

03-17-139. По состоянию на сентябрь 2014 г.

3. Фотографии взяты с сайта <http://www.carstyling.ru/> По состоянию на сентябрь 2014 г.
4. Коллекции работ с сайта <http://www.allday.ru/> По состоянию на сентябрь 2014 г.
5. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Кинофантастика> По состоянию на сентябрь 2014 г.
6. Фотографии взяты с сайта <http://www.ccardesign.ru/> По состоянию на сентябрь 2014 г.
7. [http://decabo.com/blog/wp-content/uploads/2009/08/tron\\_02.jpg](http://decabo.com/blog/wp-content/uploads/2009/08/tron_02.jpg) По состоянию на 09.2014 г.
8. Фотографии взяты с сайта <http://comingsoon.net> По состоянию на сентябрь 2014 г.
9. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Футуродизайн> По состоянию на сентябрь 2014 г.
10. <http://www.novate.ru/blogs/170208/8564/> По состоянию на сентябрь 2014 г.

### **Параметры системы электростартерного пуска с альтернативными источниками тока**

к.т.н. доц. Малеев Р.А., Мычка Н.В., Гулин А.Н., Кузнецова Ю.А.  
Университет машиностроения  
+79262350847

*Аннотация.* В работе предлагается использовать в системе электростартерного пуска двигателя емкостной накопитель энергии. Приведены результаты расчетных исследований по влиянию частоты вращения на основные характеристики системы электростартерного пуска для ДВС с емкостным накопителем энергии.

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

Одной из основных характеристик, оказывающих значительное влияние на параметры системы электростартерного пуска (СЭП) с аккумуляторными батареями (АБ) является пусковая характеристика двигателя внутреннего сгорания (ДВС), с помощью которой определяется минимальная пусковая частота вращения. Пусковые характеристики ДВС при различных температурах определяются экспериментально и представляют собой зависимость времени пуска  $t_{п}$  от средней частоты вращения коленчатого вала ДВС. Результаты теоретических и экспериментальных исследований процесса прокручивания ДВС СЭП с емкостными накопителями энергии (НЭ) показывают, что время пуска может быть существенно уменьшено (особенно при питании от высоковольтных НЭ), чем при питании от АБ. Однако до настоящего времени отсутствуют пусковые характеристики ДВС СЭП с НЭ. Поэтому для расчетов СЭП с НЭ необходимо использовать пусковые характеристики ДВС СЭП с АБ. При установке на ДВС СЭП с НЭ пуск может произойти на начальной стадии прокручивания коленчатого вала, когда частота вращения превышает расчетное среднее значение  $n_{ср}$ , что является одним из возможных преимуществ СЭП с НЭ. Однако для обеспечения необходимого уровня частоты вращения в начальной стадии пуска ДВС СЭП с НЭ должна быть рассчитана на прокручивание коленчатого вала в течение времени  $t_{пр}$ , которое может превышать время пуска  $t_{р}$ . Если запуск ДВС не осуществлен за одну попытку, то общее время пуска будет зависеть от числа попыток прокручивания  $Z_{п}$ . При этом можно уменьшать время одной попытки  $t_{пр}$ , увеличивая число попыток пуска  $Z_{п}$ . Тогда по пусковым характеристикам ДВС  $t_{п} = f(n_{ср})$  для каждого значения средней пусковой частоты вращения  $n_{ср}$  может быть определено время одной попытки прокручивания:

$$t_{пр} = \frac{t_{п}}{Z_{п}}$$

Таким образом, увеличение числа попыток пуска  $Z_{п}$ , при общем времени прокручивания  $t_{п}$  позволяет уменьшить время одной попытки прокручивания  $t_{пр}$ . При этом уменьшается требуемая для запуска ДВС механическая энергия, что должно позволить уменьшить габаритно-массовые показатели 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 со штатным стартерным электродвигателем (СЭ). В этом случае исходными

данными являются пусковые и механические характеристики ДВС при пусковой температуре, тип СЭ, суммарное активное сопротивление СЭ  $R_{\text{см}}$ , номинальные рабочие характеристики СЭ, передаточное число редуктора привода  $U$ .

