

VTR(VCR, DAT) 주행계 진동문제의 고찰

김중배* 박남수* 이상조** 박영필***

(Review on the Vibration Problems in VTR Transporting Mechanisms)

(Joong-Bae Kim, Namsoo Park, Sang-Jo Lee, Young-Pil Park)

Abstract

In the present study, the following factors are analyzed systematically using the theoretical and experimental methods, which have the significant influence on the quality of VTR tape path system in order to develop the high performance and quality in VTR mechanism: (1) Vibration characteristics of the deck including the tape path system, (2) Modeling the global tape path, (3) Torsional vibration of the VTR drum, (4) Capstan system, (5) Tension bar, (6) Stick-slip phenomenon of the running tape.

1 서론

국내 VTR 사업계는 1981년부터 VTR개발에 착수하여, 5년만에 수출모델을 생산하였으며 현재 가전 3사(금성, 삼성, 대우)가 연간 8백만대 이상을 수출하여 세계 VTR 시장의 25% 이상을 점유하는 큰 성장을 이룩하였다. 그러나 VTR의 질적인 면을 고려할 때, 부가가치가 높은 중급 이상 고급 모델의 시장은 일본이 거의 독점하고 있는 상황이며 이제는 주문자 생산방식으로 생산성이 일본 자국 내 시장에서 밀려난 저 가격 모델에 까지 수출 시장이 파고 들어 한국 VTR 업체를 긴장시키고 있다. 그리고 일본의 기술력, 즉 VTR 관련 10여개 기업마다 효과적인 연구소를 운영하여 차세대 VTR - Full Digital 방식을 개발하고 있는 현실을 감안한다면 이제 단순히 낮은 기술과 저임금에서 생산되는 VTR은 세계 수출 시장에 입지의 여지가 없다는 현실을 일깨우기에 충분하다.

한편 현재 국내 생산 VTR의 설계 수준을 살펴 보면 신호처리에 관련된 전자공학적인 기술과 기구학적 설계 기법은 상당히 진보된 상태이나, 소형모터와 전용 드라이브 IC 등과 같은 핵심부품의 설계 및 생산, 다이아몬드 절삭가공 기술 등은 선진공업국의 기술에 의존하고 있는 실정이다. 특히 아날로그 신호의 교환에 관계된 기구와 주행계의 설계에 관계된 기초기술이 미흡하여 고품위의 VTR 설계에 어려움이 있는 것으로 판단되고 있다. 테이프 주행 자기기록장치는 근자에 오디오-비디오 제품의 가장 근간을 이루는 장치로 그 응용범위가 앞으로 더욱 넓어질 것으로 기대되고 있다.

선진국의 비디오 기술의 흐름은 일본이 선도하고 있으며, Full Digital 방식의 VTR, HD (high definition) 방식의 TV, 컴퓨터를 결합하여 가정에서도 정보를 VTR로 수신할 수 있도록 하는 제품의 개발을 서두르고 있다. 현 국내 기술 개발의 추세도 이러한 현황을 인식하여 변화하는 VTR의 세계시장의 흐름에 부응하는 것이 절실히 요구된다.

특히 본 논문에서 연구대상이 되는 테이프 주행계의 메카니즘은 기계적으로 매우 복잡한 계로서, 이에 대한 이론적인 접근과 규명 방법을 확보하지 않고는 고

품위의 제품을 국내에서 독자적으로 설계하거나 제작하기가 거의 불가능한 상태이다.

따라서 이러한 메카니즘에 관계된 내용 중에서 테이프와 회로사이에 아날로그 및 디지털 신호의 안정된 교환을 도모하기 위해 가장 많은 영향을 미치는 진동 특성에 관하여 연구하였다.

