면방적기계의 특성이 슬라이버와 실의 랜덤불균제도에 미치는 영향(Ⅱ)

제2부 실험적구명

요 약

실험방법을 정하고 측정기기에 대해서 특히 고려하며 기기의 특성이 측정결과에 영향을 가져 오지 않도록 힘썼다. 측정은 연조, 조방, 링정방 및 오픈엔드정방의 각기에 대해서 했다.

1. 서 론

제1부에서는 방적공정의 입력슬라이버와 출력슬라이버의 선밀도는 동시에 측정해야만 비로소 공정특성의 영향을 구명할 수 있다는 것을 밝혔다. 그리하여 본 실험에서는 두 개의 Uster측정기 type B7(보통 GGP type로 알려져 있는 것)을 사용했고 하나는 입력슬라이버에 쓰고 다른 하나는 출력슬라이버에 썼다. Uster 측정기를 쓸 때 아날로그-디지털-변환기를 사용하여 GGP에서 나오는 출력볼테이지를 디지털형으로 변환시켰다.

2. 측정계

더블링조작의 주파수응답함수, $F_D(\omega)$를 결정하기 위해서는 ($F_D(\omega)$는 제1부의 식(26)과 그림5, 그림6 참조)GGP를 가지고 두 쌍의 측정을 해야 한다. 처음의 쌍에서는 슬라이버 6가닥을 연조기에 넣으면서 입력신호를 기초로 한 $|Fs(\omega)|$를 측정하고 동시에 연조기에서 나오는 출력슬라이버에 대해서도 같은

측정을 해야 한다. 반면에 두번째 쌍에서는 입력슬라이버 한가닥을 연조기에 넣으면서 $|F(\omega)|$를 측정하고 동시에 연조기에서 나오는 출력슬라이버에 대해서 같은 측정을 한다. 이 때의 방정식은,

$$|F(\omega)| = |F_D(\omega)| \cdot |Fs(\omega)|$$

로 주어지므로 이 식은 본 연구에서 바라는 주파수응답함수 $|F_D(\omega)|$ 값을 알 수 있게 한다.

연조기에서 슬라이버를 생산할 때 캔방식을 쓰면 출력 슬라이버를 모니터링(monitoring)할 수가 없다. 그러므로 출력슬라이버는 콘덴서 플레이트(condenser plate)를 거치고 흡입방식으로 모아지게 하여 드래프트기구 외에서는 불필요한 드래프트가 되지 못하게 했다.

측정장치를 링정방기에 부착시키는 것은 이 기계의 크기와 형 때문에 더 어려웠다. 이 때문에 프론트 롤러와 스네일와이어 사이에서 실에서 나오는 신호를 측정했으며 실이 GGP의 콘덴서 플레이트에 정확히 들어 갈 수 있도록 얀 가이드를 별도로 한 개 더 썼다.

입력과 출력의 두 단계에서 측정은 또 다른 한가지의 방법을 사용했다. 즉, 정방기에서의 입력신호와 정방목관에서의 출력 신호를 각기별도로 측정하는 방법이다. 이 방법은 매우 유용하지 못했는데 이것은 실의 방출속도를 사실 그래도 재현할 수 없으며 또 조사와 방출된 실의 관계를 동조시킬 수 없었기 때문이다.

GGP의 출력신호는 약 300V정도의 전압을 가지고 있다. 그리하여 여기에 맞는 특수한 증폭기를 사용했는데 그 이유는 첫째로 이 높은 전압을 저하시켜서 기록계에 알맞도록 하기 위함이었고, 둘째로는 전압을 측정에 알맞은 값으로 고정시키기 위해서였다. 증폭기의 출력신호변화는 콘덴서 플레이트

사이에 있는 실, 또는 슬라이버의 선밀도평균치변동과 비례하도록 조절했으며 이것을 바꾸어 말하면 GGP의 지시계의 동작에 비례하도록 저전압신호의 편차가 영전압일 때 0이 되도록 했다는 뜻이다.

콘덴서 플레이트의 크기가 유한하기 때문에 나타날 수 있는 오차는 최소한도로 줄여야 한다. 이 사실은 Fourier변격값에서 진폭값을 조절하므로서 가능하다. 이 오차는 다음과 같이 해서 보정했다. 용량의 변화를 dc라고 하고 (콘덴서 플레이트에 시편이 없을 때를 기준으로한 변화) 콘덴서 내에 길이 dx의 시편이 들어왔다면,

$$dC(x) \approx \gamma(x)dx \quad \cdots\cdots\cdots (1)$$

$\gamma(x)$: 는 슬라이버의 선밀도

(1)식을 콘덴서 플레이트의 길이 L에 대해서 적분하면,

$$\Gamma(x) = \frac{1}{L}\int_{x-\frac{L}{2}}^{x+\frac{L}{2}}\gamma(u)du \approx \frac{C}{L} \quad \cdots\cdots (2)$$

$\Gamma(x)$는 콘덴서 플레이트 사이에 있는 슬라이버의 평균번수이다. 식 (2)는 제1부의 식 (12)와 비교하면 두 식의 $\triangle x = L$일 때 같은 것임을 알 수 있다.

(2)식으로부터 콘덴서의 용량 즉, GGP의 출력신호는 실 또는 슬라이버의번수 $\Gamma(x)$와 비례함을 알 수 있다. 식 (2)에 의하면 $\Gamma(x)$는 GGP의 출력신호와 비례할 뿐 선밀도 $\gamma(x)$와는 비례하지 않음도 알 수 있다.

