

УДК 629.027, 629.3.014, 621.313

А. Н. СЕРГИЕНКО, аспирант НТУ «ХПИ»

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРО-АМОРТИЗАТОРА НЕПОДРЕССОРЕННЫХ МАСС ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Разработана методика оценки силовых показателей электро-амортизатора неподрессоренных масс транспортного средства в современном пакете математических программ.

Ключевые слова: автомобиль, подвеска, электро-амортизатор преобразователь, неподрессоренные массы, электромеханическая характеристика

Введение. В настоящее время широкое распространение в конструкциях транспортных средств получают электромагнитные преобразователи (ЭМП) не только ротативного типа, но и линейного. Указанные ЭМП используются в силовых узлах автомобилей и многих других транспортных средств. Это объясняется конструктивными преимуществами этих устройств, возможностью управления их характеристиками и обратимостью машин, а также современными достижениями в этой области. На начальном этапе создания любой конструкции необходимо теоретически определить возможные показатели устройства при заданных геометрических размерах. Решение задачи определения параметров электромеханического амортизатора является актуальной задачей.

Анализ последних достижений и публикаций. Для математического описания процессов в электромеханических преобразователях различных типов сегодня используются различные подходы. Первый из них – использование уравнений обобщенного электромеханического преобразователя (ЭМП) энергии [1]. В этом случае принимаются допущения о линейности магнитной системы, равномерности (гладкости) воздушного зазора. Эти допущения позволяют создавать модели систем с относительно слабыми нелинейностями. Учет локальных насыщений, таких как насыщения элементов магнитопровода, сложной геометрии магнитной системы, торцевых зон магнитного поля, которые свойственны современным ЭМП, при таком подходе невозможен. Поэтому результаты моделирования, полученные на этом принципе, имеют значительные погрешности. При этом главным достоинством их является возможность реализовать программно-ориентированные модели, позволяющие проводить расчеты динамических процессов достаточно оперативно, а при использовании современной техники в реальном масштабе времени. Это позволяет внедрять их в алгоритмы управления микропроцессорными системами автоматизированных устройств различных типов и приводов, в частности в подвесках автомобилей.

Другим подходом является составление «цепно-полевой» модели ЭМП [2, 3]. В этом случае параметры ЭМП определяются по результатам расчета магнитного поля. Обычно для этого используются численные методы, к примеру, метод конечных элементов. Полученные параметры магнитного поля (потокосцепления, собственные и взаимные индуктивности) идентифицируют математическую модель. Эти модели с большей точностью описывают процессы в ЭМП, однако машинное время для расчетов значительно увеличивается, так как используется большое количество нелинейных алгебраических уравнений, которые в свою очередь идентифицируют параметры дифференциальных уравнений.

© А. Н. Сергиенко, 2012

В работах [4, 5] проведено исследование изменение затрат энергии и мощности в автомобильной подвеске с различными ее характеристиками.

Цель работы оценка силовых показателей электро-амортизатора при внедрении в габариты элементов подвески легкового автомобиля.

Оценка изменения силовых показателей электро-амортизатора неподрессоренных масс автомобиля. В работе проработан вариант компоновки ЭМП-амортизатора в переднюю подвеску легкового автомобиля ВАЗ (рис. 1) при максимальном использовании пространства и сохранении серийного упругого элемента подвески – пружины. Амортизатор в этом случае размещается внутри пружины подвески автомобиля.

