

최적화 기법을 이용한 자기변형 초음파 변환기의 바이어스 자기장 설계

Biasing Magnetic Field Design of Magnetostrictive Ultrasonic Transducer Using Optimization Method

윤길호* · 이호철† · 한정삼**

Yoon, Kil Ho, Lee, Ho-Cheol and Han, Jeong Sam

1. 서 론

자기변형 현상을 이용한 초음파 변환기는 비접촉 특성으로 인해서 경쟁적인 관계에 놓여있는 피에조 물질과는 대별되는 독특한 특징을 가지고 있다. 이러한 비접촉 특성을 이용하면 회전체의 이상 진단, 배관에서의 이상 진단 등의 특정 응용 분야에서 피에조 물질로는 구현할 수 없거나 힘든 성능을 발휘할 수 있어 많은 연구가 진행되어왔다.⁽¹⁾⁻⁽²⁾

본 연구자는 최근 연구에서 OPMT (Orientation Adjustable Patch-type Magnetostrictive Transducer) 라는 이름의 자기변형 초음파 변환기에 대해서 F.E.M과 이론적 식을 함께 적용하여 비교적 작은 계산 시간을 소모하면서 OPMT의 출력 특성을 예측할 수 있음을 보였다.⁽³⁾ 이처럼 선행연구를 통해서 물리계를 예측할 수 있는 모델을 획득하였기 때문에 이는 곧 최적화 도구를 이용해서 별도의 실험이 없이도 최적의 변환기 형상을 설계할 수 있음을 의미하는 것이 된다. 본 연구에서는 Fig.1에 보인 것과 같은 OPMT 형상의 자기변형 방식의 초음파 변환기에 대해서 영구자석과 니켈 패치 사이의 간격 H를 설계변수로 하여 최적화 기법을 도입하여 초음파의 출력을 최대로 만드는 H이 존재함을 확인하였고 이 값을 구하였다. 또한 이를 이전 연구에서 구해진 실험을 통해서 얻은 값과 비교하여 최적화를 통해서 구한 값이 실험상에서도 최대의 출력을 나타

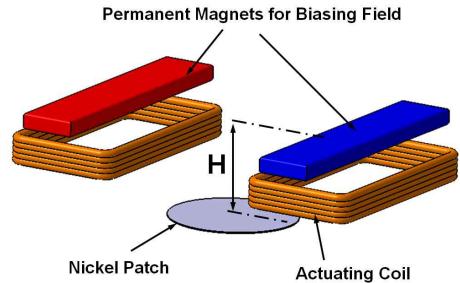


Fig. 1 Configuration of OPMT and design variable for optimization

내는 값을 확인하였다.

2. 본 론

Fig.2는 이전에 수행했던 실험적인 연구의 결과를 보여주고 있다. 그림의 X축은 Fig.1에 보인 H를 나타내며 우측 상단에 파라미터 d로 표시된 값들은 바이어스 자기장용 영구자석 2개 사이의 거리를 나타낸다.

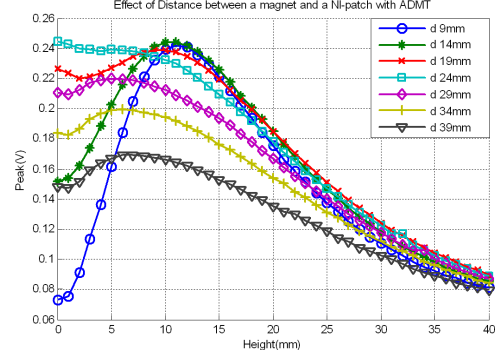


Fig. 2 Effects of geometrical design variables on the output voltages
타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 자석 간의 거리 및

† 교신저자; 정회원, 대구가톨릭대학교 기계자동차공학부
E-mail : hclee21@cu.ac.kr

Tel : 053-850-2712 , Fax : 053-850-2710

* 한양대학교 기계공학과

** 안동대학교 기계설계공학과

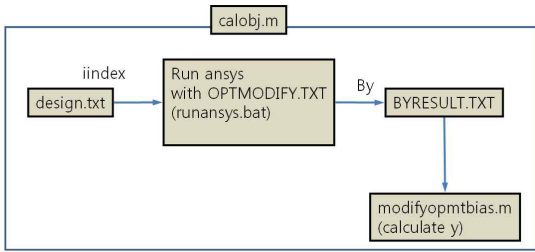


Fig. 3 Overall schematic plan for optimization using ANSYS and MATLAB

자석과 패치 사이의 거리가 가까운 경우에는 매우 복잡한 형태의 출력을 나타냄을 알 수 있다. 특히 패치와 거리가 가까울 때는 포화현상이 절대적인 영향을 미치는 것으로 보인다.

