

경사송출 및 권취장력제어장치의 개발

허 유 · 이재원 · 이석규

Development of Tension Control Systems for Warp Let-off and Take-up

You Huh · Jae-Won Lee · Suck-Gyu Lee



- 허 유 (경희대학교 섬유공학과)
- 1952년생
- 섬유공정제어를 전공하였으며, 섬유공정 및 섬유기계 자동화에 관심을 가지고 있다.



- 이재원 (영남대학교 기계공학과)
- 1956년생
- 자동제어를 전공하였으며, 로봇틱스, 공장자동화 및 섬유기계자동화에 관심을 가지고 있다.



- 이석규 (영남대학교 전기공학과)
- 1956년생
- 제어공학을 전공하였으며, 로봇틱스, 공장자동화 및 섬유기계자동화에 관심을 가지고 있다.

1. 머리말

1914년 영국출신 미국인 J. C. Brooks에 의한 에어제트(air-jet) 위입방법, 1925년 독일의 J. Gabler에 의한 현대적 개념의 레피어(rapier) 위입방법, 그리고 1932년 독일의 R. Rossmann에 의한 발사체 위입방법 등이 제시된 이래, 직기에는 다양한 형태의 위입기구가 실현되기 시작하여 무복직기(혁신직기)의 꾸준한 개발은 1970년대 중반에 이르러 기존의 북(shuttle)직기 시대에 종지부를 찍으며 실제적 산업화가 이루어지기 시작하였다.⁽¹⁾ 이러한 무복직기는 기존의 북 직기가 가졌던 성능한계를 뛰어넘는 혁신적인 성능향상을 가져왔다. 지금에 이르기까지 직

기개발을 위한 주안점은 새로운 위입시스템(water-jet, air-jet)의 개발과 지속적인 직기의 생산속도증가에 대한 각 위입요소들의 최적동작을 위한 기계요소의 개발에 주어져 있었다. 반면에 위입동작과 직접 연관되지 않는 직기의 구성요소들은 증가하는 위입속도에 따라 각 기능의 안정성과 동작의 정확성에 대한 요구가 점차 증가되었으며, 특히 경사장력 및 이에 작용하는 기계요소들에 대한 기술적 요구수준은 과거의 북직기에서의 경우에 비교될 수 없을 정도의 한계적 상황을 만족시켜야 하게 되었다. 경사송출의 경우, 위사 1가닥이 공급될 때마다 직물권취에 대응하여 경사장력을 일정하게 유지하며, 경사의 일정 길이를 정확히 공급하여야 하기 때문에 고속 무복직기에서는 빠른 응답속도와

안정된 동작을 행할 수 있는 경사송출기구 및 장력제어시스템의 성능이 직기성능에 가장 큰 영향을 미치게 되었으며 지금까지 사용되어온 기계적 송출장치로는 한계적 기술요건을 만족시킬 수 없게 되었다. 이에 따라 근자에 이르러 경사장력제어형 장력송출장치의 응용이 크게 대두되고 있다. 이 글에서는 이러한 새로운 형태의 송출장치의 개발상황과 경사장력제어에서 해결되지 못한 문제점에 대하여 다루어 보고자 한다.

2. 경사송출 기구의 분류

경사송출기구는 1가닥 위입에 대하여 경사빔에서 해권하여 일정 길이의 경사를 공급하는 역할을 수행한다. 이러한 송출기구는 표 1에 보이는 바와 같이 여러가지 형태로 실현되어 있다.

근자에 이르러 경사송출기구의 구동방법은 대부분 능동구동법(직기의 주모터에서의 구동력 전달 또는 분리구동)을 채택하고 있으며, 동작원리면에서는 적극적 방법(positive principle, 일정한 경사송출길이를 미리 선정하여 공급)이 이용되고 있으나 적극적 방법에서는 제직공정조건에 따라 최적 경사송출을 위한 반복된 실험에 의하여 송출속도를 자료저장장치에 기억시켜야하기 때문에 다양한 공정변수의 변화에 대응하기가 어려우므로, 점차 소극적 방법(negative principle,

경사장력에 비례하는 경사 길이의 공급)의 이용이 증가되고 있다. 경사장력 측정은 (후방법)에서 이루어지고, 제어는 전자식(또는 기계식), 연속제어가 자리를 잡았다.^(2,3)

3. 경사장력의 제어

경사송출장치의 제어동작을 보여주기 위하여 제어루프를 작성하면 원리면에서 그림 1과 같이 나타낼 수 있다.