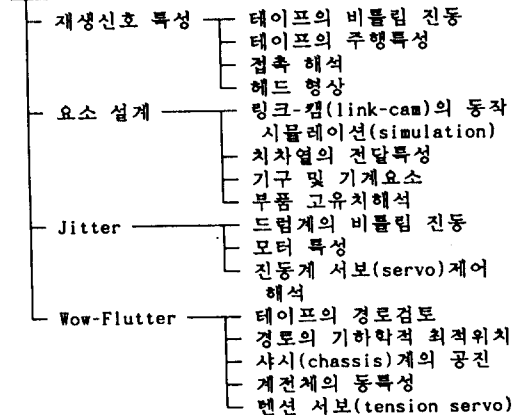
본 연구에서는 테이프 주행 자기기록장치의 성능향상을 위해

- (1) 테이프 주행계 전체를 포함한 데크(deck)의 진동 특성,
- (2) 전체 주행계의 모델링,
- (3) VTR 드럼의 비틀림 진동 특성,
- (4) 캡스탄(capstan)계,
- (5) 텐션바(tension bar),
- (6) 주행 테이프의 스틱 슬립(stick-slip) 현상 등에 대해 연구하였다.

2 VTR에 관련된 진동문제

2.1 연구 영역

회전헤드방식 자기테이프 기기



2.2 연구대상

2.2.1 테이프의 주행특성 분석

- 테이프의 중·횡진동
- 포스트와 테이프간의 마찰
- 릴과 릴 사이의 테이프 주행로의 안정성
- 텐션바의 해석
- 스틱 슬립

2.2.2 테이프-헤드 상호작용

- 접촉 메카니즘 분석
- 공기막 베어링의 분석
- 헤드의 형상이 테이프에 미치는 영향의 분석

* 연세대학교 기계공학과 박사과정
** 연세대학교 기계공학과 부교수
*** 연세대학교 기계공학과 교수

2.1.3 드럼의 동적해석

- 비틀림 및 종진동 해석
- 댐퍼의 최적설계
- 베어링 분석

2.3 VTR 주행계 진동문제 연구방향

VTR 테이프 주행계의 진동분석을 수행함에 있어 주요 연구과제에 대한 연구방향 개요를 블럭도로 나타내면 Fig.1 과 같다.

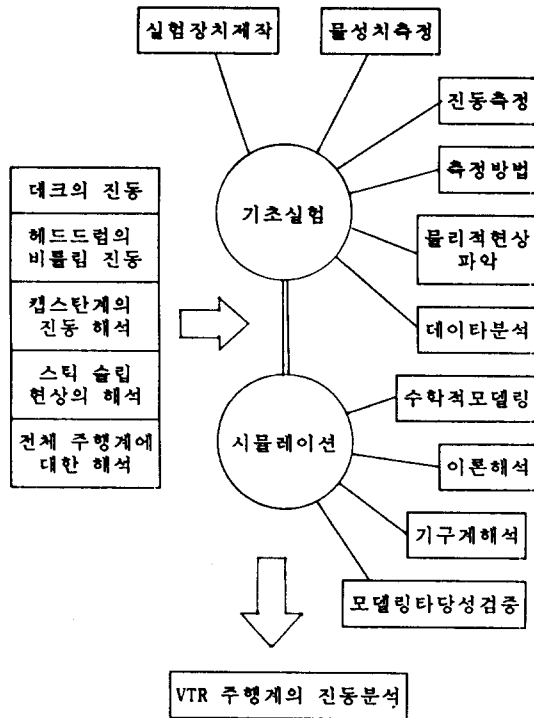


Fig.1 Vibration analysis method of VTR tape path system

3 각 문제에 대한 구체적 사례

3.1 데크(deck) 메카니즘의 진동

VTR 데크 메카니즘의 내부 가진원을 찾기 위해 데크의 고유진동수 및 감쇠계수의 추출, 데크 베이스 사시의 공진주파수 측정, 드럼 돌출 헤드의 영향, 기존의 구조에 포스트를 첨가 하였을 경우, 타 데크와 비교, 저주파 영역에서의 가진원에 대한 연구, 임피던스 롤러(impedance roller)의 관성 변화에 대한 영향 등에 대한 실험을 수행하였으며, 실제계에 적합하도록 컴퓨터에 의한 시뮬레이션을 위한 프로그램을 개발하였다. 예로써 Fig.2는 데크의 진동 파라미터를 찾기 위한 실험장치의 개략도이며, 실험 결과로 1차고유진동수는 83.9 Hz, 감쇠계수 0.029, 2차고유진동수는 231.6Hz 감쇠계수 0.182 를 구할 수 있었다.

