

Planar Motor의 특성향상을 위한 영구자석 배열 최적화

황 예*, 이 동엽, 김규탁
 창원대학교 전기공학과

The optimum design of permanent magnet array for improvement characteristics in planar motor

Rui Huang*, Dong-yeup Lee, Gyu-tak Kim
 Department of Electrical Engineering in Changwon National University

Abstract - In this paper, a novel permanent magnet array is proposed and the magnetic field distribution is evaluated analytically by using magnetic scalar potential. The characteristics of the synchronous permanent magnet planar motor with this novel magnet array such as inductance, back-EMF, and force are calculated by analytical method. The superiority and feasibility of the novel magnet array are verified by comparing with Asakawa array, Chitayat array, and experiment data. Otherwise, the force is developed from 27.77[N] to 30.37[N] by using the method of genetic algorithm.

1. 서 론

2차원 운동을 할 수 있는 동기형 영구자석 평면 전동기(SPMPM)와 같이 영구자석을 사용하는 전동기의 경우 계자역할을 하는 영구자석에 의한 자속밀도는 기기의 특성을 결정하는 가장 중요한 역할을 한다. 그러므로 X-Y 모터에서 가장 기본적인 것은 얼마만큼 자속밀도를 높게 하는가에 달려 있다고 해도 과언은 아니다. 자속밀도는 영구자석의 배열과 밀접한 관계가 있으며, 기존 배열법으로는 Asakawa배열법, Chitayat배열법이 있다. Asakawa배열은 기기면적의 50%밖에 영구자석을 배열할 수 없으며, Chitayat배열은 마름모꼴로 N,S극의 영구자석을 맞대어 번갈아 배열하는 방법이다[1-3].

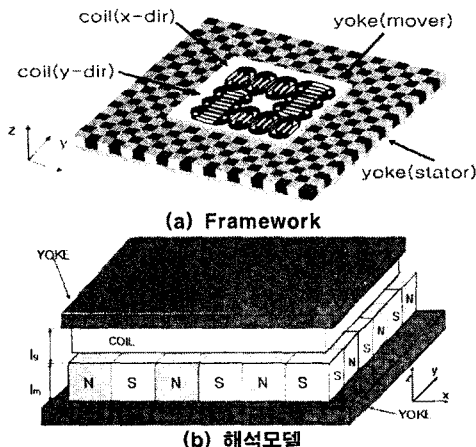
본 논문에서는 기존 배열법의 단점을 보완하고 성능을 높일 수 있는 새로운 자석배열법을 제안하고 기존 배열법과 특성을 비교하였다. 제안된 새로운 배열법은 N,S극을 번갈아가며 수평과 수직방향으로 배열하고 극사이간격을 두었다. 제안한 배열의 특성 해석을 위해 자기 스칼라포텐셜을 이용한 해석적 방법으로 구해진 자속밀도를 이용하여 코일에 의한 힘, 역기전력, 인덕턴스를 구하였다. 그리고, 제안 모델의 최적 설계를 위하여 6개의 유전인자의 교배와 돌연변이를 통한 유전알고리즘(GA)를 사용하였다. 기존 배열법과 제안된 배열법을 특성을 비교하므로써 본 논문에서 제안한 새로운 배열법이 우수한 성능을 가짐을 확인할 수 있었으며, 시작기를 제작, 측정하여 해석결과와 타당성을 입증하였다.

2. 본 론

2.1 해석모델

그림 1은 제안모델인 SPMPM의 Framework와 해석모델을 나타낸다. 그림 1(a)에서 알 수 있는 바와 같이 SPMPM의 전체 형상에서 가동자에 4개의 코일쌍이 존재를 하게 된다. 2개의 코일쌍은 X-축 운동에 사용되며, 나머지 2개의 코일쌍은 Y-축 운동에 사용된다.

표 1은 시작기의 설계 사양을 나타낸다.



