

УДК 621.01 : 687.05-52

ИССЛЕДОВАНИЕ СОПРОВОЖДАЮЩИХ КОЛЕБАНИЙ В ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Студ. Соколов В.Л., ст. преп. Статковский Н.С.

Витебский государственный технологический университет

Интенсификации производственных процессов сопутствует рост рабочих скоростей и нагрузок деталей машин, что диктует необходимость более глубокого и разностороннего учета динамических факторов. Движению узлов системы с ненулевым ускорением сопутствуют так называемые сопровождающие колебания, которые быстро затухают. Между тем этим колебаниям с задачами динамики нередко принадлежит особая роль. Если входное ускорение периодически повторяется на протяжении всего кинематического цикла, то источник возбуждения сопровождающих колебаний приобретает стабильный характер [1].

В данной статье исследуются сопровождающие колебания в динамической системе шаговый двигатель - швейный полуавтомат. В такой системе входное ускорение периодически повторяется и сопровождающие колебания существенно влияют на динамический процесс. Если входное ускорение двигателя занижено, то получим недобор угла вращения и производительности системы. Если входное ускорение превысит критическое значение, то система прекращает работу. Цель работы - найти метод построения оптимального закона входного ускорения в системе шаговый двигатель - швейный полуавтомат для получения максимально допустимого уровня сопровождающих колебаний (момента кручения).

Рассмотрим динамическую систему, на входе которой подается угол $\varphi_0(t)$, t - время. На выходе получаем угол $\varphi_1(t)$. Если угол $\varphi_0(t)$ на входе подается с ускорением, то $\varphi_1(t)$ имеет вид

$$\varphi_1(t) = A(t) \cdot \sin(kt + t_0) + g(t),$$

где $g(t)$ - собственное движение системы, $A(t) \cdot \sin(kt + t_0)$ - сопровождающие колебания [1].

Сопровождающие колебания быстро затухают. Если входное ускорение периодически повторяется, то сопровождающие колебания существенно влияют на динамический процесс. Далее рассмотрим конкретную динамическую систему - швейный полуавтомат.

На импульсный шаговый двигатель подается ускорение $\ddot{\varphi}_0(t)$ вращения вала двигателя. Через исполнительный механизм вращение вала преобразуется в перемещение каретки швейной машины. На выходе получаем угол $\varphi_1(t)$. Шаговый двигатель работает в режиме "старт-стоп", поэтому основные нагрузки на исполнительный механизм - динамические, возникающие при ускоренном движении.

Возникающие в исполнительном механизме сопровождающие колебания (момент кручения M_{KR}) гасят подаваемую угловую скорость.

Обозначим разность углов $\theta(t) = \varphi_1(t) - \varphi_0(t)$ - динамическая ошибка. Уравнение для функции $\theta(t)$ имеет вид [2]

$$\ddot{\theta} + 2n\dot{\theta} + (k^2 + n^2)\theta = -\ddot{\varphi}_0 \quad (1)$$

Рассмотрим конкретную систему с заданными коэффициентами: $n = 121,6$ - коэффициент, учитывающий диссипативные свойства системы. $k = 15388$ - собственная частота колебаний системы с учетом сил сопротивления (Гц).

Исследуем уравнение (1) на длине одного стяжка 1 мм, на промежутке времени разгона двигателя $[0; t_p]$, где $t_p = 0,02$ (сек). Момент кручения вычисляется по формуле

$$M_{KR}(t) = -c \cdot \theta - b \cdot \dot{\theta} \quad (2)$$

где $c = 16337,6$ - жесткость передаточного механизма (Н·м),

$b = 0,01678$ - коэффициент демпфирования (вязкого сопротивления) (Па·с).

Одна из характеристик шагового двигателя - ограничение на момент кручения системы - критическая кривая момента. Критическая кривая для двигателя ДШИ 200-3 имеет вид

$$Krit(\omega) = 0,646 - 0,0054071\omega + 0,0000196\omega^2 \quad (3)$$

где ω - угловая скорость двигателя. Для каждого значения угловой скорости $\omega = \dot{\varphi}_0(t) = \dot{\varphi}_0(t)$ эта кривая указывает максимальное допустимое значение момента кручения M_{KR} системы. Если значение M_{KR} системы превышает значение $Krit(\omega)$, то двигатель останавливается. Для произвольно заданного входного

ускорения $\ddot{\varphi}_0(t)$ возможны три случая.

Если момент кручения системы ниже критической кривой двигателя на промежутке $[0; t_p]$, то получим недобор угла вращения и недобор производительности системы.

