

исполнения.

2. Следует признать перспективной разработку автомобильной генераторной установки по схеме: генератор с постоянными магнитами, управляемый выпрямитель на транзисторах и сглаживающий фильтр.
3. Для мощностей генераторной установки менее 1 кВт целесообразно использовать активный режим работы транзисторов. Для мощностей генераторной установки более 1 кВт необходимо использовать ключевой режим работы транзисторов.

Литература

1. Лохнин В.В. Высокоиспользованные магнитоэлектрические машины. Реферат дисс. на соиск. уч. степени д.т.н., М., МАИ, 1998.
2. Электрические и электронные аппараты. Учебник для вузов, под ред. Ю.К. Розанова, М., Энергоатомиздат, 1998, 752с.
3. Лохнин В.В., Колесник Н.А., Марсов В.И., Магнитоэлектрические машины на современных автотранспортных средствах, Известия МГТУ «МАМИ», 2015, №2 (24) т.1.

Система электростартерного пуска с различными источниками тока

к.т.н. Малеев Р.А., Гулин А.Н., Мычка Н.В., Кузнецова Ю.А.
Университет машиностроения (МАМИ)
8 (495) 223-05-23, доб. 1574

Аннотация. В работе проводится анализ различных типов емкостных накопителей энергии при их использовании в системах электростартерного пуска автотракторных двигателей.

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

Двигатели внутреннего сгорания (ДВС) автотракторных средств (АТС) оборудуются системами электростартерного пуска (СЭП) в которых источником тока (ИТ) является стартерная аккумуляторная батарея (АБ). Для пуска ДВС требуется сравнительно небольшое количество энергии. Но для того, чтобы эта энергия была выделена в течение небольшого промежутка времени (до 45 с). ИТ должен развивать определённую мощность.

Свинцовые стартерные АБ имеют весьма высокую удельную энергию (свыше 200 Дж/см³), но низкую удельную мощность. Поэтому для обеспечения надёжного пуска ДВС при низких температурах приходится применять АБ большой номинальной ёмкости со значительным запасом неиспользуемой электрической энергии. Запасённую в АБ энергию при температурах (-20-30°C) и высоких стартерных токах разряда можно использовать не более, чем на 5-10%. АБ не может быть использована для пуска ДВС в наиболее тяжёлых эксплуатационных условиях. При низких температурах отдача АБ по энергии может снизиться настолько, что пуск ДВС становится невозможным. Это связано с резким увеличением внутреннего сопротивления АБ [1].

Указанная особенность эксплуатации стартерных АБ на АТС привела к техническому решению, применяемому в силовой энергетике: включение в СЭП промежуточного накопителя энергии, преобразующего энергию АБ в мощный импульс тока. Это позволяет в начальный период пуска повысить частоту вращения коленчатого вала ДВС при неизменных параметрах АБ или вращать вал с той же средней частотой при использовании АБ меньшей ёмкости, ограниченной только по условию обеспечения необходимого баланса электроэнергии на автомобиле.

При небольшой удельной энергии высокими показателями по удельной мощности обладает емкостный накопитель энергии (НЭ). НЭ способны быстро накапливать и отдавать накопленную энергию. Время заряда и разряда НЭ определяется в основном параметрами зарядной и разрядной цепей. Это позволяет ионизировать их в качестве промежуточных ИТ в СЭП. Перед пуском ДВС НЭ в течение 30-90 с заряжается от АБ и затем в течение значи-

тельного меньшего периода времени (до 5 с) разряжается на электростартер, вращающий коленчатый вал ДВС. Выделение энергии НЭ за короткий промежуток времени позволяет стартеру развивать значительную мощность, вращать коленчатый вал с большей пусковой частотой и тем самым повысить надёжность пуска ДВС.

Информация о возможном использовании НЭ в СЭП ДВС привлекла внимание специалистов. Рассматриваются две основные разновидности СЭП: с НЭ низкого и высокого напряжения.

Преимущества СЭП с НЭ низкого напряжения – полная электробезопасность, лучшее согласование с существующей низковольтной системой электрооборудования АТС и как следствие, возможность более раннего внедрения её не только на проектируемых АТС, но и на АТС уже находящихся в эксплуатации.

