

선형화된 송출/권취 시스템의 Simulation 및 실험적 해석

윤성훈, 허 유, 장승호, 이석규*
경희대학교 섬유공학과, *영남대학교 전기공학부

1. 서론

직물을 생산하는 제직산업은 최근 20여 년간에 걸쳐 커다란 변화를 가져와 4.5배 이상의 생산성의 증가를 가져왔으며¹ 직기의 기술개발을 통한 생산유연성의 확대, 기계 및 공정의 자동화 등이 이루어지고 있다. 이에 따라 기존의 제직산업을 주도해왔던 북직기는 고속 무북직기로 대체되므로써 제직속도의 증가에 따라 제직공정 특성상 사용되는 실에 가해지는 하중의 증가를 필요로 하게되었고 그 결과 하중수준의 정확한 선택과 최적제어가 더욱 필요하게 되었다².

최근에는 경사 한 가닥에 부과되는 장력을 측정하고 단사장력과 이에 영향을 미치는 작업요소와의 관계 규명에 관한 연구가 보고되었으며^{3,4} Schlichter 등⁵에 의한 연구에서는 직기의 가동상태 최적화를 통하여 직기회전수 증가에도 불구하고 경사하중을 일정하게 유지할 수 있음이 보고되기도 하였다².

본 연구에서는 선형화된 송출/권취 시스템을 대상으로 경사장력의 거동을 시뮬레이션하고, 이 결과를 실제 실험용 소형 제직시스템에서의 실험결과와 비교하여 직기가동 초기경사장력의 변동을 최대한 억제하여 제직시에 안정된 경사장력을 구현하고자 하였다.

2. 시뮬레이션 회로의 구성

선행된 연구에서 제직구간에서의 경사장력의 거동을 나타내는 수학적 모델에서 송출속도와 경사장력은 선형적인 관계에 있으나, 권취속도의 경우는 경사장력에 비선형적인 거동을 나타내었으며 식 (1)로 표시할 수 있었다⁶.

$$L \frac{d\tau_2(t)}{dt} = AE[v_2(t) - v_1(t)] + \tau_1(t)v_1(t) - \tau_2(t)v_2(t) \quad (1)$$

식 (1)에서 τ_1 은경사장력을, τ_2 는 정경장력, v_1 은 송출속도, 그리고 v_2 는 권취속도를 나타내며, E 는 경사의 인장 모듈러스, A 는 경사의 단면적을 나타낸다.

식 (1)을 동작점 근처에서 deviation variable $T_2(t) = \tau_2(t) - \tau_{2s}$, $V_1(t) = v_1(t) - v_{1s}$, $V_2(t) = v_2(t) - v_{2s}$ 을 이용하여 선형화 시키면,

$$L \frac{dT_2}{dt} + v_{2s}T_2(t) = (AE - \tau_{2s})V_2(t) - (AE - \tau_{1s})V_1(t) \quad (2)$$

이 된다.

Fig. 1에서는 본 연구에 사용된 제직시스템을 간략화하여 나타내었다. 이 시스템은

servo motor를 이용하여 경사빔을 독립적으로 구동시켰으며, 주모터에서 구동되는 권취속도는 rotary type encoder를 부착하여 측정하였다. 또한 경사장력의 측정은 spring과 load cell로 구성된 측정장치에 의해서 측정되었으며 측정신호로부터 유효성분만을 여과하기 위한 low pass filter가 부착되었다.

Fig. 2에서는 Fig. 1에서 보여진 시스템을 block diagram으로 구성을 하였다. Fig. 2에서 $R(s)$ 는 reference tension을 나타내며, $G_c(s)$ 는 사용된 P-controller의 transfer function, $G_1(s)$ 는 송출부의 transfer function, $G_2(s)$ 는 권취부의 transfer function, $G_f(s)$ 는 filter의 transfer function, $W(s)$ 는 take-up speed, $C(s)$ 는 경사장력을 나타낸다. 이와 같이 구성된 제어시스템을 MATLAB을 이용⁷하여 Fig. 3과 같은 시뮬레이션 회로로 구성하였다.

