

Photo Interrupter를 이용한 비접촉형 장력측정장치에 관한 연구

송원규, 장승호

경희대학교 기계·산업시스템공학부 신소재·공정공학전공

Non-contact Type Tension Detecting Device by device Using Photo Interrupter

Wonkyu Song and Seungho Jang

Department of mechanical and industrial system, Kyunghee University

1. 서론

정방공정에서 섬유의 생산속도를 좌우하는 것은 spindle의 회전에 의한 권취속도이다. 그러나 생산속도를 증가시키기 위하여 spindle의 회전속도를 올리면 실에 걸리는 장력 증가에 의한 사절 현상이 발생하기도 한다. 섬유산업의 발전을 위해 필수적인 섬유의 고속 생산을 위해서는 실의 발생하는 장력 control 할 수 있도록 정방공정을 설계하는 것이 필요하다. 또한 정방공정 중에 실시간으로 실에 걸리는 장력을 측정하고 생산속도를 조절하여야 한다.

따라서 실의 장력을 측정할 수 있는 장치가 필요하게 된다. 현재 개발된 장력측정 장치를 보면 권취시에 실에 걸리는 장력이 직접 장력측정장치에 전달되는 접촉형 장력측정 원리를 바탕으로 하고 있다. 그러나 지금까지의 접촉형 장력 측정방식은 실과 측정장치가 직접 접촉하게 되어 발생하는 마찰로 섬유에 손상을 일어나고 이는 방적사의 품질에 악영향을 미치고 있다(실이 bobbin에 권취될 때, 발생하는 실의 진동과 장력이 측정장치와 접촉하면서 실이 손상되게 된다.)

본 연구에서는 이런 기존의 접촉형 장력 측정장치가 가지고 있는 접촉시의 방적사의 손상을 비접촉 장력측정방식을 이용함으로써 해결하고자 하였다. 본 연구에서는 비접촉 장력측정을 위해서 Photo Interrupter sensor를 이용하였다. 장력 측정 원리는 sensor의 투광기에서 발광된 적외선이 수광기로 입광되는 과정에서 실의 진동에 의해서 차단되게 되면 일정한 진압이 출력으로 발생하게 된다. 이 신호를 이용하여 권취시에 실에 나타나는 진동수를 계측할 수 있으며, 제시한 Rayleigh의 법칙을 이용하여 실에 발생하는 장력을 계측하고자 한다.

2. 장력 계측 원리

Photo interrupter를 통해서 측정된 진동수(w)로부터 장력(P)을 측정하는 것은 Rayleigh의 에너지 법을 활용하였다.

방적공정에서 방적사는 양단이 모두 고정된 아래 그림1과 같은 상태이다. Rayleigh의 에너지법에 따라 실에 나타나는 고유진동수를 구하는 식을 유도하여 보면 다음과 같다.

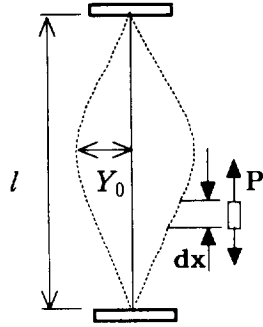


Fig. 1 Both fixed string

줄 전체의 운동에너지는 0에서부터 l 까지 적분함으로써 구해진다.

$$T = \frac{1}{2} \frac{\mu}{g} Y_0^2 w_n^2 \cos^2 w_n t \int_0^l \sin^2 \frac{\pi x}{l} dx$$

$$= \frac{1}{4} \frac{\mu}{g} l Y_0^2 w_n^2 \cos^2 w_n t \quad \text{-----(1)}$$

요소 dl 에 저장되는 포텐셜에너지는 다음과 같다.

$$dV = P \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx - P dx \quad \text{-----(2)}$$

근호 항을 급수전개하여 첫 두 항을 사용하면

$$dV = \frac{P}{2} \left(\frac{dy}{dx}\right)^2 dx \quad \text{-----(3)}$$

줄 자체에 대해서는

$$V = \frac{P}{2} \int_0^l \left(\frac{dy}{dx}\right)^2 dx = \frac{P}{2} \frac{\pi^2}{l^2} Y_0^2 \sin^2 w_n t \int_0^l \cos^2 \frac{\pi x}{l} dx$$

$$= \frac{P}{4} \frac{\pi^2}{l} Y_0^2 \sin^2 w_n t \quad \text{-----(4)}$$

Rayleigh의 에너지 법으로부터 최대 포텐셜에너지 변화량과 최대 운동에너지변화량을 동일하게 놓으면

$$\Delta T_{\max} = \Delta V_{\max}$$

$$\frac{1}{4} \frac{\mu l}{g} Y_0^2 w_n^2 = \frac{P}{4} \frac{\pi^2}{l} Y_0^2$$

$$w_n^2 = \frac{\pi^2 P}{\mu l^2} g \quad \text{-----(5)}$$

(5)식을 장력(P)에 대한 식으로 정리하면

$$P = w_n \frac{\mu l^2}{\pi^2 g}$$

$$P = \sqrt{\frac{1}{2\pi} f_n} \frac{\mu l^2}{\pi^2 g} \quad (\because w_n = \sqrt{\frac{1}{2\pi} f_n}) \quad \text{-----(6)}$$

고유진동수(f_n)을 제외한 나머지 값들인 실의 단위길이 당 무게(μ), 실의 길이(l), 중력가속도(g)는 주어지는 값들이므로, sensor를 이용하여 고유진동수(f_n) 값을 구하면 이를 이용하여 실에 가해지는 장력을 구할 수 있다. 본 연구에서는 (6)식을 이용하여 원하는 장력(P)의 값을 구하는 실험 장치를 구성하고자 한다.

