

센서·액추에이터 중 간 시 험

[35 점]

2011. 4. 20.

대학원 기계공학과

1.[8점] 주교재 Electromechanical Sensors and Actuators에서는 Transducer를 material or structural behavior에 따라 분류한다.

(a) ① use (applilcation)에 따른 분류 방식의 내용과 단점, ② basic energy type에 따른 분류 방식의 내용과 단점, ③ material or structural behavior에 따른 분류 방식의 내용은 무엇인가?

(b) parallel plate capacitor의 capacitance를 세 parameter로 표현하고, 각 parameter에 관련된 use(application)를 제시하시오.

2.[4점] port란 energy가 교환되는 창구이다. multi-port device라고 정의되는 transducer를 모델링하기 위한 이상적인 1-port element를 ① active element와 ② passive element로 분류하여 각각의 내용을 설명하시오.

3.[9점] 원통의 바깥 면과 안쪽 면에 전극이 형성된 transducer의 capacitance는 다음과 같다.

$$C = \frac{2\pi\epsilon l}{\ln(r_2/r_1)}$$

r_1 : radius of the inner cylinder, r_2 : radius of the outer cylindrical shell

l : cylinder length, ϵ : electric permittivity

안쪽 면에 고정되어 있을 때, 바깥 반지름 r_2 를 변수 r 로 한다.

(a) 이 capacitor에 저장되는 electrical energy $E (= \frac{q^2}{C})$ 를 표현하고 electrical power를 표현하여, 전압 e 와 힘 F 를 전하 q 및 바깥 면 위치 r 과의 관계로 표현하시오.

(b) 변동하는 바깥 면 반지름을 $r = r_0 + \hat{r}$ 로 표현하고, 거리 변화에 따라 변동하는 전압과 전하를 각각 $e = e_0 + \hat{e}$ 와 $q = q_0 + \hat{q}$ 으로 표현하여, $\hat{e}$ 와 $\hat{r}$ 간의 선형 관계를 유도하시오.

(c) 이 transducer가 sensor로 사용될 때 sensitivity를 제시하고, sensitivity를 증대시키기 위한 방안을 제시하시오.

(뒷면에 계속)

4.[4점] magnetic capacitance, 즉 permeance는 다음과 같이 표현된다.

$$P = \frac{\mu A}{l} \quad (\mu : \text{permeability, } A : \text{cross-sectional area, } l : \text{length of the magnetic field})$$

간극 변화를 이용하는 변환기(transducer)에 대한 2-port 모델을 설정함에 있어서, 한쪽은 magnetic power conjugate 변수, 다른 쪽은 mechanical power conjugate 변수로 표현할 때, 간극에 저장되는 magnetic energy는 다음과 같다.

$$E = \frac{\phi^2}{2P}$$

에너지의 시간 변화율, 즉 파워를 표현하고, 그 결과에서 magnetomotive force (즉 magnetomotance)와 magnetostatic force를 주어진 표기들로 표현하시오.

5.[10점] 일반적인 소재에 있어서, mechanical stress T_i , electric field E_m , magnetic strength H_m , temperature θ 를 독립변수로 하고, mechanical strain S_i , electric displacement D_m , magnetic field B_m , entropy σ 를 종속변수로 하는 일반적인 구성방정식은 다음과 같다. ($i = 1, 2, \dots, 6$; $m = 1, 2, 3$)

$$S_i = s_{ij}^{E,H,\theta} T_j + d_{mi}^{H,\theta} E_m + d_{mi}^{E,\theta} H_m + \alpha_i^{E,H} d\theta$$

$$D_m = d_{mi}^{H,\theta} T_i + \epsilon_{mk}^{T,H,\theta} E_k + m_{mk}^{T,\theta} H_k + p_m^{T,H} d\theta$$

$$B_m = d_{mi}^{E,\theta} T_i + m_{mk}^{T,\theta} E_k + \mu_{mk}^{T,E,\theta} H_k + i_m^{T,E} d\theta$$

$$d\sigma = \alpha_i^{E,H} T_i + p_m^{T,H} E_m + i_m^{T,E} H_m + \frac{\rho c^{E,H,T}}{\theta} d\theta$$

