

УДК 629.113

В. К. Мазец, старший преподаватель;
Н. М. Филькин, доктор технических наук, профессор;
Т. Ю. Голуб, доцент

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

ПОДХОД К СТРУКТУРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИИ ГИБРИДНОГО АВТОМОБИЛЯ

Проблемы повышения топливной экономичности и уменьшения негативного влияния автомобильного транспорта на окружающую среду наряду с усовершенствованием применяемых двигателей требуют поиска принципиально новых конструктивных решений. Одним из перспективных направлений является создание и применение в конструкции автомобиля комбинированной энергосиловой установки. В статье рассматривается необходимость выбора и обоснование оптимизации структуры конструкции гибридного автомобиля.

Ключевые слова: гибридный автомобиль, комбинированная энергосиловая установка, конструктивная оптимизация

На начальной стадии одной из основных проблем создания гибридного автомобиля, оборудованного комбинированной энергосиловой установкой (КЭСУ), состоящей из теплового двигателя (ТД) и электродвигателя (ЭД), является выбор и обоснование его структуры [1, 2]. В данном случае под структурой будем понимать совокупность:

- типа привода (передне-, задне-, полноприводный) – множество D_1 ;
- типа ТД (бензиновый, дизель, газотурбинный и др.) – множество D_2 ;
- типа ЭД (постоянного тока, один из видов ЭД переменного тока) – множество D_3 ;
- схемы соединения ТД и ЭД в составе гибридной энергетической установки (последовательная, параллельная, смешанная) – множество D_4 ;
- типа трансмиссии (механическая ступенчатая, механическая автоматическая, вариаторная и др.) – множество D_5 ;
- типа накопителя электрической энергии (свинцово-кислотный, железо-никелевый, натриево-серный, литиево-ионный и др.) – множество D_6 ;
- технические средства конструкции комбинированной энергосиловой установки и алгоритма управления ЭД – множество D_7 .

Под структурной оптимизацией будем понимать процесс поиска, во-первых, наиболее простой (исключение структурно-избыточной конструкции), во-вторых, синтез конструкции гибридного автомобиля, создаваемого из некоторого множества конструктивных (узлы, агрегаты и т. п.) и функциональных (элементы, выполняющие заданные функции) элементов. Также структура будет зависеть от частных критериев Q , рассмотренных ниже. Пример поиска оптимальной структуры гибридной энергосиловой установки легкового автомобиля изображен на рисунке.

Необходимость структурной оптимизации конструкции гибридного автомобиля диктуется наличием сравнительно большой номенклатуры множества конструктивных и функциональных элементов, которые существенно отличаются друг от друга по техническим и функциональным возможностям. В качестве структурной модели гибридного автомобиля можно применить граф, вершиной которого является создаваемый гибридный автомобиль, нижними

уровнями графа являются элементы множеств $D_1, \dots, D_7$ (всего 7 уровней).

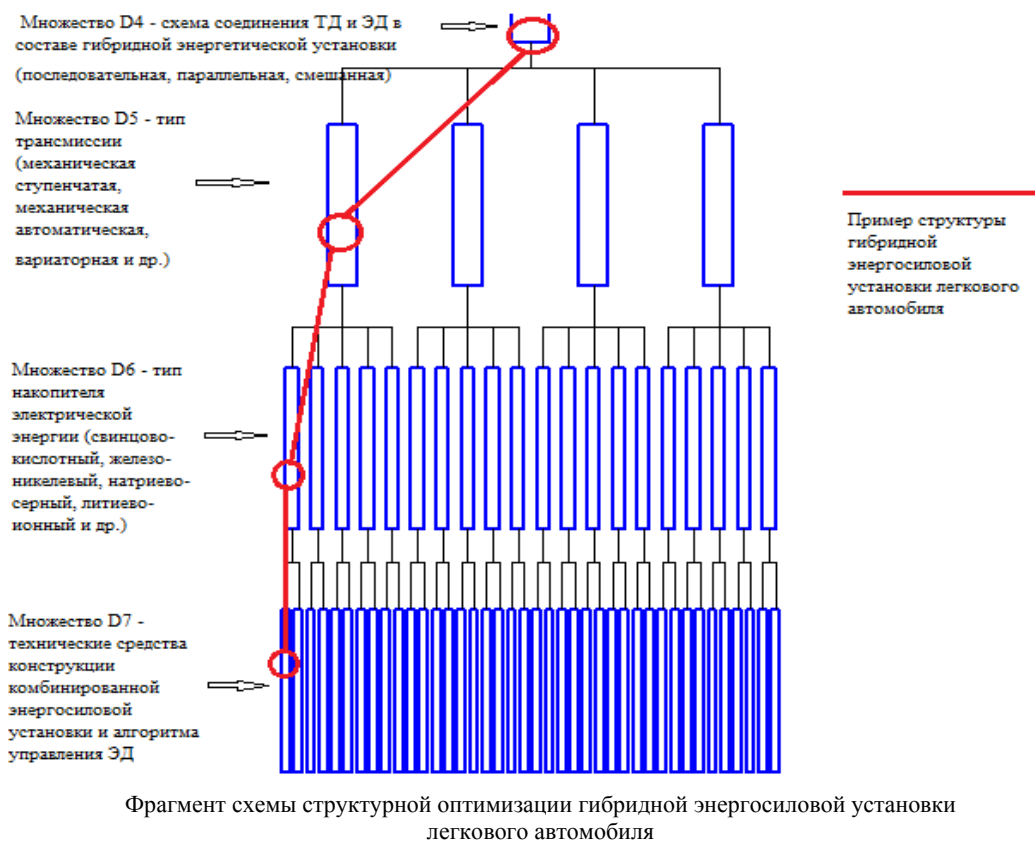
Задачей структурной оптимизации, заключающейся в последовательном переборе возможных конструктивных решений, является поиск ветви графа, которая обеспечивает экстремум некоторой целевой функции на основе анализа структурных свойств, т. е. свойств элементов множеств $D_1, \dots, D_7$. В процессе структурной оптимизации необходимо осуществлять целенаправленный поиск альтернативных структур, обеспечив анализ всего множества возможных конструктивных решений. Полученное решение будет оптимальным с точки зрения структуры гибридного автомобиля, а не конструктивных параметров и характеристик его агрегатов. При этом общее число возможных конструктивных решений $n = n_1 \times n_2 \times n_3 \times n_4 \times n_5 \times n_6 \times n_7$, где $n_1, \dots, n_7$ – количество элементов соответственно множеств $D_1, \dots, D_7$.

