

지폐구동장치 구동부품 신뢰성 평가에 관한 연구

김주한*, 정중기, 류세현, 이성호(전자부품연구원)

A study on the reliability evaluation of driving parts for note handling units

J. H. Kim, J. K. Chung, S. H. Yoo, S. H. Lee(Korea Electronics Technology Institute)

ABSTRACT

ATM is element that reliability, stability is important in relation with customer by financial agency used device. To embody high reliability and stability, reliability estimation technology development is important. When new product is developed, performance and reliability evaluation of product are essential element. In this paper, is treating contents on reliability estimation of stepping motor, BLDC motor and solenoid that is main driving source of note handling units.

Key Words : Automatic Teller Machine(현금자동지급기), BLDC motor(브리스리스 모터), Stepping Motor(스텝핑 모터), Solenoid(솔레노이드), Note Handling Units(지폐구동장치)

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 반송 보류부, 입금 시 고객이 투입한 금액이 맞는지 확인하기 위해 지폐를 일시적으로 임시 저장 보관하는 기능을 하는 일시 보류부, 지폐 환

류부에 지폐가 부족 시 지폐 보충을 위해 권종별 스테커의 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. 물론 신제품 개발 시 제품의 성능 및 신뢰성 평가는 필수적인 요소이다. 본 논문에서는 지폐구동장치의 주요 구동원인 스텝핑 모터, BLDC모터 및 솔레노이드의 신뢰성 평가에 관한 내용을 다루고 있다. 스텝핑 모터 에서는 모터의 정밀도, BLDC 모터에서는 속도변동률, 솔레노이드에서는 정특성 및 해석에 관한 연구를 수행 하였다.

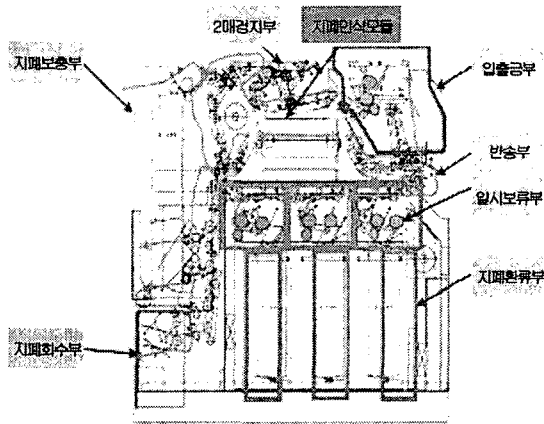


Fig. 1 Note Handling Units structural drawing

2. 스텝 모터의 정밀도 평가

레이저 인터페로메터(Laser interferometer)를 이용하여 스텝 모터의 반복정밀도 측정 평가 하였다. 스텝 모터의 사양은 아래와 같다.

Table 1 Specs of stepping motor

구분	사양	단위
Model	34HY0802-01	
Step angle	1.8	Degree
Number of lead wire	8	Number
Current phase	3.6	A
Resistance/phase	0.45	Ohm
Inductance/phase	1.6	mH

스텝 모터의 정밀도 평가에서 어떠한 제어 목표점에 대하여 반복적으로 여러번 이동체를 위치시켰을 경우에 각 위치점들이 얼마나 일정한 지점에 위치하는가의 정도를 의미하는 반복 정밀도 시험을 수행하였다. 반복정밀도의 시험은 각 제어축 운동부의 각각에 대하여 동일 조건하에 같은 방법에 따라서 반복 위치결정한 때의 위치의 일치 정도를 시험하는 것이다. 시험을 위하여 아래 그림과 같은 측정 시스템을 구성하여 시험 하였다.

시험 사항 및 측정 방법은 임의의 1점에 같은 방향으로 위치 결정을 7회 반복해서 정지 위치를 측정하여 지시 눈금값 최대치의 1/2을 구한다. 이 측정은 원칙적으로 이동거리의 중앙 및 거의 양 끝 각각의 위치에서 한다. 구한 값중 최대의 것을 측정값으로 한다. 아래와 같은 실험 결과를 얻었다.