Если существуют моменты времени на промежутке $[0; t_p]$, в которые момент кручения системы попадает в запрещенную зону - выше критической кривой, то в первый из таких моментов времени двигатель останавливается и система не работает.

Если входное ускорение подобрано так, что система получает максимально допустимый момент кручения, то получим искомый оптимальный вариант решения задачи.

Цель работы – найти метод построения оптимального закона входного ускорения $\ddot{\varphi}_0(t)$ для получения максимально допустимого момента кручения $M_{KR}(t)$. Задачу будем решать приближенно. Входное ускорение выбираем в виде многочлена первой степени $\ddot{\varphi}_0(t) = a_1 t + a_0$.

В правую часть уравнения (1) подставим значение $\ddot{\varphi}_0(t) = a_1 t + a_0$. Получим уравнение

$$\ddot{\theta} + 2n\dot{\theta} + (k^2 + n^2)\theta = -(a_1 t + a_0)$$

Решим его при начальных условиях $\theta(t) = 0$, $\dot{\theta}(0) = 0$. Получим решение $\theta = \theta(t, a_1, a_0)$, зависящее от неизвестных коэффициентов a_1, a_0 :

$$\theta(t, a_1, a_2) = e^{-nt} \left((pa_0 - qa_1) \cdot \cos kt + s \cdot \sin kt \right) + (q - pt) \cdot a_1 - pa_0$$

где $p = 0,4223 \cdot 10^{-8}$, $q = 0,4337 \cdot 10^{-14}$, $s = 0,3337 \cdot 10^{-10} a_0 + 0,2744 \cdot 10^{-12} a_1$.

По формуле (2) найдем момент кручения $M_{KR}(t) = M_{KR}(t, a_1, a_0)$.

$$M_{KR}(t, a_1, a_2) = e^{-nt} (A \cdot \cos kt + B \cdot \sin kt) + g(t, a_1, a_2)$$

где $u = 0,69 \cdot 10^{-4}$, $v = 0,4425 \cdot 10^{-14}$, $g(t, a_1, a_2) = ua_0 - va_1 + ua_1 t$,

$$A = -ua_0 + va_1, \quad B = 0,5452 \cdot 10^{-6} a_0 - 0,4484 \cdot 10^{-8} a_1.$$

Множитель, записанный при e^{-nt} , приведем к виду

$$A \cos kt + B \sin kt = \sqrt{A^2 + B^2} (\cos t_0 \cos kt + \sin t_0 \sin kt) = \sqrt{A^2 + B^2} \cos k(t - t_0),$$

где $t_0 = \arctg(B/A)$. Получим

$$M_{KR}(t, a_1, a_2) = e^{-nt} \sqrt{A^2 + B^2} \cos k(t - t_0) + g(t, a_1, a_2).$$

В периодической части этого выражения заменим $\cos k(t - t_0)$ на 1. Получим функцию вида

$$Ogib(t, a_1, a_2) = e^{-nt} \sqrt{A^2 + B^2} + g(t, a_1, a_2) \quad (4)$$

Это верхняя огибающая момента кручения $M_{KR}(t)$. С другой стороны, в критическую кривую двигателя (3)

$$Krit(\omega) = 0.646 - 0.0054071\omega + 0.0000196 \omega^2$$

подставим угловую скорость

$$\varphi(t) = \int_0^t \ddot{\varphi}(z) dz = a_1 \frac{t^2}{2} + a_0 t$$

Получим критическую кривую, записанную через переменную t :

$$Kr(t, a_1, a_2) = \beta_4 \cdot t^4 + \beta_3 \cdot t^3 + \beta_2 \cdot t^2 - \beta_1 \cdot t + \beta_0 \quad (5)$$

где $\beta_0 = 0.646$, $\beta_1 = 0,54 \cdot 10^{-2} \cdot a_0$, $\beta_2 = 0,196 \cdot 10^{-5} a_0^2 - 0,27 \cdot 10^{-2} a_1$,

$$\beta_3 = 0,196 \cdot 10^{-5} \cdot a_0 a_1, \quad \beta_4 = 0,49 \cdot 10^{-5} \cdot a_1^2.$$

Построим новую функцию

$$f(t, a_1, a_2) = M_{KR}(t, a_1, a_2) - Kr(t, a_1, a_2)$$

Минимизируем функцию $f(t, a_1, a_2)$ на промежутке $[0; t_p]$ по параметрам a_1, a_2 . Получим коэффициенты

$$a_1 = -32838.712, \quad a_2 = 4958.144 \quad (6)$$

С учетом коэффициентов (6) критическая кривая двигателя (5) получает вид

$$Kr(t) = 5284.067 t^4 + 3191.253 t^3 + 570.612 t^2 - 26.809 t + 0.646$$

Верхняя огибающая момента кручения (4)

$$Ogib(t) = 0.342 \cdot e^{-121t} - 2.266 t + 0.342.$$

Погрешность приближения – это максимум модуля разности верхней огибающей и критической кривой двигателя на промежутке $[0; t_p] = [0; 0,002]$. Эта погрешность равна

$$\max_{t \in [0; 0,02]} |Ogib(t) - Kr(t)| = 0,0135$$

Если увеличить степень многочлена для $\ddot{\varphi}_0(t)$, то погрешность приближения улучшается. Например, для $n=2$ получим оптимальное входное ускорение с погрешностью приближения, равной 0,0066.

