

그림 2는 전류와 전압이 d축과 q축으로 분해된 페이지도이다. 두 경우 모두 필수적인 동작 메커니즘을 밝히기 위해 저항을 무시하였다. I_d 가 양이라면, 그림 2-a에서와 같이 전기자나 고정자 전류가 자석에 의해 발생하는 d축 자속을 증가시키려는 공극 주위의 mmf분포를 만들어 낸다. 고정자 기자력에 의한 자속은 q축에서 $jX_s I_d$ 을 유도한다. q축 성분에는 jE_q 가 더해진다. 자속밀도가 증가하여 동작점이 자화특성에서 위로 올라가고 1사분면에서 $B_m > B_r$ 로 끝날 수 있다.

2.2 영구자석 고려 유한요소 해석법

유한 요소법은 수치해석 기법에 의해 전자계 시스템 문제를 해석하는 방법이다. 이 방법은 특히 형상이 복잡하거나 비선형 물질 특성을 가지는 경우 해석 적재를 구하기가 매우 어려운 경우에 매우 유용한 수치해석 기법이다. 해석 영역 내에서 만족하여야 하는 비선형 미분 방정식은 맥스웰 방정식으로부터 유도가 되며, 보통 이 미분 방정식은 자기 포텐셜(magnetic potential)로 표현이 된다. 회전기, 변압기 등의 전기기기 해석에 유한 요소법을 적용하는 경우 전처리 과정(Pre-processing), 주처리 과정(Main-processing) 및 후처리 과정(Post-processing)으로 이루어진다.

전처리 과정은 요소 분할, 물질 상수값 입력 및 문제 정의의 부분으로 이루어진다. 문제 정의 과정은 해석 영역의 정확한 경계 조건을 부여 하고, 전류가 흐르는 영역의 전류 밀도 및 전류 방향, 자석의 자화방향 등을 지정하며, 특히 경계 조건 부여 이외의 것은 앞부분의 물질 상수값 입력 과정과 밀접한 관련이 있다. 주처리 과정은 전체 해석 영역을 만족하는 편미분 방정식을 요소별로 이산화된 편미분 방정식으로 바꾸어 해를 구하는 것이다. 이산화에 의해서 편미분 방정식은 절점에서 포텐셜을 미지수로 하는 많은 비선형 연립 방정식으로 변환된다. 이 비선형 연립 방정식을 풀기 위해서는 반복 계산이 필수적이다. 또한 미지수가 많기 때문에 대형 행렬 계산을 하여야 한다. 후처리 과정은 주처리 과정으로부터 각 절점에서의 포텐셜 값이 얻어질 때, 이 포텐셜 값을 이용하여 필드 특성치, 자속밀도, 기전력, 인덕턴스 등을 계산하는 과정이다.

2.2.1 영구자석 동기 발전기 유한요소 해석

내삼형 자석 동기 발전기에 대한 유한요소 해석을 수행하였다. 유한 요소 해석으로부터, 발전기의 d,q축 리액턴스, 역기전력, 공극 자속밀도 분포 등을 얻어낼 수 있다. 이러한 특성 해석이 가능하기 때문에, 발전기의 형상, 재료, 권선 수 등을 조정하여 요구되는 성능을 만족하는 발전기의 설계가 가능하다.

발전 기전력의 주파수는 다음 식으로부터 결정할 수 있다.

$$f = \frac{P \cdot n}{120} \quad (8)$$

발전된 전압은 교류지만, 제어 정류기를 통해 직류 전원으로 변환되고, 이것이 발전기의 여자에 여자전원을 공급된다. 원동기에 의해 구동되고, 원동기 축의 관성이 충분히 커서 영구자석 발전기의 코깅 토크는 전체적으로 회전불균일에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 판단되지만, 코깅은 작은 것이 바람직하다.