〈그림 1〉 동기형 영구자석 평면 전동기

〈표 1〉 시작기의 설계 사양

분류	변수	기호	값	단위
영구자석	잔류자속밀도	B_r	1.3	T
	극간격	P	20	mm
	두께	L_m	10	mm
공극	거리	l_{gn}	1	mm
	두께	L_c	5	mm
코일	너비	W	8	mm
	길이	d	20	mm
	안쪽 길이	W_c	8.5	mm
	상당 턴수	N	600	

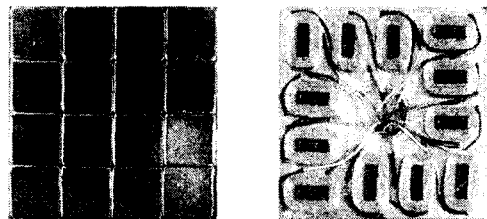
2.2 자석의 배열에 따른 특성 비교

그림 2는 Asakawa, Chitayat 및 본 논문에서 제안한 영구자석의 배열을 나타낸 것이다.



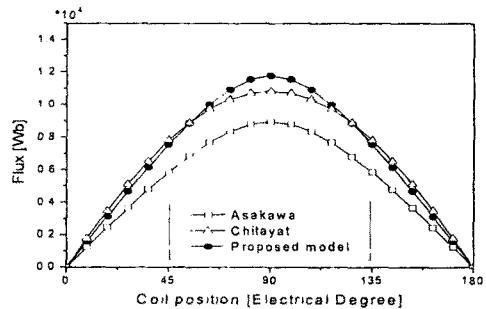
〈그림 2〉 여러 가지 영구자석 배열

그림 3은 제안 배열을 가지는 SPMPM 시작기의 영구자석 배열과 가동자를 나타낸다.



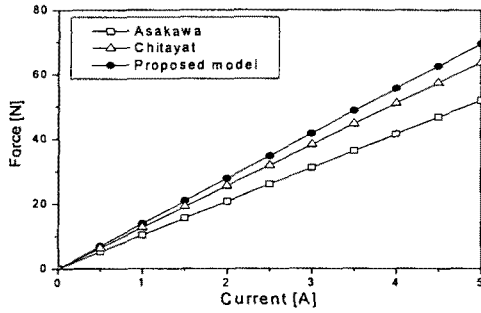
〈그림 3〉 시작기의 영구자석 배열과 가동자

그림 4는 쇠교자속을 나타낸 것이다. 그림 4에서 알 수 있듯이 제안모델의 쇠교자속량이 Asakawa모델과 비교하여 31.6[%] 증가하였고, Chitayat모델과 비교하면 8.7[%] 증가하였다.



〈그림 4〉 쇠교 자속

전기자 전류에 변화에 따른 발생력을 계산하여 그림 5에 나타내었다. 제안모델의 발생력이 Asakawa모델과 비교하여 33.4 [%]증가하였고, Chitayat모델과 비교하면 9.1[%] 증가하였다



〈그림 5〉 발생력

2.3 추력 향상을 위한 최적화

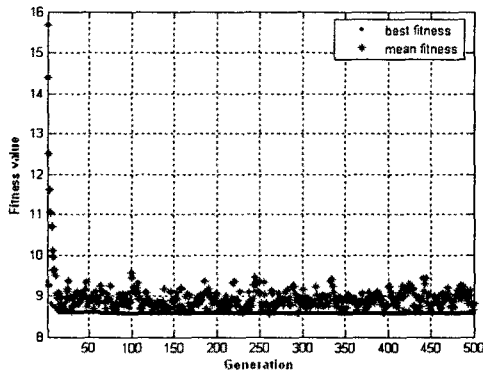
제안된 영구자석의 배열을 가지는 SPMPM의 추력을 향상시키기 위하여 유전알고리즘을 이용하여 최적화를 수행하였다. 최적화시의 설계 변수로는 영구자석의 폭(P), 영구자석의 높이(Lm), 가동자인 코일의 너비(W), 코일의 길이(d), 코일의 안쪽 길이(Wc), 코일의 두께(Lc), 코일의 상당 턴수(N)를 선정하였으며, 목적함수는 발생 추력을 선정하였다.

표 2는 유전알고리즘의 setup을 나타내며, 그림 6은 유전알고리즘을 통한 최적화시 적합도의 변화를 나타낸다.

표 3은 유전알고리즘을 통한 최적화 결과를 초기 모델과 비교한 것이다.

