УДК 62-135

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМЫ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА РОТОРНЫХ ИНЕРЦИОННЫХ ВИБРОПРИВОДОВ

С.В. Сергеев, Б.А. Решетников, А.А. Микрюков

Исследована форма траектории движения рабочего органа с использованием кинематических параметров в векторной форме.

Ключевые слова: форма траектории; ротор; матрица преобразования.

Решение задач сложного движения тела, таких как совокупность вращательного и колебательного движения тела вокруг пересекающихся осей, к которым относится процесс обкатывания тарелки ротора по контролеру в роторных инерционных виброприводах [1], можно значительно упростить, используя векторную форму представления кинематических параметров движения, а также матрицы преобразования декартовых координат.

Рассмотрим ротор длинной l, находящийся в состоянии покоя (рис. а). Стержень ротора 1 диаметром d установлен в подшипниковом узле 2. На конце стержня ротора установлена тарелка ротора *3* с плоским основанием (ψ = 180°) диаметром $D_р$ и массой $m_р$. Центр тяжести её (точка $O_р$) лежит на продольной оси симметрии ротора на расстоянии $l_р$ относительно основания. Тарелка ротора поджата контртелом 4 с тарированным усилием $P_{ос} > 0$.

Объектом исследования являются параметры движения двух характерных точек ротора: точки T_1, лежащей на оси ротора, и точки T_2, принадлежащей тарелке ротора. При этом точка T_1 является частным случаем точки T_2 ($l_{T2} = l_{T1}$, $r_T = 0$). Следовательно, выявленные зависимости для точки T_2, с некоторыми уточнениями, будут справедливы и для точки T_1.

Исследование кинематических параметров точки T_1 будет полезно при проектировании виброприводов, колебания с которых снимаются непосредственно со стержня ротора, а точки T_1, если тарелка ротора совершает полезную работу или она жестко связана с исполнительным органом вибрационной машины. Для исследований формы траектории движения точек ротора введем подвижную систему координат, центр которой находится в подшипниковом узле. Ось z_1 проходит через проекцию точки T_2 на ось ротора – точку C_T, а ось x_1 – через центр мгновенных скоростей (точка K). При составлении матриц линейного преобразования координат, построении траектории и визуализации движения точек ротора необходимо учитывать, что элементами матрицы являются направляющие косинусы между осями подвижной и неподвижной систем.

В нашем случае подвижная система вращается вокруг оси ротора, то есть матрица обратного преобразования координат в относительном движении является функцией угла поворота ротора вокруг собственной оси – $\varphi_р$:

$$Mr = \begin{pmatrix} \cos\varphi_р & -\sin\varphi_р & 0 \\ \sin\varphi_р & \cos\varphi_р & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Когда ось ротора поворачивается вокруг оси z (переносное движение оси ротора), матрица обратного преобразования координат точки C_T является функцией угла φ_K:

$$Me = \begin{pmatrix} \cos & -\sin\varphi_K & 0 \\ \sin\varphi_K & \cos\varphi_K & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Чтобы учесть отклонение оси ротора от оси z используем матрицу обратного преобразования координат являющейся функцией угла β:

