

# 遠隔測定装置の最近の傾向

## Recent Tendency of Telemetry Sets

小沢重樹\*      笹間純也\*      山田新一\*\*  
 Shigeki Ozawa      Jun'ya Sasama      Shin'ichi Yamada

### 内 容 梗 概

最近の遠隔測定装置の利用は電力用、一般産業用を始めとしてめざましいものがある。遠隔測定装置を大別すると、比較的近距离の測定に適し、簡単にして保守に便なる直送式と、多重測定および遠距離の測定に適する搬送式とに分類される。しかしながら、最近これら遠隔測定装置は高信頼度、高精度が要求され、この要望に沿って全トランジスタ化、デジタル化が進められている。したがって、本稿においては現在広く使用されている各方式を説明し、高信頼度、高精度の要求により進められているトランジスタ化、デジタル化について詳述するとともに、今後の動向として将来広く利用されると考えられる完全静止形遠隔測定装置について記述する。

### 1. 結 言

遠隔測定装置は最近各方面に広く利用され、電力関係においては給電指令所において系統の電力の潮流を監視したり、管内各発電所の運転状態を掌握するための給電用、各発電所を遠方制御するために利用する遠方監視制御用、系統周波数や潮流を制御する制御用遠隔測定装置があり、また一般産業においては工場拡大に伴い各プラントの運転状態を適確には握し、合理的かつ迅速に能率的に運転するために利用する工業用遠隔測定装置がある。その指示方法としては現在指示計器ならびに記録計器が広く用いられているが、最近デジタル表示を行うデジタル形も用いられるようになってきている。

前述のように遠隔測定装置も制御装置の一環として広く用いられるようになってきたため、高信頼度、高精度が要求され、従来の真空管や有極リレーに代ってトランジスタ、飽和トランスが用いられ、装置は小形化、無接点化されるとともにデジタル化の要望も高まりつつある。

以下現在使用されている各方式について述べ、今後の動向について記述する。

### 2. 方 式

遠隔測定装置の種類は非常に多く、今なお開発途上にあるものもあり、確然と分類することははなはだ困難であり、分類方法もいろいろあるが、伝送方式から大別すると直送式、搬送式になる。

直送式は比較的近距离の測定に利用され、被測定量をそれに対応した電気量に変換して専用の連絡線により直接送受量するものである。

搬送式は被測定量をそれ

に対応した周波数に変換し搬送波で変調して遠方に伝送指示する方式のものであり、遠距離および多重測定に適し広く利用されている。

以上は伝送方式より分類したのであるが、さらにこれらは被測定量の変換方法により下記のように分類される。

- |       |   |        |
|-------|---|--------|
| 直 送 式 | } | 交流直送式  |
|       |   | 整流式    |
|       |   | 電圧平衡式  |
|       |   | トルク平衡式 |
|       |   | 比率伝送式  |
| 搬 送 式 | } | デジタル式  |
|       |   | 電圧平衡式  |
|       |   | トルク平衡式 |
|       |   | デジタル式  |

以上の分類に基づき各方式の説明を行うが、最近特に注目されてきたデジタル式については直送式、搬送式いずれにも利用されるので項をあらためて詳述する。

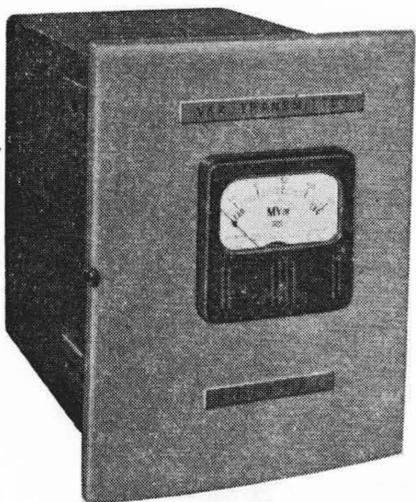
### 3. 直送式遠隔測定装置<sup>(1)</sup>

直送式遠隔測定装置は被測定量をそのまま、あるいはこれと一定の関係をもった電圧電流に変換し、専用の連絡線で直接伝送し、受量側で電圧計あるいは電流計で指示させるものである。この方式は簡単かつ堅ろうであり、保守しやすい点から近距离の測定に広く用いられている。