제어루프에서 제어 변수는 경사장력, 구동 신호(actuating signal)는 경사빔의 회전각속도를 변화시키는 변속기구의 속도조절용 바 또는 송출모터의 전압으로 선택하고, 경사빔에서 직물권취빔 구간이 제어대상이 된다. 제어대상에는 제직원리 및 직기구조상 여러가지의 교란이 발생하여 경사장력을 목표치에서 벗어나게 작용한다. 이러한 교란은 규칙적 교란과 불규칙적 교란으로 나눌 수 있다. 먼저 규칙적인 교란은 제직원리상 반복되는 기구운동에서 기인하는 것으로 직물권취, 바디침, 종광운동, 마찰(경사/경사, 경사/위사, 경사/바디, 경사/드롭퍼, 경사/종광 등)등을 들 수 있으며, 이들은 지속적으로 기본하중으로 주어지는 경사장력에 중첩되어 나타나게 되며 경사장력제어의 주된 교란요소들이 된다. 반면에 불규칙적으로 나타나는 교란은 경사영킴, 경사요동, 경사물성 변화(특히 인장성질), 위사굵기변화, 온, 습

표 1 송출기구의 분류

구동방법	능동형	피동형
원리	적극적 (일정한 경사송출길이를 미리 선정하여 공급)	소극적 (경사장력에 비례하는 경사길이의 공급)
측정위치	직접(경사빔에서)	간접(후방멈춤에서)
구동상태	연속	불연속
제어기법	수동식, 기계식, 공압식, 유압식, 전자식	

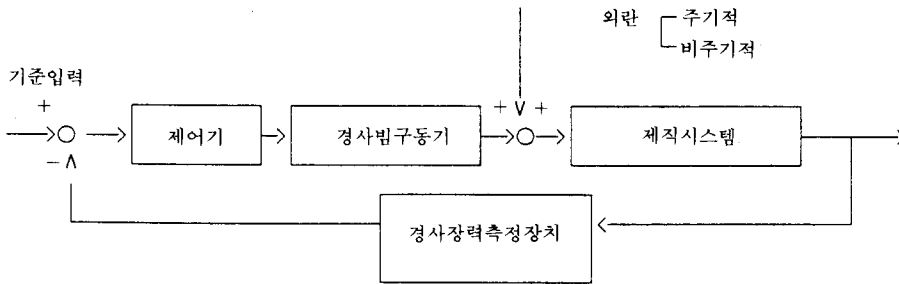


그림 1 경사송출기구의 개략도

도 변화, 직기 운동요소의 결합 등이 있으며, 이러한 교란은 가능한 한 제직준비 또는 공정최적화를 통하여 최소화시켜야 한다. 지금까지 실현된 장력제어형 경사송출기구의 대표적 형태는 기계식과 전자식으로 나눌 수 있다. 기계식의 경우 후방빔에서 측정된 경사장력의 변동을 링크(link)를 통하여 클러치 동작시간을 조절하거나, 레버형 차동기(lever type differential), 제로맥스(zeromax) 기구에 전달되게 함으로써 송출비임의 속도를 변화시켜 준다⁽⁴⁾(그림 2). 그림 3에는 기계식 제어형 경사송출장치의 신호유통도를 보여준다. 이러한 기계식의 경우 후방빔에서 나타나는 경사장력의 변동과 이에따른 송출

