센서·액추에이터 중 간 시 험

[35 점]

2009. 4. 21. 대학원 기계공학과

---

1. [6점] Transducer가 사용되는 계측 제어 시스템은 sensing, conditioning, storage, display, analysis, processing, actuation 등의 과정으로 이루어진다.
   (a) sensing 부분과 actuation 부분의 역할과 요건을 각각 제시하시오.
   (b) conditioning 부분과 processing 부분의 역할을 각각 제시하시오.
   (c) storage, display, analysis 부분의 역할을 각각 제시하시오.

2. [4점] 2-port transducer에서 input port와 output port의 power conjugate variable을 각각 (e_1, f_1)와 (e_2, f_2)로 표현할 때, input과 output의 선형 관계

   $e_2 = \mathrm{a}\ e_1 + \mathrm{b}\ f_1 \qquad f_2 = \mathrm{c}\ e_1 + \mathrm{d}\ f_1$

   를 사용하여 이상적인 nonenergic 2-port transducer의 transformer equation과 gyrator relation을 구하시오.

3. [6점] parallel plate capacitor로 구성된 transducer에서 평행판 사이의 변화하는 거리를 $(d+x)$로 나타내면, capacitor에 저장되는 전기적 에너지는 다음과 같다.

   $$E = \frac{q^2}{2}\frac{(d+x)}{\epsilon A} \qquad (q : \text{charge},\ \epsilon : \text{permittivity},\ A : \text{area})$$

   (a) 전압 e와 변위 x의 관계 및 힘 F와 전하 q의 관계를 각각 구하시오.
   (b) 거리 변화에 따라 변동하는 전압과 전하를 각각 $e = e_0 + \hat{e}$ 와 $q = q_0 + \hat{q}$ 으로 표현하여 $\hat{e}$ 와 x 간의 선형 관계를 유도하고, sensor로서의 sensitivity를 제시하시오.
   (c) 거리 변화에 따라 변동하는 전압과 힘을 각각 $e = e_0 + \hat{e}$ 와 $F = F_0 + \hat{F}$ 으로 표현하여 $\hat{e}$ 와 $\hat{F}$ 간의 선형 관계를 유도하시오.

4. [4점] 치수가 $h \times w \times l$인 육면체 전왜(電歪, electrostricion)소자에서 두께 h 방향으로 전기장이 형성되어 있을 때, capacitance는 다음과 같이 표현된다.

   $$C = \frac{\epsilon w l}{h} \qquad (\epsilon = \epsilon(\rho) : \text{permeability},\ \rho : \text{mass density})$$

   electric charge가 q일 때 이 소자에 저장되는 electric energy는 다음과 같다.

   $$E = \frac{q^2}{2C}$$

   두께 h 방향의 electrostrictive force를 유도하시오 (Poisson 비는 ν).

(뒷면에 계속)

5.[5점] eddy current transducer의 변환 메카니즘을 설명하시오.

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

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

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

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

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

(a) 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.

(b) (a)에서 구한 식들을 단순화하여, 두께(z) 방향 양면의 전극을 가진 1-3 압전 복합재의 구성방정식을 표현하시오.

(c) (a)에서 구한 식들 matrix 형태의 식들로 나타내고 (즉, **T**와 **E**로 표현된 **S**와 **D**), 이 식들을 변형하여 **S**와 **D**로 표현된 **T**와 **E** 식들을 표현하시오.

(d) 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 **F**와 **e**를 flow variable **x**와 **q**로 표현하는 표준형태 식을 유도하시오.

(e) 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.

(끝)

센서·액추에이터　　학 기 말 시 험

[35 점]

2009. 6. 16.　　대학원 기계공학과

---

1. [6점] 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, ⋯ , 6 ; m = 1, 2, 3)

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

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

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

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

(a) 위 식들을 단순화하여 piezomagnetism을 나타내는 구성방정식(constitutive equations)을 표현하고, 여기에 사용된 비례상수들 각각의 의미를 제시하시오.

(b) piezomagnetism을 나타나는 구성방정식으로부터, effort variable(M, F)와 flow variable(ϕ, x)의 관계를 표현하는 standard form을 유도하시오.

(c) 위 식들을 단순화하여 pyromagnetism을 나타내는 구성방정식(constitutive equations)을 표현하고, 여기에 사용된 비례상수들 각각의 의미를 제시하시오.

2. [6점] thermoelectricity 중 Seebeck효과에 관한 다음 질문에 답하시오.

(a) Seebeck효과란 무엇인가?

(b) Seebeck효과에 의해 thermocouple이 온도 측정에 사용되는 원리는 무엇인가?

3. [6점] 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 ouput의 effort와 flow의 관계를 표현하는 2-port 방정식들 중에서, conductance 표현 방식과 trans-conductance 표현 방식은 각각 다음과 같다.

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

(a) conductance 표현 방식의 conductance matrix $[g]$ 안의 네 개의 원소의 의미를 각각 설명하시오.

(b) transconductance 표현 방식의 transconductance matrix $[h]$안의 네 개의 원소의 의미를 각각 설명하시오.

5. [6점] transducer의 calibration에 관한 다음 물음에 답하시오.

(a) calibration이란 무엇인가? calibration 방법 중 comparison 방법 이외의 두 가지 방법을 간략히 설명하시오.

(b) comparison 방법에서 나타날 수 있는 오차(error) 세 가지를 설명하시오.

6. [5점] inductance L인 inductor와 capacitance C인 capacitor로 구성된 공진회로(resonance circuit)에서, resonance frequency는 $\omega_n = \sqrt{1/LC}$로 표현된다. 이것을 화학적 센서로 사용할 때, capacitance 변화 ΔC와 resonance frequency 변화 $\Delta\omega_n$의 관계를 선형화하여 표현하시오.

(끝)