

- ля с комбинированной силовой установкой. Часть 2. / Дебелов В.В., Козловский В.Н., Пьянов М.А., Строганов В.И. // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2014. – №2. – С. 19 – 28.
5. Дебелов В.В. Моделирование электронной системы VVT управления двигателем легкового автомобиля / Дебелов В.В., Козловский В.Н., Пьянов М.А., Строганов В.И. // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2014. – №4 – С. 5 – 12.
 6. Дебелов В.В. Моделирование электронной системы регулирования скорости движения легкового автомобиля в режимах поддержания и ограничения скорости / Дебелов В.В., Козловский В.Н., Иванов В.В., Строганов В.И. // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2013. – №6. – С. 2 – 7.
 7. Дебелов В.В. Имитационное моделирование электронной системы определения вязкости масла в силовом агрегате автомобиля / Слукин А.М., Дебелов В.В., Козловский В.Н., Иванов В.В. // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2014. – №5. – С. 2 – 5.
 8. Козловский В.Н. Моделирование электрооборудования автомобилей в процессах проектирования и производства: монография / В.Н. Козловский. – ФГБОУ ВПО «ТГУ» – 2009. – 227 с.
 9. Козловский В.Н. Обеспечение качества и надежности электрооборудования автомобилей: монография / В.Н. Козловский. – ФГБОУ ВПО «ТГУ» – 2009. – 274 с.
 10. Инновационные методы исследования качества и надежности электромобилей и автомобилей с гибридной силовой установкой: монография / В.И. Строганов, В.Н.Козловский. – МАДГТУ «МАДИ» – 2012. – 228 с.
 11. Строганов В.И. Моделирование систем электромобилей и автомобилей с комбинированной силовой установкой в процессах проектирования и производства: монография / В.И. Строганов, В.Н.Козловский. – МАДГТУ «МАДИ» – 2014. – 264 с.

Пусковое устройство с молекулярным накопителем энергии

к.т.н. доц. Лебедев С.А.¹, Гаврицкий Д.А.¹, к.т.н. доц. Антипенко В.С.²
¹Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище
им. генерала армии В.Ф. Маргелова (РВВДКУ), ²МГУСП (МИИТ)
8-920-638-45-00, S.A.Lebedev73@mail.ru

Аннотация. В статье представлена классификация вспомогательных источников тока и пусковых устройств, сформулированы основные требования к ним. Раскрыта возможность и перспективы использования молекулярных накопителей энергии в составе пусковых устройств. Описано разработанное переносное пусковое устройство ППУ-14 и результаты испытаний.

Ключевые слова: пусковые устройства, классификация, молекулярный накопитель энергии.

Пуск автомобильных двигателей вызывает особые затруднения в зимний период, особенно в холодных климатических зонах, когда требуются значительные трудовые и энергетические затраты, которые весьма продолжительны по времени и могут быть причиной больших простоев автомобиля. Для нормального функционирования автотранспорта в северных районах идут по пути улучшения пусковых качеств двигателей внутреннего сгорания (ДВС) за счет технических характеристик систем электростартерного пуска (СЭП).

Применяемые на автомобилях СЭП постоянно совершенствуются за счет оптимизации конструкций стартеров и применения новых типов необслуживаемых стартерных свинцовых аккумуляторных батарей (АБ) [1 – 4]. В стационарных условиях хранения военной автомобильной техники (ВАТ) для пуска ДВС применяют различные пусковые устройства. Все это позволяет повысить надежность пуска автомобильных двигателей.

Однако в связи с наличием определенных недостатков у стартерных свинцовых АБ проявляется интерес к использованию в СЭП и в составе вспомогательных пусковых

устройств (ПУ) альтернативных источников энергии, в частности молекулярных накопителей энергии (МНЭ). Применение МНЭ позволяет снизить емкость АБ, их размеры, массу и стоимость. СЭП и ПУ с МНЭ могут обеспечить пуск двигателя при значительной степени разряженности АБ, что повышает эксплуатационную надежность автомобиля, особенно в условиях низких температур.

