



МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛА ВПРЫСКА ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

ИСАКОВ С.С.

*Кыргызско-Российский Славянский университет, Бишкек, Кыргызская республика
E-mail: isakov_s_s@rambler.ru*

Анализ различных методик определения начального и конечного угла впрыска топлива дизельных двигателей и определение их точностных характеристик.

В работе рассматриваются методы определения угла впрыска топлива для регулирования топливной аппаратуры дизельных двигателей. Для решения этой задачи применяются датчики угла поворота - энкодеры. Могут применяться инкрементные и абсолютные энкодеры. Инкрементальные энкодеры имеют импульсный выход, при повороте на определённый угол на выходе генерируется импульс напряжения. На выходе у абсолютных энкодеров генерируется цифровой код уникальный для каждого положения вала [1].

Для приборов изготавливаемых на дискретных элементах оснащенных инкрементными энкодерами, применяется счетный метод. Заключающийся в подсчет угломерных импульсов энкодера, от исходного состояния, до момента появления сигнала определения угла поворота осуществляется по формуле.

$$\varphi = K \cdot N, \text{ град.}, \quad (1)$$

где K- дискретность угломерных импульсов в градусах;

N – количество подсчитанных угломерных импульсов.

Данные системы весьма надежны, однако точность измерения угла зависит от дискретности угломерных импульсов энкодера. Как правило, часто используют инкрементные оптические энкодеры, на базе дисков с чередующимися, светопроводящими и светонепроводящими рисками или прорезями, дискретность угломерных импульсов таких энкодеров, как правило более $0,5^\circ$ [2].

При разработке устройства контроля и регулирования топливной аппаратуры дизельных двигателей на микроконтроллере, можно отказаться от оптического датчика оборотов, а частоту вращения двигателя определять по времени одного оборота диска по периоду импульса датчика ВМТ [3].

$$\varphi = \frac{t_1}{T_{об}} \cdot 360, \text{ град.}, \quad (3)$$

где t_1 – время задержки импульса впрыска относительно импульса датчика ВМТ, с;

$T_{об}$ – период следования импульсов датчика ВМТ, с.

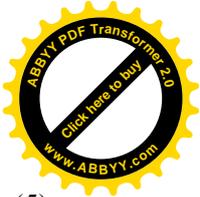
Режим измерения угла длительности впрыскивания топлива производится измерением интервала времени t_2 , длительности датчика начала впрыска, а затем вычисляет величину угла начала впрыскивания по формуле:

$$\varphi = \frac{t_2}{T_{об}} \cdot 360, \text{ град.}, \quad (4)$$

где t_2 – время длительности импульса впрыска с;

$T_{об}$ – период следования импульсов датчика ВМТ, с.

Однако данный метод дает точный угол поворота только для равномерного вращения вала, при холостых оборотах (неизменном угловом моменте). При выполнении работы происходит изменении углового момента, угловая скорость вала будет изменяться. Угол поворота будет определяться по формуле.



$$\varphi(t) = \int_0^t \varpi(t) \cdot dt, \text{ град.}, \quad (5)$$

где $\omega(t)$ - закон изменения угловой скорости.

Как правило закон изменения угловой скорости заранее неизвестен из-за многофакторного изменения углового момента.

Рассмотрим вариант с постоянной средней угловой скоростью $\omega_{cp}=3000$ об/мин (50 об/сек).

Период полного оборота вала в секундах определяется по формуле

$$T = \frac{360^\circ}{\varpi_{cp}} = 0,02, \text{ сек.}, \quad (6)$$

Однако при выполнении работы скорость вращения вала может изменяться. Предположим, что угловая скорость изменяется по синусоидальному закону в пределах одного периода с амплитудой 1% от средней скорости и определяется по формуле

$$\varpi(t) = \varpi_1 \cdot \left(1 + \frac{\sin(\varpi_0 \cdot t)}{100}\right), \text{ град/сек}, \quad (7)$$

где $\omega_0=2 \pi \omega_{cp}=100 \pi$, рад/сек,
 $\omega_1=360 \omega_{cp}=18000$ град/сек

