

УДК 628.517

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ КАТУШЕК ЭЛЕКТРОМАГНИТОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА ВИБРОИЗОЛИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Гурова Е.Г., Петушкова А.Д., Мельникова У.В., Стрельникова Д.М.
ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет»,
Новосибирск, e-mail: a282006@yandex.ru

В статье установлено, что влияние вибрации негативно сказывается на показателях как качества электрических машин, сооружений и аппаратов, так и на их системе автоматического управления в целом. В настоящее время наибольшее распространение получила виброизоляция, выполняемая в виде резинометаллических амортизаторов. Но установлено, что при снижении коэффициента жёсткости с целью уменьшения передаваемых динамических усилий увеличиваются относительные перемещения двигателей внутреннего сгорания и сочленяемого с двигателем оборудования. При этом установлено, что у виброизоляторов с «плавающим» участком нулевой жёсткости отсутствует данный недостаток, а применение виброизолирующих устройств типа электромагнитного компенсатора жёсткости является наиболее перспективным методом снижения уровней вибрации при различного рода характере нагрузки. В работе рассмотрена методика расчета электромагнитов постоянного тока, подходящих под конструкцию компенсатора жёсткости.

Ключевые слова: вибрация, виброизоляция, коэффициент жёсткости, компенсатор жёсткости, электромагнит постоянного тока

DETERMINATION OF THE OPTIMAL PARAMETERS OF THE COILS OF THE DC ELECTROMAGNETS OF THE VIBROISOLATING DEVICES

Gurova E.G., Petushkova A.D., Melnikova U.V., Strelnikova D.M.
Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, e-mail: a282006@yandex.ru

The article found that the influence of vibration adversely affects the quality indicators as electrical machinery, structures and devices, and their automatic control system as a whole. Currently, the most widespread vibration isolation performed as rubber shock absorbers. But found that by reducing the stiffness in order to reduce transmission of dynamic forces, increase the relative displacement of the internal combustion engine and the motor-connector to the equipment. It was found that the vibration isolators with a «floating» portion zero stiffness absent this shortcoming, and the use of anti-vibration devices, such as electromagnetic compensator stiffness is the most promising way to reduce vibration levels under various types of load character. The paper discusses the methodology calculation DC electromagnets suitable for compensator design rigidity.

Keywords: vibration, vibration isolation, rigidity, rigidity compensator, direct current electromagnet

Использование мощных энергетических установок не только на производстве, но и на всех видах транспорта неизбежно приводит к возникновению вибрации. Вибрация отрицательно влияет на надёжность, долговечность самих машин, на сооружения, аппараты, в которых они установлены, а также на системы автоматического управления. Нередко, что вибрация является одной из причин аварий. Наиболее остро проблема виброзащиты стоит в автомобилестроении, судостроении, где в качестве энергетических установок используются двигатели внутреннего сгорания (ДВС). Низкочастотные колебания, создаваемые ДВС, наиболее вредны для человека, вызывая различные заболевания. Поэтому на сегодняшний день борьба с механическими колебаниями (вибрацией) является одной из важнейших задач.

Результаты исследования и их обсуждение

Существует множество способов уменьшения вибрации – это динамическое уравновешивание двигателей, применение ди-

намических гасителей колебаний, активные виброзащитные системы с дополнительным источником вибрации и т.д. Наибольшее распространение получила виброизоляция, выполняемая в виде резинометаллических амортизаторов. Однако, отличаясь простотой и надёжностью, такие виброизоляторы малоэффективны, так как снижение их коэффициента жёсткости с целью уменьшения передаваемых динамических усилий приводит к увеличению относительных перемещений ДВС и сочленяемого с двигателем оборудования. Этому недостатку лишены виброизоляторы с «плавающим» участком нулевой жёсткости. Применение виброизолирующих устройств с плавающим участком нулевой жёсткости [1] является наиболее перспективным методом снижения уровней вибрации, принцип действия которых изображен на рис. 1.

В таких виброизоляторах параллельно упругим элементам включены перестраивающиеся компенсаторы жёсткости, имеющие падающую силовую характеристику (отрицательный коэффициент жёсткости) (рис. 2).

