

УДК 62-233.3/9

## ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ПЛАНЕТАРНОЙ ПЛАВНОРЕГУЛИРУЕМОЙ ПЕРЕДАЧИ С ОППОЗИТНЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ ЗУБЧАТЫХ ВЕНЦОВ САТЕЛЛИТА

Е. Г. ЕРОФЕЕВ, Е. О. ЧУКОВ

Научный руководитель А. М. ДАНЬКОВ, д-р техн. наук, доц.  
БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Первые автомобили имели 2-х скоростную коробку перемены передач (КПП) с зубчатыми колесами. По мере совершенствования и автомобилей, и их трансмиссий количество ступеней КПП увеличивалось. Нормой стали пяти-, семиступенчатые КПП. Этот процесс получил логическое продолжение в 90-х годах прошлого века, когда автомобили стали оснащать вариаторными коробками передач с фрикционными вариаторами, обеспечивавшими бесступенчатое регулирование скорости движения автомобиля. При этом конструкции фрикционных вариаторов и система управления ими были доведены до совершенства.

В наши дни на смену фрикционным вариаторам пришла преселективная КПП с двумя сцеплениями. Недавно появились сообщения о создании фирмой ФОРД 11-ти скоростной КПП. Таким образом создатели КПП совершили возврат к зубчатым передачам на более высоком уровне. Напрашивается вывод о том, что следующий этап развития КПП должен заключаться в использовании плавнорегулируемой зубчатой передачи.

К настоящему времени существуют три модификации этой передачи, причем две первых известны сравнительно давно и подробно описаны в литературе. 1-я модификация – это передача, выполненная по развернутой схеме. Она имеет два составных зубчатых колеса, взаимодействующих с промежуточным зубчатым колесом, и два силовых потока, позволяющих избежать поломок при регулировании передаточного отношения. 2-я модификация – это планетарная плавнорегулируемая передача типа К-Н-V с соосными зубчатыми венцами двухпоточного сателлита. Каждая из этих модификаций имеет свои хорошо известные достоинства и недостатки.

Третья модификация – это также планетарная плавнорегулируемая передача типа К-Н-V, но с оппозитными и не вращающимися вокруг собственной оси зубчатыми венцами двухпоточного сателлита. Выходным движением является вращение центрального зубчатого колеса, смонтированного на выходном валу. К достоинствам этой модификации при том условии, что она обеспечивает удовлетворительный (но несколько меньший) диапазон регулирования, относятся возможность балансировки подвижных масс неподвижными противовесами и отсутствие механизма съема вращения. Весьма существенным ее недостатком являются значительные радиальные габариты и сложность сборки.

Для всех модификаций характерны нарушения плавности хода, вызванные максимальной суммарной кинематической погрешности зубчатой передачи, обусловленной в соответствии с ГОСТ 1643-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски» всеми неточностями изготовления зубчатых колес, а именно биением зубчатого венца (эксцентриситета) и накопленной ошибкой окружного шага, проявляющимися за один оборот, а также разностью соседних окружных шагов и отклонениями профиля зубьев от идеального, проявляющимися с зубцовой частотой.

Эти погрешности вызывают периодические колебания передаточного отношения передачи относительно его среднего значения и их проявления нивелируются повышением точности изготовления зубчатых колес и сборки передачи. В планетарной плавнорегулируемой передаче сюда добавляются погрешности, вызванные, во-первых, некрatностью окружного шага секторов центрального зубчатого колеса окружному шагу зубьев, периодически проявляющиеся в зонах пересопряжения секторов центрального зубчатого колеса, и, во-вторых, отклонением положения всех зубьев секторов, кроме центрального, от номинального (при всех значениях передаточного отношения передачи, кроме минимального), причем суммарное влияние этих факторов на величину погрешностей имеет тенденцию к увеличению по мере изменения передаточного отношения передачи от минимального значения к максимальному. Это увеличение носит не монотонный, а циклический характер и определяется числом зубьев условного центрального зубчатого колеса. Поскольку устранить погрешность угла поворота сателлита не представляется возможным, необходимо нейтрализовать результат ее проявления – повышенную внутреннюю динамику передачи, что предполагает наличие в силовой кинематической цепи передачи упругой связи элементов, значительно осложняющей конструкцию передачи.

Наиболее перспективными во всех аспектах функционирования представляются обе модификации планетарной плавнорегулируемой передачи. Их можно выполнить с близкими по величине диапазонами регулирования и одинаковой нагрузочной способностью. Но отмеченная как недостаток третьей модификации разница в размерах передач сохранится.

Несмотря на отмеченную разницу, работу над третьей модификацией следует продолжить, так как она имеет существенное достоинство, происходящее из ее недостатка. В первом приближении оценивать суммарную кинематическую погрешность передачи можно по отклонению положения вершин зубьев сектора по отношению к зубьям условного цельного зубчатого колеса. По проведенным нами расчетам для сопоставимых модификаций планетарной плавнорегулируемой передачи в 3-ей модификации отклонения положения вершин зубьев секторов примерно в три раза меньше, чем во второй модификации.