데크의 모든 부착물을 제거한 후, 베이스 사시만을 메인 프레임에 고정시킨 상태에서 임팩트 해머와 가속도계를 사용하여 고유진동수를 측정하고, 사시에 조립

물들을 부착하면서 공진 주파수의 변화를 측정하였다. 실험 결과의 예로써 사시만의 1차고유진동수는 63.75 Hz 이었으며, 헤드드럼이 부착되었을 경우 51.25 Hz 로 저하하였다. 드럼의 돌출헤드는 드럼의 회전 속도와 헤드의 수에 따라 가진 주파수가 다르다. 이러한 드럼의 돌출헤드는 데크자체에 대한 영향을 무시해도 좋을 정도이나, 테이프의 종진동에는 매우 중요한 영향을 미치고 있다.

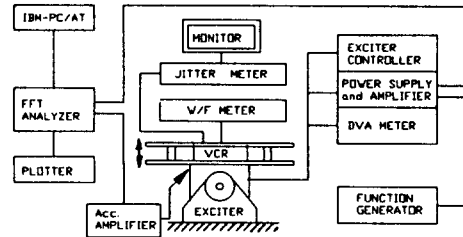


Fig.2 Schematic Diagram of Experimental Setup

3.2 주행계의 모델링

Fig.3은 데크의 구조를 나타내고 있다. 먼저 모델링을 위해 테이프의 진동 범위는 충분히 작으며, 테이프는 선형 탄성재질이고, 각 포스트에서의 마찰은 일정하다고 가정한다.

Fig.4는 데크의 수학적 모델링을 제시하고 있으며, 사용된 파라미터는 Table 1 과 같다. 임피던스 롤러의 계진효과를 알아보기위한 시뮬레이션 결과의 예로써 Fig.10은 1000 KHz 의 밴드폭 갖는 랜덤 신호로 공급 필을 가진한 경우이고 Fig.11은 임피던스 롤러의 질량을 3.5배 증가시킨 경우로서, 주파수 응답 레벨이 감소하였음을 제시하고 있다.

3.3 VTR 드럼의 비틀림 진동

VTR 드럼의 비틀림 진동은 회전감쇠기, 불균형 질량, 그리고 회전 드럼의 고유진동수 변화에 대한 해석으로 나눌수 있다.

회전 감쇠기가 없을 경우, Fig.5(a)와 같이 회전계의 축에 감쇠효과가 없는 2자유도의 비틀림 진동계로 모델링하고, 회전 감쇠기가 있을 경우에는 Fig.5(b)와 같이 비틀림 상수와 감쇠계수를 갖는 3자유도의 비

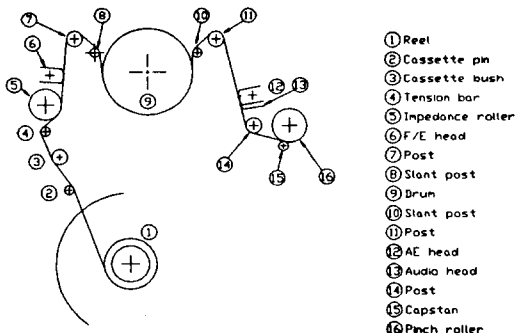


Fig.3 Typical Structure of a Deck

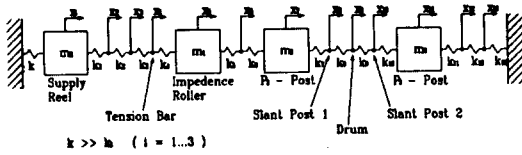


Fig. 4 Mathematical Model of Tape Path

Table 1 Parameters used in Simulation

AE(N)	m_R (g)	m_1 (g)	m_2 (g)	m_3 (g)		
1467.4	10.4	4.1	0.009	0.009		
l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6	
25.77	15.07	14.07	7.33	17.72	23.11	
l_7	l_8	l_9	l_{10}	l_{11}	l_{12}	l_{13}
9.54	14.97	14.97	9.54	36.68	14.00	16.03