최적화 기법을 적용하기 위해서 다음과 같이 MATLAB과 ANSYS를 동시에 적용하였다. 여기서 ANSYS는 바이어스 자기장 및 코일에 의해서 생성되는 동적 자기장의 자속밀도(B)값에 대한 정보를 계산해서 MATLAB에 넘겨주는 역할을 수행한다. 바이어스 자기장과 코일에 의한 동적 자기장은 모두 이론적인 모델을 구하기에는 지나치게 복잡하여 수치해석 기법을 사용할 수밖에 없다. MATLAB은 실제로 최적화 함수를 구동하는 역할을 수행한다. 즉, ANSYS로부터 받은 자기장 분포에 관한 정보 및 선행연구에서 제안된 초음파 변환기 출력 계산 알고리즘을 활용하여 민감도를 계산한다.

Fig.3에 본 연구에서 사용한 최적화 과정을 간단하게 정리하였으며 각각의 파일이 가지는 기능을 설명하면 다음과 같다.

- calobj.m 파일 : MATLAB 함수 파일로 design.txt 파일을 읽어 들인 뒤에 ANSYS를 batch mode로 수행시키는 역할을 한다.
 - design.txt 파일 : 설계변수 H에 대한 초기 값이 들어있는 파일이다.
 - BYRESULT.txt 파일: ANSYS 해석 결과를 저장하고 있는 파일이다. 이 해석결과는 뒤에 설명할 modifyopmtbias.m에 의해서 사용된다.
 - modifyopmtbias.m 파일 : ANSYS에서 계산한 자속밀도 데이터 및 니켈에 대한 물성치를 불러 와서 내삽(interpolation)을 통해 최적화에 사용될 센서 출력 데이터를 생성한다.
- 최종적으로 최적화 과정은 fmincon이라는 함수의

인자에 앞서 설명한 calobj.m 함수를 호출하는 방법을 사용한다.

```
>> [x,feval]=fmin(@calobj,x0,[],[]...);
```

위에서 설명한 최적화 과정을 통해서 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다. Table.1의 결과는 Fig.2에 보인 다양한 경우들 중에서 자석간의 거리 d를 29mm로 했을 때 H를 최적화한 것에 해당한다. 실험의 경우 1mm 단위로 실험을 진행하여 H가 5mm에서 최대 출력을 나타냈으나 실제로는 4.5mm 근방에서 최대 출력을 보임을 알 수 있다.

Table. 1 Comparison between optimization and experiments for d=29mm

	H(mm)	Sensor Output (Volt)
Experiments	4.49	5.46
Optimization	5	5.43

3. 결 론

ANSYS와 MATLAB을 이용하여 자기변형 초음파 변환기의 출력을 최적화할 수 있음을 확인하였으며 이 방법은 추후에 다양한 형태의 다른 자기장을 이용한 변환기에 적용할 수 있을 것으로 예상된다.

후 기

본 연구는 한국연구재단(과제번호:2011-0027359)의 지원에 의해서 수행되었습니다.

4. 참 고 문 헌

1. Lacheisserie, E. T., 2000, "Magnetostriction Theory and Applications of Magnetoelasticity," CRC Press, Boca Raton, pp.363~368
2. Lee, H. C., 2008, "Mode-selective Ultrasonic Wave Sensors and its Characteristics," Journal of Mechanical Scientific and Technology, Vol.22, pp.247~254
- (1) Lee, H. C., 2010, "A Study on Performance Prediction for a Magnetostrictive Ultrasonic Transducer According to Arrangement of Permanent Magnets for Biasing," Vol.20, No.12, pp.1200~1209