

## АНАЛИЗ РАБОЧИХ РЕЖИМОВ БОЛЬШЕГРУЗНОГО АВТОМОБИЛЯ С ТЕПЛОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ

Богданов К.Л., Лайко Е.М.

В настоящее время в мире ведутся интенсивные поиски новых подходов к разработке систем тягового привода автомобилей. Ключевыми вопросами при этом являются экологическая безопасность транспорта и экономия моторного топлива. Наиболее реальный способ достижения высоких показателей при решении этих вопросов является применение комбинированных энергетических установок (КЭУ).

Задача настоящего анализа – методика исследования рабочих режимов тягового привода на базе теории силового потока (ТСП).

Применительно к карьерным большегрузным автомобилям (самосвалам) для открытых разработок при добыче полезных ископаемых и рассматриваемой возможности их использования для строительства автомобильных дорог, ездовой цикл формируется из нескольких характерных участков движения работы привода, как – то: стоянка при погрузке, разгон, движение с грузом в забое и на подъеме, движение по поверхности, торможение, стоянка при разгрузке, разгон и обратное движение.

Рассматривая последовательную кинематическую схему ТЭА с КЭУ можно выделить следующие основные режимы работы привода.

Гибридный способ – энергия от двигателя/генератора и АБ поступает в тяговый электродвигатель (рисунок 1).

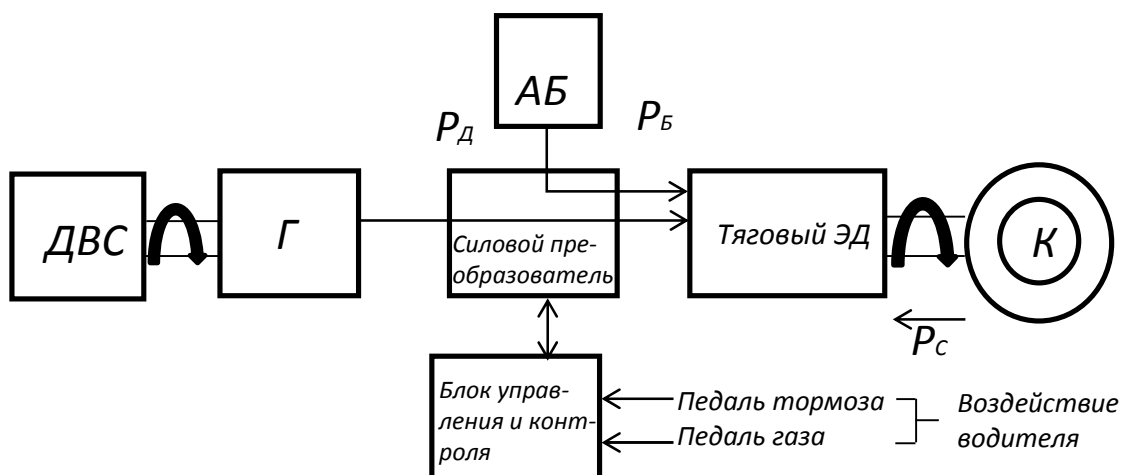
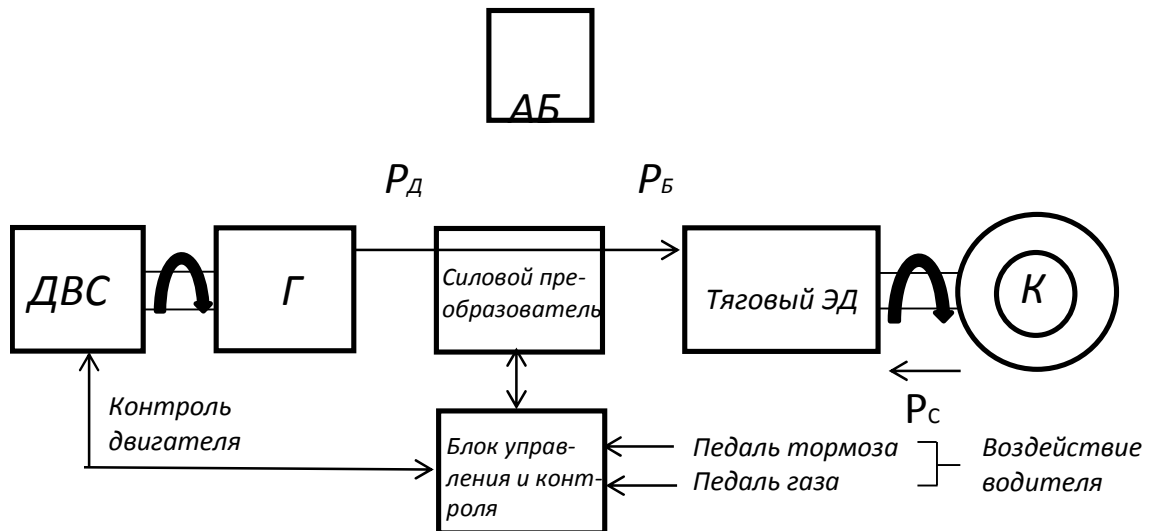


