

РЕГУЛИРОВАНИЕ ОТКЛЮЧЕНИЯ ЦИКЛОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Поликер Б.Е., Михальский Л.Л., Азбель А.Б.¹, Аникин С.А.² Чухчин Н.Ф.³
ЗАО «Дизель-КАР»,¹ ФГУП «НАМИ»,² Холдинг «РусПромАвто»,
³ОАО «НАТИ», г. Москва

Предложенные ЗАО «Дизель – КАР» способ и устройство частотно-импульсного регулирования безнаддувных дизельных двигателей электроагрегатов позволяет обеспечивать поддержание усредненного коэффициента избытка воздуха в их цилиндрах на всех нагрузочных режимах при постоянной частоте вращения вала силового генератора.

В нормальных условиях и номинальном скоростном режиме ($n_{дв} = 750, 1500, 3000 \text{ мин}^{-1}$) оптимизации работы промышленного дизельного двигателя по различным критериям – топливной экономичности, экологии - достигается за счет согласования постоянного импульса цикловой подачи топлива с постоянным импульсом расхода воздуха. Регулирование крутящего момента осуществляется частотно-импульсной модуляцией цикловой подачи топлива при поддержании постоянной частоты вращения вала двигателя. Однако требования по улучшению удельных показателей по металлоемкости, мощности, топливной экономичности, токсичности отработавших газов (ОГ), обеспечению номинальной мощности на высотах эксплуатации выше 1000 – 4000 м над уровнем моря вызывают необходимость установки устройства подачи дополнительного воздуха.

Анализ работы промышленных дизельных двигателей в различных условиях эксплуатации показал, что оптимальное согласование систем наддува с рассмотренными выше способом и устройством частотно-импульсного регулирования цикловой подачи топлива промышленных дизельных двигателей целесообразно осуществлять только на основе электроуправляемых систем наддува, осуществляющих поддержание постоянной цикловую подачу воздуха не только на всех нагрузочных режимах, но и не независимо от давления и температуры окружающей среды (высоты над уровнем моря). В этой связи рассматриваются вопросы согласованного регулирования по выбранному критерию оптимальности работы двигателя системы топливоподачи и воздухообеспечения промышленных дизельных двигателей электроагрегатов. Система должна обеспечивать поддержание оптимальным коэффициентом избытка воздуха при различных нагрузочных режимах и разнообразных высотах эксплуатации над уровнем моря.

Традиционные системы импульсного регулирования топливоподачи дизельного двигателя осуществляют изменение его мощности путем пропуска такта впрыска топлива в цилиндры на один цикл поочередно через равные интервалы времени. В результате не обеспечивается оптимизация поддержания коэффициента избытка воздуха на различных режимах дви-

двигателя, что исключает возможность улучшения экономических, экологических характеристик. Одновременно затруднено обеспечение номинальной мощности двигателя на высотах свыше 1000 м. По нашим исследованиям номинальная мощность дизельных двигателей на высоте 4000 метров над уровнем моря снижается до 35 – 40 %.

