

지폐 구동장치 Stack Wheel 진동해석 및 평가에 관한 연구

A study on the vibration analysis and test evaluation for stack wheel of note handling units

*#김주한¹, 류세현², 성하경³

*#J. H. Kim¹(kimjh@keti.re.kr), S. H. Rhyu², H.G.Sung³

전자부품연구원 지능메카트로닉스 센터

Key words : Automatic Teller Machine, Note Handling Units, Temporary current storage, vibration analysis and test

1. 서론

금융 산업 경쟁력 강화에 따른 금융 서비스의 자동화 요구와 통합 금융 서비스로의 서비스 다변화에 따른 금융 임베디드 시스템의 폭발적 수요 증대와 함께 금융 서비스에서의 자동화 기기(ATM)의 중요성이 점차 증대되고 있다. 따라서 금융 자동화 기기의 근간을 이루고 있는 각 부품 소재의 핵심 기술이 금융 산업 경쟁력의 주요 요소로 부각 되고 있다. 지폐 구동장치는 은행권의 입출금, 이송, 환류, 저장 등의 기능을 수행하는 지폐 입출금기(ATM) 핵심 부품이다. 지폐구동장치는 고객이 지폐를 입금 시 받아주고 출금 시 지폐를 가져갈 수 있도록 전달해주는 기능을 하는 입출금부, 입출금시 지폐의 2장 급지를 방지하는 기능을 하는 2장 감지부, 고객이 거래를 하고나서 지폐를 수거하지 않았을 때 지폐를 회수하여 임시 보관하는 기능을 하는 반송보류부, 입금 시 고객이 투입한 금액이 맞는지 확인하기 위해 지폐를 일시적으로 임시 저장 보관하는 기능을 하는 일시보류부, 지폐 환류부에 지폐가 부족 시 지폐 보충을 위해 권종별 스택커의 충전 상황을 체크하고 지폐 보충부의 지폐가 지폐 환류부로 보충 시키거나 회수하는 기능을 하는 지폐 보충부, 지폐 보충부에서 지폐 환류부로 지폐를 분배할 때 손상된 지폐를 보관하는 기능을 하는 분배 회수부, 지폐의 보충이나 출금 시 지폐의 상태에 따라 Reject된 지폐를 회수하여 저장하는 기능을 하는 지폐 회수부, 기기 내부에 지폐보관 및 입금된 지폐의 출금기능이 있는 지폐 환류부로 구성되어 있다. ATM 기기는 금융기관 등에서 활용되는 기기로 고객과의 관계에 있어 신뢰성, 안정성 등이 아주 중요한 요소이고, 높은 신뢰성과 안정성을 구현하기 위해서는 신뢰성 평가기술 개발이 꼭 필요하다.

본 논문에서는 지폐구동장치의 일시 저장부의 중요 진동원인 Stack Wheel 모드해석 및 고유 주파수 해석하였으며, FFT분석장비를 이용 하여 Stack wheel의 진동 실험을 수행 하였다.

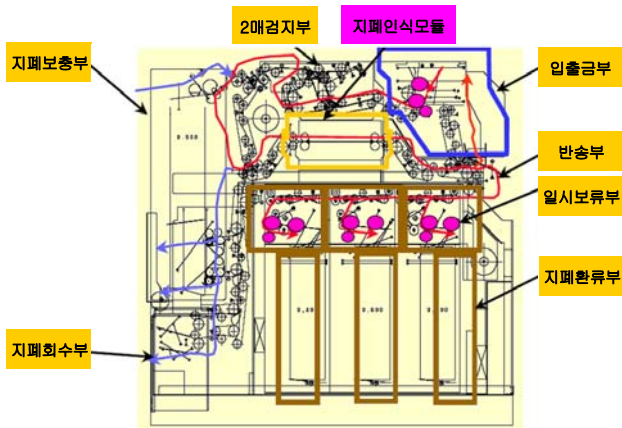


Fig. 1 Note Handling Units structural drawing

2. Stack wheel 모드해석 및 고유 주파수 해석

Stack wheel의 진동해석에 대한 부분은 stack wheel이 회전할 때 발생하는 반경방향의 편심 및 진동이 오작동의 주요원인으로

가정하였으며, 회전 및 정지시의 고유진동해석을 수행하였으며, 이를 바탕으로 모터의 속도 profile을 사용한 가진응답해석을 수행하였다. 이 해석을 수행하기 위하여, UGS사의 I-DEAS를 사용하여 3차원 CAD도면을 수정 및 보완하고, 유한요소 모델을 구성하였으며, UGS사의 NX-Nastran을 사용하여 진동해석을 수행하였다.