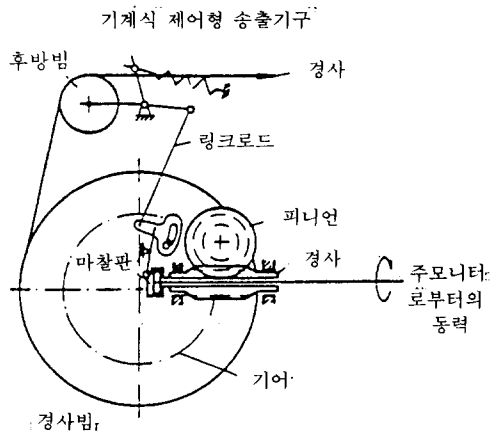


그림 2 기계식 제어형 경사송출기구의 개략도

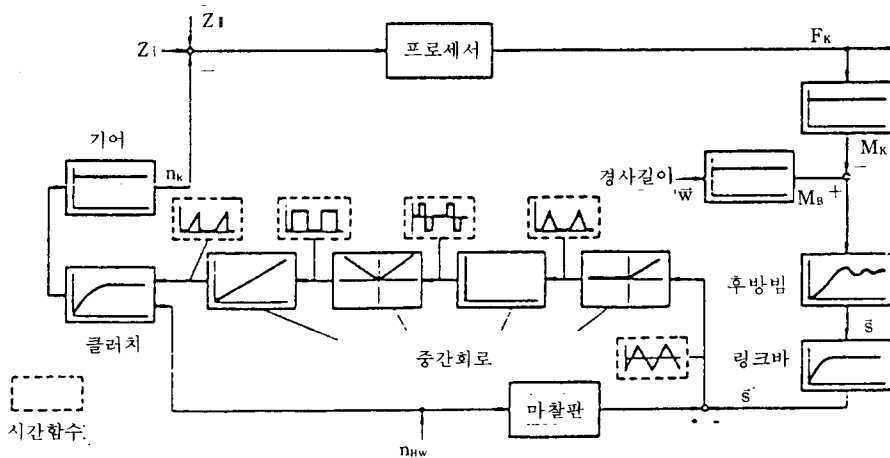


그림 3 기계식 제어형 경사송출기구의 신호흐름도

빔의 동작간에는 사역대가 있는 비례형 동특성이 나타나게 되지만 측정신호의 전달과정에서 원하는 유효신호성분만을 추출하여 제어에 이용하기가 어렵고 비교적 부정확한 장력제어가 이루어지게 된다. 더욱이 경사장력 측정이 이루어지는 후방빔과 송출빔동작간의 신호전달 과정에 사역대가 존재하는 경우, 직기의 동적거동이 달라지는 직기의 과도상태, 즉 직기의 정지 및 재가동시에 제직된 직물에는 위사밀도 불균일에 기인하는 결함(이는 정지단이라 불리움)이 발생하게 된다.^(5,6,7) 이러한 결함은 최근 고속직기의 경우 직물결함의 대부분을 이루고 있다. 한편 전자식 제어의 경우(그림 4) 장력측정신호는 전기신호로 변환되어 직접 제어기로 입력되므로 신호전달 과정에서 직기구조상 좁은 공간내에 모터 및 각종 릴레이의 동작에 따른 소음의 발생이 심하고, 특히 측정센서에서 발생하는 신호의 크기가 대단히 작아 유효신호의 추출에 많은 어려움이 있으나, 신호량을 제어기에서의 신호처리를 통하여 이용목적에 맞는 신호변환(예를 들어 일정성분의 주파수 신호를 필터링(filtering)하거나 증폭시킴)이 가능하고 제어기에는 다양한 제어알고리즘을 적용할 수가 있으며, 송출구동장치

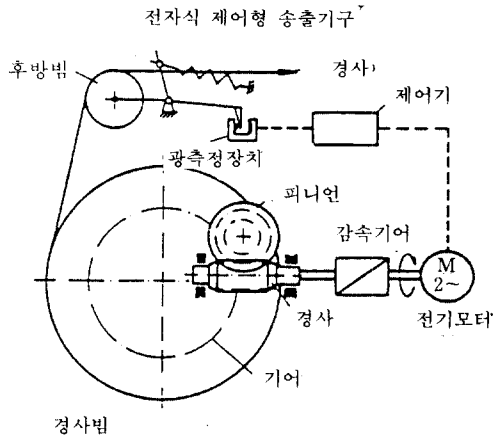


그림 4 전자식 제어형 경사송출기구의 개략도

의 미소변화량의 정확한 구동이 가능하기 때문에 주어진 직기의 형태와 제직조건에 따른 제어시스템의 최적화가 가능하게 되며, 더욱이 마이크로 프로세서(microprocessor)를 이용한 신호감시 및 제직자동화를 위한 각종 공정자료의 처리를 위한 기계-컴퓨터 간의 양방향 통신이 이루어질 수 있으므로 근자에 이르러 전자식 제어시스템의 응용이 확대되고 있으며, 성능증진을 위한 연구가 지속되고 있다. 그림 5는 이러한 전자식 제어형 경사송출장치의 신호흐름도를 보여준다.