При поддержании постоянства частоты вращения вала дизельного двигателя электроагрегата и обеспечения его мощностных показателей независимо от высоты эксплуатации разработанная система автоматического регулирования позволяет согласованно управлять по двум каналам: топливоподачи и воздухообеспечения по выбранному критерию. По первому каналу регулирования осуществляется частотно-импульсное управление процессом впрыска топлива в цилиндры на основе оптимизированной постоянной цикловой подачи, согласованной с постоянным расходом воздуха (давлением наддува) и определенным скоростным режимом [1]. Частота впрыска топлива определяется внешней электрической нагрузкой электроагрегата. Изменение требуемой мощности, соответствующей текущему режиму внешней нагрузки, в результате частотно-импульсного регулирования топливоподачи осуществляется изменением частоты пропусков такта впрыскивания топлива в цилиндры двигателя. Таким образом, при нормальных условиях эксплуатации (до 1000 м над уровнем моря) обеспечивается неизменность частоты вращения коленчатого вала, цикловой подачи топлива в цилиндры двигателя, коэффициента избытка воздуха α в работающих цилиндрах, по выбранному критерию и оптимизированный расход топлива для данной нагрузки. Регулятор частоты вращения вала использует информацию о нагрузке и частоте вращения вала силового агрегата по значениям эффективного тока нагрузки силового электрогенератора и частоте вырабатываемого им переменного тока. При изменении внешней нагрузки, например при ее снижении, возникает необходимость уменьшения мощности двигателя и соответственно генератора переменного тока. В связи с этим требуется уменьшить расход топлива, сохраняя при этом неизменной частоту вращения. Снижение расхода топлива достигается путем увеличения числа пропусков такта впрыскивания топлива в цилиндры, при этом цикловая подача топлива и коэффициент избытка воздуха α остаются неизменными в каждом рабочем такте. Пропуск тактов осуществляется в соответствии со штатным порядком работы цилиндров двигателя. При этом частотно-импульсное регулирование топливоподачи может быть осуществлено путем перепусков топлива из магистрали высокого давления с помощью электромагнитного клапана РНД, управляемого электронным контроллером, либо на основе системы «Common Rail». Для оптимизации регулирования мощности и частоты вращения вала дизельного двигателя дополнительно введен подчиненный регулятор мощности, входными параметрами которого являются выходной сигнал регулятора частоты

ты вращения вала двигателя и эффективные значения силы тока (мощности) нагрузки вырабатываемой силовым электрогенератором.

На рис. 1 приведена гистограмма частоты пропуска такта впрыска топлива в цилиндры дизельных двигателей, где заштрихованные части столбцов гистограммы показывают минимально допустимые частоты пропусков тактов впрыска топлива в цилиндры, обеспечивающих устойчивые частоты вращения коленчатого вала на холостом ходу электроагрегата.