이러한 사실이 Fourier변환에 미치는 영향을 신호의 파장 l의 성분을 생각해서 계산할 수 있다. 지금 (3)식과 같은 정현파를 생각하면

$$\gamma_l(x) = A_l \sin\frac{2\pi x}{l} \quad \cdots\cdots (3)$$

이 때의 전압신호 U_l은 (3)식을 (2)식에 넣어서 적분하면

$$U_l \approx \Gamma(x) = A_l \frac{\sin \frac{\pi l}{l}}{\pi L/l} \sin \frac{2\pi x}{l} \cdot \cdot \cdot \cdot (4)$$

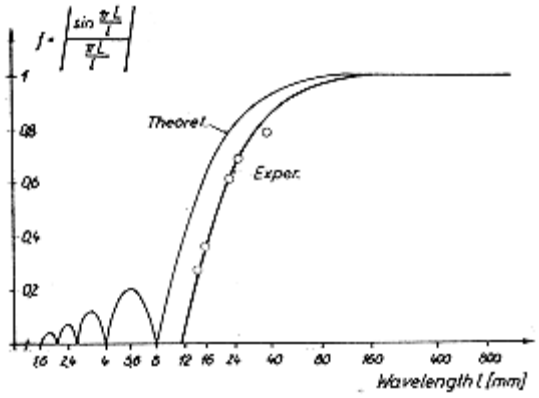
이 식을 검토하면 정현파의 위상과 주파수는 변화하지 않지만 진폭만은,

$$f = \left| \frac{\sin \frac{\pi L}{l}}{\frac{\pi L}{l}} \right| \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (5)$$

와 같이 f배로 변화함을 알 수 있다.

그림 1은 콘덴서의 길이를 L = 8mm로 했을 때 파장과 f값의 관계를 (5)식으로 계산하고 실험치와 대비한 것이다. Fourier변환은 보정치 1/f을 곱해 주어서 $\gamma(x)$가 $\Gamma(x)$와 비례하지 않은 오차를 보정할 수 있다.

그러나 이 보정은 무한소의 파장에까지 적용할 수는 없다. 슬라이버나 실의 선밀도변동에는 f=0가 되는 파장이 존재할 수 있다. 더욱이 콘덴서 플레이트의 양단에서의 전장의 비균일성은 측정결과에 영향을 준다는 것을 다음과 같은 방법으로 알 수 있다.



<그림 1> 콘덴서의 길이가 L=8mm일 때에 파장 l와 멸쇠계수 f와의 관계

지금 언급되고 있는 요인에 의해서 나타나는 오차의 범위는 콘덴서 플레

이트 사이를 원형종이테이프를 통과시키므로서 알 수 있다. 이 때 종이 테이프에는 파장을 알고 있는 단형신호가 발생되도록 구멍을 뚫어 놓았다. 이 신호의 Fourier 변환은 실험과 이론으로 확인할 수 있다. (그림1) 이 때 두 결과를 비교하므로서 식(5)에 나타낸 콘덴서의 길이 L는 실제의 소요길이보다 30%가 긴 것을 알 수 있었다.

보정계수의 진폭은 입력과 출력신호에 정확히 이론대로 맞추어서 써야 한다. 기계의 드래프트조작 때문에 이 보정은 입력신호의 경우에 더 중요하다. 실제로 우리는 콘덴서 플레이트가 그의 길이의 약 10배보다 작지않은 파장에 대해서만 진폭을 감쇠시킨다는 것을 그림1로서 알 수 있고 콘덴서의 길이와 같은 정도의 파장범위에서는 감쇠효과가 없음을 알 수 있다.

GGP를 정상기준하에서 쓸 때에는 주파수 한계를 137Hz 내에 놓을 때 이 계는 1차계와 동가라는 것을 알 수 있었다.

GGP에 사용한 신호는 페이퍼 펀치를 사용해서 만든 아날로그-디지털변환계였고 이 계의 변환비율은 1.5Hz가 최고로 되도록 낮추었다. 이렇게 해서 아날로그 테이프 레코더의 이용으로 유효변환속도를 높일 수가 있었다. 즉, 테이프는 기록될 때의 속도보다 읽을 때의 속도를 빠르게 조절했다. 이런 방법은 예를 든다면 제1연조기에서 측정을 할 때에 사용했으며 이 밖의 대부분의 기계에서는 변환속도는 GGP와의 직접연결운전 때문에 느리게 되었다. 입력과 출력의 아날로그 신호는 모두 Nyquist의 판정조건이 만족될 수 있도록 저여과기에 통과시켰다.

3. 측정결과

측정에 사용된 방적기계는 모두 Rieter 방적기였다. 표1은 사용된 원면의 규격이고 표 2는 각기계의 운전조건을 보였다.

<표 1> 원면의 규격

機械 / 要因	練條機 D 7/2	粗紡機 F 1/1	링精紡機 G 0/1	오우픈엔드精紡機 M 0/5
原綿의 種類	U. S. A-Turkish	Turkish	Menoufi	Turkish
纖維길이 in (mm)	$1\frac{1}{16}$ (27.0)	$1\frac{3}{32}$ (27.8)	$1\frac{7}{32}$ (31.0)	$1\frac{1}{16}$ (27.0)
入力슬라이버의번수(tex)	5000	5000	350	5000
出力슬라이버의번수 (tex)	5000	590	20	50

