리니어펄스모터의 2상 구동드라이버 제작 및 평가

김동희, 강건일, 안재영, 김광헌, 임영철, 박성준
전남대학교 전기공학과

Manufacture and Estimation of Two phase driver for Linear Pulse Motor

Dong-Hee Kim, Geon-Il Kang, Jae-Young Ahn, Kwang-Heon Kim,
Young-Cheol Lim, Sung-Jun Park
Dept. of Electrical Engineering, Chonnam National University

ABSTRACT

Need correct analysis of thrust for control performance improvement of HB-LPM (Hybrid type Linear Pulse Motor). It is difficult to analyze HB-LPM's thrust. In this paper, HB-LPM's thrust is expressed to mathematical expression. And it is proved validity of this numerical formula by thrust measurement system. Two phase driver is composed. It is verified validity of numerical formula that measure waveform of electric current and voltage that is supplied in each phase. In this study, composed two phase drive driver, advantage of this IGBT element 6 by accumulated IPM module 1 Driver composition possible. That is, can economize 1 moule. In other words, Driver composition is available by IGBT or metal oxide semiconductor field effect transistor element 4. This is economical big gain.

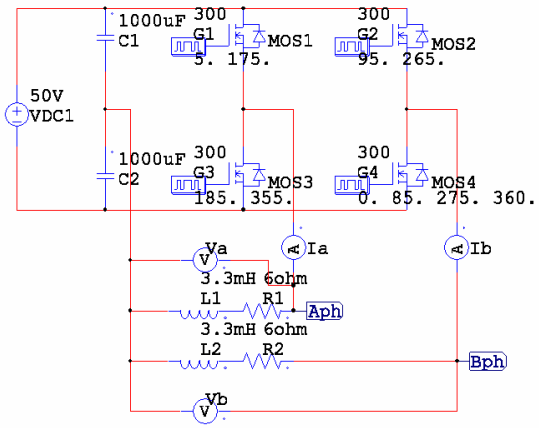
1. 서 론

HB-LPM(HB-type Linear Pulse Motor)의 제어 성능향상을 위해 정확한 추력의 해석이 필요하다. 본고에서는 해석대상인 HB-LPM에 가장 적합한 방법으로 정추력식을 전개하였고, 이 수식의 타당성을 검증하고자, 새로이 보완된 정추력 측정시스템을 개발하여, 정추력을 측정하였다. 또한, LabVolt社의 전력전자실습장비인 IGBT 인버터로 2상 구동드라이버를 구성하여, HB-LPM을 구동하며, A상 및 B상의 전압과 전류를 실측하였다. 이에 정추력의 계산값과 실측값, 그리고 2상 제어구동시 계측된 전류 및 전압의 파형으로, 추력에 대해 분석코자 한다.

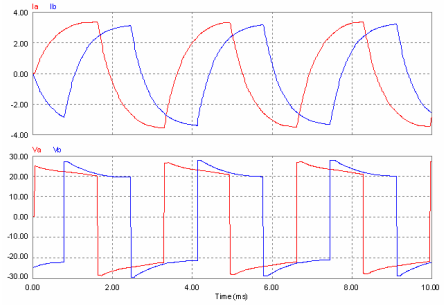
2. 본 론

2.1 2상 구동드라이버 시뮬레이션

그림 1은 PISM Modeling 및 전압, 전류의 simulation 결과값이다. 실제 측정한 결과인 그림 5와 매우 유사함(일치함)을 알 수 있다. 그림 2는 PSCAD로 동일하게 Modeling 하고, 전압, 전류의 simulation 결과 값을 보여준다. 위 그림 1의 결과값보다 실제 측정치에 조금 더 정확함(일치함)을 알 수 있다. 그림 3 (a)는 이 연구 해석대상인 HB-LPM의 사진이고, (b)는 AVR Drver, 그리고 (c)는 LabVolt's Driver 의 실제 사진이다.

