高周波微小容量測定装置を検出部とする スライバ太さ自動制御の基礎的な研究*

(第1報) 制御装置の構成と検出部特性

(昭和39年5月19日受理) 会 員 井 原 素 三**
 “ 高 木 節 雄
 “ 佐 藤 文 二

→ 摘 要 ←

目 的

本研究に使用した制御装置構成の概要を説明し、さらに検出部特性に影響を与える要因を明らかにする。

成 果

- (1) 本制御装置は高周波微小容量測定装置を検出部、電気一油圧パワーアクタとP. I. V.無段変速機を組み合わせたものを操作部とし、さらに調節計および二、三の補助装置を含めて構成されている。
- (2) 検出部特性変動の原因は、同調点偏差に関係のあるものと関係のないものに分けることができる。
- (3) 同調点偏差を生ずる原因としては、計器のスイッチを入れてからの真空管などの特性の変化、周囲の温度湿度の変化が考えられる。
- (4) 同調点偏差に関係がなく検出部の特性を決定するものとしては計器の増幅度、測定電極の構造、繊維物質の誘電率および水分率などである。
- (5) 検出部の時定数は Normal の場合でほぼ 0.2 sec, Inert の場合で 1.6 sec である。

1. は じ め に

スライバ中の繊維の平行度をたかめ、太さむらを減少させるためにダブリングとドラフトをくり返すという方法に対して、繊維の配列は一応別として、スライバの太さむらの減少方法として紡出の際にドラフトを調節して紡出スライバの太さを均一にしてダブリングの本数を減少させようとする試みは、すでに1884年アメリカ人 A. T. Atherton¹⁾ によって特許がとられているが、1953年プリンス・スミス社のオート レベラ²⁾が発表されて以来、このような方式は折りから第二次大戦後急速に発展してきた自動制御工学の発展とともにめざましい発展をつけ、わが国においてもすでに多くのスライバ太さ自動調節装置が実用化されている。いまそれらの装置および今

後実用化されると思われる装置を表にまとめると第1表のようになる。この表から明らかのようにスライバ太さの自動調節装置の大部分は機械的な検出方式であり、スライバの太さむらの測定器としては王座を獲得した観のある繊維物質の誘電率を利用した検出方法は、ただ A. D. C. (Automatic Draft Control) で利用されているにすぎない。このように物質の誘電率を利用した高周波微小容量測定装置が、自動調節の検出部としてあまり利用されていないのは、この装置が温度や湿度の影響を受けやすいこと、ドリフトが生じやすいことおよび経済的に高価で取り扱いが面倒であるなどの理由によるものと思われる。われわれは本研究において一応経済的な理由は別として、このような電気容量型の検出部を自動制御に用いた場合の基礎的な問題点を検討する。

* Study on Automatic Control of Sliver Thickness by High-Frequency Small Capacitance Mesuring Principle. Part 1: Constitution of the Automatic Controller and Properties of the Detecting Means.

** M. Ihara, S. Takagi and B. Sato, members. 静岡大学工学部

(第1表) 繊維束の太さ自動調節装置の分類

		内 国			外 国		
		名 称	検 出 端	製 作 者	名 称	検 出 端	製 作 者
繊維束の太さ自動調節装置	開 ル ー プ 方 式	スーパ レベラ	溝付ローラ	神戸工業	オート レベラ レーグル ストレッケ A.D.C.	溝付ローラ 電 極	プリンス スミス ベルンハルト サコロウエル
		サーボ ドラフト機	〃	東 洋 紡			
		オートレベライザ	〃	大阪機工			
		オートイブナ	〃	オーエム			
		A.E.D.制御装置	〃	日 東 紡			
		サンプリング制御	〃	松 本			
		フリクタ	フリクタ				
	閉 ル ー プ 方 式	オート ドラフタ	空気マイク ロメータ	豊田織機	ドラフト力制御装置	ドラフト力 (ゲージ)	ウェグネル
		エバイブン	〃	大 和 紡			
		ドラフト力制御機	ドラフト力 (ゲージ)	石川・清水			
高周波容量制御機		電 極	井原・高木				

