを制御する。 $\Delta H - \Delta H_0 = 0$ の状態からさらに 0.5 cm (切替えにより 1 cm にもできる) 水位が変化すればふたたび ΔH および ΔH_0 を計算し、 $H - \Delta H_0 = 0$ になるまでゲートを制御する。このようにして水位を常に制限水位上+10 cm の間に保持する。

3.2 ゲート開度差補正制御

ダムのゲートは同一のものが 2 門あるが制御の便宜上いずれか 1 門を選択して基準ゲートとし、その開度を基準にして計算を行い、その値により 2 門同時に制御している。このためゲートの特性差により制御中開度に不平衡を生ずる可能性がある。これを考慮し水位制御によるゲート操作が終ったのち、基準ゲートと非基準ゲートとの開度差を検出して基準ゲートに一致するまで非基準ゲートの開度補正制御を行う。この制御は常に水位制御が優先するので、開度差補正中ふたたび水位変化が生ずれば、自動的に水位制御に切り替わり、 $\Delta H - \Delta H_0 = 0$ になればふたたび開度差補正制御を行うようになっている。

3.3 水位、ゲート開度の印字記録

ダム水位、ゲート開度 (2 門) (第 2 期計画として放流制御装置が設置されれば放流量、流入量も) は制御中は水位が 0.5 cm 変化すごとに時刻、水位、No.1 ゲート、No.2 ゲートの順に印字記録される。制御範囲外では 1 時間または 12 時間ごとに自動印字されるのでデータ処理装置としても利用できる。また水位、ゲート開度は常時管理室に数字表示されるのでデジタル式テレメータにもなっている。

3.4 保 護 装 置

装置の性質上、故障時の保護には万全を期している。特にゲートの急激な開閉、あるいは許容値以上の開きすぎは下流に人工洪水を生ずるおそれがあるので、計算制御回路とは独立にリレー回路によるゲート開きすぎロック装置を設けている。また装置の故障時はた

第 1 表 開度—水位制御表

ΔH (cm)	Q (t/s)	制 限 水 位 EL 270.10m	制 限 水 位 EL 277.60m	制 限 水 位 EL 279.10m
		ゲ ー ト 開 度 P (cm)	P (cm)	P (cm)
0	0	0	0	0
0.5	2	2	2	2
1	4	5	4	3
1.5	7	7	6	5
2	12	13	10	7
2.5	19	25	13	12
3	27	30	19	17
3.5	37	43	25	24
4	48	56	32	30
4.5	61	75	40	40
5	75	91	50	48
5.5	91	111	60	60
6	108	133	70	70
6.5	127	157	82	82
7	147	182	96	96
7.5	168	210	110	110
8	192	243	125	125
8.5	217	281	142	142
9	244	326	160	160
9.5	272	379	176	176
10	300	447	197	197

