

Турбоэлектродвигатель: возможности, конструкция и перспективы

д.т.н. проф. Каминский В.Н., Лазарев А.В., Каминский Р.В., Сибиряков С.В.
 Университет машиностроения, НПО «Турботехника»,
turbo@kamturbo.ru

Аннотация. В статье описывается система наддува на основе гибридного турбокомпрессора, её преимущества перед обычным турбокомпрессором, конструкция, характеристики, принцип работы. Представлено описание системы управления турбоэлектродвигателем.

Ключевые слова: гибридный турбокомпрессор, турбоэлектродвигатель, наддув, ТЭК, ОЭМ

Статистика показывает, что в городе водитель значительную долю времени тратит на остановки, разгоны и торможения, и только примерно 1/5 всего времени - это равномерное движение. Таким образом, часть энергии, не востребованная на одних режимах, но необходимая на других, безвозвратно теряется (рисунок 1). Это можно в определенной степени исправить при возможности передавать избыточную энергию на постоянный дополнительный потребитель, который мог бы ее аккумулировать с последующей передачей нуждающемуся потребителю.

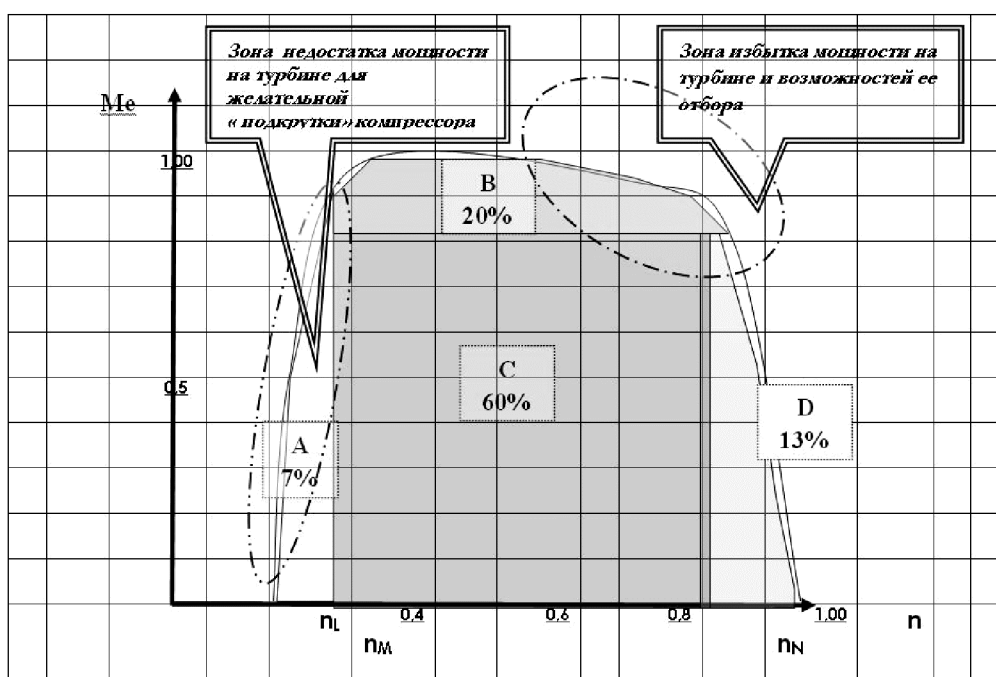


Рисунок 1 – Принципиальная ВСХ двигателя с зонами возможной регулировки

Сегодня вопрос подачи в цилиндр двигателя топлива в нужный момент и в нужном количестве решен за счет, например, системы COMMON RAIL, а дозированная подача воздуха в необходимый момент времени до сих пор является проблемой. Для решения этой проблемы, а также задачи полезной утилизации избыточной мощности турбокомпрессора многие ведущие мировые производители ТКР пошли по пути гибридизации агрегатов наддува.

Понятие HYBRID TURBOCHARGER TECHNOLOGY (HTT) давно и много дебатировалось в литературе, однако серийно выпускаемого силового агрегата с гибридным турбонагнетателем пока нет.

Рассмотрим конструкции гибридных турбокомпрессоров [1, 2, 3]. Компания Aeristech, созданная в 2006 г., предложила конструкцию, состоящую из трех отдельных узлов: турбины с генератором, компрессора с электродвигателем и блока управления и питания. Принцип работы следующий. Выхлопные газы на любом режиме подаются на турбину, на валу которой находится генератор. Электрическая энергия от генератора передается в блок управления и питания, где преобразуется и может подаваться как на электродвигатель, вращающий

компрессор, так и на зарядку аккумуляторной батареи (рисунок 2).

