

УДК 531.8

А.С.Алексахин (6 курс, каф. МПУ), Л.В.Штукин, к.ф.-м.н., доц.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ МУФТЫ

Предохранительная магнитная муфта предназначена для передачи крутящего момента от колес вагона к ротору генератора, питающего электросеть вагона. В аварийном режиме при заклинивании ротора генератора ведомый диск муфты проворачивается относительно ведущего и отводится по направляющим вдоль оси вращения на некоторое расстояние (муфта выключается). В разомкнутом положении ведомый диск удерживается постоянными магнитами - ловителями, что не позволяет муфте снова включиться до устранения причин заклинивания. Проведенные испытания показали, что при движении вдоль оси ведомый диск ударяет по ловителям, что может привести к их поломке. В данной работе рассмотрен процесс размыкания муфты. Предложено ввести упругие резиновые прокладки, уменьшающие усилие при соударении ведомого диска с ловителями.

За обобщенные координаты приняты координата x , отсчитываемая вдоль оси вала, и электрический угол φ в магнитной муфте. Уравнения движения составлены в форме уравнений Лагранжа-Максвелла [1,2]:

$$\begin{cases} M\ddot{x} + Q_0 \cdot \frac{l^2}{(l^2 + x^2)} \cos \varphi = 0 \\ \frac{J}{p} \ddot{\varphi} + m \sin \varphi = H_{\max} \end{cases}, \quad (1)$$

где M – масса ведомого диска с магнитами, l – толщина магнитов на ведомом диске, Q_0 – сила, с которой ведомый диск притягивается к ведущему в положении $x = 0$, J – момент инерции генератора, p – количество полюсов на ведомом диске, H_{\max} – крутящий момент на валу генератора в аварийном режиме, m – максимальный момент муфты. Начальные условия имеют вид:

$$x(0) = 0, \quad \dot{x}(0) = 0, \quad \varphi(0) = \arcsin\left(\frac{H}{m}\right), \quad \dot{\varphi}(0) = 0, \quad (2)$$

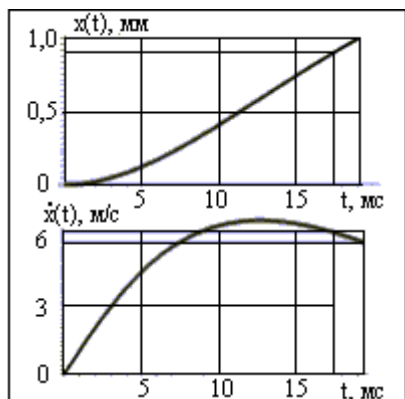


Рис. 1. Графики зависимостей

$x(t)$ и $\dot{x}(t)$

где H – крутящий момент двигателя при номинальном синхронном режиме работы.

В результате численного решения данной системы в математическом пакете Maple были получены графические зависимости $x(t)$ и $\dot{x}(t)$ (рис. 1). Скорость соударения ведомого диска и ловителя может достигать величины свыше 6 м/с. Для уменьшения скорости соударения предлагается использовать резиновый демпфер в виде тонкой прокладки, приклеенной на поверхность магнитов-ловителей.

Уравнение движения ведомого диска, внедряющегося в прокладку, имеет вид

$$M\ddot{z} + P(z) + b\dot{z} = F(z), \quad (3)$$

где $z = x - (l_0 - h)$, l_0 – максимальная ширина зазора между ведомым диском и диском-ловителем, h – толщина резинового демпфера, $F(z)$ – сила притяжения ведомого диска магнитами диска-ловителя, $P(z) + b\dot{z}$ – упруго-демпферная

характеристика прокладки. Начальные условия получены из решения системы (1)

$$z(0) = 0, \quad \dot{z}(0) = 6.3 \text{ м/с.}$$

Упруго-демпферные свойства резиновой прокладки определены экспериментально. Упругая характеристика получена при статическом нагружении образца и аппроксимирована полиномом $P(z) = cz^2 + dz^4$. Вязкие свойства оценены по резонансной кривой колебательной системы, содержащей исследуемую прокладку в качестве упругого элемента.

Проведенные численные расчеты показывают, что при толщине прокладки 1 мм ее деформация оказывается слишком большой (рис. 2). При такой деформации возникнет недопустимая нагрузка на магниты. В связи с этим были проведены расчеты для определения оптимальной толщины резинового демпфера. На рис. 3 представлены графические зависимости $z(t)$ и $\dot{z}(t)$ для толщины 1,6 мм. Как видно из графиков, ведомый диск продавливает демпфер на 1,3 мм, затем останавливается и отходит назад в силу упругих свойств резины. Дальнейшее увеличение толщины прокладки увеличит ее эффективность как демпфера, но приведет к ослаблению силы удержания диска на ловителе из-за увеличения магнитного зазора.

Результаты проведенных исследований позволяют ввести в конструкцию предохранительной магнитной муфты необходимые изменения для предотвращения разрушения магнитов ловителя.

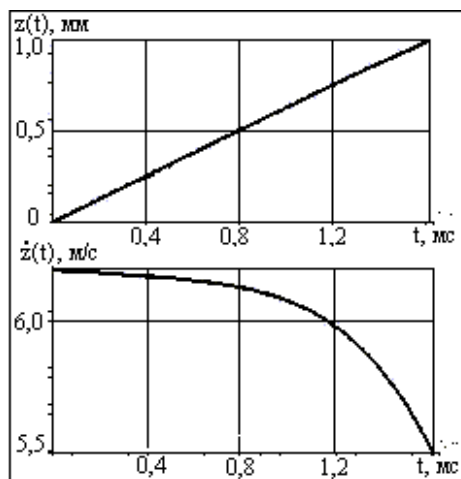


Рис. 2. Графики зависимости $z(t)$ и $\dot{z}(t)$ при толщине демпфера 1 мм

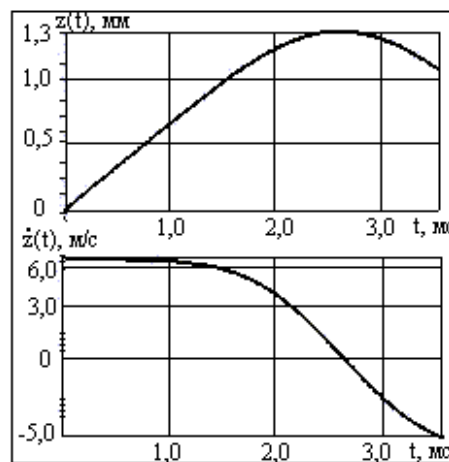


Рис. 3. Графики зависимости $z(t)$ и $\dot{z}(t)$ при толщине демпфера 1.6 мм

ЛИТЕРАТУРА:

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т. III. – М.: ФИЗМАТЛИТ; Изд-во МФТИ, 2002. – 656 с.
2. Глаголев Б.С., Махова Е.А., Ободовский Н.В., Скубов Д.Ю., Штукин Л.В. Проблемы машиностроения и надёжности машин, №1, 2005, М.: РАН.