<표 2> 기계의 운전조건

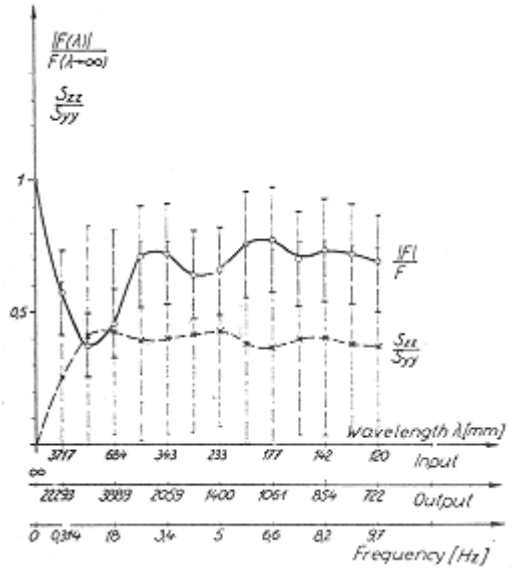
機械 / 要因	練條機 D 7/2	粗紡機 F 1/1	링精紡機 G 0/1	오우픈엔드精紡機 M 0/5
Total draft	6	8.5	17.5	100
紡出速度 (m/mm)	420	17.8	13.5	40
꼬임수 (1/m)	–	50.4	860	1120
스핀들속도 (rpm)	–	900	11600	45000
備考	오오트레블러 없음	–	–	–

4. 측정결과의 계산

테이프 레코더에 대한 출력신호의 가인과 디지털화 및 계산과정은 Bendat와 Piersol의 방법을 인용했다. 이 과정은 다음과 같다. 입력과 출력의 아날로그신호는 이미 말한 방법대로 가인하고 페이퍼 테이프를 취급하는 실제문제 때문에 데이터의 개수는 매신호마다 10,000개로 제한했다. 이것만으로서도 정확한 결과를 얻을 수 있는 한계라고 생각했기 때문이다.

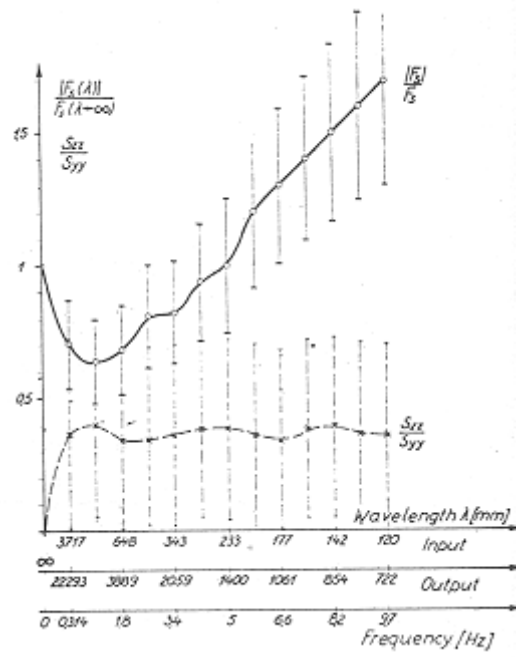
디지털 데이터는 컴퓨터에 입력시켰다. 프로그램의 주된 내용은 제1부의 식(20)으로 주어진 $F(\omega)$와 $S_{zz}(\omega)$를 계산하는 것으로 했다.

스펙트로 밀도함수와 공액스펙트로 밀도함수의 계산치로 미지의 값인 진의 값과는 상이하게 나타난다. 그리하여 이 값들은 95%의 통계적신뢰수준내에 들어가도록 했으며 그 결과를 그림 2~7에 도시했다.



<그림 2> 연조기의 외부잡음에 대한 스펙트로 밀도함수와 주파수응답함수

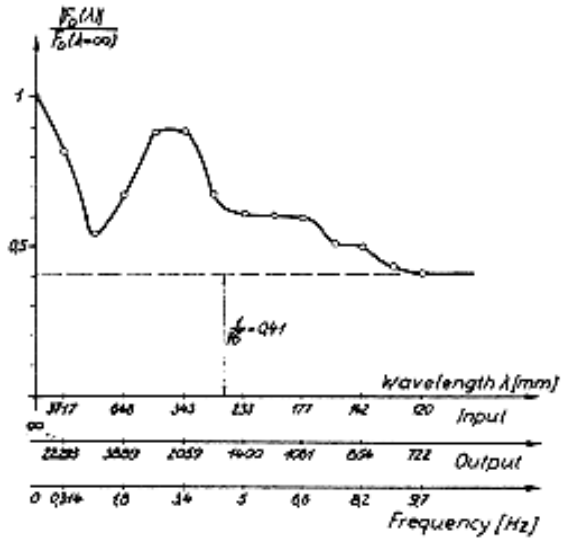
(입력신호; 1가닥의 소면슬라이버, 출력신호; 6-더블링된 연조슬라이버)



<그림 3> 연조기드래프트기구의 외부잡음에 대한 스펙트로밀도함수와

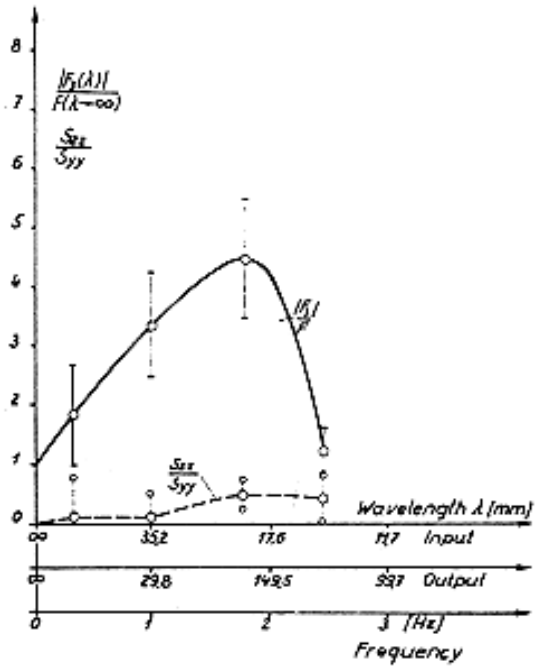
주파수응답함수(입력신호; 6가닥의 소면슬라이버,

출력신호; 6-더블링된 연조슬라이버)