だちにゲートの自動制御を停止し、ベルにて警報し、故障点を表示するようになっている。装置故障の場合は「手動」に切り替えて監視員の判断で制御できる。

第1図に示すように制御系統は、印字系統、水位制御系統、開度差補正系統、表示警報系統、保護系統に分けられる。

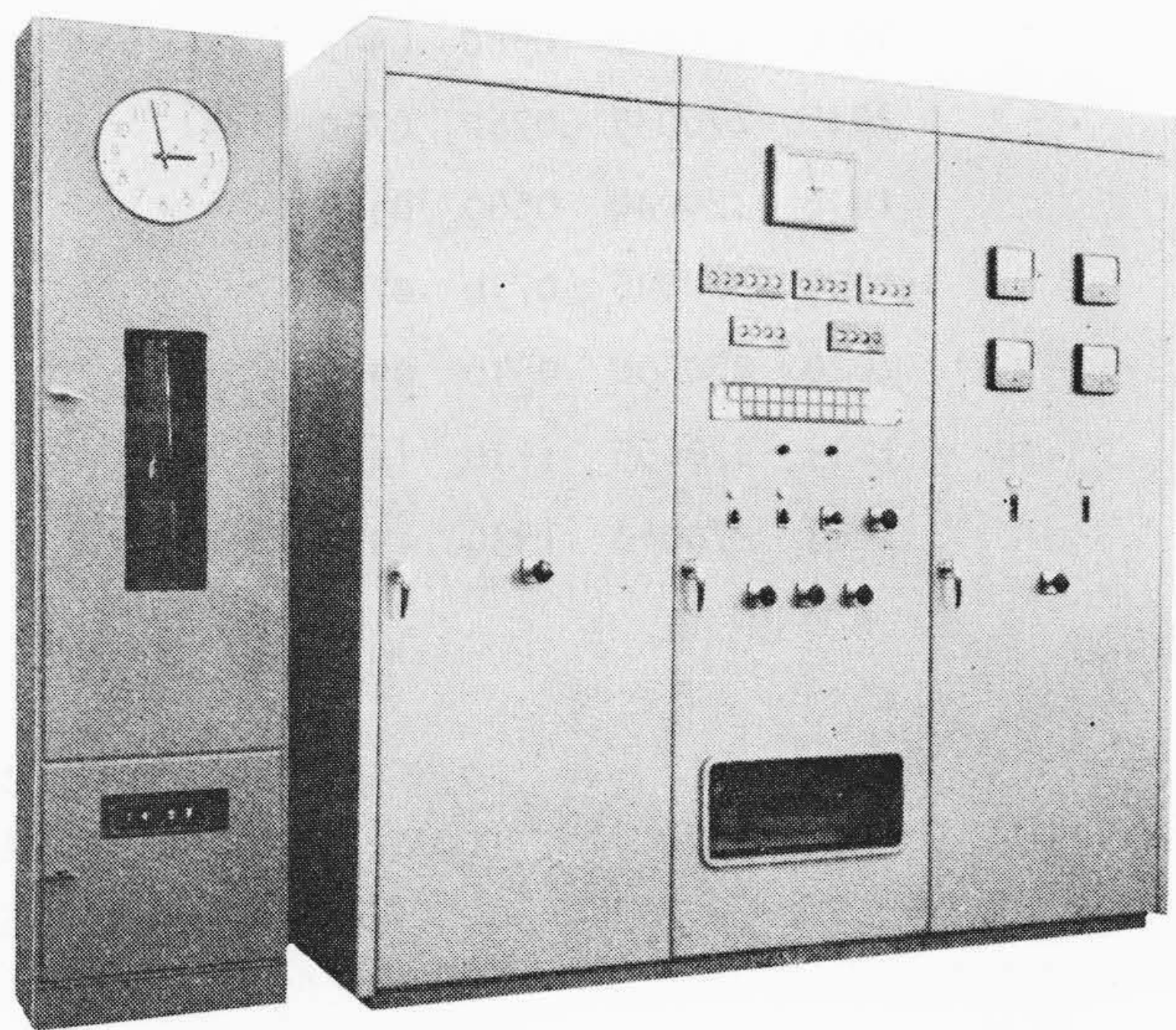
第4図は本装置の外観図である。

4. 装置の詳細

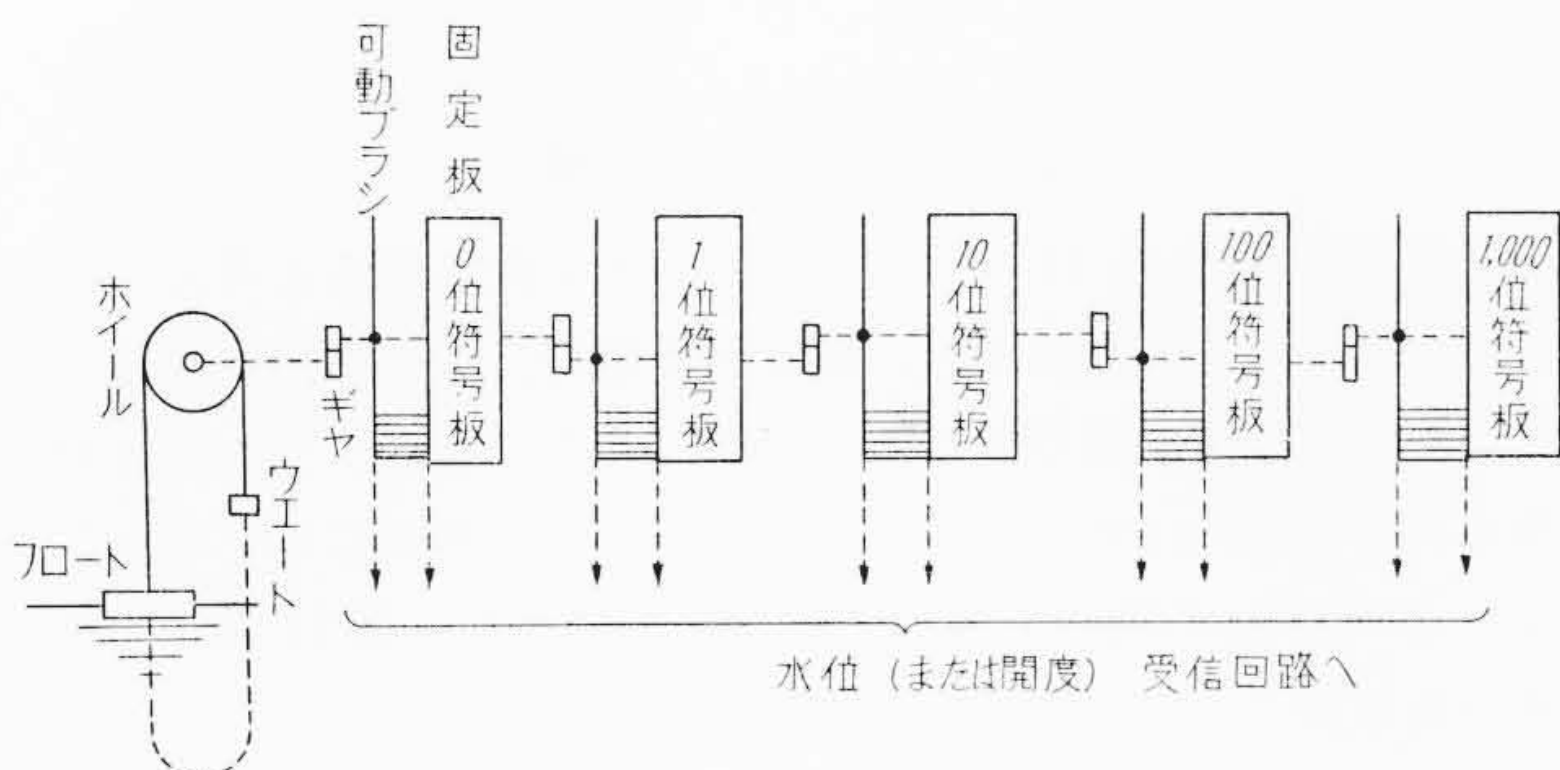
4.1 コーダプレート式検出器

