Список посилань

1. Петришак П.В., Кравчук Р.С. Основні елементи будови електромобіля//Збірник тез доповідей науково-практичної конференції «Актуальні проблеми глобалізованого світу», 19 жовтня 2023 року – ІваноФранківськ: НАІР, 2023.с.23-24
2. Hybrid & Electric Vehicles: A CRC Press Freebok. Routledge. URL: https://www.routledge.com/rsc/downloads/CRC_Hybrid_Vehicles_Freebook.pdf (дата звернення 09.08.2023)
3. The Future of EV Batteries. GreenCars. URL: https://www.greencars.com/greencars-101/the-future-of-ev-batteries (дата звернення 10.10.2023)
4. Virta the global electric vehicle market overview in 2023: statistics & forecasts. Virta. URL: https://www.virta.global/en/global-electric-vehicle-market (дата звернення 01.09.2023)

УДК 621.81

Кайдаш М.Д., канд. техн. наук, доцент
Національний університет «Чернігівська політехніка», 0203kmdcn@gmail.com

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАКОНУ РУХУ ДЛЯ НЕУСТАЛЕНОГО РЕЖИМУ МАШИННОГО АГРЕГАТУ

Характерною особливістю неусталеного режиму руху машинного агрегату є неперіодичні зміни швидкості його головного вала. В загальному випадку зміна швидкості відбувається внаслідок дії сил та моментів, прикладених до механізму, що є функціями кутової координати φ та кутової швидкості ω ведучої ланки механізму. Для визначення закону руху $\omega(\varphi)$ за таких умов зазвичай використовується рівняння руху в енергетичній формі

$$I_{\Sigma}(\varphi)\cdot\frac{\omega^2(\varphi)}{2}-I_{\Sigma 0}\cdot\frac{\omega_0^2}{2}=A_{\varphi}(\varphi)+A_{\omega}(\omega(\varphi)), \qquad (1)$$

де $I_{\Sigma}(\varphi)$, $I_{\Sigma 0}$, $\omega(\varphi)$, ω_0 – зведені до початкової ланки моменти інерції мас механізму та кутові швидкості початкової ланки для поточного t і початкового t_0 моментів часу відповідно;

$A_{\varphi}(\varphi)$ – робота зведеного моменту сил тертя;

$A_{\omega}(\omega(\varphi))$ – робота зведеного моменту рушійних сил (зведеного моменту електродвигуна).

Складність розв’язку такої задачі полягає в тому, що робота сил тертя залежить від кутової координати φ, а робота рушійних сил залежить від швидкості ω. Для перехідного процесу, як розбіг машинного агрегату, функцію $\omega(\varphi)$ рекомендується визначати за наближеними математичними моделями, де механічна характеристика двигуна вважається лінійною [1]. Такий підхід потребує проміжних обчислень для дискретних значень кутової координати φ та допоміжних графічних побудов.

В даній роботі запропоновано інший метод, що дозволяє отримати функцію $\omega(\varphi)$ для нелінійних механічних характеристик двигуна. Метод побудовано з урахуванням припущень: сили тертя в кінематичних парах за повний оберт ведучої ланки є сталими; сили тяжіння ланок несуттєво впливають на рух механізму; функції $I_{\Sigma}(\varphi)$ та $A_{\varphi}(\varphi)$ вважаються відомими.

В загальному випадку роботу зведеного моменту двигуна $M_{\omega}(\omega(\varphi))$ можна представити, як:

$$A_{\omega}(\omega(\varphi))=\int_0^{\varphi}M_{\omega}(\omega(\varphi))d\varphi.$$

З урахуванням прийнятих позначень та початкових умов $t_0 = 0$: $\varphi_0 = 0, \omega_0 = 0$, рівняння (1) набуває вигляду:

$$I_\Sigma(\varphi) \cdot \frac{\omega^2(\varphi)}{2} - A_\varphi(\varphi) = \int_0^\varphi M_\omega(\omega(\varphi)) d\varphi, \tag{2}$$

Перетворення (2) приводить до нелінійного диференціального рівняння першого порядку:

$$\frac{1}{2} I_\Sigma{}'(\varphi) \cdot \omega^2(\varphi) + I_\Sigma(\varphi) \cdot \omega(\varphi) \cdot \omega'(\varphi) - A'_\varphi(\varphi) = M_\omega(\omega(\varphi)) \tag{3}$$

Розв'язання рівняння (3) шляхом чисельного інтегрування дозволяє встановити закон зміни кутової швидкості від кутової координати ведучої ланки механізму.

Для прикладу на рис. 1 показано результат розрахунку у вигляді графіка функції $\omega(\varphi)$, отриманого для фази розбігу робочої машини з характеристиками:

– зведена маса ланок механізму $I_\Sigma(\varphi) = a + b \cdot \sin\varphi, (a = 5, b = 1)$;

– зведений момент сил тертя $M_\varphi = A'_\varphi(\varphi) = c \cdot |\cos\varphi|, (c = 2)$.

Зведений до ведучої ланки момент рушійних сил з урахуванням характеристики асинхронного двигуна $M_\omega \omega(\varphi)$ прийнято у вигляді:

$$M_\omega = \frac{2 \cdot M_к}{\frac{157 - \omega}{157 \cdot S_к} + \frac{157 \cdot S_к}{157 - \omega}} \cdot i,$$

де $M_к = 21,6\, Н \cdot м$ – критичний момент двигуна; $S_к = 0,30$ – критичне ковзання; i =2 – передатне відношення.

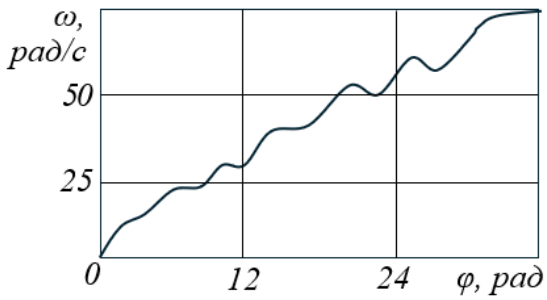

Рис. 1 – Залежність зміні кутової швидкості ведучої ланки ω від кутової координати φ

Запропонована методика розрахунку враховує основні характеристики механічної системи й може бути застосована в практичних розрахунках при дослідженні перехідних динамічних процесів в машинних агрегатах. Отримані результати динамічного аналізу також можна рекомендувати при вивченні студентами курсу «Теорія механізмів і машин».

Список посилань

1. Теория механизмов и машин: Учеб. для втузов / К. В. Фролов, С. А. Попов, А. К. Мусатов и др.; Под ред. К. В. Фролова. – М.: Высш. шк., 1987. – 496 с.