Design of Statically Balanced Planar Articulated Manipulators With Spring Suspension

IEEE Transactions on Robotics, Vol. 28. (February, 2012)

Po-Yang Lin, Win-Bin Shieh, and Dar-Zen Chen

本篇研究提出一種直接安裝彈簧於平面鉸接式機械手臂、並使之保持靜平衡的設計方法。此設計方法將重力位能以及彈力位能表示成矩陣型式，矩陣中各項代表桿件之間相互的作用力，透過彈簧的安裝平衡重力所產生的影響，使矩陣除了主對角線上項次之外所有項均為零，使整個系統保持靜平衡。

根據設計參數的數量以及矩陣中非零項的數目，更進一步能夠確定系統達靜平衡所需要最少彈簧數目以及安裝位置。

並表列出四個自由度以下平面鉸接式機構的可行彈簧安裝配置，並表示成矩陣型式，提供後續研究做為參考依據。

1-DOF ($n = 2$)	2-DOF ($n = 3$)	3-DOF ($n = 4$)
$\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ & 0 & 1 \\ & & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 \\ & 0 & 0 & 1 \\ & & 0 & 0 \\ & & & 0 \end{bmatrix}$

4-DOF ($n = 5$)

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ & 0 & 0 & 1 & 1 \\ & & 0 & 0 & 0 \\ & & & 0 & 0 \\ & & & & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ & 0 & 0 & 0 & 1 \\ & & 0 & 0 & 1 \\ & & & 0 & 0 \\ & & & & 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ & 0 & 0 & 1 & 1 \\ & & 0 & 0 & 1 \\ & & & 0 & 0 \\ & & & & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ & 0 & 0 & 1 & 1 \\ & & 0 & 0 & 1 \\ & & & 0 & 0 \\ & & & & 0 \end{bmatrix}$$

Table. Admissible spring configuration matrices

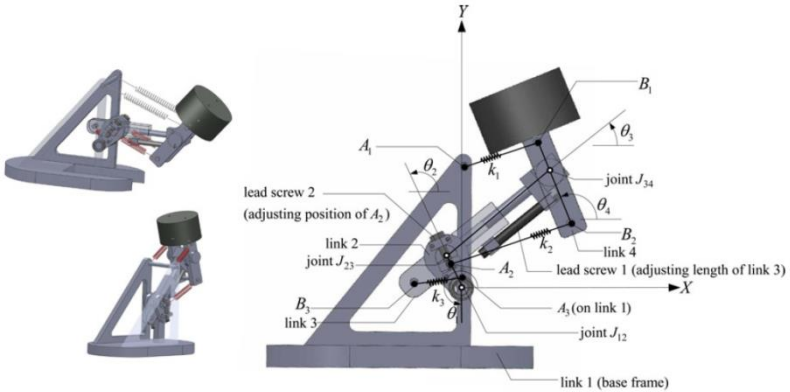

Fig. Statically balanced 3-DOF robotic arm.

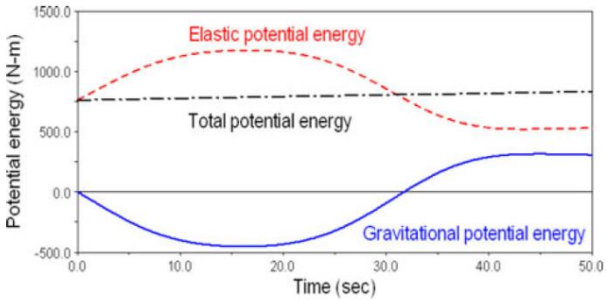

Fig. Time history of the simulated potential energy.