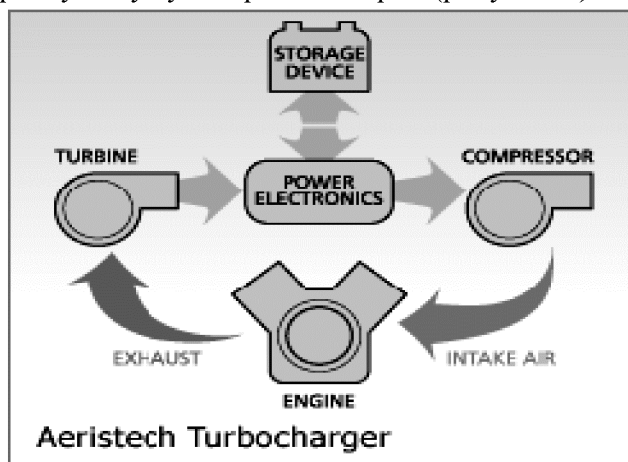
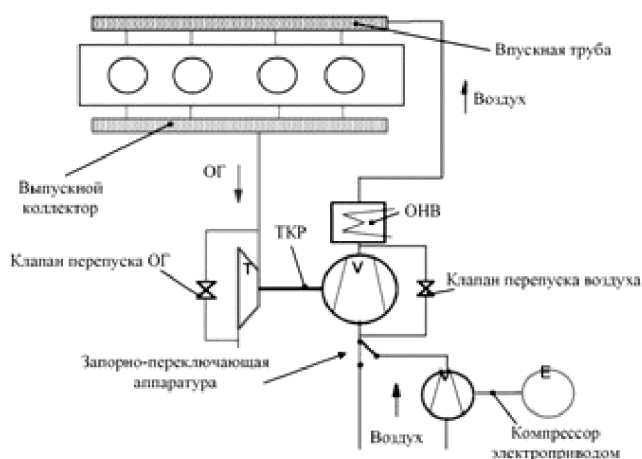
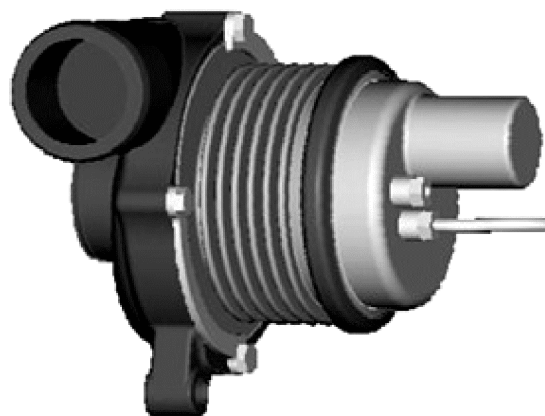


Рисунок 2 – Система наддува компании Aeristech

Конструкция, предложенная фирмой Borg Warner Turbo Systems, предусматривает наличие в составе турбокомпрессора электродвигателя, который может при необходимости «подкручивать» вал турбокомпрессора, получая энергию от аккумулятора, или вариант конструкции, где электродвигатель вращает дополнительный компрессор (рисунок 3).



Двигатель с системой наддува фирмы Borg Warner Turbo Systems



Компрессор с электродвигателем

Рисунок 3



Рисунок 4 – Турбоэлектродвигатель (без охлаждения)

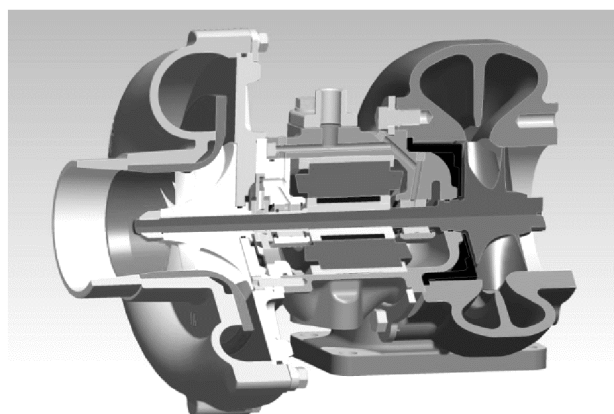


Рисунок 5 – 3D модель ТЭК в разрезе

Конструирование гибридного турбоэлектродвигателя (ТЭК) (рисунки 4, 5) [4] в НПО «Турботехника» проводилось при тесном взаимодействии со специалистами НПО «Эрга». За базу принят серийный турбоагрегат ТКР-100.

В предлагаемых вариантах ТЭК применена обратимая электрическая машина (ОЭМ), ротор которой объединен с валом ротора турбокомпрессора, а в корпусе подшипников установлен статор ОЭМ (рисунок 7).

Для охлаждения статора ОЭМ корпус подшипника имеет рубашку водяного охлаждения (рисунок 6).