Процесс пуска ДВС при питании от емкостных накопителей энергии (НЭ) существенно отличается от процесса пуска при питании от АБ и характеризуется прежде всего отсутствием этапов прокручивания с постоянной средней частотой вращения вследствие снижения напряжения НЭ по мере его разряда.

При пуске ДВС от НЭ в большинстве случаев время разгона существенно меньше общего времени прокручивания. Поэтому в первом приближении для упрощения можно сделать предположение о том, что вал ДВС нагружен средним статическим моментом сопротивления  $M_c$ . Проведенные исследования показывают, что в этом случае расчетные значения мгновенных параметров СЭП будут существенно отличаться в некоторых режимах от экспериментальных значений. Однако если исходить из баланса энергии, то средние значения основных параметров СЭП (частота вращения, время прокручивания, механическая энергия, КПД СЭП и т.д) не будут существенно отличаться, так как механическая и электрическая энергии, накопленные в период разгона систем, затем практически полностью возвращаются в систему.

Теоретические исследования физических процессов, происходящих в СЭП с НЭ, нагруженным постоянным моментом сопротивления  $M_c$ , без учета индуктивности стартерной цепи и изменения магнитного потока возбуждения, показали, что основные параметры СЭП за время прокручивания до полной остановки СЭ будут линейно уменьшаться от времени. В этом случае в начальный момент прокручивания основные параметры СЭП (напряжение НЭ  $U_{\text{НЭ}}$ , частота вращения якоря СЭ  $n_a$ , ЭДС в обмотке якоря СЭ  $E_a$ , электромагнитная мощность  $P$ ) в два раза выше средних значений.

Одной из основных задач при подборе 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, то есть известна постоянная времени НЭ  $\tau_{\text{НЭ}}$  при определенной температуре, то данный НЭ может обеспечить запуск ДВС только с одной средней пусковой частотой вращения  $n_{\text{ср}}$ , которая и будет в данном случае оптимальной. Поэтому при подборе СЭП с НЭ необходимо производить расчет нескольких вариантов СЭП с различными пусковыми частотами вращения.

Расчет параметров СЭП осуществляется в следующей последовательности. По исходным данным для данного ДВС, задавая среднюю пусковую частоту вращения  $n_{\text{ср}}$  в диапазоне от 30...40 мин<sup>-1</sup> до 200 мин<sup>-1</sup> с интервалами в 20 мин<sup>-1</sup>, для всех значений  $n_{\text{ср}}$  по пусковой характеристике определяется время прокручивания  $t_{\text{п}}$ , а по механическим характеристикам – средний момент сопротивления  $M_c$ . Далее определяется время одной попытки прокручивания  $t_{\text{пр}} = \frac{t_{\text{п}}}{Z_n}$ . Максимальная частота вращения коленчатого вала ДВС в начале прокручивания в два раза выше средней пусковой частоты, то есть  $n_{\text{max}} = 2n_{\text{ср}}$ . На рисунках 1-4 представлены результаты расчетов по известной методике параметров СЭП с НЭ для ДВС ВАЗ 2118 (Лада Калина) с инжекторной системой впрыска топлива и моторным маслом SAE 5W-30 при расчетной температуре пуска -20<sup>0</sup>С. ДВС был оборудован штатным стартером 35.3718 с номинальным напряжением 12В и передаточным числом редуктора СЭ к ДВС  $U=11,62$ .

Увеличение числа попыток пуска  $Z_{\text{п}}$  при общем времени прокручивания  $t_{\text{п}}$  позволяет уменьшить время одной попытки прокручивания  $t_{\text{пр}} = \frac{t_{\text{п}}}{Z_n}$ , что приводит к уменьшению необходимой как полной  $W_{\text{мех}}$ , так и полезной механической энергии  $W_{\text{п}}$  (рисунок 1), которая определяется выражением:

$$W_{\text{п}} = P_{\text{п}} t_{\text{пр}} = \frac{\pi n_{\text{ср}} M_c}{30} t_{\text{пр}},$$

где:  $P_{\text{п}} = \frac{\pi n_{\text{ср}} M_c}{30}$  – мощность сопротивления на валу ДВС.

