技術報文

(昭和51年9月20受理)

サンプル・ホールド手法を応用した
生糸織度信号の波形整形*

農林省蚕糸試験場 西出 照雄

WAVEFORM ARRANGEMENT OF SIZE SIGNAL
BY APPLYING SAMPLE AND HOLD TECHNIQUE

By Teruo Nishide

(Sericultural Experiment Station, Wada, Suginami-ku, Tokyo, Japan)

An equipment for waveform arrangement was devised to arrange the size signal waveform of raw silk during reeling by applying the sample and hold technique. Furthermore the fundamental characteristics of the equipment were researched, the following results were obtained.

The method of waveform arrangement is to integrate the applied analogue size signal for a set time and hold its value by means of integrator.

In the low frequency range, the frequency of the input has an effects on the output waveform of the proposed device and the waveform is characteristic. On the other hand, the frequency of size signal (80 to 95 Hz) in the practical reeling speed range (180 to 210 m/min) has no effect upon the output waveform of the device.

The device is a kind of low pass filter because it restrains the high frequency range.

It can be concluded that the optimum range of integration time (=hold time) is from 0.7 to 1.0 sec for practical size control.

(Received September 20, 1976)

1. 緒 言

繰糸工程において実時間的に生糸織度情報を収集して織度制御を実行させるため、実用化には至っていないが従来各種の手法を用いた織度検出器の開発が試みられている^{1)~8)}。

これらの検出器によって得られる織度情報の信号波形は周期・振幅ともに不規則であって、さらに雑音が重畳している。このため、検出信号のままでは微小な織度差を精度よく効果的に検出して、均一な織度を有する生糸を繰製することは困難である。従って検出信号にもとづいて織度を計数化あるいは織度制御を実行させるためには、それらの目的に合致した信号波形に検出信号波形を波形

整形する必要がある。

繰糸中において落緒、接緒など繭糸の増減によって急激に変化する場合を除いて、生糸の太さの変化は繭糸織度曲線⁹⁾に従う微小なものであるが、織度信号波形の振幅は微小な織度変化よりも激しく変化する。そのため、サンプル・ホールドだけで織度制御を実行した場合、このホルダーからの出力は振幅の影響を受けることが予想され、制御判断と制御動作を安定した状態で実行することは困難と考える。従って区間積分とサンプル・ホルダーとの構成にすれば前述した振幅の影響の問題点は解決し、さらにこの構成による出力信号はステップ状となるので区間積分時間ごとの出力差が明確になるとともに、出力の数値化への処理が比較的簡単になると考える。

本報はサンプル・ホルダーと区間積分との構成による生糸織度信号の波形整形について報告する。

* この報文を「繰糸工程における生糸織度の計測制御に関する研究(第3報)」、Studies on the size measurement and control of raw silk during the reeling process (Part 3)」とする。

2. 装置と方法

織度情報の検出は光電手法を応用した検出器^{6),7)}を用いた。

実験装置と方法は図1のブロック図に示す。すなわち、線系中の生糸織度情報は検出器によって電圧信号として検出される。その信号は利得調整されて、任意に設定された時間だけ積分器によって積分されつつサンプル・ホルダーによって保持される。積分された情報は次にステップ状の波形として時間 t だけ出力される。この時間 t だけステップ状の波形として、今出力されている情報は、今から時間 t だけ前に積分された情報である。

一次遅れ要素を持つ低域濾波器を併設した目的は、この濾波器の出力波形と前述した波形整形器の出力波形とを比較検討するためである。

なお、本報において報告する波形整形器(主として積分器、サンプル・ホルダーから成る)を、ここで区間積分器と定義しておく。

波形整形のために試作した区間積分器および一次遅れの低域濾波器の概略回路図を図2のA, Bにそれぞれ示す。

区間積分器(図2のA)は利得調整(R_g)、フィードバック(R_f)、時間設定(R_t)のための各抵抗、積分器、零次のサンプル・ホルダー、発信器、時間設定用LEDランプ等から構成されている。

積分時間、すなわちホールド時間は、LEDランプのフラッシュが設定する時間間隔になるように、 R_t を調整することによって任意に設定することができる。

積分器への入力信号 $f_i(t)$ を正弦波とすれば、その出力信号 $f_o(t)$ は(2)式として示すことができる。従って積分器の伝達関数 G_1 は(1), (2)式から(3)式となる。

$$f_i(t) = a \sin \omega t \quad (1)$$

$$f_o(t) = \int_0^t a \sin \omega t dt \quad (2)$$

$$G_1 = \frac{L\{f_o(t)\}}{L\{f_i(t)\}} = \frac{1}{S} \quad (3)$$

零次ホールドの伝達関数 G_2 は(4)式で示されている⁸⁾。

Fig. 1 Block diagram of experimental equipment.

