

СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ ГИБРИДНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Юденков В.С.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Одними из главных направлений развития автомобильного транспорта на данный момент являются повышение экономичности и экологической безопасности. Мировой опыт показывает, что наиболее перспективными в этом направлении является использование альтернативных видов топлива и разработка гибридных силовых установок. Такие установки позволяют оптимизировать режим работы ДВС, и аккумулировать излишки кинетической энергии транспортного средства (ТС) при торможении, что оказываются чрезвычайно эффективными в городском цикле движения. Упрощенная схема силовой установки гибридного ТС приведена на рис. 1.

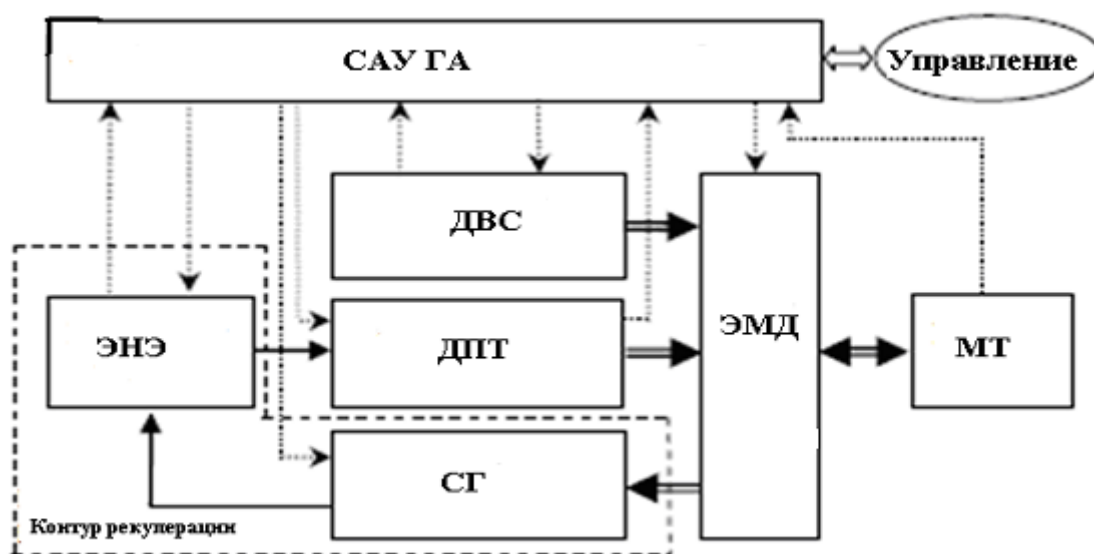


Рис. 1. Функциональная схема силовой установки гибридного ТС

Основным двигателем гибридного ТС является двигатель внутреннего сгорания ДВС. В качестве вспомогательного двигателя используется либо синхронный двигатель переменного тока, либо двигатель постоянного тока ДПТ. Контур рекуперации энергии состоит из синхронного генератора СГ, электрического накопителя энергии ЭНЭ и электромеханического дифференциала ЭМД. Ключевым элементом гибридной силовой установки является распределитель мощности ЭМД, обеспечивающий перераспределение потоков мощности между механической трансмиссией автомобиля МТ, основным двигателем, вспомогательным двигателем ДПТ и контуром рекуперации энергии ЭНЭ. Задача синтеза САУ гибридного ТС может быть сформулирована следующим образом. При всех

допустимых изменениях тягово-скоростного режима обеспечить управление частотой вращения коленчатого вала ДВС, минимизирующее потери мощности в электромеханической системе и накопителе энергии при наличии ограничений на управляющие воздействия. Сложность разработки оптимального управления заключается в нелинейности самого управляемого объекта, а также в комплексности критерия оптимальности. Использование в системах управления цифровых П-, ПИ-, ПИД-регуляторов не даёт существенного улучшения качества процесса при отработке больших рассогласований по скорости или по положению, и не обеспечивает экономию энергетических ресурсов. Для улучшения работы в этих режимах целесообразно применять комбинированную систему (алгоритм) с изменяемой структурой. При малых рассогласованиях работает оптимальная стабилизация (ПИД-регулятор). При больших рассогласованиях происходит переключение структуры и в работу включается цифровой регулятор (алгоритм) для оптимизации системы в «большом». Первоначальным этапом синтеза является определение критерия качества управления, например по минимальному потреблению энергии $W(t)$:

$$I = \lambda_1 W(T) + \lambda_2 T = \int_0^T (\lambda_1 p(t) + \lambda_2) dt = \int_0^T F(t) dt \rightarrow \min, \quad (1)$$

где λ_1, λ_2 – множители Лагранжа, $p(t)$ - мгновенная мощность с системе.

Затем используя асимптотическую процедуру оптимизации режима отработки скачка задания скорости получаем уравнения оптимального регулятора для данного критерия качества [1]. Если критерий качества имеет вид:

$$I = \int_0^T (i_1^2 R_1 + \mu_c v + \lambda) dt \rightarrow \min \quad (2)$$

где μ_c, R_1, i_1, v – момент статического сопротивления, сопротивление якоря, ток, скорость двигателя соответственно в относительных единицах, то используя магистральный метод оптимизации, получаем оптимальное управление:

$$i^* = \mu_c \pm \sqrt{\mu_c^2 + \frac{v}{R_1} (\mu_c - \lambda)} \quad (3)$$

Моделирование показало физическую реализуемость данного регулятора, а экономия в электроэнергии за время разгона доказало целесообразность использования регулятора.

1. Панасюк В.И., Ковалевский В.Б., Политыко Э.Д. Оптимальное управление в технических системах. – Мн.: Навука и тэхніка, 1990. – 272 с.