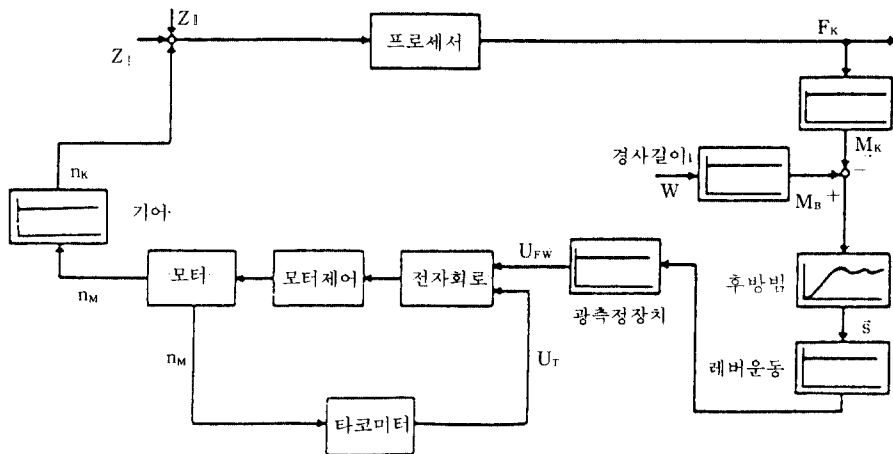


그림 5 전자식 제어형 경사송출기구의 신호흐름도

4. 경사장력의 측정

지금까지 경사장력의 측정은 거의 대부분 코일 스프링에 의하여 초기하중을 받는 후방빔의 위치이동을 감지함으로써 이루어 졌다(그림 6). 후방빔의 운동에 의한 경사장력의 측정은 경사가 평균 5,000~6,000가닥으로 이루어져 있기 때문에 제직중 각각의 경사장력이 서로 다른 거동을 나타내므로⁽⁶⁾ 공정 파라미터로서 개별 경사장력을 이용하는 것이 어렵기 때문이다.

일반적으로 경사의 거동은 직물권취속도 및 경사송출속도에 의하여 영향을 받을 뿐만 아니라 직기의 주기적 운동에 들어 개구운동(shedding motion)과 바디침운동(beat-up motion)에 의해서도 크게 영향을 받게 된다. 그림 7은 정상상태에서 운동하고 있는 경사장력의 거동을 측정할 결과이다.

이에 의하면 바디침운동에 의하여 장력 피크가 나타나고 또한 개구운동에 의하여 장력의 크기가 변화함을 볼 수 있다. 이러한 측정신호를 이용하여 경사송출속도를 제어하는 경우, 구동기 신호의 변동이 커져서 구동기의 동작에 오류를 일으킬 가능성이 크게 되므로 평균 경사장력을 구하기 위하여 측정신호에서 고주파 성분을 필터링하는 것이 필요하다. 그러나 직물의 위사간격불균일은 3가닥 이상의 위사구간동안 지속되는 경우, 육안에 의하여 뚜렷한 결함으로 인식되기 때문에^(8,9) 측정신호를 필터링하는 경우에는 많은 주의가 필요하게 된다. 더욱이 무복직기의 성능이 커지고 제직속도가 증가함에 따라 경사장력이 영향을 받으며^(10,11) 경사장력의 측정이 이루어지는 후방빔의 운동에 공명현상이 나타나게 되어 3 경사장력 측정을 이용한 제어시스템의 구축에 한계가 주어지게 되었다. 이러한 한계를 극복하기 위하여 후방빔의 구조를 변화시키거나 여러가닥으로 구성된 경사군의 장력을 직접 측정하여 제어에

