

ской системы  $S$ , в основу расчета которого положены математические модели (2). Следовательно,

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}(M_i) = \mathbf{F}(M_i(G_1, \dots, G_n; Q_1^2, \dots, Q_1^n; \dots; Q_k^1, \dots, Q_k^n; \dots; Q_n^1, \dots, Q_n^{n-1})). \quad (3)$$

В соответствии с изложенным, определение оптимального технического решения  $S_{\text{opt}}$  для заданной совокупности элементов множества  $G$  и взаимосвязей между этими элементами из множества  $Q$  для технической системы (1) сводится к определению оптимума

$$S_{\text{opt}} = \min(\max) \left[ \mathbf{F}(M_i(G_1, \dots, G_n; Q_1^2, \dots, Q_1^n; \dots; Q_k^1, \dots, Q_k^n; \dots; Q_n^1, \dots, Q_n^{n-1})) \right] \\ (K_i, X_i)$$

Для решения задачи структурно-параметрической оптимизации в целом предлагается принцип дискретного изменения составляющих элементов  $g_1, \dots, g_n$  технической системы  $S$  из множества  $G$  и связей  $q_1^2, \dots, q_1^n; \dots; q_k^1, \dots, q_k^n; \dots; q_n^1, \dots, q_n^{n-1}$  из множества  $Q$ , т.е. принцип перебора различных структурных схем и определение оптимального параметрического решения для каждого возможного исполнения технической системы (1). Дальнейший анализ оптимальных решений для всех возможных конструктивных исполнений технической системы  $S$  позволяет окончательно принять научно-обоснованное техническое решение.

Синтез конструкции и структурно-параметрическая оптимизация сложных технических систем при создании изделий, соответствующих мировому техническому уровню, возможны только на основе современных компьютерных систем и технологий, базирующихся на методах математического моделирования и многокритериальной оптимизации. В настоящее время изложенный формализованный процесс структурно-параметрической оптимизации применяется при выполнении проекта "Разработка научных основ расчета, проектирования и конструирования гибридных энергосиловых установок (ГЭСУ) транспортных машин и создание экспериментального образца городского автомобиля особо малого класса (квадрицикла) с ГЭСУ", выполняемого в соответствии с разделом "Проведение фундаментальных исследований в области естественных, технических и гуманитарных наук" программы Министерства образования и науки Российской Федерации "Развитие научного потенциала высшей школы (2006-2008 годы)".

*Список литературы:*

1. Кондрашкин А.С., Умняшкин В.А., Филькин Н.М. Оптимизация параметров транспортных средств

векторного критерия  $\mathbf{F} = (F_1, \dots, F_r)$  по множествам конструктивных параметров  $K_i$  и характеристик  $X_i$  [1, 2]:

в условиях многокритериальности// Проблемы совершенствования автомобильной техники: Тезисы докладов Всесоюзного семинара. – М.: МВТУ, 1986. – С. 56-57.

2. Филькин Н.М. Методики оптимизации параметров конструкции энергосиловой установки транспортной машины. – Ижевск: ИжГТУ, 2001. – 79 с.

Работа представлена на заочную электронную конференцию с общероссийским участием «Фундаментальные исследования», 15-20 февраля 2006г. Поступила в редакцию 14.08.06г.

#### **Создание комбинированной энергосиловой установки для малолитражного легкового автомобиля**

Хамидуллин Р.П., Филькин Н.М., Фролов М.М.  
ОАО "Ижевский автомобильный завод"

Приоритетным направлением в мировом автомобилестроении является создание автомобилей с комбинированными энергосиловыми установками (КЭСУ), позволяющими существенно повысить топливную экономичность и уменьшить выбросы токсичных веществ с отработавшими газами. В КЭСУ входит два типа двигателей, как правило, тепловой (ТД) и электрический (ЭД). Исследования по данной тематике в Ижевском государственном техническом университете совместно с ОАО "Ижевский автомобильный завод" в 2005 г. проводились в соответствии с разделом "Опытно-конструкторские, технологические и экспериментальные разработки" подпрограммы "Прикладные исследования и разработки по приоритетным направлениям науки и техники" программы министерства образования и науки РФ "Развитие научного потенциала высшей школы".