A. Generalized equation of motion

Stack wheel을 해석하기 위한 운동방정식의 일반화된 형태는 아래 식 1과 같이 표현된다.

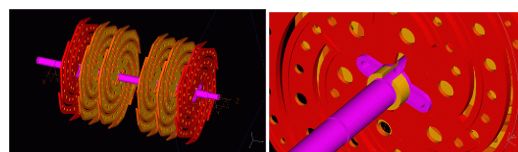
$$[\bar{M}]\{\ddot{q}\} + (\Omega[\bar{C}] + [\bar{D}_I + \bar{D}_A])\{\dot{q}\} + ([\bar{K}] + \Omega[\bar{D}_B])\{q\} = \{0\} \quad (1)$$

여기서, 각 matrix는 다음식에 의해 구해진다.

$[\bar{M}] = [\Phi]^T [M] [\Phi] = [I]$	generalized mass matrix
$[\bar{C}] = [\Phi]^T [C] [\Phi]$	generalized antisymmetric gyroscopic matrix
$[\bar{D}_I] = [\Phi]^T [D_I] [\Phi]$	generalized internal viscous damping matrix
$[\bar{D}_A] = [\Phi]^T [D_A] [\Phi]$	generalized external viscous damping matrix
$[\bar{K}] = [\Phi]^T [K] [\Phi] = \text{diag}[\omega_0^2]$	generalized elastic stiffness matrix
$[\bar{D}_B] = [\Phi]^T [D_B] [\Phi]$	generalized antisymmetric internal damping matrix

B. Geometry preparation

그림 2는 해석을 위한 stack wheel의 3차원 도면이다. 이 3차원 형상에는 해석을 위해 다음과 같은 몇 가지 가정을 하였다.



(a) (b)

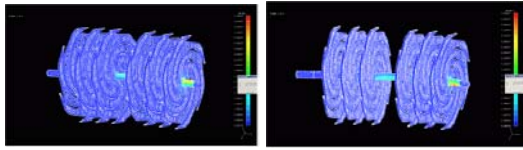
Fig. 2 3D CAD modeling of stack wheel

- . Shaft와 stack wheel은 완전 고정됨
- . Shaft의 pin효과는 무시

C. 고유진동해석 결과(정지)

밑의 그림들은 stack wheel의 정지 시 고유진동 해석을 수행한 것이다. 이는 고유치 해석을 수행한 결과이며 1차부터 13차까지의 모드분석을 수행하였다.

Stack wheel의 형상이 축대칭으로 보이지만, 완전한 원이 아니기 때문에 축 비대칭성을 가지며, 이를 반영하여 첫 번째 모드와 세 번째 모드에서 동일 진동형을 가진 두개의 주파수를 나타내었다. 또한 이러한 두 모드(1, 3번째)들은 자이로스코픽 효과에 영향을 받는 진동형 이므로 회전을 하게 되면, 각각 두개씩 네개의 모드로 분화되는 모드들 이다. 그리고330~340 Hz범위 내에서 수많은 모드가 조밀하게 존재하고 있는 것을 확인할 수 있었다.



