

УДК 629.3.026.12

МОДЕЛЬ ВЫБОРА ГИБРИДНОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИИ

Д.т.н. Л.И. Нефедов¹, А.А. Осьмачко¹, д.т.н. В.Е. Овчаренко²

1. Харьковский Национальный Автомобильно-Дорожный Университет.

2. Государственное предприятие Научно-исследовательский технологический институт приборостроения, г. Харьков.

Приведена математическая модель многокритериальной оценки и выбора гибридной автоматической трансмиссии и ее элементов.

The mathematical model of polycriterion valuation has been synthesized. And mathematical model of choice automatic transmission has been synthesized and her elements.

Постановка проблемы

С увеличением количества и интенсивности транспортных потоков, особенно в городах и мегаполисах, от водителя требуется большая концентрация внимания, а от транспортного средства как можно меньшего выброса отходов сгорания этилового топлива. Одним из способов облегчить работу водителя и понизить количество выбрасываемых вредоносных отходов в воздух — применение гибридных автоматических трансмиссий. Таким образом, гибридная автоматическая трансмиссия обязана выполнять функции по снижению аварийности на дорогах, регулированию скорости автомобиля в целом и каждым колесом в отдельности, контролю за выбросом продуктов сгорания высокооктанового топлива.

Исходя из этого, проектировщику необходимо определить, какие критерии функционирования должны предъявляться к транспортному средству, и, основываясь на них, синтезировать требования для разрабатываемой гибридной автоматической трансмиссии и ее элементов.

Анализ публикаций

Анализируя публикации [1-4], были выявлены особенности развития гибридных автоматических трансмиссий. Гибридные трансмиссии представляют собой электромеханическую систему, в которой крутящий момент на колеса транспортного средства передается либо от двигателя внутреннего сгорания, либо от асинхронных электродвигателей. Управление таких трансмиссий основывается на микроконтроллерных системах. Они обладают высокими показателями качества, высокой надежностью и широким диапазоном эксплуатации (температура, влажность, помехозащищенность). Минимизация выброса продуктов сгорания высокооктанового топлива достигается тем, что в городском режиме транспортное средство движется только от электродвигателей, а двигатель внутреннего сгорания включается только при необходимости движения с большой скоростью.

Таким образом, гибридная автоматическая трансмиссия обладает большим количеством разнообразных параметров, которые влияют на качество выполнения основных ее задач. До настоящего времени выбор гибридной автоматической трансмиссии не проводился по многим критериям.

Цель и постановка задачи

Целью данной статьи является повышение научной обоснованности выбора гибридной автоматической трансмиссии за счет синтеза модели выбора гибридной автоматической трансмиссии.

Рассмотрим постановку задачи: известно множество гибридных автоматических трансмиссий — $GAT = \{GAT_n\}$, которые могут быть использованы в выбранном типе гибридной автоматической трансмиссии. Введем переменную $x_n = \{0; 1\}$, где $x_n = 1$ — если выбрана n -ая трансмиссия, $x_n = 0$ — в противном случае. Введем коэффициент $Y_n = \{0; 1\}$, где $Y_n = 1$, если n -ая функциональная задача обеспечена n -ой системой управления, $Y_n = 0$ в противном случае.

Каждая гибридная автоматическая трансмиссия, характеризуется рядом показателей:

- функциональные:

1) количество топлива — TOP_n^{AT} , которую будем определять на 100 км пробега;

2) выброс CO — CO_n^{AT} ;

3) вращающий момент, причем будем различать для электрического двигателя — WAD_n^{AT} и двигателя внутреннего сгорания — $WDVZ_n^{AT}$;

4) дальность пробега на аккумуляторах — SA_n^{AT} , которую будем выражать в километрах;

5) максимальная скорость при движении на аккумуляторах — VA_n^{AT} ;

6) время разгона до 100 км/ч — TA_n^{AT} ;

7) вес — P_n^{AT} .

- затратные:

1) себестоимость разработки — C_n^{AT} , денежные затраты при разработке гибридной автоматической трансмиссии;

2) себестоимость при эксплуатации гибридной автоматической трансмиссии — CE_n^{AT} ;

3) время до первого капитального ремонта — TP_n^{AT} ;

4) пробег до первого капитального ремонта — SP_n^{AT} .