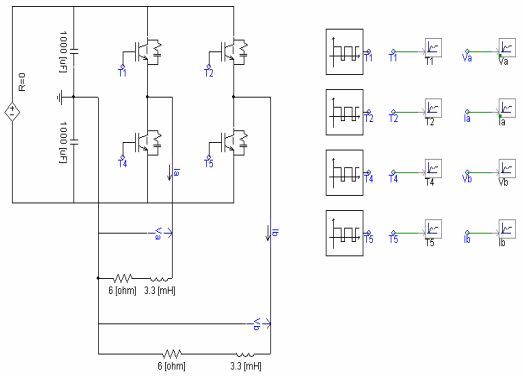


(a) PSIM Modeling (MOSFET)

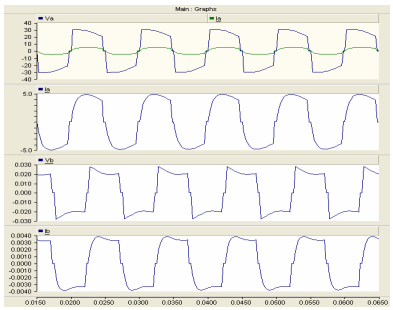


(b) PSIM Result

Fig. 1. PSIM Simulation of HB-LPM

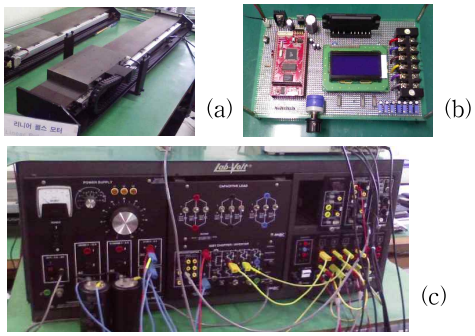


(a) PSCAD Modeling



(b) PSCAD Result

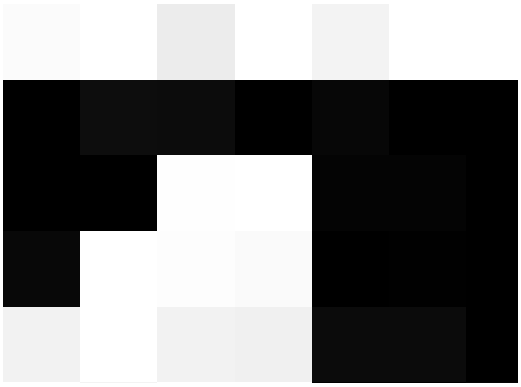
Fig. 2. PSCAD Simulation of HB-LPM



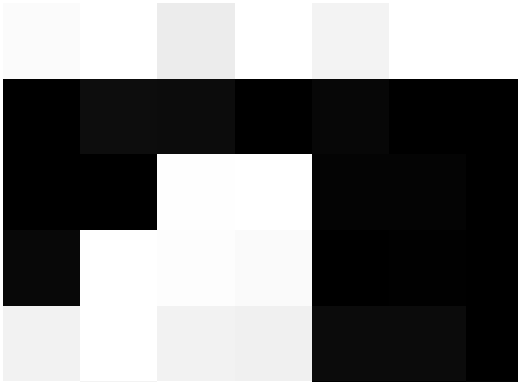
(a) (b) (c)

