

КОНЦЕПЦИЯ ВЫБОРА КРАТКОВРЕМЕННОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗАПУСКА ДВС

К. А. Ишуточкина

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный
университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»
(г. Москва, Российская Федерация)*

***Аннотация.** Электролитические конденсаторы и ионисторы являются источниками временного хранения заряда и обладают оптимальными свойствами для их использования в системе запуска двигателя в качестве частичного вытеснения кислотно-свинцовой аккумуляторной батареи, на фоне её некоторых отрицательных качеств. В статье рассматривается вопрос оценки и сравнения системы электрического запуска двигателя от конденсаторов и ионисторов, а также возможность их реализации на мобильной машине.*

***Ключевые слова:** запуск двигателя от конденсаторов; ионистор; суперконденсатор; свинцовая АКБ; запуск ДВС; ресурс аккумулятора.*

THE CONCEPT OF CHOOSING A SHORT-TERM POWER SOURCE FOR THE ELECTRIC START SYSTEM OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE

K. A. Ishutochkina

*Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy
(Moscow, Russian Federation)*

***Abstract.** Electrolytic capacitors and ionistors are sources of temporary charge storage and have optimal properties for their use in the engine start system as a partial displacement of the acid-lead battery, against the background of its some negative qualities. The article deals with the evaluation and comparison of the electric motor start system from capacitors and ionistors, as well as the possibility of their implementation on a mobile machine.*

***Keywords:** starting the engine from capacitors; ionistor; supercapacitor; lead battery; starting the internal combustion engine; battery life.*

Система электрического запуска ДВС достаточно обширно используется в современной автотракторной технике. Основными

элементами ее конструкции являются стартер и аккумуляторная батарея (АКБ), которая является основным источником энергопотребления системы [1]. Стартерная аккумуляторная батарея обеспечивает энергией привод маховика при больших пусковых токах, а также поддерживает питание бортовой системы. Распространенным типом АКБ является свинцово-кислотная, так как её параметры удовлетворяют техническим требованиям эксплуатации автотракторных машин и запросам потребителей.

При эксплуатации свинцово-кислотной АКБ в холодных природно-климатических условиях возникают ряд проблем, которые ухудшают работоспособность источника питания [2]. В большей степени это связано со снижением ее емкости и, как следствие, пускового тока. Скорость химических реакций, протекающих в АКБ, снижается при малых температурах, и это приводит к ограничению образования зарядов на пластинах, а, следовательно, к снижению тока, питающего стартер. Помимо основной причины снижения заявленных технических характеристик, аккумуляторная батарея подвержена процессу сульфатации, а с увеличением разрядного тока ресурс АКБ снижается более активно, что проявляется именно в момент запуска двигателя. Из-за чего ресурс аккумуляторной батареи сравнительно небольшой и имеет период эксплуатации от 2-х до 7-ми лет, что на практике соответствует 4000...8000 циклов запуска двигателя. Ресурс АКБ также во многом зависит от качества изготовления её элементов, легирующего вещества свинцовых электродов, материалов сепаратора и т.д.

Размеры существующих кислотно-свинцовых АКБ обеспечивают достаточную электрическую мощность, необходимую для работы стартера при запуске ДВС, несмотря на то, что остальное электрооборудование мобильной машины такой мощности не требует. Поэтому большую часть АКБ можно сменить другими элементами питания, обладающими лучшими характеристиками токоотдачи в различных условиях, а габариты АКБ можно значительно уменьшить. Такими элементами питания можно считать электролитические конденсаторы и ионисторы (суперконденсаторы), обладающими достаточной энергетикой для работы стартера при запуске ДВС [3]. Следует отметить, что параметры ио-

нисторов и электролитических конденсаторов различны, как между собой, так и с разными типами аккумуляторов (табл. 1) [4].