Для высоковольтных СЭП с НЭ стартер потребляет ток небольшой силы, что позволяет экономить медь стартерных приводов и снизить потери мощности в стартерной сети, использовать для пуска энергию электрических сетей. В автомобильных цепях высоковольтных СЭП с НЭ можно шире применять элементы электронной автоматики. Однако внедрение таких систем на АТС связано с необходимостью замены традиционного низковольтного стартера на высоковольтный, разработки преобразователей напряжения и дополнительных мероприятий по обеспечению электробезопасности. Существенным недостатком СЭП с высоковольтным НЭ является невозможность параллельного и последовательного соединения АБ и заряженного НЭ. В комбинированных ИТ НЭ можно считать средством облегчения пуска ДВС при низких температурах. При параллельном соединении АБ и НЭ на время пуска уменьшается эквивалентность сопротивления ИТ и увеличивается частота вращения коленчатого вала ДВС. При меньшем внутреннем сопротивлении по сравнению с АБ НЭ берёт на себя большую часть токовой нагрузки в начале пуска ДВС, увеличивая срок службы АБ. Благодаря снижению вязкости масла в узлах трения и момента сопротивления ДВС, даже сильно разряженная АБ может самостоятельно вращать коленчатый вал с необходимой частотой, что увеличивает продолжительность и надёжность пуска. Частота вращения коленчатого вала может быть увеличена и при последовательном соединении АБ и заряженного НЭ благодаря большому напряжению, подаваемому на выводы стартера [2].

Результаты экспериментальных исследований подтверждают работоспособность СЭП с НЭ на ДВС. Применение НЭ в СЭП АТС является перспективным направлением в решении проблем пуска двигателей.

Для высоковольтных СЭП пригодны конденсаторы любых типов, если их удельная энергия превышает $0,5 \text{ Дж/см}^3$. В настоящее время такие показатели или близкие к ним имеют электролитические конденсаторы.

Для применения в низковольтных (12В и 24В) СЭП разработаны импульсные конденсаторы высокой удельной энергии (молекулярные НЭ), которые имеют высокие энергетические показатели. Молекулярные НЭ могут выполняться на любое зарядное напряжение. Недостатком молекулярных накопителей является также сравнительно высокое внутреннее сопротивление и его увеличение с понижением температуры [3].

Рассмотрим возможные схемы СЭП с НЭ (С), структура которых зависит от типа номинального напряжения НЭ и способа подключения его к АБ на время заряда и разряда к стартеру во время пуска ДВС. Большинство приведённых в статье схем СЭП с НЭ защищены авторскими свидетельствами и патентом [4].

На рисунке 1 приведена схема СЭП с НЭ, которую можно использовать для АТС с номинальным напряжением бортовой сети 12В. НЭ заряжается от АБ через диод VD. Диод предотвращает разряд НЭ на АБ. При низком заряде НЭ срабатывает тяговое реле (К) с замыкающими контактами и от параллельных соединённых АБ и НЭ напряжение подаётся на выводы стартера. Силовые контакты тягового реле (К) также как в традиционных СЭП с АБ замыкаются после входа шестерни привода стартера с венцом маховика ДВС.

Для АТС с напряжением бортовой сети 24В целесообразно использовать схему с удвоением напряжения (рисунок 2). НЭ заряжается от АБ (GB) через диод (VD) и размыкающие

контакты (K 1:2) реле (K1). На время заряда НЭ подсоединён к АБ параллельно. При пуске ДВС контакты (K1:1) и (K 1:3) реле (K1) замыкаются, а контакты (K1:2) размыкаются. АБ и НЭ соединяются последовательно, обеспечивая электроснабжение стартерного электродвигателя (М) вначале с удвоенным напряжением АБ. В этом случае на грузовых автомобильных с двумя последовательно соединёнными на время пуска ДВС АБ можно получить напряжение 24В на выводах стартера, используя одну 12-вольтовую АБ.

