

УДК 541.124.2

Г.Г. КИРАКОСЯН, С.В. ВЕРЛИНСКИЙ, А.С. АЛАВЕРДЯН,
Л.Г. КИРАКОСЯН

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОЧИСТКИ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ

Разработан пропорционально-интегрально-дифференцирующий (ПИД) регулятор на основе нового метода для улучшения характеристик и надежности системы очистки.

Ключевые слова: система очистки, пропорционально-интегрально-дифференцирующий (ПИД) регулятор, передаточная функция, переходная характеристика.

Введение. Осаждение частиц пыли и грязи на поверхности фотоэлектрической батареи отрицательно влияет на эффективность солнечных элементов. Это особенно проблематично в засушливых и пыльных условиях [1]. Есть необходимость решения этой проблемы с помощью создания автоматизированной системы очистки, которая может обслуживать большие наземные фотоэлектрические батареи.

Целью данной работы является разработка ПИД регулятора на основе нового метода для улучшения характеристик и надежности системы очистки.

Система очистки. На рис. 1 показана структурная схема системы очистки. Система состоит из двухзвенного манипулятора со вспомогательным оборудованием для питания и водоснабжения, ПИД регулятора и чистящей головки. ПИД регулятор находится в прямой цепи замкнутой одномерной системы регулирования с главной единичной отрицательной обратной связью (рис. 2).

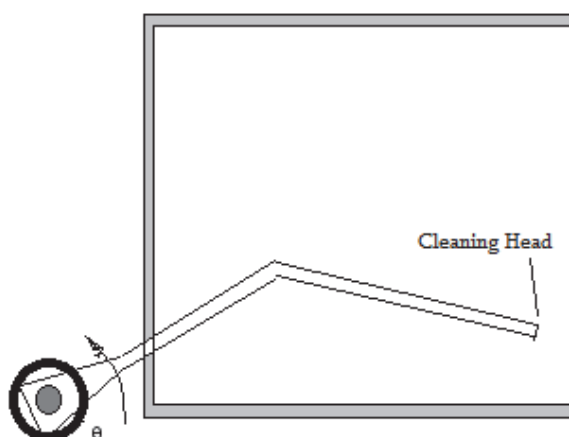


Рис. 1. Структурная схема системы очистки

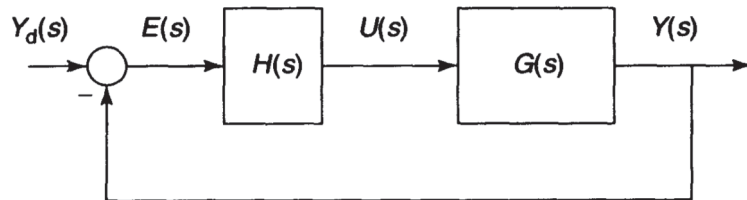


Рис. 2. Замкнутая одномерная система регулирования с передаточными функциями $H(s)$ для ПИД регулятора и $G(s)$ для манипулятора

Моделирование двухзвенного манипулятора. В качестве очистительного механизма предлагается упрощенная схема двухзвенного робота [2].

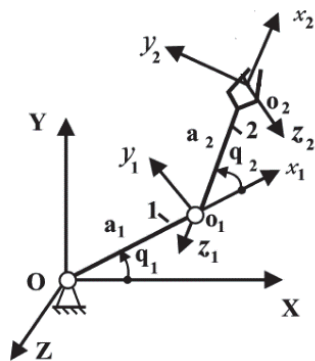


Рис. 3. Схема двухзвенного манипулятора

Решается кинематическая задача приведенного на рис. 3 двухзвенного манипулятора. Если обозначим через q_i , α_i , a_i и s_i соответственно независимые друг от друга геометрические параметры, тогда матрица перемещения каждого звена будет иметь следующий вид:

$$A_i(q_i) = \begin{bmatrix} \cos q_i & -\cos \alpha_i \sin q_i & \sin \alpha_i \sin q_i & a_i \cos q_i \\ \sin q_i & \cos \alpha_i \cos q_i & -\sin \alpha_i \cos q_i & a_i \sin q_i \\ 0 & \sin \alpha_i & \cos \alpha_i & s_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

которая используется для решения задач кинематики и динамики.

Для решения прямой задачи кинематики предполагается, что известны постоянные геометрические параметры α_i , a_i и s_i , законы изменения обобщенных координат, скоростей и ускорений $q_i = q_i(t)$, $\dot{q}_i = \dot{q}_i(t)$, $\ddot{q}_i = \ddot{q}_i(t)$.