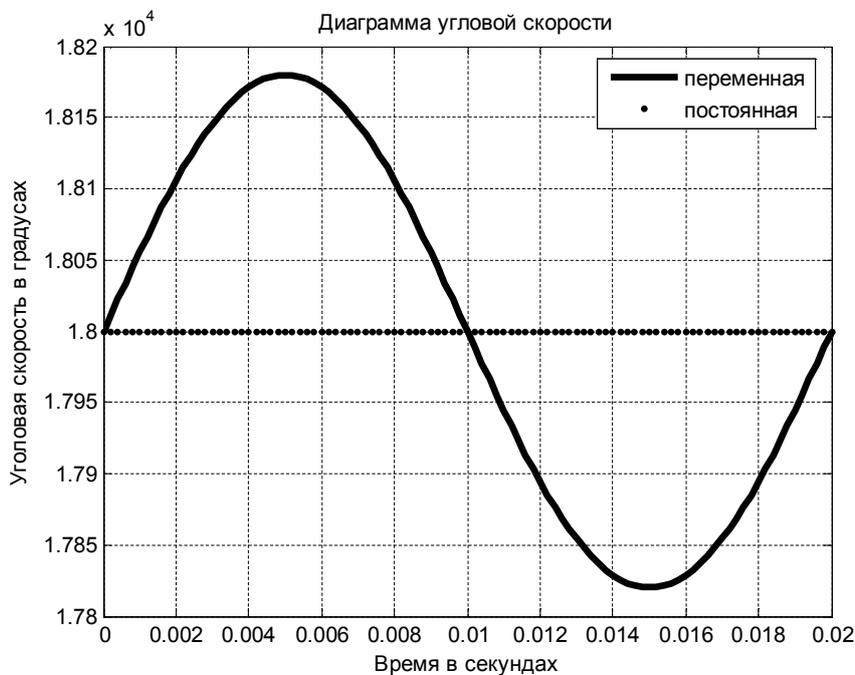


Рис. 1. График угловой скорости

Проинтегрировав постоянную угловую скорость (5), получим угол поворота в градусах формула,

$$\varphi(t) = \varpi_1 \cdot t = 1800 \cdot t, \text{ град/сек}, \quad (8)$$

Проинтегрировав переменную угловую скорость (7), получим угол поворота в градусах формула,

$$\varphi(t) = \varpi_1 \cdot \left(t + \frac{1 - \cos(\varpi_0 \cdot t)}{100\varpi_0}\right), \text{ град/сек}, \quad (9)$$

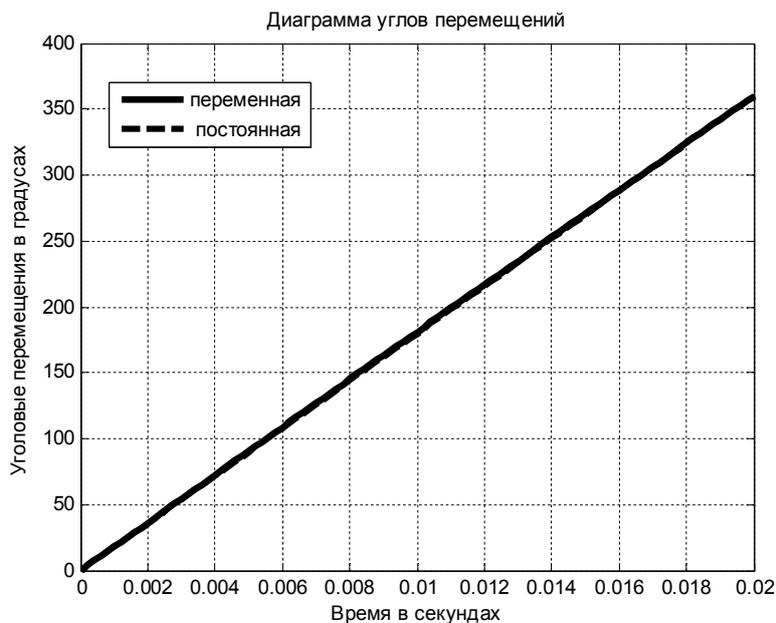


Рис. 2. График угловых перемещений

Графики угловых перемещений расположены довольно близко, что может вызвать иллюзию их совпадения. Покажет разностную характеристику этих двух графиков рис 3.

