УДК: 531.8

Зиялиев К.Ж., Такырбашев А.Б., Чинбаев О.К.
ИГУ им. К.Тыныстанова

УРАВНЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ МЕХАНИЗМА ПРИВОДИМОГО ОТ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДВИГАТЕЛЯ

В данной работе составлено уравнение движения в энергетической форме с использованием формулы Клосса, в котором механизм приводится в движение асинхронным двигателем.

Ключевые слова: *механизм, уравнение движения, момент инерции, момент сил, динамика.*

Берилген иште асинхрондук кыймылдаткыч менен кыймылга келщщчщ механизмге Клосстун формуласын колдонуу менен энергетикалык формада кыймыл теъдемеси тщзщлгён.

Негизги сёздёр: *механизм, кыймыл теъдемеси, инерция моменти, кщчтщн моменти, динамика.*

In this paper, the equation of motion in the energy form is compiled using the Kloss formula, in which the mechanism is driven by an induction motor.

Key words: *mechanism, equation of motion, moment of inertia, moment of forces, dynamics.*

Благодаря своим уникальным свойствам механизмы с особыми положениями все большее применение находят в качестве исполнительных механизмов в различных устройствах и машинах. На рис. 1 представлена схема пятизвенного механизма ударной машины. Удар в этой машине наносится массивным ползуном, совершающим возвратно-поступательное движение. Благодаря этому, в пятизвенных механизмов с особыми положениями по сравнению с четырехзвенными механизмами, в которых удар совершается качающимся коромыслом, значительно уменьшается вибрация машины в поперечном направлении.

При исследовании динамики таких машин необходимо учесть следующие факторы: 1) момент инерции механизма, приведенный к кривошипу (ведущему звену), является переменной величиной, зависящей от угла поворота звена приведения; 2) приведенный момент сил тяжестей подвижных звеньев также является переменным и по величине сравним с другими моментами, приложенными к звене приведения.

Рассмотрим тот случай, когда данный механизм приводится в движение асинхронным электродвигателем. При этом имеем одномассовую систему, момент инерции которой является функцией от угловой координаты (положения) звена приведения и нагруженную приведенным моментом, зависящим от скорости (крутящий момент ротора двигателя), и моментом, зависящим от положения механизма (приведенный момент сил тяжестей подвижных звеньев).

Для определения закона движения данного механизма можно применить уравнение Лагранжа второго рода или уравнение движения в энергетической форме. Выберем второй вариант и составим уравнение движения для небольшого интервала углового перемещения $\Delta\varphi$ звена приведения:

$$\frac{J_{\sum i}^{np}\omega_i^2}{2}-\frac{J_{\sum 0}^{np}\omega_0^2}{2}=\sum A_{0i}, \tag{1}$$

где ω_0 – значение угловой скорости звена приведения в начале углового интервала, т.е при φ_0, ω_i – значение угловой скорости звена приведения при

$\varphi_i = \varphi_0 + \Delta\varphi$, $J_{\Sigma 0}^{np}$ – приведенный момент инерции машины в начальном положении, $J_{\Sigma i}^{np}$ – приведенный момент инерции машины в i-м положении, $\sum A_{0i}$ – сумма работ приведенных моментов, зависящих от скорости и положения звена приведения в промежутке 0 - i.

Наметив ряд положений звена приведения 0, i, k., …; отсчет угла φ будем вести от нулевого положения $\varphi_0 = 0$ (рис. 1).

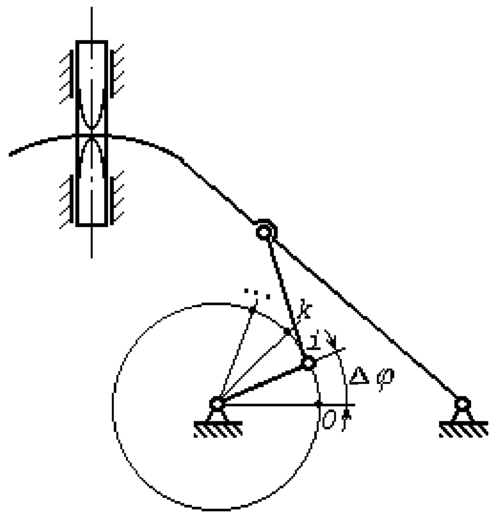

Рис. 1.

Сумма работ всех сил $\sum A_{0i}$ в интервале $\Delta\varphi$ определяется:

$$\sum A_{0i} = A_{\omega 0i} + A_{\varphi 0i},$$

где $A_{\omega 0i}$ – работа приведенного момента M_{ω}^{np} сил, зависящих от скорости звена приведения;

$A_{\varphi 0i}$ – работа приведенного момента M_{φ}^{np} сил, зависящих от положения звена приведения.

С учетом этого уравнение движения в энергетической форме (1) для интервала 0-I запишем в следующем виде:

$$\frac{J_{\Sigma i}^{np}\omega_i^2}{2} - \frac{J_{\Sigma 0}^{np}\omega_0^2}{2} = A_{\omega 0i} + A_{\varphi 0i}.$$

Моменты сил и их работы считаются положительными, если их направления совпадают с направлением движения звена приведения, в противном случае они считаются отрицательными. В рассматриваемом примере звено приведения, т.е. кривошип, вращается по часовой стрелке.

