

## 마이크로프로세서를 기반으로 한 섬유공정에서의 장력제어 시스템 설계

여희주<sup>1\*</sup>

### Design of Tension Control System in a Textile Process based on Microprocessor

Hee-Joo Yeo<sup>1\*</sup>

**요약** 현재까지 다양한 연속적인 공정시스템은 섬유, 제지 및 인쇄 등 많은 산업응용 분야에서 사용되고 있다. 이러한 응용분야에서 공정처리를 받고 있는 제품에 가해지는 장력은 원료의 공급속도와 생산되는 제품의 방출 속도간의 속도차에 의해 변화될 수 있다. 특히, 섬유공정에서 공급속도와 방출 속도간의 속도차나 관성효과에 의해 발생하는 장력변동은 제품의 품질을 저하시킬 수 있다. 따라서 섬유공정에서 이러한 요인들에 의해 발생하는 장력 변동을 적절한 방법에 의해 보상하는 것은 매우 중요한 문제이다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 섬유공정에서 많이 사용되고 있는 환편기 시스템에서의 장력제어 문제를 다루고자 한다. 먼저 일반적인 연속공정의 권취 메커니즘에 대한 장력 관계식을 모델링한다. 다음은 환편기 시스템에서 폴림롤과 감김롤을 효율적으로 구동하기 위하여 폴림롤과 감김롤간의 속도차와 관성특성을 고려한 새로운 장력제어 방법을 제시한다. 다양한 실험을 통하여 제안된 장력제어 방법이 주어진 환편기 시스템의 공정구간에서의 장력제어 성능을 향상시킬 수 있음을 보인다.

**Abstract** Up to now, various continuous-processing systems are used in many industrial applications such as textile machines, paper-making machines, printing machines, and so on. In these applications, the tension forced on the products in the control volume can be changed according to the velocity difference between the feeding roll and the delivery roll. Specially, the tension variation generated by the velocity difference, or the inertial effect can decrease the quality of the products in the textile process. In this paper, the tension control problem in a circular knitting machine system is treated to cope with these problems. Firstly, the tension relationship in the winding mechanism of general continuous-processing systems is modeled. Next, to effectively drive the feeding and delivery rolls in the circular knitting machine system, a new tension control method is presented by considering the inertia compensation and the velocity difference between the feeding roll and the delivery roll. Through the experimental works, it is shown that the proposed tension control method can be used to improve the performance of tension control in the control volume of the given circular knitting machine system.

**Key words** : Circular Knitting Machine, Tension Control, Winding Mechanism

### 1. 서론

자동화된 생산 및 처리공정에서 전동기 구동 시스템이 연속된 재료를 이송, 가공하는 경우에 연속적으로 기계적인 처리 및 물리, 화학적 가공이 이루어진다. 이와 같이 연속적인 공정은 섬유, 제철, 제지 및 인쇄 등 다양한 분야에 응용되고 있다. 대부분의 연속공정 시스템에서 폴림

롤에 감긴 소재는 각 공정의 특성에 맞게 처리된 후 감김롤에 다시 감기게 된다. 이와 같은 연속 공정 시스템에서는 각 롤의 부하상황이나 특성차에 의해서 실제 속도 오차가 발생할 경우 장력의 변동이 생기고 결국 제품 품질의 저하를 가져오게 된다. 따라서 이러한 연속 공정에서 폴림롤이나 감김롤의 개별적인 속도제어 뿐만 아니라 메커니즘 전체의 속도를 원하는 패턴으로 운전하면서 공정구간(control volume) 내에서의 장력을 일정하게 유지하는 것이 중요하다. 보통 이 공정은 제품을 생산하는 최종 공정으로 곧바로 제품의 생산성과 품질에 큰 영향을 미

<sup>1</sup>대전대학교 전자공학과

\*교신저자 : 여희주(hjyeo@daejin.ac.kr)

친다. 따라서 가공물에 가해지는 부하를 정밀하게 제어하는 장력제어 시스템 개발에 관한 연구는 고품질, 고부가가치의 소재를 생산하는 분야에서 많은 관심의 대상이 되고 있다.