この伝送は電話線に重畳して通話と共用することも可能であるが、被測定量1個当たり必ず連絡線を1対要すること、伝送線路の状態特に誘導障害を受けやすいなどの欠点を有している。

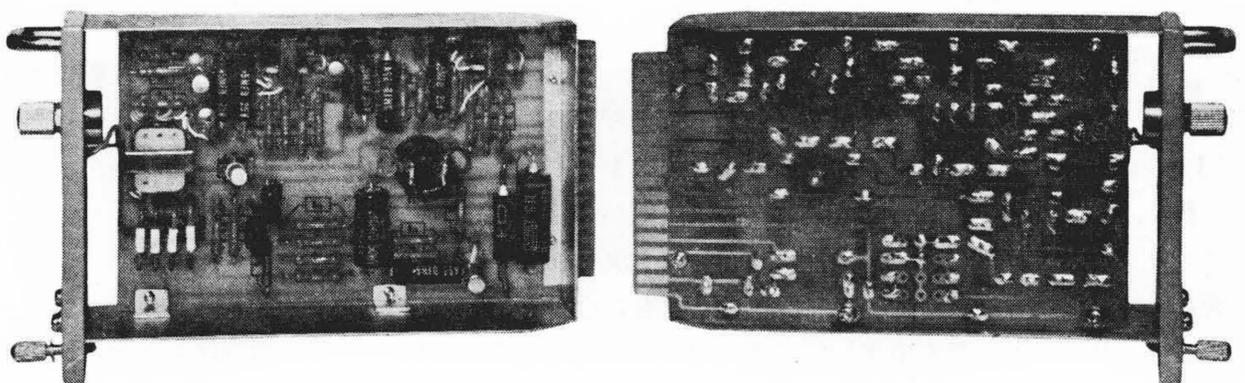
工業計測における電子式伝送器も電圧電流の送量器と考えることができる。

第1表にこれら直送式遠隔測定装置の一覧表を示す。



第1図 TQS形直送式送量変換器

\* 日立製作所那珂工場  
 \*\* 日立製作所日立研究所



第2図 トランジスタ回路部

第1表 直送式遠隔測定装置一覧表

方式	測定対象	動作原理図	特色
交流直送式	交流電流, 電圧, 電力, 積算電力		<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 構造簡単で近距離用として信頼度が高い</li> <li>(2) 誘導障害に弱いので10km以下</li> </ul>
整流式	交流電流, 電圧		<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 誘導障害に比較的強い</li> <li>(2) 比較的遠距離の伝送が可能 50km 以下</li> </ul>
電圧平衡式	交流電流, 電圧, 電力, 水位, 温度などの工業量		<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 直流電圧に変換される測定量の伝送に適す</li> <li>(2) 外, 内部じょう乱を受けることなく高精度の測定が可能</li> <li>(3) 誘導障害に強いので比較的遠距離の伝送可能</li> </ul>
トルク平衡式	交流電流, 電圧, 電力など		<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) トルクに変換される測定量の伝送に適す</li> <li>(2) 外, 内部じょう乱を受けることなく高精度の測定可能</li> <li>(3) 誘導障害に強いので比較的遠距離の伝送可能</li> </ul>
比率伝送式	水位, 位置		<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 連絡線抵抗値の増大により誤差を生じるので10km以下の近距離用</li> <li>(2) 比較的誤差のゆるいものには簡便な方法</li> </ul>
	コントロイルトランス式	水位, 位置	

これらのうち、従来電子管を使用していたものはトランジスタに置き換えられるようになってきた。第1図にトルク平衡式を用いたTQS形直送式送量変換器、第2図にそのトランジスタ回路を示す。

### 4. 搬送式遠隔測定装置

搬送式遠隔測定装置は被測定量をこれに対応した衝流信号、すなわち衝流周波数あるいは衝流信号の長さの変化などに変換して遠隔地に伝送指示するものである。

したがって搬送式では直送式のように電圧電流などの大きさそのものの変化は直接誤差原因とならないから線路状態が大幅に変動しても誤差を生じないし、また信号を搬送波にのせて伝送することが可能であるため遠距離の測定、さらには多重測定が可能であるなどの特長を有している。