Fig. 3. HB-LPM, AVR driver and LabVolt's driver

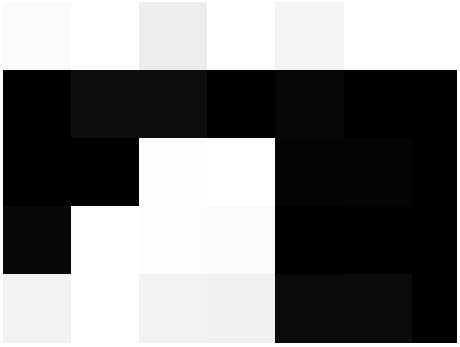
2.2 2상 구동 시 실제 계측값



(a) Control frequency is 55Hz

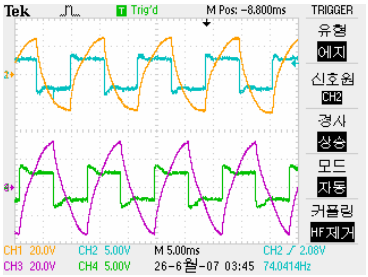


(b) Control frequency is 150Hz

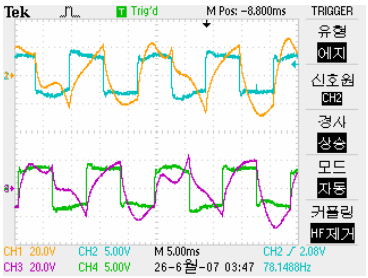


(c) Control frequency is 216Hz

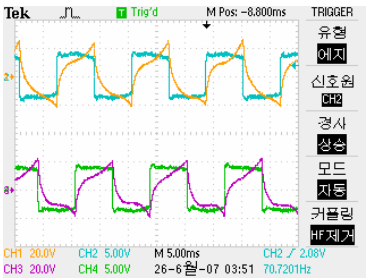
Fig. 4. Wave at moving by AVR driver (at C=5000uF)



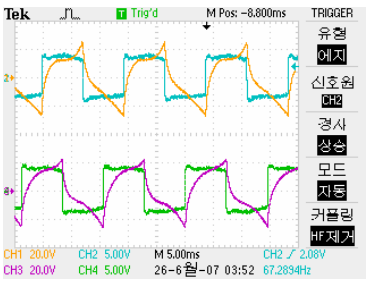
(a) Waveform when breakaway



(b) Waveform when critical breakaway



(c) Waveform when forward



(d) Waveform when backward

Fig. 5. Wave of current and voltage at moving by LabVolt's driver (at C=5000uF)

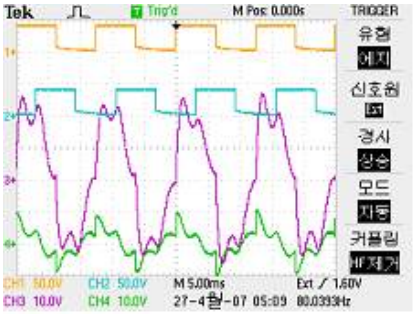


Fig. 6. Two phase driver control signal and Wave of current and voltage at moving (at C=50uF)

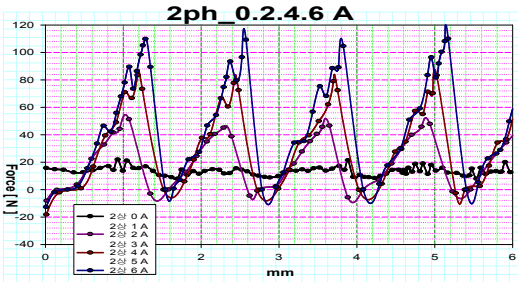


Fig. 7. 4 cycle static thrust of two phase exciting

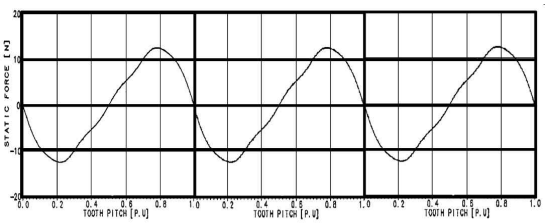


Fig. 8. Total excited thrust of 3 cycle

그림 4는 캐패시터가 5000uF일 때, Avr chip을 사용하고, IPM을 이용하여 구동 시, 파형이다. 실험 시 300Hz 이상에서도 탈조 없이 Open Loop로 구동이 가능하다. 그림 5는 캐패시터가 5000uF일 때, LabVolt의 IGBT Driver을 이용하여 구동 시 파형이다. (a) 파형은 Mover가 벽에 부딪혀 멈출 때, 즉 강제 탈조 시 모습이다. 주파수가 78Hz부터 파형이 왜곡이 되다가, 80Hz를 넘어가면서 탈조됨을 알 수 있다.