장력을 제어하기 위한 방법으로는 연속 구동시스템에서 여러 대의 전동기를 속도제어로 구동시 한 전동기의 속도 기준값을 고정하고 고정된 롤에 대하여 앞뒤로 인접한 롤들에 대하여 점차적으로 기준속도를 약간씩 내리거나 올리는 방식으로 장력을 유지하는 방법이 있다[1]. 이러한 방법을 드로(draw)제어라고 하며 아직도 센서가 없는 공정 라인의 장력제어에 많이 사용되고 있다. 댄서 롤에 의한 장력 측정 및 제어방법[1,2]은 댄서 롤이라 불리는 장치를 사용하여 측정과 제어를 겸하는 방식인데, 댄서롤은 소재의 장력에 따라 롤의 위치가 가변할 수 있는 구조로 되어 있기 때문에 그 자체가 하중을 가지므로 입출력 장력 변동을 완화할 수 있는 기능을 가진다. 또한, 급격한 외란에 대해 매우 빠른 응답성을 보이지만 구조물이 매우 복잡하고, 댄서의 스트록이 한계점에 도달할 경우 제 기능을 다하지 못하며, 빠른 선속도의 공정에는 적용하기 어려운 단점이 있다. Wolfermann[3,4]은 스탠드 간 장력을 측정하지 않고 모델로부터 추정하여 제어하는 센서리스 장력제어 방법을 제안하였다. 이 방법은 인접한 섹션과의 결합에 해당하는 변수를 외란으로 간주하여 내부에 가지고 있는 모델로부터 계산된 변수출력과의 오차를 누적하여 관측기를 구성하는 방법이다. 그러나 이 방법에서는 장력 모델 수식에 포함된 소재의 탄성계수가 일반적으로 매우 큰 값이고 환경에 따라 변화하므로 장력 추정값의 정확한 계산이 어렵고, 앞단과 뒷단의 연결을 동시에 고려하는 것이 불가능하다. 대부분의 연속 구동 시스템은 장력 센서가 스패(span)의 중간에 설치되지 않아서 장력 피드백 제어를 수행할 수 없고 인접하는 롤의 속도차가 발생하면 누적 오차에 의하여 장력 변동 및 전류 편향현상이 생기게 된다. 이러한 경우 전동기 구동 장치에 과전류가 발생하고 심한 경우 소재에 변형을 일으키는 등의 문제가 발생한다[5,6].

이러한 문제를 해결하기 위하여, 본 논문에서는 폴림롤과 감김롤의 속도차와 관성특성을 기반으로 한 장력제어 방법을 제시한 후, 제안된 방법을 이용하여 권취 시스템에서 각 전동기의 속도보상과 관성보상을 통하여 장력 센서 없이도 공정구간에서 소재의 장력을 적절히 제어할 수 있음을 보이고, 제어기의 응답특성을 해석한다. 그리고 실험을 통하여 제안한 장력제어 방법의 효용성을 확인한다.

본 논문의 구성은 1장에서 본 논문의 연구 배경과 연구의 동향 및 목적을 전반적으로 기술하고, 2장에서 장력

제어 시스템에서의 수학적 모델링을 제시하며, 3장에서 제안한 장력제어 기법을 설명한다. 그리고 4장에서 제안된 방식을 구현한 실험결과를 제시한 후 이에 대한 유용성을 검토한다. 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

## 2. 장력 제어시스템의 수학적 모델링

### 2.1 연속공정 시스템의 속도 및 장력 모델

일반적으로 폴림롤(feeding roll)과 감김롤(delivery roll)을 포함한 연속공정 시스템은 그림 1과 같이 나타낼 수 있다. 또한, 일반적인 섬유가공 공정에서 섬유원료의 공급과 가공된 섬유제품의 방출과정은 그림 1과 같은 연속공정을 통하여 이루어진다.

본 장에서는 섬유물 가공을 위한 연속공정 시스템의 속도 및 장력 모델을 다음과 같은 가정하에 기술한다.

- (1) 섬유물과 롤러(roller) 사이에는 미끄러짐 현상이 발생하지 않는다.
- (2) 섬유물의 물성은 균일하고 일정하며, 변형은 무시할 정도로 작다.
- (3) 공정구간(control volume)에서 섬유물의 장력은 고르게 분포되어 있다.
- (4) 공정구간에서 섬유물의 성질은 방출과정에서 변화되지 않는다.