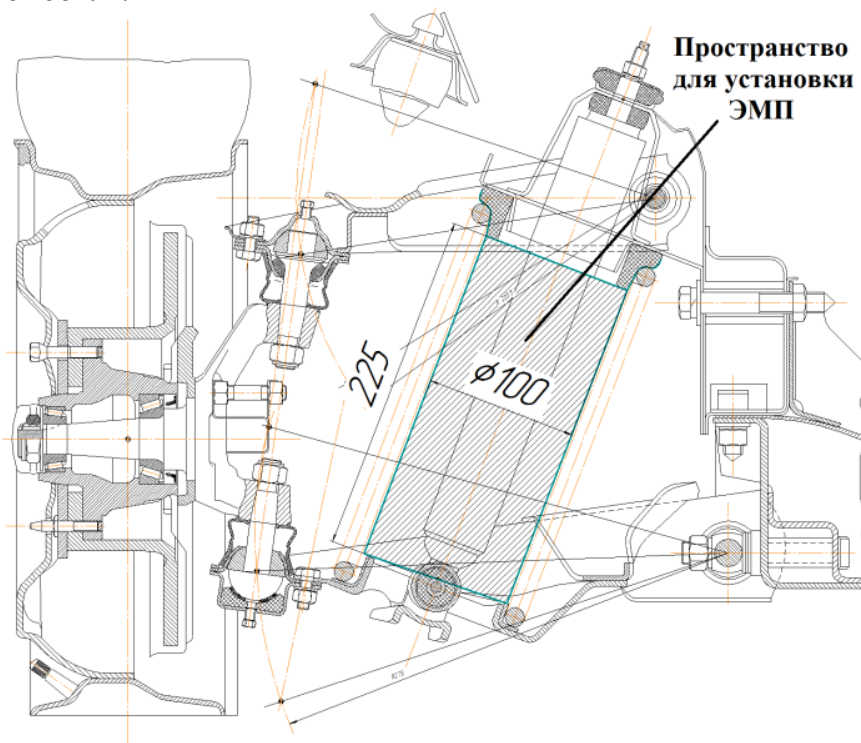


Рисунок 1 – ЭМП-амортизатор на автомобиле ВАЗ внутри пружины

По предварительным расчетам параметров ЭМП-амортизатора в заданных габаритах (диаметр $\phi 101,5$ мм, высота $h=224$ мм) геометрические ограничения существенно уменьшают силу взаимодействия элементов ЭМП и целесообразно размеры максимально увеличить.

Анализ конструкции подвески автомобиля ВАЗ показал, что рационально рассмотреть вариант применения торсионной подвески и тогда размеры ЭМП возрастут (до диаметра $\phi 155$ мм, высоты $h=290$ мм) (рис. 2). В этом случае для рассматриваемой подвески автомобиля пространство для размещения ЭМП-амортизатора возможно увеличить в 1,9 раза.

Для определения характеристик при принятых габаритах, а также конструктивной проработки ЭМП-амортизатора, используя компоновочный эскиз подвески, разработана конструкция ЭМП-амортизатора. Для наглядности на базе сборочного чертежа разработана 3D-модель элементов подвески с ЭМП, которая представлена на рис. 3.

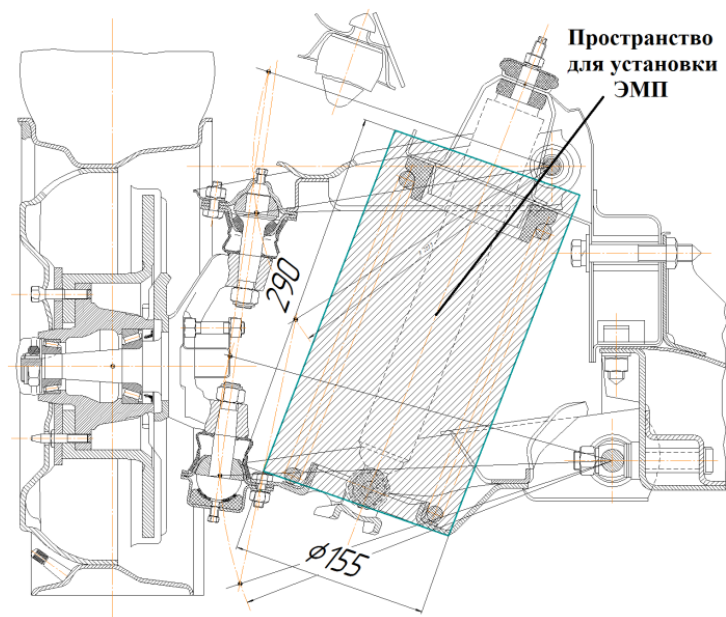


Рисунок 2 – Компоновка ЭМП-амортизатора на автомобиле ВАЗ при торсионной подвеске

Затем с использованием программного комплекса femm [6] можно провести цифровой эксперимент и получить значения потокосцеплений, величину магнитного поля и в конечном итоге определить значения силы взаимодействия ротора и статора ЭМП. Максимальные значения этой силы должны быть равны по величине силе демпфирования гидравлического амортизатора, широко используемого на автомобилях.