Структурная оптимизация, как и параметрическая оптимизация, должна базироваться на поиске экстремума некоторой целевой функции (критерия или множества частных критериев оптимальности). На настоящее время в качестве частных критериев структурной оптимизации предлагается применять:

- возможность производства гибридного автомобиля – критерий Q_1 ;
- цель создания гибридного автомобиля (повышение топливной экономичности, экологичности, тягово-скоростных свойств и др.) – критерий Q_2 ;
- коэффициент полезного действия (КПД) преобразования всех видов энергий в гибридном автомобиле – критерий Q_3 ;
- стоимость гибридного автомобиля – критерий Q_4 .

Критерии Q_1, Q_2 не являются числовыми и применяются на начальном этапе оптимизации для исключения невозможных и нежелательных реализаций конструкций гибридных автомобилей из числа возможных конструктивных решений n графа. В качестве ограничений при постановке задачи параметрической оптимизации конструкции автомобиля необходимо вводить ограничения:

- на типы элементов множеств $D_1, \dots, D_7$;
- на значения технических показателей элементов множеств $D_1, \dots, D_7$ в виде одинарных или двойных неравенств.



В процессе структурной оптимизации из множества возможных конструктивных решений n обосновывается множество альтернативных структур k конструкции гибридного автомобиля $S = (S_1, \dots, S_k)$, из числа которых выбирается в дальнейшем рациональная структура. Для поиска альтернативных структур предлагается применять модифицированный метод морфологического анализа. Задачу структурной оптимизации конструкции гибридного автомобиля в перспективе можно преобразовать в задачу многокритериальной параметрической оптимизации конструктивных параметров и характеристик элементов множеств D_2, D_3, D_5, D_6 и алгоритма управления работой ЭД на основе множества частных критериев оптимальности топливной экономичности и тягово-скоростных свойств разрабатываемого гибридного автомобиля [3, 4].

Библиографические ссылки

1. Разработка легкового автомобиля с комбинированной энергосиловой установкой / Б. А. Якимович, Н. М. Филькин,

Р. С. Музафаров и др. // Материалы VI Международной научно-практической конференции «Автомобиль и техносфера»: 15–17 июня, Казань / «Автомобиль и техносфера», междунар. науч.-практ. конф. (6 ; 2011 ; Казань). – Казань : Мир без границ, 2011. – С. 288–295.

2. Мазец В. К., Филькин Н. М., Музафаров Р. С. Анализ структурных схем конструкций комбинированных энергосиловых установок легковых автомобилей // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 6. – URL: <http://www.science-education.ru/100-5189> (дата обращения: 06.12.2011).

3. Филькин Н. М. Методика оптимизации базовых параметров гибридной энергосиловой установки // Современные проблемы информатизации в технике и технологиях : сб. тр. : (по итогам X междунар. открытой науч. конф.) / [редкол.: Кравец О. Я. (гл. ред.) и др.]. – Воронеж : Науч. кн., 2005. – С. 209–210.

4. Филькина А. Н. Методика расчета базовых параметров комбинированной энергосиловой установки легкового автомобиля // Проблемы и перспективы автомобилестроения в России : Материалы 53-й Междунар. науч.-техн. конф. Ассоц. автомобил. инженеров. – Ижевск : Парацельс, 2006. – С. 207–216.

* * *

V. K. Mazets, Senior teacher, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

N. M. Filkin, DSc in Engineering, Prof., Kalashnikov Izhevsk State Technical University

T. Yu. Golub, Assistant Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Approach to the structural optimization of hybrid car construction

Problems of improving the fuel efficiency and decreasing the negative influence of automotive transport to environment along with development of applied engines require searching the principally new constructional decisions. One of prospective directions is the development and application of combined energy-power plant in the structure of a car. Necessity of selection and explanation of structural optimization of hybrid car construction is examined in the article.

Keywords: hybrid car, combined energy-power plant, structural optimization

Получено: 08.11.13