

Богаевский Александр Борисович, д. т. н., профессор, Харьковский национальный автомобильно – дорожный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАТРАТ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ В ПРОЦЕССЕ РАЗРЯДА/ЗАРЯДА АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ ПРИ ЗАПУСКЕ МОЩНОГО ТРАНСПОРТНОГО ДИЗЕЛЯ

Среди суммарных затрат энергоресурсов в эксплуатационной работе промышленного большегрузного транспортного средства (например, карьерный самосвал на 80 и 120 тонн или тепловоз) отдельно стоят затраты топлива на запуск дизеля. В литературе не встречается оценка доли затрат топлива при пуске в общем эксплуатационном расходе, очевидно в силу ее незначительности. В то же время, каждый запуск представляет собой существенную энергетическую нагрузку на такой важный элемент как аккумуляторная батарея (АБ), на восстановление заряда которого после пуска требуются определенные затраты топлива.

Существующие системы учета топлива не в состоянии регистрировать указанные топливные затраты, а также оценивать возможное снижение затрат топлива в процессе пуска.

Целью работы является определение теоретическим путем уровня энергозатрат при запуске мощного транспортного дизеля (мощность более 1000 кВт) и заряде аккумуляторной батареи после запуска. Решение подобной задачи экспериментальным методом потребует существенных материальных и временных затрат из – за наличия среди элементов исследования аккумуляторной батареи. Полученные результаты позволят детализировать и возможно упростить алгоритмы систем управления и контроля тепловоза.

Проведенное теоретическое исследование энергозатрат предполагает учет параметров АБ как элементов электрической цепи большегрузного транспортного средства при совместной работе со стартером (генератором) на борту. Важнейшими из таких параметров АБ являются внутреннее сопротивление, напряжение на зажимах, которые изменяются в процессе разряда/заряда, зависят от степени заряженности, температуры окружающей среды и т.д. Предлагаемые методики определения внутреннего сопротивления, в частности, требуют сложного аппаратного обеспечения, длительного экспериментального исследования каждой АБ.

Процесс запуска, как известно, реализуется как за счет энергии аккумуляторной батареи (АБ), так и за счет подачи топлива регулятором частоты вращения. За счет энергии АБ осуществляется предпусковая подготовка в течение времени до 60 с (прокачка масла и топлива), а также пусковое вращение коленчатого вала дизеля от стартера или от генератора, включенного в режиме стартера. Время работы стартера составляет не более 12-14 с. После запуска двигателя следует технологически необходимый отрезок времени работы дизеля на холостом ходу. В течение этого времени восстанавливается энергия и напряжение на АБ, осуществляется прогрев дизеля

до необходимой температуры охлаждающей жидкости или масла, контролируется давление в тормозной системе и другие параметры.

Таким образом, величину затрат на запуск $B_{з\text{АП}}$ можно представить в виде

$$B_{з\text{АП}} = (g_{\text{П}} \cdot t_{\text{П}} + g_{\text{ХХ}} \cdot t_{\text{Т.ХХ}}) \cdot n, \quad (1)$$

где $g_{\text{П}}$ –расход топлива на запуск в процессе вращения стартера; $g_{\text{ХХ}}$ –расход топлива дизеля на холостом ходу в течение технологически необходимого времени после пуска; $t_{\text{П}}$, $t_{\text{Т.ХХ}}$ – время вращения стартера и технологически необходимое время работы дизеля на холостом ходу после пуска соответственно; n - количество запусков мощного дизеля за смену.

Анализ составляющей $g_{\text{П}}$ в выражении (1) позволяет сделать вывод, что эта величина зависит от технического состояния дизеля и его подсистем, участвующих в пуске, и от состояния (степени заряженности) АБ. Так, несостоявшийся из-за несоответствующего технического состояния дизеля запуск приводит помимо потерь топлива и к снижению энергии АБ. Поэтому следующий запуск будет происходить в худших условиях с точки зрения энергетического состояния АБ. Составляющая $g_{\text{П}}$ может быть уменьшена существенно за счет применения соответствующих алгоритмов управления подачей топлива во время пуска.

Для определения технологически необходимого времени работы мощного транспортного дизеля на холостом ходу необходимо оценить расход энергии АБ при пуске, а также в процессе восстановления заряда АБ после запуска дизеля. В процессах разряда – заряда АБ необходимо иметь закономерности изменения внутреннего сопротивления как при разряде АБ, так и при ее заряде.

При расчете электрических параметров на каждом из последовательных циклов запуска необходимо учитывать напряжение и внутреннее сопротивление АБ на начало цикла с учетом степени разряда. Каждый последовательный запуск снижает степень заряженности АБ примерно на 5 %.

Возврат энергии в АБ при заряде после запуска обеспечивается от тепловозного регулятора напряжения, который формирует постоянное бортовое напряжение величиной до 110 В. На величину тока в цепи заряда влияют как напряжение на клеммах батареи, так и сопротивление цепи заряда АБ. Напряжение на клеммах АБ в процессе возврата энергии изменяется в сторону увеличения по мере роста степени заряженности. Сопротивление заряда состоит из постоянного ограничивающего балластного сопротивления $R_{\text{бал}}$ и внутреннего сопротивления заряда АБ $r_{\text{АБ}}$.

При выполнении исследований учитывалось, что в АБ должна быть запасена энергия на 10–12 последовательных запусков. При этом степень разряда батареи не должна быть более 0,5, так как в противном случае в батарее будут иметь место невосстановимые в процессе заряда разрушения. Энергия, запасаемая в АБ на 10–12 последовательных запусков мощного транспортного дизеля должна составлять величину 5710 – 6852 Вт·час.