(注) 名称は必ずしも正式の名称ではない

2. 制御装置の各ブロックの選定とブロック線図

一般に制御装置のブロック線図は第1図のようなブロックからなりたっているが、これらのブロックを構成する装置は、この制御機構に要求される制御の性格に適するように選定されなければならないが、スライバ太さの

(第1図) 制御系のブロック線図

制御装置では基礎的な問題が必ずしも明らかにされているとはいえないので、あらかじめ最適な装置を選定するのは困難である。したがって基礎的な問題を明らかにする装置として、比較的可変範囲の広い装置を選定した。

2.1 制御対象

制御対象としての紡機は、オート レベラ付インターセクティングギルボックス（オートレベライザ）でそのギヤダイアグラムは第2図のとおりである。この紡機には別の報文で報告したように、開ループ方式のスライバ太さ自動修正装置が付属しているが、本研究では修正装置は作動させずギルボックスの部分だけを用いた。

(第2図) 制御対象としての紡機のギヤダイアグラム

2.2 検出部

検出部は第3図のように電極、アダプタおよびイブネステスタの3つの部分からなりたっている。そして電極は第4図のような外観をしていて、その構造および容量は第5図および第2表のとおりである。ここで電極がAとBの2種類あるのは電極の容量および構造が検出部の特性にあたる影響を明らかにするために製作したもの

(第3図) 電極の構造の原理図

(第4図) 測定電極外觀図

(第5図) 電極の構造

(第2表)

電極の種類	L (mm)	l (mm)	D (mm)	容量 P.F.
A	150	10	5.0	2.66
B	100	10	3.5	2.52

である。またアダプタはウスタ ラップ パリメータのアダプタを上記の電極に合うように若干の改造を行なった。イブネス テスタはウスタ イブネス テスタをそのまま用いた。なお電極は計測器工業製である。

2.3 調節部

検出部の出力は電圧であるから、この研究に用いる調節計は電気式とし、実験用のために P. I. D. 調節計を太陽社に試作してもらった。この調節計の仕様はつぎのとおりである。

P: 5~300% 連続可変

I: 0.1~10 sec //

D: 0~5 sec //

2.4 操作部

操作部はフロント ローラの表面速度を変化させる部分であるが、この研究では操作部の変速装置として P. I. V. 無段変速機を用いた。P. I. V. 無段変速機は相当大きな時定数をもっているから、この研究における操作部の変速装置として、適当かどうかという疑問もあるが、その問題は後で検討する。ここで使用した無段変速機はチェーン ギヤ無段変速機製 NR-2 型 (2 IP) である。なお第2図から明らかなように、この紡機には開ループ方式によるスライパ太さ自動修正用の P. I. V. 無

段変速機 (ドイツ製) がついているが、開ループ、閉ループ両方式を同時に使用できるように、第2図のように P. I. V. を2個直列に結合した。

つぎに前にも述べたように、調節計の出力 (直流電流 5~25 mA) と無段変速機の変速軸 (回転角度) を結びつける装置としては、電気-油圧式のアクチュエータを用いた。このアクチュエータは横河電機製 EH-21 電気-油圧式パワーアクタで、その動作原理は第6図のとおりである。すなわち調節計からの電気信号は直流 5~25 mA