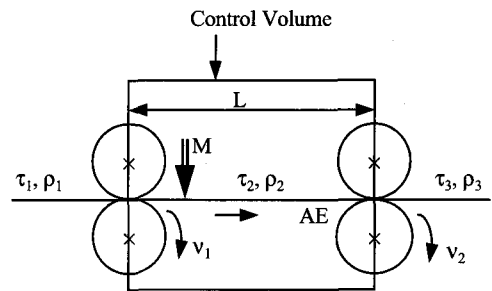


그림 1. 폴림롤 및 감김롤을 갖는 연속공정 시스템

섬유물의 공급 속도와 권취 장력간의 관계를 유도하기 위하여 먼저 장력제어 공간 내에서 섬유물의 질량변화를 기술하면, 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{d}{dt} \int_0^L \rho_2(l,t) A_2(l,t) dl = \Delta V_i(t) - \Delta V_o(t) \quad (1)$$

여기서, 식 (1)에서  $\Delta V_i(t)$ 와  $\Delta V_o(t)$ 는 각각 장력제

어 공간으로 공급 또는 방출되는 단위시간당 섬유물의 질량을 나타낸다. 또한, 섬유물의 가공공정에서 섬유물의 밀도와 단면적이 전 구간  $L$ 에 대하여 균일하게 분포되어 있는 경우, 식 (1)은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{d}{dt} \int_0^L \rho_2(t) A_2(t) dl = \rho_1(t) A_1(t) v_1(t) - \rho_2(t) A_2(t) v_2(t) \quad (2)$$

다음은 섬유물이 무변형 상태로 공급 또는 방출되는 경우를 고려해 보자. 이러한 경우에 있어서 공급 또는 방출되는 섬유물의 단면적을 각각  $A_{10}$ ,  $A_{20}$ 라 정의하고, 식(2)를 재정리하면, 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} L \frac{A_{20}}{A_{10}} \left[ \frac{A_2(t)}{A_{20}} \frac{d\rho_2(t)}{dt} + \rho_2(t) \frac{d\left(\frac{A_2(t)}{A_{20}}\right)}{dt} \right] \\ = \rho_1(t) \frac{A_1(t)}{A_{10}} v_1(t) + \frac{A_{20}}{A_{10}} \\ \left[ \frac{m(t)}{A_{20}} - \rho_2(t) \frac{A_2(t)}{A_{20}} v_2(t) \right] \end{aligned} \quad (3)$$

또한, 공급 또는 방출되는 섬유물의 인장 변형율을 각각  $\epsilon_1$ ,  $\epsilon_2$ 라고 정의하면, 미소변형 구간에서 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$\frac{A_1(t)}{A_{10}} = 1 - \epsilon_1(t), \quad (4)$$

$$\frac{A_2(t)}{A_{20}} = 1 - \epsilon_2(t) \quad (5)$$

그리고 무변형 상태에서 공급 또는 방출되는 섬유물의 단면적의 비를  $x (= A_{20}/A_{10})$ 라 정의하고, 식 (4)와 (5)를 식(3)에 대입하면, 다음과 같은 관계식을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} Lx \left[ (1 - \epsilon_2(t)) \frac{d\rho_2(t)}{dt} + \rho_2(t) \frac{d(1 - \epsilon_2(t))}{dt} \right] \\ = \rho_1(t)(1 - \epsilon_1(t))v_1(t) + x \\ \left[ \frac{m(t)}{A_{20}} - \rho_2(t)(1 - \epsilon_2(t))v_2(t) \right] \end{aligned} \quad (6)$$

일반적으로 섬유물의 인장성은 다음과 같은 관계식을 만족한다.

$$\tau_1(t) = f_1(\epsilon_1(t)), \quad (7)$$

$$\tau_2(t) = f_2(\epsilon_2(t)) \quad (8)$$

여기서  $\tau_1(t)$ 와  $\tau_2(t)$ 는 각각 폴림롤에 의한 공급장력과 감김롤에 의한 공정장력을 나타낸다.

그러면 공급속도  $v_1(t)$ , 방출속도  $v_2(t)$ , 공급장력  $\tau_1(t)$  및 공정장력  $\tau_2(t)$ 와의 관계를 구하기 위하여 식 (7)과 (8)을 식 (6)에 대입하여 정리하면, 다음과 같은 관계식을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} Lx \left[ (1 - f_2^{-1}(\tau_2(t))) \frac{d\rho_2(t)}{dt} \right. \\ \left. + \rho_2(t) \frac{d(1 - f_2^{-1}(\tau_2(t)))}{dt} \right] \\ = \rho_1(t)(1 - f_1^{-1}(\tau_1(t)))v_1(t) \\ + x \left[ \frac{m(t)}{A_{20}} - \rho_2(t)(1 - f_2^{-1}(\tau_2(t)))v_2(t) \right] \end{aligned} \quad (9)$$

결과적으로 식 (9)는 질량과 밀도의 변화가 시간의 함수로 나타나는 섬유가공 공정에서 섬유물의 공급속도, 방출속도, 공급장력 및 공정장력간의 관계를 묘사하는 일반적인 수학적 모델로 볼 수 있다.