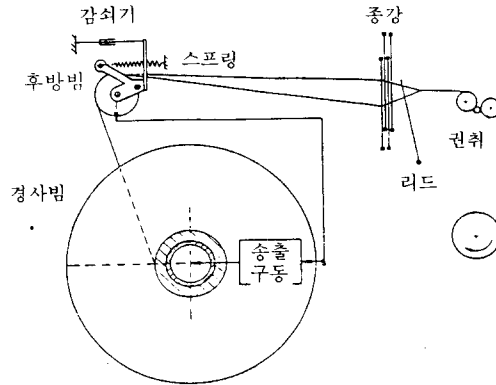


그림 6 후방빔측에서 경사장력측정의 개략도

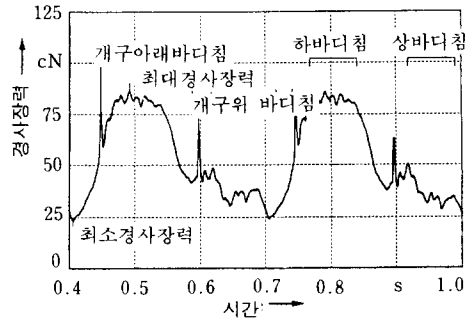


그림 7 측정된 경사장력의 신호

활용하는 방안이 제시되기도 하였다. 능동 소극 송출 기구에서 경사장력을 일정하게 유지하려는 노력은 직기의 고속화와 함께 생산 유연성을 증진시키고 위사밀도를 균일하게 함으로써 직물의 결함발생을 억제시키기 위하여 계속적으로 이루어져 왔다. 직기가 정상상태에 있는 경우, 즉 바디침의 위치와 직물 권취속도가 일정한 경우에는 제어기술을 이용하여 경사장력을 일정하게 유지하고, 이로써 직물의 위사밀도를 균일하게 유지할 수 있으나 직기가 과도상태에 있는 경우에는 경사장력을 일정하게 유지하더라도 직물의 위사밀도를 일정하게 유지할 수가 없게 되어 정지단이 발생하게 된다. 이에 따라 경사장력의 제어와 위사밀도 균제성을 증진시키기

위하여 최근에는 송출속도, 권취속도, 개구량, 바디의 위치, 직점의 위치, 직물장력, 등을 측정하여 직기의 주요 운동부위의 동작 상태를 컴퓨터를 이용하여 신호처리하고 제어하려는 노력이 이루어지고 있다. 그림 8은 이러한 경사송출을 위한 측정시스템과, 마이크로컴퓨터를 이용한 직기제어시스템의 한 예를 보여준다. (그림 9)