水位および開度の数値化にはコーダプレート⁽¹⁾(符号板)を使用している。第5図はその原理図である。

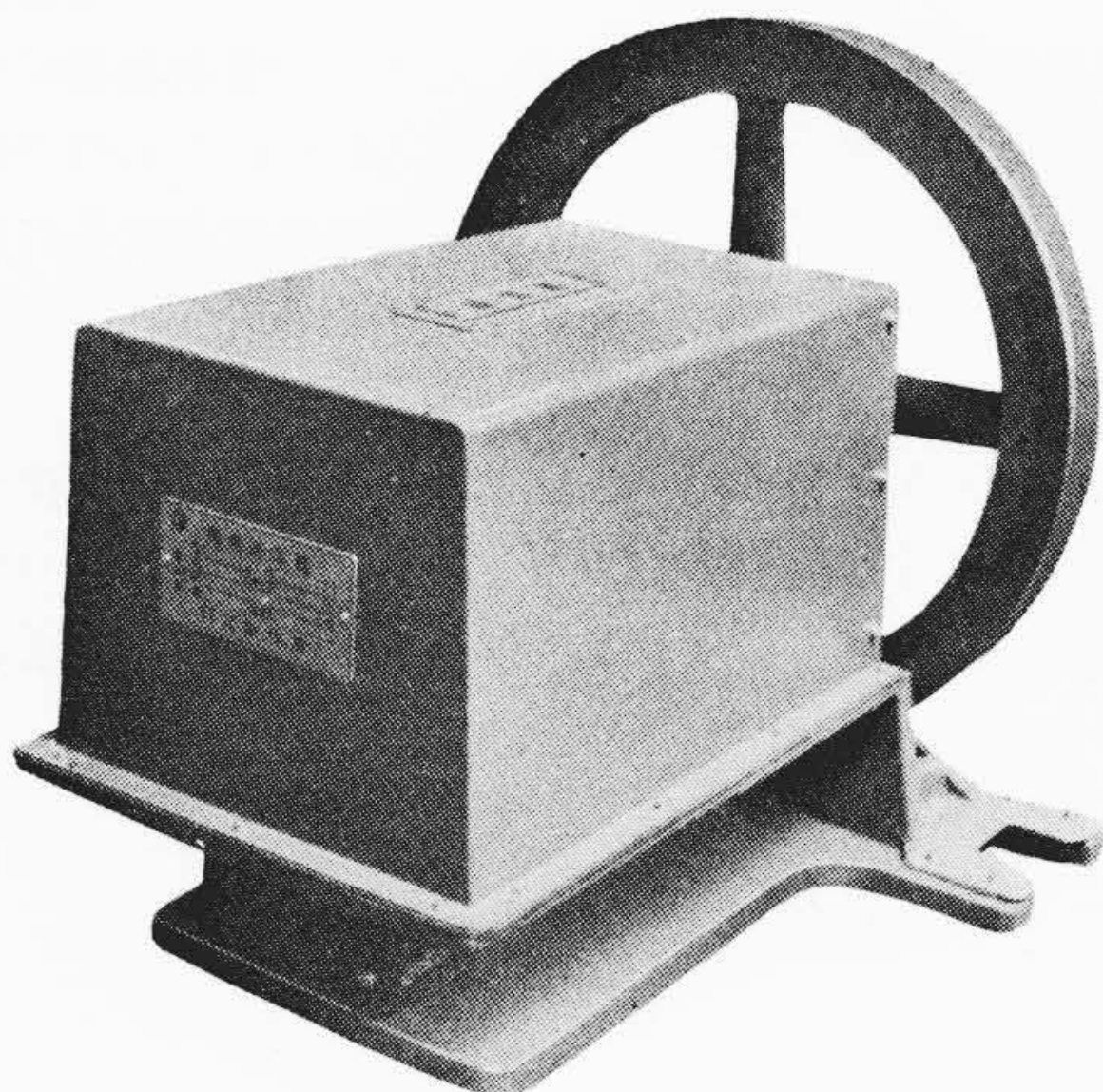
水位の変化はテープおよびフロートにより、またゲートの動きは



第4図 水位制御装置外観



第5図 コーダプレート原理図



第6図 送信器の外観

テープを介してホイールの回転角に変えられる。これに連動するブラッシは回転しつつ符号板を走査する、止った位置のコーダプレート回路と、外部に付加した判別回路により10進法0~9に相当する2 out of 5 符号⁽²⁾を作る。本器の特長は次のとおりである。

- (1) 2 ブラッシ方式であるから各けたとも数値切替えの交換速度が速い。
- (2) 数の転移、けたの繰上げ、繰下げも同期して行われるため2数字のラップを生じない。
- (3) 2 ブラッシを使用しているためブラッシ接点が電流を開路することがなく確実に符号を表示する。
- (4) コーダプレート出力信号受信回路に適当な時定数をもたせてリプルによる応動を避けている。
- (5) テープ切断警報を行う。