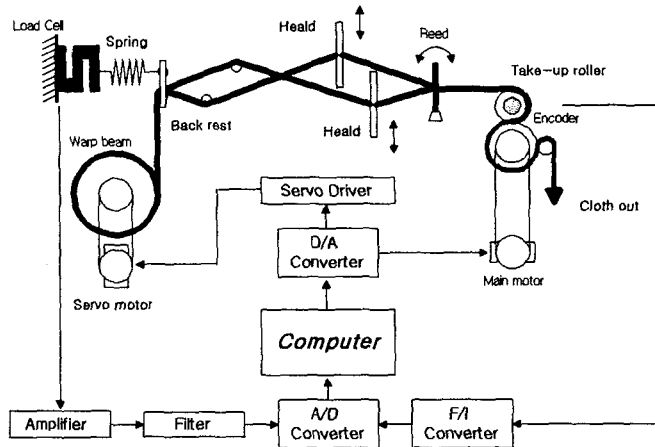


Fig.1 Schematic Description of Weaving System

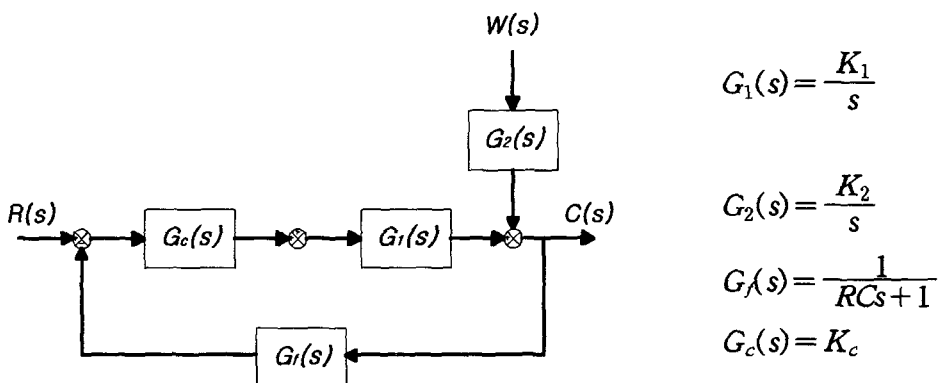


Fig.2 Block Diagram of Weaving System

식(2)의 모델링에서 $\frac{V_2(t)}{L} \approx 0$ 이므로 송출속도와 권취속도는 모두 경사장력에 대하여 적분기적인 특성을 나타내며 이는 실험적으로 확인한 바가 있다⁸. 이 때의 적분 이득 값은 입력을 권취속도 혹은 송출속도로 두고, 이에 해당하는 출력값인 경사장력의 변동을 찾아내므로써 실험적으로 얻었으며, 그 값은

$$K_1 = -0.36, K_2 = 0.17, RC = 2.209, K_c = -20$$

이었다.

3. 시뮬레이션

시뮬레이션을 위해 disturbance로 간주된 권취속도의 변화는 실제 실험에서 나타난 거동을 사용하였다. Fig. 4는 시뮬레이션에 의하여 나타난 직기가동시의 경사장력과 실제 시스템의 장력거동을 보이고 있다.

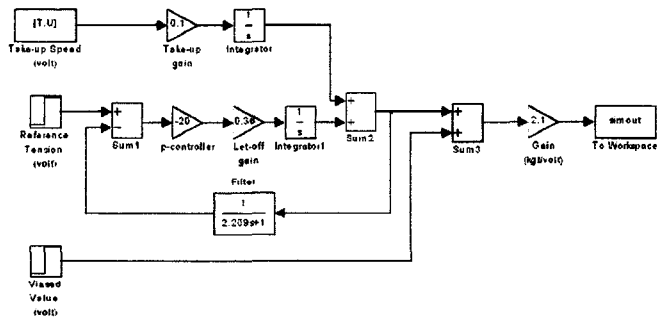
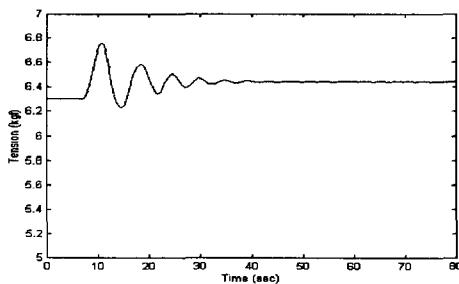
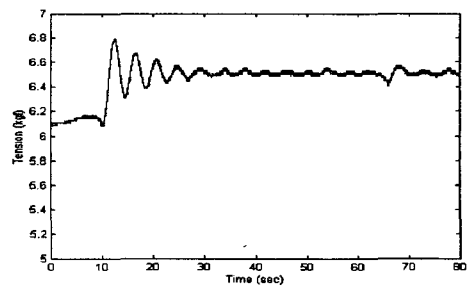