- * l : tape length(mm)
- m : mass
- A : cross-section area of tape
- E : Young's modulus of tape

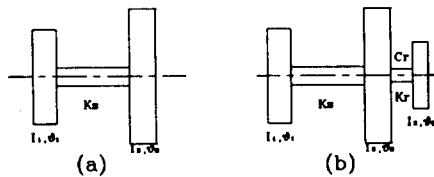


Fig. 5 Modelling of Head Drum Ass'y (a) without Damper and (b) with Damper.

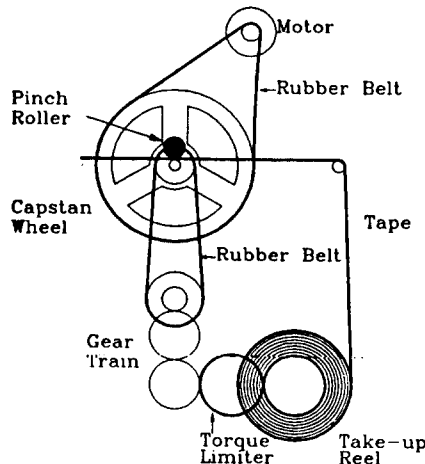


Fig. 6 Schematic Diagram of Capstan System.

틀림 진동계로 모델링할 수 있다. 여기서 주된 연구는 두 모델의 해석을 통하여 회전 감쇠기의 진동 억제 효과를 분석하고, 상용 회전속도에서 가장 최적의 감쇠 효과를 갖는 회전 감쇠기를 설계하는 것이다. Fig. 12와 Fig. 13은 각각 회전 감쇠기가 없을 경우와 있을 경우의 주파수 응답을 보여주고 있으며 회전 감쇠기가 진동을 약 20 dB 정도 감소시켜줌을 알 수 있다.

회전 드럼의 불균일 질량은 상부 드럼, 모터 등의 가공 오차나 조립 정밀도의 저하등이 원인이 된다. 이와 같은 불균형 질량의 존재는 회전 드럼의 진동을 발생시키므로 회전 드럼에 균형 질량을 부착하여 진동을 억제하여야 한다.

회전 드럼의 고유진동수 변화에 대한 분석은 상부 드럼의 질량을 변화시켜 고유진동수를 변화시킨후 그때의 응답을 분석하고 가장 최적의 고유진동수를 결정하여 계의 안정화를 이루는 것이다. 여기서 에드와 테이프의 접촉시의 충격응답의 계산 결과가 Fig. 14에 나타나 있다.

3.4 캡스탄 계의 진동 해석

자기기록 장치의 테이프 주행계를 모터, 캡스탄, 기어와 릴(reel)장치, 테이프, 고무벨트로 이루어진 다자유도 진동계로 단순화시켜 각 요소의 파라미터를 변화시켜 가면서 계의 진동 현상을 해석한다. 자기 테이프의 주행을 지배하는 캡스탄계의 개략도가 Fig. 6에 도시되어 있다. 이를 Fig. 7과 같이 다자유도의 회전 진동계로 모델링 한다. 계의 해석을 통하여 계의 안정성에 큰 영향을 미치는 요소들을 선별해내고 파라미터의 변화에 따른 진동현상의 변화를 분석한다. Fig. 15는 계의 기동시의 진동현상을 나타내며, Fig. 16은 시간의 경과에 따른 테이프의 텐션 변화를 보여주고 있다.