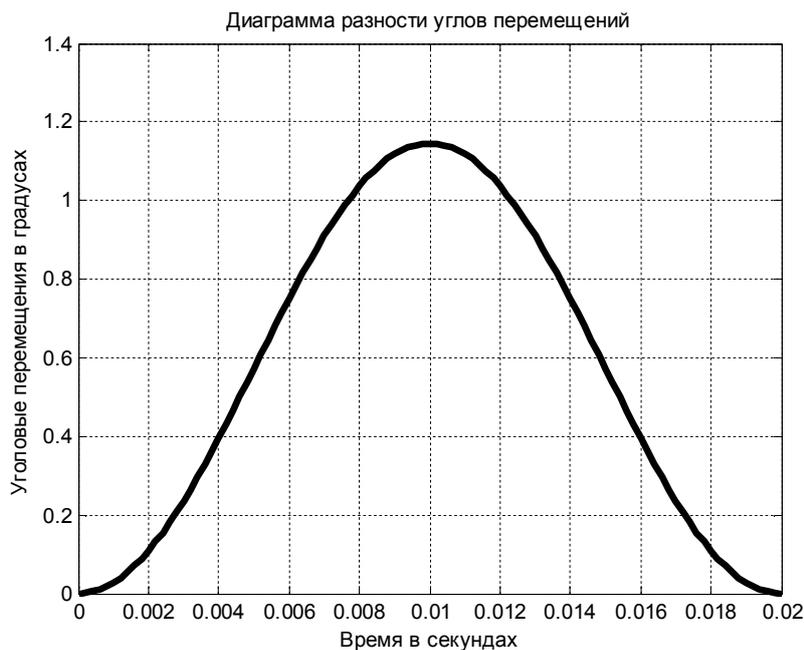


Рис. 3. График разностей угловых перемещений

Из этого графика видно, что для нашей гипотезы с изменяющейся угловой скоростью, максимальное расхождение находится в середине периода, где угол поворота около 180° и составляет 1.18° , что составляет 0.6% весьма небольшая величина однако. Допустим, что искомый угол составляет $\varphi' = 180.2^\circ$, Определим этот угол по различным методикам:

По методике формула 1 угол поворота составит формула

$$\varphi_1 = K \cdot N = 0.5 \cdot 360 = 180 \text{ , град.}, \quad (10)$$

погрешность составит по формуле (11)



$$\Delta\varphi_1 = \varphi' - \varphi_1 = 0,2 \text{ , град.}, \quad (11)$$

Что находится в пределах дискретности измерения углов перемещения.

По методике формула 2 угол поворота определим по графику рис 2, предварительно увеличив его рис 4.