搬送式においては被測定量にまったく対応した衝流信号に変換することがその装置の性能を決定するため種々検討が加えられてきた。最近自動制御技術の発達に伴い自動平衡式のものが多く採用され、また装置の安定性、性能の向上のため各部回路方式にも新しいものが表われ、特にトランジスタ化が広く行われつつある。

#### 4.1 性能に関する一般的考察

送量側において被測定量を衝流周波数に変換する方式としてトルク平衡式、電圧平衡式などがあるが、自動平衡方式として第3図のように統一して考えられる。

ここで  $G_1$ 、 $G_2$  および  $H$  は各部伝達関数を示し、 $G_1$  は入力  $I(S)$  を電圧あるいはトルクに変換する部分、 $G_2$  は電圧あるいはトルクの不平衡分を増幅して衝流周波数  $F(S)$  に変換する部分、 $H$  は衝流周波数を電圧あるいはトルクに変換して帰還する部分に相当する。 $E_0(S)$  は入力零のときでも一定の周波数を発生させるために必要なベース分である。

第3図より

$$F(S) = \frac{1}{H} \cdot \frac{G_2 H}{1 + G_2 H} \{G_1 I(S) + E_0(S)\} \dots\dots\dots (1)$$

いま入力に  $i$  なる階段的变化があったとすると衝流周波数の定常値  $f$  は次式となる。

$$f = \lim_{S \rightarrow 0} S \frac{1}{H} \cdot \frac{G_2 H}{1 + G_2 H} \left( G_1 \frac{i}{S} + \frac{e_0}{S} \right) = \lim_{S \rightarrow 0} \frac{1}{H} \cdot \frac{G_2 H}{1 + G_2 H} (G_1 i + e_0) \dots\dots\dots (2)$$

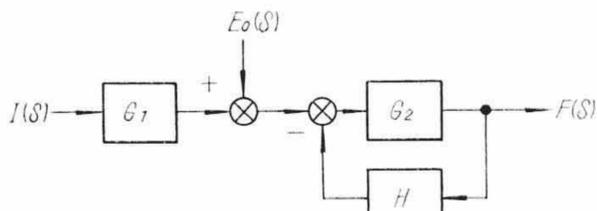
ここで  $G_2 H \gg 1$  なるように選び、かつ  $\lim_{S \rightarrow 0} G_1 = K$ 、 $\lim_{S \rightarrow 0} H = \beta$  とすると

$$f = \frac{K i + e_0}{\beta} \dots\dots\dots (3)$$

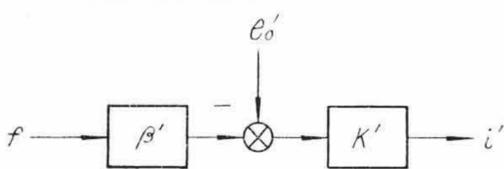
次に衝流周波数を電気量に変換して指示させる受量側の部分は第4図のような構成になる。

第4図より

$$i' = (\beta' f - e_0') K' \dots\dots\dots (4)$$



第3図 送量側ブロック図



第4図 受量側ブロック図

ここで  $i'$  は  $i$  を受量側で再現した値であり、 $\beta'$ 、 $e_0'$  および  $K'$  はそれぞれ  $\beta$ 、 $e_0$  および  $K$  に対応したものと考えればよい。

(3) および (4) 式より

$$i' = K' \left[ \frac{\beta'}{\beta} (K i + e_0) - e_0' \right] \dots\dots\dots (5)$$