4.2 パラメトロン回路

本装置の主体はパラメトロンを使用した単能的な計算制御回路であり、次の諸点を考慮して製作されている。

- (1) 入力とはデジタル量で与えられる。そのため段階的に変化するが、装置は円滑に応動できるようにした。
- (2) 論理回路は記憶回路、計算回路、比較回路、印字制御回路、定数回路などをブロックごとに収納し、保守点検を容易にした。本装置に使用した素子の仕様は次のとおりである。

- (1) 励振周波数 300 kc/s
- (2) 励振電源 230 mA (I_{2f})
- (3) 直流バイアス電流 300 mA (I_{DC})
- (4) 3 拍励振周波数 200 c/s
- (5) 全使用員数 3,450 個

第7図はパラメトロンユニット、第8図は素子の回路を示す。

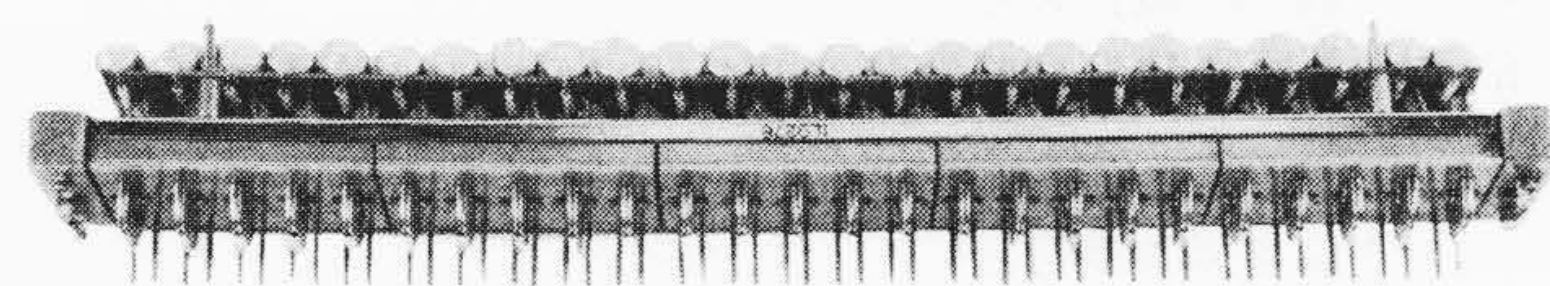
4.2.1 出力回路

パラメトロン回路では信号の位相角が0か π かによって決まるので、位相信号のままでは外部の継電器を駆動できない。したがって位相信号を振幅信号に変換する必要がある。第9図はこの変換回路である。図のように常に負位相で励振されているパラメトロンと、入力信号と同位相のパラメトロンが直列に接続されている。入力信号がないときは負位相の出力信号がトランジスタ増幅回路のベースにはいり、増幅回路の出力は出ないが、入力信号があればこれによって励振されるパラメトロンの発振位相は正となるので、正負相殺され出力信号は零になり増幅回路に出力を生ずる。この出力をさらに1段増幅して出力継電器を動作させる。

