

Система электростартерного пуска двигателя с комбинированным источником питания

к.т.н. доц. Малеев Р.А., Гулин А.Н., Мычка Н.В.
Университет машиностроения
+79055589062

Аннотация. В работе рассматривается использование в системе электростартерного пуска двигателя комбинированного накопителя энергии. Приведены результаты расчетных исследований по влиянию величины начального зарядного напряжения емкостного накопителя энергии на основе характеристик системы электростартерного пуска для автомобильного двигателя, оборудованного штатной системой пуска.

Ключевые слова: система электростартерного пуска, емкостной накопитель энергии, аккумуляторная батарея, энергия

Основным недостатком современных систем электростартерного пуска (СЭП) автомобильных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) является низкая удельная мощность аккумуляторных батарей (АБ), что приводит к значительному увеличению габаритов и массы АБ и снижает надёжность пуска при отрицательных температурах. Поэтому в последние годы повышенный интерес уделяется применению в СЭП ДВС в качестве источников электрической энергии емкостных накопителей энергии (НЭ). Благодаря меньшему внутреннему сопротивлению по сравнению с АБ, НЭ имеют высокие показатели по удельной мощности и способны быстро накапливать и отдавать накопленную энергию. Внутренняя энергия за короткий промежуток времени позволяет электростартеру развивать значительную мощность, вращать коленчатый вал ДВС с высокой пусковой частотой и тем самым повысить надёжность пуска. Проведённые экспериментальные исследования показывают, что процесс пуска ДВС СЭП с НЭ существенно отличается от процесса пуска при питании электростартера от АБ прежде всего отсутствием этапов с постоянной средней частотой прокручивания, а также меньшим временем пуска.

Одной из основных характеристик, оказывающих значительное влияние на параметры СЭП, является пусковая характеристика ДВС, с помощью которой определяется минимальная пусковая частота вращения. Пусковые характеристики ДВС при различных температурах определяются экспериментально и представляют собой зависимости времени пуска t от средней частоты вращения n коленчатого вала ДВС. Несмотря на существенные отличия процесса пуска при питании электростартера от НЭ, до настоящего времени отсутствуют соответствующие пусковые характеристики. Поэтому при проведении теоретических исследований и расчётов СЭП с НЭ приходится использовать традиционные пусковые характеристики, полученные при питании электростартера от АБ.

Результаты исследований показывают, что надёжность пуска может быть повышена путём увеличения числа попыток пуска Z_n . При увеличении Z_n общее время пуска t_n в принципе может оставаться неизменным. В этом случае уменьшается время прокручивания t_n , что позволяет уменьшить требуемую энергию НЭ, как следствие, габариты и массу всей СЭП. Однако этот вопрос до настоящего времени ни экспериментально, ни теоретически не изучен. Поэтому в данной статье представлены результаты теоретического исследования по влиянию числа попыток пуска на основные параметры СЭП с НЭ для ДВС штатным электростартером.

При исследовании СЭП с НЭ необходимо учитывать наличие зарядного устройства для НЭ. В реальных условиях АБ кроме пуска ДВС является источником электроснабжения потребителей электроэнергии при стоянке автомобиля или при малой мощности генератора. Поэтому в качестве источника энергии для заряда НЭ может использоваться АБ небольшой ёмкости, параметры которой могут быть рассчитаны исходя из заданных условий заряда НЭ. Тогда кроме заряда НЭ будет обеспечивать питание потребителей электроэнергии в указанных выше случаях. Пуск ДВС будет осуществляться при использовании энергии только НЭ.

Исходными данными для расчёта параметров СЭП с НЭ являются пусковые и механические характеристики ДВС при пусковой температуре, тип электростартера и его номинальные рабочие характеристики.