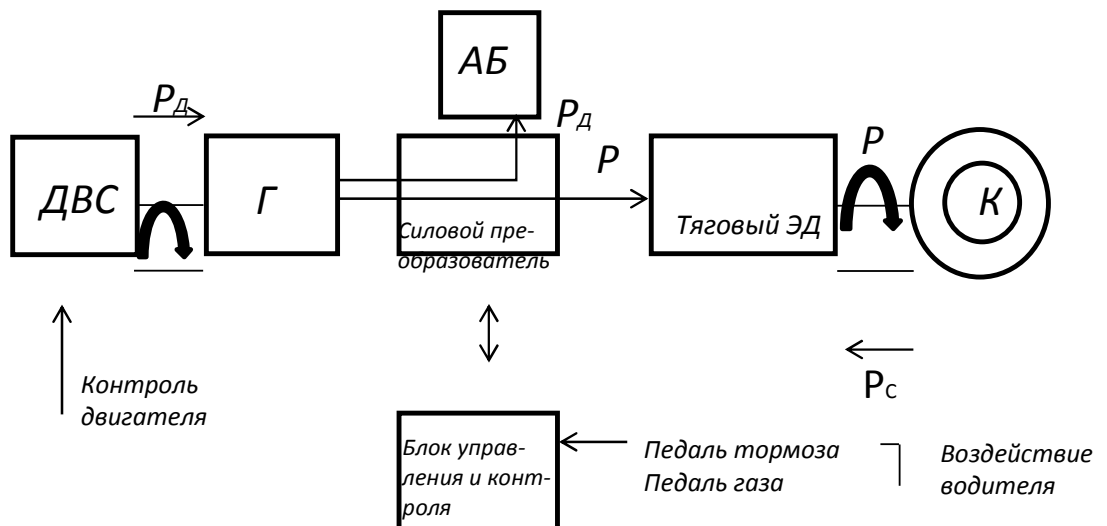
Рисунок 1 - Гибридный способ работы привода

Машинный способ – сила тяги транспортного средства обеспечивается двигателем/генератором через систему Г-Д. Батарея не поставляет энергию. Электрические машины передают энергию от двигателя до ведущих колес (рисунок 2).



**Рисунок 2 - Машинный способ работы привода**

Способ машинной тяги и заряд батареи: двигатель/генератор поставляет энергию для заряда батареи и движения транспортного средства (рисунок 3).



