

직선형 동기 릴럭턴스 전동기의 설계변수에 따른 추력 특성 해석

장석명, 박지훈, 권정기
충남대학교 전기공학과

Thrust Analysis of Linear Synchronous Reluctance motor according to Design Parameters

Seok-Myeong Jang, Ji-Hoon Park, Jeong-Ki Kwon
Dept. of Electrical Engineering Chungnam National University

Abstract - This paper deals with thrust characteristic by design parameter of linear synchronous reluctance motor(LSynRM). Mover of LSynRM used stator of linear induction machine. Design parameter being teeth width, teeth depth, airgap and displacement, we analyzed thrust characteristic on singleness or complex case. Also, we presented thrust characteristic using finite element method.

1. 서 론

동기 릴럭턴스 전동기는 회전자에 권선이 없는 간단한 구조로 고장이 적고 신뢰도가 높으므로 장시간 운전이 필요한 곳에 적합하며, 유지 보수가 용이하다. 또한 영구자석 전동기와는 달리 고 강도, 저 비용의 재질을 사용한 회전자의 제작이 가능하며, 유도전동기에 비해 회전자에 발생하는 손실이 적어 기동과 정지가 빈번한 경우에 유리하므로 최근 국내외적으로 연구 개발이 활발히 진행 중이다. 또한 동기 릴럭턴스 전동기의 고정자는 유도전동기의 고정자와 구조가 같으며, 회전자의 형상에 의해 토크 및 역률 특성이 제한된다. 동기 릴럭턴스 전동기의 토크는 회전자가 회전자계와 일치하려는 힘으로, 회전자는 릴럭턴스가 최소가 되는 자속경로를 유지하면서 공극자속의 회전속도와 동일하게 회전하게 된다.[1][2]

본 논문에서는 직선형 동기 릴럭턴스 전동기의 설계 사양의 변화에 따른 특성을 해석하고자 한다. 직선형 전동기는 스크류, 크랭크 등을 이용하여 회전운동을 직선운동으로 바꾸어 사용하는 방법보다 직선 추력을 얻는데 더 효율적이다. 따라서 직선형 동기 릴럭턴스 전동기의 설계 변수와 가동자의 위치에 따른 추력 특성을 유한요소해석을 이용하여 제시하고자 한다.

2. 초기 모델의 설계 사양

2.1 가동자 형상과 사양

그림 1은 직선형 동기 릴럭턴스 전동기의 형상을 보여주고 있으며, 1차측인 가동자는 직선형 유도기에 사용되는 것이다. 그림 1에서 알 수 있듯이 1차측인 가동자는 2층권과 분포권을 가진 3상 4극의 직선형 기기이며, 전체 길이 330.6(mm), 전체 높이 49(mm), 전체 폭 100(mm)의 크기를 갖고 있으며, 세부사양은 표 1에서 정리된 내용과 같다. 또한 가동자가 구동되기 위한 입력은 전류원이며, 전류밀도는 $6A/mm^2$ 이고 점적율은 0.5로 하였다.

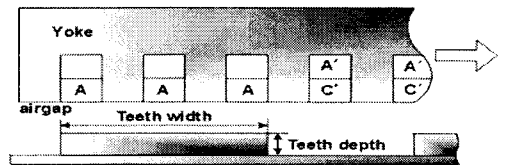


그림 1. 3상 4극 직선형 동기 릴럭턴스 전동기 형상

표 1. 가동자 사양

항 목	크기 (단위)
전체 길이	330.6(mm)
전체 높이	49(mm)
전체 폭	100(mm)
슬롯 높이	30(mm)
슬롯 폭	5.4(mm)
슬롯 수	39
치폭	3(mm)
극 간격	75.6(mm)
상수	3
극수	4
상당 극당 슬롯 수	3
전류밀도	$6(A/mm^2)$
점적율	0.5