(a) (b)

Fig.3 1st mode = 68, 71Hz

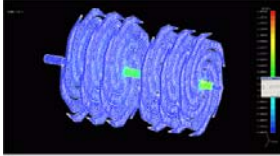
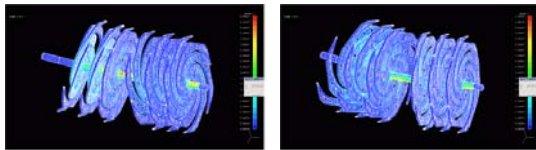


Fig.4 2nd mode =146 Hz



(a) (b)

Fig.5 3rd mode =280,288 Hz

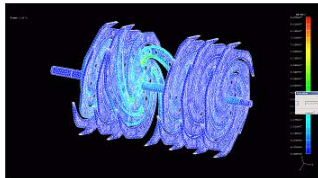


Fig.6 4th mode = 330 Hz

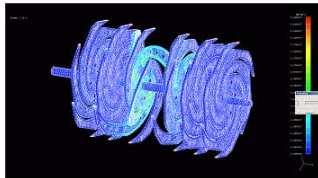


Fig.7 5th mode = 333 Hz

3. Stack wheel 고유주파수 측정

일시 저장부 구동 wheel의 고유주파수 분석을 위하여 아래 그림과 같이 구성을 하였는데, 구동 Wheel부분에 레이저 변위센서를 설치하여, wheel부분에 Impact hammer로 충격을 가 했을 때, 나오는 변위 신호를 레이저 변위계로 받아서 다시 오실로스코프로 시간/전압 데이터로 받았다. 레이저 변위센서를 구동 Wheel의 측정 위치를 3가지로 변경 시켜서 측정 하였다.



Fig. 8 Natural frequency test of stack wheel
Impact 조건은 지폐구동장치 구동 Wheel 정지 시 하였으며 오실로스코프로 나온 시간/전압 데이터를 Matlab을 이용하여, FFT 분석 자료로 바꾸면 아래와 같은 결과 값이 나왔다.

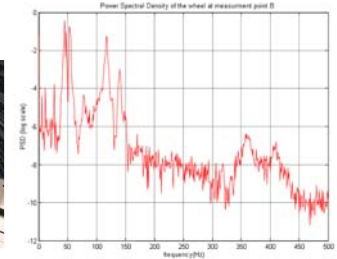


Fig. 9 The result of laser sensor position 1
(Left: measurement figure, Right: FFT spectrum)
레이저 변위센서 위치1일 때 관심주파수는 오른쪽 FFT 그림에서 확인 할 수 있듯이 45 Hz, 120Hz, 140Hz, 340 Hz, 360Hz 이다.

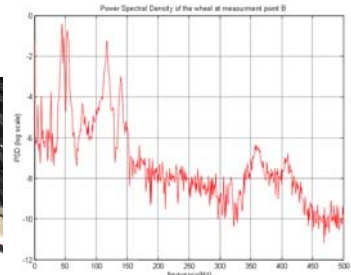


Fig. 10 The result of laser sensor position 2
(Left: measurement figure, Right: FFT spectrum)
레이저 변위센서 위치2일 때 관심주파수는 오른쪽 FFT 그림에서 확인 할 수 있듯이 45Hz, 55Hz, 120Hz, 140Hz, 340Hz, 360Hz 이다

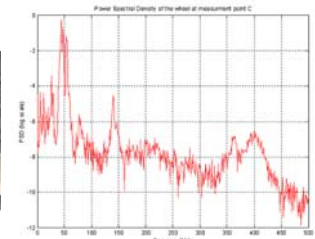


Fig. 11 The result of laser sensor position 3
(Left: measurement figure, Right: FFT spectrum)
레이저 변위센서 위치3일 때 관심주파수는 오른쪽 FFT 그림에서 확인 할 수 있듯이 45Hz, 55Hz, 140Hz, 340Hz, 360Hz, 400Hz 이다.

4. 결론

본 논문은 ATM기기의 핵심부품인 지폐구동장치 일시 저장부의 중요 진동원인 Stack wheel과 관련해서 정리 기술 하였다. 이 연구개발을 통해 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) Stack wheel의 모드해석 및 고유 주파수 해석을 수행 하였다.
- (2) Stack wheel의 진동 평가를 수행 하였다.

참고문헌

1. L. Meitrovitch, 1986, "Element of vibration analysis", McGraw-Hill
2. W. T. Thomson, 1993, "Theory of vibration with Applications", Prentice Hall
3. W. Silver, 1981, "Proposed recommended practice applying broadband vibration screening to electronic hardware", IES shock and vibration committee