

자기부상열차의 슬립주파수 패턴 가변을 통한 ATO 운전 에너지효율조사 Research of ATO Efficiency by Varying Slip Frequency for a Magnetic Levitation Train

박관균*, 박상욱*, 목형수*, 임재원 **, 박도영 ***

Park Gwan Gyun *, Park Sang Uk *, Mok Hyung Soo *, Lim Jae-Won **, Park Doh-Young ***

Abstract In this paper, ATO operation efficiency improved is verified through slip frequency varying using slip frequency, normal force and driving force compared to existing fixed slip frequency mode. verification scheme is carried out simulation tests based on the travel pattern of the magnetic levitation train under real driving. comparing the conventional method and the proposed station operation method, and verified the efficiency increases.

Keywords : ato operation, variable slip frequency. Linear induction motors, magnetic levitation propulsion system

초 록 본 논문에서는 기존의 선형 유도 전동기를 기반으로 자기부상추진시스템의 ATO운전시 슬립주파수 고정 방식이 아닌 슬립주파수와 수직력, 추진력과의 관계를 이용하여, 열차 운행중 슬립 주파수가변을 통해 ATO운전 효율 향상을 검증하였다. 검증 방식은 실제 운행 중인 자기 부상열차의 운행 패턴을 기반으로 모의시험을 실시, 기존의 운행 방식과 제안한 운행 방식을 비교, 효율 증가를 검증하였다.

주요어 : ato운전, 슬립주파수 가변. 선형유도전동기, 자기부상추진시스템,

1. 서 론

최근 도시 내 소음, 에너지 등과 관련하여 열차 또한 이러한 문제를 피할 수 없다. 이에 따라 저소음, 친환경의 특성을 가지는 선형 전동기 자기부상열차에 대한 관심을 받고 있다. 본 논문에서는 현재 운용되고 있는 선형 유도 전동기를 기반으로 자기부상추진시스템의 ATO 운전시 슬립주파수 고정 방식이 아닌 슬립주파수와 수직력, 추진력과의 관계를 이용하여, 열차 운행중 슬립 주파수가변을 통해 선형유도전동기 자기부상시스템에서 자동열차운전(ATO)시스템의 효율 향상을 검증하였다. 검증은 실제 운행 중인 자기 부상열차의 실제 운행 패턴을 이용하여 모의 시험을 실시하였다.[1,3]

* 건국대학교 전력전자연구실

** 기계연구원

*** 대전도시철도공사

2. 본 론

2.1 제어 알고리즘

본 논문에서 사용한 알고리즘은 그림 1의 d-q 축 동기 좌표계 PI 제어기인 슬립주파수 일정 벡터제어 알고리즘을 사용한다. 기본 구성은 회전형 전동기의 간접 벡터제어시스템과 동일하며, 슬립주파수는 d-q 축 순시전류 지령값에 해당하고, 추진력 지령치는 실효전류 지령값에 해당한다. [2]

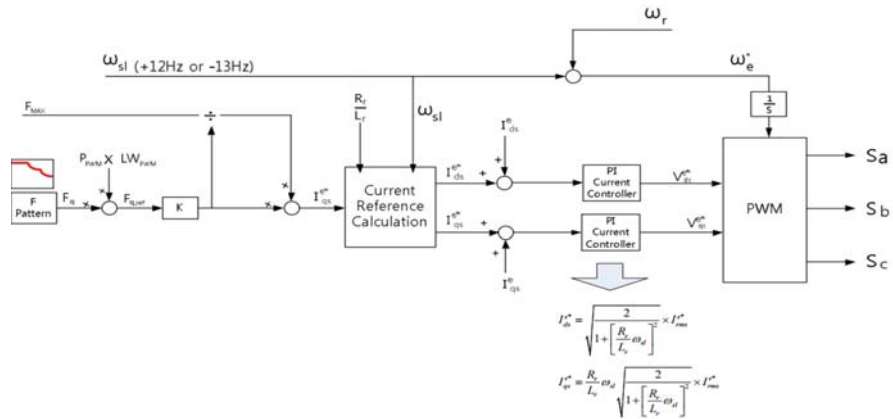


Fig. 1 Vector control algorithms in constant slip frequency

2.2 적용 시스템

실제 영종도에 있는 자기부상열차의 실제 패턴 중 노치 정보를 이용하여 열차가 정거장을 출발하여 정차할 때까지 감속, 가속등을 자동으로 수행하는 열차의 자동운전을 실시하였다. 그림 2는 실제 운행 중인 차량의 노치 패턴으로서 추진과 제동 명령, 노치 명령에 따라 전류 지령 실효치를 계산하고, d,q축 전류 지령치를 계산하여 시뮬레이션 운전을 시행하였다.

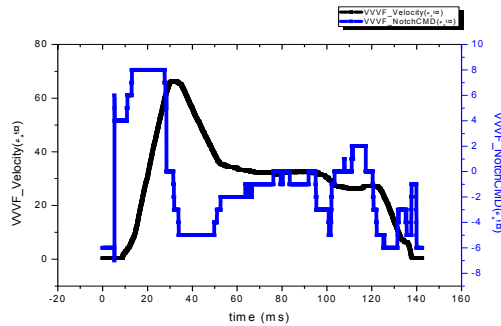


Fig. 2 Ato notch pattern of the actual maglev train

2.3 시뮬레이션

이전 ato 운행 방식은 모든 구간이나 속도에 관계없이 슬립주파수를 12.5_13.5 를 고정하여 시행하였다. 본 시뮬레이션에서는 벡터 제어 알고리즘을 기반으로, ato 운전 패턴에 따라 슬립 주파수를 가변시켜 줌으로써 효율적인 운행이 가능한지 확인하였다. 그림 3 은 실제 ato 운전 패턴을 이용한 노멀포스를 보여준다. 그림 4 는 슬립 주파수 가변시 누적 소비전력 0.138[kWh], 미가변시 누적 소비전력 0.17[kWh]을 보여준다. 이는 슬립주파수를 가변 하며 운행시 미가변 시 보다 18[%] 더 효율적인 운행이 가능함을 보여준다.