(第6図) 電気-油圧パワー アクタの原理図

でトルク モータ A 内部のコイルに入りトルクを発生させ平衡時にはフィードバック スプリング B と作用し合っている。可動鉄片の先端はフラップ C になっていて、両側のノズル E にはさまれている。このノズルには油圧ポンプから 15 kg/cm の油圧が固定絞りを通って供給されている。いまフラップ C が両側のノズルの中央にあれば、ノズル背圧は両側とも同じであるが、フラップが右側にかたよれば右側の背圧が高くなり左側の背圧が低くなる。この両背圧はスプール ① の両端にかかるが、背圧が等しいときにはスプールは両端のスプリングの力によって中央の位置にあり、ピストンにかかる圧力は上下等しくなっている。フラップ C がわずかに右によればノズルの背圧に差を生じ、スプール ① はその両端の差圧によって左に動き、パワー シリンダ ② は下方に動く。パワー シリンダ ② の動きはカムを介してフィードバック スプリング B に伝わり、フラップ C が右によったのを中央に引きもどす力が働らく。このようにしてトルク モータ A のトルクとパワー シリンダ ② の位置によるフィードバック スプリングの力がバランスした位置でバルブ システムは止り、したがって入力信号に対して操作端の位置は比例した位置をとる。

2.5 その他の付属装置

これからの装置のほかに検出部のドリフト補正や、繊維の水分率による検出部の差異を補正する装置、高域ろ波器などの補助装置が必要であるが、それらの装置については後でくわしく述べることにしてここでは省略する。

以上が本研究に使用した装置の構成であるが、これらのブロック線図を再度書き表わすと第7図のようになる。

(第7図) 制御装置のブロック線図

3. 検出部特性

前述のような制御回路を構成する場合に、回路を構成している各ブロックの特性を充分はあくしておく必要がある。まず最初に検出部としての高周波微小容量測定装置の特性について検討する。

3.1 検出部の構成

検出部構成の概要については前述のとおりであるが、ここでさらに細かく述べる。検出部は電極、アダプタおよびイブネステストの3つの部分からなりたっていることは第3図に示したとおりであるが、これらの構成と動作原理を図で表わすと第8図のようになる。すなわち2つ

(第8図) 検出部の構造と動作原理図

の高周波発振器A, Bがあり、一方は固定した周波数(約3メガサイクル)を発振しているが、もう一つの発振器の発振回路中に測定電極および調整用可変コンデンサが組み入れられている。そしてこれら2つの発振器の発振

周波数は重ね合わされ、さらに電圧に変換される。そしてその電圧は可変抵抗 A_m , A_r および A_v で増幅され、さらに Range of scale で4段に切替増幅され、メータを経てインテグレータもしくは記録計に連結される。

いま測定用電極に物質が入っていないとき、可変コンデンサ (Adjustment) で両方の発振器の周波数が重なり合うように調節すると電圧は最低となり、したがってメータの指示は負の最大をしめす。このように調整することをこの報文では同調をと呼び、このような状態でのアジャストメントの指示点を同調点 (Adjustment point) と呼ぶことにする。この同調の状態では測定電極中に物質がそう入されると測定電極の容量変化が生じ、その結果両方の発振器の周波数が重合しなくなってメータに電流が流れる。そしてメータの電流は測定電極中の物質の量に比例する。(以上の操作はラップバリメータの操作と同じである)

アジャストメント用の可変コンデンサは $3.6 \sim 5.7 \text{ P.F.}$ の容量変化が可能 ($26 \frac{5}{12}$ 回転) であり、アジャストメント用端子の1回転を12等分して図のように時計の針と同方向に目盛が付してある。また図中の A_m はアダプタに取りつけられた $5 \text{ k}\Omega$ の可変抵抗で、その可動角度を10等分して0~10の目盛がつけられている。同様の可変抵抗 A_r はイブネステストの裏面に取りつけられていて、その可動角度を16等分して0~16の目盛が付してある。また A_v はイブネステストの平均値で可動角を9等分して1~10の目盛がついていて、R.S. はイブネステストの Range of scale で 100, 50, 25% および 12.5% の4段切替になっている。最後のメータはイブネステストのメータで 0~30 mA の直流電流計でメータの中央に0点があり、メータの目盛はこの中央の値に対する百分率で付されている。

3.2 同調点の変動について

前記のように測定電極中に物質がそう入されない状態で、2つの発振器の発振周波数が重合されてメータの電流が負の最大値(この操作はR.S.が100%で行なうからメータの指示は-100%)になるようにすることを同調と呼び、このような状態になったときのアジャストメントの指示点を同調点と定義することは前に述べたがこの同調点は機器にスイッチが入れられてから時間が経過するにしたがって変動するし、また周囲の温湿度によっても変動する。このような同調点変動の原因になると思われるいくつかの項目について実験した結果第3表のようになる。表中の○印は変動の原因となるものであり