Выбор гибридной автоматической трансмиссии должен производиться по следующим критериям:

- минимальное количество затрачиваемого топлива — $TOP_{ГАТ}^{AT}$;
 - минимальное количество выбрасываемого в атмосферу CO — $CO_{ГАТ}^{AT}$;
 - максимальный вращающий момент развиваемый электрическим двигателем — $WAD_{ГАТ}^{AT}$;
 - максимальный вращающий момент развиваемый двигателем внутреннего сгорания — $WDVZ_{ГАТ}^{AT}$;
 - максимальная дальность пробега на аккумуляторах — $SA_{ГАТ}^{AT}$;
 - максимальная скорость движения на аккумуляторах — $VA_{ГАТ}^{AT}$;
 - минимальное время разгона гибридного автомобиля до 100 км/ч — $TA_{ГАТ}^{AT}$;
 - минимальный вес — $P_{ГАТ}^{AT}$;
 - минимальная себестоимость разработки — $C_{ГАТ}^{AT}$;
 - минимальная себестоимость при эксплуатации гибридной автоматической трансмиссии — $CE_{ГАТ}^{AT}$;
 - максимальное время до первого капитального ремонта — $TP_{ГАТ}^{AT}$;
 - максимальный пробег до первого капитального ремонта — $SP_{ГАТ}^{AT}$.
- Необходимо выбрать оптимальную по эффективности гибридную автоматическую трансмиссию по перечисленным критериям с учетом их важности и наложенных ограничений.

Математическая модель выбора системы управления автоматической трансмиссии

Математическая модель имеет вид.

Частные функциональные и затратные критерии:

- минимальное количество затрачиваемого топлива:

$$TOP_{ГАТ}^{AT} = \min \sum_{n=1}^{n'} TOP_n^{AT} X_n; \quad (1)$$

- минимальное количество выбрасываемого в атмосферу CO:

$$CO_{ГАТ}^{AT} = \min \sum_{n=1}^{n'} CO_n^{AT} X_n; \quad (2)$$

- максимальный вращающий момент, развиваемый электрическим двигателем:

$$WAD_{ГАТ}^{AT} = \max \sum_{n=1}^{n'} WAD_n^{AT} X_n; \quad (3)$$

- максимальный вращающий момент, развиваемый двигателем внутреннего сгорания:

$$WDVZ_{ГАТ}^{AT} = \max \sum_{n=1}^{n'} WDVZ_n^{AT} X_n; \quad (4)$$

- максимальная дальность пробега на аккумуляторах:

$$SA_{ГАТ}^{AT} = \max \sum_{n=1}^{n'} SA_n^{AT} X_n; \quad (5)$$

- максимальная скорость движения на аккумуляторах:

$$VA_{ГАТ}^{AT} = \max \sum_{n=1}^{n'} VA_n^{AT} X_n; \quad (6)$$

- минимальное время разгона гибридного автомобиля до 100 км/ч:

$$TA_{ГАТ}^{AT} = \min \sum_{n=1}^{n'} TA_n^{AT} X_n; \quad (7)$$

- минимальный вес:

$$P_{ГАТ}^{AT} = \min \sum_{n=1}^{n'} P_n^{AT} X_n; \quad (8)$$

- минимальная себестоимость разработки:

$$C_{ГАТ}^{AT} = \min \sum_{n=1}^{n'} C_n^{AT} X_n; \quad (9)$$

- минимальная себестоимость при эксплуатации:

$$CE_{ГАТ}^{AT} = \min \sum_{n=1}^{n'} CE_n^{AT} X_n; \quad (10)$$

- максимальное время до первого капитального ремонта:

$$TP_{ГАТ}^{AT} = \max \sum_{n=1}^{n'} TP_n^{AT} X_n; \quad (11)$$

- максимальный пробег до первого капитального ремонта:

$$SP_{ГАТ}^{AT} = \max \sum_{n=1}^{n'} SP_n^{AT} X_n. \quad (12)$$

Область допустимых решений определяется ограничениями:

- количество затрачиваемого топлива не должна быть больше заданного — TOP_3^{AT} :

$$\sum_{n=1}^n TOP_n^{AT} X_n \leq TOP_3^{AT}; \quad (13)$$

- количество выбрасываемого в атмосферу CO не должно быть больше заданного — CO_3^{AT} :

$$\sum_{n=1}^n CO_n^{AT} X_n \leq CO_3^{AT}; \quad (14)$$

- вращающий момент развиваемый электрическим двигателем не должен быть меньше заданного — WAD_3^{AT} :

$$\sum_{n=1}^n WAD_n^{AT} X_n \geq WAD_3^{AT} ; \quad (15)$$

- вращающий момент развиваемый двигателем внутреннего сгорания не должен быть меньше заданного — $WDVZ_3^{AT}$:

$$\sum_{n=1}^n WDVZ_n^{AT} X_n \geq WDVZ_3^{AT} ; \quad (16)$$

- дальность пробега не должна быть меньше заданной — SA_3^{AT} :