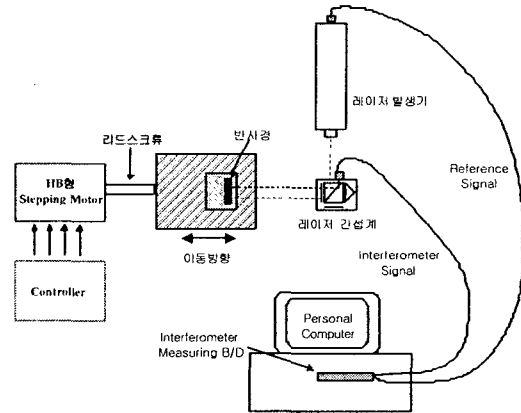


Fig. 2 Stepping motor accuracy measurement

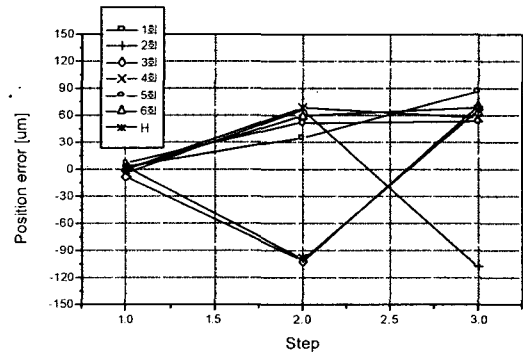


Fig. 3 Position error of stepping motor

- 반복정밀도

Step	1	2	3
반복정밀도 (µm)	±7.4	±85.6	±97.4

3. BLDC모터 속도변동을 평가

ATM기기의 주 구동모터로서 사용되는 BLDC 모터의 일정 부하 상태에서의 속도 변동을 특성을 측정하였다. 시험한 BLDC 모터의 사양은 아래와 같다.

Table 2 Specs of BLDC motor

구분	사양
정격전압	24V
출력	150W
속도제어	3 Phase PWM

속도 변동을 평가를 위하여 특별히 평가 장치를 고안하여 제작하였다. 제작된 평가 장치는 모터의 회전 관성모멘트의 약 10배 정도를 가

지는 관성 휠과 히스테리시스 파우더 브레이크로 일정 부하를 주도록 구성되어 있으며, 이러한 부하크기와 속도를 측정할 수 있도록 토크미터를 통하여 모터를 연결하였다. 토크미터에서 나오는 토크의 출력은 인디케이터로 연결하여 디지털 수치로 그 크기를 알 수 있도록 하였으며 인디케이터에서 동시에 나오는 아날로그 출력을 별도로 data acquisition system으로 연결하여 컴퓨터로 데이터를 저장하여 향후 분석이 가능하도록 하였다. 또한 토크미터에서 출력되는 속도 신호는 구형파로서 60 pulse/rev 가 출력되고, 이를 주파수를 아날로그 전압으로 바꾸어 주는 시그널 컨디셔너를 이용하여 데이터를 취득하였다. 현재 가지고 있는 시그널 컨디셔너가 500Hz 까지 입력받는 것이므로 측정하고자하는 모터의 속도가 2000rpm 이므로 $2000/60\text{rps} \times 60\text{pulse/rev} = 2000\text{Hz}$ 가 되어 범위를 초과하므로, 이를 로직 IC를 이용하여 1/8로 줄여서 사용하였다. 컴퓨터에서 사용하는 프로그램으로는 LabView와 DASyLab 이 갖춰져 있어서 이 중 DASyLab을 이용하여 데이터를 처리하였다. 평가 장치의 구성은 아래 그림과 같다.

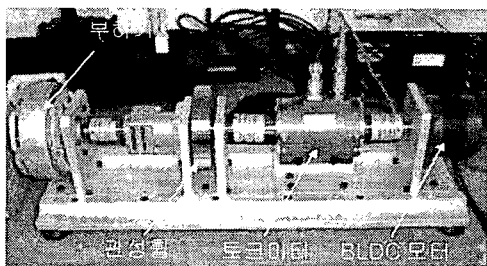


Fig. 4 Velocity fluctuating rate measurement of BLDC motor

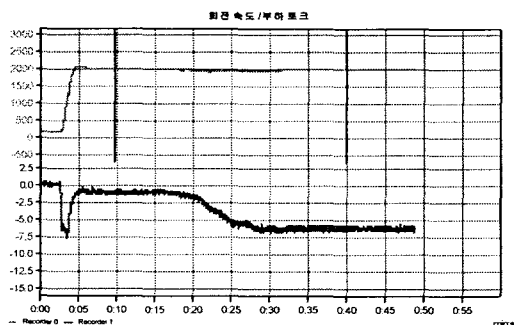


Fig. 5 Velocity fluctuating rate of BLDC motor

위의 그림은 BLDC 모터에 대한 측정결과로서 위의 그래프가 회전속도(단위 : rpm)를 나타내고 아래 그래프가 모터에 걸리는 부하 토크(Kgf cm)의 크기를 나타낸다.

BLDC 모터의 컨트롤러는 일정속도 제어 기능이 있으므로 부하가 변동하더라도 설정된 속도를 유지함을 알 수 있다. 처음 모터가 가동할 때 관성에 의하여 부하가 7.5kgfcm까지 높아지다가 안정상태에 들어가면 약 0.75kgfcm의 부하로 회전한다. 이 때의 모터 속도는 1996rpm이다. 이후 실험을 위하여 부하를 6.22kgfcm까지 증가시킨 것을 보여주는 데 이때의 모터 속도는 부하가 변동할 때에 속도의 변동이 발생하지만 부하가 일정하면 안정상태로 되돌아감을 알 수 있다. 모터의 속도는 2005rpm으로 나타났다.

따라서 속도 변동율은 다음과 같다.

$$SRF = \frac{\Delta\omega_{pp}}{\omega_{mean}} \times 100\% = \frac{2005 - 1996}{(2005 + 1996)/2} \times 100\% = 0.45\%$$

4. 솔레노이드 정특성 평가 및 해석

ATM기기의 주요 구동원인 솔레노이드의 특성을 평가 하기위하여, 정특성인 솔레노이드의 흡인력을 측정하였고, 유한요소법을 이용해서 흡인력을 해석해서 시험치와 비교 하였다. 아래 표가 시험할 솔레노이드의 중요 사양이다.

