

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАКОНА ДВИЖЕНИЯ ЦЕНТРА МАСС РОБОТА НА БАЗЕ ТОЧЕЧНОЙ МОДЕЛИ ОБРАТНОГО МАЯТНИКА

Андреев Ю.М.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

Известно [1], что для упрощения задачи управления положением точки нулевого момента (ZMP – zero moment point) двуногий андроподобный робот представляется моделью однотоечного (с массой туловища) обратного маятника с невесомым телескопическим шарниром (невесомой опорной ногой). Это обеспечивает учет того факта, что походки проектируются так, чтобы центра таза, а, значит, и все туловище при ходьбе не изменяли высоту над плоскостью ходьбы. Поэтому точечная масса  $m$ , моделирующая всю массу робота, во все время движения находится в горизонтальной плоскости на высоте  $z_C$  над этой поверхностью.

Из равенства нулю суммы моментов силы тяжести и силы инерции точечной массы относительно точки опоры маятника (ноги)  $O$  – начала неподвижной системы координат следуют 2 уравнения

$$x_C - \frac{z_C}{g} \ddot{x}_C = x_{ZMP}, \quad y_C - \frac{z_C}{g} \ddot{y}_C = y_{ZMP}. \quad (1)$$

Эти уравнения позволяют найти координаты ZMP ( $x_{ZMP}$ ,  $y_{ZMP}$ ) по координатам центра масс ( $x_C$ ,  $y_C$ ,  $z_C$ ) робота и, наоборот, решив эти дифференциальные уравнения, можно найти закон движения центра масс робота, если заданы координаты ZMP.

В докладе предлагается решать вторую из указанных задач путем представления аналитически заданных законов изменения координат ZMP рядом Фурье с исключенным линейным трендом. Законы изменения координат ZMP строятся на основе следовой дорожки, размеров ступней робота, временных и геометрических параметров проектируемой походки. Для определения постоянных интегрирования рассматривается двухточечная задача для моментов времени, когда значения координат центра масс робота и координат ZMP совпадают (середины двухопорной фазы ходьбы, где вторые производные  $\ddot{x}_C$ ,  $\ddot{y}_C$  равны нулю). Решение (1) для  $x_C$  представляется суммой линейного тренда, ряда Фурье и гиперболическими функциями

$$x_C = A_x \operatorname{ch}(\omega t) + B_x \operatorname{sh}(\omega t) + \alpha_x t + \beta_x + \sum_{i=0}^{K_g} \alpha_{xi} \cos\left(\frac{2\pi i}{T} t\right) + \beta_{xi} \sin\left(\frac{2\pi i}{T} t\right) \quad (2)$$

с коэффициентами, определяемыми из краевых условий двухточечной задачи ( $A_x$  и  $B_x$ ), из коэффициентов линейного тренда ( $\alpha_x$ ,  $\beta_x$ ) и коэффициентов ( $\alpha_{xi}$ ,  $\beta_{xi}$ ) разложения в ряд Фурье правой части.

### Литература:

1. S. Kajita. Biped walking pattern generation by using preview control of zero-moment point / S. Kajita, F. Kanehiro, K. Kaneko [and etc.] //in Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics & Automation, Taipei, Taiwan, September 14-19, 2003. – pp. 1620-1626.