(第 3 表)

番 号	項 目	影 響 の 有 無
①	電極の種類	○
②	サービス セレクタ	×
③	増 幅	×
④	増 幅 抵 抗	×
⑤	平 均 値	×
⑥	スケールの限界	×
⑦	周囲の温度	○
⑧	周囲の湿度	○
⑨	経過時間 (ドリフト)	○

○ 影響がある × 影響しない

×印は変動の原因とならないものである。ここで電極の種類(容量)が変われば同調点が変わるのは当然として温度や湿度の変化によって同調点が変わるのは、主として第3図に示した電極中に組み込まれている可変コンデンサの容量変化によるものと考えられる。また経過時間による同調点の変動は、機器の温度上昇による特性の変化(いわゆるドリフト)によるものと思われる。なおこれらの変化の様子についてはあとでくわしく説明する。

3.3 零点太さの変動について

測定電極中に物質がそう入されていて、メータの指示が0である場合の物質の乾燥時の太さ(単位長さ当りの重量)を零点太さと定義すると、このような零点太さはあらかじめ乾燥時の重量のわかっているロービングを用意し、これを1本ずつ電極中にそう入して行き、メータが0を指すときのロービングの重量(乾燥時の)を求めることによって得られる。このような方法で零点太さを求め、実験結果から零点太さに影響を与える因子を表にまとめると第4表のようになる。電極の種類(この場合は容量よりもむしろ構造によると思われる)によって零点太さが変わるのは当然であるが、機器にとりつけられた増幅端子のうち Am, Ar および Av もまた零点太さに影響する。一方電極にそう入される物質の側からみれば、そう入される物質が異なれば、その物質の誘電率の違いによって零点太さは異なるし、また同じ物質であっても、そう入されるとき水分率が異なると零点太さが変わる。また温度や湿度のようなそう入時の周囲の状況によっても零点太さは異なるが、この場合には温湿度の変化によって物質の水分率が変わり、その結果として零点太さが変わるのと、温湿度の変化によって同調点に偏差が生じ、その結果として零点太さが変わる場合との両方がある。いずれにしてもこのような場合には間接的な

(第 4 表)

	項 目		影響の有無
①	機 器	電 極 の 種 類	○
②		S . S .	×
③		Am	○
④		Ar	○
⑤		Av	○
⑥		R . S .	×
⑦	そ う 入 物 質	物 質 の 種 類	○
⑧		含 水 量	○
⑨	周 囲 の 条 件	温 度	⊗
⑩		湿 度	⊗
⑪		経 過 時 間	⊗

○ 影響する × 影響しない ⊗ 間接的に影響する

変化である。経過時間(ドリフト)による零点太さの変化もまた同調点偏差によって生ずるものであるから、⑨～⑪の項はいずれも同調点偏差にまとめて考えることができる。これらの項目はその都度同調点偏差がなくなるように操作してから零点太さを求めれば取り除くことができる。

3.4 検出部動特性の測定

(a) 測定の方法

イブネステスタの出力をペン書きオシログラフに連結しておき、指示メータが0を指すようにする。そのような状態から、イブネステスタの平均値を突変させ、そのときの出力の応答から検出部の時定数を求める。この結果は検出部全体の時定数ではなく、測定電極の影響は含まれないが、検出部の時定数のおよその値をしめす。

(b) 測定結果

イブネステスタの平均値の値を突変させたときのイブネステスタの応答は第9図のようになる。ただしこの場合の Range of scale は 100 %, ステップの大きさは

(第9図) イブネステスタの過渡応答

20 % になるように調節した。そして図の上部がプラス側にステップした場合、下部がマイナス側にステップした場合である。この結果からイブネステスタの時定数を求めると第 5 表のようになる。このとき定数は測定電極

