

# 浮動質量的 理論的 構成 (Theoretical Construction of a Floating-Mass)

李 相 培\*  
(Lee, Sang-Bae)

## 要 約

Mobility Analogy에 依하면 質量은 電氣 커패시턴스에 對應되며 機械回路內에서 모든 質量은 基準點에 接地되어야 한다.

따라서 接地되지 않은 電氣 커패시턴스에 對應하는 浮動質量은 알려지지 않고 있다.

本 論文에서는 두개의 單純支持레버와 하나의 링크, 하나의 質量 그리고 네개의 마찰이 없는 베어링으로 浮動質量을 構成했으며, 이렇게 構成된 浮動質量은 레버의 길이비를 變化 시키므로서 等價質量의 값을 任意로 變化시킬 수 있음을 보였다.

## Abstract

The mechanical floating-mass which is analogous to an electrical floating-capacitance may not come across because a mass element in a mechanical network must be attracted to the ground which is the reference point.

In this study the mechanical floating-mass is constructed by employing two simple support levers, one link, one mass, and four frictionless bearings. It also shows that the mechanical device can be used to give various equivalent masses by altering the arm ratio of the levers.

## 1. 序 論

機械필터, 音響工學 및 制御工學 等の 動力學系統을 解析하는데 電氣의 相似法(analogy)을 使用하고 있음은 周知의 事實이다.

특히 易動性 相似回路를 使用하면 實際시스템과 托포로치가 같은 等價回路를 얻게 되어 시스템을 解析하고 設計하는데 많은 利點이 있다.<sup>(1)</sup>

近年에 電氣-機械振動자와 그 應用面이 넓어짐에

\* 正會員, 延世大學校 電子工學科

(Dept., of Electronics Eng., Yonsei Univ.)

接受日字: 1978年 11月 15日

따라 새로운 部品開發과 裝置의 小形化를 爲한 많은 努力이 傾注되고 있다. 그러나 電氣回路網理論을 利用한 相似法이 限界를 보이고 있는데 이는 物理的 시스템과 電氣 시스템間에 完全對應關係가 이루어지지 않기 때문이다. 機械系의 膜퍼, 스프링과 質量은 電氣系의 抵抗, 인덕터 그리고 커패시터에 各各 對應하며, 電氣系의 相互 인덕턴스는 機械系의 相互스프링<sup>(2)</sup>에 對應되어 外見上 두 시스템은 完全對應關係가 있는 듯 하나 浮動커패시턴스에 對應하는 機械系의 素子が 存在하지 않는다. 즉 易動性 相似法에서 質量은 그 基準點에 接地에 됨으로 機械回路에서 모든 質量은 接地되어 있어서 浮動質量에 該當하는 機械素子를 찾을 길이

없다. 따라서 本 論文에서는 새로운 機械素子로서의 “浮動質量(floating-mass)”의 理論的 構成을 試圖하고 그 應用에 關하여 살펴 보기로 한다.

2. 機械變換器(Mechanical transformer)

그림 1(a)는 單純支持레버(simple support lever)를 圖示하였다. 이 레버는 堅固하고 무게가 없으며 接合部에 베어링을 連結하여 摩擦이 없고 적은 變位가 생겨서 直線的으로만 움직인다고 假定하였다.

端子 1과 2에서의 힘과 速度의 基準方向을 그림과 같이 取할 때 이들의 關係式을 세우면 다음과 같다.

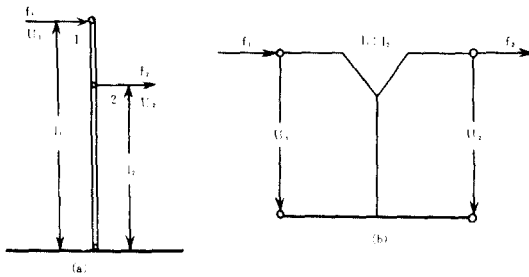


그림 1. 機械變換器  
Fig. 1. Mechanical transformer forms.

$$\frac{u_1}{u_2} = \frac{l_2}{l_1} \dots\dots\dots(1)$$

$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{l_2}{l_1} \dots\dots\dots(2)$$

위 두 式으로부터 單純支持레버는 理想變壓器와 같으며 레버의 길이比  $l_1/l_2$ 는 變壓器의 卷線比  $N_1/N_2$ 와 같음을 알 수 있고 그림 1(b)는 單純支持레버 機械變換器의 記號이다.