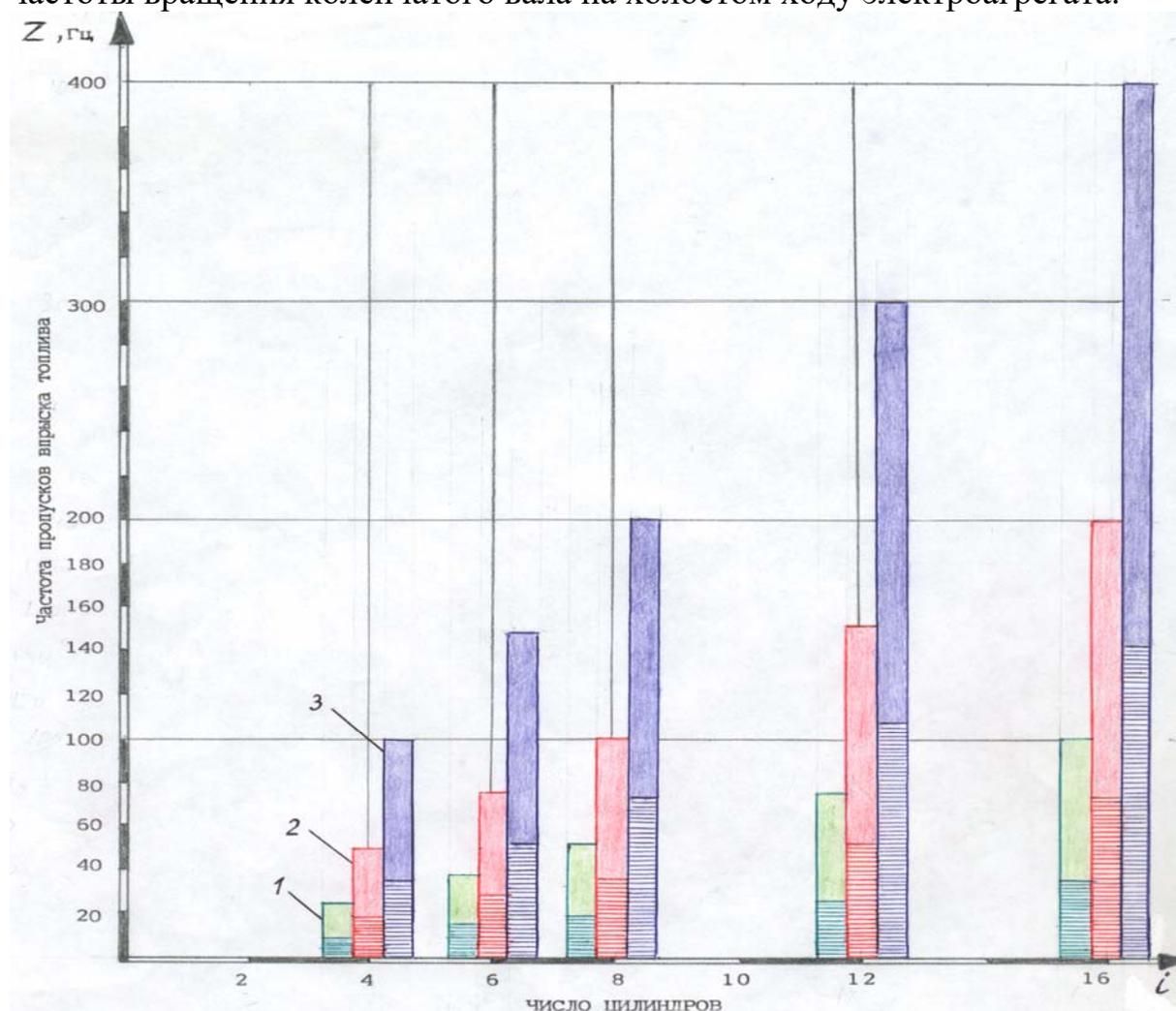


Рис.1. Гистограмма частоты пропусков такта впрыскивания топлива в цилиндры дизельного двигателя при стандартных частотах вращения n , мин⁻¹: 1 – 750; 2 – 1500; 3 – 3000

Применение регулирования с помощью пропусков впрыскивания топлива в цилиндры решает задачу снижения дымности ОГ и выброса сажи на частичных режимах и холостом ходу, так как с увеличением пропуска тактов впрыскивания топлива увеличивается количество свежего продувочного воздуха, отбрасываемого в выпускной коллектор, т.е. автоматически происходит «дожигание» несгоревшего топлива отбрасываемым продувочным воздухом неработающих цилиндров без дополнительной затраты энергии и повышение энергии ОГ для турбины турбокомпрессора.

С целью обеспечения мощностных, экономических и экологических показателей на всех переходных режимах и высотах эксплуатации выше 1000 метров над уровнем моря посредством поддержания оптимальным коэффициентом избытка воздуха по второму каналу регулирования двигателя осуществляется управление компрессором от электропривода с обратной связью по частоте вращения вала компрессора. Задающие устройства контура регулирования производительности (частоты вращения вала) компрессора рассчитывают оптимальное значение давления наддувочного воздуха $P_{вп}^{опт}$ для обеспечения требуемого коэффициента избытка воздуха α , а корректирующее устройство рассчитывает поправку в зависимости от изменения давления P_0 и температуры T_0 окружающей среды $\Delta P = f(P_0, T_0)$. Результат сравнения подается на контур регулирования электроуправляемого компрессора и последний в зависимости от изменения P_0, T_0 (высоты эксплуатации электроагрегата) осуществляет повышение или понижение давления надувочного воздуха $P_{вп}$. Проведенный анализ мощностного и теплового балансов дизельных электроагрегатов [2] показал, что утилизация тепла ОГ, целесообразно осуществлять на основе силовой турбины. В настоящее время имеется существенный опыт в разработке подобных систем с использованием регулируемых систем турбонаддува [3,4]. На рис. 2 представлены расчетные схемы турбокомпаундных дизельных двигателей с силовой турбиной, регенерирующей энергию ОГ непосредственно на дизельный двигатель. Положительная роль турбины особенно возрастает при высоких нагрузках на двигатель. Одновременно эффективность системы утилизации резко повышается при высоких суммарных КПД турбины и редуктора ($\eta_{т ред} = 0,75-0,9$). При этом целесообразно применять турбины малой размерности с использованием рабочего цикла с продленным расширением. В результате перепад давления $\pi_{т2}$ на силовой турбине будет тем более существенен, чем круче характеристика основной турбины $\pi_{т1}$ и выше номинальная частота вращения двигателя $n_{дв}$ (рис.3,а) [4].