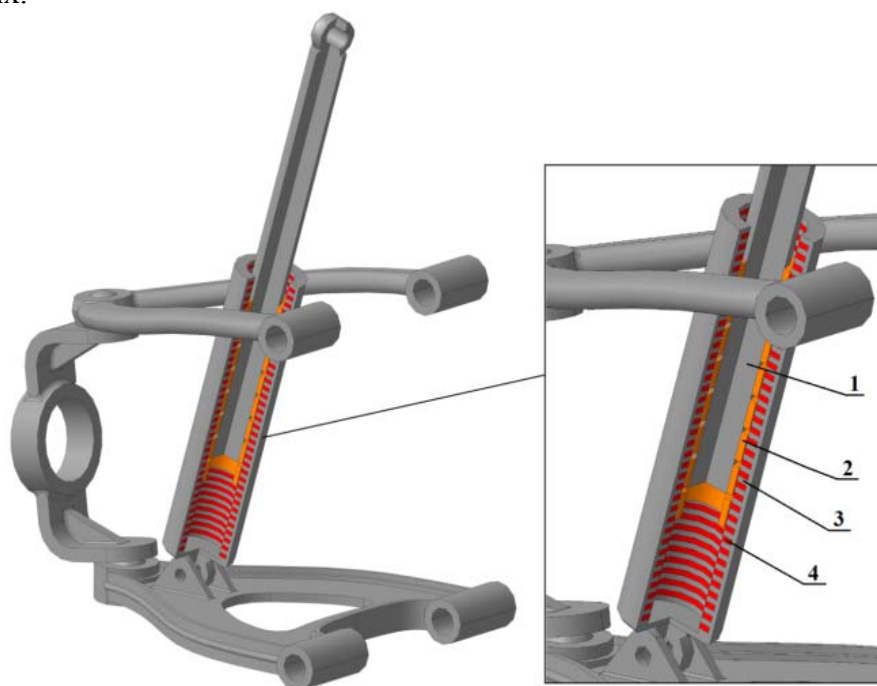


Рисунок 3 – 3D-модель элементов подвески автомобиля с ЭМП-амортизатором: 1 – ротор; 2 – постоянные магниты; 3 – корпус; 4 – катушки обмоток фаз

Сила взаимодействия элементов в ЭМП определяется потокоцеплением. Для теоретического определения значения потокоцеплений предлагается проводить расчет магнитного поля ЭМП в двумерной постановке с использованием метода конечных элементов для плоскопараллельной задачи. По результатам анализа магнитного поля можно определить значения потокоцеплений фаз трехфазного ЭМП-амортизатора (рис. 4) и значение электромагнитной силы.