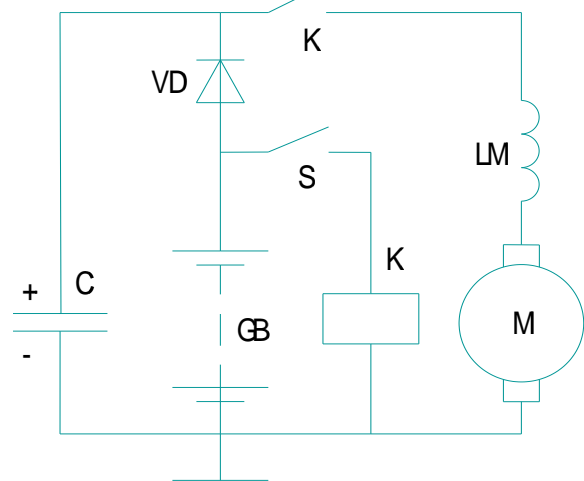


Рисунок 1. Схема СЭП с НЭ

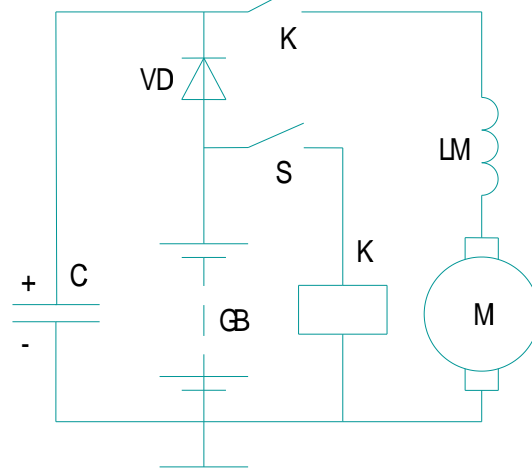


Рисунок 2. Схема с удвоением напряжения НЭ

Принцип удвоения напряжения с помощью НЭ использован в схеме на (рисунок 3). В исходном положении АБ (GB) через диод (VD) и замкнутые контакты (K 1:2) реле (K1) заряжает НЭ (С) до напряжения на выводах АБ. При пуске ДВС замыкаются контакты выключателя (S). Контакты (K 1:1) реле (K1) размыкаются, соединяя последовательно АБ и НЭ. После размыкания контактов (K 1:1) реле (K2) оказывается под напряжением АБ, его контакты (K2:1) замыкаются и стартер (М) начинает вращать коленчатый вал ДВС при удвоенном напряжении АБ. При неудачной попытке пуска, стартер должен быть отключён до полного разряда НЭ, иначе он будет заряжаться напряжением обратной полярности через стартер и замкнутые контакты (K 1:2) и (K 2:1). После выключения стартера, система возвращается в исходное состояние, соответствующее заряду НЭ от АБ с необходимой для удвоения напряжения полярностью.

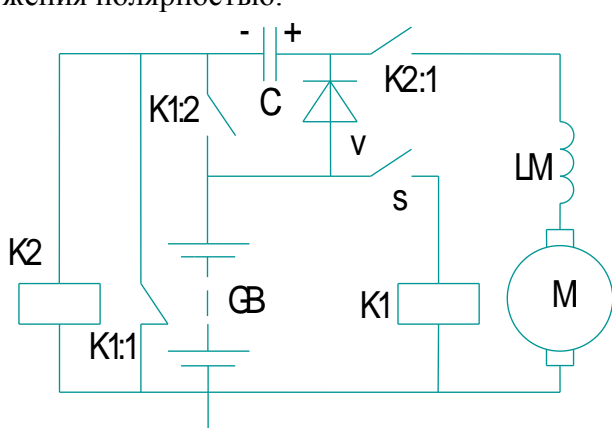


Рисунок 3. Схема удвоения напряжения НЭ

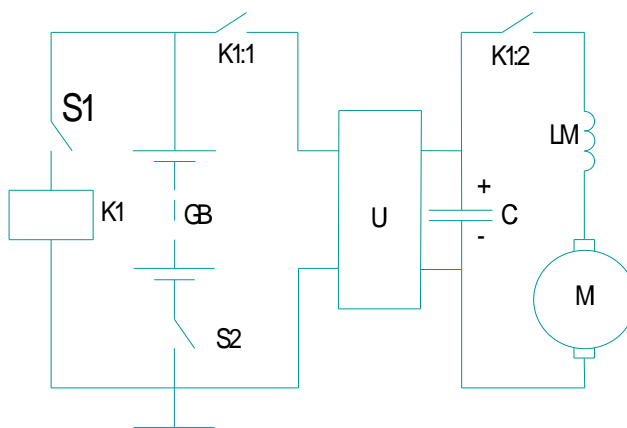


Рисунок 4. ИТ для заряда НЭ

В схеме на рисунке 4 ИТ для заряда НЭ (GB) могут быть использованы АБ (GB) с большой степенью разряженности и другие источники (электросеть, небольшой генератор и т.д). Если для заряда разряженной АБ в номинальных условиях требуется более 10 часов, то зарядить НЭ можно за короткий промежуток времени, зависящий от мощности первичного ИТ и параметров зарядной цепи с преобразованием (U). При замыкании контактов выключа-

теля (S2) через преобразователь (U) можно подать на выводы НЭ (GB) любое напряжение от практически любого ИТ, который может быть подключён в схему вместе с АБ. При включении выключателя (S2) срабатывает (K), размыкая контакты (K 1:1) и замыкая контакты (K1:2). Замкнутые контакты (K1:2) подсоединяют заряженный НЭ (GB) к стартеру (M).