2.2 고정자 설계

동기형 릴럭턴스 전동기의 고정자는 유도전동기의 고정자와 구조가 동일하다. 따라서 주 설계 대상은 회전자가 된다. 지금까지 연구되어진 동기형 릴럭턴스 전동기의 회전자 설계는 돌극비를 개선하기 위해서 토크 및 역률 특성에 영향을 미치는 슬롯, 공극, 자속 장벽 등의 여러 설계변수를 고려하여 인덕턴스 특성을 개선함으로써 고 토크, 고 역률 특성을 얻는 방향으로 진행되어져 왔다.[1] 본 논문에서는 직선형 릴럭턴스 전동기의 회전자 구조를 설계하기 위하여 돌극 구조를 가지는 형상에 대해 추력 특성을 해석하고자 한다. 추력 특성에 영향을 미치는 요소로 공극, 치폭, 치 깊이 그리고 변위를 선정하였으며, 유한요소해석을 통해 결과를 도출하였다. 유한요소해석을 위해 그림 2와 같은 과정을 반복 수행하게 된다.

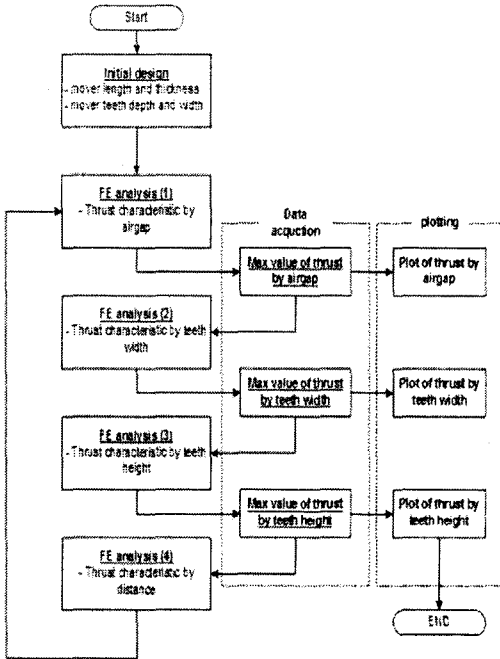


그림 2. 고정자 설계를 위한 개략도

그림 2는 초기 디자인 설계 값을 입력하고, 고정자 설계 사양을 변수화 하여 공극에 대하여 해석한 추력 특성의 최대값으로부터 공극을 결정하고 다시 치폭에 대한 추력 특성의 최고값으로부터 치폭을 결정하고 치 깊이에 대한 추력 특성 최고값을 해석하는 과정을 반복 수행하는 일련의 과정을 보여주고 있다.

3. 고정자 설계변수와 전류밀도에 따른 추력 특성 유한요소해석

3.1 고정자 설계변수에 따른 유한요소해석

그림 3과 그림 4는 가동자와 고정자간의 초기위치와 관련하여 가동자의 위치에 따른 자속흐름을 보여주고 있다. 그림 3의 경우 최대 추력이 발생하는 가동자와 고정자간의 위치를 나타낸다.