(5) 式より  $i'$  と  $i$  の間に変動を与える要素は  $K$ 、 $e_0$ 、 $\beta$ 、 $K'$ 、 $e_0'$  および  $\beta'$  であり、 $\Delta i'$  を求めると

$$\Delta i' = \frac{\partial i'}{\partial K} \Delta K + \frac{\partial i'}{\partial e_0} \Delta e_0 + \frac{\partial i'}{\partial \beta} \Delta \beta + \frac{\partial i'}{\partial K'} \Delta K' + \frac{\partial i'}{\partial e_0'} \Delta e_0' + \frac{\partial i'}{\partial \beta'} \Delta \beta' = \frac{\beta' K' i}{\beta} \Delta K + \frac{\beta' K'}{\beta} \Delta e_0 - \frac{\beta' K' (K i + e_0)}{\beta^2} \Delta \beta + \left[ \frac{\beta' (K i + e_0)}{\beta} - e_0' \right] \Delta K' - K' \Delta e_0' + \frac{(K i + e_0) K'}{\beta} \Delta \beta' \dots (6)$$

(6) 式より  $\Delta i'$  は入力  $i$  が最大値  $i_m$  なるとき最も大きな値となる。 $i'$  の最大値を  $i_m'$  とすると誤差  $\varepsilon$  の最大値  $\varepsilon_{max}$  は  $\Delta i' / i_m$  となるから、 $\varepsilon_{max}$  は次式となる。

$$\varepsilon_{max} = \frac{\Delta K}{K} + \frac{1}{n-1} \cdot \frac{\Delta e_0}{e_0} - \frac{n}{n-1} \cdot \frac{\Delta \beta}{\beta} + \frac{\Delta K'}{K'} - \frac{1}{n-1} \cdot \frac{\Delta e_0'}{e_0'} + \frac{n}{n-1} \cdot \frac{\Delta \beta'}{\beta'} \dots\dots\dots (7)$$

$$\text{ただし } n = \frac{K i_m}{e_0} + 1$$

$n$  の値は一般に 2 以下が使用されており、(7) 式より  $\beta$ 、 $\beta'$ 、 $e_0$  および  $e_0'$  が誤差のうえで重要な要素であることが理解される。

以上の考察により性能上重点となるところが明らかとなったが、一例として最近用いられているトルク平衡式の主要部につき説明する。

#### 4.2 トルク平衡式遠隔測定装置<sup>(2)(3)</sup>

##### 4.2.1 動作原理

第5図に送量変換器の動作原理図を示す。

測定要素に測定入力加わると、それに対応したトルクを発生し可動軸に取り付けられたピックアップコイル  $L$  が移動する。

このピックアップコイル  $L$  に誘起された電圧を増幅整流してこの直流電圧により衝流発生回路を制御し、その出力周波数を変化させる。この出力周波数を搬送装置の変調器に加えるとともに周波計回路を駆動して衝流周波数に比例した直流電流を得て同一可動軸に取り付けられた平衡要素に加え、測定要素に加わったトルクと逆方向のトルクを発生させる。

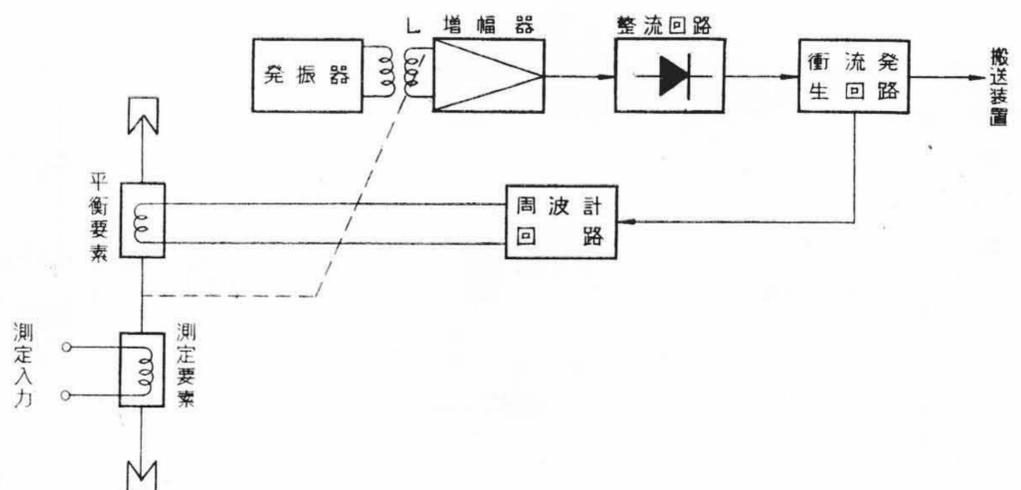
したがって、平衡状態においては被測定量はこれにまったく対応した衝流周波数に変換される。