Fig. 2 Circuits for waveform arrangement.

A : Apparatus for waveform arrangement with integrator and sample holder.

B : Low pass filter with first-order lag.

R_g : Gain adjustment resistance.

R_f : Feed back resistance.

R_t : Resistance for integrating time set.

$$G_2 = \frac{1 - e^{-st}}{S} \quad (4)$$

図2のBは一次遅れの低域濾波器の回路を示したもので、図中の C_1 と R_1 との組み合わせによって時定数を設定できる。この濾波器の伝達関数 G_3 は(5)式として示されている⁹⁾。

$$G_3 = \frac{1}{1 + TS} \quad (5)$$

3. 結果と考察

3.1 基本的特性について

線系中に得られる織度情報の信号波形は不規則ではあるが、基本的な各種の信号波形、たとえば正弦波、三角波、矩形波、のこぎり歯波等の波形がいろいろと複雑に組み合わさっているものと考える。

入力信号が基本的には区間積分器によってどのような波形に変換されて出力されるのかを、まづ知っておく必要がある。前述した基本波形を入力信号として、本器の出力波形について検討した結果を図3に示す。

図3の結果から判断できるように、本器の波形整形の特徴はアナログ量による入力を一定時間積分してホールドし、その結果をステップ状の波形に変換することであるが、その出力は積分時間、すなわちホールド時間だけ遅れる。

積分時間が一定であれば、入力周波数によって出力さ

れる出力波形が異なることは容易に想像できる。そこで入力周波数と出力波形との関係について検討する。

図4, 5は正弦波および矩形波を入力信号として, 積分時間を0.25秒とした場合の周波数と出力波形との関係の1部を例示したものである。

この結果, 入力周波数の増大とともに入力波形とは異なる出力波形が出力され, 入力周波数が50 Hzを越えると出力波形はほぼ直線状になる。さらに周波数とともに

Fig. 3 Fundamental characteristics of arranged waveform.

A: Input waveform. B: Output waveform. Frequency of input is 0.2 (Hz) and integration time equal to sample-hold time is 0.25 (sec).

Fig. 4 Effects of input frequency on output waveform. Integration time equal to sample-hold time used is 0.25 (sec) and waveform of input is sine wave.

変化する出力波形には一定の規則性が存在していることがわかる。すなわち, 実験結果から入力周波数が(6)式で示される場合の出力波形はほぼ直線であり(たとえば図4, 5の4, 8 Hz), (7)式で示される場合の出力波形は特有な波形(たとえば図4, 5の2, 6, 10 Hz)を示す。

$$f_n \cdot t = n \quad (6)$$

$$f_n \cdot 2t = n \quad (7)$$

f_n : 入力周波数 (Hz)

t : 積分時間 (sec)

n : 正の整数

本実験の場合, 入力周波数が50 Hzを越えると出力波形はほぼ直線状となることから, (6), (7)式が前述した特有な出力波形と対応して成立つためには n の範囲が限定される。この n の範囲を算出すれば, $1 \leq n \leq 12$ となる。この n の範囲は積分時間が異なる場合の図6の結果と一致している。

入力周波数が(6)式を満足する場合, 本器の出力波形が直線状を示す理由は次のように考える。積分時間が0.25秒, すなわち周期に換算すれば4 Hzであるから, 周期的にプラス, マイナスをくりかえす入力信号の4N倍の周波数の信号の積分値は零となるためである。この事は積分時間を商用のN倍にすることによって, 商用電源からの誘導ノイズを除去することができることと同義と考える。

(6, 7)式で n が整数でない場合の出力波形(たとえば図4, 5の3 Hz)を良く検討すると, その出力波形の中に(7)式に対応する波形が含まれていることが認められる。