Одной из основных задач при расчёте СЭП с НЭ является определение такой пусковой частоты вращения, при которой СЭП будет иметь максимальные технико-экономические показатели. Однако необходимо учитывать, что если тип НЭ задан, т.е. известна постоянная времени НЭ $T_{нэ}$ при определённой температуре, то данный НЭ может обеспечить запуск ДВС только с одной средней пусковой частотой вращения n , которая в данном случае и будет искомым. Поэтому при расчёте СЭП с НЭ необходимо производить расчёт нескольких вариантов СЭП с различными частотами вращения.

При установке на ДВС СЭП с НЭ пуск может произойти на начальной стадии прокручивания коленчатого вала ДВС, когда частота вращения значительно превышает расчётное среднее значение. Однако для обеспечения необходимости уровня частоты вращения в начальной стадии пуска ДВС СЭП с НЭ должно быть рассчитано не прокручивание коленчатого вала ДВС в течение времени, которое может превышать время пуска.

Расчёт параметров СЭП с НЭ производится в следующей последовательности. По пусковой характеристике ДВС $t_{п} = f(n)$ при заданной пусковой температуре задаются различные значения средней пусковой частоты n от 40 мин^{-1} до 200 мин^{-1} с интервалами значений в $10-20 \text{ мин}^{-1}$, определяется общее время пуска $t_{п}$ для каждого значения n . Время одной попытки прокручивания $t_{пр} = t_{п} / Z_{п}$ зависит от числа попыток пуска $Z_{п}$ при неизменном общем времени пуска $t_{п}$.

Разработанная методика, кроме определения параметров НЭ и АБ в заданной цепи НЭ, позволяет производить сравнительный анализ СЭП с НЭ с традиционной СЭП с АБ. Параметры СЭП с АБ определялись в соответствии с рекомендациями ост 37.001.052-88 "Автомобили и автомобильные двигатели. Требования к пусковым качествам", согласно которым СЭП должна обеспечить пуск ДВС за две попытки стартования продолжительностью 10 сек для бензиновых ДВС и 15 сек для дизельных.

Результаты расчётов для ДВС ВАЗ-21081 с электростартером 35.3708 при температуре -20 С , проведённые с использованием вычислительной техники, представлены в таблице 1 и на рисунках 1 и 2.

Таблица 1

**Результаты расчётов для ДВС ВАЗ-21081 с электростартером 35.3708
при температуре -20 С , проведённые с использованием вычислительной техники**

Число попыток пуска $Z_{п}$ Параметры СЭП	1	2	3	4	5
Средняя частота вращения коленвала n , мин^{-1}	103,3	92,1	83,7	77,0	71,1
Время прокручивания $t_{пр}$, с	5,63	3,05	2,15	1,67	1,37
Механическая работа электростартера $W_{мех}$, кДж	2,58	2,44	2,30	2,17	2,02
Ёмкость АБ в зарядной цепи НЭ C_{20} , Ач	9,94	5,95	4,55	3,83	3,35
Ёмкость НЭ $C_{нэ}$, ф	1,4	84,2	64,4	54,2	47,4
Суммарный объём источников питания V , Дм^3	12,2	7,28	5,58	4,69	4,10
Суммарная масса СЭП $m_{сэп}$, кг	31,8	22,1	18,7	16,9	15,7
Отношение объёмов источников питания K_v	2,02	1,21	0,93	0,78	0,68
Отношение масс СЭП K_m	1,63	1,13	0,95	0,86	0,80

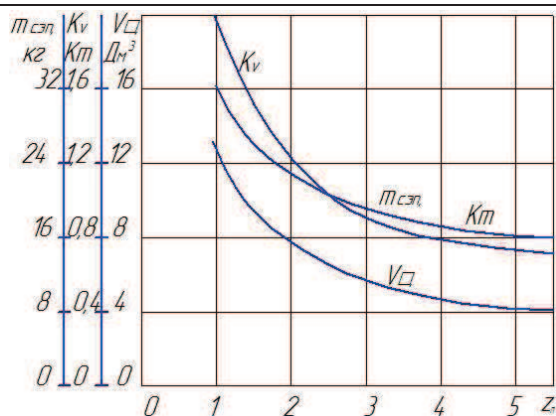


Рисунок 1. Зависимость параметров систем электростартерного пуска с накопителем энергии от числа попыток $Z_{п}$