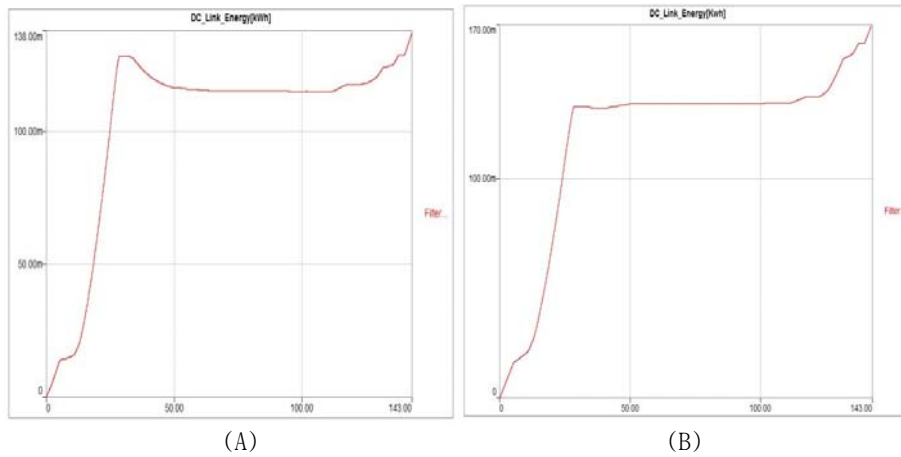


Fig. 3 the normal force of the slip frequency varying train according to the operating conditions (A) variable slip frequency (B) not variable slip frequency

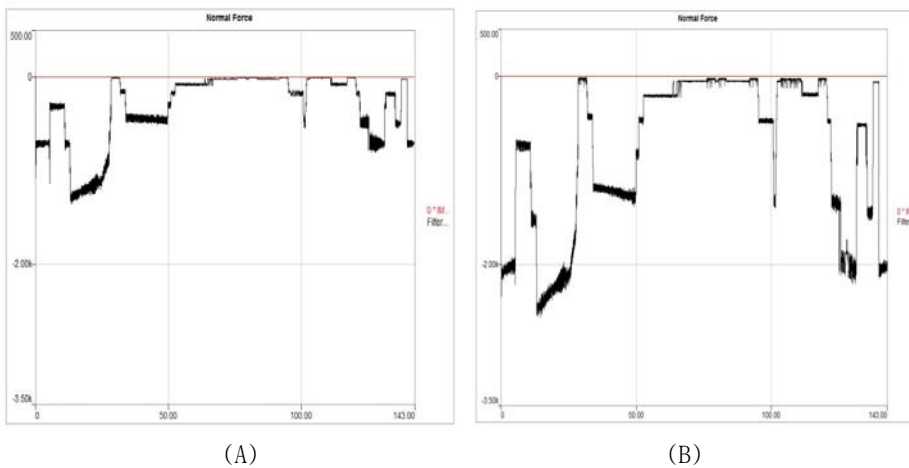


Fig. 4 Cumulative power consumption of the slip frequency varying train according to the operating conditions (A) variable slip frequency (B) not variable slip frequency

3. 결 론

자기부상열차의 ATO운전시 각 구간별 속도, 추진력등의 운행 조건에 따라 최적의 슬립주파수는 각각 다르다. 이전의 슬립주파수 고정 방식의 경우 운행의 안정성을 위해서 모든 구간에서 통용되는 가장 높은 하나의 슬립주파수만을 사용하고 있다. 운행 중 운전조건이 변함에도 슬립주파수 변경없이 운행하다보니 불필요한 소비가 발생하였다. 따라서 본 논문에서는 각 구간별 운행 패턴에 따라 슬립주파수를 변동하여 ATO운전을 시험, 슬립주파수 미가변시와 비교하여 효율 비교를 하였다. 현재 운행되고 있는 자기부상열차의 실제 패턴을 이용하여, 자동열차운전(ATO)시 슬립주파수 가변과 미가변의 경우를 시뮬레이션 하였다. 그 결과 한 구간내에서 누적 소비전력을 0.17[kWh]에서 0.138[kWh]로 약 0.032[kWh] 감소시켜 기존의 슬립주파수 고정 방식보다 18[%] 에너지 효율 증가를 보임으로써 더 효율적임을 검증하였다.

본 연구는 국토교통부 철도기술연구사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] Park Sang Uk (2016) Improvement of ATO Efficiency by Varying Slip Frequency for a Magnetic Levitation Propulsion System Using a Linear Induction Moto, *Power Electronics Conference*, pp. 109-110.
- [2] Lee Seok-Young (2015) Slip frequency control of magnetic levitation propulsion system using a linear induction motor, *Power Electronics Conference*, pp. 493-494.
- [3] N.G. Hingorani, "Power Electronics in Electric Utilities : Role of Power Electronics in Future Power System", *Proceedings of the IEEE*, Vol. 76, No. 4, pp. 481-482, 1988, April.