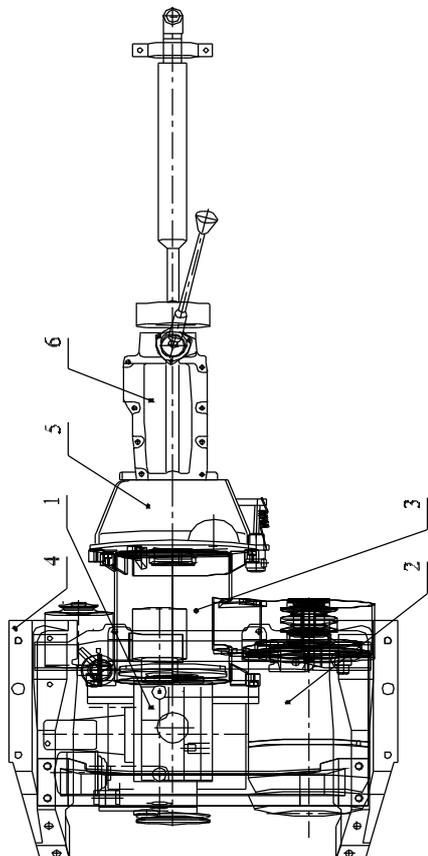


Рис. 1. Конструкция КЭСУ ( 1 - ДВС ВАЗ-1111, 2 - электродвигатель (генератор), 3 - редуктор, 4 - рама энергетической установки, 5 - сцепление, 6 - коробка передач)

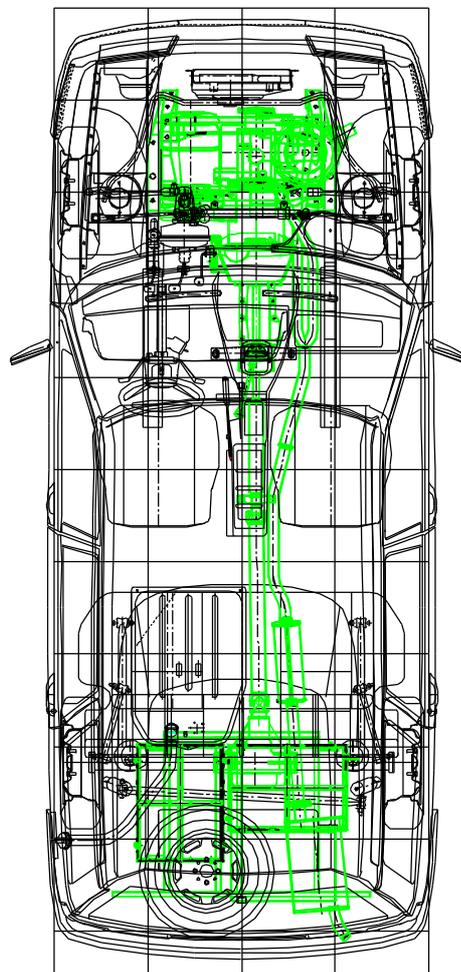


Рис. 2. Конструкция автомобиля ИЖ-2126 с КЭСУ (вид в плане)

В результате выполненных работ создан экспериментальный образец КЭСУ (рис. 1, 2), собранный на автомобиле носителе, в качестве которого использован автомобиль ИЖ-2126. Крутящие моменты от двигателя через редуктор могут передаваться суммарно или раздельно по выбору или в зависимости от режимов и условий движения. Редуктор способен не только передавать крутящие моменты к ведущим колесам, но и передавать крутящие моменты от одного двигателя к другому. Это позволяет реализовать про-

цесс рекуперации энергии при замедлении и торможении автомобиля, а также использовать электродвигатель в качестве стартера.

КЭСУ и ее размещение в подкапотном пространстве автомобиля ИЖ-2126 представлены соответственно на рис. 3, 4. В настоящее время экспериментальный образец автомобиля с КЭСУ проходит испытания на токсичность, топливную экономичность и тягово-скоростные свойства. Результаты исследований представлены в двух отчетах [1, 2].

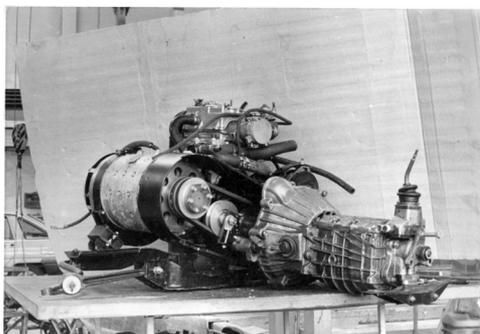


Рис. 3. Комбинированная энергосиловая установка (вид сзади)



Рис. 4. Размещение КЭСУ в подкапотном пространстве автомобиля

#### Список литературы:

1. Проведение комплекса теоретических и расчетных научно-исследовательских работ по анализу и синтезу конструкций гибридных энергосиловых уста-

новок автомобилей особо малого и малого классов/ Ижевский государственный технический университет; Руководитель работы В.А. Умняшкин. – Ижевск: ИжГТУ, 2005. – 160 с. – Отв. исполн. Н.М. Филькин.

2. Создание автомобиля с гибридной энергетической установкой, состоящей из теплового и электрического двигателей/ Ижевский государственный технический университет; Руководитель работы В.А. Умняшкин. – Ижевск: ИжГТУ, 2005. – 257 с. – Отв. исполн. Н.М. Филькин.

Работа представлена на заочную электронную конференцию с общероссийским участием «Прикладные исследования и разработки по приоритетным направлениям науки и техники», 15-20 января, 2006 г. Поступила в редакцию 14.08.2006г.