なお, 三角波, のこぎり歯波を入力した場合の出力波形は正弦波を入力とした場合と同様な波形を示した。

積分時間を1, 2.5秒とした場合の入力周波数(入力波形は正弦波)と出力波形との関係を図6に示す。

この結果, 積分時間が長くなるに従って, 図4で示した特徴的な出力波形が出現する周波数は低周波数側に規則的にシフトすることが認められた。すなわち, 積分時間が1, 2.5秒の時は0.25秒の時にくらべて, それぞれ4, 10 Hzだけ低周波数側にシフトして, 図4と全く同じ出力波形を示す。

このような実験結果から, 同一の出力波形を示す入力周波数 f_1, f_2 と, その時の積分時間 t_1, t_2 との関係は(8)式となる。この事は図4と図6の結果を比較すれば容易に理解できる。

$$f_1 t_1 = f_2 t_2 \quad (8)$$

Fig. 5 Effects of input frequency on output waveform. Integration time equal to sample-hold time used is 0.25 (sec) and waveform of input is rectangle wave.

Fig. 6 An example of relation between input frequency, integration time and output waveform. Integration time of A is 1.0 sec and B is 2.5 sec. Waveform of input is sine wave.

周波数をパラメーターとして、区間積分器のゲイン特性について検討した結果を図7に示す。この検討方法は図7中に示すように、入力および出力波形のピークからピークまでの距離をそれぞれ L (一定), L' として、各周波数におけるその比 (L'/L) を算出したものである。

この結果から、サンプル値制御系における周波数特性と同様に¹⁰⁾、本波形整形器は高調波成分を抑制する一種の低域濾波器と考えることができる。

併設した濾波器(図2-B)の周波数特性について、区間積分器のそれ(図7)と比較するためには同一の時定数を持つ必要がある。そこで、図2-Bの濾波器の時定数は R_1 と C_1 との組み合わせ、すなわち $25\text{K} \cdot 10\mu$, $21\text{K} \cdot 47\mu$, $25\text{K} \cdot 100\mu$ として区間積分器の0.25, 1.0, 2.5秒と対応させた。実験方法は図7と同様に行ない、その結果を図8に示す。

この結果、時定数が大きくなるとともに、出力波形の振幅は小さくなり、一定の周期を示しながらゲインが減少するとともに、高調波成分を抑制する特性を示した。

3.2 生糸織度信号の波形整形

前報⁵⁾で述べたように織度情報の検出方法は、走行する生糸と偏心鼓車との接触によって生糸が測定光束を周期的に遮断して、その陰光量を織度情報として検出するものである。そのため検出される織度信号の周波数は繰糸速度に影響を受けると考えられる。そこで、前述したよう

Fig. 7 Relation between gain and frequency. Gain (L'/L) is calculated using the experimental results as is shown in figure.
 —: In case of rectangle wave.
 ---: In case of sine wave.
 T is integrated time; $T_1 = 0.25$ sec.
 $T_2 = 1.0$ sec. $T_3 = 2.5$ sec.

Fig. 8 Relation between gain (L'/L) and frequency by low pass filter with first-order lag.
Time constants of T_1 , T_2 and T_3 are 0.25, 1.0 and 2.5 sec.

に本整形器は入力周波数に影響を受けるので、織度信号の周波数を知っておく必要がある。この目的から、繰糸速度と織度信号の周波数との関係について検討した結果を図9に示す。

この測定方法はストロボスコープを用いて、各繰糸速度ごとの偏心鼓車の1秒当りの回転数から織度信号の周波数を算出した。すなわち、偏心鼓車1回転につき糸条は測定光束を2回遮断するから、周波数は1秒当りの偏心鼓車の回転数を2倍した値となる。

この結果、繰糸速度の上昇とともに信号の周波数は増大することが認められた。一方、現在の実用的な繰糸速度は180~210m/minであり、その速度域における周波数は約80~95 Hzであることが図9からわかる。基

Fig. 9 Plots frequency of size signal vs reeling speed.