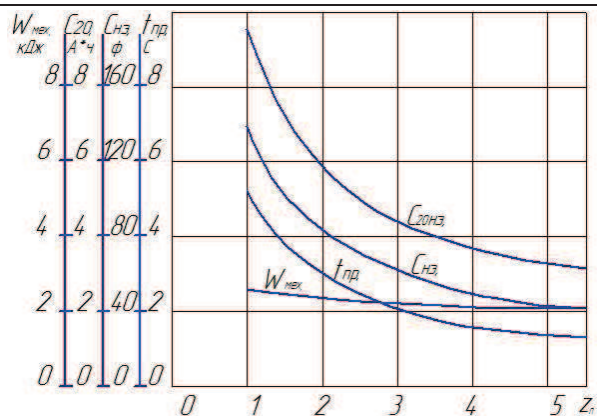


Рисунок 2. Зависимость массы систем электростартерного пуска $m_{сэп}$, объема источников питания V_{Σ} и относительных параметров K_v, K_t от числа попыток пуска $Z_{п}$

Для расчёта параметров СЭП НЭ необходимы следующие параметры: постоянная времени; удельная энергия по массе – 0,5 Дж/кг; удельная энергия по объёму – 1 Дж/см³.

Результаты расчётов показывают, что для обеспечения пуска ДВС в течение 10 сек. со средней пусковой частотой $n=42 \text{ мин}^{-1}$ СЭП с АБ должен иметь следующие параметры: номинальная ёмкость АБ $C_{20}=29,3 \text{ Ач}$; объём АБ $V_{аб}=60,3 \text{ Дм}^3$; масса АБ $m_{аб}=12,1 \text{ кг}$; масса СЭП с АБ $m_{сэпаб}=19,6 \text{ кг}$.

Анализ расчётных данных позволяет сделать следующие выводы. С увеличением числа попыток пуска $Z_{п}$ уменьшается время одного прокручивания $t_{пр}$, что приводит к уменьшению требуемой механической работы электростартера $W_{мех}$, ёмкости НЭ и ёмкости АБ в зарядной цепи С20НЭ. Вследствие этого уменьшается суммарный объём источников питания (АБ и НЭ) СЭП, а также суммарная масса СЭП.

При числе попыток пуска $Z_{п}>3$ объём источников питания (АБ и НЭ) и суммарная масса СЭП с НЭ становится меньше аналогичных показателей СЭП с АБ ($K_v < 1$ и $K_t < 1$). Таким образом, при $Z_{п}>3$ СЭП с НЭ будет иметь меньшие габариты и массу, чем СЭП с АБ.

Литература

1. Чижков Ю.П., Малеев Р.А., Меркулов Р.В., Сенькин И.В. Определение основных параметров системы электростартерного пуска для автомобильного двигателя с емкостными накопителями энергии.

Влияние геометрии входного коллектора пластинчатого теплообменника на гидравлическую неравномерность течения теплоносителя

д.т.н. проф. Меркулов В.И., Сугоняев М.В.
 Университет машиностроения
mv.sugonyaev@gmail.com 8-916-456-82-91

Аннотация. В статье рассмотрен анализ влияния различной геометрии входного по горячему теплоносителю патрубка пластинчатого воздухо-воздушного теплообменника на неравномерность распределения потока по каналам матрицы. Сравниваются геометрии существующей конструкции и наиболее перспективные конструкционные решения.

Ключевые слова: геометрия входного патрубка, пластинчатые воздухо-воздушные теплообменники, неравномерность потока

Опыт эксплуатации пластинчатого воздухо-воздушного теплообменника показал наличие неравномерности эпюр скоростей охлаждаемого воздуха во входной крышке и, соответ-