

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ГРАФОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СЛОЖНОЙ КОНФИГУРАЦИИ

А.Ю. Алексейчикова, И.А. Евсеенко

Предложена методика автоматизированного формирования структуры трансформаторных элементов сложной конфигурации на основе теории графов. Сложные механические трансформаторы разбиваются на подсистемы простых трансформаторных элементов, представляемые в виде замкнутых подмножеств вершин с внутренними связями (внутренними ребрами). На вершины, принадлежащие различным подмножествам накладываются внешние постоянные и переменные (случайные или управляемые) связи. Представлено применение предлагаемой методики применительно к планетарным коробкам передач для решения задач структурного синтеза и динамического анализа.

Ключевые слова: граф, планетарная коробка передач, трансформаторный элемент, матрица инцидентности, матрица смежности.

Предусмотреть удобные для восприятия графические образы трансформаторных элементов для всех механизмов преобразования параметров потока мощности практически невозможно. Базовые элементы современных пакетов динамического моделирования предусматривают набор только наиболее распространённых трансформаторных элементов. Кроме того, увеличение элементной базы создает определенные трудности для выбора нужных элементов и построения графического образа модели в целом.

Актуальность проблемы заключается в создании универсальных схем замещения, либо универсального математического описания работы трансформаторного элемента с дальнейшей загрузкой пользователем графического изображения трансформатора.

Универсальность математического описания базируется на аналогиях в динамических системах различной физической природы. Например, аналогия в поступательной и вращательной механических системах: модель зубчатой передачи и рычажного механизма описываются одинаковым уравнением. Передаточное число (параметр трансформаторного элемента) во вращательной системе определяется как отношение чисел зубьев ведущего и ведомого зубчатых колес, а в поступательной отношении длин рычагов (качели). Такой же принцип положен в основу математического описания работы цепных и ременных передач.

Одним из возможных вариантов создания универсальных схем замещения является представление графической модели в виде графов.

Применение теории графов для представления структуры трансформаторных элементов сложной конфигурации недостаточно изучено. В частном случае применительно к планетарным коробкам передач.

Одним из самых сложных трансформаторных элементов являются трансмиссии транспортных средств, где важную роль играют минимальные габариты и масса, и в тоже время требуется обеспечить высокий КПД. Проблема особо остро стоит для трансмиссий с планетарными коробками передач (ПКП), которые требуют специфических подходов для проведения структурного синтеза и динамического анализа.

Рассмотрим пример представления структуры ПКП БелАЗ-7516 (рисунки 1 и 2) на основе теории графов [1].

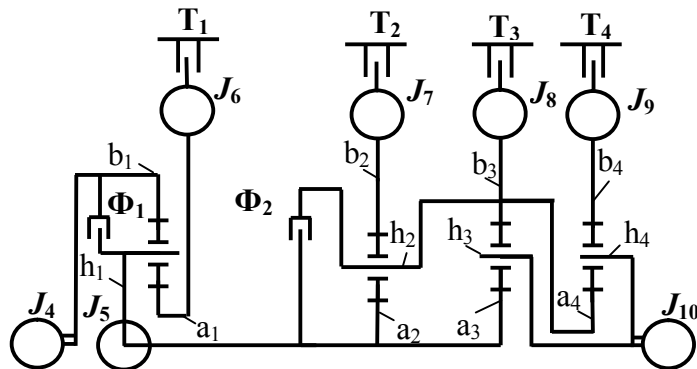


Рис. 1 – Схема планетарной коробки передач БелАЗ-7516

Предлагаемый метод представления структуры ПКП в виде графов заключается в следующем. Каждый i -й планетарный ряд, входящий в состав ПКП представляется в виде подмножества, состоящего из трех вершин a_i, h_i, b_i (на рисунке 2 подмножества выделены штриховыми одинарными линиями). Вершины соответствуют элементам планетарного ряда, т.е. центральным зубчатым колесам (a, b) и водилу (h).