LabVolt社의 전력전자실습장비인 IGBT 인버터로 2상 구동드라이버를 구성하여, HB-LPM을 구동하며, A상 및 B상의 전압과 전류를 계측하였다.

그림 6 에서 1, 2번 파형은 구동드라이버의 2상 180° 제어 신호이다. 이 때 A상의 전류는 3번, 전압은 4번 파형이다. 3번 전류는 80Hz 구동 시 파형으로, 그림 7, 8와 비교하면, 파형이 유사함을 알 수 있다.

2.3 HB-LPM의 정추력 계산값

2.3.1 2상 여자 시 정추력 (Static Thrust)

$$F_T = -\frac{\sqrt{2}}{2}\frac{2\pi N_r}{\tau}\left(\frac{F F_m P_m P_{(1)}}{P_{(0)}}\right)$$

$$\times[\sin(\Theta-45^\circ)-\frac{F P_{(1)}}{F_m P_m}\sqrt{2}\sin 2(\Theta-45^\circ)]$$

$$+\triangle F_T \qquad (1)$$

2.3.2 2상 여자 시 추력

$$F_T = K_t[-(I_1-I_3)\sin\Theta+(I_2-I_4)\cos\Theta]$$

$$(\text{단, } K_t = \frac{\frac{2\pi N_r}{\tau}}{2} N B_0 A_m \frac{P_{(1)}}{P_{(0)}} \qquad (2)$$

K_t : 추력 상수(Thrust Constant))

2.3.3 합성 발생 추력

구형 치의 구조를 갖는 HB-LPM에 대해 치 간격의 1[pu] 변위에 따라 퍼미언스 분포가 정현파에 가까움을 알게 되었다. 그러나, 자석과 코일에 따라 발생한 추력을 합성하면 전체 합성발생추력은 그림 8과 같이 왜형이 발생하여 고조파가 존재하게 된다. 영구자석의 멈춤 추력(Detent Force)은 높은 추력특성을 나타내며, 기본주파수와 비교하여 4차 고조파로 작용함을 알 수 있다.

3. 결 론

HB-LPM의 추력을 해석하는 것은 쉽지 않다. 본고에서는 HB-LPM의 정추력 및 추력을 수학적 수식으로 표현하였고, 또한 이 수식의 타당성을 정추력 측정시스템으로 증명하였으며, 실제 2상 구동드라이버를 구성하여 각 상 A상, B상에 인가되는 전류와 전압의 파형을 계측함으로 위 수식의 타당성을 한 번 더 검증하였다.

수학적 모델링의 파형인 그림 8과, 정추력 측정시스템으로 실측한 그림 7과, 2상 구동 시 계측된 그림 6 의 전류파형들을 통해서, 각 파형들이 서로 매우 유사함을 알 수 있다. 이것은 수학적 수식의 정확성을 증명하는 것이다. 또한, 위 실험으로 얻어진 파형의 왜형정도가 심하므로, HB-LPM 제어의 어려움을 예측할 수 있고, HB-LPM 구동 시 진동 및 소음의 원인도 됨을 알 수 있다.

이번 연구에서는 2상 구동 드라이버를 구성하였는데, 이것의 장점은 IGBT소자 6개가 집적된 IPM module 1개로 Driver 구성이 가능하다. 즉 moule 1개를 절약할 수 있다. 다시 말하면, IGBT 또는 MOSFET 소자 4개로 Driver 구성이 가능하다. 이것은 경제적인 큰 이득이다.

이 논문은 전남대학교 고품질 전기전자부품 및 시스템 연구센터의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

참고문헌

[1] 조윤현, “선형펄스전동기의 특성해석”, 전기학회논문지 48B 권 5호, 1999년 5월.
[2] 배동관, “HB형 선형펄스모터의 추력계산법의 비교 및 측정장치 설계”, 전력전자학술대회 논문집, p141-145, 2003년 7월.
[3] 김동희, “LPM의 정추력 정량화 및 측정 분석”, 전력전자학술대회 논문집, p304-307, 2003년 7월.