

이중돌극형 영구자석 선형전동기의 단부 효과 저감에 관한 연구

Study on End Effect Reduction of Doubly Salient Permanent Magnet Linear Motor

*#정시욱¹, 전연도¹, 우병철¹, 홍도관¹, 이지영¹

*#S. U. Chung(suchung@keri.re.kr)¹, Y. D. Chun¹, B. C. Woo¹, D. K. Hong¹, J. Y. Lee¹

¹한국전기연구원 전동력연구센터

Key words : Doubly salient, end effect, linear motor

1. 서론

종래 영구자석 선형전동기는 고정자에 고가의 희토류계 영구자석을 사용하므로 고가격 문제를 가지고 있으며, 단부 효과에 의한 추력 맥동으로 인해 진동/소음, 제어성능 열화와 같은 문제를 발생시키게 된다[1, 2].

본 논문에서는 종래 형태의 고가격과 단부 효과로 인한 문제를 해결을 위해 이중돌극형 영구자석 선형전동기를 제안하고 있다. 제안한 형태는 동일 극성의 영구자석과 철심으로 된 복수의 돌극으로 구성되어 consequent pole 형태의 고정자를 가지므로 영구자석 사용량을 절감할 수 있다[3]. 또한 본 논문에서는 단부 효과와 consequent pole 형태의 고정자에 의해 발생하는 자계 불평형을 저감하기 위한 이동자 구조를 함께 제시하고 있다.

2. 단부 효과 및 자계 불평형 저감 원리

Fig. 1 은 제안한 선형전동기의 구조를 나타내고 있으며, 이동자와 고정자가 모두 치형상을 가지는 이중돌극형 구조로 구성되어 있다. 제안한 형태는 2 개의 이동자를 γ 만큼(전기적으로 60°) 이격시켜 배치하여, Mover1 과 Mover2 의 상권선은 서로 전기적으로 180° 위상

차가 나도록 구성되어 있다. 이와 같은 이동자 배치를 통해 Mover1 과 Mover2 의 단부 효과에 의해 발생하는 극간격(τ_p) 주기의 추력 맥동 성분은 서로 상쇄되게 된다. 결국 추력 맥동 성분은 극수와 슬롯수의 조합에 의해 발생하는 성분이 지배적이어서, 극간격의 $1/3$ 만큼 스큐를 적용하면 평균 추력의 큰 손실 없이 추력 맥동 성분의 대부분을 저감할 수 있게 된다.

아울러 각 상은 서로 β 간격으로(전기적으로 180°) 이웃하게 배치된 권선을 직렬 결선하여 consequent pole 고정자 구조에서 발생하는 자계 불평형을 저감할 수 있도록 되어 있으며, 직렬 결선을 가진 각상은 α 간격으로(전기적으로 120°) 배치되어 3 상으로 구성되는 구조로 되어 있다.

3. 저감 설계 해석 결과

Fig. 1 의 Path1 과 Path2 는 각각 Mover1 과 Mover2 에서 발생하는 추력과 수직력을 계산하기 위한 경로이며, Fig. 2 는 각각의 경로에서 계산된 디텐트력을 비교하고 있다. Path1 과 Path2 에서 계산된 디텐트력은 각각 주기가 τ_p 와 $1/3\tau_p$ 인 성분을 가지고 있는데, 전체 계산 경로(Path1+Path2)에서 계산된 디텐트력의 맥동 주성분의 주기는 $1/3\tau_p$ 가 되므로

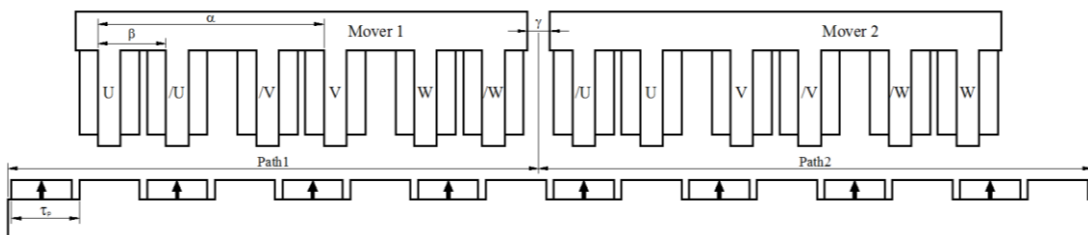


Fig.1 Proposed doubly salient permanent magnet linear motor

전술한 $1/3\tau_p$ 스큐를 적용할 경우 크게 저감될 수 있다.

