

## **СИСТЕМА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ УГЛОВОГО ПОЛОЖЕНИЯ УСТРОЙСТВ ПОВОРОТА**

**Комаров А. Л.**

**Научный руководитель – доцент Иванов В.И.**

*Сибирский федеральный университет*

Устройства поворота используются для позиционирования антенн и солнечных батарей космических или наземных аппаратов, зеркал солнечных тепловых электростанций, локаторов слежения и многих других устройств. Для корректной работы любой из этих систем необходимо своевременно установить устройство поворота в необходимое угловое положение с максимальной точностью. Чем точнее будет установлено устройство поворота в нужное положение тем, к примеру, больше солнечной энергии получит солнечная батарея. Также необходимо знать текущее угловое положение устройства поворота в любой момент времени. Так как большинство поворотных устройств могут вращаться и по часовой стрелке и против, то немаловажным является факт в какую сторону будет вращаться устройство, чтобы занять необходимое положение. Выбрав правильное направление можно в разы сократить время позиционирования и затраты электроэнергии. Чем меньше будет вращаться устройство, тем меньше будет на него нагрузка, и следовательно возрастает срок его службы.

Для выполнения вышеперечисленных функций необходима автоматизированная система управления и контроля устройствами поворота, которая будет обеспечивать:

1. Определение углового положения устройства поворота в любой момент времени
2. Управление устройством поворота

При решении всего этих двух задач устройство поворота можно будет установить в необходимое положение. Точность установки будет зависеть от точности определения системой текущего положения и минимального угла, на который может повернуться выходной вал устройства поворота. Скорость установки будет зависеть от скорости вращения выходного вала.

### **Структура системы**

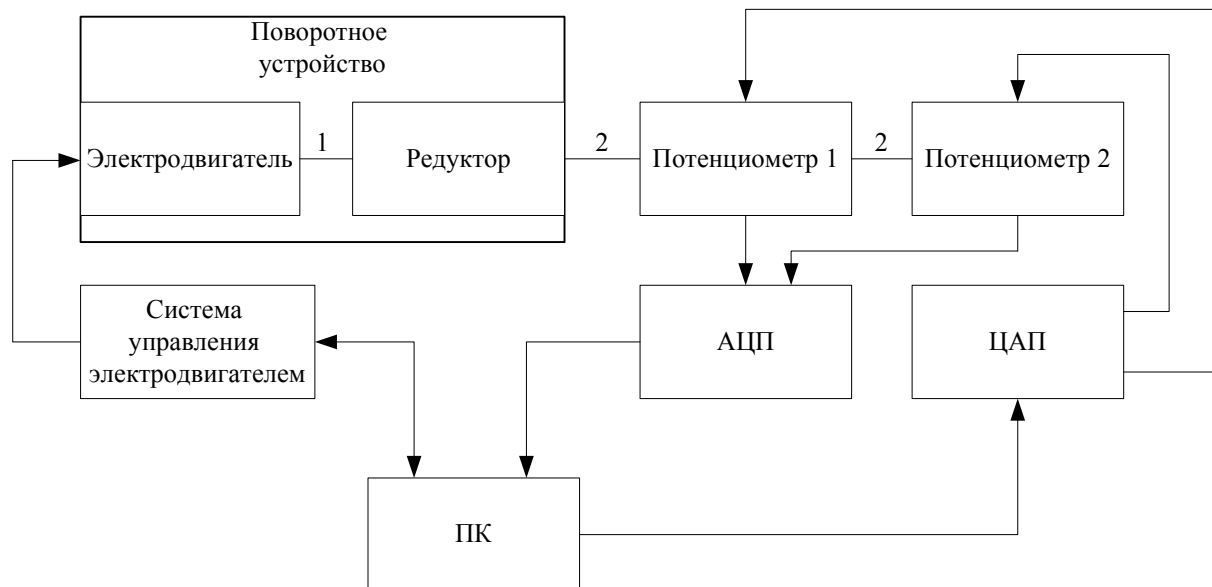
Рассмотрим систему, в которой управление устройством поворота будут осуществляться при помощи специальной системы управления, а его угловое положение будет определяться при помощи потенциометров. Структура такой системы представлена на рисунке 1.

Устройство поворота состоит из электродвигателя и понижающего редуктора, объединенных в один корпус. В качестве электродвигателя чаще всего используются шаговые двигатели. Когда требуется прецизионное позиционирование, то шаговый

двигатель является наиболее оптимальным решением. Также шаговый двигатель обеспечивает фиксацию ротора в заданном положении без устройств обратной связи, что облегчает построение системы в данном случае. Понижающий редуктор используется для повышения момента на выходном валу устройства поворота.

Система управления электродвигателем обеспечивает необходимую последовательность управляющих импульсов для работы двигателя и должна выполнять следующие функции:

1. Запуск двигателя
2. Остановка двигателя
3. Установка направления вращения двигателя
4. Установка скорости вращения двигателя



1 - выходной вал электродвигателя

2 - выходной вал редуктора (поворотного устройства)

Рисунок 1 – Структура системы позиционирования и контроля углового положения поворотного устройства

В зависимости от конструкции устройства поворота, датчики определения углового положения выходного вала, в данном случае – потенциометры, могут находиться внутри корпуса устройства поворота, а могут быть внешними по отношению к нему, как показано на рисунке 1. У каждого потенциометра есть область,

когда его подвижный контакт разомкнут (зона разрыва). Данная область может составлять десятки градусов. Поэтому для определения углового положения выходного вала понадобится минимум два потенциометра, причем они должны быть установлены так, чтобы зоны разрыва не накладывались друг на друга. Цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) подает опорное напряжение на потенциометры.