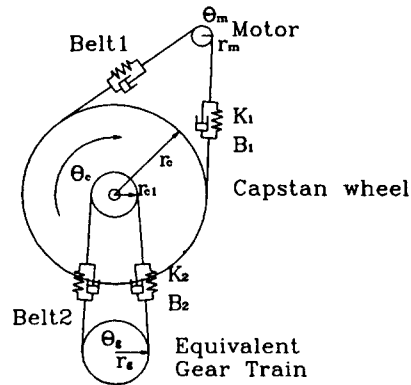


Fig. 7 Modelling of Capstan System.

3.5 텐션 서보(tension servo)의 해석

텐션 서보는 기계식과 전자식으로 크게 나눌 수 있다. 텐션 서보의 해석은 비교적 간단한 구조를 가진 기계적 텐션 서보의 동역학적 특성을 파악하고 계의 파라미터가 테이프 텐션의 변화에 미치는 영향에 대하여 연구한다. 그리고 전자식 텐션 서보에 대하여 같은 방법으로 분석하여 두 방식간의 장단점을 비교, 분석한다. Fig. 8은 기계식 텐션서보의 개략도를 나타내며, 연구내용의 개략도를 Fig. 9에 나타내었다.

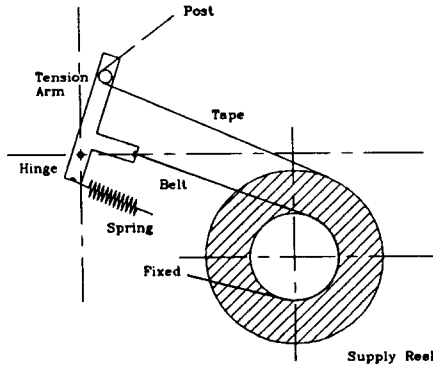


Fig.8 Schematic Diagram of Mechanical Tension Servo System.

스토플러가 갖는 테이프 진동억제효과, 임피던스 스토플러의 관성모우멘트에 따른 주파수 특성등의 해석은 종진동의 억제에 대해 매우 중요하다고 사료된다. 따라서 테이프 주행시 가이드 포스트와의 접촉면에서 존재 하는 마찰에 의해 발생하는 스틱 슬립 현상에 대해 다음과 같은 연구를 수행하여야 한다.

- 가) 가이드 포스트와 테이프를 이루어진 시스템에 대한 기초실험과 수학적 모델에 대한 시뮬레이션을 통해 스틱 슬립 현상의 기초연구를 수행한다.
- 나) 스틱 슬립에 의한 테이프 주행시의 불안정한 특성을 파악하기 위해 가이드 포스트의 배치, 테이프의 속도, 테이프 텐션, 가이드 포스트와 접촉부의 마찰계수 등의 영향을 분석한다.
- 다) 테이프 주행시의 스틱 슬립 현상을 유효하게 억제할 수 있는 임피던스 스토플러의 역할을 시뮬레이션과 실험을 통해 분석한다.

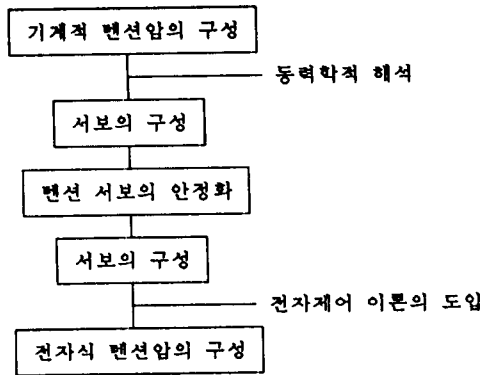


Fig.9 Block Diagram of Research Topic.

위의 계에 대하여 이론 해석과 실험을 병행하며 최적의 텐션 서보의 설계에 대하여 연구하고 설계 파라미터를 제공한다.

