

自動送錘式計量装置について

Study on the Automatic Scale

沢井善三郎・宮崎文夫・里和武

Zenzaburo SAWAI, Fumio MIYAZAKI and Kazutake SATO

1. はじめに

計測における重量測定はオートメーションの発展によりその重要性が飛躍的に増大し、工業用計量装置はめざましい進歩を遂げたが、さらに生産プラント全体の効率を上げるため従来のバッチ方式に代わって原料等を連続的に供給したり、その重量を調節するための自動連続測定装置が各方面で要求されるようになった。

一般には計量装置は取引に關係するため高い精度が要求され、その原理構造に関しては、バネ、振子を利用したものは精度に限界があり、自動送錘式計重機、つまり図1のようなテコ式はかりの計量桿にある送錘を自動的に移動させて桿の平衡をとるものが実用されている。

これをブロック線図に示せば図2のようになるが、現方式は制御器の入力が桿の偏位のみで、計量系をサーボシステムと見た場合、速応性に関しては不十分であり、連続測定装置としては使用できない。

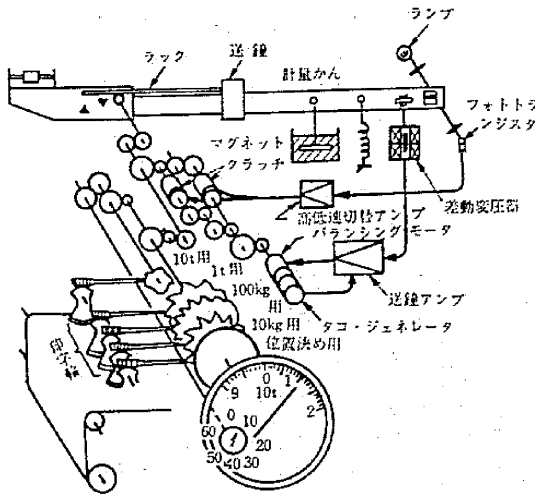


図1 自動送錘計量機能図

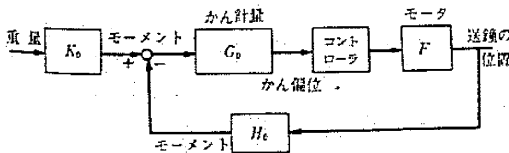
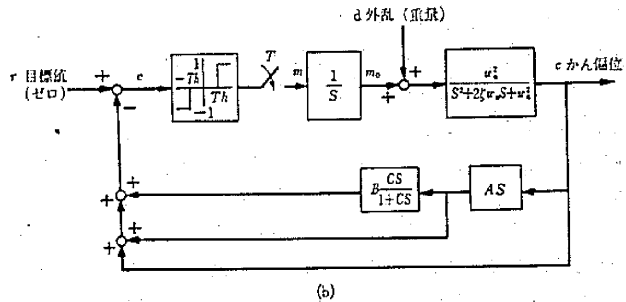
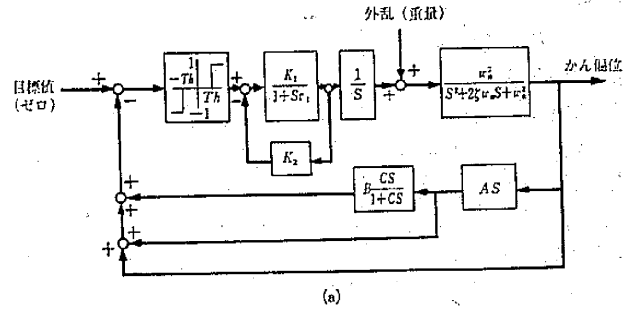


図2



- A: 速度帰還のゲイン定数
- B: 速度微分のゲイン定数
- C: 微分時定数
- K₁: サーボモータのゲイン定数
- K: $\frac{K_1}{1+K_1K_2}$
- T: サンプル周期
- T_H: 不感帯の幅
- τ₁: サーボ・モータ時定数
- K₂: タコ・ジェネレータ・ゲイン定数

