

**Г.Л. Антипенко, кандидат технических наук, доцент, В.А. Роговцева**

### **Алгоритмы компьютерного диагностирования элементов трансмиссий строительно-дорожных машин**

Рассмотрены общие подходы к созданию алгоритмов компьютерного диагностирования технического состояния элементов трансмиссий – зубчатых колес, сцеплений, подшипников, фрикционных муфт.

В системах управления строительно-дорожными машинами все большее распространение получают бортовые компьютеры. Они позволяют оптимизировать процессы управления силовой установкой и трансмиссией, обеспечивая тягово-динамические и топливно-экономические показатели. Но ресурсы бортового компьютера позволяют решать значительно больший круг задач. И одним из направлений использования ресурсов компьютера является отслеживание и контроль технического состояния двигателя, трансмиссии, систем управления и рабочего оборудования. В этом случае огромное значение имеет создание алгоритмов диагностирования, позволяющих при ограниченной входной информации, за счет глубокого компьютерного анализа, обеспечить достоверность и оперативность постановки диагноза.

Если для диагностирования технического состояния двигателя, гидропривода, систем управления разработано достаточно много методов и алгоритмов их реализации микропроцессорными системами, то для диагностирования трансмиссии, методов, пригодных для реализации бортовой системой диагностики, практически нет. Учитывая, что трансмиссии строительно-дорожных, тяжелых тяговых и транспортных машин достаточно сложны, а трудоемкость восстановительного ремонта высока, то разработка методов и алгоритмов компьютерной диагностики трансмиссий в процессе эксплуатации является актуальной задачей.

Анализируя параметры, по которым оценивается техническое состояние сцепления фрикционных муфт и зубчатых передач, подшипников трансмиссии, можно прийти к выводу, что все они так или иначе могут быть увязаны с изменением углового положения ведущего и ведомого валов трансмиссии. Следовательно, установив бесконтактные датчики углового положения валов на входе и выходе трансмиссии и отслеживая относительные угловые перемещения валов, можно легко приспособить ее для компьютерной диагностики.

При таком подходе алгоритм диагностирования состояния зубчатых зацеплений должен включать анализ шага зацепления на циклических составляющих зубцовой частоты шестерни ведомого вала относительно высокочастотного опорного сигнала, снимаемого с зубчатого венца шестерни, связанной с ведущим валом. Изменение шага зацепления будет указывать на наличие единичных дефектов зубьев шестерен. По периоду повторного появления дефекта легко установить принадлежность их тому или иному зубчатому колесу, поскольку период обращения у каждого зубчатого колеса свой.

Реализация этого алгоритма бортовым компьютером не составит труда, поскольку на его вход поступают импульсы от датчиков, связанных с зубчатыми венцами колес ведущего и ведомого валов, а анализ шага зацепления заключается в подсчете и сопоставлении числа опорных импульсов от ведущего вала на каждом шаге ведомого и при их изменении выдается сообщение о наличии дефекта. Определив период повторного появления дефекта в количествах импульсов опорного сигнала можно установить принадлежность его тому или иному зубчатому колесу в кинематической цепи трансмиссии по известному периоду обращения каждого из колес, которые находятся в базе данных компьютера.

Алгоритм определения суммарного углового зазора в трансмиссии, характеризующий боковой износ зубьев, предполагает анализ шага зацепления выходной шестерни при подаче на вход трансмиссии тестового воздействия, направленного на выбор углового зазора, например, разгон и торможение двигателем. Уменьшение количества опорных импульсов на одном из шагов зацепления при выборе углового зазора сравнивается с допустимым, характеризующим предельный угловой зазор, либо производится расчет остаточного ресурса по данному параметру.

Состояние сцепления можно определить анализируя шаг зацепления ведомой шестерни относительно ведущей. По его изменению можно судить о пробуксовке сцепления при передаче больших крутящих моментов, а также о наличии остаточного момента трения в выключенном сцеплении, ухудшающего процесс переключения ступеней в коробке передач.

Алгоритм оценки состояния подшипниковых узлов, влияющих на величину потерь в трансмиссии предполагает уже анализ интенсивности изменения шага зацепления выходной шестерни во времени при выключении сцепления после разгона трансмиссии с вывешенным ведущим мостом. Чем больше потери, тем интенсивнее изменение шага зацепления.

Эти алгоритмы позволяют отслеживать техническое состояние механических трансмиссий. В гидромеханических трансмиссиях, которыми оснащены многие строительно-дорожные машины, промышленные трактора и большегрузные самосвалы, техническое состояние, кроме зубчатых зацеплений и подшипников, определяют также гидротрансформатор, фрикционные муфты и система управления переключением ступеней. При этом элементы фрикционных муфт работают в крайне неблагоприятных условиях. Для плавного их переключения в системе управления ими имеются клапана плавности, регулирующие давление сжатия ведущих и ведомых дисков. Чем выше плавность переключения, тем больше работа буксования, а следовательно и больший износ и нагрев дисков. Поэтому алгоритм диагностирования гидромеханической трансмиссии должен позволять контролировать и этот процесс, чтобы вовремя определить нарушение работы клапана плавности и тем самым продлить ресурс пар трения.

Рассмотренные выше подходы позволяют реализовать и такой алгоритм. В этом случае необходимо отслеживать угловые ускорения на каждом шаге зацепления шестерни, связанной с выходным валом при переключении ступеней. Поскольку этот процесс существенно будет зависеть от внешней нагрузки, то не составляет труда учесть и этот фактор микропроцессорной системой диагностирования. Но при этом количество датчиков информации должно быть увеличено. Минимальная комплектация датчиками, позволяющая отслеживать техническое состояние гидромеханической трансмиссии, показана на примере трансмиссии погрузчика МоАЗ-4048.

На рис. 1 представлена кинематическая схема гидромеханической трансмиссии погрузчика МоАЗ-4048. Для ее диагностирования трансмиссия разбивается на ряд участков, позволяющих отслеживать техническое состояние не только трансмиссии в целом, но и отдельных ее агрегатов. Состояние зубчатых зацеплений и карданной передачи привода от двигателя до гидротрансформатора контролируется индуктивными датчиками Д1 и Д2. Состояние гидромеханической коробки передач будут отслеживать датчик Д3, установленный над шестерней, связанной с турбинным валом гидротрансформатора и Д4, установленном над выходной шестерней коробки передач. Состояние главной передачи и ведущего моста оцениваются по информации от датчиков Д4 и Д5, Д6. Сопоставлением информации от датчиков Д2 и Д3 можно контролировать и величину скольжения при разблокированном гидротрансформаторе, и состояние фрикциона блокировки гидротрансформатора.

Таким образом, оснащение трансмиссии минимальным комплектом датчиков позволяет по рассмотренным алгоритмам проводить отслеживание технического

состояния трансмиссий СДМ, что значительно сократит эксплуатационные расходы машин, оснащенных системой диагностики.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макаров Р.А., Соколов А.В. Диагностика строительных машин.- М.: Стройиздат, 1984. – 335 с.
2. Технические средства диагностирования: Справочник. /Под ред. В.В.Клюева. –М.: Машиностроение, 1989. – 672 с.
3. Пат. 6802 РБ, МКИ G01M 13/02. Способ диагностирования зубчатых зацеплений механических передач / Г.Л.Антипенко, Д.Г.Антипенко, А.Н.Максименко, Б.М.Моргалик (РБ). - № 20020570; заявлено 02.07.2002; Оpubл. 30.03.2005.