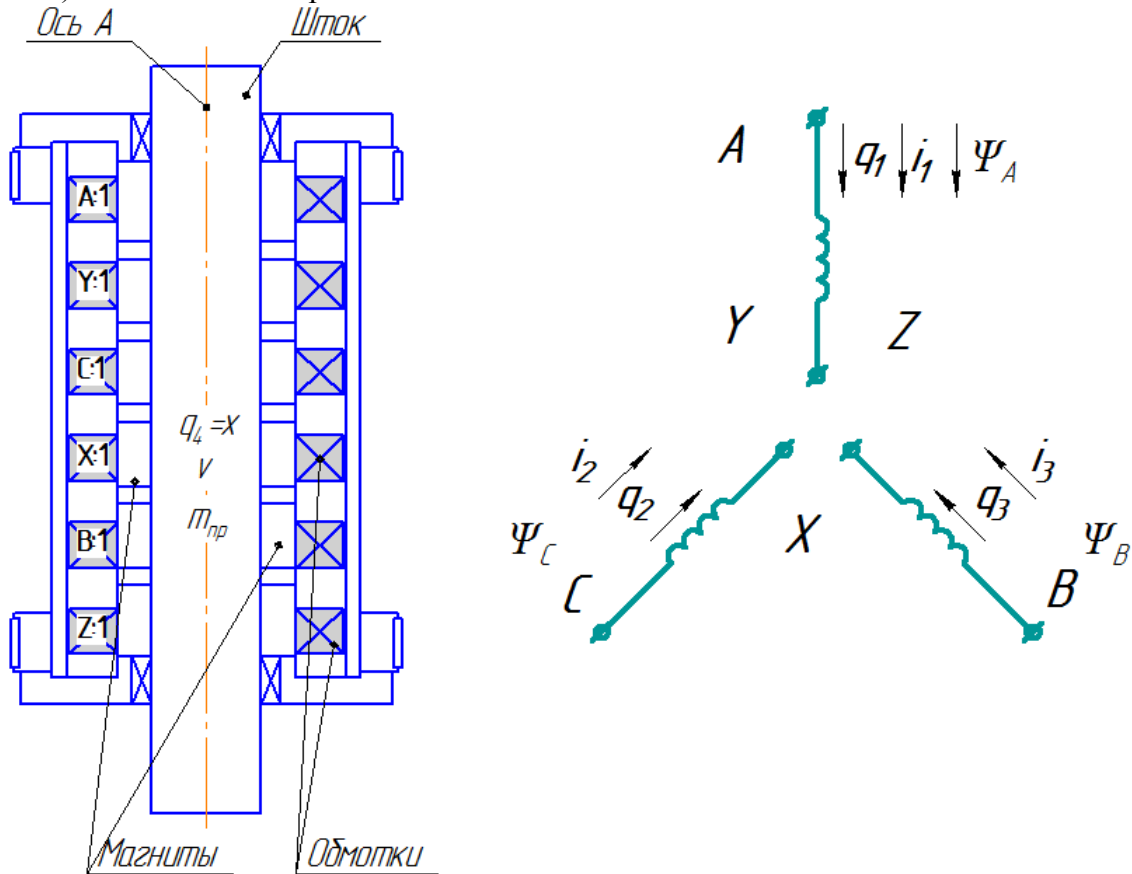


Рисунок 4 – Схема монтажа и включения элементов линейного ЭМП-амортизатора

Поиск зависимостей $\int_0^{i_1} \Psi_A(i_1, i_2, i_3, x), \int_0^{i_2} \Psi_B(i_1, i_2, i_3, x), \int_0^{i_3} \Psi_C(i_1, i_2, i_3, x), F_e$ предлагается проводить с использованием комплекса цифровых экспериментов, представляющих собой расчет магнитного поля численными методами с последующей аппроксимацией результатов. На рис. 5 представлена расчетная область магнитного поля.

Приняты следующие допущения:

- магнитное поле в области линейного ЭМП принимается аксиально-симметричным относительно оси А;
- магнитное поле ограничено шарообразной областью которая при расчете магнитного поля представлена полуокружностью В (рис. 5).

Конечно-элементная сетка расчетной области модели представлена на рис. 6. Материал корпуса и якоря линейного ЭМП – электротехническая сталь 20-12, обмотки – электротехническая медь; вихревые токи и гистерезис в магнитопроводе не учитываются.