특히, 시간에 따른 섬유물의 밀도 변화와 변동이 작고, 공정구간 내에서 섬유물의 질량변화가 작으며, 섬유물이 선형 탄성변형 특성을 갖는 경우에는 다음과 같이 각 파라미터를 근사화 할 수 있다.

- (1) 시간에 따른 섬유물의 밀도 변화와 변동 :

$$\rho_1(t) = \rho_2(t) \text{ 일정}$$

- (2) 공정구간 내에서 섬유물의 질량변화 :

$$m(t) = 0, \quad x = 1$$

- (3) 섬유물의 변형 : 선형 탄성 변형 :

$$f_1(\epsilon) = f_2(\epsilon) = AE\epsilon$$

( $E$ : 섬유물의 영률(Young's Modulus),  $A$ : 비례상수)

이러한 근사화된 파라미터를 이용하면, 섬유가공 공정에서의 공급속도, 방출속도, 공급장력 및 공정장력간의 수학적 모델은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{d \tau_2(t)}{dt} = \left( \frac{AE - \tau_2(t)}{L} \right) v_2(t) - \left( \frac{AE - \tau_1(t)}{L} \right) v_1(t) \quad (10)$$

결과적으로 공급장력이 일정하면, 공급속도에 대한 공정장력의 변화는 선형적으로 변화함을 알 수 있고, 방출 속도에 대한 공정장력의 변화는 현재 섬유물에 가해지고 있는 공정장력에 따라 결정됨을 확인할 수 있다. 특히, 섬유물의 가공공정에서는 공정구간에서 섬유물에 가해지는 장력을 일정하게 유지하는 것이 매우 중요하다. 따라서 식 (10)으로 부터 공정구간에서 섬유물의 장력을 일정하게 유지하기 위해서는 공정구간의 장력제어 뿐만 아니라 공급속도나 방출속도를 적절히 제어해 주어야 함을 알 수 있다. 이러한 결과식은 일반적으로 풀림롤과 감김롤을 포함한 연속공정 시스템에 동일하게 적용할 수 있다.

### 2.2 감김롤 제어기의 관성 보상 모델

일반적으로 회전하고 있는 시스템의 속도가 증감하기 위해서는 토오크가 증감해야 한다. 이때 관성에 의해 응답특성이 영향을 받게 된다. 특히 섬유공정에서는 공정장력을 효과적으로 제어하기 위하여 감김롤의 가감속이 원활하게 이루어져야 하는데, 감김롤의 관성특성으로 인하여 가속이나 감속구간에서 응답특성이 지연되는 현상이 발생할 수 있다. 이러한 지연현상은 섬유물의 공정처리에 있어서 섬유물에 가해지는 장력을 증감시키는 효과가 있기 때문에 섬유물의 품질에 심각한 영향을 미칠 수 있다. 따라서 관성특성을 적절히 보상해 줌으로써 섬유물의 공정구간에서의 장력을 보다 효과적으로 제어할 수 있다.

감김롤 구동모터에서 본 전체 감김롤 시스템의 관성( $J_{2e}$ )은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$J_{2e} = J_{m2} + J_{roll2e} + J_{roll3e} \\ = J_{m2} + \left( \frac{N_1}{N_2} \right)^2 J_{roll2} + \left( \frac{N_1}{N_2} \right)^2 \left( \left( \frac{D_{roll2}}{D_{roll3}} \right)^2 J_{roll3} \right) \quad (11)$$

여기서  $J_{m2}$ 는 감김 모터 자체의 관성이고,  $J_{roll2e}$ 와  $J_{roll3e}$ 는 각각 2번 롤과 3번 롤에 의한 관성이 감김롤 구동 모터에 미치는 영향을 나타낸다. 또한,  $J_{roll2}$ 와  $J_{roll3}$ 는 각각 2번 롤과 3번 롤의 관성을 나타내며, 다음과 같다.