이 理想機械變換器는 에너지를 貯藏하지도 消耗하지도 않으며 單只 1次에서 2次로 에너지를 變換하는 役割만을 한다. 또한 이 變換器에서는 1次와 2次間의 힘과 速度關係가 길이比  $a = l_1/l_2$ 에 따라 固定된다.

3. 浮動質量의 構成

앞에서 言及한 바와 같이 機械回路에서 質量素子는 한쪽 端이 반드시 接地되어야 하므로 接地되지 않은 浮動質量은 自然으로 存在하는 單純素子는 아니다.

따라서 電氣回路로부터 相似法을 利用하여 새로운 素子를 求하여 보자.

그림 2(a)와 같이 單純支持레버가 質量에 連結되었다면 이 機械系의 機械回路는 그림 2(b)와 같이 그릴 수 있으며 이에 對應하는 電氣相似回路는 그림 2(c)와 같다. 그림 2(c)의 電氣回路에서 어드미턴스 파라미터를 複素周波數 S의 函數로 求하면

$$Y(s) = \frac{c}{(1-n)^2} \begin{bmatrix} s & -ns \\ -ns & n^2s \end{bmatrix} \dots\dots\dots(3)$$

여기서 n은 變壓器의 卷線比  $N_1/N_2$ 이다.

한편 浮動캐패시터의 4端子 어드미턴스 파라미터는

$$Y(s) = \begin{bmatrix} cs & -cs \\ -cs & cs \end{bmatrix} \dots\dots\dots(4)$$

로 表示되므로 우리가 찾으려는 機械回路의 浮動質量은 그 4端子 機械回路 임피던스 파라미터가 (4)式과 같은 形態의 行列式으로 表示되어야 한다.

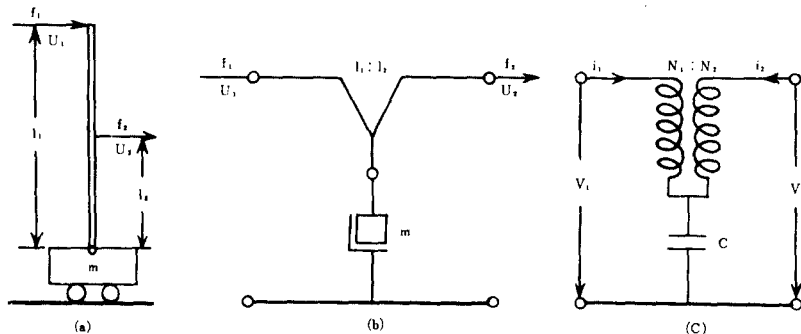


그림 2. 레버-質量素子  
Fig. 2. Lever-mass component.

### 浮動質量的 理論的 構成

그림 3(a)와 같은 새로운 電氣回路를 생각하여 보자. 이 電氣回路의 4端子 어드미턴스 파라미터  $Y'(s)$ 는

$$Y'(s) = \frac{n^2}{(1-n)^2} \begin{bmatrix} sc & -sc \\ -sc & sc \end{bmatrix} \dots\dots\dots(5)$$

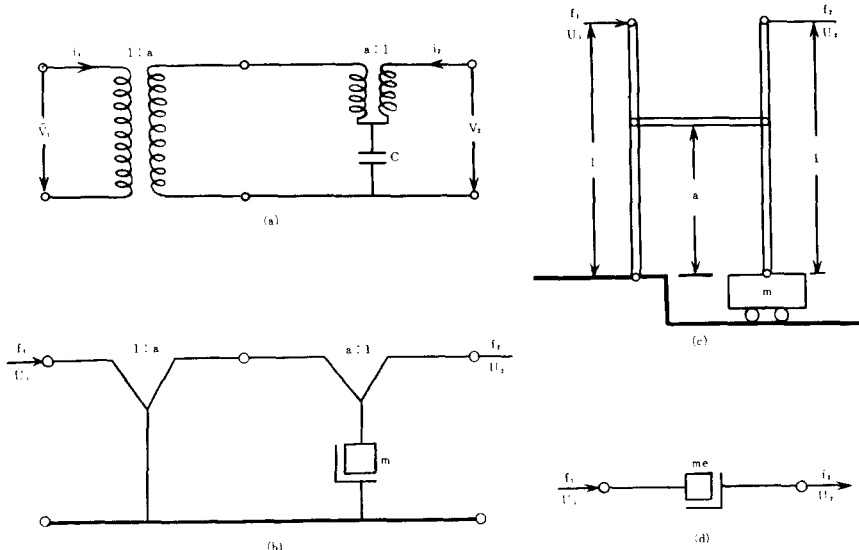


그림 3. 浮動質量的 構成  
Fig. 3. Construction of floating-mass.