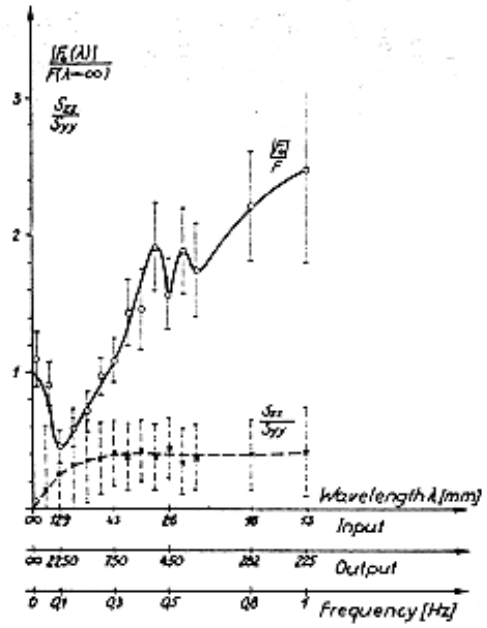
<그림 4> 연조기의 더블링조작에서의 주파수응답함수

(그림2와 3으로부터의 계산법)



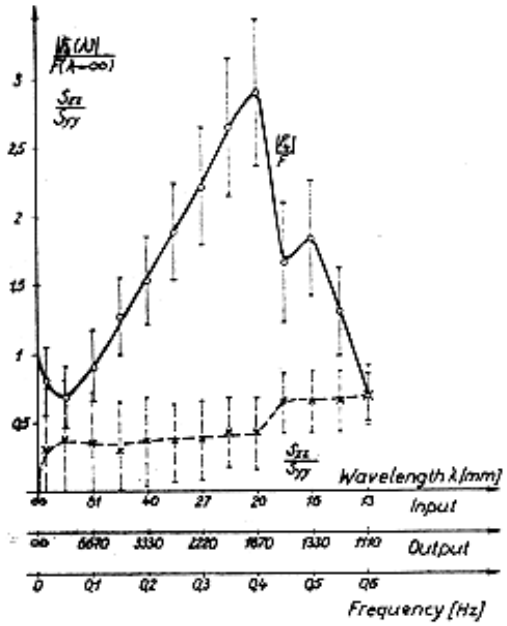
<그림 5> 조방기의 외부잡음에 대한 스펙트로 밀도함수와 주파수응답함수

(섬유길이의 대표치 23mm)



<그림 6> 링정방기의 외부잡음에 대한 스펙트로 밀도함수와 주파수응답함수

(섬유길이 대표치 27mm)



<그림 7> 오픈엔드 정방기의 외부잡음에 대한 스펙트로밀도함수와

주파수응답함수(섬유길이 대표치 22mm)

외부잡음에 대한 기계의 상태변화를 보정하기 위해서 S_{zz}값 대신 S_{zz}/S_{yy}비를 사용했다. 이 값은 $0 \leq S_{zz}/S_{yy} \leq 1$의 범위내에 오게 된다. 이 비율이 크면 클수록 외부잡음이 기계의 상태에 주는 영향이 크게 나타난다. 즉, 이것을 바꾸어 말하면 드래프팅 과정중에 섬유가 받는 컨트롤이 적게 된다는 것을 나타낸다. 즉, 이것을 바꾸어 말하면 드래프팅 과정중에 섬유가 받는 컨트롤이 적게 된다는 것을 나타낸다. 그러므로 이 비율값은 드래프트 기구의 기능을 판가름하는 척도가 된다(일반적으로 $1-S_{zz}/S_{yy}$ 값은 Coherence function O)이라고 한다.

더블링조작의 주파수응답함수(그림 4)는 이들 곡선으로 계산했다. 결과의 신뢰 한계는 컴퓨터 프로그래밍에서 frequency-smooting법을 사용해서 정했다.

제3부 드래프트와 더블링 조작에 관한 주파수응답함수의 계산-실험결과와의 비교

요 약

드래프트와 더블링조작을 해석함으로써 측정된 주파수응답함수를 이해할 수 있음을 보였고 본 연구를 종합하며 결론을 도출했다.

1. 서 론

본 연구의 제1부에서는 이조적인 구명을 했고 방적공정의 수학적모형을 안출했다. 제2부에서는 실험적구명을 해석하고 설명하는 문제이다.

드래프조작에서는 드래프트기구 자체 때문에 나타나는 외부잡음신호와 그

의 주파수응답함수는 특수한 꼴을 갖는다는 것을 확실하게 알 수 있다. 그러므로 실험결과는 실제의 드래프트기구에 대해서 유익한 정보를 얻어낼 수 있어야 한다. 본보에서는 실험결과의 해석을 다루었다.

2. 드래프트조작의 주파수응답함수

해석을 간단하게 하기 위하여 외부잡물신호 Z=Z(t)는 무시하기로 한다. 그러면 제1부의 (14)식은,

$$Y(\omega, T) = F(\omega) \cdot X(\omega, T) \cdot \cdots\cdots (1)$$

그러므로 입력과 출력의 Fourier 변환 $X(\omega, T)$, $Y(\omega, T)$만 알면 계의 특성을 알 수 있다.

Felix에 의하면 단섬유는 시간과 선밀도를 좌표축으로 하는 직각좌표에서 단형펄스로 표시할 수 있다(그림1). 그림1에서 j는 단섬유 한올을 나타내고 g는 단위길이당의 질량을 나타낸다. 섬유의 앞끝은 시간 a_j일 때에 드래프트기구로 공급이 되고 그 섬유의 뒤끝은 $T_t+(L_j/cv)$ 시간에 드래프트기구를 빠져나온다. 섬유 j의 길이는 L_j이다.

