力織機の積極送出装置の自動制御*

(第3報) 従来の織機積極送出装置の過渡特性

(昭和35年4月26日受理)

会 員 鴨

川

寿**

室 津

勲

泉 沢 滋

樹

→ 摘 要 ←

研 究 目 的

織機たて糸送出装置の性能向上を目標とし、たて糸送出しの過渡特性を求める。

研 究 結 果

現行の代表的織機の送出装置について数値計算を行なった結果、つぎのことが判明した。

$a, J, l/r_0, S$ のうちで過渡特性に最も大きな影響をおよぼすものは a である。これにつぐものは S 、つづいて J の順であって、 l/r_0 は標準値の 0.75~1.25 倍程度の変化では過渡特性にほとんど影響をおよぼさない。

1. 緒 言

自動制御系では、制御量を目標値と比較して、その偏差を自動的に訂正しているが、定常状態で制御量が目標値とよく一致しているだけでなく、外乱による制御量の変動が小さく、速かに減衰することが必要である。織機においては、つぎのおき打ちまでに発生したたて糸張力のむらを是正してしまふことが必要である。

そこで制御性を評価するもう一つの特性として、自動制御系の過渡特性に注目することにした。

2. 過渡特性理論

第1図のごとき送出装置について考えてみよう。いま

θ : ウェイト レバの傾き角、上向きを正とする

J : ウェイト レバの同回転軸に関する慣性モーメント、この場合この量にはダッシュポットの可動部、フィードコントロールバーティカルロッド、フィーリングローラ等も含まれる

a : たて糸張力のウェイトレバ回転軸に関するモーメントの相当アーム長

S : たて糸を完全弾性体とみなしたときのサーフェスローラ、ワープビーム間の総たて糸のばね定数

ξ : ダッシュポットがウェイトレバに与えるモー

(第1図) 積極送出装置の自動制御機構の一例

メントの係数。すなわち $\xi \dot{\theta}$ がウェイトレバの回転を阻止するモーメント

L_1 : サーフェスローラ、ワープビーム間のたて糸にあたる張力変化に相当する伸びの変化（これには開口、イーピングなどの定常的なものはふくまれません、送り出されたたて糸のむらによるもののみを考えることにする）

とし、ウェイトレバに関する運動方程式を作ると

$$a S L_1 - \xi \dot{\theta} = J \ddot{\theta} \dots \dots \dots (1)$$

つぎに

* Automatic Control of a Positive Warp Let-off Mechanism of a Power Loom. Part 3: Transient Response of a Positive Warp Let-off Mechanism. (第1報 12巻 9号, 第2報 13巻 8号所載)

** H. Kamogawa, Member. I. Murotsu, S. Izumisawa, 静岡大学工学部

L_0 : ウェイト レバが入力 L_i のために θ だけ傾いたとき、ワープ ビームからこれをおぎなうために定常製織状態より余分に送り出されたたて糸量 (出力に相当する)

を求める。簡単のために、連続送出しの場合を考え

ν : 定常状態において単位時間に送り出されるたて糸長

l, r_0 : 第1図に示される長さ

とすれば

$$L_0 = a\theta + \frac{l\nu}{r_0} \int_0^t \theta dt \quad \dots\dots\dots (2)$$

が成立することが証明される。この場合 θ はきわめて小さい値とする。

つぎに

$L(t)$: 自動制御機構を持ったたて糸送出装置のサーフェス ローラ、ワープ ビーム間のたて糸の張力変化に対応する伸びの変化 (定常状態の開口、イーシング等の運動による変化は考えない)

$D(t)$: 外乱、ワープ ビームよりのたて糸送出量の過不足、送り出されたたて糸の糸むら等によってたて糸張力を変化させる伸びの変化

とし、第1図の機構に外乱 $D(t)$ が加わったときを考えるところの式が成り立つ。

$$D - (a\theta + \frac{l\nu}{r_0} \int_0^t \theta dt) = L \quad \dots\dots\dots (3)$$

(1), (3) 両式において $L_i = L$ とおき、かつ

$$\left. \begin{aligned} a_1 &= \frac{\xi}{J}, \quad a_2 = \frac{a^2 S}{J} = a_4 a, \\ a_3 &= \frac{a S}{J} \cdot \frac{l\nu}{r_0} = a_4 \frac{l\nu}{r_0}, \quad a_4 = \frac{a S}{J} \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (4)$$

とおくことによって

$$\ddot{\theta} + a_1 \dot{\theta} + a_2 \theta + a_3 \int_0^t \theta dt = a_4 D \quad \dots\dots\dots (5)$$

が得られる。ラプラス変換を用い

$$\mathfrak{L}\{\theta(t)\} = \varphi(s), \quad \mathfrak{L}\{L(t)\} = l(s), \quad \mathfrak{L}\{D(t)\} = d(s) \quad \dots\dots\dots (6)$$