図3 自動送錘式計重機ブロック線図

そこで偏位の速度、速度微分を帰還量に加えて平衡点付近の速応性改善を試みるため、実験用小型自動送錘式計重機を試作して理論的、実験的研究を行なったので以下報告する。

2. 理論的検討

図2を桿の単位重量による偏位を1として基準化すれば図3のように表わせる。ただしa図はサーボ操作器として2相サーボモータを使用した場合、b図はパルスモータを使用した場合であり、その伝達関数を積分器(1/s)として表示してある。両者の間にはサーボモータ時定数を無視できる場合は次の関係式が成立する。

$$K = \frac{1}{T}$$

a 図の解析はアナログ計算機で行なった。b 図は系が

研究速報
非線形サンプル値制御となるので、状態変数を用いれば系は次のベクトル行列微分方程式で表わされる。

$$\left. \begin{aligned} \frac{dv}{d\lambda} &= Av(\lambda) \quad \lambda = t - nT \quad 0 < \lambda \leq T \\ (n=0, 1, \dots, n) \\ v &= \text{col}(d, x_1, x_2, x_3, x_4) \end{aligned} \right\} (1)$$

$$c = x_1 \quad x_2 = \dot{x}_1 \quad x_3 = \dot{x}_2 \quad x_4 = m_0$$

初期条件は状態推移方程式

$$v(nT^+) = Bv(nT) \quad (2)$$

によって表わされる。

$$\Phi = L^{-1}[sI - A]^{-1} \text{ とすれば}$$

$$v(t) = \Phi(t - nT)v(nT^+) \quad (3)$$

各帰還量のゲイン, A, B, C を決定する場合, アナログ計算機で概略値を求め, 細部を (1) (2) (3) 式を用いてデジタル計算機で求めた結果, 偏位のみ帰還する場合, サンプル周波数 (1/T) は 10 以下, 速度帰還を加えた場合 20~30 以下が限界であり, 大幅な速応性改善には速度微分の帰還が必要であることがわかった。なおサーボモータ時定数は十分小さくすることが必要である。

3. 実験装置および結果

試作装置本体は図1と大体同様で送錘駆動はラックとピニオンを用い, 駆動部をベッドの上にそえ, 計量桿のピニオン軸とは歯車によって連結し, このかみ合う一對の歯車のピッチ円の接点を計量桿の支点の刃先線上に一致させて不用のモーメントを除き, ダンパーにはマグネットダンパーを使用した。桿の偏位速度は, 単位重量につき桿偏位が 50 μ, 固有周波数 (ω_n/2π) が 1 c/s であることから, 直線速度 0.2mm/sec の低速度となる。速度検出器としては, 図4のようにコイルを2個差動にして中心で永久磁石を運動させるものを用いた。

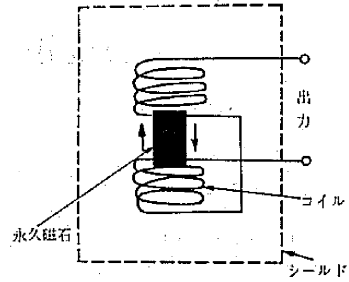


図5 速度検出器

実験では速度微分の項を加えたサーボモータ駆動で K=50 まで改善できた。

K の上限を制限するものとしては, 送錘機構のラックとピニオンの接点が支点を離れているため, 送錘の移動時に速度波形がひずむ (ただし偏位のみ帰還する場合ほとんど問題とならない) ことと, 桿が固有周波数 1 c/s 以外に 20~30 c/s と 70~80 c/s に振動の共振点をもっていたので, その影響をとりぞくために回路にそう入したフィルタの位相遅れとが考えられる。

4. おわりに

本報告においては平衡点付近の速応性改善には速度微分の帰還量が必要であることを述べたが, 平衡点以外では送錘速度は安定条件に無関係であるので, コントローラに送錘速度可変機能を付加すれば良い。実際問題では桿の振動 (周囲よりの外乱振動) の周波数特性と, 必要とする制御系の周波数帯域により応答速度が決定されるから, 桿の振動特性を考慮して送錘機構を設計する必要がある。

この際桿の固有周波数を上げるため計量桿の重量を小さくすると, 送錘の位置により ω_n が変わる可変パラメータ系となるのでその安定性に注意を要する。

今後さらに改良を行なったものについて実験を行ない別の機会に報告したい。 (1968年3月29日受理)

参考文献

- 1) 山越: "工業用はかりの最近の傾向" 機械学会誌, 昭和35年10月。
- 2) SANTEN: "Electronic Weighing and Process Control" philips technical control.
- 3) M. COGNAT: "La balance automatique <<Ugine-Eyraud>>" Mesures-Décembre 1962 No. 307.
- 4) Tou: "Modern Control theory" McGraw-Hill.
- 5) 宮崎: 東京大学大学院電気工学修士論文 (1968).

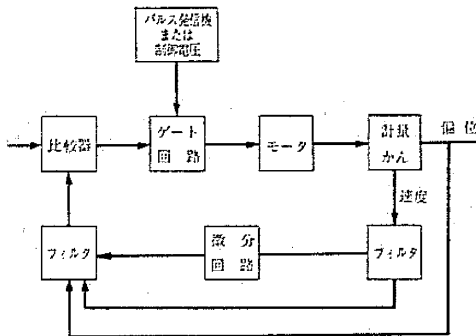


図4 実験回路構成