Fig. 3 는 스큐 적용후 Mover1 의 U 와 /U 에서 발생하는 역기전력을 나타내고 있다. U 와 /U 에서 발생하는 역기전력은 서로 크기의 차이가 있지만 U 와 /U 를 직렬 결선할 경우 합성 역기전력은 균형을 이룰 수 있음을 확인할 수 있다.

Fig. 4 와 같이 정격 추력 맥동의 주성분도 주기가 $1/3\tau_p$ 이며, 스큐를 통해 효과적으로 저감할 수 있음을 확인할 수 있다.

Table 1 에서 나타나 있는 것과 같이, 제안한 선형전동기는 선형적인 전류-추력 특성과 추력 및 수직력의 맥동이 낮음을 알 수 있다.

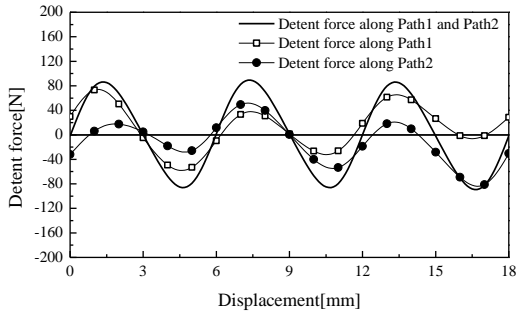


Fig. 2 Reduction of detent force caused by end effect

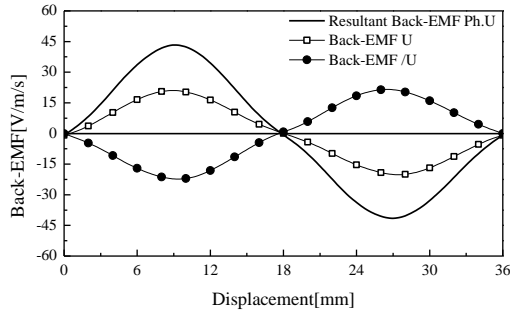


Fig. 3 Reduction of phase back-EMF unbalance

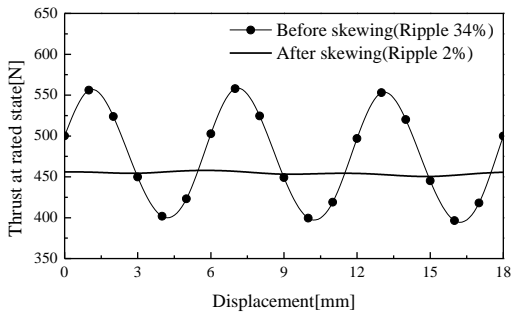


Fig. 4 Reduction of thrust ripple by $1/3\tau_p$ skewing

Table 1 Force characteristics vs. current density

Current density [A/mm ²]	Thrust[N]	Normal force[N]	Ripple[%]	
			Thrust	Normal force
0	0	3332	-	0.2
2	229	3182	2.8	0.3
4	454	3264	1.9	0.6
6	670	3361	1.5	0.6
8	869	3459	1.2	0.8
10	1049	3558	1.0	1.1
12	1206	3653	1.0	1.5

4. 결론

제안한 이중돌극형 영구자석 선형전동기는 종래 영구자석 선형전동기 의 고가격 문제를 해결할 수 있으며, 제안한 이동자 구조를 통해 단부 효과와 자계 불평형을 저감할 수 있음을 확인하였다. 또한 논문에서 제안한 이동자 구조를 종래의 영구자석 선형전동기에 적용할 경우 단부 효과에 의한 추력 맥동을 효과적으로 저감할 수 있을 것으로 기대된다.

후기

본 연구는 2010 년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제(과제번호 10033216)입니다.

참고문헌

- [1] Y.W. Zhu, S.G. Lee, K.S. Chung and Y.H. Cho, "Investigation of Auxiliary Poles Design Criteria on Reduction of End Effect of Detent Force for PMLSM," IEEE Trans. Magn., Vol. 45, No. 6, pp. 2863-2866, June 2009.
- [2] J.W. Lim, and H.K. Jung, "Cogging Force Reduction in Permanent Magnet Linear Motor using Phase Set Shift," in Proc. ICEM 2008, pp. 1-4, Sept. 2008.
- [3] S.U. Chung, H.J. Lee, B.C. Woo, J.W. Kim, J.Y. Lee, S.R. Moon, and S.M. Hwang, "A Feasibility Study on a New Doubly Salient Permanent Magnet Linear Synchronous Machine," IEEE Trans. Magn., Vol. 46, No. 6, pp. 1572-1575, June 2010.