슬라이버는 여러 가닥의 섬유로 구성이 되어 있다. 그러므로 입력 및 출력 슬라이버의 선밀도 $x(t)$, $y(t)$는 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$\left.\begin{aligned} x(t) &= \sum_j x_j(t) \\ y(t) &= \sum_j y_j(t) \end{aligned}\right\} \cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

단섬유의 Fourier 변환 $X_j(\omega, T)$와 $Y_j(\omega, T)$는 제1부의 식 (3)으로부터

$$\left.\begin{aligned} X_j(\omega, T) &= \frac{g}{i\omega}\exp(-i\omega a_j)\{1-\exp(-i\omega\frac{L_i}{c})\} \\ Y_j(\omega, T) &= \frac{g}{i\omega}\exp\{-i\omega(a_j+T_x)\}\{1-\exp(-i\omega\frac{L_j}{vc}\} \end{aligned}\right\} \cdots\cdots\cdots\cdots (3)$$

역자주 : 단섬유 한 올은 단형펄스로 표시하기로 했으므로

$x(t) = U(t) = g, \qquad a_j \leq t \leq \Gamma_j + L_j/cv$

$= 0 \qquad$ 기타영역

이 함수를 도시화한 것이 그림 1이다. U(t)의 Fourier 변환을 제1부의 (3)식과 같은 방법으로 구한 것이 앞의 (3)식이다.

식(2)와 (3)으로부터 입력 및 출력 슬라이버의 Fourier 변환을 구할 수가 있다.

$$X(\omega, T) = \underline{g}\sum \exp(-i\omega a_j)\{1-\exp(-i\omega\frac{L_j}{c})\}$$

$$Y(\omega, T) = \frac{g}{i_\omega}\exp(-i\omega\Gamma t)\sum_j \exp(-i\omega a_j)\{1-\exp(-i\omega\frac{L_i}{cv})\}$$

$\cdots\cdots\cdots\cdots$ (4)

이들 방정식을 Fourier 변환 X(ω, T), Y(ω,T)이 섬유가 드래프트 기구에 들어가는 시간 a_j에 따라서 결정된다는 것을 뜻하고 있다. 바꾸어서 말하면 Fourier 변환은 슬라이버내의 섬유배열에 따라서 영향을 받는다는 것을 뜻한다. 이것은 주파수 응답함수 F(ω)가 슬라이버내의 섬유배열의 영향을 받는다는 것을 가르킨다.

등장섬유와 같은 특별한 경우에는 (L_j = L인 경우) 주파수응답함수를 쉽게 계산할 수 있다. 식(4)는 이 경우에,

$$\left.\begin{aligned} X(\omega, T) &= \frac{g}{i\omega}\{1-\exp(-i\omega\frac{L}{c})\}\sum_j \exp(-i\omega a_j) \\ Y(\omega, T) &= \frac{g}{i\omega}\exp(-i\omega Tt)\{1-\exp(1i\omega\frac{L}{cv})\}\sum_3 \exp(-i\omega a_j) \end{aligned}\right\} \cdots\cdots\cdots (5)$$

(1)식에 대입하면,

$$F(\omega) = \exp(-i\omega Tt)\left\{\frac{1-\exp(-i\omega\frac{L}{vc})}{1-\exp(-i\omega\frac{L}{c})}\right\} \cdots\cdots\cdots\cdots (6)$$

그러므로 등장섬유와 같은 특별한 경우에는 $F(\omega)$ 는 슬라이버내의 단섬유 배열과는 무관하다.

같은 연구결과를 Felix의 보문으로부터도 알 수 있다. L'Horpital's rule에 의해서 $F(\omega)$ 의 정적치를 연산할 수 있다.

$$F(\omega \to 0) = F(\lambda \to \infty) = \frac{1}{v} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (7)$$

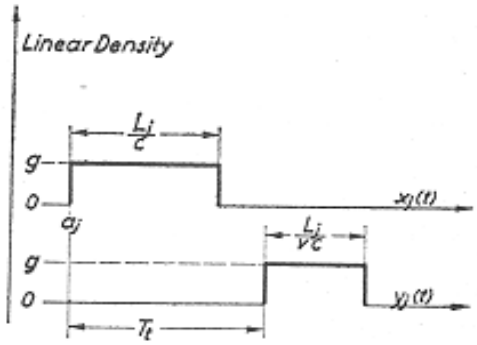
이 결과는 기대한 바와 같은 결과임을 알아 둘 필요가 있다.

식 (6)의 ω를 λ로 치한하면,

$$\frac{|F(\lambda)|}{F(\lambda \to \infty)} = v\left|\frac{\sin\frac{\pi L}{v\lambda}}{\sin\frac{\pi L}{\lambda}}\right| \cdots\cdots\cdots\cdots (8)$$

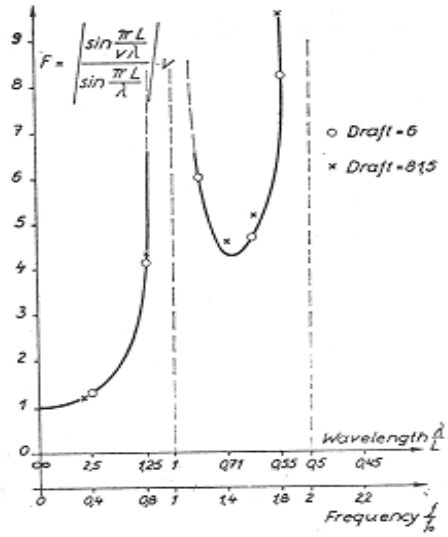
그림2는 식(8)을 $F(\lambda)$와 λ/L에 대해서 도시화 한 것이다. 이 그림을 제2부의 그림 5, 6, 7로 보인 실험결과와 대비하면 두 경우의 근이성이 인정된다. 즉, 계산결과나 실험결과를 보면 $F(\lambda)$는 파장 λ가 감소함에 따라서 증가하고 또 파장이 섬유장대표치와 같게 될 때는 $F(\lambda)$ 값이 처음으로 극대값을 갖는다는 공통점을 발견할 수가 있다.