Перспективные химические источники тока (ХИТ) должны удовлетворять требованиям высокой эффективности, малого веса, небольших габаритных размеров и безопасности. Они также должны быть гибкими для возможного в будущем усовершенствования при увеличении потребной электрической мощности.

В этой связи весьма актуальной является задача разработки для объектов вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) источников электрической энергии с высокими технико-экономическими показателями.

Вспомогательные источники энергии для СЭП ДВС или ПУ предназначены для использования в качестве внешних источников электрической энергии при пуске двигателей внутреннего сгорания военной автомобильной техники с номинальным напряжением системы электростартерного пуска 12 и 24 В, для бронетанковой техники с номинальным напряжением 24 и 48 В в полевых условиях и в условиях паркового хранения. К ПУ можно отнести переносные и передвижные пусковые устройства (ППУ), а также пуско-зарядные устройства (ПЗУ).

Как правило, ПУ подключаются параллельно штатной аккумуляторной батарее автомобиля и обеспечивают запуск двигателей в случаях, когда АБ разряжена, не может обеспечить СЭП требуемым количеством энергии и когда АБ неисправна или вообще отсутствует.

Применение ПУ в воинских частях, где остро стоит вопрос с обеспечением АБ техники, позволит частично решить эту проблему в случае экстренного одновременного выхода техники (например, по тревоге). Наиболее востребованы ПУ в частях, где техника в больших количествах находится на хранении (на базах хранения), а также где техника хранится и эксплуатируется при низких температурах (ниже минус 30 °С). Производя пуски ДВС после перерыва в эксплуатации или после хранения от ПУ, штатные АБ освобождаются от пиковой нагрузки. Тем самым обеспечивается надежность пуска и продлевается срок службы штатных АБ.

Таким образом, можно сформулировать основные требования к пусковым устройствам:

- энергоемкость ПУ должна быть таковой, чтобы обеспечить возможность повторных пусков ДВС в соответствии с требованиями к СЭП (ОСТ 37.001.052–87);
- обеспечение электрической энергией СЭП ВАТ и БТТ с номинальными напряжениями 12, 24 и 48 В;
- возможность подключения к бортовой электрической сети всех образцов ВВСТ;
- обеспечение работоспособности при температуре окружающего воздуха от минус 50 до плюс 50 °С;
- возможность подключения к внешней электрической сети;
- обеспечение подвижности;
- простота в эксплуатации;
- масса и размеры должны быть минимальными;
- ресурс работы (срок службы) должен быть равен или больше ресурса работы штатных источников электрической энергии.

Классифицировать ПУ можно по следующим признакам:

- напряжению питания (12 В, 24 В, 48 В, 12 и 24 В, 24 и 48 В);
- способу применения (стационарные, переносные, передвижные);
- типу источника электрической энергии (от внешней электрической сети 220 или 380 В, химических источников тока, автономных генераторов, комбинированных источников тока);
- способу управления (механическое, электрическое, электронное).

Тип и мощность применяемого ПУ зависит от состава и численности автомобильного парка.

При индивидуальном использовании в гаражах с малым числом машин наибольшее применение получили переносные компактные зарядно-пусковые устройства с номинальным напряжением 12 и 24 В. Их основное назначение – подзаряд АБ и облегчение пуска ДВС автомобиля от штатной АБ.

В автопарках с большим количеством техники, на базах хранения и тому подобное широко используются передвижные автономные ПУ с ХИТ (химическими источниками тока) или автономными генераторами. Данные ПУ позволяют производить пуск двигателей нескольких машин, расположенных на открытых стоянках без использования электроэнергии внешней сети.

В настоящее время предприятиями ЗАО «ЭЛИТ» г. Курск (таблица 1) и ЗАО «НПО «ТехноКор» г. Москва (таблица 2) (рисунок 1) освоено производство ПУ, ППУ и передвижных автономных агрегатов с применением молекулярных накопителей энергии.