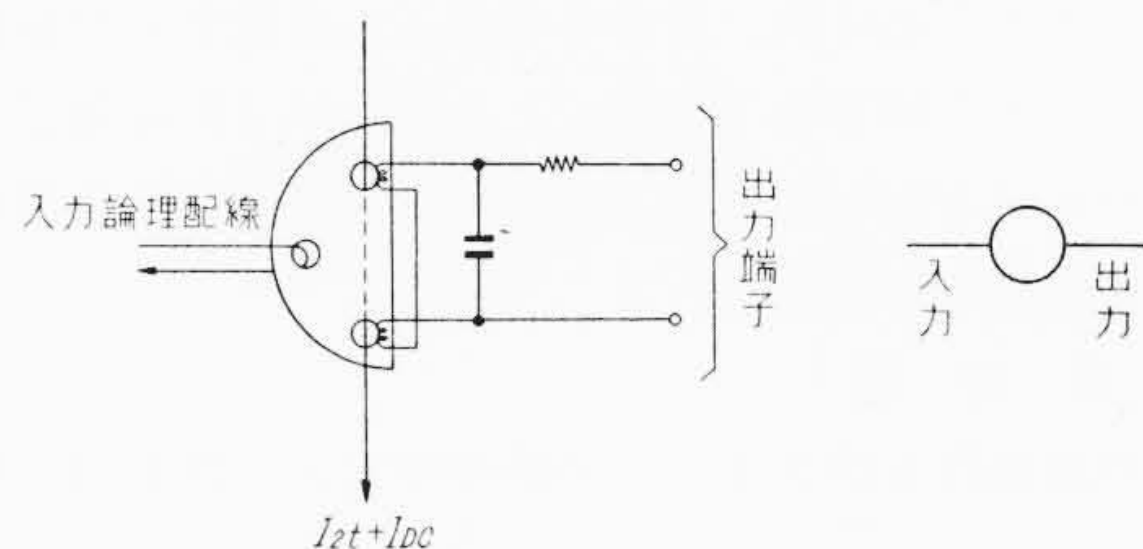
第10図は変換回路のトランジスタパッケージの外観である。

4.3 表示および警報

次の値は数字表示管にデジタル表示される。