とおき、上式を変換すると

$$\begin{aligned} l(s) &= d(s) - \frac{a_2 s + a_3}{f(s)} d(s) \\ &\quad - \frac{\theta_0}{a_4} \cdot \frac{a_2 s^2 + (a_1 a_2 + a_3) s + a_1 a_3}{f(s)} \\ &\quad - \frac{\dot{\theta}_0}{a_4} \cdot \frac{a_2 s + a_3}{f(s)} \quad \dots\dots\dots (7) \end{aligned}$$

$$\varphi(s) = a_4 f(s) d(s) + \theta_0 \frac{s^2 + a_1 s}{f(s)} + \dot{\theta}_0 \frac{s}{f(s)} \quad \dots\dots\dots (8)$$

が得られる。ただし

$$\begin{aligned} f(s) &= s^3 + a_1 s^2 + a_2 s + a_3 \\ \theta_0 &= \theta(+0), \quad \dot{\theta}_0 = \dot{\theta}(+0) \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (9)$$

である。つぎに (7), (8) 式を逆変換してみよう。

そこで

$$f(s) = (s + \alpha)(s + \beta + j\gamma)(s + \beta - j\gamma) \quad \dots\dots\dots (10)$$

とおき

$$\begin{aligned} g^{-1} \frac{1}{f(s)} &= \frac{1}{(\alpha - \beta)^2 + \gamma^2} \cdot \\ &\quad \left\{ e^{-\alpha t} + e^{-\beta t} \left(\frac{\alpha - \beta}{\gamma} \sin \gamma t - \cos \gamma t \right) \right\} \\ g^{-1} \frac{s}{f(s)} &= \frac{1}{(\alpha - \beta)^2 + \gamma^2} \left\{ -\alpha e^{-\alpha t} + e^{-\beta t} \cdot \right. \\ &\quad \left. \left(-\frac{\alpha\beta - \beta^2 - \gamma^2}{\gamma} \sin \gamma t + \alpha \cos \gamma t \right) \right\} \quad \dots\dots\dots (11) \\ g^{-1} \frac{s^2}{f(s)} &= \frac{1}{(\alpha - \beta)^2 + \gamma^2} \left\{ \alpha^2 e^{-\alpha t} \right. \\ &\quad \left. + e^{-\beta t} \left\{ \frac{\alpha\beta^2 - \alpha\gamma^2 - \beta^3 - \beta\gamma^2}{\gamma} \sin \gamma t \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + (\beta^2 + \gamma^2 - 2\alpha\beta) \cos \gamma t \right\} \right\} \end{aligned}$$

なる関係を利用すると

$$\begin{aligned} L(t) &= D(t) - \frac{1}{(\alpha - \beta)^2 + \gamma^2} \left[\int_0^t D(\tau) \left\{ (-a_2 \alpha + a_3) \cdot \right. \right. \\ &\quad \left. \left. e^{-\alpha(t-\tau)} + e^{-\beta(t-\tau)} \left\{ \left(-a_2 \frac{\alpha\beta - \beta^2 - \gamma^2}{\gamma} \right. \right. \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + a_3 \frac{\alpha - \beta}{\gamma} \right) \sin \gamma(t-\tau) + (a_2 \alpha - a_3) \right. \right. \\ &\quad \left. \left. \cos \gamma(t-\tau) \right\} \right] d\tau + \frac{\theta_0}{a_4} \left\{ \left[a_2 a^2 - (a_1 a_2 + a_3) \alpha \right. \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + a_1 a_3 \right] e^{-\alpha t} + e^{-\beta t} \left\{ \left[a_2 \frac{\alpha\beta^2 - \alpha\gamma^2 - \beta^3 - \beta\gamma^2}{\gamma} \right. \right. \right. \\ &\quad \left. \left. - (a_1 a_2 + a_3) \frac{(\alpha\beta - \beta^2 - \gamma^2)}{\gamma} \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + a_1 a_3 \frac{\alpha - \beta}{\gamma} \right\} \sin \gamma t + \left\{ a_2 (\beta^2 + \gamma^2 - 2\alpha\beta) \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + (a_1 a_2 + a_3) \alpha + (a_1 a_3) (-1) \right\} \cos \gamma t \right\} \\ &\quad + \frac{\dot{\theta}_0}{a_4} \left\{ (-a_2 \alpha + a_3) e^{-\alpha t} + e^{-\beta t} \cdot \right. \\ &\quad \left. \left[\left\{ -a_2 \frac{\alpha\beta - \beta^2 - \gamma^2}{\gamma} + a_3 \frac{\alpha - \beta}{\gamma} \right\} \sin \gamma t \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \{ a_2 \alpha - a_3 \} \cos \gamma \right\} \right] \quad \dots\dots\dots (12) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \theta(t) &= \frac{1}{(\alpha - \beta)^2 + \gamma^2} \left[a_4 \int_0^t D(\tau) \left[-\alpha e^{-\alpha(t-\tau)} \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + e^{-\beta(t-\tau)} \left\{ -\frac{(\alpha\beta - \beta^2 - \gamma^2)}{\gamma} \sin \gamma(t-\tau) \right. \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \alpha \cos \gamma(t-\tau) \right\} \right] d\tau + \theta_0 \left[(\alpha^2 - a_1 \alpha) e^{-\alpha t} \right. \\ &\quad \left. + e^{-\beta t} \left\{ \left(\frac{\alpha\beta^2 - \alpha\gamma^2 - \beta^3 - \beta\gamma^2}{\gamma} + a_1 \frac{\alpha\beta - \beta^2 - \gamma^2}{\gamma} \right) \cdot \right. \right. \\ &\quad \left. \left. \sin \gamma t + (\beta^2 + \gamma^2 - 2\alpha\beta + a_1 \alpha) \cos \gamma t \right\} \right] \end{aligned}$$

$$+ \ddot{\phi}_0 \left[-\alpha e^{-\alpha t} + e^{-\beta t} \left\{ -\frac{(\alpha\beta - \beta^2 - \gamma^2)}{\gamma} \sin \gamma t + \alpha \cos \gamma t \right\} \right] \dots\dots\dots (13)$$