Таблица 1 – Основные параметры различных электрических источников питания

Параметры	Электролитические конденсаторы	Ионисторы	Свинцово-кислотные АКБ	Литий-ионные АКБ (различные типы)
Энергоемкость, Вт·ч/кг	0,05...0,2	4...32	25...40	120...280
Энергоемкость, кДж/кг	0,18...0,72	14,4...115,2	90...144	432...864
Цена, руб./кДж	650...5000	700...3000	1,5...7	5...45
Цена, руб./кг	150...3600	300...500	300...500	4200...17400
Количество полных циклов заряда/разряда до потери 20% емкости	1000000...5000000	100000...500000	2000...5000	600...15000
Диапазон рабочих температур, t°С	-50...105	-40...85	-40...70	-20...65
Среднее время зарядки допустимым током, с	0,1...2,0	5...30	36000...50000	900...1800

По различным данным видно, что ионисторы обладают намного большей энергоёмкостью, чем конденсаторы, но при этом они сопоставимы по цене за единицу накопленной энергии, что делает их более выигрышным вариантом. Кроме прочего электролитические конденсаторы могут иметь основной запас энергии за счёт более высокого напряжения, чем ионисторы, которые в свою очередь наоборот обладают обычно намного большей ёмкостью. Известно, что энергия, накопленная конденсатором, определяется по закону [5]:

$$W = \frac{CU^2}{2},$$

где C – ёмкость конденсатора или ионистора, U – напряжение.

Поэтому из рациональных соображений энергию в таких системах выгоднее образовывать именно за счёт увеличения напряжения, что не позволяет сделать физический принцип работы ионисторов [6], вынуждая соединять их последовательно. Это потребует увеличения количества электронных систем для контроля каждого ионистора в отдельности и накладывает ряд неудобств. С электролитическими конденсаторами такой проблемы не возникает, и их напряжение определяется лишь технологией конструкции. Более высокое напряжение позволяет снизить ток в цепи при такой же электрической мощности, однако верхний предел по напряжению может ограничиваться требованиями безопасной эксплуатации. Поэтому такие системы должны иметь предельные параметры по напряжению, а также систему дополнительной защиты в целях безопасности человека.

Несмотря на ряд преимуществ высоковольтных систем питания они накладывают много ограничений по требованиям к безопасной эксплуатации мобильной машины, что затрудняет их реализацию, кроме этого нужно учитывать, что бортовая система машины низковольтная, а значит она потребует использование дополнительного преобразователя напряжения, КПД которых на современном уровне находится в области 90...95 %. Однако такие системы используются в электрических трансмиссиях, в том числе в гибридных силовых агрегатах, где есть необходимость минимизации потерь для передачи большой мощности электроприводу [7].

Для ионисторов такие преобразователи не требуются, так как их рабочее напряжение такое же, как и у бортового электрооборудования. Для них необходима лишь система периодической подзарядки от сети мобильной машины без каких-либо дополнительных потерь. Потери на нагрев проводки при больших пусковых токах можно скомпенсировать более близким местом расположения ионисторов от стартера. При этом нагрев ионисторов от двигателя не является столь критичным, так как их предельные температуры работы сравнимо высоки и составляют порядка 85°C. Поэтому с учётом более высокой энергоёмкости чем у электролитических конденсаторов их использование выгоднее с точки зрения потребительских свойств.

Современные ионисторы стали более компактные и ёмкие и с ростом технологического уровня за последние 20 лет их объём снизился в 5...10 раз, а вес в 20...30. Например ионистор ИКЭ 28/40 при объёме 15 л имел вес 32 кг, ёмкость 100 Ф и напряжение 28 В, что свидетельствует о максимальной накопленной энергии 39,2 кДж. Если рассматривать современный ионистор, например QINFEN HJCAP ёмкостью 700 Ф и напряжением 2,7 В, его объём составляет 0,25 л, при весе 0,5 кг, и имеет энергию 2,55 кДж. При энергетике ниже в 15,4 раза он имеет вес в 64 раза меньше и объём в 60 раз, что примерно в 4 раза больше чем изменение энергии. Это открывает очередную возможность для потребительского использования подобных систем на автотракторной технике, об этом свидетельствуют и некоторые исследования, проведённые в этой области [8].

На практике такие системы уже используются автолюбителями для экономии ресурса АКБ и облегчения запуска двигателя в холодный период. Но условия работы таких систем, их параметры и данные по эксплуатации практически нигде не опубликованы и достоверной информации в этой области практически нет. Кроме этого исследования по сравнению конденсаторной и ионисторной системы запуска ДВС не проводились, а только рассматривались по отдельности, что не обеспечивает полноту данных по этой тематике.