식(8)을 유도할 때에는 섬유길이는 모두 같다는 것을 가정했다. 그리하여 지금부터는 섬유장분포가 있는 경우에 대해서 고찰을 하기로 한다. 식 (4)를 검토하면 $\{1-\exp[-i\omega(L_j/c)]\}$와 $\{1-\exp[-i\omega(L_j/cv)]\}$는 섬유길이가 등장일 때는 상수라는 것을 안다.



<그림 1> 시간-선밀도좌표축에서 섬유 j의 표시

(c; 입력섬유의 속도, *v*; draft, L_j ; 섬유길이, g; 단위길이당의 무게)



<그림 2> Felix의 드래프트이론

(L ; 섬유길이, *v*; 드래프트)

그리하여 식 (4)는 다음과 같이 고쳐 쓸 수도 있다.

$$X(\omega, T) = \frac{g}{i\omega}\sum\left[\left\{1-\exp(-i\omega\frac{L}{c})\right\}\sum_{aL}\exp(-iwa_L)\right]$$

$$Y(\omega, T) = \frac{g}{i\omega}\exp(-i\omega Tt)\sum_{L}\left[\left\{1-\exp(-iw\frac{L}{i\omega})\right\}\sum_{aL}\exp(-i\omega a_L)\right]$$

· · · · · · · · · · · · · · · (4a)

이 식에서 기호 $\sum_{aL}$ 은 섬유길이가 L 되는 모든 섬유에 대해서 합계한다는 뜻이다. (40)식을 보아서도 알 수 있듯이 $X(\omega,T)$와 $Y(\omega,T)$값은 확실히 이 합계치에 의해서 영향을 받음을 알 수 있다.

측정시각 T에서 측정점을 지나가고 있는 슬라이버를 생각하자, 이 때 슬라이버 단면에는 섬유가 n올 있다고 가정한다. Dl 때의 섬유길이의 상대도수를 P_L라고 하면 길이 L인 슬라이버내에는 $N_L=P_Ln$개의 섬유가 있게 된다. 또 길이가 같은 섬유끼리는 $\triangle a_L$만큼 떨어진 거리에 있다고 가정하면,

$$\triangle a_L = \frac{T}{n_L} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (9)$$

길이가 L인 섬유는 다음과 같이 연조기내에 들어간다.

$$a_{L,K} = k\frac{T}{n_L} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (10)$$

합계 $\sum_{aL}$ 는 다음과 같은 적분으로 근이시킬 수 있다.

$$\sum_{aL=0}^{[(nL-1)/nL].T} \exp(-i\omega a_L) \approx \frac{n}{T}\cdot\frac{1}{i\omega}\int_0^{[(nL-1/nL].T} \exp(-i\omega a_L)da_L = \frac{n_L}{T}\frac{1}{iw}\left\{1-\exp(-i\omega\frac{n_L-1}{n_L}T\right\}$$

시간이 길어지면 $T\to\infty$이므로 $\frac{n_L-1}{n_L}=1$ 그리하여 결과적으로,

$$\sum_{aL}\exp(-iwa_L) = \frac{n}{T}\cdot\frac{1}{i\omega}P_L\{1-\exp(-i\omega T)\} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (11)$$

주파수응답함수 $F(\omega)$로 다음과 같이 표시된다.

$$F(\omega) = \exp(-i\omega T_t)\left\{\frac{\sum P_L\{1-\exp(-i\omega\frac{L}{cv})\}}{\sum P_L\{1-\exp(-i\omega\frac{L}{c})\}}\right\} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (12)$$

그러므로 식 (7)은 이 경우에도 $F(\omega)$의 정적치를 나타낸다는 것을 알 수 있다.

파장 λ를 ω대신 사용해서 계산을 하면,

$$\frac{|F(\lambda)|}{F(\lambda \to \infty)} = \sqrt{\frac{A^2(\lambda) + B^2(\lambda)}{C^2(\lambda) + D^2(\lambda)}}$$

$$A(\lambda) = \sum_L P_L (1 - \cos\frac{2\pi aL}{\lambda v}) \qquad B(\lambda) = \sum_L P_L \sin\frac{2\pi L}{\lambda v}$$

$$C(\lambda) = \sum_L P_L (1 - \cos\frac{2\pi L}{\lambda}) \qquad D(\lambda) = \sum_L P_L \sin\frac{2\pi L}{\lambda}$$

· · · · · · · · · · · · · · (13)

식 (13)의 수치계산을 위해서 P_L의 데이터를 30개로 한정하고 스테이플 다이어그램을 길이 1mm차되게 구분했다. 식 (12)와 (13)을 유도할 때에는 가정을 여러 가지로 했기 때문에 근이결과 밖에 얻지 못한다. 특히 입력과 출력 슬라이버의 배열에 대해서 대답한 가정을 했기 때문에 더욱 그렇다.

드래프트 기구의 이상주파수응답함수는 드래프트비를 상수로 놓고서 유도할 수 있다. 이 과정에서는 섬유배열이 바뀌는 것이 사실이다. 확실히 드래프트기구가 최적조건으로 유지만 된다면 출력슬라이버의 선밀도 변동은 가능한 한도내에서 줄일 수 있는 것도 사실이다. 그리하여 이 경우에는 F(ω)를 최소되게 할 수 있다고 믿을 수 있다. 이 경우에는 드래프트 롤러의 앞뒤의 파지선에 물려 있는 섬유만이 영향을 받게 된다.

