

ANSYS에 의한 진동시편자력계용전자석의 합리적인 선류위치결정

장경훈, 김주혁

위대한 수령 김일성동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《오늘 우리앞에 나선 중요한 문제의 하나는 과학과 기술을 발전시키는것입니다.》

(《김일성전집》 제27권 270페이지)

자성재료에 대한 연구사업을 발전하는 현실의 요구에 따라세우자면 여러가지 나노자성재료들을 적극 개발하는것과 함께 이러한 나노자성재료들의 자기적특성을 정확히 평가할수 있는 측정체계를 확립하는것이 중요한 문제로 나선다.

진동시편자력계는 나노자성재료들의 자기적특성을 비롯하여 미세한 자기적특성량들을 평가하는데서 널리 쓰이고있는 중요한 측정기구이다.

우리는 유한요소해석도구인 ANSYS를 리용하여 진동시편자력계에서 선류위치에 따르는 전자석공극에서의 자기마당변화를 연구하고 합리적인 선류위치를 결정하였다.

우리가 연구한 진동시편자력계용전자석의 기본구성도는 그림 1과 같다.

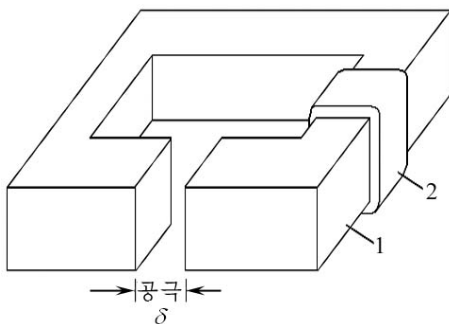


그림 1. 진동시편자력계용전자석의
구조모형
1-철심, 2-선류

일반적으로 이러한 구조의 자기회로에 대한 해석은 전기회로와의 유사성을 리용한 자기회로법칙들을 리용하여 진행한다.

그림 1과 같은 자기회로에서 자속은 자기회로에서의 옴의 법칙에 따라 다음과 같이 결정된다.[4, 5]

$$\Phi = \frac{IN}{R} \quad (1)$$

여기서 R 는 자기회로의 자기저항으로서 다음과 같이 표시된다.

$$R = \sum_i R_i = \sum_i \frac{L_i}{\mu_i S_i} \quad (2)$$

여기서 L_i , μ_i , S_i 는 각각 전체 자기회로에서 철심부분과 공기부분의 길이와 투자률, 자를면적이다.

한편 기자력(IN)은 다음과 같다.

$$IN = \oint Hdl = \sum NI \quad (3)$$

여기서 N 은 선류의 권회수이고 I 는 선류으로 흐르는 전류의 세기이다.

식 (1)을 리용하여 전자석공극에서의 자기마당을 정확히 평가하자면 전자석의 철심과 공극, 철심주위공간의 자기저항값을 정확히 결정해야 한다.

일반적으로 전자석철심부분의 자기저항은 매우 작으며 결국 전체 자기회로의 자기저항은 기본적으로 공극의 자기저항과 전자석주위공간의 자기저항에 의하여 결정된다.

순철과 같이 투자률이 비교적 높은 철심을 쓰는 경우에도 철심주위로의 자속루설은 존재하며 특히 그림 1과 같이 직각모서리부분들을 가지고있는 철심의 경우에는 모서리부분들에서 자속루설이 더 많아지게 된다.

이러한 자속루설때문에 전자석공극에서의 자기마당은 선류를 설치한 위치에 따라 달라지게 된다. 그러나 공극, 특히 전자석주위공간의 자기저항을 정확히 결정할수 있는 방법이 없기때문에 자기회로의 법칙으로는 전자석에서의 자속루설을 정확히 고려할수 없으며 따라서 선류의 위치에 따라 전자석공극에서 자기마당이 어떻게 달라지는가를 평가할수 없다.

최근시기 유한요소법을 리용하여 여러가지 자기회로들을 정확히 해석하기 위한 연구들이 진행되고있다.[1-3, 6]

우리는 유한요소해석도구인 ANSYS를 리용하여 진동시편자력계용전자석에서 선류위치에 따르는 공극자기마당변화를 연구하고 합리적인 선류위치를 결정하였으며 ANSYS프로그램의 3차원정자기마당해석도구를 리용하여 전자석공극에서의 자기마당에 대한 해석을 진행하였다.