3. 설치장치의 구성

3.1 Photo interrupt의 원리

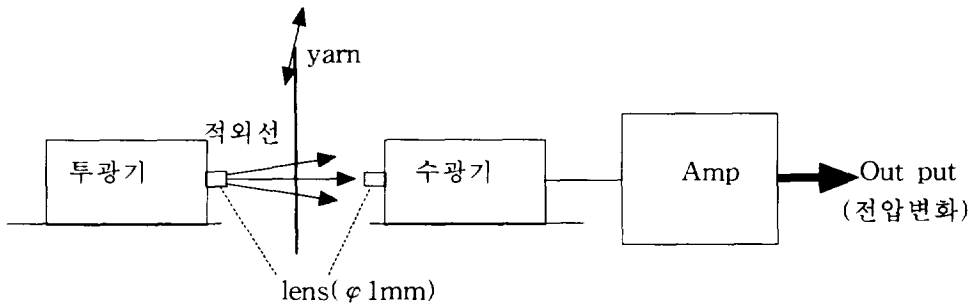


Fig. 2 Photo interrupter

Photo interrupter는 그림2와 같이 투광기와 수광기로 구성되어 있다. 투광기에서 발광된 적외선이 수광기로 입광될 때, 검출물체가 적외선을 차단하면 Amp로부터 일정 전압(12-24V)으로 신호가 출력되게 된다. 본 연구에서는 maker E32-TC200 光 fiber sensor와 E2X-A11 amp를 실험에 사용하였다. sensor를 이용하여 검출 가능한 물체는 지름 0,03mm까지이고, 검출거리는 400mm이다.

Lens에서 발광된 적외선이 수광기로 입광될 때, 산란되기 때문에 일정거리를 유지하여 실험하였다.

3.2 실험장치 구성

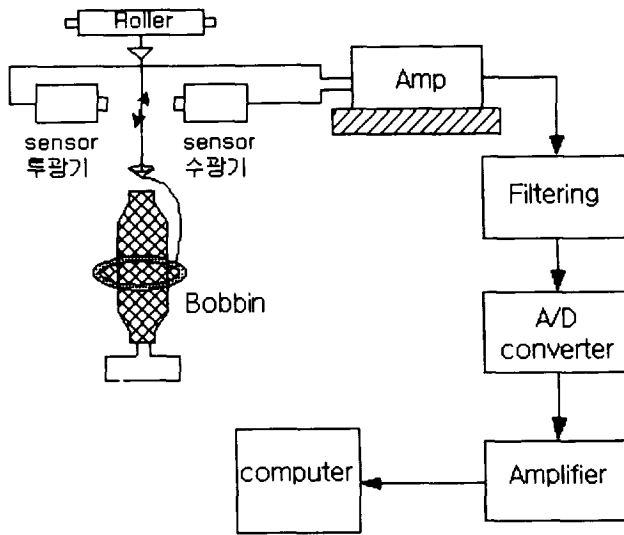


Fig. 3 Schematic diagram of tension detecting device

투광 sensor에서 발광된 적외선이 수광 sensor로 입광되는 과정에서 실의 진동에 의하여 차단되게 되면 amp를 통해서 일정전압(12-24V)의 신호가 발생하게 된다. 이 신호는 filtering을 거쳐 A/D converter에서 digital신호로 변환된다. 미세한 신호를 amplifier로 증폭하여 computer로 보내어 신호를 처리하게 된다.

4. 결론

본 연구에서는 접촉식 장력측정장치에 나타나는 마찰에 의한 방적사의 손상을 없애고 생산품의 품질에 악영향 요소를 제거하기 위하여 비접촉형 장력측정 장치를 연구하였고, 이를 통하여 얻어진 결과는 다음과 같다.

- ① 정방공정 중 실에 나타나는 진동을 이용하여 비접촉으로 방적사의 장력을 계측할 수 있음을 확인하였다.
- ② 방적사의 진동수 측정에는 Photo interrupter 방식의 光 fiber sensor를 사용하였다.

참고문헌

1. Robert F. Steidel, Jr "機械 振動學 概論", 晋成文化社, 1996
2. 박노길, 박성태, 손권, 이진명, 이시복, 정의봉, 한상보 "Mechanical vibrations" 牛島出版社, 1992
3. Autonics manual
4. Omron manual