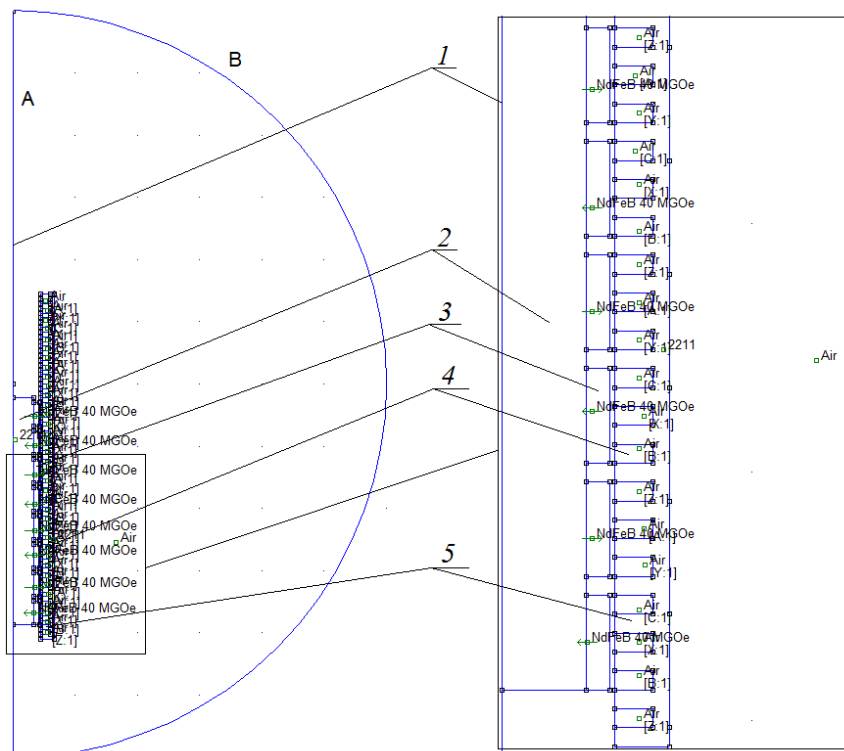


Рисунок 5 – Расчетная область Fемm-модели ЭМП-амортизатора при расчете магнитного поля: 1 – ось симметрии; 2 – ротор; 3 – постоянные магниты NdFeB 40 MGOe; 4 – обмотки (A, B, C) ; 5 – статор; Air – воздух.

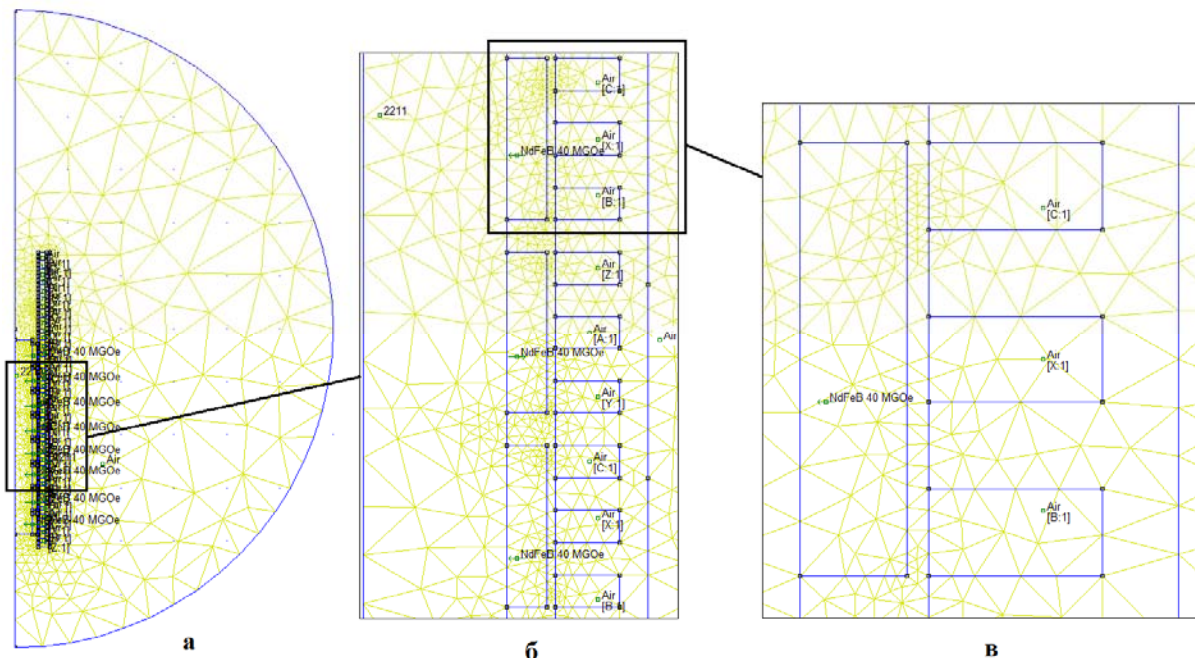


Рисунок 6 – Конечно-элементная сетка расчетной области Fемm-модели ЭМП-амортизатора:
 а – полная расчетная область; б – распределение сетки по зубцам;
 в – распределение в зубцовой зоне

Для получения характеристик ЭМП-амортизатора, на языке lua была написана программа – скрипт, автоматически варьирующая перемещение ротора – координата x и МДС обмотки:

$$MДС = i w,$$

где w - число витков обмотки линейного ЭМП.