Таблица 1

Технические характеристики пусковых устройств двигателей внутреннего сгорания ЗАО «ЭЛИТ»

	<p>Переносное пусковое устройство Старт-03.4:</p> <ul style="list-style-type: none"> - напряжение бортовой сети 12 В; - максимальное напряжение заряда 14,5 В; - энергозапас 4 кДж; - электрическая емкость 55 Ф; - номинальный ток разряда 600 А; - масса 6 кг; - продолжительность заряда 1–2 мин. 		<p>Гаражная пусковая универсальная установка Гарпун-Миди:</p> <ul style="list-style-type: none"> - напряжение бортовой сети 24/12 В; - максимальное напряжение заряда 28/14,5В; - энергозапас 60 кДж; - электрическая емкость 210/830 Ф; - номинальный ток разряда 3 000–6 000 А; - масса 95 кг; - продолжительность заряда 1–2 мин.
	<p>Переносное пусковое устройство Гарпун-Мини:</p> <ul style="list-style-type: none"> - напряжение бортовой сети 12 В; - максимальное напряжение заряда 14,5 В; - энергозапас 10 кДж; - электрическая емкость 140 Ф; - номинальный ток разряда 1 500 А; - масса 15 кг; - продолжительность заряда 1–2 мин. 		<p>Гаражная пусковая универсальная установка Гарпун-М:</p> <ul style="list-style-type: none"> - напряжение бортовой сети 24/12 В; - максимальное напряжение заряда 28/14,5В; - энергозапас 200 кДж; - электрическая емкость 700/2 800 Ф; - номинальный ток разряда 10 000 А; - масса 150 кг.

Рассмотрим основные преимущества данных ПУ. Основным отличием является то, что источником электрической энергии в данных ПУ служат молекулярные накопители энергии (МНЭ).

МНЭ для систем пуска двигателей внутреннего сгорания – сверхвысокоемкие конденсаторы, оптимизированные для разряда высокими плотностями тока.

Применение МНЭ обеспечивает гарантированный запуск ДВС при отрицательных температурах до минус 50 °С, что важно для районов Крайнего Севера, а также для решения задач приведения в готовность специальной техники в любых погодных условиях.

Применение МНЭ позволяет произвести гарантированный пуск ДВС даже при наличии старой, неисправной или глубоко разряженной батареи, не способной давать требуемый ток прокрутки стартера, но способной зарядить малым током МНЭ.

МНЭ экологически чистый источник тока. Во время хранения и эксплуатации он не выделяет в окружающую среду никаких веществ. МНЭ полностью безуходен и не требует обслуживания в течение всего срока эксплуатации. Нет также проблем с утилизацией отработанных МНЭ, так как они не содержат токсичных компонентов.

Таблица 2

Технические характеристики энергоагрегатов серии АЭ-1 «НПО «ТехноКор»

Модель агрегата	АЭ-1-3	АЭ-1-4	АЭ-1-6
Тип МНЭ	МНЭ-180/28	МНЭ-180/28	МНЭ-210/28
Количество МНЭ, шт.	2	4	6
Электрическая емкость батареи МНЭ, Ф	360	720	1 260
Ток/время заряда батареи МНЭ	65 А / 4 мин	65 А / 6 мин	65 А / 15 мин
Мощность пускаемых двигателей, кВт (л.с.)	до 368 (500)	до 735 (1 000)	до 1 103 (1 500)
Напряжение системы пуска, В	12 и 24	12 и 24/48	24/48
Максимальный ток разряда, А	2 000	2 500	3 000
Тип пускаемых двигателей	бенз./диз.	бенз./диз.	диз./ГТД
Полная масса, кг	290	403	544
Габаритные размеры, мм:			
длина с ручкой	1 600	1 800	1 800
ширина	900	900	900
высота	1 300	1 300	1 300



Рисунок 1. Автономный энергоагрегат АЭ-1-3

МНЭ не боится глубоких разрядов, переплюсовок, короткого замыкания.

Заряд батареи МНЭ производится от автономного бензогенераторного агрегата питания или любого внешнего источника постоянного тока (АБ, выпрямителя, сварочного аппарата), а разряд на СЭП производится в режиме штатного пуска.

