

## ВЫБОР НАКОПИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ

Студент гр. 101101-16 Хилько А. Д.

*Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. Жданович Ч. И.*

Наиболее важными компонентами любого электромобиля являются электропривод и аккумуляторная батарея. От последней зависит дальность пробега, скорость зарядки, вес и, главное, цена машины. В современном производстве электромобилей, чаще всего используют литий-ионные батареи.

Аккумуляторы литий-ионного типа обладают высокой плотностью энергии и благодаря этому при компактном размере и легком весе обеспечивают наибольшие показатели емкости по сравнению с другими видами аккумуляторных батарей [1]. Разные подвиды литий-ионной электрохимической системы именованы по типу своего активного вещества, и могут обозначаться как полностью словами, так и в укороченном виде - химическими формулами. Объединяется литиевые аккумуляторы то, что все они относятся к герметичным необслуживаемым аккумуляторам [2].

В таблице 1 приведены сравнительные характеристики основных литий-ионных аккумуляторов.

Анализируя данные таблицы 1, следует выделить четыре типа накопителей, как наиболее вероятных для применения на электрическом транспорте:

- литий-никель-марганец-кобальт-оксидный аккумулятор (LiNiMnCoO<sub>2</sub>);
- литий-железо-фосфатный аккумулятор (LiFePO<sub>4</sub>);
- литий-никель-кобальт-алюминий-оксидный аккумулятор (LiNiCoAlO<sub>2</sub>);
- литий-титанатный аккумулятор (Li<sub>4</sub>Ti<sub>5</sub>O<sub>12</sub>).

Литий-никель-марганец-кобальт-оксидный аккумулятор (LiNiMnCoO<sub>2</sub>) имеет хорошую общую производительность и отличную удельную энергоемкость, а также самый низкий уровень самонагрева в сравнении с другими видами литий-ионных накопителей. В последнее время именно NMC семейство литий-ионных аккумуля-

торов становится наиболее популярным, так как благодаря возможности комбинации активных веществ стало можно сконструировать экономичную батарею с хорошей производительностью. Никель, марганец и кобальт могут быть легко смешаны, чтобы удовлетворить широкий спектр требований для электротранспорта или систем аккумулярования энергии, специфика которых предполагает регулярную циклическую работу. Семейство NMC аккумуляторов активно развивается в своем многообразии.

Таблица 1 – Сравнительные характеристики литий-ионных аккумуляторов [1]

Параметр \ Тип	LiCoO <sub>2</sub>	LiMn <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	LiNiMnCoO <sub>2</sub>	LiFePO <sub>4</sub>	LiNiCoAlO <sub>2</sub>	Li <sub>4</sub> Ti <sub>5</sub> O <sub>12</sub>
Напряжение элемента, В	3.6	3.7	3.6-3.7	3.2	3.6	2.4
Удельная энергоемкость, Вт·ч/кг	150–200	100–150	150–220	90–120	200–260	70–80
Количество циклов заряда/разряда	500–1000	300–700	1000–2000	1000–2000	500	3000–7000
Оптимальная глубина разряда, %	85–90	85–90	85–90	85–90	85–90	85–90
Допустимая глубина разряда, %	100	100	100	100	100	100
Оптимальная температура, °С	+20...+30	+20...+30	+20...+30	+20...+30	+20...+30	+20...+30
Диапазон рабочих температур, °С	-10...+60	-10...+45	-10...+55	-10...+60	-10...+55	-10...+45
Срок службы, лет при +20°С	5–7	10	10	20–25	20–25	18–25
Саморазряд в мес., %	1–2	1–2	1–2	1–2	1–2	1–2
Требования к обслуживанию	нет	нет	нет	нет	нет	нет
Уровень стоимости	высокий	средний	средний	низкий	средний	высокий

Литий-железо-фосфатный аккумулятор (LiFePO<sub>4</sub>) обладает хорошей термической стабильностью, повышенной безопасностью и

стойкостью к перезаряду. Также следует отметить высокие показатели силы тока и длительный срок службы. Однако средние показатели энергоемкости и высокий саморазряд ставят под вопрос использование данного накопителя на электрическом транспорте.

Литий-никель-кобальт-алюминий-оксидный ( $\text{LiNiCoAlO}_2$ ) аккумулятор имеет наибольшие показатели энергоемкости и плотности энергии, в купе с хорошей долговечностью, что делает его перспективными для электротранспорта. Однако высокая стоимость, недостаточные показатели безопасности, а также сравнительно небольшое количество циклов заряда/разряда являются существенными недостатками этого накопителя.

Литий-титанатный аккумулятор ( $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ ) имеет высокие показатели безопасности, производительности при низких температурах и долговечности. Быстрое время заряда, обеспечение высокого тока разряда, а также наибольшие показатели циклов заряда/разряда по сравнению с другими литий-ионными аккумуляторами делает данный вид накопителя наиболее перспективным для применения на электрическом транспорте. Однако существенным недостатком данного накопителя является низкое рабочее напряжение и удельная энергоемкость. Это значит, что для достижения аналогичной емкости литий-титанатный накопитель необходимо увеличить в объеме в несколько раз, что ограничивает его применение, когда стоит задача о не превышении массы разрабатываемого транспортного средства.

Таким образом, на основании проведенного анализа, можно сделать вывод о целесообразности применения литий-никель-марганец-кобальт-оксидного ( $\text{LiNiMnCoO}_2$ ) аккумулятора в качестве накопителя энергии электромобиля ввиду его хорошей общей производительности и отличной удельную энергоемкости, а также самого низкого уровня самонагрева в сравнении с другими видами литий-ионных накопителей.

#### *Литература*

1. Best Energy [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://best-energy.com.ua/support/battery/414-vidy-i-tipy-akkumulyatornykh-batarej-v-podrobnostyakh> – Дата доступа: 24.05.2021.

2. Best Energy [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://best-energy.com.ua/support/battery/bu-205#battery-bu-205-030> – Дата доступа: 24.05.2021.

УДК 621.333

## **ВЫБОР СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЯГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ**

Студент гр. 101101-16 Хилько А. Д.

*Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. Жданович Ч. И.*

В общем случае, системы управления электродвигателем разделяют на скалярные и векторные. В данной работе пойдет речь о системах управления асинхронным двигателем (АД), который получил широкое распространение на электрическом транспорте.

Скалярный метод управления обеспечивает постоянное отношение амплитуды напряжений обмоток статора к частоте. Такой метод позволяет контролировать скорость вращения электродвигателя в диапазоне до 1:10. Метод прост в реализации и подходит для большинства задач управления двигателем, где не требуется высокая динамика работы. Медленный отклик при переходном процессе связан с тем, что данный метод контролирует величину напряжения и частоты вместо управления фазой и величиной тока. Когда требуется максимальное быстродействие, возможность регулирования в широком диапазоне скоростей и возможность управления моментом электродвигателя используется векторное управление.

Векторное управление позволяет управлять не только амплитудой и частотой, но и фазой управляющих напряжений. Таким образом данный метод обеспечивает максимальное быстродействие и регулирование во всем диапазоне скоростей, что невозможно выполнить с помощью скалярного управления. Недостатками данного метода является сложность реализации и более высокая цена, связанная с необходимостью использования более мощного микроконтроллера. Однако, на сегодняшний день, именно данный способ применяется для управления двигателями электрических транспортных средств [1].