Table 2 Specs of Solenoid

구분	사양	단위
모델명	G-1253(JU WON)	
정격전압	DC30±10%	V
정격전류	833±10%	mA
코일경	0.31	mm
권선수	1880	tuns
권선저항	14.6	Ω

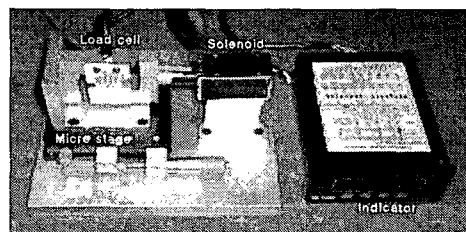


Fig. 6 Static quality measurement of solenoid

본 실험에서는 Solenoid의 Stroke에 따른 흡인력을 측정하기 위하여 Micro stage와 Load cell을 이용한 실험 장치를 구성하였다. 아래 그림이 솔레노이드 흡인력을 측정한 결과이다.

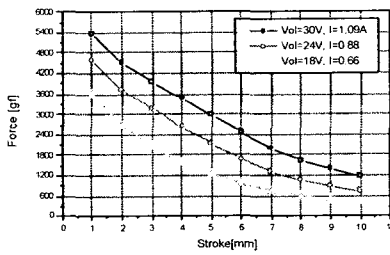


Fig. 7 Sucking force of solenoid

아래그림은 솔레노이드 흡인력을 유한요소법을 사용해서 해석한 결과이다.

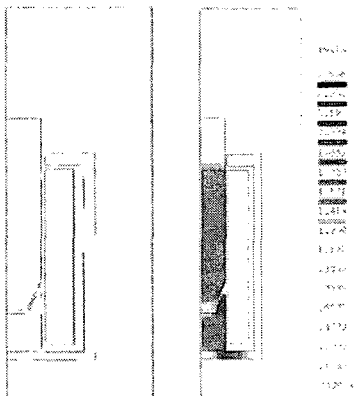


Fig.8 Magnetic Flux & Flux density of solenoid (stroke 1mm)

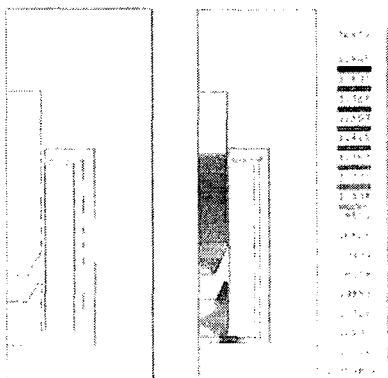


Fig. 9 Magnetic Flux & Flux density of solenoid (stroke 7mm)

여기서는 솔레노이드의 특성분석을 위하여 2차원 유한요소법을 이용한 해석을 행하였다.

해석의 신속성을 위하여 고정자 프레임을 원형 형상으로 가정하여 2차원 축대칭 해석을 하였다.

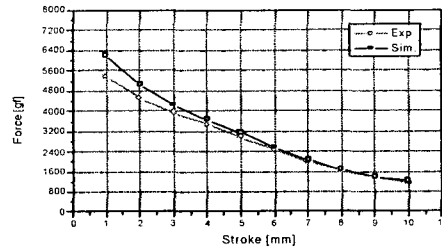


Fig. 10 Measurement value & Analysis value of solenoid sucking force

위 그림은 솔레노이드의 해석결과와 실험치를 비교한 그림이다. 해석결과 실험치에 비하여 위치별 흡인력의 양상은 비슷하지만 초기위치 지점에서 다소 상이한 값을 나타냈다. 이것은 프레임 코어부의 집합부분에서 있는 자시적 누설과 재질특성 및 형상의 근사화에 따른 원인으로 추정된다.

4. 결론

본 논문은 ATM기기의 핵심부품인 지폐구동장치 주요 구동원들의 신뢰성평가와 관련해서 정리 기술 하였다. 이 연구개발을 통해 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1)주요 구동원인 스테핑 모터의 정밀도를 평가 하였다.
- (2)주요 구동원인 BLDC 모터의 속도변동률을 평가 하였다.
- (3)주요 구동원인 솔레노이드의 정특성 및 해석을 수행 하였다.

참고문헌

1. TJE Miller, Design of Brushless Permanent Magnet Motors, OXFORD, 1994
2. 임달호, 전기계의 유한요소법, 동명사, 1992
3. B.C Kuo, Theory and application of step motor, WEST PUBLISHING CO.1974
4. 류세현, 권병일, 정인성, 성하경, "토크 향상을 위한 마이크로 스테핑 모터의 구조에 관한 연구", 대한전기학회 추계학술대회, pp 6-8. 2004
5. BRUND LEQUESNE, " Dynamic Model of solenoid under impact excitation". IEEE Vol. 1996