Для проводимого цифрового эксперимента число витков составляет 1000. Перемещение ротора x варьируется от 0 до 91,2 мм с шагом 1,52 мм, а величина тока в пределах от –560 А до 560А. Пределы варьирования выбираются исходя из предельных значений этих величин в исследуемой системе.

На каждом шаге решения задачи производился автоматический расчет электромагнитного поля линейного ЭМП (рис. 7), определялась величина силы ЭМП (см. рис. 8) и потокосцепления для текущих значений тока и зазора. Величина силы определялась путем интегрирования по контуру ротора ЭМП, а значение потокосцепления – по поперечному сечению его обмоток.

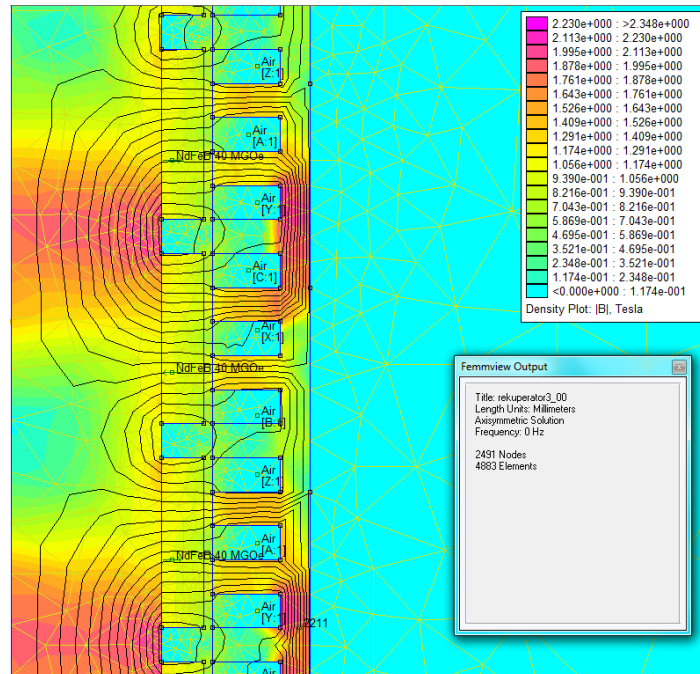


Рисунок 7 – Фрагмент расчетного магнитного поля ЭМП-амортизатора в зубцовой зоне

Выполненные расчеты позволили получить цифровую модель магнитного поля линейного ЭМП-амортизатора.

Выводы

1. ЭМП-амортизатор с постоянными магнитами может быть использован в конструкции подвесок автомобилей.
2. Внедрение в конструкцию легкового автомобиля электро-амортизатора в пределах габаритных размеров подвески позволяет получить силу в диапазоне от 2000 до 3000 Н, т.е. обеспечить диапазон усилий создаваемый гидравлическим амортизаторам.
3. Разработанная методика определения показателей ЭМП-амортизатора позволяет при заданных конструктивных параметрах оценить изменение силы для различных транспортных средств.