3.6 스틱 슬립(stick-slip)현상의 해석

테이프 주행경로를 형성하는 기구계에서 테이프의 주행로를 안정되게 안내하기 위해 사용되는 것이 바로 가이드 포스트이며, 테이프는 이러한 가이드 포스트와 일정한 접촉면을 유지하면서 주행하게 된다. 이때 테이프와 가이드 포스트 사이의 마찰에 의해 스틱 슬립 현상이 발생하며, 이에 따라 테이프는 종방향으로 진동하면서 주행하게 된다. 이러한 종진동으로 인해 테이프의 주행은 불안정하게 되며, 데이터의 기록과 재생시에 에러가 발생하게 된다. 특히 VTR의 경우 테이프 주행시에 발생하는 종진동의 영향은 재생시에 지터(jitter)값을 악화시켜 재생된 화질을 저하시키므로 VTR의 성능평가에 있어 중요한 요인중의 하나가 되고 있다. 따라서 이러한 테이프 주행시의 종진동의 원인이 되는 스틱 슬립 현상을 파악하여 개선점을 찾아 테이프 기록장치의 성능을 향상시키는 일은 매우 중요하다고 사료된다. 테이프 주행계에서 발생하는 이러한 스틱 슬립 현상은 테이프와 접촉하여 테이프의 이송속도와 같은 원주속도를 갖는 임피던스 스토플러 사이의 비교적 큰 정마찰력에 의해 억제시킬 수 있다. 즉, 테이프의 종진동은 임피던스 스토플러에 전달되어져 주행계가 갖는 진동전달특성에 대해서 감쇠력을 작용시키게 된다. 따라서 이러한 임피던스

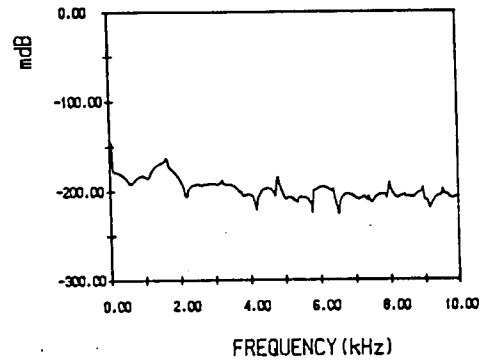


Fig.10 Frequency Response of Supply Reel

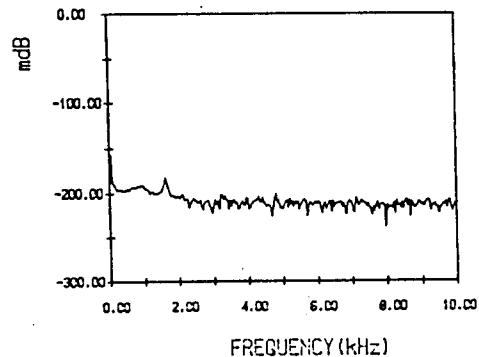


Fig.11 Frequency Response of Supply Reel with Increased Equivalent Mass of the Impedance Roller

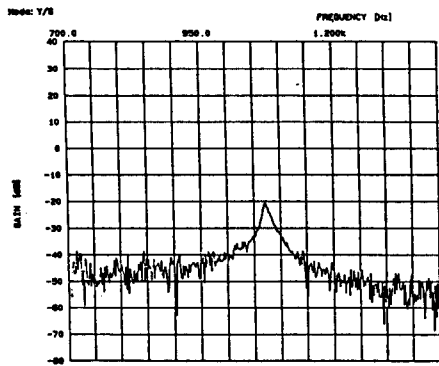


Fig. 12 FRA of Head Drum Assay' without Damper.