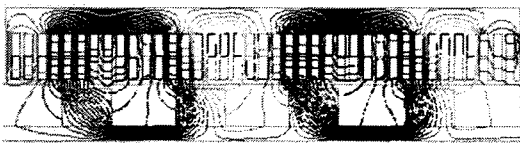


그림 3. 가동자와 고정자가 불일치된 상태

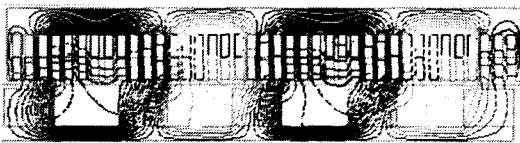


그림 4. 가동자와 고정자가 일치된 상태

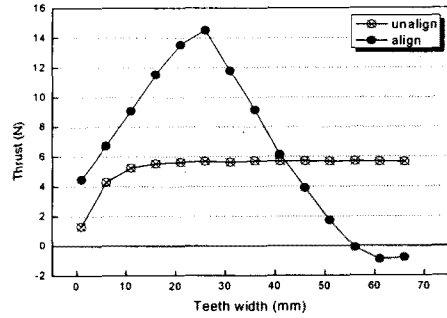


그림 5. 가동자 위치와 치폭에 따른 추력 특성

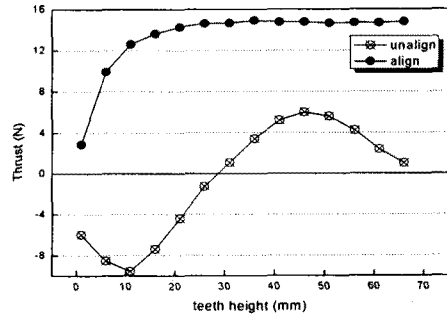


그림 6. 가동자 위치와 치 깊이에 따른 추력 특성

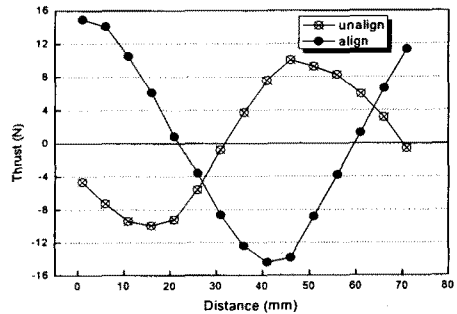


그림 7. 가동자 위치와 극피치에 따른 추력 특성

그림 5와 그림 6은 가동자의 위치와 치폭, 치 깊이에 따른 추력 특성 그래프이며, 가동자와 고정자간 불일치된 상태일 때 큰 추력 특성을 보이는 것을 알 수 있다. 그림 7의 경우 그림 5와 그림 6의 최대값을 대입하여 변위에 따른 추력 특성을 보여주는 것으로 극피치만큼 이동시켰을 때의 그래프이다. 또한 그림 8은 치폭과 치 깊이의 두 가지 설계변수를 모두 고려한 경우의 추력 특성 그래프이다. 그래프를 통하여 요구 추력에 대한 치폭과 치 깊이의 설계치를 알 수 있다.

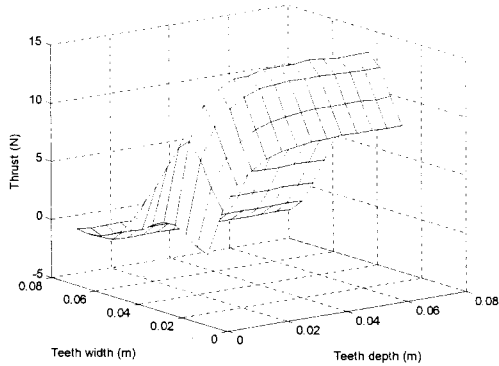


그림 8. 치폭과 치 깊이에 따른 추력 특성

3.2 해석된 고정자 설계변수와 전류밀도에 따른 유한요소해석

본 논문은 가동자가 구동되기 위한 입력을 전류원으로 하였으며, 이 때 전류밀도는 $6A/mm^2$, 점적율은 0.5라 가정하였다. 같은 설계 사양에서 다른 추력을 얻기 위한 방법으로 전류밀도를 증가시키는 유한요소해석을 수행하였다. 그림 9는 전류밀도의 증가에 따른 추력 특성을 나타내고 있다.

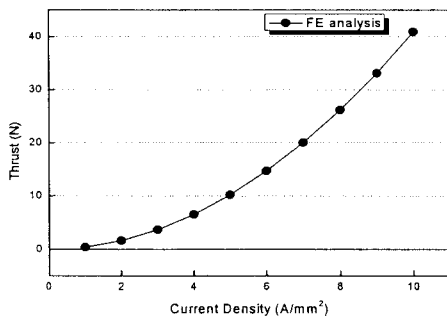


그림 9. 전류밀도에 따른 추력 특성

4. 결 론

본 논문에서는 직선형 동기 릴럭턴스 전동기의 설계변수에 따른 추력 특성을 해석하였다. 가동자는 직선형 유도기에서 사용되는 것이며, 설계된 가동자에 대한 고정자의 설계를 위해 유한요소해석을 이용하여 치폭, 치 깊이, 변위, 전류밀도에 대하여 추력 특성을 해석하였으며, 제시된 그래프를 통해 각각의 설계변수에 따른 추력 특성을 확인할 수 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] 이중호, "가전용 340W급 동기형 릴럭턴스 전동기 설계 및 효율특성 실험", 전기학회논문지, 52B권 2호, p39~p52, 2003년 2월
- [2] 이중호, 현동석, "철손을 고려한 동기형 릴럭턴스 전동기의 유한요소해석", 전기학회논문지, 48B권 4호, p187~193, 1999년 4월
- [3] I. Boldea, "Reluctance synchronous machines and drives", OXFORD, 1996년