なお受量変換器は後述の周波計回路を用いて衝流周波数に比例した直流電流に変換し指示、記録させる。

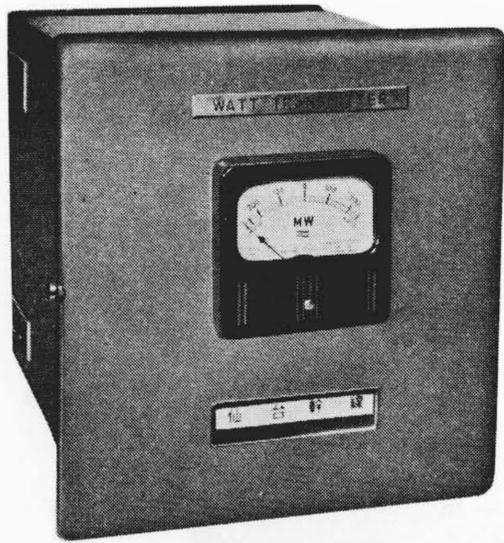
第6図に TFS 形搬送式送量変換器の外観を示す。

##### 4.2.2 衝流発生回路

第7図は動作原理図を示したものであり、チョーク  $T$  には角形



第5図 トルク平衡式動作原理図



第6図 TFS形搬送式送量変換器

特性の鉄心を使用する。

鉄心の飽和磁束を  $\Phi_m$ 、コイルの巻数を  $N$ 、入力電圧を  $V_{in}$  とすると、発生する周波数  $f$  は次式で与えられる。

$$f = \frac{V_{in}}{4N\Phi_m} \dots \dots \dots (8)$$

(8)式より明らかなようにトランジスタの特性はほとんど関係せず、かつ  $N$ 、 $\Phi_m$  は一定であるから動作が安定であることが大きな特長である。

4.2.3 周波計回路

本回路は4.1における  $\beta$  に相当するもので周波数に比例した直流電流をうるものであり、従来使用されていた有極リレーによる周波計回路をトランジスタ化したものである。第8図に動作原理図を示す。

トランス  $Tr$  の鉄心は角形特性を有しており、その飽和磁束を  $\Phi_m$  とし、二次コイルの巻線を  $N_2$  とすると出力電流  $I$  と周波数  $f$  との関係は次式で与えられる。

$$I = \frac{4N_2\Phi_m}{R_L} f \dots \dots \dots (9)$$

ただし  $R_L$ : 負荷抵抗

(9)式より  $I$  は  $f$  に比例し電源電圧およびトランジスタの特性などの影響を受けないことがわかる。

$I$  と  $f$  との間に変動を与える要素は  $\Phi_m$  の温度特性であり、温度補償により  $\pm 20^\circ\text{C}$  の変動に対し約 0.2% 以下の影響に入れることが可能である。

4.2.4 定電圧電源

補償コイルに一定電流を流しベースサイクル発生に使用するものであり、4.1における  $e_0$  に相当するものである。

第9図は定電圧回路を示したものである。

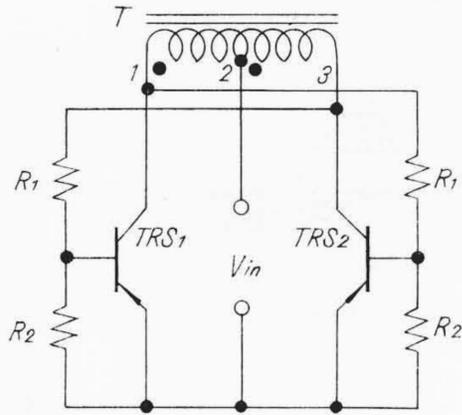
本回路はツェナーダイオードのツェナ電圧が一定であることを利用したものである。電源電圧の変動に対しては二段の構成により高度の安定度が得られ、また温度特性は第10図のように順方向と逆方向の温度特性が互に反対であるのを利用して順、逆両方向の温度係数の等しいツェナーダイオードを直列接続することにより良好な温度特性をもつものが得られる。

