

벡터 제어에 근거한 선형유도전동기의 추진제어 알고리즘

이석영, 김원용, 목형수, 임재원, 박도영
건국대학교, 한국기계연구원

The driving Control Algorithm of Linear induction Motor based on Vector Control

Lee Seok Young, Kim Won Young, Mok Hyung Soo,
Lim Jae Won, Park Doh Young
Konkuk University, Korea Institute of Machinery & Materials

ABSTRACT

본 논문에서는 벡터제어에 근거한 선형 유도 전동기의 추진 제어 알고리즘에 대해 보여준다. 기존의 사용해왔던 스칼라제어 방식이 아닌 새로운 전류제어 방식을 사용하며, 기존의 13.5Hz 슬립주파수 일정 제어를 가변하여 플리킹 저감 구간을 축소하고 회생구간을 늘림으로써 운전효율 향상 패턴을 찾는 연구를 진행하였다. 본 논문에서는 시뮬레이션을 통해 산출된 최적운전 패턴결과를 반영하여 실험을 통해 이 방법을 제안하고자 한다.

1. 서론

최근 교통시장이 활발해지면서 도시에서 소음문제, 환경문제, 에너지 문제 등 다양한 문제가 야기되고 있다. 그래서 소음과 환경문제를 동시에 해결해 줄 수 있는 자기부상열차에 대한 연구가 활발하다. 본 논문에서는 벡터제어에 근거한 선형 유도 전동기를 이용한 추진제어 알고리즘에 대하여 서술한다. 기존에 쓰던 스칼라 제어에 문제점을 느껴 기본적인 스칼라제어와 유사한 스칼라제어를 구현하면서 내부는 벡터제어를 사용하는 방식을 채택하였다.

기존의 쓰던 벡터제어방식은 d축 전류를 일정하게하고 q축 전류를 변화시켜 토크를 제어하는 방식을 사용하였으나 우리가 사용하는 벡터제어방식은 슬립주파수 일정이라는 조건이 있기 때문에 이 조건을 만족하기 위해서는 슬립에 대한 전류비가 일정해야하기 때문에 d축 전류와 q축 전류를 일정비율로 변화시켜주는 조건이 적용되어야 한다. 전류의 실효치를 연산하기 위해서는 최소 정현전류의 180도 구간을 필요로 하기 때문에 전류의 피드백의 동특성이 느린 반면 제안된 벡터제어는 순시치로 제어되기 때문에 동특성이 좋다. 본 논문에서는 새로운 벡터제어방식을 시뮬레이션과 실험으로 슬립주파수 일정제어에 기초한 추진제어 벡터 알고리즘을 제안하고 실제 철도차량에 적용해 보고자 한다.

2. 본론

2.1 전류 실효치 제어 알고리즘

실효값을 바탕으로 한 전류제어방식은 3상 전류의 실효값을 바탕으로 제어하기 때문에 전류제어기의 대역폭이 수 Hz에 불과하여 전류제어의 응답특성이 빠르지 못한 특성을 지닌다. 또한 자기부상열차의 인버터의 스위칭 주파수가 900Hz로 전류제어기의 정도에 영향을 준다. 즉, 상당량의 순간적인 전류오차가 발생한다. 또한 PI 전류제어기의 이득 선정이 Trial and Error 방식을 사용하기 때문에 비교적 어렵고, 자기부상열차의 고속영역과 저속영역에서의 특성 차이 때문에 저속, 저주파 운전영역에서 전류제어기의 특성이 다른 특징을 보인다.

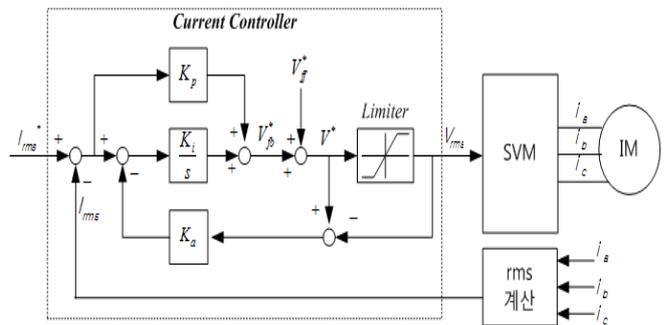


그림 1. 슬립주파수 일정 실효치 전류제어방식

2.2 벡터제어 알고리즘

벡터제어 동기좌표계 PI제어기를 사용할 경우 그림 2의 경우에서처럼 d q축 동기좌표계 PI 전류제어기를 별도로 사용하며, 순시전류를 수행한다. 추진력 지령치의 해당하는 실효전류 지령값을 출력하면 슬립주파수에 해당하는 d q축 순시전류 지령값을 출력하고 3상전류를 측정된 다음 3상/2상 변환과 정지/동기좌표변환으로부터 d q축 순시값으로 변환하여 각각 순시전류제어를 수행한다. 이 때 인버터의 각도 지령은 슬립주파수와 전동기의 속도에

의해 계산하고, 이를 적분하여 각도를 출력한다. 제어기의 대역폭은 수십 Hz 정도로 실효전류 제어기에 비해 약 5배 이상이 응답이 빠른 특성을 지닌다. 또한, 대역폭의 설정도 선형유도전동기의 파라미터로부터 pole zero cancellation 방법을 이용하여 이론적으로 계산할 수 있고, 약계자 영역을 제외한 운전영역에서 우수한 특성을 지닌다. 약계자 영역에서는 인버터 전압의 제한에 의해 전류제어기의 특성이 영향을 받는다.