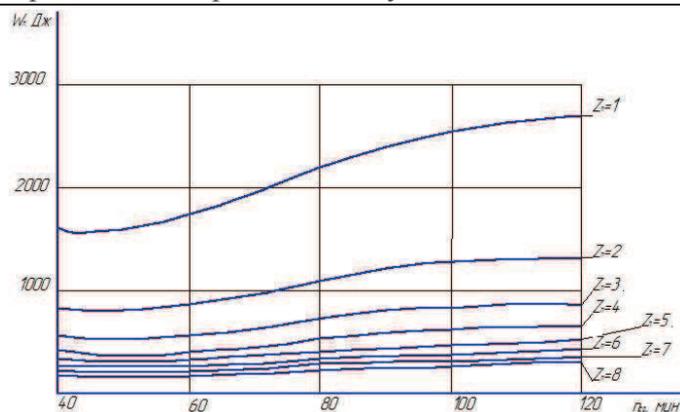


Рисунок 1. Зависимость  $W_n = f(n_{cp})$  при различном числе попыток пуска  $Z_n$  и  $u_{не}=12В$

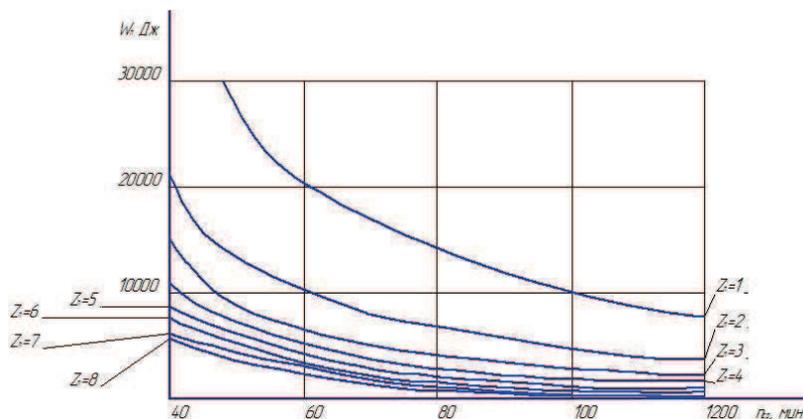


Рисунок 2. Зависимость  $W_{нео} = f(n_{cp})$  при различном числе попыток пуска  $Z_n$  и  $u_{не}=12В$

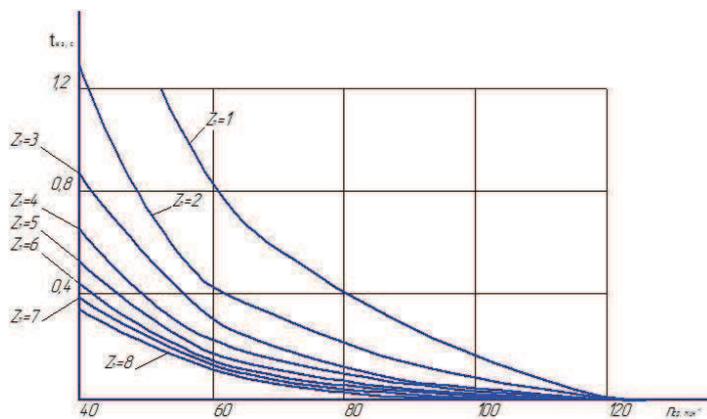


Рисунок 3. Зависимость  $\tau_n = f(n_{cp})$  при различном числе попыток пуска  $Z_n$  и  $u_{не}=12В$

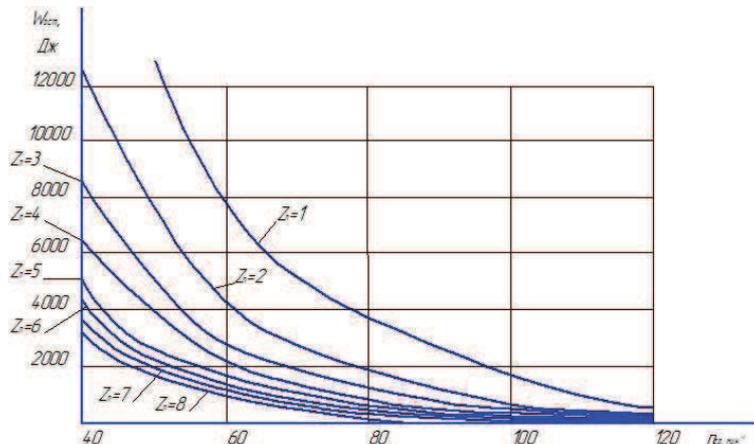


Рисунок 4. Зависимость  $W_{нео} = f(n_{cp})$  при различном числе попыток пуска  $Z_n$  и  $u_{не}=12В$