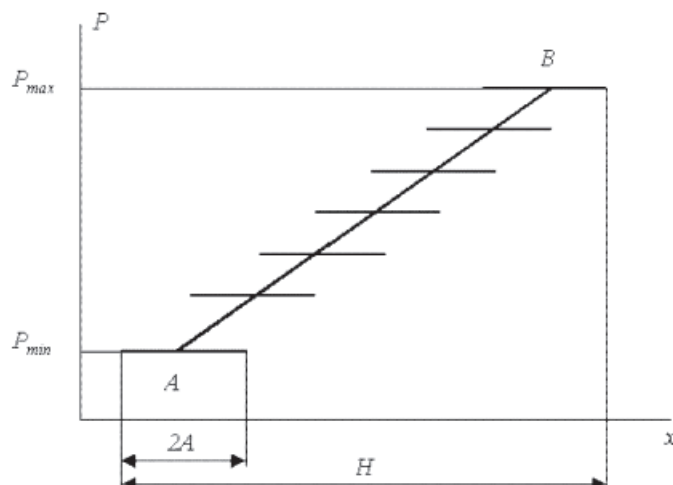


Рис. 1. Силовая характеристика перестраиваемого виброизолирующего механизма

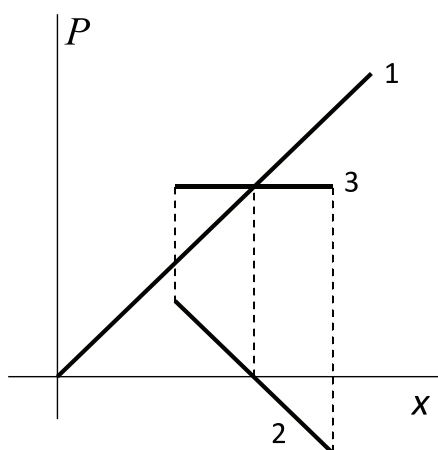


Рис. 2. Характеристика виброизолятора с компенсатором жесткости: 1 – упругого элемента; 2 – компенсатора жесткости; 3 – виброизолятора

На сегодняшний день разработано большое количество конструкций компенсаторов, однако они не отвечают современным требованиям виброизоляции. Из известных наиболее эффективным следует считать электромагнитный компенсатор жёсткости (ЭКЖ) [2, 3], так как он наиболее полно отвечает требованиям идеальной виброизоляции как при постоянных по величине, так и при произвольно меняющихся нагрузках. Конструктивно ЭКЖ – два встречно включенных электромагнита, обеспечивающих устройству падающую силовую характеристику, что позволяет корректировать жёсткость виброизолятора в целом. На основе [2, 3, 4] можно изготовить виброизолятор с электромагнитным компенсатором жесткости с учетом описанной специфики. Для этого сделаем вывод методики для расчета катушек электромагнитов постоянного

тока, подходящих под конструкцию компенсатора жесткости. На рис. 3 изображена катушка электромагнита постоянного тока с заданными параметрами катушки: $R_{вн}$ – внутренний радиус катушки, см; $R_{витка}$ – радиус витка, см; $R_{внеш}$ – внешний радиус катушки, см.

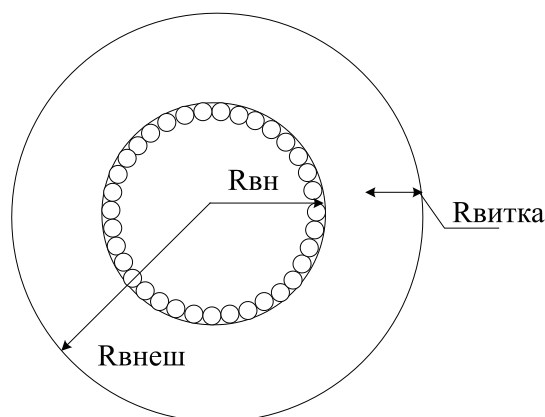


Рис. 3. Модель катушки электромагнита постоянного тока

Для расчета катушки электромагнита постоянного тока зададимся исходными параметрами [4, 5]: $d_{пров}$ – диаметр витка, см; $N_{витков}$ – количество витков; $\sum l_{витков}$ – суммарная длина витков, см.