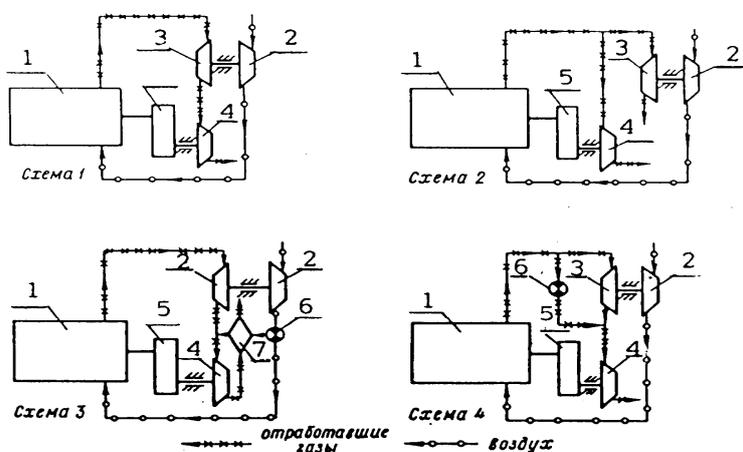


Рис.2. Варианты схем дизельных двигателей с силовой турбиной:
 1 – поршневая часть двигателя; 2 – компрессор; 3 – турбина турбокомпрессора; 4 – силовая турбина; 5 – редуктор; 6 – перепускной клапан; 7 – регенератор

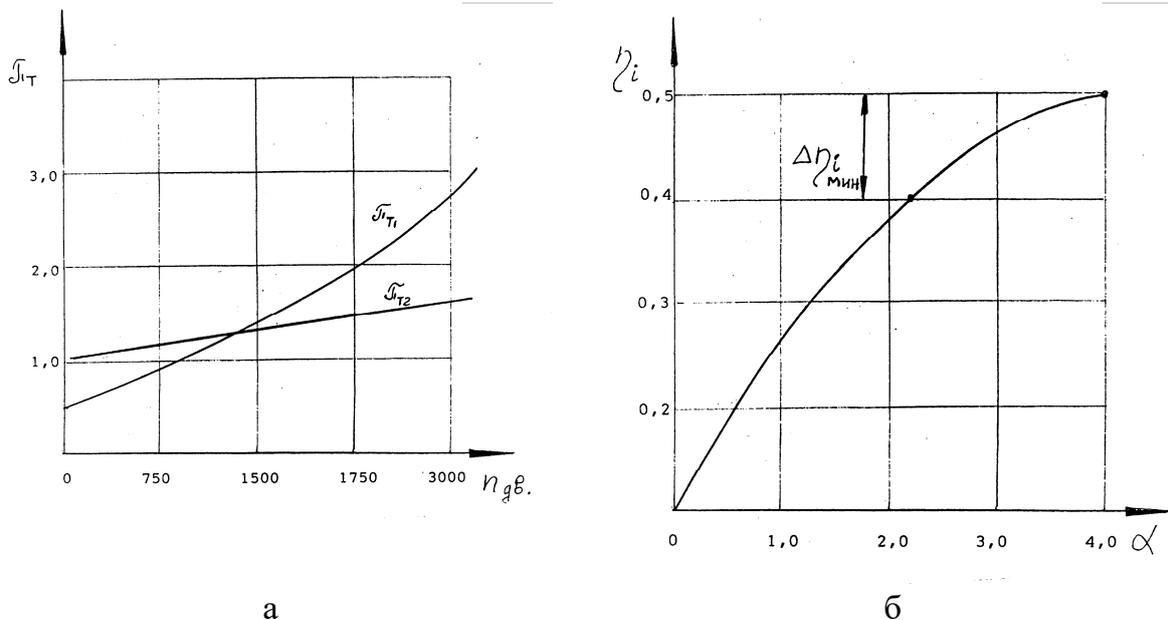


Рис.3. Скоростная характеристика совместной работы основной и силовой турбины (а) и согласование работы силовой турбины с дизельным двигателем по минимуму потерь индикаторного КПД (б)

Представляет существенный интерес использование силовой турбины, работающей на дополнительный электрогенератор для питания электронакопителей и аккумуляторов дизельного электроагрегата (рис.4). Следует отметить, что силовая турбина увеличивает насосные потери двигателя и при согласовании ее с двигателем необходимо минимально поступиться индикаторным КПД двигателя η_i при снижении рабочих значений коэффициента избытка воздуха до 2,0 – 2,5, рис.3,б.

