

УДК 681.5.011

Кулиев Т.Н.

студент

Астраханский государственный университет

Россия, г.Астрахань

Окладникова С.В., к.т.н., доцент

заведующий кафедрой информационных технологий

Астраханский государственный университет

Россия, г.Астрахань

Подгорный А.Н.

преподаватель кафедры информационных технологий

Астраханский государственный университет

Россия, г.Астрахань

РАСЧЁТ НАХОЖДЕНИЯ ОШИБКИ И КОЭФФИЦИЕНТА П-РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Аннотация. В статье рассматриваются аспекты, связанные с возможностью расчёта коэффициентов П-регулятора с помощью аналитического метода. Также приведены формулы, которые используются для выражения коэффициента k_p . Выполнен обзор аналитического метода. Приведены примеры расчёта ошибки для двух видов робототехнических систем.

Ключевые слова: робототехнические системы, П-регулятор, управление напряжением, расчёт параметров, ультразвуковой дальномер, датчик линии.

Kuliev T. N.

student

Astrakhan state University

Russia, Astrakhan

*Okladnikova S. V., Ph. D. of Engineering Sciences, docent
head of the Department of information technologies*

Astrakhan state University

Russia, Astrakhan

Podgorny A. N.

teacher of the Department of information technologies

Astrakhan state University

Russia, Astrakhan

CALCULATION OF ERROR DETECTION AND P-REGULATOR COEFFICIENT FOR A ROBOTIC SYSTEM

Annotation. The article discusses aspects related to the possibility of calculating the coefficients of the P-regulator using the analytical method. The formulas that are used to Express the coefficient k_p are also given. The analytical method is reviewed. Examples of error calculation for two types of robotic systems are given.

Keywords: robotic systems, P-controller, voltage control, parameter calculation, ultrasonic rangefinder, line sensor.

Нахождение отклонения текущего результата от установочного. При использовании П, ПД, и ПИД-регуляторов, одной из основных задач является нахождения разницы между ожидаемым и текущим значением – это принято называть ошибкой. [1]

Рассмотрим два случая нахождения ошибки: для робота с ультразвуковым датчиком и для робота с датчиком линии.

Робот с ультразвуковым датчиком. С помощью ультразвукового датчика робот измеряет расстояние. Необходимо достигнуть установленного значения расстояния до объекта и остановиться. Установленное значение обозначим, как d_{set} . Чтобы получить значение о текущем расстоянии до цели необходимо из данных, считанных с датчика (обозначим, как d_{get}), вычесть d_{set} . Таким образом будет найдена ошибка

(error), значение которой будем использовать для корректировки расстояния до цели. Формула расчёта ошибки представлена ниже:

$$error = d_{get} - d_{set} \quad (1)$$

, где error – разница между текущим и ожидаемым значением; d_{get} – текущее значение, полученное с датчиков; d_{set} – ожидаемое значение.

Конечная цель данного управления – приблизить значение ошибки к нулю.

Робот с датчиком линии. Если робот движется вдоль чёрной линии на одном датчике [2], то обратную связь он будет получать от датчика линии. Зная значение данных с датчика на белом и на чёрном цвете, можно будет вычислить значение максимальной ошибки по формуле, представленной ниже:

$$e_{max} = \frac{li_w - li_b}{2} \quad (2)$$

, где e_{max} – значение максимальной ошибки (для одного датчика); li_w – значение освещённости на белом; li_b – значение освещённости на чёрном.

Также возможна ситуация, когда количество датчиков линии равно двум. В этом случае делить на 2 не нужно.

Расчёт коэффициентов П-регулятора с помощью аналитического метода. Известно, что при прямолинейном движении колёса робота вращаются в одном направлении с одинаковой скоростью, а при повороте их скорость изменяется. Поскольку робот поворачивает не вокруг своей оси, а по дуге некой окружности, то разница скоростей на колёсах будет зависеть от величины радиуса этой окружности. На участках трассы с минимальным радиусом дуги искривления траектории будет достигаться максимальная разница между скоростями левого и правого колеса.