우리는 전자석철심주위에서의 자속루설을 고려하기 위하여 전자석철심밖에 일정한 두께의 공기층을 설정하였다. 또한 이 공기층의 결면에 무한경계요소를 설정해줌으로써 충분한 두께의 공기층효과를 고려할수 있도록 하였다. 전자석의 철심과 공기층에 대해서는 요소형으로 자기스칼라포텐셜 Mag를 자유도로 가지는 8마디점6면체요소인 SOLID96을 선택하였으며 모형의 바깥결면에 대하여서는 2차원무한경계요소인 INFIN47을 선택하였다. 그리고 철심의 상대투자률을 2 000으로, 공기층(공극구역과 전자석주위구역)의 상대투자률을 1로 설정하였다.

한편 선류구역은 판형, 원호형, 고리형 등 여러가지 형태의 전류원천을 생성하는 마크로인 RACE를 리용하여 생성하였다. 또한 직4각형철심의 4개 다리위치에 선류를 설치하고 매 선류배치에 대하여 공극의 길이와 선류에 흐르는 려자전류의 세기를 변화시키면서 공극자기마당의 변화를 연구하였다.

그림 2에 각이한 위치에 선류를 배치한 철심의 모양을 보여주었다.

그림 2에서 I 형은 선류를 공극의 가까이에 설치한 형태이며 II 형은 선류를 철심의 왼쪽 다리위치에 설치한 형태, III형은 선류를 공극의 맞은편 수평다리위치에 설치한 형태, IV형은 철심 오른쪽 다리위치에 설치한 형태이다.

공극에서의 자기마당은 전자석자극면의 중심점에 있는 마디점에서의 자기마당값을 가지고 평가하였다.

선류를 공극가까이에 설치한 형태(I형)일 때 공극층에서의 자기마당분포는 그림 3과 같다.

그림 3에서 보는바와 같이 공극에서 자기마당은 자극과 먼한 가운데부분에서 제일 크고 가

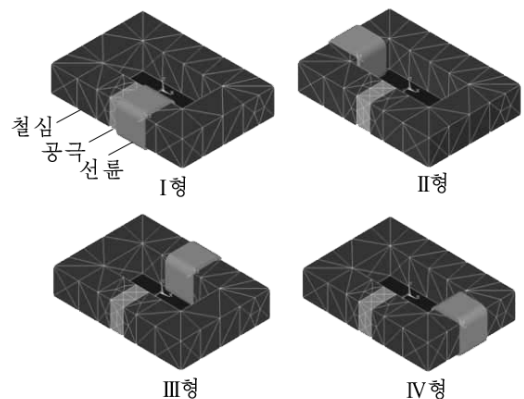


그림 2. 철심의 선류배치모형



그림 3. 공극층에서의 자기마당분포

장자리쪽으로 가면서 작아진다.

한편 각이한 선륜배치에 대하여 공극층의 너비를 3cm, 선륜의 권회수를 600회로 고정하고 선륜에 흐르는 려자전류의 세기를 변화시킬 때 공극에서의 자기마당변화는 그림 4와 같다.

그림 4에서 보는바와 같이 선륜에 흐르는 려자전류의 세기를 크게 하면 공극자기마당의 세기는 모든 선륜배치들에서 선형적으로 증가한다. 또한 선륜을 I 형 즉 공극의 가까이에 설치하였을 때 공극자기마당의 세기가 다른 선륜배치들에 비하여 2배이상으로 크다. 그러나 II, III, IV형의 선륜배치들에서는 공극자기마당에서의 차이가 거의나 없다.

각이한 선륜배치에서 선륜의 감음수를 600회, 전류의 세기를 5A로 고정시켰을 때 공극길이에 따르는 공극자기마당의 변화는 그림 5와 같다.