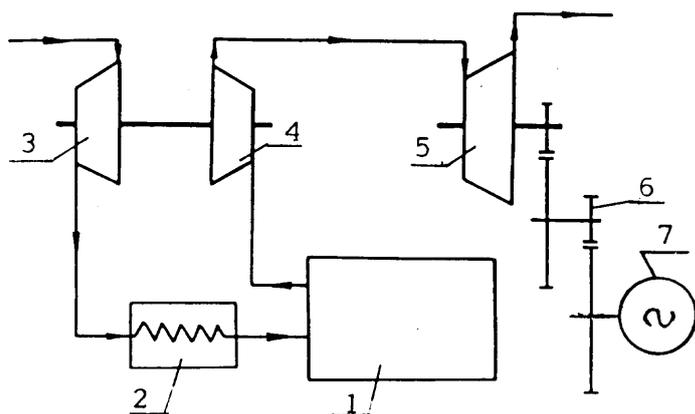


Рис.4. Схема турбокомпаундного дизельного двигателя: 1 – двигатель; 2 – охладитель наддувочного воздуха; 3 – компрессор агрегата наддува; 4 – турбина агрегата наддува; 5 – силовая турбина; 6 – редуктор; 7 – электрогенератор

Мощность силовой турбины может достигать 12 – 18 % от мощности дизельного двигателя. Применение силовой турбины усложняет конструкцию силовой установки, но дает возможность существенно повысить ее мощность и топливную экономичность. Целесообразность применения си-

ловой турбины возрастает с повышением мощности дизельного двигателя, начиная со 100 – 120 кВт.

ЛИТЕРАТУРА

1. Поликер Б.Е. и др. Частотно-импульсное регулирование режимов работы дизельного двигателя в составе электроагрегата // Мобильная техника, 2004, № 2.

2. Поликер Б.Е. и др. Системный подход к методам оптимальной конвертации тракторных дизелей для электроагрегатов и теплоэлектростанций / Тракторы и сельхозмашины, 2004, № 10.

3. Михальский Л.Л. и др. Улучшение показателей работы двигателей с помощью регулируемых систем топливоподачи и воздухообеспечения // Повышение экономичности тракторных и комбайновых двигателей: сб. трудов НПО ЦНИТА. – Л., 1987.

4. Азбель А.Б. и др. Оценка экономичности применения регулируемой системы турбонаддува // Повышение экономичности тракторных и комбайновых двигателей: сб. трудов НПО ЦНИТА. – Л., 1987.

ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЕДИНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА ПДВС

Шатров М.Г.

Московский автомобильно-дорожный институт, г. Москва

Мы живем в быстроизменяющемся мире. Это объясняется объективными процессами, происходящими в нем. Так рост объема знаний, по крайней мере, его тиражирование, удваивается по оценкам отдельных специалистов от 2 до 5 лет. Повышается сложность технических объектов при естественном сокращении их жизненного цикла.

В настоящее время резко возрос уровень технологической поддержки реализации конструкторских идей. Технология производства технических систем из тормоза становится мощным инструментом их совершенствования.

ДВС – СТС, основная энергетическая установка транспортных средств. Развитие двигателя диктует необходимость совершенствования его качеств, при объективной тенденции сокращения сроков всех этапов жизненного цикла двигателя: от его создания, что определяется потребностями конкурентоспособности продукции, до его эксплуатации в силу снижения потребительских качеств относительно позже создаваемых образцов новой техники, а также в результате естественного старения.

Достижение требуемых высоких показателей сложных технических систем (СТС), к которым несомненно относится ПДВС, возможно за счет углубления интеграции отдельных элементов системы и высокоинтеллек-