$$J_{m2} = \frac{\rho_{m2} \pi w_{m2}}{32} (D_{m2})^4 \quad (12)$$

$$J_{roll2} = \frac{\rho_{roll2} \pi w_{roll2}}{32} (D_{roll2})^4 \quad (13)$$

$$J_{roll3} = \frac{\rho_{roll3} \pi w_{roll3}}{32} (D_{roll3})^4 \quad (14)$$

그리고 식 (12) ~ (14)에서  $\rho_{m2}$ ,  $\rho_{roll2}$  및  $\rho_{roll3}$ 는 각각 롤 재료의 밀도를 나타내고,  $w_{m2}$ ,  $w_{roll2}$  및  $w_{roll3}$ 는 각각 롤의 축방향 길이이며,  $D_{m2}$ ,  $D_{roll2}$  및  $D_{roll3}$ 는 각각 감긴 섬유물의 두께를 롤의 직경을 나타낸다.

감김롤에 걸리는 장력을 일정하게 유지하게 하기 위해서는 감김롤이 롤림롤의 속도를 적절히 추종하도록 제어하는 것이 요구된다. 이때 급격히 속도가 증가하는 구간과 급격히 감소하는 구간에 대해서는 위에서 유도한 관성특성에 대한 영향이 크게 나타나기 때문에 이러한 영향을 보상하는 것이 필요하다.

## 3. 제안한 장력제어 기법

### 3.1 새로운 장력제어 방법

기존의 전류제어에 의한 장력제어 방법으로는 풀림롤과 감김롤의 속도차가 발생할 경우에는 공정구간에서 장력제어가 어려워질 수 있다. 또한, 환편기 시스템의 출발시와 정지시에는 풀림롤과 감김롤의 관성에 의해 원단의 장력 제어가 큰 영향을 받을 수 있으며, 정상구간에서도 외란에 의한 영향에 의해 장력제어가 쉽지 않게 된다.

따라서, 본 논문에서는 이러한 영향을 최소화하기 위하여 그림 2와 같이 풀림롤과 감김롤 간의 속도차와 관성보상을 고려한 새로운 장력제어 방법을 제시하고자 한다.

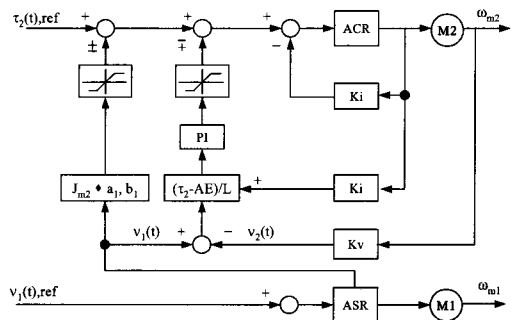


그림 2. 속도차와 관성보상을 고려한 장력제어 블록도

### 3.2 마이크로프로세서를 이용한 장력제어 시스템 설계

기존의 환편기 제어시스템은 대부분의 기능이 하드웨어적으로 처리되어 있기 때문에 다양한 섬유공정에서의 적용이 용이하지 않다. 따라서, 본 논문에서는 다양한 섬유공정에서도 쉽게 대응할 수 있도록 마이크로프로세서를 이용한 환편기 제어시스템을 설계하였다. 결과적으로 섬유공정이 자주 바뀌는 경우에 변경되어야 하는 파라미터를 소프트웨어적으로 처리할 수 있기 때문에 섬유공정의 생산성을 향상시킬 수 있다.

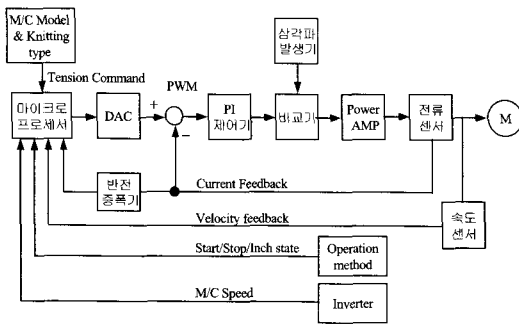


그림 3. 마이크로프로세서를 기반으로 한 장력 제어시스템

## 4. 실험 및 결과 분석

실험은 그림 4에서와 같이 환편기 전체 제어시스템을 설계 및 제작하여 기존의 전류제어에 의한 장력제어 방법과 속도차와 관성보상을 고려한 변형된 장력제어 방법을 비교하여 실험하였다. 여기서는 폴림롤 모터의 기준 속도 궤적에 대하여 감김롤을 가감속 시키거나 외란을 가하여 실험하였으며, 가감속 구간에서 감김롤에 대한 관성 보상과 등속 구간에서 DC 모터에 걸리는 부하가 변할 때, 즉 감김롤 모터의 속도가 가감속 되거나 외란에 의해 변화할 때 감김롤 구동 모터의 전류 피드백 값을 근거로 한 공정구간의 장력을 관찰함으로써 제안된 장력제어 방법의 효율성을 확인하였다.