本回路は電源電圧  $\pm 20\%$ 、温度  $\pm 20^\circ\text{C}$  変動に対し  $\pm 0.1\%$  以下の特性のものが得られている。

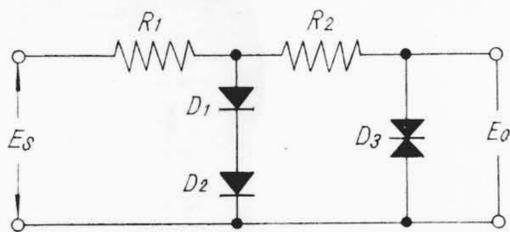
4.3 性 能

4.3.1 標準誤差

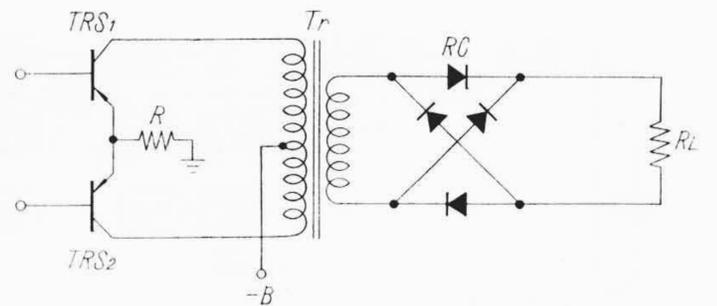
定格電源電圧(周波数)周囲温度  $20^\circ\text{C}$  における誤差は指示計にて全目盛幅の  $\pm 1.5\%$  以下、記録計にて  $\pm 1\%$  以下である。



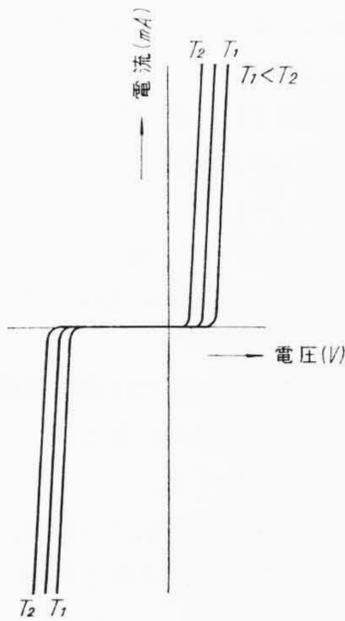
第7図 衝流発生回路動作原理図



第9図 定電圧回路



第8図 周波計回路動作原理図



第10図 ツェナーダイオード特性

第2表 2 out of 5 符号

	2 out of 5				
	1	2	4	7	R
1	1	0	0	0	1
2	0	1	0	0	1
3	1	1	0	0	0
4	0	0	1	0	1
5	1	0	1	0	0
6	0	1	1	0	0
7	0	0	0	1	1
8	1	0	0	1	0
9	0	1	0	1	0
0	0	0	1	1	0

4.3.2 影響値

操作電源および被測定電源電圧  $\pm 20\%$  変動に対し  $\pm 0.5\%$  以下。  
操作電源および被測定電源周波数  $+2\text{ c/s}$ 、 $-5\text{ c/s}$  変化に対し全目盛幅の  $\pm 0.5\%$  以下。

被測定電源力率進み50%、遅れ50%において全目盛幅の  $\pm 1\%$  以下。

周囲温度  $20^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$  において全目盛幅の  $\pm 1\%$  以下。

5. デジタル式遠隔測定装置<sup>(2)(4)</sup>

以上述べた諸方式はすべてアナログ表示であるが、最近被測定量を数字で指示または印字するデジタル方式のものが現われ、従来のアナログ方式のものでは望み得ないような種々の特色を発揮している。