〈표 2〉 유전알고리즘의 setup

Main items	Contents
Population type	Double vector
Population size	50
crossover method	scattered
mutation method	Gaussian/1.0/1.0
crossover probability	0.8
Selection	Stochastic uniform
Max generation	500



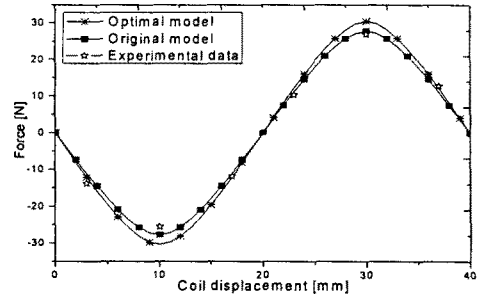
〈그림 6〉 유전알고리즘의 적합도

〈표 3〉 최적화 결과

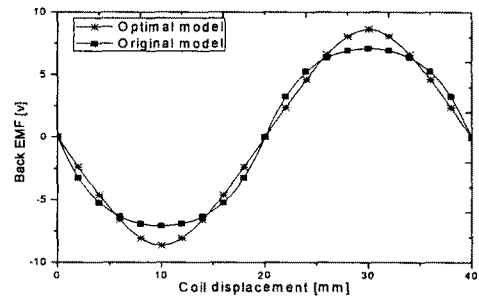
Symbols	Units	Original model	Optimal model
Lm	mm	10	12
Lc	mm	5	6
W	mm	8	6.6
Wc	mm	8.5	9
d	mm	20	20
P	mm	20	20
N		600	760

그림 7은 초기 모델과 최적화 모델의 추력, 역기전력, 인덕턴스 특성을 나타내었다. 그림 7(a)는 전류의 최대치가 1[A]인 경우, 부하 각에 따른 발생 추력이며, 초기모델의 27.77[N]에서 최적화를 통하여 30.37[N]으로 향상되었다. 그림 7(a)에서 나타난 실험치는 로드셀을 통하여 측정하였으며, 이때, 측정 방법은 가동자의 이동에 대한 오차를 줄이기 위하여 가동자를 고정시킨 상태에서 입력 전류를 가

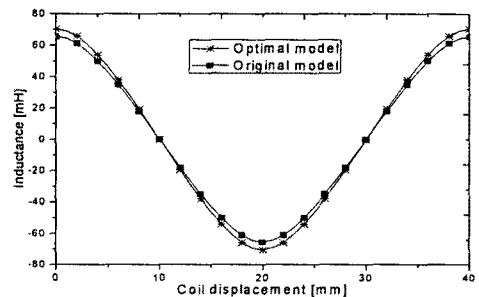
변하여 측정하였다. 그림 7(b)에 나타난 역기전력의 최대치는 초기 모델의 8.99[V]에서 최적화 모델의 9.79[V]로 상승하였으며 그림 7(c)에 나타난 인덕턴스 또한 65.51[mH]에서 70.28[mH]로 상승하였다. 최적화를 통하여 특성이 크게 향상됨을 확인할 수 있었다.



(a) Force



(b) Back-EMF



(c) Inductance

〈그림 7〉 초기 모델과 최적 모델의 특성 비교

3. 결 론

본 논문에서는 동기형 영구자석 평면 전동기(SPMPM)에서 기존에 알려진 배열법과는 다른 공간의 효율성과 성능을 향상시키기 위한 새로운 배열법을 제안하였고, 유전 알고리즘을 통하여 제안 모델의 발생 추력 향상을 위한 최적화를 수행하였다. 또한 시작기를 제작하여 본 논문의 타당성을 증명하였다.

해석 모델의 특성 해석을 위하여 공간고조파법을 이용한 해석적 방법을 사용하였고, 발생 추력, 역기전력, 인덕턴스 등의 특성을 비교하였다. 실제 시작기의 실험을 통한 실험치와 이론치가 잘 일치하는 양호한 결과를 도출할 수 있었다.

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업(RTI04-01-03) 지원으로 수행되었습니다

〔참 고 문 헌〕

- [1] H.-S. Cho and H.-K. Jung, "Analysis and design of synchronous permanent-magnet planar motors," *IEEE Trans. Energy Conversion*, vol.17, pp. 492-499, Dec. 2002
- [2] J. Cao, Y. Zhu, J. Wang, W. Yin and G. Duan, "Analysis and Comparison of Two-Dimensional Permanent-Magnet Arrays for Planar Motor", *IEEE Trans. Magn.*, vol.40, pp. 3490-3494, Nov. 2004.