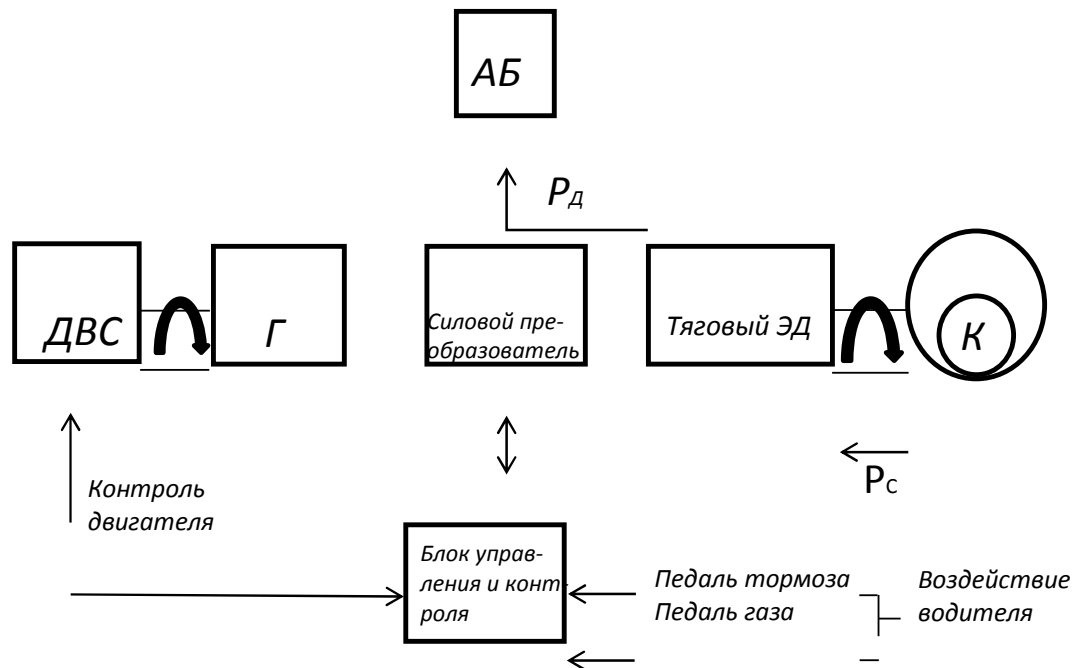
**Рисунок 3 - Способ машинной тяги и заряд батареи**

Генераторный способ торможения: двигатель/генератор выключен, тяговый двигатель работает генератором. Произведенная энергия используется для заряда батарей (рисунок 4).

Электрический способ – двигатель выключен, и транспортное средство движется только от АБ, поставляющий энергию ЭД.

Способ заряда батареи – тяговый двигатель не получает энергии, а мотор/генератор заряжает батарею.

Способ гибридного заряда батареи – и двигатель-генератор, и тяговый двигатель, работающий как генератор, заряжают батарею.



**Рисунок 4 - Генераторный способ торможения**

Ввиду отделения ДВС от ведущих колес в последовательной схеме ТЭА скорость и момент теплового двигателя не зависят от требований к скоростному и силовому факторам тягового электродвигателя и с помощью системы управления могут быть установлены таким образом, чтобы ДВС работал в оптимальном диапазоне с минимальным расходом топлива и объемом выброса отработавших газов.

В общем случае работа системы управления сводится к выбору необходимого эксплуатационного режима работы привода и управлению в нем силовыми потоками в соответствии с реализуемой стратегией и отмеченными ниже программами их проведения:

В гибридном режиме работы двигатель/генератор и источник максимальной мощности обеспечивают совместное питание тягового электродвигателя, а силовые движущие потоки двигателя и батареи складываются.

$$P = P_d + P_b = P_c,$$

где  $P$  – мощность запрашиваемая водителем.

Водитель нажимает на педаль газа. Система управления обеспечивает работу двигателя в оптимальном рабочем диапазоне с минимальным уровнем расхода топлива и выбросов.

В режиме движения от ДВС (в нормальных дорожных условиях) при отключенной батарее управление приводом сводится к управлению силовым движущим потоком установки Д/Г, уравниваемым потоком сопротивления движению при заданной величине мощности, запрашиваемой водителем.

$$P = P_d = P_c.$$

В режиме движения от Д/Г при одновременном заряде АБ силовой поток делится на две части:

$$P = P_d + P_b P = P_c.$$

Управление приводом при контроле уровня заряда АБ.

В режиме генераторного способа торможения тяговый электродвигатель работает генератором, конвертируя часть кинетической энергии массы автомобиля в электрическую энергию для заряда АБ.

Каждому режиму соответствуют силовые потоки, направления которых показаны стрелками на рисунке 5.