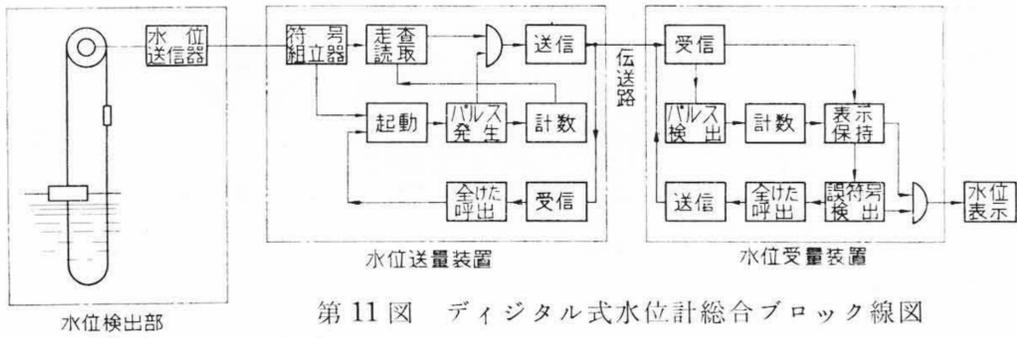
アナログ方式では伝送のために数段の変換を行っているため、それぞれの誤差が累積され総合誤差1%が限度とされていたが、デジタル式においては一次変換器でデジタル量に変換したのちは誤差の発生がないため高精度の測定が可能である。またデジタル化により自動的に数字記録することが可能となり、計算回路への直接入力となりうるのでデータ処理として便利である。

アナログ方式においては雑音などにより誤測定がありうるが、デジタル式ではチェック回路により誤りの検出あるいは訂正まで行うことができるため信頼度が高い特長があり、アナログ方式に比べ一段とすぐれた特長を有している。

5.1 構 成

デジタルテレメータは被測定量を符号化された数値の符号に変換し、これを時間的に直列な、あるパルス符号に変換して伝送し、受量側ではふたたびもとの並列符号に変換して数字で表示するものである。

普通一般に使用される符号としては各数値を2進法により 2 out of 5の符号化系列に変換する。この符号を第2表に示すが、同表中1はON、0はOFFを表わす。



第11図 デジタル式水位計総合ブロック線図

この符号においては5個中1が必ず2個あるから伝送されてきた符号に1が2個あるか否かでその正誤をチェックできる利点がある。

したがって、受量側では伝送されてきた符号で5個中1が2個なければ受信した信号を切り捨てるよう構成されている。

5.2 信号伝送方式

第11図はデジタル水位テレメータの総合ブロック線図である。水位変化は水位送信器から符号組立器に送られデジタル符号に変換される。

したがって、水位変化による符号の変化は水位送量装置の起動検出回路により検出され、起動検出回路の起動によってパルス発生回路は一定周期Tのパルスを連続発生する。

このパルスは計数回路および送信回路に送られる。計数回路では1パルスずつ計数してステップを進め、これと同期して走査読取回路によって水位の各けたを走査する。

この結果符号のうちビット1の場合はパルス発生回路から送信回路に行くパルスの一部を切り取り短パルスとし、ビット0の場合はそのまま長パルスとして送信回路に送る。

この動作は計数回路により正しい順序で走査し、また正しい間隔で行われるよう指令される。

以上の方法により各けたが送信され、計数回路は所定のパルスが送信終了したことを判断して自動的に水位送量装置を動作状態から復帰せしめる。

水位受量装置はこのパルスを1パルスずつ受信し、受信したパルスをパルスの長短に関係なくパルス検出回路で検出し計数回路で計数する。

この計数回路の動作によってパルスの順序が正しくは握され、到来パルスがどのけたの第何ビットであるかが確実に判断される。一方受信パルスは計数回路で計数されるのと同期して、表示保持回路により長符号か短符号かを判断したのち表示保持回路に記憶される。