$$\sum_{n=1}^n SA_n^{AT} X_n \geq SA_3^{AT} ; \quad (17)$$

- скорость движения на аккумуляторах не должна быть меньше заданной — VA_3^{AT} :

$$\sum_{n=1}^n VA_n^{AT} X_n \geq VA_3^{AT} ; \quad (18)$$

- время разгона гибридного автомобиля до 100 км/ч не должно быть больше заданного — TA_3^{AT} :

$$\sum_{n=1}^n TA_n^{AT} X_n \leq TA_3^{AT} ; \quad (19)$$

- вес не должен быть больше заданного — P_3^{AT} :

$$\sum_{n=1}^n P_n^{AT} X_n \leq P_3^{AT} ; \quad (20)$$

- себестоимость разработки не должна быть больше заданной — C_3^{AT} :

$$\sum_{n=1}^n C_n^{AT} X_n \leq C_3^{AT} ; \quad (21)$$

- себестоимость при эксплуатации гибридной автоматической трансмиссии не должна быть больше заданной — CE_3^{AT} :

$$\sum_{n=1}^n CE_n^{AT} X_n \leq CE_3^{AT} ; \quad (22)$$

- время до первого капитального ремонта не должно быть меньше заданного — TP_3^{AT} :

$$\sum_{n=1}^n TP_n^{AT} X_n \geq TP_3^{AT} ; \quad (23)$$

- пробег до первого капитального ремонта не должен быть меньше заданного — SP_3^{AT} :

$$\sum_{n=1}^n SP_n^{AT} X_n \geq SP_3^{AT} . \quad (24)$$

Приведенная математическая модель (1) – (24) относится к задачам линейного многокритериального дискретного программирования с булевыми переменными. Для ее решения предлагается метод ветвей и границ при малой размерности задачи или метод случайного поиска экстремума при большой размерности задачи [2].

В примере рассматриваются перспективные гибридные автоматические трансмиссии (таблица 1).

По всем выбранным критериям оптимальной является гибридная автоматическая трансмиссия установленная на Toyota Harrier Hybrid.

Таблица 1

Критерии и функции полезности типов автомобилей, обладающих гибридной автоматической трансмиссией

№	Критерии	Модели автомобилей, обладающих гибридной автоматической трансмиссией								
		Весовые коэффициенты	Audi Q7 Hybrid	Citroen C4 1.6 HDi	Honda Civic Hybrid 1.4 CVT MX	Lexus RX 450h	Mercedes F700	Toyota Harrier Hybrid	Toyota Prius 1.5G	Peugeot 308
1	Количество топлива	0,15	0,336	0,744	0,752	0,488	0,696	0,670	0,880	0,520
2	Выброс CO	0,05	0,076	0,640	0,564	0,256	0,492	0,520	0,600	0,520
3	Вращающий момент электрического двигателя	0,05	0,223	0,129	0,129	0,353	0,106	0,412	0,176	0,129
4	Вращающий момент ДВЗ	0,04	0,638	0,100	0,288	0,685	0,519	0,446	0,065	0,154
5	Дальность пробега на аккумуляторах	0,15	0,394	0,313	0,374	0,798	0,898	0,444	0,520	0,697
6	Максимальная скорость при движении на аккумуляторах	0,1	0,326	0,551	0,494	0,551	0,663	1,0	0,663	0,888
7	Время разгона до 100 км/ч	0,05	0,617	0,208	0,242	0,758	0,625	0,617	0,342	0,400
8	Вес	0,005	0,250	0,613	0,640	0,323	0,650	0,365	0,865	0,775
9	Себестоимость	0,15	0,156	0,956	0,878	0,489	0,311	0,686	0,869	0,933
10	Себестоимость при эксплуатации	0,08	0,786	0,806	0,700	0,220	0	0,468	0,200	0,770
11	Время к первому капитальному ремонту	0,004	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,250
12	Пробег к первому капитальному ремонту	0,08	0,333	0,467	0,333	0,333	0,333	0,333	0,333	0,120
Обобщенный критерий			0,382	0,528	0,509	0,515	0,509	0,583	0,517	0,559

Выводы

Разработана математическая модель выбора системы гибридной автоматической трансмиссии, которая отличается от известных многокритериальностью и позволяет повысить эффективность и оперативность принимаемых решений при проектировании гибридной автоматической трансмиссии.

Дальнейшие исследования в этой области должны быть направлены на синтез модели многокритериальной оценки и выбора элементов гибридной автоматической трансмиссии.