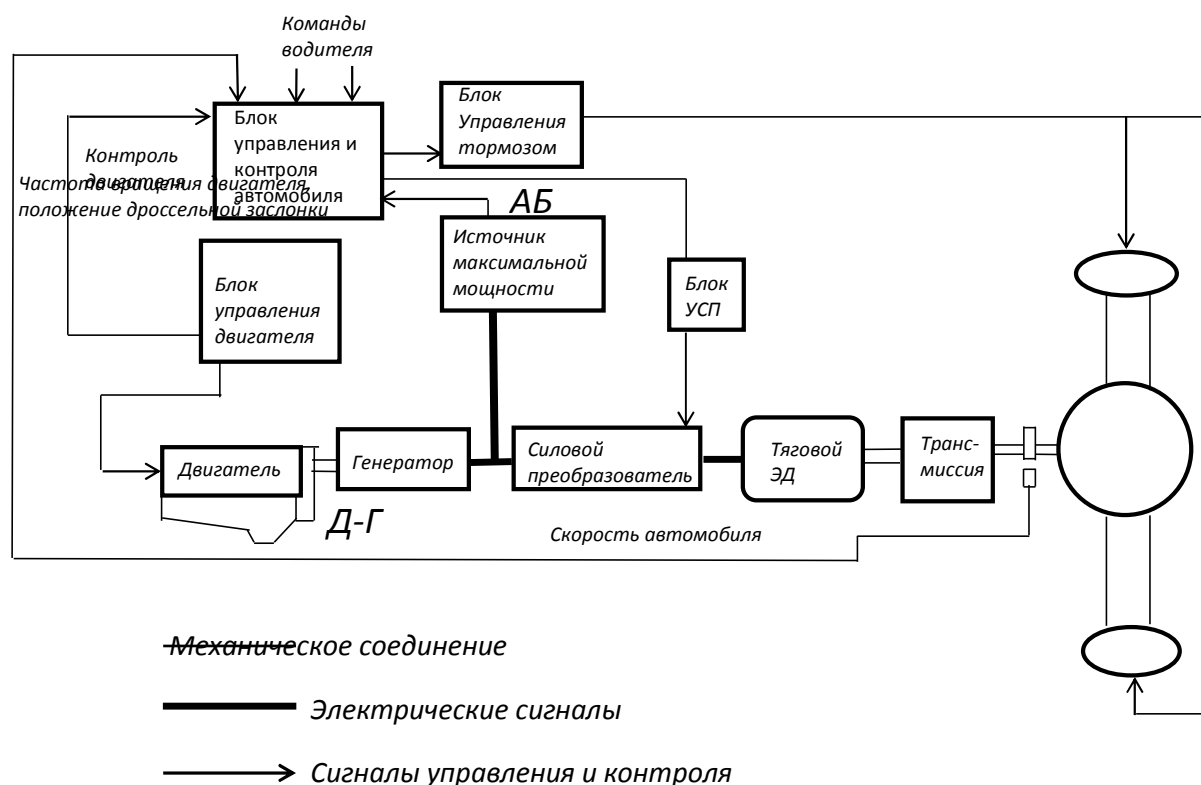


Рисунок 5 - Функциональная схема ТЭА с КЭУ

Кроме компонентов силовой части ТЭП в состав схемы включены блок управления и контроля автомобиля (БУК), блоки управления тепловым и тяговым электродвигателями и блоки контроля работы отдельных элементов схемы. Блок управления и контроля автомобиля является главным, центральным блоком системы, на который поступают команды оператора (водителя). Сигналы с БУК направлены к местным блокам управления тепловым двигателем и силовым преобразователем ТЭД, а сигналы контроля - за работой ДВС, ТЭД и тормоза – в обратном направлении. На БУК поступают также сигналы об уровне заряда АБ и скорости автомобиля.

Повышение требований, предъявляемых к эксплуатационным показателям карьерных самосвалов обуславливают необходимость совершенствования их конструктивного исполнения и системы тягового электропривода. Так, например, БелАЗ создал принципиально новый тяговый электропривод переменного-постоянного

тока с программированным контроллером в системе управления. Перспективным решением является также частотно-управляемый привод переменного тока.

Применяемая в карьерных самосвалах большой грузоподъемности последовательная кинематическая схема позволяет использовать для повышения их тягово-динамических, экономических и экологических характеристик новые конструктивные решения и компоновки.

В гибридном приводе с мотор-колесами общее снижение массы за счет ликвидации механических элементов трансмиссии (даже с учетом дополнительной установки мотор-генератора и буферного накопителя) может быть значительным. Это приводит к уменьшению требуемой мощности ДВС и дополнительной экономии топлива.

### **Список информационных источников**

- [1] Богданов К. Л. Тяговый электропривод автомобиля. Учебное пособие. М. МАДИ. 2010 г.
- [2] Ксеневич М. П., Изосимов Д. Б. Идеология проектирования электромеханических систем для гибридной мобильной техники. Журнал «Тракторы и сельскохозяйственные машины». М. 2007 г.