この場合計数回路と表示保持回路の両者の動作によって各けたのビットが正しく記憶される。この際前から記憶している古い数値は自動的に消される。

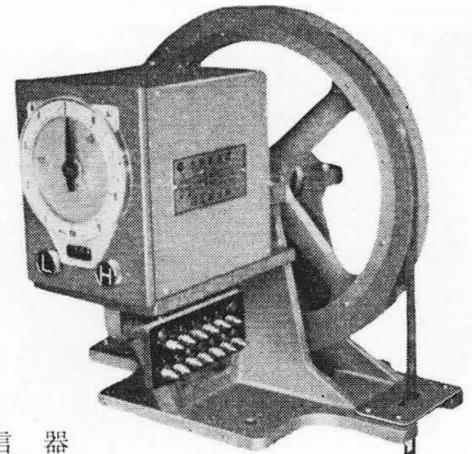
上記の動作により所定のパルスの受信が終了すれば受信した数値についての符号検出を行い、誤りがなければそのまま表示し、誤りがあれば誤符号検出として扱われ誤符号検出回路が動作し、水位受量装置の全けた呼出回路によって全けた呼出信号を送量所に送信する。送量所の受量回路はこの信号を受けて全けた呼出回路によって起動検出回路を動作せしめ、改めて全けたの送信が行われる。

第12図および第13図はデジタル水位テレメータの水位送信器および符号変換器の外観を示す。

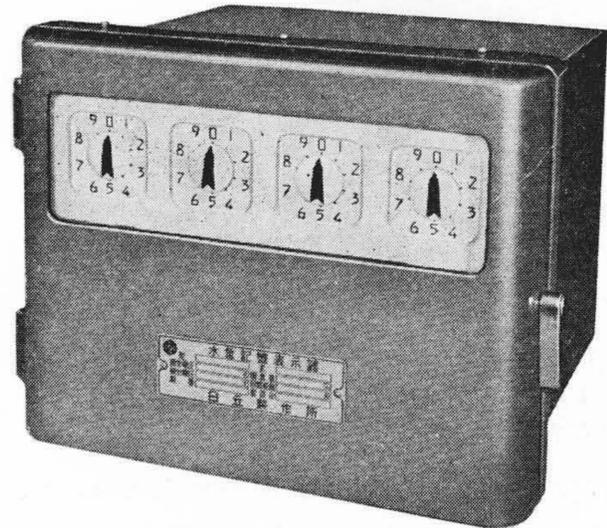
以上水位テレメータの例について詳述したがこのほか両量、積算電力量もデジタル変換され同様にデジタル表示が行われる。

6. 今後の動向

以上現在広く利用されている遠隔測定装置について記述したが、今後さらに改良され新しい方式のものが開発されると考えられる。



第12図 水位送信器



第13図 符号変換器

遠隔測定装置は従来の遠方指示の目的からさらに制御機器としても利用されるようになってきたところから高度の信頼性が要求され、長期間保守しなくても安定に動作することが望まれる。

このような観点から今後トランジスタ化および機械的可動部、接触部を有しない完全静止形のものになると考えられる。すなわち、電力測定においては従来サーマルコンバータが使用されてきたが、応答度が遅い欠点があるため今後はホール効果を利用して応答度の早い静止形の電力測定がなされるであろうし、直流増幅に使用する機械的接点のチョップは磁気変調器、トランジスタチョップあるいはホール効果によるチョップなど無接点化の方向に進められるであろう。

制御用遠隔測定装置は自動制御の制御系、帰還系を構成する一要素としてきわめて重要なところからその精度のいかんは装置の性能を左右するから高精度が要求され、従来のアナログ方式に代りデジタル方式が採用されるであろうし、データ処理上からもデジタルテレメータの発展が予想される。

7. 結 言

遠隔測定装置は各種産業の拡大に伴いその重要性はますます増大する傾向にある。

現在使用されている各方式および今後の動向として信頼度、安定度の要求に伴いトランジスタ化とともに静止形遠隔測定装置への傾向にあり、また高精度の要求によりデジタル化の傾向にあることを記述した。

各方式はそれぞれ特色があるため適宜その使用目的により使い分ける必要がある。

今後関係各位のご指導を得、さらに良き製品、新製品開発に努力したいので、関係各位のご指導をお願いする次第である。

参 考 文 献

- (1) 小沢：電気計算 27, 1640 (昭34-8)
- (2) 小沢：電気計算 27, 1808 (昭34-9)
- (3) 笹間, 小沢, 山田：日立評論 43, 418 (昭36-3)
- (4) 中野, 鈴木：日立評論 42, 1272 (昭35-12)