Таким образом, для сравнения систем запуска ДВС с помощью ионисторов и электролитических конденсаторов кроме сравнения параметров требуется математическое моделирование работы таких систем и экспериментальное исследование подтверждающее достоверность моделирования.

По предварительным данным показано, что ионисторы являются более перспективными элементами питания в системах электрического запуска двигателя чем электролитические конденсаторы, так как они имеют оптимальные потребительские свойства. Вместе с тем их энергоёмкость выше, чем у электролитических конденсаторов практически в 100 раз при сопоставимой цене в энергетическом эквиваленте в среднем 2000...3000 руб/кДж. Ионисторы, являясь электрохимическими преобразователями уступают лишь конденсаторам по количеству циклов разрядки-зарядки в 10 раз и по более узкому температур-

ному диапазону, который на 10°C снижен в положительную и отрицательную сторону, что по большей части не является критичным для их дальнейшего использования в подобных системах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ютт В. Е. Электрооборудование автомобилей : учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М. : Горячая линия–Телеком, 2006. 440 с.
2. Ишуточкина К. А. Система автоматического перезапуска ДВС // В сб.: Сборник студенческих научных работ. По материалам докладов 72-й Международной студенческой научно-практической конференции, посвященной 145-летию со дня рождения А. Г. Дояренко. 2019. С. 111-112.
3. Ишуточкина К. А. Выбор типа источника электрической энергии с целью повышения эффективности запуска ДВС // В сб.: Чтения Академика В. Н. Болтинского. Сборник статей семинара. 2020. С. 52-57.
4. Бижаев А. В. Оценка параметров трактора с электроприводным силовым агрегатом // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2020. Т. 14. № 4. С. 0-0. DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-4-0-0.
5. Строганов В. И., Козловский В. Н. Моделирование систем электромобилей и автомобилей с комбинированной силовой установкой в процессах проектирования и производства. М. : МАДИ, 2014. 264 с.
6. Деспотули А., Андреева А. Суперконденсаторы для электроники (часть 1) // Современная электроника. 2006. № 5. С. 10-14.
7. Бижаев А. В. Проблемы выбора типа привода силового агрегата трактора на электрической тяге // В сб.: Чтения Академика В. Н. Болтинского. 2020. С. 247-252.
8. Иванов С. А. Повышение эффективности функционирования тягово-транспортных средств при использовании накопителей энергии // Международный научный журнал. 2013. № 4. С. 92-96.

REFERENCES

1. Iutt V. E. Electrical equipment of cars. Moscow, Goriachaia liniia-Telekom, 2006, 440 p.
2. Ishutochkina K. A. Automatic engine restart system. *Sbornik studentcheskikh nauchnykh rabot*. 2019, pp. 111-112.
3. Ishutochkina K. A. Selecting the type of electric power source to improve the efficiency of starting the internal combustion engine. *Chteniia Akademika V. N. Boltinskogo*. 2020, pp. 52-57.
4. Bizhaev A. V. Evaluation of the parameters of a tractor with an electric power unit. *Sel'skokhoziaistvennyye mashiny i tekhnologii*. 2020, vol. 14, no. 4, pp. 0-0. DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-4-0-0.

5. Stroganov V. I., Kozlovskii V. N. Modeling of systems of electric vehicles and cars with a combined power plant in the design and production processes. Moscow, MADI, 2014, 264 p.
6. Despotuli A., Andreeva A. Supercapacitors for electronics (part 1). *Sovremennaiia elektronika*, 2006, no. 5, pp. 10-14.
7. Bizhaev A. V Problems of choosing the type of electric tractor power unit drive. *Chteniia Akademika V. N. Boltinskogo*, 2020, pp. 247-252.
8. Ivanov S. A. Improving the efficiency of traction vehicles when using energy storage devices. *Mezhdunarodnyi nauchnyi zhurnal*, 2013, no. 4, pp. 92-96.

Об авторе:

Ишуточкина Кристина Александровна, инженер кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), kishutochkina@mail.ru.

About the author:

Kristina A. Ishutochkina, engineer of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), kishutochkina@mail.ru.