ЛИТЕРАТУРА:

1. <http://www.hybrid-cars.ru>
2. <http://aboutlexus.ru>
3. <http://www.chrysler.ru>
4. <http://www.gold-auto.ru>
5. Петров Е.Г., Новожилова М.В., Гребенник И.В. методи і засоби прийняття рішень у соціально-економічних системах / За ред. Е.Г. Петрова. — К: Техніка, 2004 — 256 с.
6. Нефёдов Л.И., Стопченко Е.Г., Стопченко Г.И., Золотова Н.М. Принципы оптимальности методов многокритериальной оценки проектных решений при строительстве и реконструкции объектов городской системы. Коммунальное хозяйство городов Науч. техн. сб. — К.: Техніка. — 2002. — Вып. № 39.

УДК 621.396.671

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В МЕДИЦИНСКИХ УСТАНОВКАХ СВЧ-ГИПЕРТЕРМИИ

Д.т.н М.А. Омаров, к.ф.-м.н. Р.И. Цехмистро, Харьковский национальный университет радиоэлектроники

Сущность метода СВЧ-гипертермии заключается в разогреве опухоли с помощью электромагнитного излучения. Для проведения локальной гипертермии используются генераторы электромагнитных излучений СВЧ- и ВЧ-диапазонов. Наиболее часто применяются СВЧ-установки с рабочей частотой 915 МГц. В статье представлены результаты расчетов пространственного распределения мощности электромагнитного излучения кольцевых антенных решеток ненаправленных излучателей, возбуждаемых с одинаковыми амплитудами и фазами.

The computer analysis of spatial concentration of electromagnetic power radiation intensity of arrays consist of Hertz dipoles have been researched on a small distances with effects of near zone. An influence of radiator numbers and distance between radiators have been researched on the possibility to provide a even concentration of radiators power in near arrays.

Введение

Кольцевые антенные решетки микроволновых излучателей обеспечивают концентрацию электромагнитного поля в середине решетки. Это позволяет использовать их в микроволновых технологических установках для различных областей науки и техники [1-3]. На практике необходимо достаточно точно знать пространственное распределение мощности электромагнитного поля в рабочей области установки, либо синтезировать требуемое распределение мощности. Особенно важно обеспечить высокую точность реализации заданного распределения мощности в кольцевых решетках для микроволновой гипертермии. При расчетах таких решеток обычно не учитываются особенности ближней зоны излучателей, связанные со сложными законами изменения амплитуд, фаз, поляризации и мощности электромагнитного излучения на малых расстояниях от антенны.

Постановка задачи, модель

Ранее показано, что в случае линейных решеток диполей Герца эти особенности существенно влияют на характер пространственного распределения мощности поля вблизи решетки [2]. Суммарные компоненты поперечных составляющих векторов напряженности

электрического и магнитного полей E, H в каждой точке пространства находим согласно принципу суперпозиции [2]:

$$\vec{E}_\theta = \sum_{n=-N}^N \vec{E}_{n\theta}; H_\varphi = \sum_{n=-N}^N H_{n\varphi} \quad (1).$$

Для анализа физических закономерностей формирования пространственного распределения микроволновой мощности и влияния на него амплитудных и фазовых особенностей ближней зоны в кольцевых решетках рассмотрим в качестве модельной задачи кольцевую решетку диполей Герца, расположенных перпендикулярно плоскости, в которой находится сама решетка. В этом случае в плоскости решетки диаграмма направленности каждого излучателя ненаправлена, что позволяет проанализировать влияние особенностей ближней зоны без влияния направленности каждого излучателя.

Рассмотрим влияние основных параметров решетки - ее диаметра и числа излучателей - на распределение микроволновой мощности внутри кольцевой решетки. Для конкретности будем рассматривать близкую к практике систему [1], когда диполи Герца располагаются эквидистантно на окружности радиуса R (рис. 1). Для анализа исследуемых физических закономерностей необходимо учитывать, что область фокусировки мощности электромагнитного поля находится в ближней зоне как одного излучателя, так и решетки излучателей, т.е. R (радиус решетки) $\leq R_{дз}$ диполя Герца.

Суммарные компоненты поперечных составляющих векторов напряженности электрического и магнитного полей E, H в каждой точке пространства находим согласно принципу суперпозиции .

Мощность излучения решетки находим по теореме Пойнтинга о комплексной мощности. При этом расстояния R_n от n -го излучателя до точки наблюдения $M(X, Y)$, определяющие фазы составляющих полей каждого излучателя в точке наблюдения в (2), находим аналогично изложенному выше алгоритму для линейных решеток. Формула для расчета расстояний R_n - зависит от