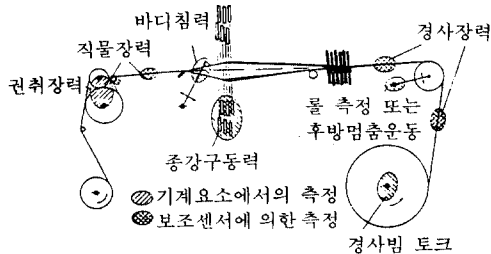


그림 8 제직기의 송출기구의 측정위치

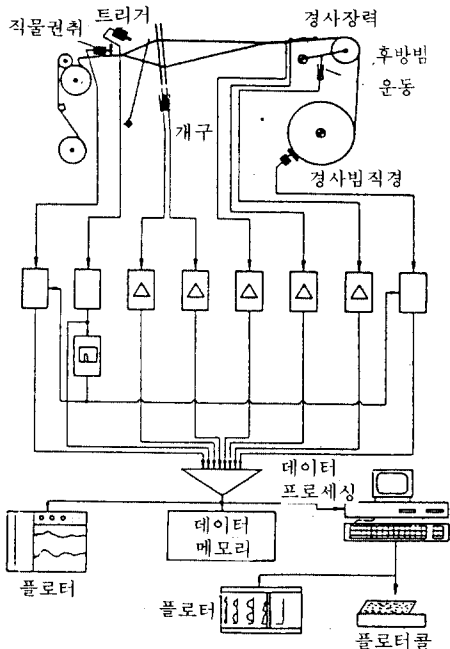


그림 9 마이크로컴퓨터에 의한 제직기 제어시스템

5. 맺음말

계속되는 직기의 위입성능 증진과 제직자 동화 그리고 소량다품종 생산체제를 요구하는 시장변화 등, 제직산업의 변화는 여러가지 제직운동요소의 정확성과 안정성에 대한 한계적 기술수준을 요구하게 되었으며, 이에 따라 지금까지 이루어진 위입기구와 직접 연관된 연구개발과 함께 제직공정의 최적화가 쉽게 이루어질 수 있도록 함으로써 새로운 공정조건과 시장요구에 대한 신속응답이 가능한 고성능의 직기개발이 중요과제로 등장하게 되었다. 이러한 기술상황의 변화는 위입기구의 개선에 따른 고속화에 대응할 수 있도록 새로운 송출기구의 개발을 유도하였고 특히 저속직기에서 나타나지 않던 문제점들이 고속직기에서는 중대한 직물 결함의 원인으로 등장함에 따라 송출기구의 개발에는 경사장력의 정확한 제어가 필요하게 되었다. 지금까지 직기의 성능증진을 위한 송출장치는 주모터에서 동력을 공급받는 능동형구동빔과 기계식 경사장력시스템이 대부분을 이루었으나, 최근에는 경사송출장치에 분리구동모터에 의한 능동구동 및 장력제어를 부여하게 되었다. 장력의 측정과 신호처리, 나아가서 직물의 권취 및 종광운동, 바디침운동, clothfell 위치, 경사빔의 토크 등을 측정하여 경사장력제어를 위한 자료로 활용하고 마이크로컴퓨터에 의한 직기의 제어와 기계-컴퓨터간의 생산 및 공정자료의 교환을 통한 생산유연성의 증대와 신속응답 그리고 공정최적화를 위한 연구가 계속되고 있다. 이러한 연구방향에 따라 이 글에서는 현재 직기개발에서의 주된 연구대상이 되는 경사장력의 제어를 위한 송출기구의 기본적 형태와 장력측정에 대하여 개괄적으로 소개하였으며, 국내에서도 이 분야에 대한 계속되는 연구/개발이 이루어짐으로써 직기제조기술뿐만 아니라 국내 섬유산업에서 중요한 자리를 차

지하는 제직산업의 생산효율성 증대와 제품 고급화에 기여할 수 있기를 기대한다.

참고문헌

- (1) Ishida, T., 1994, "Innovations in Weaving Machinery-the Course of Loom Development," Osaka Senken Ltd.
- (2) S. Schlichter, J., Luenenschloss, 1986, "Welche Vorteile Bieten Electronisch Gesteuerte Kettablassvorrichtungen in der Filamentgarnweberei?" Melliand Textilberichte, pp. 160~165.
- (3) S. Schlichter, J., Luenenschloss, 1987, "Einfluss Verschiedener Maschinen-und Material-parameter auf Regeleigenschaften und Warenausfall beim Einsatz Eletronisch Gesteuerter Kettablassvorrichtungen an Filamentgarnwebmaschinen," Melliand Textilberichte, pp. 821~825.
- (4) Talavasek, O., 1981, "Shuttleless Weaving Machines," Elsevier Scientific Pub, Co., pp. 87~105.
- (5) Wulfhorst, B., and Obolenski, B., 1990, "Beurteilung von Massnahmen zur Vermeidung von Anlaufstellen in Geweben," Melliand Textilberichte, pp. 24~34.
- (6) Huh, Y., Ryu, W.Y., and Woo, J.L., 1991, "Dynamic Response of Weft Density to the Speed-Variation in Weaving System," *J. Korean Fiber Soc.*, pp. 866~872.
- (7) Weinsdoerfer, H., Stark, U., 1994, "Einfluss der Webmaschineneinstellung auf das Laufverhalten," Melliand Textilberichte, pp. 577~581.
- (8) Park, M. K. and Huh, Y., 1993, "Signal Analysis for the Automatic Error Detection in 2-Dinmensional Structural Textiles (I)-Constructrion of a Error Detection System and Data Processing-," *J. Korean Fiber Soc.*, pp. 297~308.
- (9) Berrndt, H.J., 1984, "Fehler in Geweben-Ursachen, Moeglichkeiten der Reduzierung Textil Praxis International, pp. 238~241.
- (10) Schlichter, S., and Luenenschloss, J., 1988, "Einfluss der Schusseintragfrequenz auf die Kett-und Schussfadenzugkraft an Luftduesenwebmaschinen," *Chemifasern/ Textilindustrie*, pp. 143~146.
- (11) Azarschab, M., 1984, "Untersuchungen ueber das Verhalten der Kettfaeden in der Webmaschine," 4. Reutlinger Weberei-Kolloquium, Germany, 5.-6. Dec., 