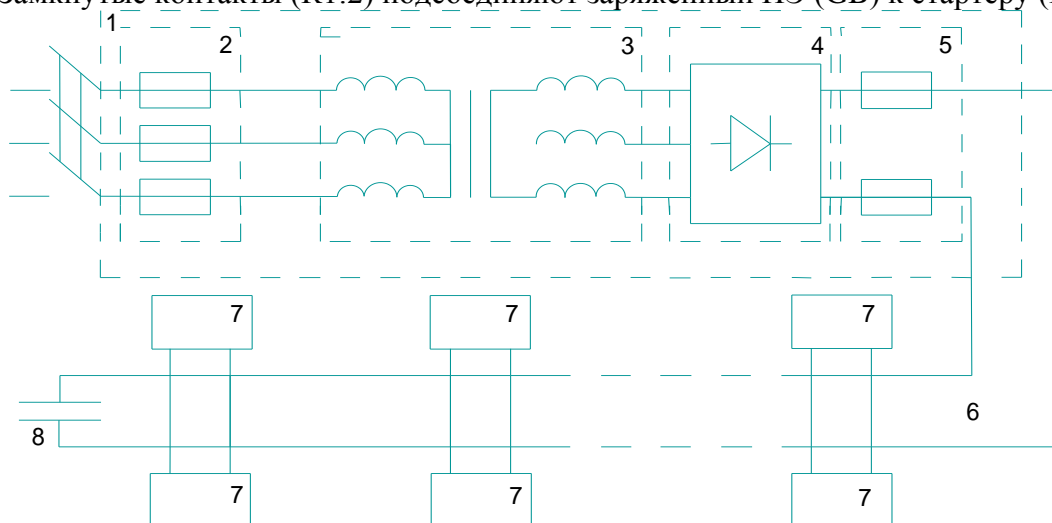


Рисунок 5. Схема системы стационарного группового пуска автомобильных ДВС

На рисунке 5 приведена блок-схема системы стационарного группового пуска нескольких автомобильных ДВС, когда используется энергия АБ всех автомобилей, а также энергия предварительно заряженного НЭ (8). В систему группового пуска входят зарядное устройство (1), состоящее из понижающего трансформатора (3) и выпрямительного блока (4) с блоками защиты (2) и (5). К выходу зарядного устройства присоединены силовые щиты, а к ним с помощью кабелей подсоединяются НЭ и АБ всех автомобилей. Зарядное устройство обеспечивает подзаряд АБ всех автомобилей, поддерживая их в заряженном состоянии. Ёмкость НЭ выбирается из условия обеспечения надёжного пуска ДВС одного автомобиля при минимальной температуре пуска с учётом потерь энергии в соединительных кабелях и силовых щитах.

При подключении первого автомобиля к силовым щитам зарядное устройство обеспечивает заряд его АБ и НЭ. Последовательным подключением к силовым щитам АБ обеспечивается их подзаряд. Затем осуществляется пуск ДВС одного автомобиля, АБ не отключается от силовых шин до пуска последнего автомобиля. Это позволяет генераторным установкам на работающих ДВС обеспечить подзаряд АБ.

Вывод

Анализ особенностей эксплуатации автомобилей в условиях низких температур показал, что значительного снижения внутреннего сопротивления ИТ для СЭП повышения надёжности пуска можно достичь параллельным соединением нескольких АБ при групповом пуске.

Литература

1. Квайт С.М., Менделевич Я.А., Чижков Ю.П. Пусковые качества и системы пуска авто-тракторных двигателей. – М., Машиностроение, 1990. – с. 256.
2. Малеев Р.А., Шматков Ю.М. Подбор системы электростартерного пуска с емкостным накопителем энергии и аккумуляторной батареей. – М., «Известия МГТУ «МАМИ». Научный рецензируемый журнал № 2(16), 2013, т. 1.
3. Малеев Р.А., Шматков Ю.М. Исследование нетрадиционных источников тока в системах электростартерного пуска двигателей внутреннего сгорания. – М., «Известия МГТУ «МАМИ». Научный рецензируемый журнал. № 1(19), 2014, т. 1.
4. Лебедев С.А., Гаврицкий Д.А., Антипенко В.С. Пусковое устройство с молекулярным накопителем энергии. – М., «Известия МГТУ «МАМИ». Научный рецензируемый журнал, № 2(24), 2015, т. 1.