Считаем, что в пределах небольшого интервала 0-i моменты M_{ω}^{np} и M_{φ}^{np} при увеличении угла φ изменяются линейно и в конце интервала получат некоторые значения $M_{\omega i}^{np}$ и $M_{\varphi i}^{np}$, поэтому в уравнении (1) приближенно можно принять соответственно:

$$A_{\omega 0i} = \frac{M^{np}_{\omega 0} + M^{np}_{\omega i}}{2} \Delta\varphi \quad \text{и} \quad A_{\varphi 0i} = \frac{M^{np}_{\varphi 0} + M^{np}_{\varphi i}}{2} \Delta\varphi .$$

С учетом этого, формулу (4.8) преобразуем в следующий вид:

$$\frac{J^{np}_{\Sigma i}\omega_i^2}{2} - \frac{J^{np}_{\Sigma 0}\omega_0^2}{2} = \frac{M^{np}_{\omega 0} + M^{np}_{\omega i}}{2} \Delta\varphi + A_{\varphi 0i} .$$

В этой формуле $J^{np}_{\Sigma 0}$, $J^{np}_{\Sigma i}$, $M^{np}_{\omega 0}$, $A_{\varphi 0i}$ становятся известными, если будут заданы начальные условия, т.е. значения φ_0, ω_0, и $\Delta\varphi$. Задача сводится к определению скорости звена приведения ω_i и приведенного момента $M^{np}_{\omega i}$, зависящего от этой скорости по известной зависимости Клосса (для асинхронных двигателей).

Отсюда

$$\frac{J^{np}_{\Sigma i}\omega_i^2}{\Delta\varphi} + \left[\frac{2A_{\varphi 0i}}{\Delta\varphi} - \frac{J^{np}_{\Sigma 0}\omega_0^2}{\Delta\varphi} - M^{np}_{\partial 0} \right] = M^{np}_{\partial i} . \tag{2}$$

Обозначив сумму, содержащуюся в скобках, буквой В:

$$\left[\frac{2A_{\varphi 0i}}{\Delta\varphi} - \frac{J^{np}_{\Sigma 0}\omega_0^2}{\Delta\varphi} - M^{np}_{\partial 0} \right] = B_{0i} . \tag{3}$$

Тогда уравнение (2) приобретает следующий расчетный вид:

$$\frac{J^{np}_{\Sigma i}\omega_i^2}{\Delta\varphi} + B_{0i} = M^{np}_{\partial i} . \tag{4}$$

Ошибка от сделанного приближения будет тем меньше, чем меньше выбранный интервал $\Delta\varphi$. Величину $J^{np}_{\Sigma i}$ для i-го положения можно определить по углу $\varphi_i = \varphi_0 + \Delta\varphi$ из зависимости $M^{np}_{\varphi} = M_{\varphi}(\varphi)$ (рис. 3).

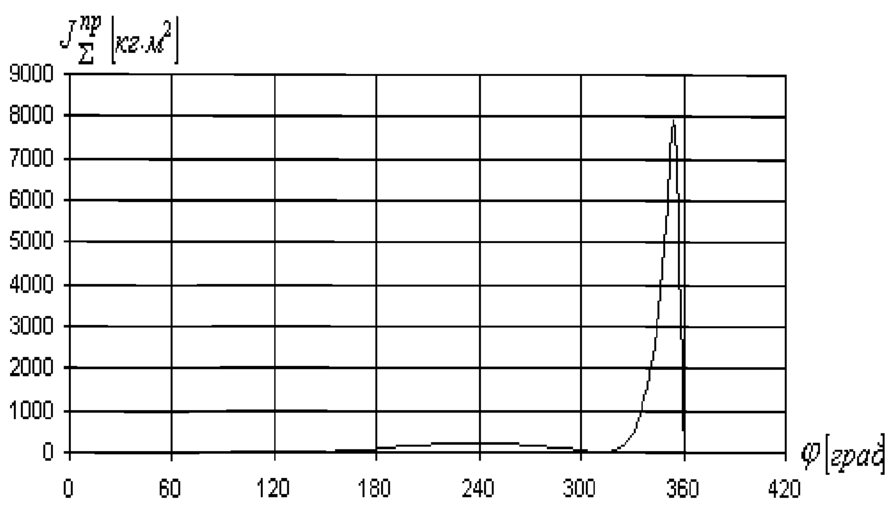

Рис. 2. График приведенного момента инерции $J^{np}_{\Sigma i}$, зависящего от угла поворота φ .