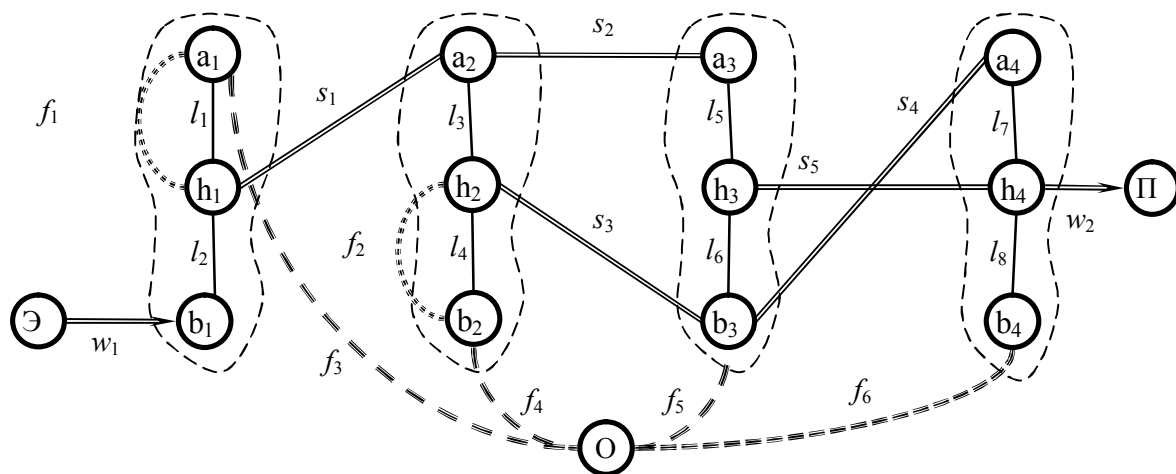


Рис. 2 – Коробка передач БелАЗ-7516 представленная в виде графа

Кроме вершин, соответствующих элементам планетарных рядов предусмотрены: базовая вершина “О”, характеризующая неподвижную систему отсчета (корпус ПКП); вершина “Э”, описывающая источник энергии; вершина “П”, соответствующая потребителю или сопротивлению. Для соединения вершин между собой предложено использовать 5 видов ребер: внутренние постоянные, внешние постоянные и внешние управляемые; входные; выходные.

Ребра, применяемые для постоянного соединения вершин в одном подмножестве называются внутренними постоянными. Они характеризуют внутренние связи между элементами планетарного ряда, осуществляемые посредством зубчатых зацеплений или каким-либо иным способом. Вершины a_i и b_i внутри своего подмножества соединяются ребрами с вершиной h_i (на рисунке 2 внутренние постоянные ребра показаны сплош-

ными одинарными линиями l_1 - l_8). Способ соединения вершин внутри подмножества зависит от специфики трансформаторного элемента (в частном случае планетарного ряда) и количества составных звеньев. Например, для зубчатой передачи с неподвижными осями (состоящей из двух зубчатых колес) подмножество будет состоять из двух вершин, соединенных между собой ребром.

Ребра, применяемые для постоянного соединения вершин, принадлежащих различным подмножествам (планетарным рядам) называют внешними постоянными. Они характеризуют способ и специфику соединения подмножеств (планетарных рядов) между собой, осуществляемые посредством шлицов или каким-либо иным способом, образуя каркас ПКП (на рисунке 2 внешние постоянные ребра показаны сплошными двойными линиями s_1 - s_5).

Ребра, применяемые для кратковременного соединения вершин, принадлежащих одному или разным подмножествам (планетарным рядам) с целью получения нужного передаточного числа называют внешними управляемыми. Они характеризуют способ и специфику соединения элементов одного или разных подмножеств (планетарных рядов) между собой или с неподвижной системой отсчета для обеспечения требуемых параметров преобразования потока мощности, осуществляемые посредством элементов управления (фрикционные муфты и тормоза, муфты свободного хода и т.д.), лишая ПКП избыточного числа степеней свободы (на рисунке 2 внешние управляемые ребра показаны прерывистыми тройными линиями f_1 - f_6 (f_1, f_2 – фрикционные муфты, f_3 - f_6 – фрикционные тормоза)).