Вывод. В результате исследований получен и опробован на конкретных вычислениях метод оптимизации сопровождающих колебаний (момента кручения) для динамической системы шаговый двигатель - швейный полуавтомат. Для увеличения точности приближения верхней огибающей к критической кривой можно увеличивать степень аппроксимационного многочлена, задающего функцию входного ускорения.

Список использованных источников

1. Колебания машин с механизмами циклового действия / Вульфсон И.И. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1990. – 309 с.
2. Динамика машин и управление машинами. Справочник. Под редакцией Г.В.Крейна. Москва «Машиностроение», 1988.

УДК 004.55: 372.367: 372.893: 908

ПОДГОТОВКА ИНТЕРАКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

К.т.н., доц. Алешина Д.А., студ. Колупаева Н.О., студ. Санталова П.С., студ. Шарипанова А.А.

Ивановский государственный политехнический университет

Мультимедийное представление информации набирает популярность в образовательной деятельности, поскольку имеет ряд преимуществ перед обычными способами обучения. Информация однородна: текст, звукоряд, видеоряд представляются единым образом в цифровом виде. Информацию легко сохранять и тиражировать: в цифровом виде она не искажается при копировании, оптические носители информации имеют только гарантийный срок хранения. Информацию легко перерабатывать: все операции от рутинных (например, поиск) до творческих (преобразования) на компьютере проводятся автоматически либо частично автоматически.

Использование мультимедийных технологий в образовании расширяет педагогические возможности преподавателей учебного заведения, делает процесс обучения более наглядным, создает дополнительную мотивацию у обучаемых к изучению материала.

Выявлено, что наиболее оптимальным вариантом обучения школьников и студентов является мультимедийное пособие, включающее обширную базу данных материала с легким поиском. Для детей дошкольного возраста более продуктивна для усвоения знаний организация интерактивного урока.

Для мультимедийного урока, рассчитанного на детей дошкольного возраста, разработана интерактивная презентация для сопровождения выступления воспитателя. Презентация включает в себя графическую информацию, текст, озвученный мультипликационный ролик и вопросы для анализа и закрепления увиденного.

В данном проекте принято решение создать трехмерного персонажа и сцены по басне И.А. Крылова «Лиса и виноград» в стиле классической советской анимации. В настоящее время возрастает спрос на 3D-проектирование мультипликационных и рекламных роликов, поскольку это способствует более точной визуализации задуманного решения и реалистичному воплощению дизайн-концепции.

Материал по русской литературе, который ранее было принято изучать в рамках школьной программы, был оптимизирован для усвоения детьми дошкольного возраста в удобной визуализированной форме (рис. 1). Анализ данных с проведенного урока показал, что восприятие и понимание довольно сложного материала, закрепление знаний в форме мультимедийного урока более продуктивно, чем ранее использованные методы обучения.



Рисунок 1 – Этапы проектирования мультипликационного ролика и слайдов для интерактивного урока

Для школьников старших классов было подготовлено мультимедийное пособие по истории в дополнение к основной программе на тему блокадного Ленинграда. Данная тематика раскрывалась непосредственно со стороны жителей осажденного города.

Поддача материала отличается от привычной для школьной программы, т.к. позволяет окунуться в атмосферу того времени и места, попытаться понять и осознать страшные реалии Великой Отечественной Войны. Этому немало способствует подбор интерактивных данных: материалов фото- и видеохроники, архивных документов, картографических материалов, музыкального сопровождения и проч. Стиль оформления также помогает восприятию информации (рис. 2).

В пособии содержится информация, классифицированная в виде иерархии. В пособии 5 разделов, в которых содержатся медиа данные разного типа.

Раздел «Жизнь во время блокады» повествует о жизни и быте в осажденном городе, включает подразделы о женщинах, детях, деятелях культуры, трудовом населении. Раздел «Трудовые подвиги» включает в себя темы о деятельности заводов, пунктов питания, магазинах, труде могильщиков. Раздел