

# 센서·액추에이터 중간 시험

[ 25 점 ]

2005. 10. 25.

대학원 기계공학과

1. [6점] 다음 물음에 답하시오.

- (a) electromechanical transducer를 sensor와 actuator로 구분할 때, 각각의 역할은 무엇이며 power level과 size에 있어서의 차이는 어떠한가?
- (b) magnetostriction이란 무엇이며, electrostriction과의 차이는 무엇인가?

2. [4점] 시스템을 모델링하는 데에 사용되는 변수들 중 power conjugate variable들은 각 energy domain 별로 다음과 같이 분류된다.

- translational : force  $F$ , velocity  $\dot{x}$
- rotational : torque  $\tau$ , angular velocity  $\Omega$
- electrical : voltage  $e$ , current  $i$
- magnetic : magnetomotive force  $M$ , magnetic flux rate  $\dot{\phi}$
- fluid : pressure  $P$ , volume flow rate  $Q$
- thermal : temperature  $T$ , entropy change rate  $\dot{s}$

이들을 expanded impedance analogy에 따라 flow variable과 effort variable로 구분하고, 각 domain의 impedance를 표현하시오.

3. [5점] 평행 판 capacitor로 구성된 변환기(transducer)에서 capacitance는 다음과 같다.

$$C = \frac{\epsilon A}{d} \quad (d : \text{distance}, \epsilon : \text{permittivity}, A : \text{area})$$

평행 판 사이에 두 가지 재질( $\epsilon_1, \epsilon_2$ )의 dielectric 소재가 병렬로 놓여 있어 두 소재의 경계면이 평행 판에 수직이며, 길이가 각각  $y_1$ 과  $y_2$ 이고 폭은  $w$ 일 때

- (a) effective capacitance를 구하시오.
- (b) capacitor에 저장된 electrical energy를 표현한 후, 두 소재의 경계면이 받는 힘을 유도하시오.

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

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

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

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

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

- 여기에 표현된 비례상수들 각각의 의미를 제시하고, 2가지 energy domain을 couple시키는 상수에 대해서는 어떠한 coupling인지 밝히시오.
- magnetic effect와 thermal effect는 무시할 만 하다고 가정할 때, 위 식들을 단순화하여 압전(piezoelectric)현상을 나타내는 구성방정식(constitutive equations)을 표현하고, 이를 matrix 형태로 나타내시오.
- elastic(즉 mechanical) effect와 magnetic effect는 무시할 만 하다고 가정할 때, 위 식들을 단순화하여 열전(pyroelectric)현상을 나타내는 구성방정식(constitutive equations)을 표현하시오.

(끝)

# 센서·액추에이터 학 기 말 시 험

[ 25 점 ]

2005. 12. 22.

대학원 기계공학과

1. [4점] mechanical stress  $T_i$ , electric field  $E_m$ , magnetic strength  $H_m$ , temperature  $\theta$  를 독립변수로 하고, mechanical strain  $S_i$ , electric displacement  $D_m$ , magnetic field  $B_m$ , entropy  $\sigma$  를 종속변수로 하는 일반적인 구성방정식은 다음과 같다. ( $i = 1, 2, \dots, 6$ ;  $m = 1, 2, 3$ )

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

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

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

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

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

2. [4점] Potentiometer의 원리는 다음과 같이 단순하게 표현될 수 있다.

$$\frac{e_{out}}{E_m} = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

여기서  $E_m$ 은 공급되는 입력 전압이고  $R_1 + R_2$ 는 전체 저항으로서, 이들은 고정된 값이다.  $e_{out}$ 은 관찰되는 출력 전압으로서, 부분 저항  $R_1$  또는 이 부분의 측정부 저항  $R_m$ 에 해당하는 전압이다 ( $R_m \gg R_1$ ). 위의 식으로 표현되는 이유를 설명하시오.

3. [4점] Optomechanical 센서의 구성을 4단계로 분류하고, 각 단계의 명칭과 역할을 서술하시오.

(뒷면에 계속)

4. [4점] Electromechanical transducer에서 input과 output의 effort와 flow의 관계를 표현하는 2-port 방정식들 중에서 transfer matrix 표현방식은 다음과 같다.

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

transducer의 reciprocity를 나타내는 네 개의 연립방정식을 유도하고, 이를 만족시키는  $a_{ij}$ 와  $b_{ij}$  ( $i, j = 1, 2$ )의 관계를 제시하시오.

5. [5점] Calibration에 관한 다음 질문에 답하시오.

(a) calibration이란 무엇인가?

(b) calibration 방법을 세 가지로 분류하고, 각 방법을 간략히 설명하시오.

6. [4점] Filtering 하는 hardware의 specification을 세 가지 항목으로 제시하고, 이들의 의미를 간략히 설명하시오.

(끝)