Входные и выходные ребра служат для отображения входа и выхода ПКП (на рисунке 2 входные и выходные ребра показаны двойными линиями со стрелками w_1 , w_2).

Построение графа ПКП необходимо осуществлять в следующей последовательности: нанести базовую вершину, вершину источника энергии, вершину потребителя и подмножества (планетарные ряды) со входящими в них вершинами; построить внутренние постоянные ребра; построить внешние постоянные ребра; установить внешние управляемые ребра; задать входные и выходные ребра графа.

Матрицы смежности и инцидентий, описывающие структуру графа приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Матрица смежности ПКП БелАЗ-7516

	a_1	h_1	b_1	a_2	h_2	b_2	a_3	h_3	b_3	a_4	h_4	b_4	О	Э	П
a_1		$l_1; f_1$											f_3		
h_1	$l_1; f_1$		l_2	s_1											
b_1		l_2													w_1
a_2		s_1			l_3		s_2								
h_2				l_3		$l_4; f_2$			s_3						
b_2					$l_4; f_2$								f_4		
a_3				s_2				l_5							
h_3							l_5		l_6		s_5				
b_3					s_3			l_6	l_6	s_4			f_5		
a_4									s_4		l_7				
h_4								s_5		l_7		l_8			w_2
b_4											l_8		f_6		
О	f_3					f_4			f_5			f_6			
Э															
П			w_1								w_2				

Таблица 2. Матрица инцидентий ПКП БелАЗ-7516

	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6	l_7	l_8	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	w_1	w_2
a_1	1													1		1					
h_1	1	1							1					1							
b_1		1																		1	
a_2			1						1	1											
h_2			1	1							1				1						
b_2				1											1		1				
a_3					1					1											
h_3					1	1							1								
b_3						1					1	1						1			
a_4							1					1									
h_4							1	1					1								1
b_4								1											1		
О																1	1	1	1		
Э																				1	
П																					1

На основе изложенной методики представления структуры ПКП в виде графов можно осуществить структурный синтез ПКП, путем генерирования всех возможных вариантов графов и отбраковывая невозможные и неподходящие варианты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложена методика представления структуры трансформаторных элементов сложной конфигурации на основе теории графов.

Новизна предлагаемой методики представления структуры трансформаторных элементов заключается: в разбиении на подсистемы простых трансформаторов и представлении их в виде замкнутых подмножеств вершин с внутренними связями (ребрами); на взаимодействие вершин, принадлежащих различным подмножествам могут быть наложены внешние постоянные и переменные (случайные или управляемые) связи.

Преимуществом методики является универсальность, т. е. методика может быть применена для представления на ЭВМ структуры любого трансформаторного элемента. Предлагаемая методика хорошо приспособлена для автоматизации формирования структуры трехмерных моделей трансформаторных элементов при решении задач компоновки.

Литература

1. Евсеенко, И.А. Методика автоматизированного построения динамических моделей планетарных коробок передач. Автомобильная промышленность. – № 6. 2010 - с. 36 – 39.

Алексейчикова Анна Юрьевна

Выпускник электротехнического факультета 2012 по специальности «Автоматизированные системы обработки информации»

Белорусско-Российский университет, г. Могилев

Тел.: +375 (297) 47-52-84

E-mail: alekseichikova@mail.ru

Евсеенко Игорь Антонович

Доцент кафедры «Автоматизированные системы управления», к.т.н.

Белорусско-Российский университет, г. Могилев

Тел.: +375(298) 44-32-13

E-mail: 327igor@rambler.ru