Рисунок 6 – Турбоэлектрокомпрессор (с охлаждением)



Рисунок 7 – Вал ротора ТКР с ротором ОЭМ и статором ОЭМ

Характеристики обратимой электрической машины:

- номинальная мощность в режиме генератора - 10кВт;
- номинальные обороты ротора - 70000 об/мин;
- максимальные обороты ротора - 100000 об/мин;
- число фаз - три;
- число полюсов - два;
- номинальное напряжение - 110В;
- момент срагивания - 0,1 Н*м;
- коэффициент полезного действия не менее - 0,9.

Турбоэлектрокомпрессор - это лишь один из компонентов «Системы ТЭК». Для хранения, преобразования, защиты, обработки, передачи и получения информации, а также для организации взаимодействия всех компонентов системы необходим блок управления с оригинальным программным обеспечением и алгоритмом.

На рисунке 8 представлена принципиальная схема системы двигателя с ТЭК.

Блок управления и питания (БУП) турбоэлектрокомпрессора предназначен для выполнения трех основных задач:

- управления вращением обратимой машиной, используемой в режиме двигателя для «подкрутки» компрессора;
- преобразования электрической энергии, получаемой от обратимой машины, используемой в режиме генератора для зарядки аккумулятора (АКБ);
- коммутации избыточной электрической энергии на бортовую сеть автомобиля.

Функционально БУП состоит из следующих субблоков [5]:

- компьютер управления ТЭК (КУ).
- субблок вращения ОЭМ (СВО).
- субблок заряда АКБ (СЗА).

Компьютер управления ТЭК предназначен для управления субблоком вращения (СВО) и субблоком заряда (СЗА). Алгоритм управления ТЭК строится в зависимости от:

- состояния системы топливоподачи;
- состояния штатного датчика давления воздуха за компрессором;
- состояния датчиков давления и температуры масла, устанавливаемых на ТЭК;
- значения числа оборотов вращения ротора обратимой машины (вычисляется субблоком

вращения ОЭМ);

- информации о текущей энергетической обстановке автомобиля, получаемой от бортового компьютера EDC по шине CAN с использованием штатного протокола обмена данными, использующегося в общей информационной шине автомобиля.

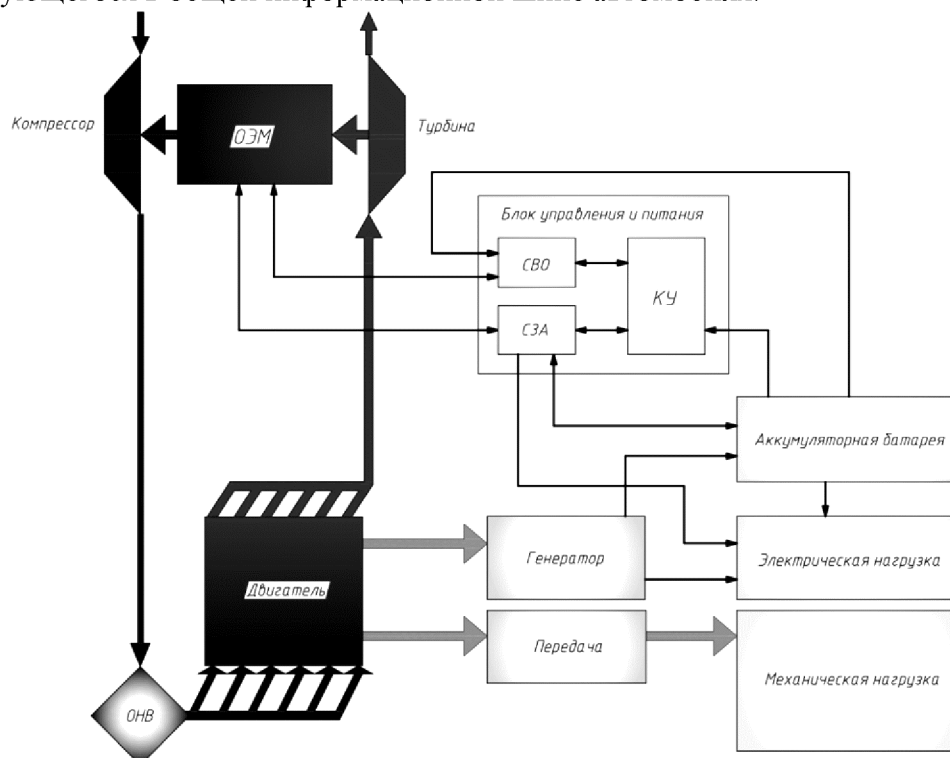


Рисунок 8 – Принципиальная система двигателя с ТЭК

Также функцией КУ является режим управления перенаправления потока электрической энергии, получаемой от ОЭМ, работающей в режиме генератора, в бортовую сеть автомобиля.