$$Zm(s) = \frac{a^2}{(1-a)^2} \begin{bmatrix} sm & -sm \\ -sm & sm \end{bmatrix} \dots\dots\dots(6)$$

여기서  $a$ 는 레버의 길이비이고  $m$ 은 레버에連結된 摩擦없는 質量이다.

(4)식과 (6)식을 比較하면 等價浮動質量,  $m_e$ 는 레버의 길이비와 레버에連結된 質量 $m$ 의 函數로 表示할 수 있다.

$$m_e = \frac{a^2}{(1-a)^2} m \dots\dots\dots(7)$$

이 等價質量은 그림 3(d)에 表示하였다.

#### 4. 浮動素子 可變裝置

浮動質量裝置는 質量 뿐만 아니라 浮動멤버나 浮動스프링 裝置로도 使用할 수 있으며 (7)式에서 볼 수 있듯이 길이비  $a$ 를 變化 시킴에 따라 等價質量을 任意로 調整할 수 있는 可變裝置로도 使用할 수 있다.

즉  $a$ 가 零일 때 等價質量은 亦是 零이고  $a$ 가 1일

때 等價質量은 無限대가 된다. 式은 (4)式과 같은 形態의 行列式이므로 電氣回路에 對應하는 機械回路를 그림 3(b)와 같이 연고 이 機械回路에 對應하는 機械裝置를 그림 3(c)와 같이 쉽게 얻을 수 있다. 이렇게 誘導된 새로운 裝置의 4端子 機械임피던스 파라미터는 다음과 같이 쓸 수 있다.

때 等價質量은 無限대가 된다.

그림 3(c)에서 質量代身에 멤버와 스프링을 連結하였을 때 等價 멤버 常數  $De$ 와 스프링 係數  $Ke$ 는 等價質量을 求할 때와 똑 같은 方法으로 各各 다음 式과 같이 쓸 수 있으며

$$De = \frac{a^2}{(1-a)^2} D \dots\dots\dots(8)$$

$$Ke = \frac{a^2}{(1-a)^2} K \dots\dots\dots(9)$$

이들 等價 멤버 常數와 等價스프링 係數는 그림 3(d)에서와 같이 浮動素子로 表示된다.

#### 5. 結 論

電氣系와 機械系間에 相似法을 適用할 때 浮動質量을 構成할 수 없어 두 系間에 完全對應이 되지 않았으므로 電氣回路網理論에 依한 機械系의 設計가 不可能하였다. 따라서 本 論文에서는 두개의 單純支持레버

와 하나의 링크 그리고 數個의 베어링을 利用한 浮動 質量裝置를 構成하였다. 새로 構成된 裝置는 浮動 質量, 浮動멤버 및 浮動스프링으로서 使用될 수 있을 뿐만 아니라 等價質量 機械變換器의 길이비로서 可變할 수 있음을 보였다.

實際로 이 裝置를 製作하려면 여러가지 어려움이 있는데 특히 基準接地가 可能하여야 하고 靜의 힘에 견뎌 낼 수 없기 때문에 靜의 平衡을 維持할 수 있는 方法을 새로이 考案 하여야겠다. 本 研究 內容은 動力學 系統을 設計하는데 새로운 機械振動子의 設計나 計測機器의 小形化에 有用하리라 생각된다.

끝으로 本 研究는 岷山研究費의 後援을 받아 遂行되었음을 밝힌다.

### 參 考 文 獻

1. 이상배, “綜形機械振動系統의 電氣回路網의 考察” 大韓電子工學會誌, 第12卷, 第4號, 1975.
2. 이상배, “새로운 機械回路素子로서의 機械相互 Spring” 電氣學會誌, 第24卷, 第4號, 1975.
3. 이상배, “스프링-質量振動絕緣裝置에 關한 研究” 서울대학교 연구보고, 제9권, 제1호, 1977.
4. Johnson, R.A. “Mechanical Bandpass Filter,” ‘Modern Filter Theory and Design’ Chapter5, ed. by Temes & Mitra, Wiley, 1973.