### Оценка параметров изоляции трансформаторов на основе пропорций золотого сечения

Южанников А. Ю., Чупак Т. М.

*Красноярский государственный технический университет*

Кафедра «Электроснабжение и электрический транспорт» Красноярского государственного технического университета исследует новый техноценологический подход к проблеме прогнозирования состояния силовых трансформаторов с учётом их загрузки и срока эксплуатации по результатам статистических данных анализа растворённых в масле газов.

В последние годы в энергетике наметилась тенденция к последовательному переходу от системы ППР к ремонтам по техническому состоянию. В настоящее время в России значительная часть силовых трансформаторов 110 кВ и выше выработала свой нормативный срок службы 25 лет. В связи с этим всё более актуальной становится задача продления сроков службы и оценка возможности дальнейшей эксплуатации такого оборудования.

Законы развития живой природы, включающей отдельные особи, и техники, состоящей из отдельных элементов, имеют много общего. Известно, что в 1877 г. при исследовании свойств отдельных особей и совокупностей живых организмов Клаус Фердинанд Мебиус ввел понятие «биоценоз». Биоценоз – совокупность живых организмов, обитающих на определенном участке, где условия внешней среды определяют его видовой состав. Термин «техноценоз» и ценологический подход к исследованию сложных технических систем предложены Б.И. Кудриным, где техноценоз определяется как сообщество всех изделий, включающее все популяции, ограниченное в пространстве и времени. Кудрин Б.И. предложил использовать модель Н-распределения для математического описания видового и рангового распределения техноценозов. Данная теория предполагает существование идеального распределения элементов ценоза.

Объясним существование идеальной технической системы. В технике существует понятие «Золотое сечение» – деление отрезка на две части, при котором длина отрезка так относится к большей части, как большая часть относится к меньшей. Принято считать, что гармония и идеальное распределение ценоза как системы, выполняющей свое функциональное назначение, подчиняются «Золотому сечению», а понятие «Золотое сечение» неразрывно связано с чис-

лами Фибоначчи. В 1202 г. была написана книга под названием «Liber abacci». Автором этой книги был итальянский купец и математик Леонардо (1180-1240 г.г.) из Пизы, известен по прозвищу – Фибоначчи. Часть этого трактата составляла задача про кроликов. Решая эту задачу, Фибоначчи получил последовательность чисел, где последующее число равно сумме двух предыдущих чисел: 0; 1; 1; 2; 3; 5; 8; 13; 21; 34 и т.д. Отношение последующего члена ряда к предыдущему с ростом последовательности стремится к коэффициенту золотого сечения  $\Phi = 1,618$ . Если взять числовой ряд 1,0; 0,62; 0,38; 0,24; 0,15; 0,09 и т.д. (что сильно напоминает шкалу мощностей трансформаторов), состоящий из чисел с коэффициентом 1,618 («Золотое сечение»), то этим числовым рядом можно описывать при ранжировании в ценозе соотношение количества видов и численности каждого вида.

Изменение электрической нагрузки трансформаторов влияет на температуру обмоток и масла (температура масла – интегральный показатель, как нагрузки, так и интенсивности охлаждения), но в настоящее время при описании состояния силового масляного трансформатора его нагрузка не учитывается. Масло как диагностическая среда позволяет выявить до 70% возможных дефектов трансформатора. Улучшение диагностических возможностей должно развиваться как за счет расширения контролируемых показателей, так и совершенствования методологии их интерпретации. В последнее время одним из наиболее информативных и актуальных является хроматографический анализ растворенных в масле газов (ХАРГ) как один из основных методов оценки состояния силового маслонаполненного оборудования (СМТ).

Для совершенствования методик анализа результатов диагностики с целью повышения достоверности выводов по оценке состояния трансформаторного оборудования необходим статистический анализ параметров газов. При выполнении статистического анализа введены ограничения, снижающие размерность задачи и упрощающие исследование. К числу таких ограничений относятся срок эксплуатации СМТ и нагрузка. Считается, что эти параметры не оказывают существенного влияния на однородность выборок.

В электрической системе в качестве вида выделены 19 трёхобмоточных трансформаторов одной энергосистемы напряжением 110 кВ с РПН, разных типов, различной номинальной мощности. В качестве видообразующего параметра исследуются срок эксплуатации трансформатора, его нагрузка, температура масла и результаты ХАРГ (содержание  $H_2$ ,  $CH_4$ ,  $C_2H_2$ ,  $C_2H_4$ ,  $C_2H_6$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ) за 5 лет дважды в год.

На начальном этапе рассмотрено моделирование содержания растворенных газов с применением линейного множественного регрессионного анализа для определения фактического содержания газов на основании технологических характеристик  $X_1, X_2, \dots, X_m$  по эмпирической линейной зависимости в алгебраической и матричной формах.

Результаты расчётов позволяют сделать следующие выводы:

- примерно 50 % моделей удовлетворительно описывают содержание соответствующего газа;