Субблок вращения ОЭМ предназначен для управления режимами вращения обратимой машины по командам прямого управления, получаемым от КУ. Этот блок контролирует частоту вращения ротора машины, не допуская выхода ее за установленные границы.

Субблок заряда АКБ предназначен для преобразования трехфазного напряжения, получаемого от обратимой машины, используемой в качестве генератора, в напряжение заряда АКБ. Осуществляет оптимальный заряд АКБ в соответствии с индивидуальным для каждого типа АКБ алгоритмом заряда. Субблок заряда работает под управлением КУ. Управление осуществляется по внутренней локальной шине CAN с использованием специального высокоскоростного протокола собственной разработки. Наличие трех разных субблоков дает возможность оптимального их размещения. Все субблоки построены на современной элементной базе с применением программируемых логических матриц, DSP-процессоров, объединенных в математический крейт и современных IGBT силовых ключей.

Предполагается, что система наддува с гибридным турбокомпрессором сможет компенсировать в определенной степени недостатки обычных ТКР, поскольку данная система [6]:

- дает возможность регулировать режим работы турбокомпрессора и получать его требуемые характеристики во всем диапазоне работы двигателя, что улучшает процесс сгорания топлива;
- позволяет рекуперировать энергию, которая сегодня выбрасывается в атмосферу с отработавшим газом при отборе на режимах избыточной мощности, и использовать ее для улучшения момента на низких частотах вращения двигателя;
- позволяет сократить расход топлива на режимах, близких к номинальной мощности за счет сокращения потерь тепла с отработанными газами, на низких частотах вращения

двигателя за счет улучшения протекания процесса;

- позволяет улучшить динамические параметры транспортного средства за счет увеличения момента двигателя и сокращения времени срабатывания системы наддува.

Если подвести итог, то мы видим, что «Система ТЭК» для применения в качестве гибридной силовой установки позволяет:

- повысить технико-экономические и эксплуатационные показатели поршневого двигателя;
- снизить токсичность отработавших газов;
- снизить эксплуатационный расход топлива;
- улучшить динамические характеристики двигателя.

По концепции и конструкции «Система ТЭК» - это продукт, не имевший ранее существовавших аналогов.

Производство данной системы позволяет характеризовать ее как наукоемкую и технологическую продукцию следующего поколения, имеющую высокий процент освоенных технологических, организационных решений, включая и логистику.

Производитель двигателя получит новый продукт с эксплуатационными характеристиками, выгодно отличающимися от потенциально существующих на рынке гибридных решений.

Наиболее выгодно применение ТЭК на двигателях автомобилей с динамичными циклами работы, например, на городском транспорте, а также на дорожной, строительной, военной, с/х и др. технике.

Литература

1. United State Patent № 6085527 «Magnet assemblies for motor-assisted turbochargers».
2. United State Patent № 5038566 «Power supply system for turbocharger with rotary electric machine»
3. United State Patent № 5074155 «Turbocharger with rotary electric machine»
4. Патент на полезную модель № 96182 «Турбоэлектрокомпрессор (Варианты)», 2010
5. Пинский Ф.И., Давтян Р.И., Черняк Б.Я. Микропроцессорные системы управления автомобильными двигателями внутреннего сгорания. Учебное пособие. М., «Легион-Автодата», 2002.
6. Работа политехнического института г. Турин, Италия совместно с компаниями Iveco S.P.A, Италия и Holset Turbochargers, Великобритания, 2005.

Информационный поиск с целью определения направлений развития двигателестроения для конкретного региона (Республика Казахстан)

Ким В.В., д.т.н. проф. Каминский В.Н.

Университет машиностроения, НПО «Турботехника»,
turbo@kamturbo.ru

Аннотация. Представлены основные этапы определения оптимального направления развития производства двигателей внутреннего сгорания.

Ключевые слова: двигателестроение, силовая установка, критерии, статистический анализ.

Республика Казахстан более 20 лет развивает независимую экономику и ищет свое место в глобальном мире производства и потребления. Ее чрезвычайно выгодное стратегическое положение на Евразийском континенте в современном многополярном мире глобальной торговли и глубокой специализации требует высокого энергообеспечения и динамизма отраслей [1]. Огромные пространства РК, включая плодородные земли и большие ресурсы недр при малой плотности населения, определяют ориентацию на высокопроизводительную и наукоемкую автомобильную, сельскохозяйственную, дорожно-строительную и пр. технику с большой единичной мощностью. Существующий парк должен пополняться и замещаться, причем, безусловно – с рациональным участием в этом отечественной индустрии, имеющей