が得られる。

特殊な場合として

$$\left. \begin{aligned} \phi_0 = \dot{\phi}_0 = 0 \\ D(t) = 1 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (14)$$

なるときを考えると (12), (13) 両式から

$$\begin{aligned} L(t) = 1 + \frac{1}{(\alpha - \beta)^2 + \gamma^2} \left[-a_3 \left(\frac{1}{\alpha} + \frac{\alpha - 2\beta}{\beta^2 + \gamma^2} \right) \right. \\ + \left(-a_2 + \frac{a_3}{\alpha} \right) e^{-\alpha t} + e^{-\beta t} \left\{ \left(-a_2 \frac{\alpha - \beta}{\gamma} \right. \right. \\ + a_3 \frac{\alpha - \beta}{\gamma} \cdot \frac{\beta}{\beta^2 + \gamma^2} + a_3 \frac{\gamma}{\beta^2 + \gamma^2} \sin \gamma t \\ \left. \left. + \left(a_2 + a_3 \frac{\alpha - 2\beta}{\beta^2 + \gamma^2} \right) \cos \gamma t \right\} \right] \dots\dots\dots (15) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi(t) = \frac{a_4}{(\alpha - \beta)^2 + \gamma^2} \left\{ e^{-\alpha t} + e^{-\beta t} \left(\frac{\alpha - \beta}{\gamma} \sin \gamma t \right. \right. \\ \left. \left. - \cos \gamma t \right) \right\} \dots\dots\dots (16) \end{aligned}$$

が得られる。

3. 織機送装置の過渡特性 (数値計算)

以上に述べた過渡特性理論の数値計算例として、代表的高速度織機の場合について計算してみよう。装置の諸定数、送出量、糸の弾性等はつぎのごとくである。

- $S = 6.58 \times 10^4 \text{ kg/sec}^2$
- $\nu = 0.132 \text{ cm/sec}$
- $\xi = 3.25 \times 10^5 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2/\text{sec}$
- $J = 1.686 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2$
- $a = 9.93 \text{ cm}$
- $l = 36.0 \text{ cm}$
- $\gamma_0 = 7.62 \text{ cm}$

これらの値を用いて (4) 式より a_1, a_2, a_3, a_4 を計算し、さらに α, β, γ を求めて (15), (16) 式を計算すると第2図が得られる。

つぎに $a, J, l/r_0$ なる送装置の設計値によってきま

(第2図) たて糸の伸びの変化 L およびウエイトレバの傾き角 ϕ の過渡特性

る量、ならびにたて糸の弾性的性質によってきまる S が過渡特性にいかなる影響をおよぼすかを検討するためにこれら4種の量のうち一つだけを前述の標準値の0.75倍および1.25倍にとり他の量をそのままにすえおいた場合

(第3図) a を標準状態の0.75倍および1.25倍した場合と標準状態との $L(t)$ の比較

(第4図) J を標準状態の0.75倍および1.25倍した場合と標準状態との $L(t)$ の比較

(第5図) l/r_0 を標準状態の0.75倍および1.25倍した場合と標準状態との $L(t)$ の比較

(第6図) S を標準状態の0.75倍および1.25倍した場合と標準状態との $L(t)$ の比較

について数値計算を行なってみた。この結果、第3～6図を得た。

4. 数値計算結論

これらの図からつぎのことが判明した。

(1) $a, J, l/r_0, S$ のうちで過渡特性に最も大きな影響をおよぼすものは a である。これにつぐものは S 、つづいて J の順であって、 l/r_0 は上記の範囲程度の変化では過渡特性にまったく影響をおよぼさない。

(2) a を 1.25 倍にすると応答は速やかになるが行き過ぎが大きくなる。これに対して、 a を 0.75 倍にすると応答は遅くなるが行き過ぎは小さくなる。

(3) S の影響も a と同じように、1.25 倍すると応答は速やかになるが行き過ぎが大きくなり、0.75 倍の場合はこの逆になる。

(4) J を 1.25 倍すると応答が遅くなり、しかも行き過ぎも大きくなる。これに対して J を 0.75 倍すると応答が速やかに行き過ぎが小さいという好結果を得る。

本研究に対し種々御教示を賜りました東洋紡績株式会社原利平氏並びに日本綿業技術研究所に対し深く感謝の意を表します。

文 献

- 1) 鴨川：本誌，12，9，p. 21 (昭34-9)