다음의 계산에서는 앞의 드래프트 롤러에 섬유가 들어갈 때 가속이 된다고 가정한다. 그리하여 입력슬라이버의 속도가 드래프트구간 S내에서는 언제나 C라고 가정 한다. 드래프트 기구가 최적조건을 갖추었을 때도 이 기구는 출력슬라이버의 선밀도를 입력슬라이버의 선밀도를 *v*로 나눈 값과 같게 만들 수 있다. 드래프트기구 자체는 그 안에서 섬유올수의 증가를 유발할 수는 없고 더욱이 드래프트기구 밖으로 나아간 섬유에 영향을 줄 수도 없다. 이와

같은 고찰로부터 출력슬라이버의 선밀도 y(t)의 변동이 최소로 될 수 있는 근이표현을 할 수 있다. 즉,

$$y(t) = \frac{c}{vs}\int_{t-(s/c)}^{t} x(\tau)d\tau \quad \cdots\cdots (14)$$

x(t)와 y(t)를 역 Fourier 변환으로 표시해서

$$x(t) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty} X(\omega, T)\exp(i\omega t)d\omega$$

$$y(t) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty} F(\omega)X(\omega, T)\exp(i\omega t)d\omega$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots (15)$$

식(14)의 $x(t)$를 치환하고 (15)식의 적분으로 y(t)를 구해서 $F(\omega)$를 구하면,

$$\left.\begin{aligned} F(\omega) &= \frac{2C}{vs\omega}\exp(-i\omega\frac{s}{2c})\sin\frac{\omega s}{2c} \\ F(\lambda) &\frac{1}{v}\cdot\frac{\lambda}{\pi s}\exp(-i\frac{\pi s}{\lambda})\sin\frac{\pi s}{\lambda} \end{aligned}\right\} \cdots\cdots\cdots\cdots (16)$$

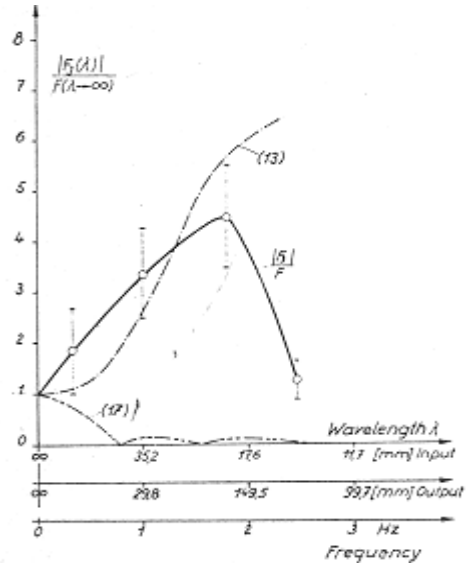
이 관계로부터

$$\frac{|F(\lambda)|}{F(\lambda\to\infty)} = \frac{\sin\frac{\pi s}{\lambda}}{\frac{\pi s}{\lambda}} \quad \cdots\cdots (17)$$

그림 3, 4, 5는 조방기, 링정방기 및 오픈엔드 정방기의 각각에 대해서 주파수응답의 이론치와 실험치를 대비한 것이다. 그림의 제일 밑에 있는 곡선을 (17)식으로 계산된 드래프트구간내에서의 이상곡선이고, 제일 위의 곡선은 (13)식으로 계산한 이론식이다. 실험곡선을 이들 두 곡선 사이에 대체적으로 포함되는 것을 알 수 있다. 그림 5에서 보인 오픈엔드 정방의 경우에도 이상 draft를 계산하는데 별도의 계산이 필요했다.

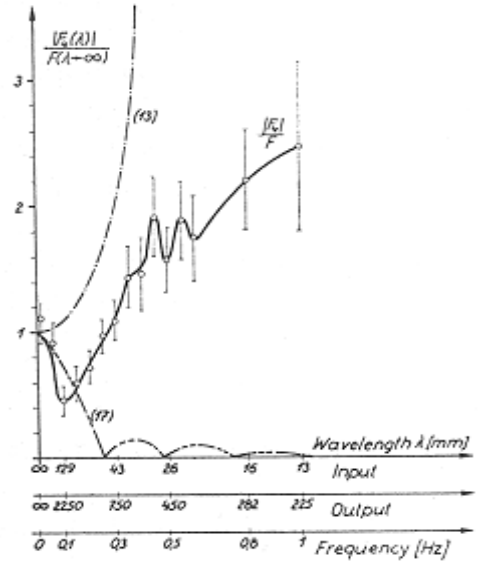
연조기는 계산을 하지 않았는데 이 경우에는 실험치가 제일극대치범위내에 들어가지 않았기 때문이며 이는 아날로그-디지털 변환기의 속도에 한정이

있었기 때문이다.



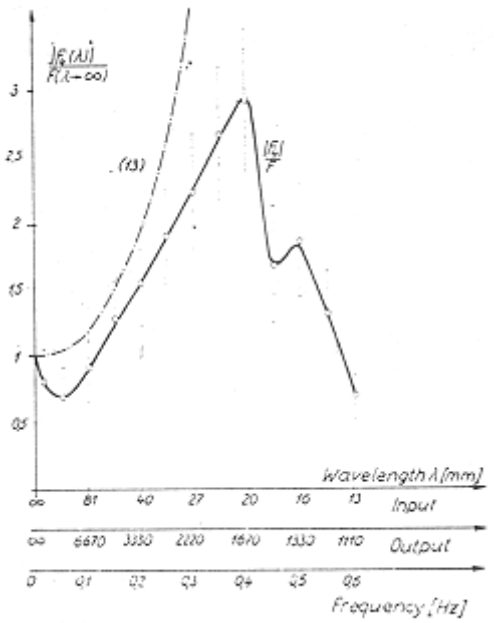
<그림 3> 조방기의 주파수응답함수

(식 (13)과 (17)로 계산한 이론치 및 실험치)