Требуемая начальная энергия:

$$W_{\text{нео}} = \frac{W_{\text{п}}}{S_{\text{эм}} S_{\text{р}} (1-k)^2},$$

где:  $S_{\text{эм}}$  – электромагнитный КПД,

$$P_2 = \frac{\pi n_2 M_2}{30} \text{ – полезная мощность СЭ,}$$

$$M_2 = \frac{M_c}{u S_{\text{р}}} \text{ – полезный вращательный момент СЭ,}$$

$S_{\text{р}}$  – КПД передачи от СЭ к ДВС ( $S_{\text{р}} = 0.85$ ),

$P = E_a I_a$  – электромагнитная мощность СЭ,

$K = \frac{I_a}{I_k}$  – кратность рабочего тока СЭ  $I_a$  току короткого замыкания  $I_k$ .

Частота вращения якоря СЭ равна:

$$n_a = n_{\text{max}} u,$$

и, следовательно, определяется только средней пусковой частотой вращения  $n_{\text{ср}}$ .

Полезный вращательный момент  $M_2$  зависит от среднего момента сопротивления, который определяется  $n_{\text{ср}}$  и не зависит от числа попыток пуска  $Z_{\text{п}}$ . Таким образом, СЭ  $P_2$  не зависит от  $Z_{\text{п}}$ .

Результаты расчетов показывают, что уменьшение времени одной попытки прокручивания  $t_{\text{пр}}$  (увеличение числа попыток пуска  $Z_{\text{п}}$ ).

КПД СЭП не изменяется с увеличением числа попыток пуска  $Z_{\text{п}}$ , так как пропорционально уменьшаются как полная, так и остаточная энергия НЭ:

$$S_{\text{сэп}} = \frac{W_{\text{мех}}}{W_{\text{нео}}}.$$

При заданной постоянной времени НЭ  $\tau_{\text{нэ}}$  увеличение числа попыток пуска  $Z_{\text{п}}$  позволяет уменьшить среднюю пусковую частоту вращения  $n_{\text{ср}}$  и требуемую емкость НЭ.

Таким образом, увеличение числа попыток пуска  $Z_{\text{п}}$  при неизменном общем времени прокручивания  $t_{\text{п}}$  позволяет уменьшить габаритно-массовые показатели СЭП, повысить надежность пуска и увеличить срок службы элементов СЭП.

### Литература

1. Водорезов С.В., Квайт С.М., Малеев Р.А., Чижков Ю.П. Исследования процессов прокручивания двигателей внутреннего сгорания системой электростартерного пуска с емкостным накопителем энергии. Деп. В ЦНИИТЭИ Автопроме 11.12.89 г. № 1966 – ап. 89.
2. Чижков Ю.П., Малеев Р.А., Меркулов Р.В., Седькин И.В. Определение основных параметров системы электростартерного пуска для автомобильного двигателя с емкостными накопителями энергии // Сб. научных трудов МАМИ: Электрическое и электронное оборудование автомобилей, тракторов и их роботизированных производств. – М.: МАМИ, 1992, - с. 101-105.
3. Tom Denton Automobile Electrical and Electronic Systems. // Associate Lecturer, Open University. - 2010, - с 110-127.

### **Расчет параметров системы электростартерного пуска двигателя с комбинированным источником тока**

к.т.н. доц. Малеев Р.А., Мычка Н.В., Гулин А.Н., Капралова М.А.  
 Университет машиностроения  
 +79262350847

*Аннотация.* В работе предлагается использовать сравнительную оценку систем электростартерного пуска с емкостным накопителем и аккумуляторной батареей для двигателей внутреннего сгорания.

*Ключевые слова:* система электростартерного пуска, емкостной накопитель энергии, аккумуляторная батарея, энергия, пусковая частота вращения.

В настоящее время в автотракторных СЭП в основном применяются стартерные электродвигатели с последовательным возбуждением, у которых ток якоря является одновремен-