Fig.3 MATLAB Circuit of let-off/take-up System



(a) Simulation

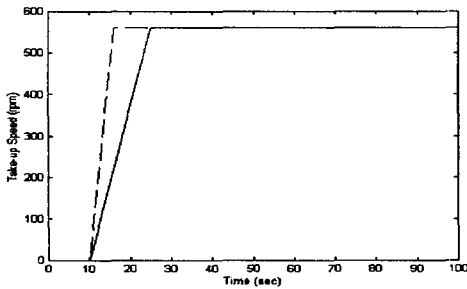


(b) Real System

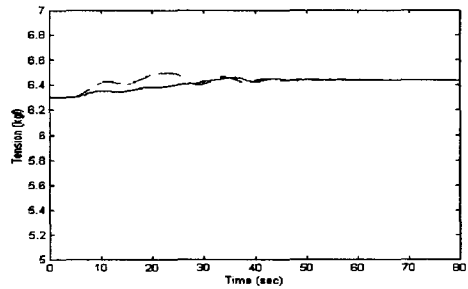
Fig.4 Filtered Warp Tension

Fig. 4에서와 같이 직기가 운전을 시작하는 초기 25초 정도의 시간동안 경사장력이 요동하며 그 변동폭 또한 아주 크게 나타남을 알 수 있다. 초기에 나타나는 이 경사장력의 변동을 억제하는 방법으로 본 연구에서는 초기에 급격하게 변동하게 되는 권취속도를 ramp function의 형태로 완만하게 변화를 주었을 때의 경사장력의 변동을 살펴보았다. Fig. 5에서는 권취속도를 ramp function의 형태로 바꿔주었을 경우의 경사장력의 변화를 simulation을 통하여 나타내었다.

Fig. 5에서 나타난 시뮬레이션 결과에 의하면 권취속도를 ramp function의 형태로 주었을 때 초기에 변동이 크게 나타나던 경사장력이 안정하게 변화하면서 유지됨을 알 수 있다. 또한 ramp function을 주어주는 시간이 6초에서 15초로 늘어난 경우 장력의 안정에는 더 큰 효과가 있음을 확인하였다.



(a) Take-up Speed



(b) Warp Tension

Fig.5 Simulation Results at Ramp Function

4. 실제 제어 시스템에서의 거동

시뮬레이션 결과에 의해 실제 시스템에서 권취속도를 ramp function의 형태로 두고 실제 제직을 행하였다. 실험에서의 조건은 다음과 같다.

- 경사 : 110 den 무연 filament사
- 위사 : 75 den 무연 filament사
- 직기권취속도 : 540 rpm
- 직물조직 : Plain
- 총 경사올 수 : 270올

실험에서는 simulation에서 확인된 ramp function 형태의 초기변화를 권취속도에 주었으며, 정상상태의 도달 속도는 25초로 하였다.

Fig. 6에서는 실제 제직 시스템에 의한 경사장력의 변화를 나타내고 있다. 이는 기존에 권취속도에 step 변화가 일어나는 시스템에서 나타나던 것보다 경사장력의 변동 억제에 효과가 있음을 알 수 있다.

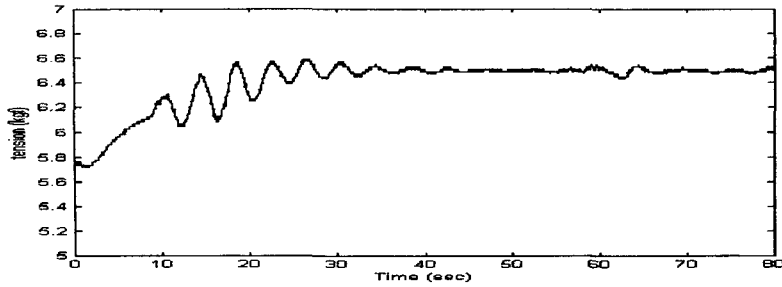


Fig.6 Warp Tension for Ramp Type Take-up Speed Variation

5. 결론

본 연구에서는 권취속도, 송출속도, 경사장력과과의 관계를 선형화시키고 권취속도의 변화를 disturbance로 뒀으로써 경사장력을 송출속도로 제어하는 시스템을 시뮬레이션하여 그 결과를 실제 제직시스템에서 확인하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 선형화된 모델을 바탕으로 구축된 제어시스템은 본 연구의 실험범위 내에서 실제와 잘 일치하였다.
- 2) 직기가 운전할 때의 과도기적 상태에서는 경사장력에 변동이 심하게 나타난다.
- 3) 과도기에서의 권취속도의 형태를 ramp function의 형태로 해주었을 경우에 초기의 과도한 경사장력의 변동폭을 감소시킬 수 있었으나, 장력의 요동을 완전히 제거할 수는 없었다.

참고 문헌

1. R. Verret, Text. Leader., 4, 90 (1989)
2. Y. Huh, S. T. Lee, W. Y. Ryu., and J. L. Woo "Effect of Starting up Conditions on the Product Quality in the Weaving Process", J. Korean Fiber Soc., Vol. 31, No. 2, (1994)
3. M. A. Wimalaweera, M. A., and H. Kretschmer, TPI., 35, s1433 (1980)
4. M. Azarschab, Reutlinger Weberei-Kolloquium (1984)
5. S. Schlichter and J. Luenenschloss, C.T.I, 38/90, s143 (1988)
6. 허 유, 장승호, 이석규, 이재원, 박정일 "송출/권취 시스템에서의 장력거동 해석", 1997년도 추계총회 및 학술발표회 논문집, 451-457, (1997)
7. D. M. Etter, "Engineering Problems Solving with MATLAB", Prentice-Hall (1994)
8. 허 유, 문승룡, 장승호, 이석규 "송출 및 권취 장력제어 시스템 개발에 관한 연구 (I)", J. Korean Fiber Soc., 43, No. 3, 185-192 (1997)