Управление всей системой осуществляется с персонального компьютера (ПК). ПК получает данные с потенциометров при помощи аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и по этим данным определяет текущее угловое положение выходного вала устройства поворота. В зависимости от текущей задачи и полученных данных ПК устанавливает режим работы двигателя.

### **Определение угла поворота выходного вала**

Теперь подробно рассмотрим, как определить угол, на который повернут выходной вал устройства поворота при помощи потенциометров.

Выходной вал поворотного устройства выставляется в некоторое положение, которое будет считаться нулевым ( $0^0$ ) и к нему подключается внешний датчик угла. Этот датчик должен быть откалиброван и желательно иметь интерфейс для подключения к ПК напрямую. Внешний датчик угла нужно установить так, чтобы в данном положении выходного вала устройства поворота информация, полученная от него, соответствовала  $0^0$ . Если по каким-то причинам это сделать невозможно, то данную корректировку можно произвести двумя способами. Если конструкцией датчика предусмотрена функция обнуления, то после установки необходимо просто обнулить его значение. Если же в датчике нет такой функции, то после его установки необходимо получить значение угла, на которое он отклонен. В дальнейшем от показаний, которые будут получены от внешнего датчика, необходимо будет отнимать это значение.

После установки внешнего датчика двигатель запускается с минимальной скоростью. Частота считывания данных с внешнего датчика угла и с потенциометров должна быть максимально возможной. Полученные данные заносятся в таблицу. После того как выходной вал устройства поворота сделает один полный оборот мы получим таблицу, в каждой строке которой будет записано угловое положение выходного вала полученное от внешнего датчика и напряжение на каждом из потенциометров. Внешний датчик угла может быть снят. Теперь на основе полученных данных необходимо построить зависимость показаний потенциометров от угла поворота. Так как выходной вал вращался с постоянной скоростью, и считывание показаний осуществлялось через одинаковые промежутки времени, то полученная зависимость будет являться линейной. Для вычисления зависимости необходимо найти коэффициенты  $a$  и  $b$  линейной функции

$$f(x) = ax + b \quad (1)$$

Для этого воспользуемся методом наименьших квадратов, из которого следует

$$a = \frac{\sum_{i=1}^N ((x_i - \bar{x})(f_i - \bar{f}))}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}; \quad b = \bar{f} - b\bar{x}; \quad \text{где} \quad \bar{x} = \sum_{i=1}^N \frac{x_i}{N} \quad \bar{f} = \sum_{i=1}^N \frac{f_i}{N} \quad (2)$$

В процессе вычисления коэффициентов необходимо исключить те строки таблицы, в которых значение потенциометра составляют менее 1% от его опорного напряжения. В данном положении выходного вала устройства поворота потенциометр был разомкнут, и если не исключить эти значения, то это повлияет на правильность конечного результата. Так как в данной системе используется два потенциометра то необходимо вычислить коэффициенты для каждого из них. После вычислений мы получим две функции:  $f1(U)$  – для первого потенциометра и  $f2(U)$  – для второго. Для получения значения угла устройства поворота нужно получить данные с потенциометров и подставить их в соответствующие формулы. Так как метод наименьших квадратов имеет погрешность, то полученные значения могут отличаться на доли градусов. Для получения конечного значения нужно вычислить среднее значение из этих двух. Если же показание одного из потенциометров менее 1% от его опорного напряжения, то конечное значение угла поворота вычисляется только на основании другого потенциометра, путем подстановки в соответствующую формулу без каких-то дополнительных операций.

#### **Установка в заданное положение**

Если конструкция устройства поворота предусматривает вращение только в одну определенную сторону, то для установки выходного вала в требуемое положение системе нужно просто запустить двигатель и дождаться пока выходной вал поворотного устройства достигнет заданного положения. По достижению этого положения двигатель нужно остановить.

Если конструкция устройства поворота предусматривает вращение и по часовой стрелке и против, то сначала нужно определить направление, вращаясь в котором выходной вал устройства поворота пройдет наименьшее угловое расстояние. Требуемое направление вращения можно вычислить следующим образом:

$$\begin{array}{ll}
\text{если } \varphi_0 > \varphi_t & \text{если } \varphi_0 < \varphi_t \\
l_1 = \varphi_0 - \varphi_t & l_1 = 360 - \varphi_t + \varphi_0 \\
l_2 = 360 - \varphi_0 + \varphi_t & l_2 = \varphi_t - \varphi_0
\end{array} \tag{3}$$

где  $\varphi_0$  – текущее угловое положение

$\varphi_t$  – требуемое угловое положение

$l_1$  – расстояние в направлении по часовой стрелке

$l_2$  – расстояние в направлении против часовой стрелке

Сравнив значения  $l_1$  и  $l_2$  выбирается соответствующее направление вращения. Для более точного позиционирования при приближении выходного вала к заданному положению можно снизить скорость вращения и увеличить частоту опроса потенциометров.

### **Заключение**

В данной статье была рассмотрена структура и принцип работы системы позиционирования и контроля углового положения выходного вала устройств поворота. Данную систему возможно использовать на каких-то промышленных объектах или для испытания и тестирования различных поворотных устройств.