При известном минимальном радиусе дуги искривления траектории (R) и ширине базы робота (D_r) можно будет вычислить скорость левого и

правого колеса. Но для этого дополнительно необходимо вычислить по какому радиусу движется левое и правое колесо.

Для этого запишем отношения скорости на левом колесе к скорости на правом, после чего выразим скорости отношениями расстояния ко времени и получим выражение, представленное ниже:

$$\frac{U_l}{U_r} = \frac{l_l}{l_r} \quad (3)$$

, где U_l – скорость левого колеса, а U_r – скорость правого колеса; l_l расстояние, пройденное левым колесом, а l_r расстояние, пройденное правым колесом; t – время движения.

Поскольку время (t) для колёс будет одинаковым, а расстояние будет равно длинам окружностей, по которым движутся колёса. Для левого расстояние будет больше, чем для правого, поскольку правое колесо находится ближе к центру окружности, по которому движется колесо.

Далее необходимо упростить полученное выражение в формуле 3, с помощью формулы ниже:

$$\frac{l_l}{l_r} = \frac{l_l}{l_r} \quad (4)$$

В данной формуле показывается, как время взаимно сокращается и остаётся только отношение расстояний. Расстояния можно найти по формуле длины окружности. Поскольку известен минимальный радиус дуги искривления траектории, следовательно, чтобы найти минимальный радиус окружности, по которой движется левое колесо необходимо к радиусу окружности прибавить половину базы робота, а для правого отнять. В итоге получим следующее выражение:

$$\frac{l_l}{l_r} = \frac{2 * \pi(R + \frac{Dr}{2})}{2 * \pi(R - \frac{Dr}{2})} = \frac{(R + \frac{Dr}{2})}{(R - \frac{Dr}{2})} = k \quad) \quad (5)$$

, где R – радиус окружности, по которому совершается движение; Dr – размер базы робота; k – соотношение скоростей левого и правого колеса.

Далее запишем закон движения по пропорциональному регулятору:

$$\begin{cases} U_l = U_0 + e * kp \\ U_r = U_0 - e * kp \end{cases} \quad) \quad (6)$$

, где U_0 – скорость движения по прямой.

Чтобы данная система имела решение, необходимо задать скорость для одного из колёс, при этом она не должна превышать максимальную скорость мотора.

Допустим, что скорость левого колеса нам известна, тогда можно определить скорость на другом колесе:

$$U_r = \frac{U_l}{k} \quad) \quad (7)$$

Теперь можно перейти к решению системы уравнений с двумя неизвестными, в результате её решения мы также получим формулы для нахождения скорости движения по прямой и пропорциональный коэффициент:

$$\begin{cases} U_l = U_0 + e * kp \\ \frac{U_l}{k} = U_0 - e * kp \end{cases}; U_0 = \frac{U_l * (1 + \frac{1}{k})}{2}; kp = \frac{U_l * (1 + \frac{1}{k})}{2 * e_{max}} \quad) \quad (8)$$

Заключение. Полученные выражения и выведенные формулы можно использовать для программного комплекса для расчёта коэффициента П-регулятора, который будет основываться исключительно на входных данных от оператора робототехнической системы. При этом необходимо учитывать, что П-регулятор работает всегда мгновенно, не учитывая временные и динамические особенности робототехнической системы. То есть он смотрит какое именно в данный момент времени

отклонение. Если робот тяжёлый ему нужно дополнительно давать усилие, а если датчики показывают некорректные данные это тоже нужно учитывать и тогда добавлять интегральный и дифференциальный регулятор.

Список литературы

- Назаров А.А. Г.И.В..К.М.С. РЕГУЛЯТОРЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ПОВЫШЕНИИ КАЧЕСТВА ДВИЖЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ // ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ, Т. 1, № 4, Октябрь 2019. С. 66-69.
- ИСМАИЛОВ С.У. К.И.Ж..Б.Д.К..Д.Е.Ж. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ДВИЖЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО РОБОТА ПО ЛИНИИ // НАУЧНЫЕ ТРУДЫ ЮКГУ ИМ. М. АУЭЗОВА, Vol. 1, No. 40, Ноябрь 2017. pp. 79-82.