В Рязанском высшем воздушно-десантном командном училище (РВВДКУ) разработано переносное пусковое устройство ППУ-14, предназначенное для использования в качестве вспомогательного внешнего источника электрической энергии при пуске ДВС ВАТ с номинальным напряжением бортовой сети 12 В в полевых условиях и в условиях паркового (га-ражного) хранения, а также в условиях, усложняющих пуск ДВС, например в зимний период эксплуатации ВАТ.

В качестве источника электрической энергии в ППУ-14 использован молекулярный накопитель энергии типа МНЭ-40/14 (ЗАО «НПО «ТехноКор»).

ППУ-14 конструктивно выполнено в виде контейнера (сварного корпуса из стального

профиля). Для работы контейнер имеет одно положение: вертикальное. Общий вид устройства показан на рисунке 2.

С тыльной стороны контейнера крепится розетка внешнего запуска типа ПС-315. На крышке контейнера размещаются приборы управления: контрольно-разрядная лампа, выключатель накопителя энергии, вольтметр, выключатель вольтметра и контрольно-разрядной лампы.



Рисунок 2. Общий вид переносного пускового устройства ППУ-14

ППУ-14 укомплектован пусковым проводом длиной 1,5 м (рисунок 3), обеспечивающим его подключение к бортовой сети автомобиля. Пусковой провод оснащен двумя кабельными вилками (типа ПС-315) для подключения ППУ-14 к образцу ВАТ, имеющему розетку внешнего запуска ПС-315, а также двумя зажимами типа «крокодил» для подключения ППУ-14 к выводам аккумуляторной батареи образца ВАТ, не имеющего розетку внешнего запуска ПС-315.



Рисунок 3. Пусковой провод для ППУ-14

Перед подключением пускового провода ППУ-14 к розетке внешнего пуска образца ВАТ или к его аккумуляторной батарее переносное пусковое устройство необходимо зарядить от внешнего источника тока. О режиме разряда и заряда накопителя энергии свидетельствуют показания вольтметра и яркость горения контрольно-разрядной лампы. Также контрольно-разрядная лампа подключается к накопителю энергии с помощью выключателя перед постановкой переносного пускового устройства ППУ-14 на хранение для разряда накопителя энергии.

В лаборатории кафедры автотехнического обеспечения и парке РВВДКУ были произведены испытания переносного пускового устройства ППУ-14 с целью проверки произведенных расчетов, работоспособности ППУ-14 и определения оптимальных режимов работы.

Результаты испытаний показали, что продолжительность зарядки накопителя энергии зависит от начального (остаточного) напряжения. Так, например, продолжительность заряд-

ки практически разряженного накопителя энергии типа МНЭ-40/14 до напряжения 14 В составляла 43–69 с. В реальных условиях эксплуатации случаи полной разрядки МНЭ будут достаточно редки. Обычно же, судя по результатам пусковых испытаний двигателей [4], остаточное напряжение составляет 7–9 В (для СЭП с номинальным напряжением 12 В). В этом случае время зарядки МНЭ не превышало 30 с.

Интересно отметить, что по результатам испытаний изменение температуры МНЭ практически не влияет на продолжительность его зарядки.

На следующем этапе испытаний с помощью диагностического оборудования были произведены измерения силы стартерного тока при пуске двигателя ЗМЗ-414 от различных источников электроэнергии.

Результаты испытаний обработаны и представлены в виде графиков на рисунках 4 и 5.

На рисунке 4 представлены зависимости пусковых токов от МНЭ, заряженного до различных значений напряжения. Максимальное значение силы стартерного тока получено после заряда МНЭ до $U = 14$ В от генераторной установки автомобиля и составило $I = 460$ А. Минимальное значение силы стартерного тока, при котором двигатель пустился, составило $I = 290$ А, при этом МНЭ был заряжен от АБ до $U = 8,5$ В. При заряде МНЭ до 6,5 В – двигатель не пустился.