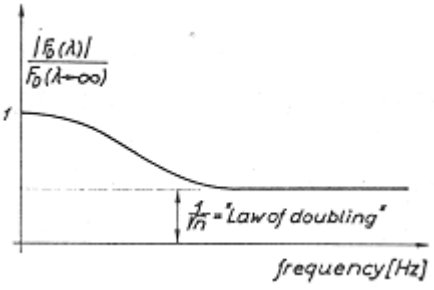
<그림 4> 링정방기의 주파수응답함수

(식 (13)과 (17)로 계산한 이론치 및 실험치



<그림 5> 오픈엔드 정방기의 주파수응답함수

(식(13)과 (17)로 계산한 이론치 및 실험치)



<그림 6> 더블링조작의 주파수응답함수의 도식화)

3. 더블링조작의 주파수응답함수

제1부에서는 더블링조작의 주파수응답함수 $F_D(\omega)$를 유도했다. 제2부에서는 6가닥의 슬라이버를 더블링해서 실험한 결과를 제시했는데 본보에서는 더블링조작의 실험결과를 해석하기로 한다.

제1부의 (26)식을 가지고 $|F_D(\omega)|$ 값을 계산하기 위해서는 다음의 식을 알

필요가 있다.

$$\frac{\mathrm{Re}\,S_{xixj}(\omega)}{S_{xixi}(\omega)}$$

연조기에 공급되는 슬라이버는 소면 슬라이버이다. 또 다른 측정으로부터는 소면기의 주파수응답함수가 0.1Hz를 한계주파수로 하는 일차계라는 것을 알 수 있게 되었다. 0.1Hz이하의 공급선밀도변동은 소면기에서 감쇠없이 통과가 되었음도 알았다. 만일 여러 개의 소면기에 섬유를 기류전송 방식으로 집단공급을 한다면 소면기에 공급되는 섬유의 입력밀도는 공급로의 공기압력의 영향을 받고 이 밀도의 변화는 음속과 같은 속도로 소면기에 공급된다. 그러므로 개개의 소면기에 입력되는 밀도의 변동은 저주파수 범위내에 있게 된다. 이것은 소면 슬라이버 번수에 영향을 미치게 된다. 주파수가 0인때에는 n가닥의 슬라이버를 더블링할 때의 주파수응답함수가,

$$\left|F_D(\omega \to 0)\right| = n$$

로 된다.

소면기에 공급되는 섬유밀도의 변동주파수가 1Hz이상일 때에는 소면기에서 10%이하 감쇠된다. 슬라이버의 선밀도 변동이 고주파수를 갖을 때 대부분의 경우는 n가닥의 슬라이버가 독립적으로 변동하며 서로 연관성이 있는 변동은 하지 않는다. 그 이유는 소면기에 공급되는 섬유뭉치 개개는 크기가 틀리고 소면기의 호퍼내에 순간적으로 공급이 되기 때문이다. 이런 사실은 소면슬라이버의 공액스펙트로 밀도를 갖는다는 것을 뜻한다. 즉,

$$R_e S_{xixj}(\omega) \to 0, \quad f \geq 1\mathrm{Hz} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (19)$$

이라는 뜻이다.

이것을 제1부의 식(26)에 대입하면,

$$\left|F_D(\omega)\right| \to \sqrt{n}, \quad f \geq 1\mathrm{Hz} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (20)$$

라는 뜻이고 이 결과를 도시화 한 것이 그림 6이다.

우리가 보통으로 알고 있는 더블링의 법칙은 위와 같이 슬라이버간에 상관이 없는 경우에 한해서 타당성이 있으며 이 때에는 다음의 관계가 성립한다.

$$\frac{|F_D(\lambda)|}{F_D(\lambda \to \infty)} = \frac{1}{\sqrt{n}} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (21)$$

제2부의 그림 4의 측정치와 (21)식의 결과를 비교하면 슬라이버의 선밀도 변동의 주파수가 약 10Hz될 때까지는 실험과 (21)식의 상관이 인정되나 10Hz 이하이면 즉, 파장이 700mm이상이면 출력슬라이버의 선밀도변동은 약간 더블링의 결과로 감쇠함을 알 수 있다. 이와 같은 고찰에 의해서 더블링 조작에 의한 선밀도변동률의 감소는 각각의 슬라이버 사이의 상관관계에 의존되고 있음을 알 수 있다. 이것을 구체적으로 말하면 더블링되는 슬라이버 각기는 서로 상관관계가 있을 때 번수변동의 폭을 적게 감쇠시킨다는 것을 뜻한다.

4. 결 론

실이나 슬라이버의 선밀도변동을 제1부에서 보인 수학적모형으로 표시할 수 있음을 실험적으로 확인했다. 방적공정의 주파수응답함수와 외부잡음신호의 스펙트로 밀도함수는 컴퓨터 프로그램으로 신속하게 계산할 수 있었다. 이들 계산은 모두 면방적기계에 대한 것이었고 이 계산결과는 실이나 슬라이버의 불균제도와 연관시켜서 기계의 성능을 규정하는데 사용할 수 있다.

제2부의 실험결과나 제3부의 이론적 고찰결과는 드래프트조작의 결과는 슬라이버의 균제도를 저하시킨다는 것을 알 수 있게 했다. 그러나 더블링조작은 선밀도변동의 파장이 짧을 때 실의 균제도를 향상시킬 수 있음을 알

수 있게 했다.

향후의 연구에서는 주파수응답함수와 외부잡음신호가 기계의 게이지, 기계의 유형 및 원료 등에 따라서 어떻게 영향을 받는가 하는 것을 다룰 것이다.

본 연구결과의 신뢰한계를 더 높게 하기 위해서 주파수응답의 계산치와 측정치의 차이를 더 좁히는 문제도 계속 연구 될 것이다. 또한 실험결과를 해석할 때 몇 가지의 전제조건에 대한 신뢰한계도 높이는 문제도 향후의 연구에서 다루어져야 한다.