Для расчета одной катушки электромагнита постоянного тока представим зависимость

$$N_{витков} \cdot d_{пров} = 2\pi \cdot R_{вн} \quad (1)$$

Из формулы (1) получим

$$R_{вн} = \frac{N_{витков} \cdot d_{пров}}{2\pi} + \frac{d_{пров}}{2} \quad (2)$$

Длина одного витка рассчитывается по формуле

$$l_{\text{витка}} = \frac{\sum l_{\text{витков}}}{N_{\text{витков}}} = 2\pi R_{\text{витка}}. \quad (3)$$

Радиус витка определяется из выражения

$$R_{\text{витка}} = \frac{\sum l_{\text{витков}}}{N_{\text{витков}} \cdot 2\pi} \quad (4)$$

Для расчёта площади, занимаемой катушкой, определим радиус и длину средней линии:

$$R_{\text{ср.линии}} = R_{\text{витка}} + R_{\text{вн}}; \quad (5)$$

$$R_{\text{вн}} = \frac{2100 \cdot 0,0425}{2\pi} + \frac{0,0425}{2} = 14,1 + 0,02125 = 14,121 \text{ см};$$

$$l_{\text{витка}} = \frac{12500}{2100} = 5,95 \text{ см};$$

$$R_{\text{витка}} = \frac{12500}{2100 \cdot 2\pi} = 0,948 \text{ см};$$

$$R_{\text{ср.линии}} = 0,948 + 14,121 = 15,069 \text{ см};$$

$$l_{\text{ср.линии}} = 2100 \cdot 0,0425 + \frac{12500}{2100} = 95,3 \text{ см};$$

$$S = 2,82 \text{ см}^2.$$

$$l_{\text{ср.линии}} = 2\pi \cdot R_{\text{ср.линии}}. \quad (6)$$

Общая площадь определяется по формуле

$$S = \pi \cdot R^2. \quad (7)$$

Пусть заданы параметры

$$d_{\text{пров}} = 0,0425 \text{ см};$$

$$N_{\text{витков}} = 2100;$$

$$\sum l_{\text{витков}} = 12500 \text{ см}.$$

Основываясь на формулах (1)–(7), проведем расчет катушки электромагнита постоянного тока:

Заключение

Представленные методика и расчет катушек электромагнитов будут использованы при проектировании макета виброизолятора с электромагнитным компенсатором жесткости, применение которого позволит максимально снизить уровни вибрационных колебаний на транспортных средствах и производствах.

Список литературы

1. Зуев А. К. Основные положения теории виброизоляции произвольных пространственных колебаний // Снижение вибрации на судах: сб. науч. тр. / Новосиб. ин-т инженеров вод. трансп. – Новосибирск, 1991. – С. 4–17.
2. Гурова Е.Г. Виброизолирующая подвеска судовой энергетической установки с нелинейным электромагнитным компенсатором жесткости: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Новосибирск, 2008. – 22 с.
3. Гурова Е.Г. Виброизолирующие подвески транспортных энергетических установок с нелинейными электромагнитными компенсаторами жесткости. – 2012. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2012. – 156 с.
4. Сливинская, А.Г. Электромагниты и постоянные магниты: учеб. пособие; отв. ред. М.Г. Бородина. – М.: Энергия, 1972. – 248 с.
5. Гурова Е.Г. К применению супермагнитов в устройствах виброзащиты подвижного состава // Известия Транссиба. – Омск, 2013. – 5 с.

References

1. Zuev A.K. Basics of the theory of vibration isolation arbitrary spatial oscillations // Reduced vibration on ships: Sat scientific. tr. / Novosibirsk Institute of water transport engineers. Novosibirsk, 1991. pp. 4–17.
2. Gurova E.G. Antivibration suspension ship power plant with nonlinear electromagnetic compensator stiffness: abstract dis. Candidate. tehn. Science. Novosibirsk, 2008. 22 p.
3. Gurova, E.G. Resilient suspension transport power plants with nonlinear stiffness electromagnetic compensators 2012. NSTU Publisher: Novosibirsk, 2012. 156 p.
4. Slivinskaya A.G. Electromagnets and permanent magnets: Textbook. Manual; executive editor M.G. Borodina. M.: Energy, 1972. 248 p.
5. Gurova E.G. To use Supermagnets in vibration protection devices of rolling stock // Proceedings of the Trans-Siberian. Omsk, 2013. 5 p.

Рецензенты:

Алиферов А.И., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой автоматизированных электротехнологических установок (АЭТУ), НГТУ, г. Новосибирск;

Щуров Н.И., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой электротехнических комплексов (ЭТК), НГТУ, г. Новосибирск.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.