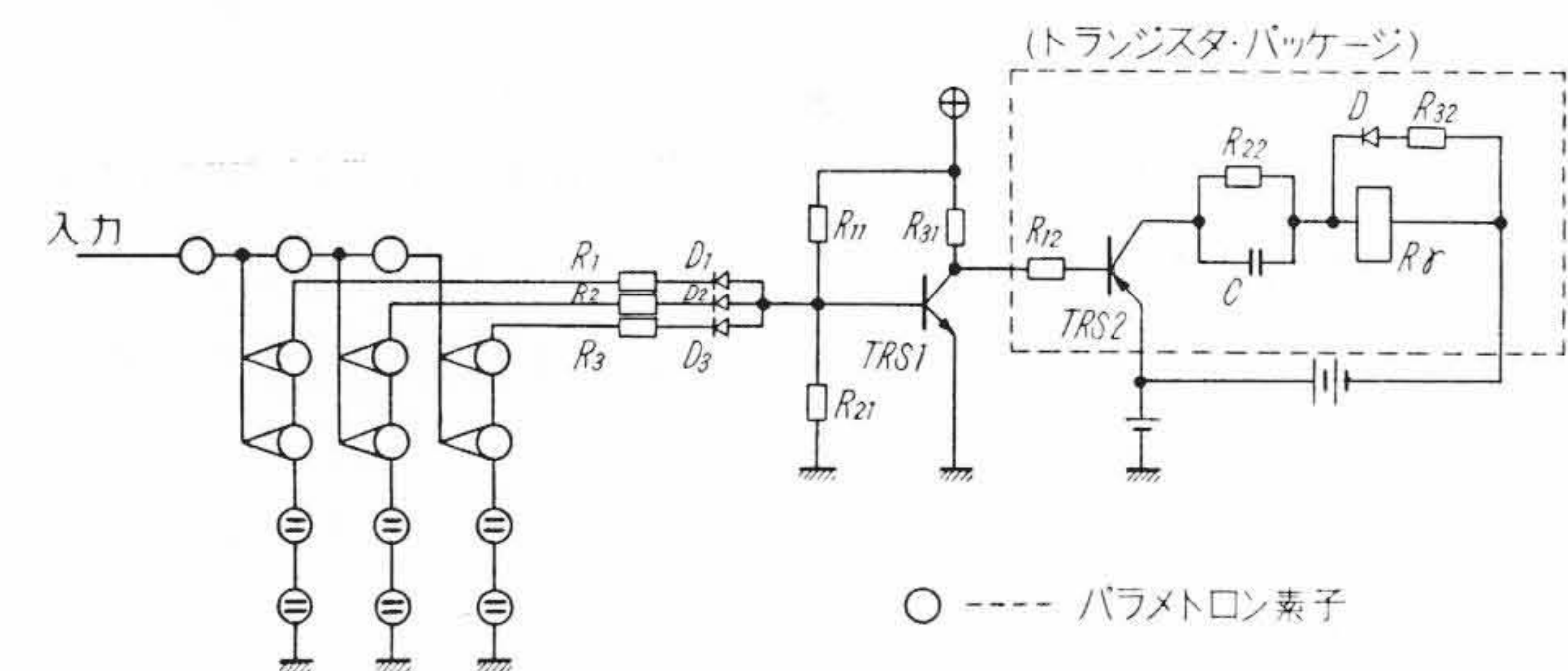


第7図 パラメトロンユニット

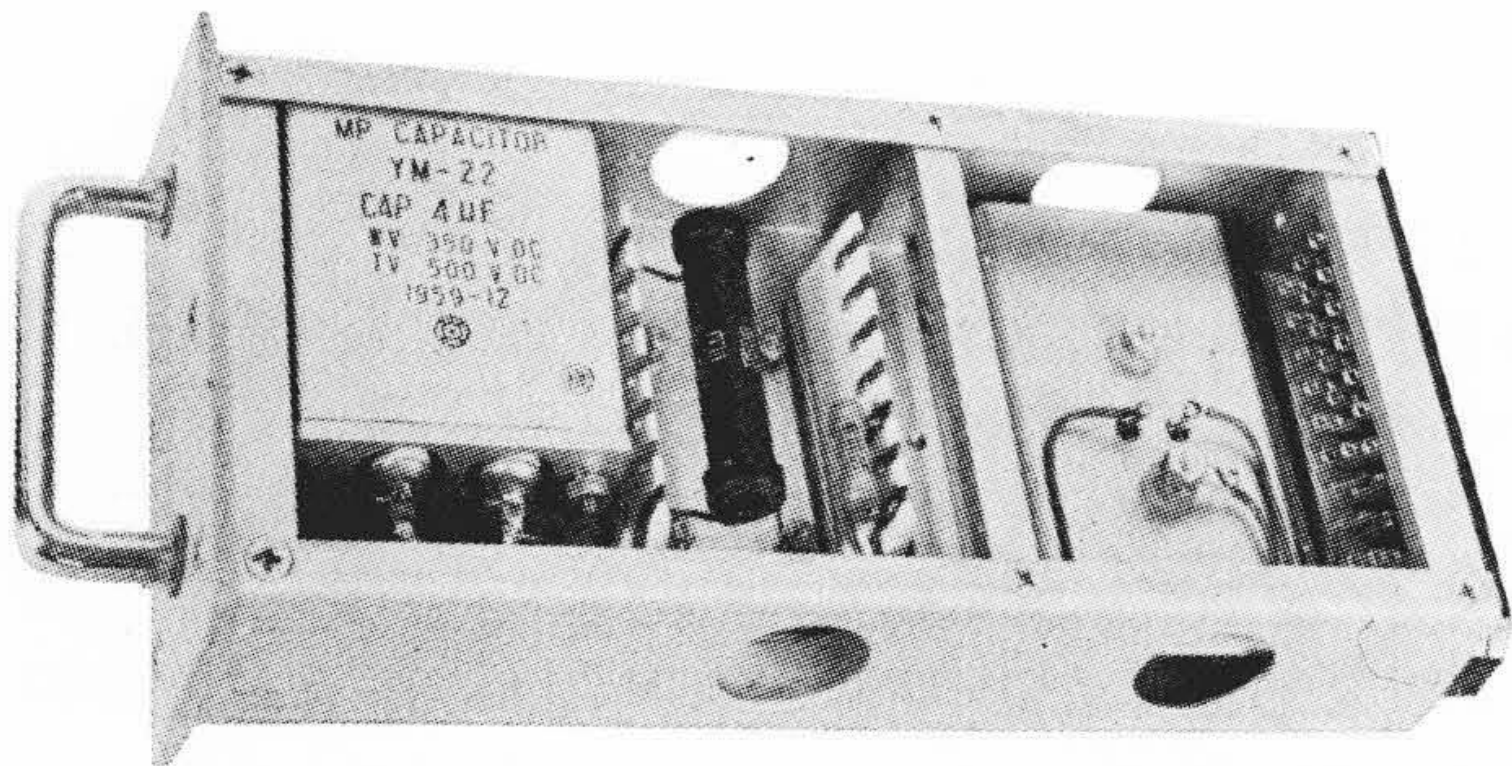


(ただし右側は略記号)