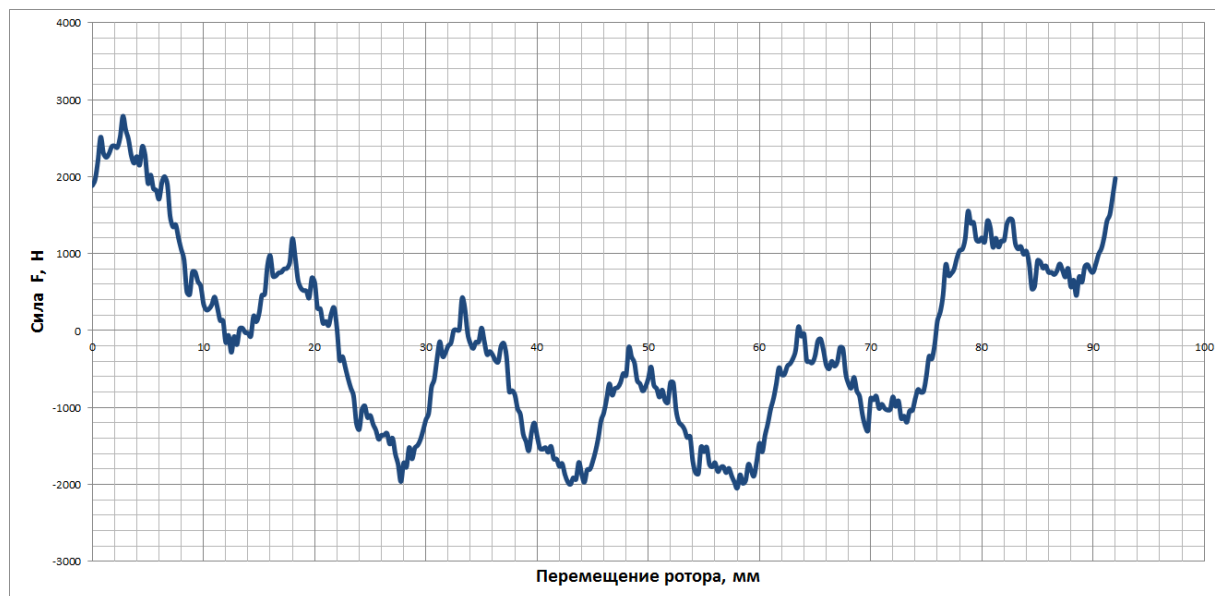


Рисунок 8 – Изменения величины силы в обмотках ЭМП-амортизатора в зависимости от перемещения ротора

4. Предложенная методика оценки силовых показателей ЭМП-амортизатора с использованием конечно-элементной модели позволяет на стадии проектирования определить характеристики устройства при варьировании конструктивных параметров.

Список литературы: 1. Уайт Д. Электромеханическое преобразование энергии / Д.Уайт, Г. Вудсон – М.: Издательство «Энергия», 1964. – 528 с. 2. Рымиша В.В. Усовершенствованная цепно-полевая модель вентильно-реактивного двигателя / В.В. Рымиша, И.Н. Радимов, М.В. Гульий, П.А. Кравченко // Электротехніка і електромеханіка.– 2010.– №5. – С.24–26. 3. Колпахчан П.Г. Адаптивное управление асинхронным тяговым приводом магистральных электровозов. – Ростов н/Д.: «Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион», 2006. – 131с. 4. V. Liesionis, D. Markšaitis, V. Daniulaitis. Analysis of energy dissipation of shock-absorber during random excitation. *Mechanika*. 2007. Nr.3(65). – P.42-45. 5. Liesionis, V., Daniulaitis, V., Samper, S. Energy and power dissipation in the car's shock-absorber.-Proc. of 9-th int. conf. "Transport means".-Kaunas: Tech-nologija, 2005, p.186-190. 6. Режим доступа: <http://femm.berlios.de>.

Поступила в редколлегию 30.10.2012

УДК 629.027, 629.3.014, 621.313

Оценка показателей электро-амортизатора неподрессоренных масс транспортного средства / А.Н. Сергиенко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування, 2012. – № 60 (966). – С. 120–126. – Бібліогр.: 6 назв.

Розроблена методика оцінки силових показників електро-амортизатора непідресорених мас транспортного засобу у сучасному пакеті математичних програм.

Ключеві слова: автомобіль, підвіска, електро-амортизатор перетворювач, непідресорені маси, електромеханічна характеристика.

The method for evaluation of power performance electro-shock unsprung mass of the vehicle in the modern mathematical software package.

Keywords: car, suspension, electro-shock transducer, the unsprung mass, the electromechanical response.