- magnetic effect와 thermal effect는 무시할 만 하다고 가정할 때, 위 식들을 단순화하여 압전(piezoelectric) 구성방정식(constitutive equations)을 표현하고, material property를 나타내는 비례상수들 각각의 의미를 제시하시오.
- (a)에서 구한 식들을 단순화하여, 두께(z) 방향 양면의 전극을 가진 1-3 압전 복합재의 구성방정식을 표현하시오.
- (a)에서 구한 식들 matrix 형태의 식들로 나타내고 (즉, $\mathbf{T}$ 와 $\mathbf{E}$ 로 표현된 $\mathbf{S}$ 와 $\mathbf{D}$), 이 식들을 변형하여 $\mathbf{S}$ 와 $\mathbf{D}$ 로 표현된 $\mathbf{T}$ 와 $\mathbf{E}$ 식들을 표현하시오.
- strain과 displacement의 관계 $\mathbf{x} = [l] \mathbf{S}$
stress와 force의 관계 $\mathbf{F} = [A] \mathbf{T}$
electric displacement와 charge의 관계 $\mathbf{q} = [A^*] \mathbf{D}$
electric field와 voltage의 관계 $\mathbf{e} = [l^*] \mathbf{E}$
와 (a) 및 (c)의 결과를 사용하여 effort variable $\mathbf{F}$ 와 $\mathbf{e}$ 를 flow variable $\mathbf{x}$ 와 $\mathbf{q}$ 로 표현하는 표준형태 식을 유도하시오.
- elastic(즉 mechanical) effect와 magnetic effect는 무시할 만 하다고 가정할 때, 위 식들을 단순화하여 열전(pyroelectric) 구성방정식을 표현하고, material property를 나타내는 비례상수들 각각의 의미를 제시하시오.

센서·액추에이터 학 기 말 시 험

[35 점]

2011. 6. 15.

대학원 기계공학과

1.[6점] Linear magnetic transducer들 중에 가장 흔한 mechanism인 charged particle interaction의 변환(transduction) 관계식은

$$F = B l i + Z_m^i V, \quad e = Z_e^V i - B l V$$

이다.

- (a) Z_m^i 의 의미와 $Z_m^i V$ 의 의미를 설명하시오.
- (b) Z_e^V 의 의미와 $Z_e^V i$ 의 의미를 설명하시오.
- (c) 이러한 변환 메카니즘이 활용되는 사례를 두 가지 제시하시오.

2.[6점] strain gauge의 gauge factor는 다음과 같이 정의된다.

$$k_g \equiv \frac{dR/R}{dl/l} = (\text{fractional increase in resistance})/(\text{fractional increase in length})$$

이에 따라 유도하면 gauge factor가 다음과 같이 표현된다.

$$k_g = (1 + 2\nu) + \gamma_l$$

- (a) 다음과 같이 표현되는 electrical resistance로부터 gauge factor를 유도하고, 그 결과에서 각 항의 의미를 설명하시오.

$$R = \frac{\rho l}{A} \quad (\rho : \text{resistivity}, \quad l : \text{length}, \quad A : \text{cross-sectional area})$$

- (b) 실리콘(Si)이나 게르마늄(Ge)과 같은 반도체로 만들어지는 piezoresistive strain gauge의 장점과 단점을 제시하시오.

3.[5점] intensity-modulated fiber optic sensor들을 다음과 같이 분류할 때, 각각의 원리를 설명하시오.

- (a) extrinsic sensors : (a1) transmission type, (a2) internal reflection type, (a3) reflection type
- (b) intrinsic sensors : (b1) property-change type (b2) bending type

(뒷면에 계속)

4.[6점] Electromechanical transducer에서 input과 output의 effort와 flow의 관계를 표현하는 2-port 방정식들 중에서, transfer 표현 방식과 inverse transfer 표현 방식은 각각 다음과 같다.

$$\begin{Bmatrix} e_{\text{out}} \\ f_{\text{out}} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & -b_{12} \\ b_{21} & -b_{22} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} e_{\text{in}} \\ f_{\text{in}} \end{Bmatrix} \qquad \begin{Bmatrix} e_{\text{in}} \\ f_{\text{in}} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & -a_{12} \\ a_{21} & -a_{22} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} e_{\text{out}} \\ f_{\text{out}} \end{Bmatrix}$$

- (a) transfer 표현 방식의 transfer matrix $[b]$ 안의 네 개의 원소의 의미를 각각 설명하시오.
- (b) inverse transfer 표현 방식의 inverse transfer matrix $[a]$ 안의 네 개의 원소의 의미를 각각 설명하시오.
- (c) sensitivity 관점에서 $[a]$ 와 $[b]$ 는 각각 sensor나 actuator 중 어디에 적합하며 그 이유는 무엇인지 설명하시오.

5.[6점] Transducer의 성능을 표현하는 척도로 사용되는 다음 용어들의 의미를 설명하시오.

- | | |
|---------------------|----------------|
| (a) operation range | (b) accuracy |
| (c) linearity | (d) resolution |
| (e) noise | (f) drift |

6.[6점] analog 신호를 digital 신호로 변환하는 A-to-D converter가 사용된다.

- (a) A-to-D converter를 사용하는 이유를 설명하시오.
- (b) analog 신호를 digital 신호로 변환할 때 발생하는 aliasing 문제가 무엇인지 설명하고, 이 문제를 해결하기 위한 방안을 제시하시오.
- (c) amplifier를 사용하는 이유와 amplifier hardware의 specification을 제시하시오.

(끝)