3. 해석 결과

〈표 1〉 해석 모델의 기본적인 사양

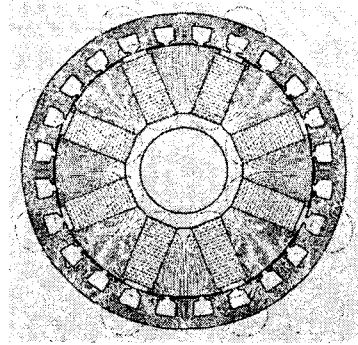
항목	값	단위
정격 입력	220	V
RPM	1800	rpm
극수	8	
슬롯수	24	
상수	3	
영구자석	0.395	T

그림 3은 영구자석에 의한 샘플 발전기의 등포텐셜도이다. 8개의 직사각 자석과, 극을 형성하는 부재들의 회전자 치가 있다. 자석 표면적은 공극 극 면적보다 더 넓기 때문에 자석 잔류 자속밀도보다 공극 자속밀도가 더 커질 수 있다. 여기서, 자석에 나온 자속이 공극으로 흘러가야 하므로, 회전자 축을 둘러싼 링구조물은 반드시 반자성체이어야 한다.

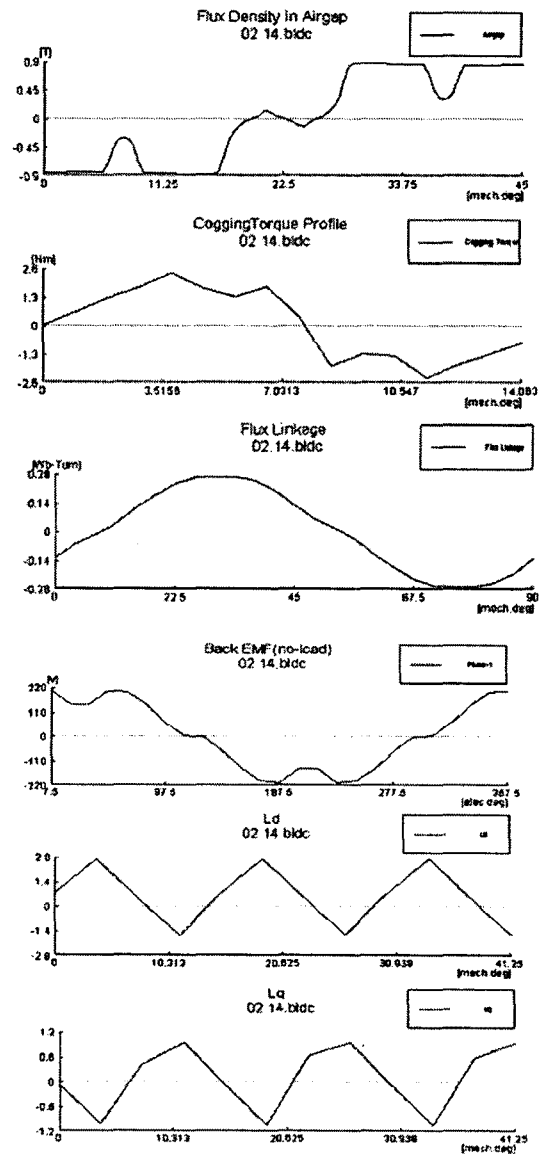
그림 4는 이러한 유한 요소 해석에 의해서 계산된 공극자속밀도분포, 코깅 토크 프로파일, 자속 쇄교수, 비교적 정현적으로 나오고 있으며, 기전력은 표 1의 사양에 따라 계산된 결과이다. d축 q축 리액턴스 크기 차이로, 릴럭턴스 출력에 존재한다.

4. 결 론

영구 자석형 발전기의 동기회로에 의한 해석을 위하여 자기회로 모델링 방법에 대하여 연구, 모델을 만들 수 있도록 하였다. 본 논문에서 동기 발전기를 실제로 유한요소 해석을 수행하고, 변수가 될 수 있는 발전기의 고정자, 회전자 형상, 치수, 영구자석 치수 등을 변경하면서 발전기의 특성을 유한요소법에 의하여 해석을 수행 하였다. 이로부터 다양한 입력 변화를 통해, 요구되는 사양을 만족할 수 있는 자석의 설계가 가능할 것이라 기대된다.



〈그림 3〉 발전기의 등포텐셜도



〈그림 4〉 유한요소 해석에 의한 결과

본 연구는 중소기업 기술혁신 기술개발사업의 지원으로 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] 大川光吉, "페라이트 磁石回轉機의 設計", pp.183~268, 1984
- [2] 서울대 전기공학부 전기역학 연구실, "영구자석 전동기 설계", pp.174~195, 1998