본 논문에서 메인기판에 사용된 마이크로프로세서는 인텔사의 80C196KC-20이며, 통신은 다른 주변기기의 호환성을 위해 RS-485를 채택하였고, 권취 장치 제어부에는 최적의 원단 장력 제어알고리즘이 적용되었다. 부 기판에는 Atmel사의 89C52를 사용하였다. 또한, 여러 가지 데이터나 상태를 그래픽 메시지 형태로 표시할 수 있는 LCD를 채택하여 국가에 따른 사용자들이 쉽게 알아 볼

수 있도록 하였다. SSR 기판은 각 장치의 ON/OFF 빈도와 전류 용량에 따라 SSR과 Relay로 나누어 적용하고, 센서 입력부는 모두 Photo-coupler를 사용하여 제어 로직과 전기적으로 분리시켰다.

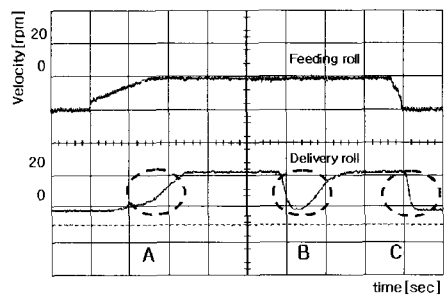


그림 4. 환편기 제어를 위한 실험장치

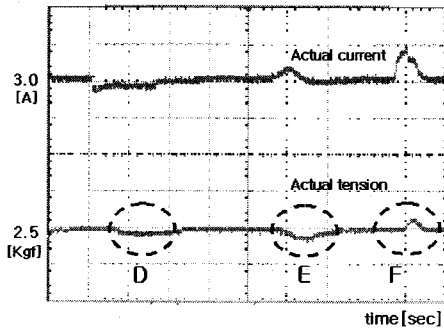
### 4.1 전류제어에 의한 장력제어 실험결과

전류제어에 의한 장력제어 방법은 환편기 시스템에서 폴림롤과 감김롤 간의 공정 구간 장력을 간접적으로 제어하는 방법으로서, 정확한 장력제어가 요구되지 않는 일반적인 연속공정에서 많이 사용되고 있다. 그림 5의 (a)는 폴림롤과 감김롤의 속도 궤적을 나타낸다. 여기서 A, C 구간은 각각 감김롤이 가속하거나 감속하는 구간이고, B구간은 외부 부하변동에 의한 속도변화가 발생하는 구간을 나타낸다. 그림 5의 (b)는 그림 5의 (a)와 같이 주어진 속도 궤적에 따른 감김롤 구동 모터에 흐르는 실제 전류 파형과 간접적으로 측정된 공정구간의 실제장력을 나타낸다.

결과적으로 그림 5 (a)의 A, B, C 구간에서는 장력변화가 발생하지만 그 외의 구간에서는 안정적인 장력제어가 이루어지고 있음을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 폴림롤과 감김롤 간의 속도차가 비교적 큰 구간에서는 전류 제어만으로 정밀한 장력제어가 불가능함을 의미한다.



(a)



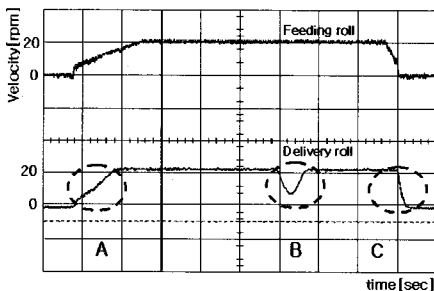
(b)

그림 5. 전류제어에 의한 장력제어 실험결과  
(a) 폴림롤과 감김롤의 속도궤적,  
(b) 감김롤 구동 모터의 실제 전류와 공정구간의 실제 장력