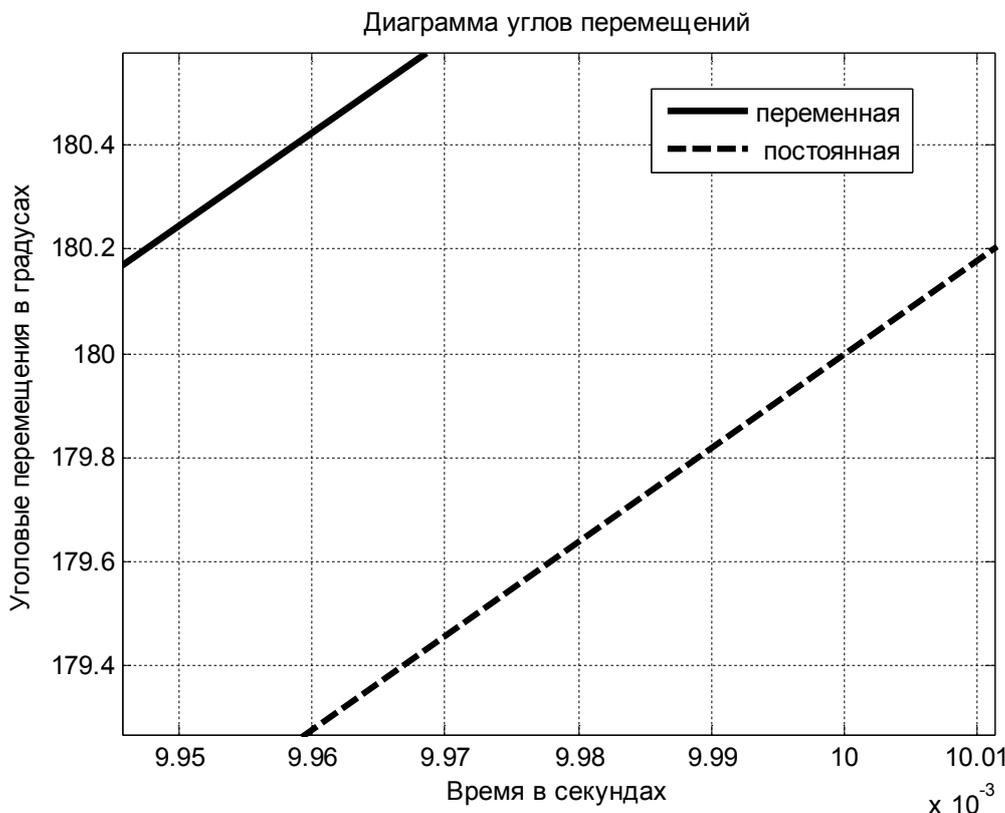


Рис. 4. График угловых перемещений укрупненный

По графику видно, что для угла $\varphi' = 180.2^\circ$ при постоянной скорости, время приходится на $t_{2c} = 0.01001$ сек. По формуле 2 найдем искомые углы поворота формула.

$$\varphi_{2c} = \frac{t_{2c}}{T_{i\dot{a}}} \cdot 360 = \frac{0.01001}{0.02} \cdot 360 = 180.18 \text{ , град.}, \quad (11)$$

Ошибка составляет, всего две сотых градуса.

$$\Delta\varphi_{2c} = \varphi' - \varphi_{2c} = 0.02 \text{ , град.}, \quad (12)$$

По графику видно, что для угла $\varphi' = 180.2^\circ$ при переменной скорости, время приходится на $t_{2s} = 0.009947$ сек. По формуле 2 найдем искомые углы поворота формула.

$$\varphi_{2s} = \frac{t_{2s}}{T_{i\dot{a}}} \cdot 360 = \frac{0.009947}{0.02} \cdot 360 = 179.05 \text{ , град.}, \quad (13)$$

Ошибка составляет по формуле 14, уже превышает один градус.

$$\Delta\varphi_{2s} = \varphi' - \varphi_{2s} = 1.15 \text{ , град.}, \quad (14)$$

По предполагаемой гипотезе данный метод неприемлем, однако реальная картина изменения скорости не известна и ошибка непредсказуема.

Для уточнения методики подсчета импульсов, предлагаем производить измерения времени для каждого счетного импульса и тогда угол поворота можно определить по формуле, корректировка осуществляется в пределах дискретности угломерных импульсов.



$$\varphi_3 = K \cdot \left(N + \frac{t_k - t_i}{t_{i+1} - t_i} \right), \text{ град.}, \quad (15)$$

где K - дискретность угломерных импульсов в градусах;

N – количество подсчитанных угломерных импульсов.

t_k - время поворота вала от начального состояния;

t_i – время появления счетного импульса перед появлением сигнала.

t_{i+1} – время появления счетного импульса сразу после появления сигнала.

Определение времени для каждого из необходимых импульсов определим угол поворота по программе.

$$\varphi_3 = 0.5 \cdot \left(360 + \frac{0.009947 - 0.009936}{0.009964 - 0.009936} \right) = 180.196, \text{ град.}, \quad (16)$$

В предлагаемом методе ошибка составляет менее одной сотой градуса, что весьма предпочтительно.

$$\Delta\varphi_3 = \varphi' - \varphi_3 = 0.004, \text{ град.}, \quad (17)$$

Следовательно предлагаемый метод определения угла впрыска, является более предпочтительным и мало (в пределах одного измерительного импульса) зависит от неравномерности скорости вращения вала.

Литература

1. Техника измерения угловых и линейных перемещений
<http://www.irvispress.ru/cgi/index/electronics/technology/sensorlink-encoder>
2. Пахомов П.И., Исаков С.С. Математическое моделирование дискретных сигналов оптического преобразователя // Вестник КРСУ, 2007.–Т.7. №12 –С. 83-87.
3. БЭСТ – 12М ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ СТЕНДОВ
<http://user.rol.ru/~eds/teh.opisanie.htm>