

선형유도전동기를 이용한 자기부상추진시스템의 슬립주파수 제어

이석영, 박상욱, 목형수, 임재원, 박도영
 건국대학교, 한국기계연구원

Slip frequency control of magnetic levitation propulsion system using a linear induction motor

Lee Seok Young, Park Sang Uk, Mok Hyung soo, Lim Jae Won, Park Doh Young
 Konkuk University, Korea Institute of Machinery & Materials

ABSTRACT

본 논문에서는 선형유도전동기를 이용하는 자기부상열차의 슬립주파수 일정 벡터제어 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘은 기존의 사용했던 슬립주파수 일정 RMS제어 방식에서 슬립주파수를 일정 벡터제어 방식으로 전환하여 그에 따른 슬립주파수와 노치변화를 통해 더효율적인 운전 조건과 주파수를 찾기위한 시뮬레이션과 실험을 통해 제안한다

서론

최근 도시에서 소음문제, 환경문제, 에너지 문제 등 다양한 문제가 발생하고 있는데 그중에서 특히 열차쪽에서는 그러한 문제가 많이 나타나고 있다. 그래서 소음과 환경문제를 동시에 해결해 줄 수 있는 자기부상열차에 대한 연구가 활발하다. 본 논문에서는 기존에 사용하고 있던 슬립주파수 일정 RMS전류제어 방식에서 동특성과 에너지효율적인 측면에서 유리한 슬립주파수 일정 벡터제어 알고리즘을 제안하고 있다. 특히 자기부상 시스템에서 제일중요한 것이 부상시스템인데 수직력과 흡인력을 고려하여 슬립주파수와 노치를 변경시켜 최적의 운전조건을 찾기위한 시뮬레이션과 실제 자기부상 열차에 시스템을 적용하여 실차실험하여 효율 증감에 관한 부분을 증명하였다.

본론

2.1

슬립주파수 일정 벡터제어 알고리즘

그림1은 본 논문에 적용한 슬립주파수 일정 벡터제어 알고리즘의 시스템 블록 다이어그램을 나타내었다. 기본적인 구성은 일반적인 회전형 전동기의 간접 벡터제어시스템과 동일하다. 하지만 선형 전동기의 고유한 특성으로 인해 지령 토크를 생성해 내는 부분에서 노치 지령으로 부터의 계산을 통하여 Jerk 제어를 수행한 기준 전류의 기울기를 생성해내는 부분을 구현하였다.

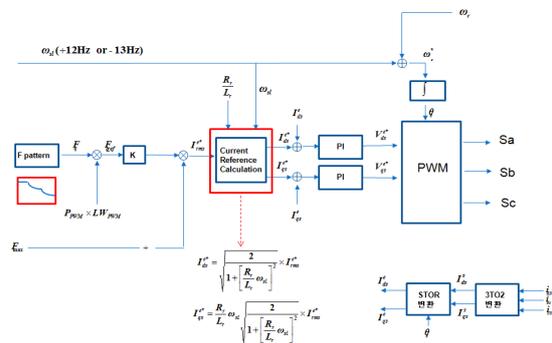


그림 1 슬립주파수 일정 벡터제어 알고리즘

Fig. 1 slip frequency vector control algorithm, the system also schedules, the block

2.2

슬립주파수 일정 벡터제어시 운전조건에 따른 시뮬레이션 결과비교

슬립주파수 일정 벡터제어 알고리즘을 Simplorer를 사용하여 시뮬레이션을 실시하였다. 단부효과를 고려한 선형유도전동기, PWM 인버터, 부하모델을 사용하였고, 추진과 제동 명령, 노치명령에 따라 전류지령 실효치를 계산하고, 일정한 슬립주파수를 유지하기 위한 d,q축 전류지령치를 계산하여 출력한 다음 제어한다. 아래 표 1은 슬립주파수 일정 벡터제어 알고리즘을 사용하고 슬립주파수와 노치를 변화시키면서 최적의 운전조건을 찾기위한 시뮬레이션 결과를 나타내는 표이다. 슬립주파수가 낮아질수록 소비전력량이 줄어들어 에너지효율이 늘어나는 것을 확인할 수 있다.

Slip Frequency(Hz)	Operation Command	DC Link Energy(kwh)	Slip Frequency(Hz)	Operation Command	DC Link Energy(kwh)
13.5, 13.5	P4_87	1.352	9.5, 9.5	P3_87	1.050254
	P4_86	1.35		P3_86	1.04655
	P4_85	1.344		P3_85	1.04468
12.5, 12.5	P4_87	1.284	8.5, 8.5	P3_87	0.996
	P4_86	1.281		P3_86	0.996
	P4_85	1.281		P3_85	0.994
11.5, 11.5	P4_87	1.216	7.5, 7.5	P3_87	0.935
	P4_86	1.214		P3_86	0.933
	P4_85	1.208		P3_85	0.933
10.5, 10.5	P4_87	1.142	6.5, 6.5	P3_87	0.894
	P4_86	1.142		P3_86	0.887
	P4_85	1.134		P3_85	0.889

표 1. 시뮬레이션 수행시 슬립주파수와 노치변경에 따른 소비전력량 비교표

Table. 1 Power consumption comparison of the simulation performed at slip frequency change with a notch

2.3

슬립주파수 일정 벡터제어시 운전조건에 따른 실차시험 결과비교

슬립주파수 일정 벡터제어 알고리즘을 시뮬레이션으로 검증하고 검증된 결과를 바탕으로 실제 자기부상열차 시스템에 직접 적용하여 실차시험을 실시하였다. 시험차량은 대전기계연구원에 있는 자기부상열차로 실험하였으며 추진, 회생, 역상, MDPS 총 4가지 항목에 소비전력량을 측정하였다. 실험순서는 기존 슬립주파수 13.5_13.5부터 슬립주파수를 1씩감소시켜 6.5_6.5까지 실시하였으며 아래 표에는 가장높은 슬립주파수와 가장낮은 슬립주파수의 소비전력을 비교한 표이다.



표 2. 실차시험시 슬립주파수와 노치변경에 따른 소비전력량 비교표

Table. 2 Power consumption comparison of the experimental vehicle when the slip frequency and the notches changes

결론

슬립주파수 일정 벡터제어 알고리즘을 적용하여 슬립주파수와 노치를 변화시켜 최적의 운전가능 영역을 찾기위한 시뮬레이션과 실차시험을 진행하였다. 그결과 가장 효율적인 운전가능 영역은 6.5_6.5의 슬립주파수에서 노치P3_B7의 운전방법이라고 할 수있으며 13.5_13.5 노치P4_B7과 비교해 보았을 때 추진, 회생, 제동의 경우 소비전력의 차이는 0.42[kw]로 최대 27%의 소비효율이 저감되었음을 알수 있었다. 본 논문에서 제안한 슬립주파수 일정 벡터제어 알고리즘 사용시 동특성 향상 및 가속 시간의 이득으로 소비되는 에너지량 저감에 유리한 점을 발견할 수 있었다.

본 연구는 국토교통부 철도기술연구사업의 연구비 지원(14RTRP A069839 02)에 의해 수행되었습니다.

참고 문헌

[1] 이형우, 이영훈, 이창영, 권혁빈, 강부경, 한영제 “초고속 자기부상철도의 추진시스템 기술.” 한국철도학회, 철도저널한국철도학회지 제11권 제3호, 2008. 9, pp.12 16
 [2] 송우현, 유성환, 김준석, 임재원, 박도영 (201311), 수직력을 고려한 자기부상열차의 LIM 벡터제어 기법, 전력전자학회 추