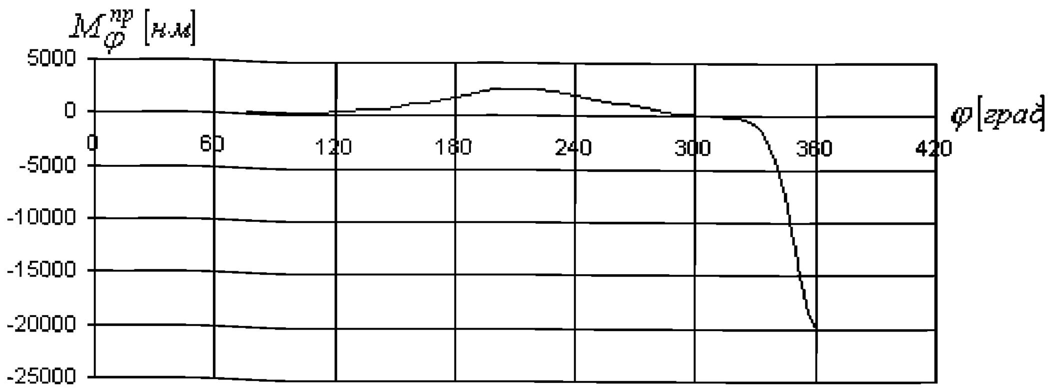

Рис. 3. График приведенного момента M_{φ}^{np}, зависящего от угла поворота φ звена приведения.

График функции $M_{\omega}^{np} = M_{\omega}(\omega)$ приведен на рис. 4.

В каждом новом положении угловая скорость ω начального звена и приведенный момент M_{ω}^{np} приобретает новые значения, какие – пока неизвестно кроме M_{φ}^{np}.

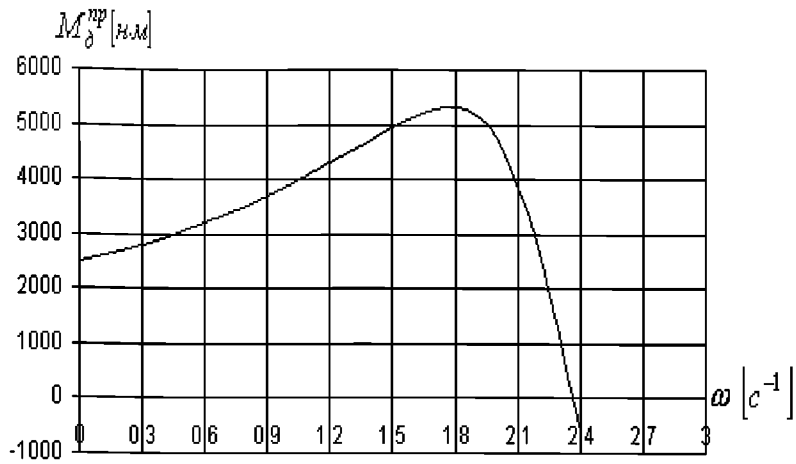

Рис. 4. График зависимости приведенного момента от скорости звена приведения.

Необходимо отметить, что в уравнении (3) нужно учитывать знак величины A_{c0i}. Следовательно, в уравнении (4) неизвестными будут только величины ω_i и $M_{дi}^{np}$. При этом $M_{дi}^{np}$ строго связан с ω_i зависимостью $M_д(\omega)$. Если характеристика $M_д = f(\omega)$ представлена в виде формулы, то уравнение можно решить аналитическим путем.

Приведенные данные позволяют рассчитать параметры механической характеристики асинхронного двигателя, т.е. по формуле Класса описать зависимость крутящего момента $M_д$ на роторе двигателя от его угловой скорости $\omega_{рот}$:

$$M_д = \frac{2M_к S_к\left(1-\frac{\omega_{рот}}{\omega_c}\right)}{S_к^2+\left(1-\frac{\omega_{рот}}{\omega_c}\right)^2}; \qquad S_к = \left(1-\frac{\omega_к}{\omega_c}\right);$$

где $M_д$, $M_к$ - моменты двигателя, соответственно текущий и критический; $S_к$ - критическое скольжение двигателя;

$\omega_{рот}$, ω_c - угловая скорость ротора, соответственно текущая и холостого хода.

Если движущий момент $M_д$ передается к звену приведения через редуктор, то приведенный движущий момент $M_д^{пр}$ пишется следующим образом:

$$M_д^{пр} = \frac{2M_к S_к U_{ред}\left(1-\frac{\omega}{\left(\omega_c / U_{ред}\right)}\right)}{S_к^2+\left(1-\frac{\omega_{рот}}{\left(\omega_c / U_{ред}\right)}\right)^2}; \tag{5}$$

где $U_{ред}$ - передаточное отношение редуктора.

Теперь, используя уравнение (5) перепишем уравнение (4) так:

$$\frac{J_{\Sigma i}^{пр}\omega_i^2}{\Delta\varphi} + B_{0i} = \frac{2M_к S_к U_{ред}\left(1-\frac{\omega}{\left(\omega_c / U_{ред}\right)}\right)}{S_к^2+\left(1-\frac{\omega_{рот}}{\left(\omega_c / U_{ред}\right)}\right)^2}; \tag{6}$$

Полученное уравнение (6) пригодно для расчета уравнения движения механизма в одномассовой системе.

Литература:

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. -М.: Наука, 1988.- 638 с.
2. Зиялиев К.Ж. Кинематический и динамический анализ шарнирно-четырехзвенных механизмов переменной структуры с созданием машин высокой мощности. –Бишкек: Илим, 2005. -195 с.