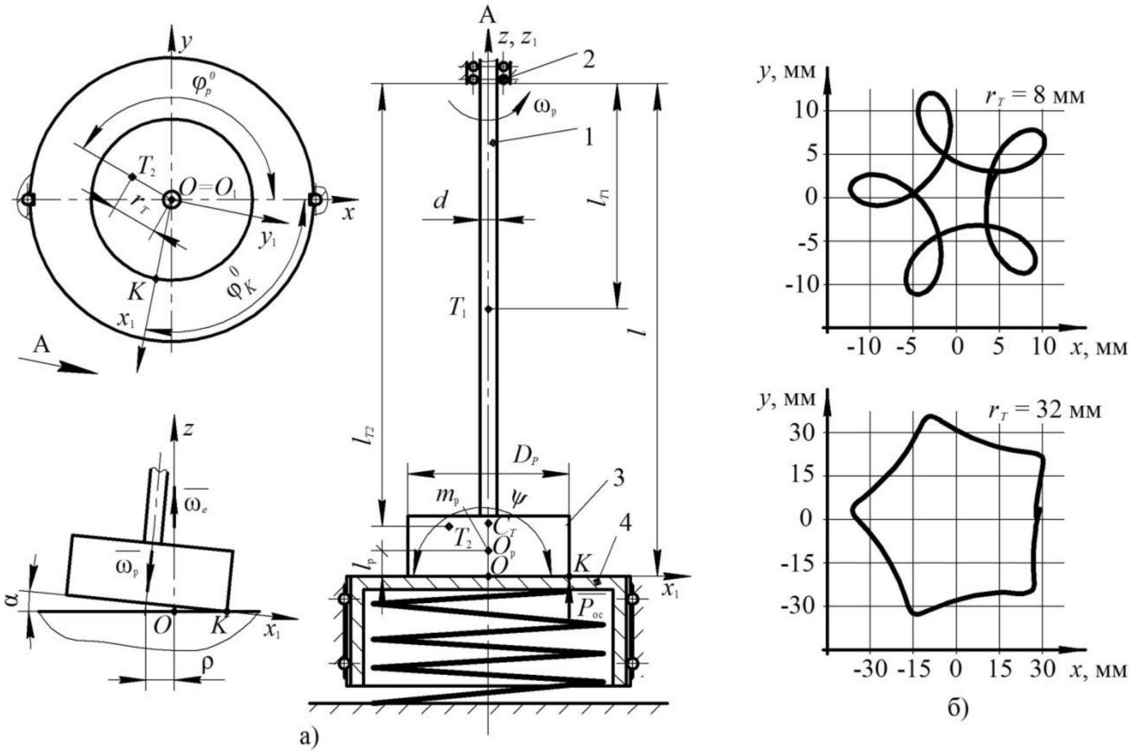
$$Mo = \begin{pmatrix} \cos\beta & 0 & \sin\beta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\beta & 0 & \cos\beta \end{pmatrix}.$$

Чтобы осуществить визуализацию движения точек необходимо выполнить преобразование координат точки T_2, выраженных в подвижной системе отсчета связанной с осью ротора в их координаты относительно неподвижной системы отсчета с использованием матриц преобразования координат:

$$\bar{r}_{T2} = Me \cdot Mo \cdot l_{T2} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} + Mr \cdot r_T \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Полученные уравнения можно использовать для построения графиков зависимостей координат точек T_1 и T_2 от времени, а также траектории движения этих точек. Для расчета амплитудно-частотных характеристик колебания ротора разработано *Windows*-приложение в среде программирования *Delphi* основной алгоритм которого основан на методе перебора. В качестве примера рассмотрим движение ротора с параметрами: $l = 250$ мм, $l_р = 5$ мм, $d = 4$ мм, $D_р = 40$ мм, $m_р = 0{,}4$ кг, $\psi = 180°$, $P_{ос} = 8$ Н, $\omega_р = 100$ об/мин.

Форма траектории движения точки T_2 носит сложный характер, который зависит в первую очередь от величины r_T (рис. 6). При $r_T = 0$ точка T_2 в процессе возбуждения ротором колебаний перемещается в плоскости параллельной плоскости xOy по круговой траектории радиусом ρ_{T2}. С возрастанием значения r_T траектория приобретает петлеобразный характер. Размер петель близок к диаметру круговой траектории данной точки. С возрастанием значения r_T размер петель уменьшается. Количество петель за один оборот ротора равно отношению частоты возбуждаемых колебаний ω_e к частоте вращения ротора $\omega_р$. С дальнейшим увеличением значения r_T форма траектории движения точки T_2 возвращается к круговой. При значении $r_T \approx 0{,}5D_р$, размер петель сходит на нет. Также было замечено, что при $r_T \approx 1{,}5D_р$ и кратном отношении частоты возбуждаемых колебаний ω_e к частоте вращения ротора $\omega_р$ форма траектории близка к правильному многоугольнику.



Исследование формы траектории движения точки T_2 (l_{T2} = 230 мм):
а) роторный инерционный вибропривод (ψ = 180°); 1 – стержень ротора,
2 – подшипниковый узел, 3 – тарелка ротора, 4 – контртело;
б) примеры форм траектории движения точки T_2

Таким образом, решение задачи исследования процесса возбуждения колебаний роторным инерционным виброприводом посредством представления кинематических параметров в векторной форме позволило наглядно представить положение ротора в определенный момент времени и траекторию движения заданных точек ротора.

Библиографический список

1. Сергеев, С.В. Вибрационные роторные приводы машин: монография / С.В. Сергеев, Б.А. Решетников, Р.Г. Закиров. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – 133 с.

К содержанию