数は Normal の場合ではば 0.2 sec, Inert の場合で 1.6 sec として扱って大差はない。

4. む す び

以上が本研究に使用するスライパ太さ自動制御装置の構成と検出部特性の概要であるが、検出部の静特性については、さらに次報でくわしく報告する予定である。

文 献

1) アメリカ特許 No. 305654
2) 鬼頭; 本誌, 11, 10
3) 井原, 高木, 佐藤; 本誌, 15, 10; 16, 3
4) 横河電機; EH-21 電気—油圧式パワーアタタ説明書
5) ウスタ イブネステスタ説明書

(第 5 表)

サービス セレクト	ステップ の方向	時 定 数 (sec)	時定数(平均) (sec)
Normal	+ 側	0.198	0.201
	- 側	0.204	
Inert	+ 側	1.59	1.59
	- 側	1.59	

の部分を含まないいで検出部全体の時定数ではないが、測定電極を通過するスライパの速度が大きい場合には、電極幅の影響はほとんど無視できるから、検出部の時定

紡 織 会 社 と 紡 織 機 メ ー カ

労働力不足に伴なってオートメの大流行。繊維業界も御多聞にもれず語尾に ASS のつく連続紡糸機が数種類になった。業界でもようやく Break through 思想の興隆。従来の人真似では追いつかなくなってきた。しかしよい Idea も結局実施しなければ物の役に立たない。ここで機械メーカの重要性が認識され出してきた。機械を製造することのいかにむつかしく、骨の折れる仕事かということがわかってきた。「従来のよい機械ができたただで持つてこい。使って見て採算に合うと思えば買上げてやる」式のお託宣はもはや通用しなくなった。

紡織業者の位置も低下し、十大紡といえどもそこらの中企業の利益に劣るほどのものも出てきた。低姿勢にならざるを得ない。一方メーカのあるものはその子会社は実はいまでは親会社的存在になったが、その利益は日本銀行につぐ第 2 位を獲得し、しかも充分のレザープを取り、前途洋々たるものが現われ

るに至った。

それほどでなくとも紡織会社でコントロールしている以外の数製造会社は兼業の助けもあって異常の発展を遂げ、その多くは金払いの悪い内地繊維業者を嫌って、政府の方針にしたがいじきに金になる輸出に専念するようになった。なんのことはない内地で試験ずみの新鋭機械を外国製品と対抗上低開発国はもちろんかつての紡機の御師匠さんであったイギリスにさえも輸出しようとしている。しかしそれにしては万国博覧会への出品が他国に比してはなはだ貧弱なのはどういうわけか。また低開発国の金融事情や先進国の関税の障壁など苦しい時期を迎えねばなるまい。いずれにしても繊維業者と機械メーカが対等の位置になったということは今後の発展に大いに寄与することと思う。参考のため下記アメリカにおける繊維機械製造の状況を金額で現わしたものを摘記する。(T.F.)

アメリカにおける繊維機械製造の推移状況

種 別 単 位 年 度	アメリカの繊維機械総生産高 (輸出を含む)		外国製繊維機械のアメリカ への輸入高		アメリカ製繊維機械の輸出高	
	\$	円	\$	円	\$	円
1950	456 000 000	1642 億	4 200 000	15億 4 千	99 600 000	358 億
1951	499 000 000	1792 億	6 900 000	24億 8 千	107 700 000	388 億
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1962	532 427 000	1917 億	39 900 000	143 億	132 000 000	475 億
1963	550 000 000	1980 億	40 000 000	144 億	110 000 000	396 億

< 参 考 > 日本における繊維機械製造の推移状況

種 別 単 位 年 度	日本の繊維機械総生産高		外国製繊維機械の日本への 輸入高		日本製繊維機械の輸出高	
	円		円		円	
1962	644 億 6 千 800 万		255 億 9 千 100 万		95 億 1 千 500 万	
1963	666 億 8 千 600 万		193 億 8 千 100 万		180 億 4 千 700 万	