

РЕЖИМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТРАНСМИССИЕЙ АВТОМОБИЛЯ С ГИБРИДНЫМ ПРИВОДОМ

Абдураззоков У.А., Чжан Сюй Мин (ТИПСЭАД)

На сегодняшний день в Республики Узбекистан, в условиях мирового кризиса, особое внимание уделяется на рациональное использование природных ресурсов, сырья и готовой продукции. При этом в области автомобилестроения важно отметить долгосрочное, нормированное использование комплектующих, топливо и горюче-смазочных материалов, особенно при эксплуатации автомобилей в различных ездовых режимах и климатических условиях.

На этапе создания автомобиля вопрос топливной экономичности и токсичности отработавших газов во многом зависит от согласованного выбора параметров и режимов управления двигателем и трансмиссией автомобиля. Современный высокий уровень технологии автомобилестроения, достижения электронной промышленности позволяют в достаточной степени создать конструкцию и её характеристики, обеспечивающие автомобиль предельно возможными свойствами и адаптироваться конкретным режимам движения.

Планетарный механизм (ПМ) это одна из более эффективных конфигураций для автомобилей с гибридным приводом. С помощью механизма контролируется угловые скорости и крутящие моменты каждого компонента так, что можно обеспечить адекватные входные и выходные угловые скорости для оптимального управления всей системой. В данной статье рассматриваются вопросы зависимости между входными и выходными угловыми скоростями силовых установок, а также потока и значения мощности в пяти режимах регулирования трансмиссией с ПМ для автомобилей с гибридным приводом:

- 1) Режим электромобиля;
- 2) Режим работы с остановленным генератором;
- 3) Режим вращения генератора с положительной угловой скоростью;
- 4) Режим вращения генератора с отрицательной угловой скоростью
- 5) Динамический режим.

На рис.1 представлен гибридный привод с ПМ. ПМ имеет три основные звенья: солнечная (центральная) шестерня, эпицикл и водила. На представленной схеме ДВС соединен с водилой, эпицикл ПМ непосредственно соединен с электромашинной и генератор соединен с солнечной шестерней. Тяговая мощность автомобиля создаётся с помощью ДВС и электромашинной.

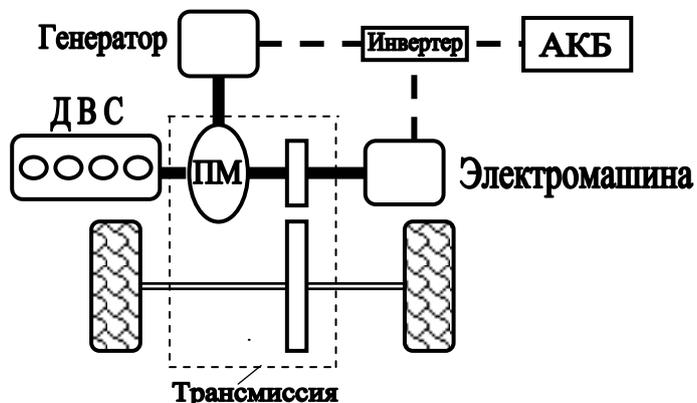


Рис.1. Гибридный привод с планетарным механизмом.

Подведенная мощность с помощью эпицикла может делиться на два потока мощности:

параллельный и последовательный потоки. Крутящий момент при параллельном потоке мощности непосредственно передаётся от ДВС, а при последовательном потоке мощности передаётся от электромашин, который потребляет мощность созданную генератором и/или аккумуляторной батареей (АКБ).

Предположим, что движение всех элементов устойчиво, КПД передачи и инерция вращающихся масс, таких как роторы и коленчатый вал не учитываются. Такое допущение не снижает основательность текущего анализа и в дальнейших исследованиях будет рассмотрено. Кроме того, ПМ уравновешен, то есть алгебраическая сумма крутящих моментов, приложенных к каждому звену этого ПМ обязательно равна нулю [1]:

$$M_{Г} + M_{Д} + M_{Эн} = 0 \quad (1)$$

где, $M_{Г}$ -крутящий момент на валу ротора генератора, который соединен с солнечной шестерней ПМ, $M_{Д}$ - крутящий момент на валу ДВС, который соединен с водилой ПМ, $M_{Эн}$ - крутящий момент на эпицикле ПМ, который непосредственно соединен с электромашинной.

Уравнение связи между силовыми параметрами – крутящими моментами на каждом из трех звеньев ПМ, можно получить, записав их через окружные силы и радиусы делительных окружностей шестерен [2]. Отметим, что величины крутящих моментов на звеньях ПМ находятся во взаимно однозначной зависимости:

$$M_{Эн} = \frac{\alpha}{1+\alpha} M_{Д}, \quad M_{Г} = \frac{1}{1+\alpha} M_{Д} \quad (2)$$

где, α - параметр ПМ и соответствует передаточному числу ПМ, обращенного в непланетарный, т.е. при остановленном водиле.