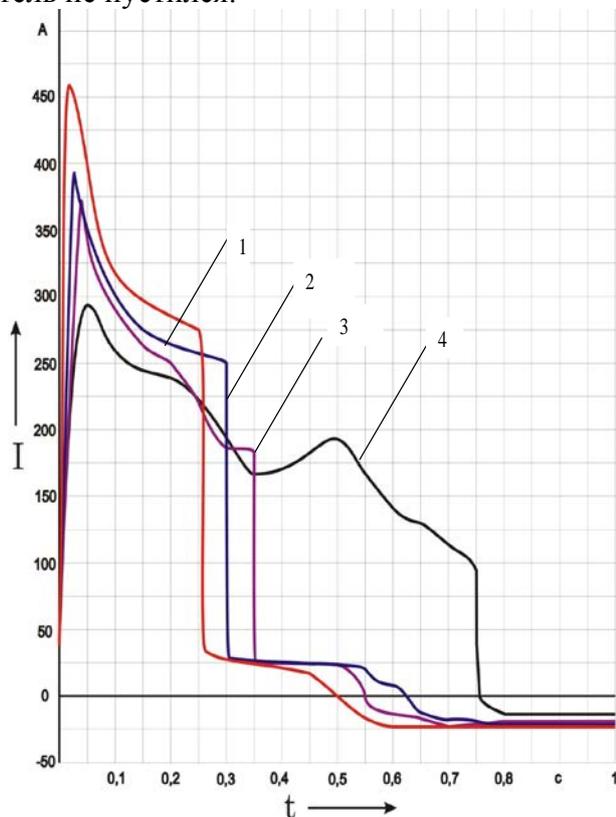


Рисунок 4. Зависимости силы тока МНЭ-40/14 от степени его заряда: 1 – сила тока МНЭ-40/14 при заряде до $U=14$ В; 2 – сила тока МНЭ-40/14 при заряде до $U=11$ В; 3 – сила тока МНЭ-40/14 при заряде до $U=10$ В; 4 – сила тока МНЭ-40/14 при заряде до $U=8,5$ В

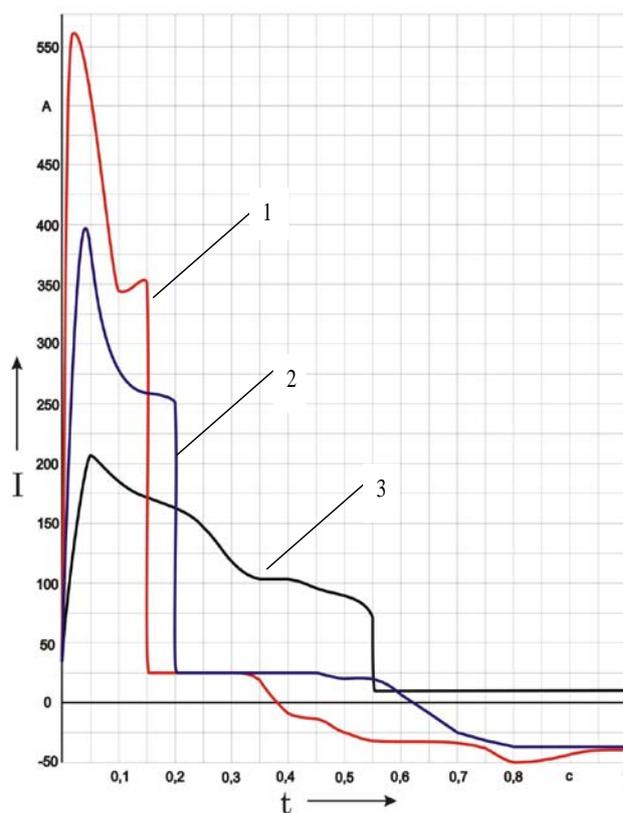


Рисунок 5. Зависимости силы тока от различных источников энергии: 1 – сила тока МНЭ-40/14 и АБ 6СТ-55; 2 – сила тока МНЭ-40/14; 3 – сила тока АБ 6СТ-55

На рисунке 5 представлены зависимости пусковых токов при пуске двигателя от различных источников электрической энергии. Полученные графики ярко показывают преимущества использования в качестве источника электрической энергии для СЭП МНЭ. На графиках видно, что максимальная сила стартерного тока от энергоблока, включающего АБ и МНЭ, более чем в 2 раза превышает пусковой ток от АБ. Так же ток нарастает до своего максимального значения на 25 мс раньше, а пуск двигателя происходит на 0,5 с быстрее.