Требуется найти положения звеньев, угловые скорости и ускорения, положения, линейные скорости и ускорения чистящей головки.

Чистящая головка находится на конце второго звена, ее радиус-вектор обозначим через $r_{ci} = (x_{ci}, y_{ci}, z_{ci}, 1)^t$, где x_{ci} , y_{ci} и z_{ci} – переменные координаты чистящей головки, которая соединена с подвижным 2-ым звеном в подвижной системе координат $o_i x_i y_i z_i$. Требуется определить координаты чистящей головки x_{ci} , y_{ci} и z_{ci} в неподвижной $OXYZ$ системе координат. Для этого будем использовать известную формулу для преобразования однородных координат:

$$R_{ci} = B_i r_{ci},$$

где $R_{ci} = (x_{ci}, y_{ci}, z_{ci}, 1)^t$ – радиус-вектор чистящей головки в системе координат $OXYZ$, а 4×4 матрица B_i – матрица преобразования перехода i -й подвижной системы координат относительно неподвижной $OXYZ$. Для получения матрицы B_i последовательно определяем положение чистящей головки относительно предыдущих i -ых всех звеньев, что приводит к следующему выражению:

$$R_i = A_1 A_2 \dots A_i, \quad i = 1, 2, \dots, 7,$$

откуда получаем матричное уравнение для определения чистящей головки:

$$R_{ci} = A_1 A_2 \dots A_i r_{ci}, \quad i = 1, 2, \dots, 7.$$

Дифференцируя обе части последнего уравнения по времени, получим матричное уравнение для определения скорости чистящей головки:

$$v_{ci} = \sum_{j=1}^i A_1 A_2 \dots \theta A_j \dots A_i \dot{q}_j r_{ci}, \quad i = 1, 2, \dots, 7,$$

где $v_{ci} = (v_{cix}, v_{ciy}, v_{ciz}, 0)^t$, v_{cix} , v_{ciy} , v_{ciz} – соответственно проекция вектора скорости начальной точки O и вектора чистящей головки на оси неподвижной системы, а θ – матрица 4×4 .

Моделирование и расчет ПИД регулятора. Скорость срабатывания и стабильность являются двумя важными параметрами (характеристиками) двухзвенного манипулятора. Скорость срабатывания определяет, насколько быстро чистящая головка движется от одной точки к другой. Стабильность

определяет наименьшее время установления, которое необходимо для позиционирования чистящей головки в требуемой точке для очистки. Для оптимизации параметров манипулятора необходимо увеличивать скорость срабатывания и уменьшить время установления. Эти два параметра являются противоречивыми. Однако для осуществления компромисса между этими параметрами необходимо сконструировать ПИД регулятор с оптимальными расчетными параметрами [3,4].

Передаточная функция замкнутой одномерной системы регулирования с главной единичной отрицательной обратной связью имеет вид

$$cloop = \frac{G(s)H(s)}{1+G(s)H(s)}, \quad (1)$$

где $G(s)$ - передаточная функция манипулятора; $H(s)$ - передаточная функция ПИД регулятора.

Так как замкнутая одномерная система регулирования является системой 3-го порядка, то знаменатель выражения (1) можно представить в факторизованном виде

$$D(s) = (s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2)(s + p), \quad (2)$$

где ω_n - собственная частота манипулятора; ζ - коэффициент демпфирования; p - недоминирующий полюс.

Подставляя значения ζ , ω_n и p в формулу (2) и сравнивая полученное выражение со знаменателем уравнения (1), получим следующие значения для параметров ПИД регулятора $K_I = 42857.14$, $K_D = 1.04$, $K_P = 191.64$.

Чистящая головка. Чистящая головка активно очищает панель, перемещаясь вверх и вниз по поверхности панели. Две одинаковые распылительные блоки устанавливаются на верхней и нижней частях чистящей головки с последующими двумя щетками в середине блока.

Вдоль центральной линии действует новый вращающийся механизм, который "тащит" за собой уже использованную воду к следующей панели для предварительного смачивания.

Заключение. Переходная характеристика системы очистки представлена на рис.4. Заметим, что время установления составляет 0.025 с, которое намного меньше времени установления для манипулятора без ПИД регулятора. Отметим также полное отсутствие высокочастотных осцилляций в переходной характеристике, а стационарная ошибка равна нулю. Таким образом, с использованием ПИД регулятора характеристики системы очистки значительно улучшились.