Уравнение связи между кинематическими параметрами – угловыми скоростями звеньев ПМ, можно получить из уравнения сохранения энергии:

$$N_{Г} + N_{Д} + N_{Эн} = 0, \quad M_{Г}\omega_{Г} + M_{Д}\omega_{Д} + M_{Эн}\omega_{Эм} = 0, \quad \omega_{Г} + \alpha\omega_{Эм} - (1+\alpha)\omega_{Д} = 0. \quad (3)$$

где, $\omega_{Г}, \omega_{Эм}, \omega_{Д}$ - соответственно, угловые скорости ротора генератора, электромашинной и вала ДВС.

Уравнения выходных мощностей гибридного привода с ПМ определяется следующим образом:

$$N_{Д}^{\circ} = M_{Эн}\omega_{Эм} = \frac{\alpha}{1+\alpha} M_{Д}\omega_{Эм}, \quad (4)$$

$$N_{Г} = M_{Г}\omega_{Г} = \frac{1}{1+\alpha} M_{Д}\omega_{Г}, \quad (5)$$

$$N_{Эм} = \eta_{Эм}\eta_{ин}\eta_{Г}N_{Г} - N_{з} = \eta_{Эм}\eta_{Г}\eta_{ин}\frac{1}{1+\alpha}M_{Д}\omega_{Г} - N_{з}, \quad (6)$$

$$N_{Т} = N_{Д}^{\circ} + N_{Эм} \quad (7)$$

где, $N_{Т}$ - тяговая мощность, необходимая для движения автомобиля, $N_{Д}^{\circ}$ - подведённая мощность ДВС к эпициклу, $N_{Эм}$ - мощность, создаваемая электромашинной, $N_{Г}$ - мощность, создаваемая генератором, $N_{з}$ - мощность, требуемая для подзарядки АКБ, $\eta_{Эм}, \eta_{Г}, \eta_{ин}$ - соответственно, КПД

электромашин, генератора и инвертора.

Мощность для подзарядки АКБ является постоянной и зависит от типа АКБ, а также в зависимости от режима регулирования гибридным приводом может влиять на режим регулирования ДВС.

1. Режим электромобиля. Уравнение тяговой мощности при таком режиме следующее $N_T = N_{Эм} = \eta_{Эм}\eta_{ин}N_{АКБ}$ (8)

где, $N_{АКБ}$ - мощность АКБ.

2. Режим работы с остановленным генератором. В таком случае, выходная тяговая мощность будет выражена следующим образом:

$$\omega_G = 0, \quad \omega_{Эм} = \frac{1+\alpha}{\alpha}\omega_{об}, \quad N_{Эм} = 0, \quad N_T = N_D^э = \frac{\alpha}{1+\alpha}M_D\omega_{Эм} = M_D\omega_D \quad (9)$$

В уравнении (9) не учтена реактивная мощность, требуемая для контролирования генератором в остановленном режиме. Для того, чтобы удерживать ротор генератора в неподвижном состоянии необходимо применить дополнительное замковое устройство с реактивным крутящим моментом

$$\text{равным } M_G = \frac{1}{1+\alpha}M_D \quad (10)$$

3. Режим вращения генератора с положительной угловой скоростью. Соответственно уравнениям (4-7), тяговая мощность привода

$$N_T = M_D \left(\frac{\alpha}{1+\alpha}\omega_{Эм}(1-\eta_{Эм}\eta_G\eta_{ин}) + \eta_{Эм}\eta_G\eta_{ин}\omega_D \right) - N_z \quad (11)$$

если считать, что $\omega_G = (1+\alpha)\omega_D - \alpha\omega_{Эм}$, то тяговую мощность можно выразить следующим образом:

4. Режим вращения генератора с отрицательной угловой скоростью. В таком случае тяговая мощность привода может быть определена следующим образом:

$$\begin{aligned} N_T &= \frac{\alpha}{1+\alpha}M_D\omega_{Эм} + \frac{1}{\eta_{Эм}\eta_G\eta_{ин}}\frac{1}{1+\alpha}M_D\omega_G = \\ &= M_{об} \left(\frac{\alpha}{1+\alpha} \left(1 - \frac{1}{\eta_{Эм}\eta_G\eta_{ин}} \right) \omega_{Эм} + \frac{1}{\eta_{Эм}\eta_G\eta_{ин}} \omega_D \right) \end{aligned} \quad (12)$$

5. Динамический режим. В таком случае, тяговая мощность привода

$$N_T = M_D \left(\frac{\alpha}{1+\alpha}\omega_{Эм}(1-\eta_{Эм}\eta_G\eta_{ин}) + \eta_{Эм}\eta_G\eta_{ин}\omega_D \right) + \eta_{Эм}\eta_{ин}N_{АКБ} \quad (13)$$

Проведенный анализ показывает, что трансмиссия с планетарным механизмом и электрическими силовыми установками может действовать подобно бесступенчатой передачи и контролируя угловую скорость ДВС может позволить управлять им в эффективной рабочей зоне по топливной экономичности и экологичности.

Литература:

1. Филичкин Н.В. «Синтез планетарных коробок передач с двумя степенями свободы» Челябинск, Южно-Уральский Государственный Университет, 2007.
2. Нарбут А.Н. «Подвижной состав автомобильного транспорта» (Рабочие процессы и расчет механизмов и систем автомобилей) Москва, МАДИ, 1978.