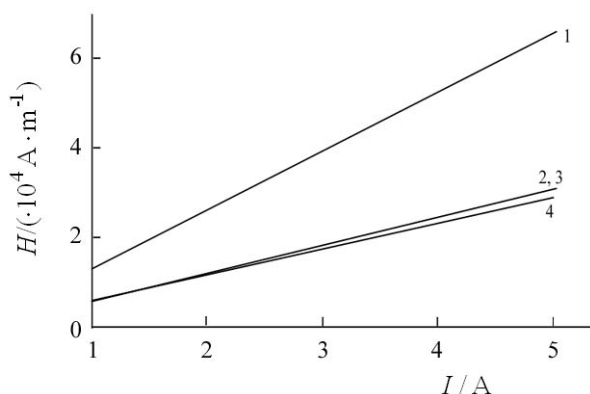


그림 4. 각이한 선륜배치에서 려자전류의 세기에 따르는 공극자기마당의 변화
1-4는 각각 I형, II형, III형, IV형선륜

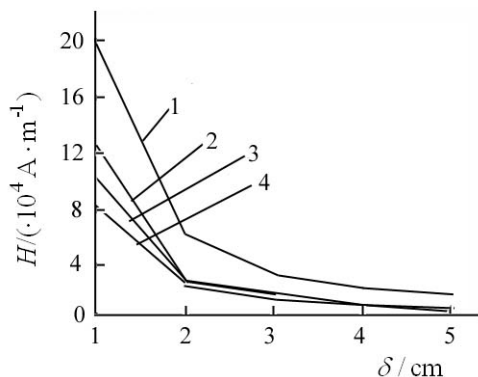


그림 5. 각이한 선륜배치에서 공극의 길이에 따르는 공극자기마당의 변화
1-4는 각각 그림 4의 경우와 같음.

그림 5에서 보는바와 같이 I형태의 선륜배치일 때 공극길이에 관계없이 다른 선륜배치들에서보다 공극자기마당이 크다. 또한 공극의 길이가 늘어남에 따라 공극자기마당에서의 차이는 줄어든다. 특히 II, III, IV형태의 선륜배치들에서는 공극길이가 2cm이상일 때 공극자기마당의 세기가 거의 같다. 그러나 공극길이가 1cm일 때 I형태의 선륜배치와 IV형태의 선륜배치에서 공극자기마당에서의 차이는 2.5배나 된다. 이러한 차이는 공극길이가 짧아질수록 더욱 커지게 될것이다.

이것은 나노자성재료와 같은 크기가 작은 시편들을 측정하는 진동시편자력계에서와 같이 공극길이가 작은 조건에서 동작하는 전자석의 경우에 선륜위치를 바로 정하는 문제가 더욱 중요하다는것을 말해준다.

이와 같은 결과들로부터 진동시편자력계용전자석을 설계하는데서 선륜의 위치를 I형태로 정하는것이 가장 합리적이라는것을 알수 있다. 즉 선륜을 공극의 옆위치에 설치하는것이 큰 공극자기마당을 얻는데 유리하다.

맺 는 말

1) 유한요소해석도구인 ANSYS를 리용하여 진동시편자력계용전자석에서 선륜에 흐르는 려자전류의 세기와 공극의 길이에 따르는 공극자기마당의 변화를 밝혔다.

2) 4가지 형태의 선륜배치에 대하여 공극에서의 자기마당세기를 평가비교하고 공극의 옆위치에 선륜을 배치하는것이 가장 합리적이라는것을 밝혔다.

참 고 문 헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 60, 5, 45, 주체103(2014).
- [2] C. Yamada et al.; IEEE Trans. Mag., 34, 5, 2996, 1998.
- [3] S. Thumanski; Handbook of Magnetic Measurement, CRC Press, 25~30, 2011.
- [4] 林其王 等; 磁路设计原理, 机械工业出版社, 87, 1988.
- [5] 李文林; 磁力应用工程, 兵器工业出版社, 58, 1991.
- [6] 李明哲; 农业机械学报, 36, 2, 100, 2005.

주체104(2015)년 4월 5일 원고접수

The Determination of Optimum Location of Electromagnet Coil of VSM by ANSYS

Jang Kyong Hun, Kim Ju Hyok

The magnetic field and its change in gap with intensity of current in coil and gap size were evaluated by ANSYS, the FEM analysis tool. From comparison of magnetic fields in gap for four types of coil arrangement, it was proved that coil was the most appropriate to be located at side of gap.

Key words: ANSYS, magnetic field