第8図 パラメトロン素子の回路



第 9 図 パラメトロン出力回路



第 10 図 トランジスタパッケージ

- (a) ダム水位 235.000～285.000 m
6けた表示であるが最小けたは0か5
- (b) ゲート開度(2門) 0.000～6.000 m
4けた表示であるが最小けたは0か5
- (c) 流入量 4けた 0000 t/s
- (d) 放流量 3けた 000 t/s

次の状態はランプ式表示器に表示される。

- (a) ゲート動作中 表示と同時にブザーをならす
- (b) ダム水位が制限水位に達したとき
- (c) ゲート開度が放流量 300 t/s 相当になったとき
- (d) ダム水位が(制限水位+10 cm)を越えたとき
- (e) 制限水位, 第1期, 第2期, 第3期の選択状態

次の故障および異常状態は故障表示器に表示され同時にベル警報し自動的に制御は停止される。

- (a) 水位が上限(283.2 m)超過
- (b) ゲート開度上限超過
- (c) ゲート故障
- (d) 水位送信器テープ切断
- (e) 開度送信器テープ切断
- (f) 停電
- (g) 直流制御電源接地
- (h) パラメトロン回路故障
- (i) パラメトロン電源故障
- (j) 水位送信器誤符号
- (k) ゲート開度送信器誤符号

4.4 時計機構

時刻を印字するために時, 分の各単位ごとの数字信号を出す装置をもっている。また印字を1時間ごと, または12時間ごとに行うための指令パルスを出している。制御における流入量計算のために秒パルス発生機構をも備えている。

4.5 電源装置

計算回路の誤動作を防止するため瞬時停電と, 電源側からのノイ

時刻	水位	No 1 開度	No 2 開度
1001	270000	0000	0000
1001	270005	0020	0020
1003	270010	0050	0050
1010	270015	0070	0070
1011	270020	0130	0130
1013	270025	0250	0250
1014	270030	0300	0300
1015	270035	0430	0430
1016	270040	0560	0565
1017	270045	0750	0750
1018	270040	0560	0565
1020	270045	0750	0750
1020	270050	0910	0910
1023	270055	1110	1115
1023	270060	1330	1330

第 11 図 印字の一例

ズを遮断するため, 特にフライホイール効果をもたせた M-G (2 kVA) を使用し, その二次側出力单相 100 V をパラメトロン電源装置に供給している。またリレー電源および停電時にも, 水位, 開度を表示するために, D. C. 200 V, D. C. 100 V のアルカリ蓄電池を使用している。パラメトロン電源は 300 kc/s および 200 c/s の発振器を内蔵し各相1個の結合トランスで全パラメトロンを励振している。

5. 現地試験

本装置は昭和 35 年 11 月, 現地において実際に起ると考えられる各種の条件のもとで制御特性, 開度補正動作, 保護回路の動作などの試験を行い確実に動作することを確認した。またリプル防止のため測水孔の構造には特に意を用いたため, ダム水面にリプルがある場合でも 0.5 cm の精度で検出することができた。第 11 図は印字の一例である。

6. 結 言

本装置はダムの洪水調節装置の自動化としてはわが国最初のものである。従来比較的自動化が遅れていたダムの管理施設に今回デジタル制御技術の応用の一つとして採り入れられたもので画期的なものである。今後本装置により洪水調節がより完全なものになることとたく信じている。また今後ますますこの方面に広く適用されることが期待される。

終りに, このような前例のない自動制御装置の設置を決断された九州地方建設局に対し敬意を表するとともに製作にあたり種々ご指導とご好意を賜わった市房ダム工事事務所, 副島所長, 広瀬技官に厚くお礼申上げる。

参 考 文 献

- (1), (2) 中野, 鈴木: 日立評論 昭 35, 12