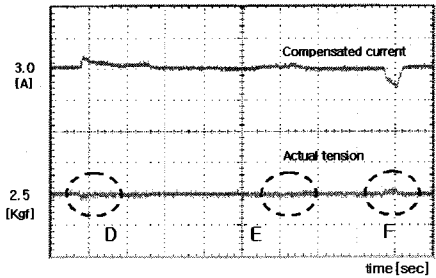
#### 4.2 속도차와 관성보상을 고려한 장력제어 실험결과

일반적으로 연속공정 시스템에서 폴림롤과 감김롤간의 속도차와 관성 특성은 공정구간의 장력변동에 큰 영향을 미치게 된다. 따라서, 본 논문에서는 그림 2와 같이 제어 블록도를 구성하여 이러한 현상을 보상하고자 하였다.

그림 6의 (a)는 폴림롤과 감김롤의 속도 궤적을 나타낸다. 그림 6의 (b)는 속도차와 관성보상을 고려한 경우에 대한 감김롤 구동 모터에 흐르는 실제 전류 파형과 간접적으로 측정된 공정구간의 실제장력을 나타낸다. 결과적으로 공정구간의 실제장력 특성을 살펴보면, 감김롤의 가속속이나 외란에 의해 발생하는 폴림롤과 감김롤간의 속도차가 발생하더라도 전반적인 장력 특성이 안정적으로 제어되고 있음을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 속도차와 관성 특성을 보상한 결과로 판단된다. 특히, 감속구간(C구간)에서는 F구간과 같이 장력변동이 나타남을 볼 수 있는데, 이러한 현상은 감속시 관성의 영향이 더 크게 작용함을 의미한다. 따라서, 감속구간에서의 관성보상을 신중히 고려해주어야 함을 알 수 있다.



(a)



(b)

그림 6. 속도차와 관성보상을 고려한 장력제어 실험결과  
(a) 폴림롤과 감김롤의 속도궤적,  
(b) 감김롤 구동모터의 실제 전류와 공정구간의 실제 장력

#### 5. 결론

본 논문에서는 섬유공정에서 사용되고 있는 환편기 구동 시스템을 대상으로 공정구간에서의 장력특성을 모델링하고, 마이크로프로세서를 기반으로 한 폴림롤과 감김롤간의 속도차와 관성특성을 고려한 새로운 장력제어 기법을 제시하였다. 또한, 실험적으로 제안된 방법의 효용성을 입증하였다. 추후에는 환편기 시스템의 정지와 가동에 따른 기준장력을 달리 설정하는 방법에 대한 연구와 실을 공급하는 장치에서의 변속기어와 편성 장치간의 바느질 코(stitch)를 자동으로 처리하기 위한 연구가 필요하다.

#### 참고문헌

- [1] K.H.Shin, "Distributed Control of Tension in Multi-span Web Transport System," Ph.D. thesis, Oklahoma State Univ., 2003.
- [2] N.A.Ebler, R.Amason, "Tension Control : Dancer Rolls or Load Cells," *IEEE Trans. on Industry Applications* vol. 29, no. 4, pp.727-739, 1993.
- [3] W.Wolfermann and D.Schroeder, "New Decentralized Control in Processing Machines with Continuous Moving Webs," *Proc. of Int. Conf. of Web Handling(IWEB2)*, pp.96-116, 1993.
- [4] W. Wolfermann, "Sensorless Tension Control of Webs," *Proc. of Int. Conf. of Web Handling (IWEB4)*, pp. 1-22, 1997.
- [5] E.Yokoyama, M.Nagasawa and Mori, "Precision Tension Control System for VCR using Moving Tape Guide

Actuator", *IEEE Trans. Industrial Electronic Eng.*, vol. 113, no. 10, pp. 1170-1176, 1993.

- [6] T. Sakamoto and Y. Fujino, "Modeling and Analysis of A Web tension Control System," *Proc. of IEEE Int. Symposium on Industrial Electronics*, pp.358-362, 1995.

---

여 희 주(Hee-Joo Yeo)

[정회원]



- 1988년 2월 : 한양대학교 전자공학과 (공학사)
- 1990년 2월 : 한양대학교 전자공학과 (공학석사)
- 1997년 2월 : 한양대학교 전자공학과(공학박사)
- 1997년 3월 ~ 현재 : 대진대학교 전자공학과 부교수

<관심분야> : 모터제어, 머신비전, Sensor-Based 로봇제어, 다중로봇 시스템의 협조제어, 임베디드시스템