本波形を入力した場合ではあるが図4, 5に示したように、この周波数帯において、本整形器の出力波形は直線状となる。

このことから、実用上の繰糸速度から得られる織度信号の周波数が、本整形器の出力波形におよぼす影響はないと考える。

繰糸中の織度情報を収集して、その信号を本整形器と一次遅れの低域濾波器(図2のA, B)とを用いて、波形整形した結果を図10に示す。低域濾波器に使用した各定数は図9と同じである。

この結果から、積分時間が長くなるに従って区間積分器、低域濾波器ともに波形整形された信号波形は、平均化が進んでなめらかな波形になり、微少な織度変化を検出しにくくなると同時に、信号の変化に対する応答速度も遅れる。一方、積分時間が短いと整形された信号波形は凹凸が激しく、織度制御判断および実行を電氣的、機械的に安定した状態で行なうには不適であり、さらには織度制御系をみだすことも考えられる。

現行の自動繰糸機の接緒器が接緒指示を受けてから1接緒動作を完了するために必要な時間は0.7秒である。

Fig. 10 Relation between original waveform and arranged waveforms of size signal.

A: Original waveform of size signal.

B: Arranged waveform by means of wave arrangement device as is shown in Fig. 2-A and integrated times of B1, B2 and B3 are 0.25, 1.0 and 2.5 sec.

C: Arranged waveform by means of low pass filter with first-order lag and time constants of C1, C2 and C3 are 0.25, 1.0 and 2.5 sec.

落緒の時間的出現はランダムではなく、繭糸長を周期とする弱い周期性があることが認められているが¹¹⁾、実用面において繰糸中にいつ落緒が発生して急激に生糸の太さが細くなるかわからない。従って繰度制御判断を行なうためのサンプリング時間は短い方が糸むらの面から好ましい。さらに移動平均演算による周波数応答特性¹²⁾によれば、同一周波数の場合、移動平均時間が長くなるに従ってゲインは減少し、位相角もそれに従ってずれが大きくなることが理論的に示されており、本報の実験結果(図7)とも一致している。

以上のことから積分時間は短い方が望ましいが、前述した接緒機構の制約から0.7秒より短くすることは好ましくない。このことは1接緒動作が完了しないうちに、さらに次の接緒指示が出力された場合、機械的に安定した状態で接緒動作を行なうことが困難となるためである。図10における積分時間が1秒の場合の整形信号波形は原繰度信号の変化に対応していることと、前述した諸理由から適当と思われる積分時間(ホールド時間)の範囲は0.7~1秒と考える。

4. 結 語

繰糸中の生糸繰度情報の信号波形を波形整形する目的から、サンプル・ホールド手法を応用した波形整形器を試作して、一次遅れ要素を持つ低域濾波器とともにその基本的な特性について検討を行ない、次の結果を得た。

1) 区間積分器の波形の整形方法は、アナログ量で入力される繰度信号を設定時間だけ積分しながらホールドするものである。そのため応答には遅れがともなう。本

器の出力波形はステップ状である。

2) 区間積分器の出力波形は入力周波数の低周波数域において影響を受け、特有な波形を示す。また、積分時間(ホールド時間)が長くなると、特有な波形は低周波数側にシフトする。一方、実用的な繰糸速度域における繰度信号の周波数は、出力波形に影響を与えない。

3) 区間積分器は高調波成分を抑制する特性を持っていて、低域濾波器の範ちゅうに属する。

4) 実用的に適当と思われる区間積分器の積分時間(ホールド時間)と一次遅れの低域濾波器の時定数の範囲は0.7~1秒と推察する。

文 献

- 1) 河田末吉、瀬川 馨; 織機誌, **4**, 500(1952)
- 2) 樋口健治、大野克躬、関根俊彦、土橋俊人; 製糸絹研究発表抄録, **3**, 153(1953)
- 3) 柳原 茂; 蚕糸試験場報告, **16**, 113(1960)
- 4) 西出照雄; 日蚕雑, **45**, 46(1976)
- 5) 西出照雄; 織学誌, **32**, T440(1976)
- 6) 小野四郎; 生糸の品質向上に関する繰糸の基礎的研究(学位論文), p.10-14(1966)
- 7) 西出照雄; 織学誌, **32**, T445(1976)
- 8) 例えば、上滝致孝; 「自動制御理論」(礎部ほか編), p.171~172, 共立出版(1962)
- 9) 例えば宮崎孔友; 「計測工学」, p.5, 朝倉書店(1972)
- 10) 例えば、藤井澄二編; 「岩波基礎工学・制御工学Ⅲ」, p.112, 岩波書店(1973)
- 11) 嶋崎昭典; 日蚕雑, **26**, T182(1957)
- 12) 青木 朗; 織学誌, **15**, 466(1959)