При заряде МНЭ до напряжения 14 В в начальный момент нагрузку при проворачивании коленчатого вала при пуске двигателя берет на себя накопитель энергии, тем самым разгружая АБ. Участие в проворачивании коленчатого вала АБ принимает меньше. Большую часть времени при пуске двигателя коленчатый вал вращается за счет МНЭ. Это обеспечивается за счет того, что МНЭ имеет малое внутреннее сопротивление и благодаря этому имеет способность в короткий промежуток времени отдавать накопленную энергию.

Анализируя полученные результаты и подводя итог, можно сделать заключение, что применение МНЭ повышает электрические и эксплуатационные показатели источников тока для СЭП [6, 7]. Причём эффективность использования МНЭ зависит от их заряженности. В качестве рекомендаций предлагается при пуске ДВС подряд нескольких автомобилей заряд МНЭ производить от генераторной установки пущенного двигателя, что обеспечит максимальный заряд МНЭ и разгрузит АБ автомобиля от режима заряда МНЭ.

Литература

1. Теоретические и экспериментальные исследования по определению параметров СЭП и рационального сочетания источников энергии для СЭП ВАТ: отчет о НИР / 21 НИИИ АТ МО РФ. – Бронницы, 2002. – 98 с.
2. Энергоблок на базе накопителя энергии для систем электроснабжения ВАТ: отчет о НИР/Континент. – М.: Континент, 2000. – 182 с.
3. Результаты испытаний никель-кадмиевых аккумуляторных батарей 10НКМ-40СТ: отчет о НИР / 21 НИИИ АТ МО РФ. – Бронницы, 1999. – 79 с.
4. Лебедев С.А. Комбинированный источник тока для систем электростартерного пуска двигателей военной автомобильной техники. – Рязань: РВАИ, 2010. – 235 с.
5. Гаражное и ремонтное оборудование: каталог-справочник. – М.: ЦБНТИ Минавтотранса РСФСР, 1974. – 226 с.
6. Лебедев С.А., Марков П.А., Антипенко В.С. Пусковое устройство с комбинированным источником тока // Сб. науч.-техн. работ кафедры автотехнического обеспечения. – М.: «Спутник+», 2014. – Вып. 1. – С. 48-52.
7. Лебедев С.А., Марков П.А., Антипенко В.С. Повышение эффективности применения пусковых устройств // Сб. науч.-техн. работ кафедры автотехнического обеспечения. – М.: «Спутник+», 2014. – Вып. 1. – С.53-61.

УДК 629.003.13

Анализ распределения потоков мощности в трансмиссии автопоезда с активизированным прицепным звеном

к.т.н. проф. Лепешкин А.В., к.т.н. проф. Михайлин А.А., д.т.н. проф. Катанаев Н.Т.
Университет машиностроения
(495) 223-05-23, доб. 1426, lep@mami.ru

Аннотация. В статье проведены результаты математического моделирования установившегося прямолинейного движения автопоезда с активизированным прицепным звеном, привод ведущих колес которого обеспечивается при помощи регулируемой гидрообъемной трансмиссии, в условиях недеформируемой опорной поверхности. Анализ проводился в диапазоне изменения передаточных отношений привода ведущих колес прицепа, при которых в трансмиссии автопоезда не возникает межосевая циркуляция мощности. На основании этих исследований проведено также сравнение информативности различных показателей энергоэффективности рассмотренной многоприводной колесной машины.

Ключевые слова: многоприводная колесная машина, автопоезд с активизированным прицепным звеном, гидрообъемная трансмиссия, система автома-