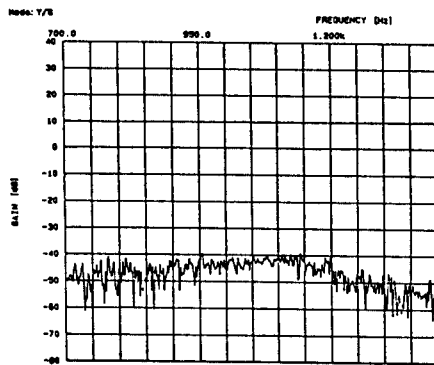


Fig. 13 FRA of Head Drum Assay' with Damper.

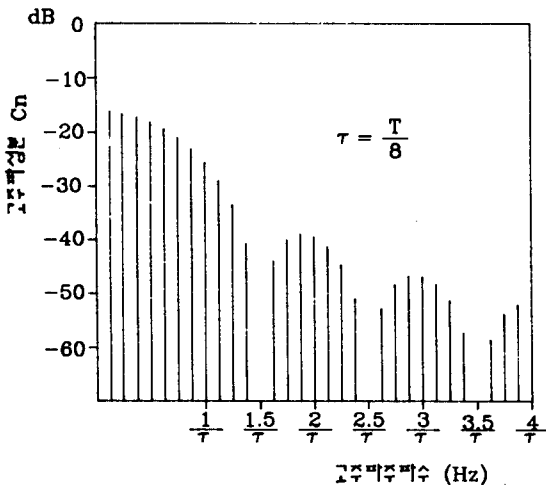


Fig. 14 High Frequency Component of Impulse Pulse.

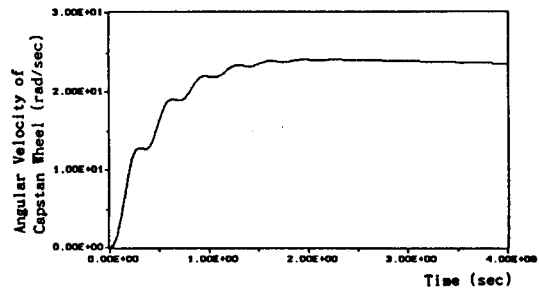


Fig. 15 Simulated Angular Velocity of Capstan Wheel at Starting.

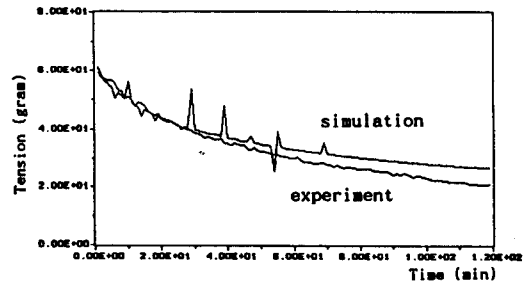


Fig. 16 Comparison of Tape Tension Between Experiment and Simulation.

4 인용 문헌

- [1] Cutler, D.S., " Analysis of Capstan Servo Response," Electron. Eng., Vol.51, No.631,Nov. 1979, pp 85,87-89.
- [2] Kocherscheidt, G.and Moreth, R. "Capstan Drive for the Smallest Professional Color TV Recorder Camera,"Feinwerktech.and Messtech. Vol.93, No.4 MAY 1985 PP.169 - 170
- [3] 박영필 등, " VCR Drum 및 Capstan 계의 진동해석 및 제어," 연세대학교 산업기술연구소 연구보고서 1990. 1
- [4] O.J. Bonello , " A New Tape Transport System with Digital Control," J. of Audio Eng. Soc., Vol.31, No.12, 1983, pp.921-930
- [5] Jerzy Koricki, " Mathematical Model of the stick-slip Phenomenon," Wear, Vol.55, pp.261-263, 1979.
- [6] Kanji Kubo and et all, " Tape Transport System for VHS VTR," National Technical Report, vol. 25, No.1, pp.61-69, Feb.1979.
- [7] Asok K. Mukhpadhyay, " Study of the Effect of Static/Dynamic Coulomb Friction Variation at the Tape-Head Interface of a Space-craft Tape Recorder by Non-linear Time Response Simulation, IEEE Trans. on Magnetics, Vol.14, No.5, pp.333-335, Sep.1978.