

АЛГОРИТМ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ НА ПРИМЕРЕ КАРКАСА ТЯГОВОЙ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА КАТЕГОРИИ L

И.П. Дегтярев, Р.Х. Курмаев

ФГУП «НАМИ» Государственный научный центр Российской Федерации 125438,
г. Москва ул. Автомоторная, д. 2

Ivan.degtyarev@nami.ru; Rinat.kurmaev@nami.ru

Ключевые слова: электрическое транспортное средство, тяговая аккумуляторная батарея, топологическая оптимизация, напряжение, сила, масса, эффективность.

Мир высоких технологий и техники по законам природы не может находиться на одном месте, поэтому помимо традиционного автомобильного транспорта появились электромобили, электромотоциклы и другие транспортные средства с электрическим источником питания. Ввиду создания электрических транспортных средств категории L, появляется необходимость в разработке и производстве тяговых аккумуляторных батарей (ТАБ). Тяговые аккумуляторные батареи по своей конструкции должны обеспечивать ряд требований, выдвигаемых к электрическим транспортным средствам категории L. Тяговая аккумуляторная батарея в составе электрического транспортного средства должна обеспечивать максимальный запас хода (высокая энергоемкость) и иметь достаточную прочность для обеспечения безопасности транспортного средства категории L. Для выполнения данных требований, одним из которых является снижение массы каркаса тяговой аккумуляторной батареи. Одним из методов по оптимизации массы электрического транспортного средства, в том числе каркаса тяговой аккумуляторной батареи является топологическая оптимизация конструкции.

Снижение массы тяговой аккумуляторной батареи позволит достичь увеличение запаса хода электрического транспортного средства категории L, что в свою очередь положительно отразится на энергоэффективности электромотоцикла.

Целью топологической оптимизации является определение оптимального распределения материала в области проектирования при заданных нагрузках с удовлетворением критериев оптимизации, иначе говоря определение лучшего использования материала для исследуемого объекта или конструкции, так, чтобы целевая функция параметра имела максимальное или минимальное значение при наличии существующих ограничений.

В настоящее время известны следующие основные методы топологической оптимизации: SIMP (твердый изотропный материал с пенализацией), ESO (эволюционная структурная оптимизация) и Level-Set (метод установления уровня) и их различные комбинации. Данные методы имеют особенности, но в то же время тесно связаны между собой. [1]

Данные методы оптимизации имеют схожие трудности: проблему «шахматной доски», т.е. образования в теле конструкции не связанных объемов материалов, зависимость от сеточного разбиения и проблему локального минимума. Для решения данной проблемы в статье представлен алгоритм топологической оптимизация на примере детали каркаса ТАБ электромотоцикла Aurus Merlon.

Предлагаемый алгоритм топологической оптимизации подразумевает выполнение следующих действий:

1. Создается условная геометрия детали с необходимым ограниченным объемом и его материалом.
2. Проводится первая итерация прочностных расчетов с учетом всех внешних нагрузок, действующих на данную деталь.
3. По результатам первой итерации прочностных расчетов проводится первая итерация топологической оптимизации. На данном этапе задается целевое снижение массы в

процентном соотношении и указываются параметры необходимые для учета геометрических параметров детали.

4. На основании топологической оптимизации (в первом приближении) создается оптимизированная 3D модель конструкции, учитывающая топологическую картину.

5. Проводится 2 итерация прочностных расчетов с учетом обновленной САД модели конструкции и принимается решение об использовании/доработки детали.

6. Проводится 2-я топологическая оптимизация измененной конструкции с учетом неизменной массы в конструкции (целевая масса указывается в первой итерации).

7. По результатам 2-й итерации исследуется неразрывность материала в топологическом дереве. Исходя из этого принимается решение по доработки геометрии конструкции и повтора пунктов 5 и 6 либо завершается теоретическая проверка геометрии детали на прочность, жесткость и далее переходим к практической экспериментальной проверке.

В результате применения данного алгоритма удалось снизить массу детали каркаса тяговой аккумуляторной батареи электромотоцикла на 25-50%.

Список литературы

1. Башин К.А., Торсунов Р.А., Семенов С.В. Методы топологической оптимизации конструкций, применяющиеся в аэрокосмической отрасли. Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Аэрокосмическая техника. 2017, С. 51-58.

Сведения об авторах

Дегтярев Иван Петрович, Ведущий инженер конструктор. Информационные и интеллектуальные системы.

Курмаев Ринат Ханяфиевич, к.т.н., доцент, директор научно-образовательного центра.

THE ALGORITHM OF TOPOLOGICAL OPTIMIZATION ON THE EXAMPLE OF THE FRAME OF A TRACTION BATTERY OF AN ELECTRIC VEHICLE OF CATEGORY L

I P Degtyarev, R Kh Kurmaev

Federal State Unitary Enterprise "Central Scientific Research Automobile and Automotive Engines Institute" (FSUE "NAMI"), Moscow 125438, Russian Federation

E-mail: ivan.degtyarev@nami.ru; rinat.kurmaev@nami.ru

Keywords: electric vehicle, traction battery, topological optimization, voltage, force, mass, efficiency.

Abstract. The world of high technology and technology, according to the laws of nature, cannot be in one place, therefore, in addition to traditional motor transport, electric cars, electric motorcycles and other vehicles with an electric power source have appeared. In view of the creation of electric vehicles of category L, there is a need for the development and production of traction batteries (TB). Traction batteries by their design must meet a number of requirements for electric vehicles of category L. The traction battery as part of an electric vehicle must provide a maximum power reserve (high energy consumption) and have sufficient strength to ensure the safety of a category L vehicle. To meet these requirements, one of which is to reduce the weight of the traction battery frame by using light alloy materials. One of the methods of modeling the power elements of the frame with the same geometric scheme, but using different materials (non-ferrous alloys), is also used. There is a theoretical simulation of external loads on these power elements and a comparison of parts with different materials. Reducing the mass of the traction battery is one of the ways to increase the efficiency of electric vehicles of category L. In addition to increasing the power reserve, reducing the mass and inertia indicators of the power part of the TB leads to improved maneuverability and controllability of an electric vehicle. As is known, the location of the traction battery on an electric vehicle of category L affects its center of gravity and layout, which in turn can affect controllability and aerodynamic, as well as traction and speed properties.