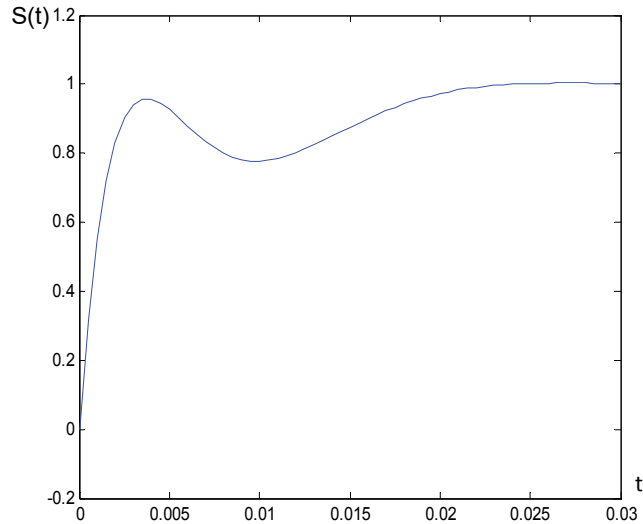


Рис. 4. Переходная характеристика системы очистки

Полная очистка батареи особенно важна, так как загрязнение одной панели влияет на выработку энергии для всей батареи. Это чрезвычайно важно, чтобы все элементы работали на пике своей эффективности, так как они соединены последовательно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Зи С.** Физика полупроводниковых приборов. Т.2. – М.: Мир, 1984. – 455с.
2. **Սարգսյան Յու.Լ., Ստեփանյան Կ.Գ., Արզումանյան Կ.Ս.** Մանիպուլյացիոն մեխանիզմներ. – Երևան: Ճարտարագետ, 2012. – 186 էջ:
3. **Tewari A.** Modern control design with MATLAB and SIMULINK. – London: John & Sons Ltd., 2002.
4. **Kirakosyan G.H., Khachaturyan V.G., Kirakosyan L.G.** Modeling and design of a DC motor with a PID controller by MATLAB software//NPUA Bulletin: Collection of scientific papers. – Yerevan, 2016. – Part 1. – P. 98 – 104.

**Գ.Հ. ԿԻՐԱԿՈՍՅԱՆ, Ս.Վ. ՎԵՐԼԻՆՍԿԻ, Ա.Ս. ԱԼԱՎԵՐԴՅԱՆ,
Լ.Գ. ԿԻՐԱԿՈՍՅԱՆ**

ԱՎՏՈՄԱՏ ՄԱՔՐՈՂ ՀԱՄԱԿԱՐԳ ԱՐԵՎԱՅԻՆ ՎԱՀԱՆԱԿՆԵՐԻ ՀԱՄԱՐ

Նոր մեթոդի հիման վրա մշակվել է համեմատական ինտեգրող-դիֆերենցող (ՀԻԴ) կարգավորիչ՝ լավարկելու համար մաքրող համակարգի բնութագրերը և հուսալիությունը: **Առանցքային բաներ.** մաքրող համակարգ, համեմատական ինտեգրող-դիֆերենցող (ՀԻԴ) կարգավորիչ, փոխանցման ֆունկցիա, անցումային բնութագիր:

**G.H. KIRAKOSYAN, S.V. VERLINSKI, A.S. ALAVERDYAN,
L.G. KIRAKOSYAN**

AN AUTOMATIC CLEANING SYSTEM FOR SOLAR PANELS

A PID controller on the basis of a new method is developed for improving the performances and robustness of the cleaning system.

Keywords: cleaning system, PID controller, transfer function, step response.

УДК 621.39

Л.Г. МИНАСЯН

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ВСТАВКИ ОДНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ В ДРУГОЕ

Предлагается алгоритм бесшовной вставки одного изображения или его части в другое так, чтобы результирующее изображение получилось как целостное и выглядело как естественное. Алгоритм можно применять при объединении изображений, создании и редактировании коллажей, а также в других задачах обработки изображений и фотоснимков. По сравнению с другими алгоритмами, приведенный алгоритм выделяется простотой реализации и не требует сложных расчетов, позволяет уменьшить артефакты как на стыке изображений, так и внутри вставляемого изображения.

Ключевые слова: изображение, обработка, вставка, восстановление, редактирование.

В работах [1-8] рассмотрены задачи бесшовной вставки одного изображения или его части в другое. Полученные алгоритмы позволяют подстраивать вставляемое изображение в соответствии с остальной частью изображения. По сути, в этих работах решается задача восстановления части изображения по его граничным значениям, если известно градиентное поле внутри вставляемой области, а также применяются трудоемкие методы численного решения задач математической физики.

Пусть в ограниченных двумерных областях A_1 и A_2 заданы значения яркостей пикселей двух разных изображений. Причем размеры области A_2 таковы, что она вместе со своей окрестностью A полностью может помещаться внутри области (рис. 1).