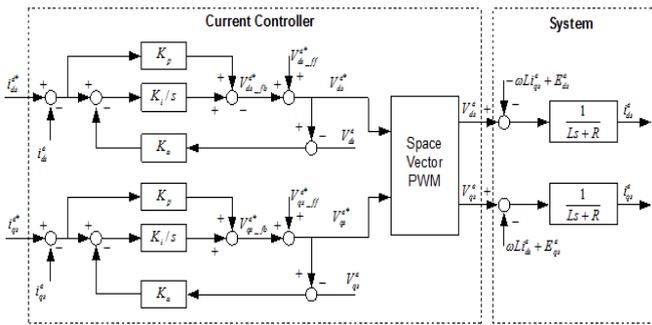


그림 2. 벡터제어 동기좌표계 PI 전류제어방식

2.3 모의 해석

슬립주파수 일정 전류 실효값 제어 방식에 속도별 노치별 전류 오차에 대한 실효값과 pk to pk값과 벡터제어에 의한 동기좌표계 PI 전류제어를 수행한 경우에 대한 결과를 추진제어시와 제동제어시 속도 0km/h, 30km/h, 50km/h, 70km/h별로 나타내었다. 각 조건에서의 전류오차의 실효치와 pk to pk의 평균값을 비교하면 그림 3과 4와 같다. 추진제어시에는 벡터전류제어방식을 사용함으로써 실효전류제어방식에 비해 전류오차가 실효치 기준 79%, pk to pk 기준 74% 감소하고, 제동제어시에는 82.3%, 79% 감소한다. 전류오차는 바로 추진력 혹은 제동력의 오차를 의미하며, pk to pk 값은 추진력 혹은 제동력의 리플값이 줄어들음을 의미한다.

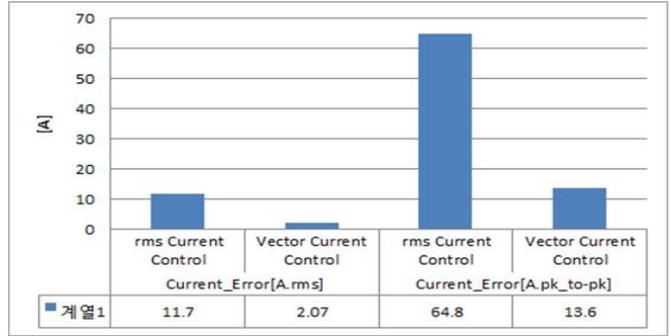


그림 3. 전류제어 방식의 성능비교 (슬립주파수 13.5Hz, 추진제어시)

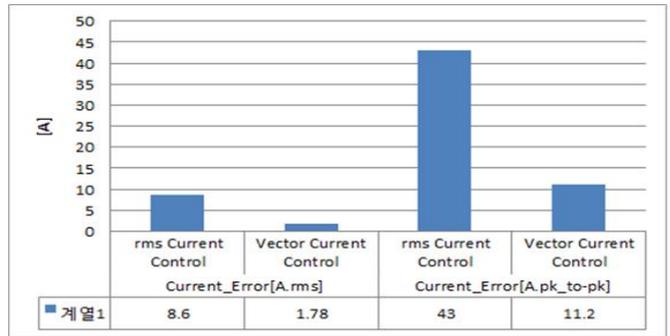


그림 4. 전류제어 방식의 성능비교 (슬립주파수 13.5Hz, 제동제어시)

4. 결론

벡터전류제어를 수행하면 추진력, 제동력의 오차를 약 80% 저감하고, 진동을 유발하는 리플의 크기도 74%이상 저감이 가능하다. 자기부상열차의 성능향상을 위해서는 기존의 슬립주파수일정 실효전류제어방식에서 슬립주파수 일정 벡터전류제어방식으로의 전환이 필요함을 알 수 있다.

본 연구는 국토교통부 철도기술연구사업의 연구비지원(13RTRP A069839)에 의해 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] 이형우, 이영훈, 이창영, 권혁빈, 강부경, 한영재 “초고속 자기부상철도의 추진시스템 기술.” 한국철도학회, 철도저널 한국철도학회지 제11권 제3호, 2008. 9, pp.12-16
- [2] 송우현, 유성환, 김준석, 임재원, 박도영 (2013.11), 수직력을 고려한 자기부상열차의 LIM벡터제어 기법, 전력전자학회 추계학술대회 논문집