

Евгений Звонарев (КОМПЭЛ)

ДО 2000 ЦИКЛОВ «ЗАРЯД-РАЗРЯД»: ЛИТИЙ-ЖЕЛЕЗОФОСФАТНЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ ЕЕМВ



Аккумуляторы с длительным сроком эксплуатации и высоким уровнем безопасности. Допускают высокий ток заряда и высокую скорость разряда. Применяются для электроинструмента, электромобилей, резервных источников питания, базовых станций мобильной связи. Все это — новые литий-железофосфатные аккумуляторы ЕЕМВ.



Современная электроника предъявляет все более высокие требования к мощности и емкости автономных источников тока. В то время как параметры никель-кадмиевых и никель-металлогидридных аккумуляторов вплотную приблизились к своему теоретическому пределу, технологии литий-ионных источников энергии находятся только в начале своего развития.

Литий-железофосфатные аккумуляторы (Lithium Iron Phosphate = Li-FePO₄) — это один из новых видов литиевых аккумуляторов с номинальным напряжением 3,2...3,3 В на элемент. Отсутствие токсичности, безопасность эксплуатации, высокая эффективность, длительный срок службы при высокой удельной мощности позволяют широко использовать эти аккумуляторы в электрических транспортных средствах, базовых телекоммуникационных станциях, системах обеспечения энергией дома.

Основные особенности и характеристики аккумуляторов Li-FePO₄:

- длительный срок эксплуатации — более 2000 циклов «заряд-разряд» (при заряде и разряде током в 1С после 2000 циклов остается примерно 80% емкости от первоначального значения);
- высокий уровень безопасности: отсутствие пожара и взрыва при заряде или коротком замыкании;
- допускают высокий ток заряда, что резко уменьшает необходимое время заряда аккумулятора;
- допускают высокую скорость разряда током до 10С;
- производство литий-железофосфатных аккумуляторов не отравляет окружающую среду, так как все сырье является экологически чистым;
- элементы можно включать параллельно для увеличения емкости батарей

и последовательно для увеличения напряжения;

- диапазон рабочих температур: от -10 до 60°;
- широкие перспективы развития на будущее.

Основной вклад в развитие этой технологии внесла компания A123 Systems (США). Компания ЕЕМВ покупает по лицензии материалы для производства LiFePO₄ аккумуляторов, что гарантирует высокое качество выпускаемых аккумуляторов.

На рис. 1 показано сравнение энергетической плотности аккумуляторов разных типов. Рассматриваемые в статье литий-железофосфатные аккумуляторы немного уступают по плотности энергии литий-полимерным, но благодаря особенностям, перечисленным выше, эти аккумуляторы находят оптимальное применение в электрическом транспорте. Допустимость большого количества циклов «заряд-разряд» до 2000 при снижении емкости до 80% обеспечива-

ет этим аккумуляторам неоспоримые преимущества по сравнению с предшественниками более ранних технологий электрохимических систем. На рис. 2 показана типовая зависимость снижения емкости аккумуляторов Li-FePO₄ до гарантированной остаточной емкости 90% при 1000 циклах «заряд-разряд» током 1С. Указываемые в документации количества циклов «заряд-разряд» не означают, что при достижении этого числа аккумуляторы ждет летальный исход. Это лишь означает снижение их емкости всего на 10-20%.

На рис. 3 показаны кривые заряда током 0,5С и разряда током 0,2С. Номинальным напряжением для аккумуляторов Li-FePO₄ считается уровень 3,2...3,3 В. Максимально допустимое напряжение полного заряда составляет 3,7 В. К сожалению, из-за этого Li-FePO₄ источники энергии нельзя заряжать устройствами для литий-ионных аккумуляторов. Практически во время всего процесса разряда литий-железофосфатные аккумуляторы обеспечивают номинальное значение

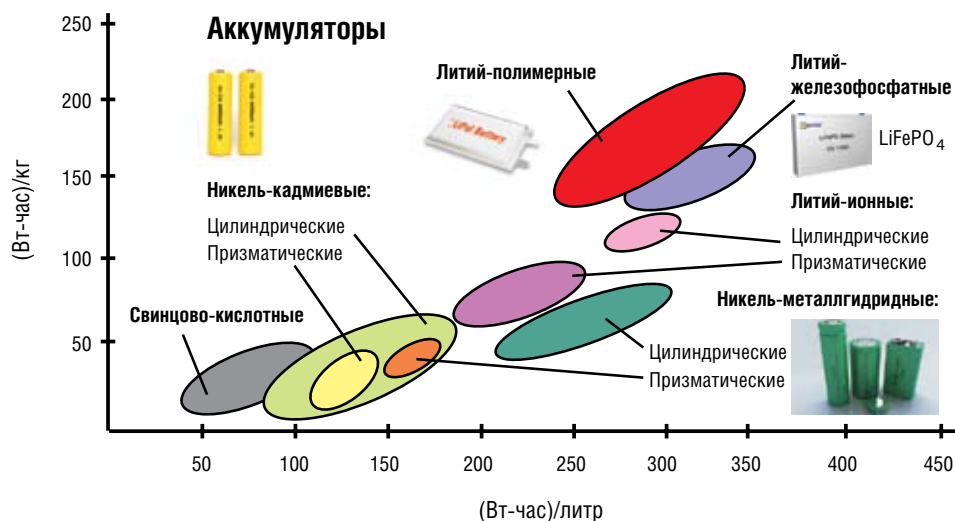


Рис. 1. Сравнение энергетической плотности аккумуляторов разных электрохимических систем

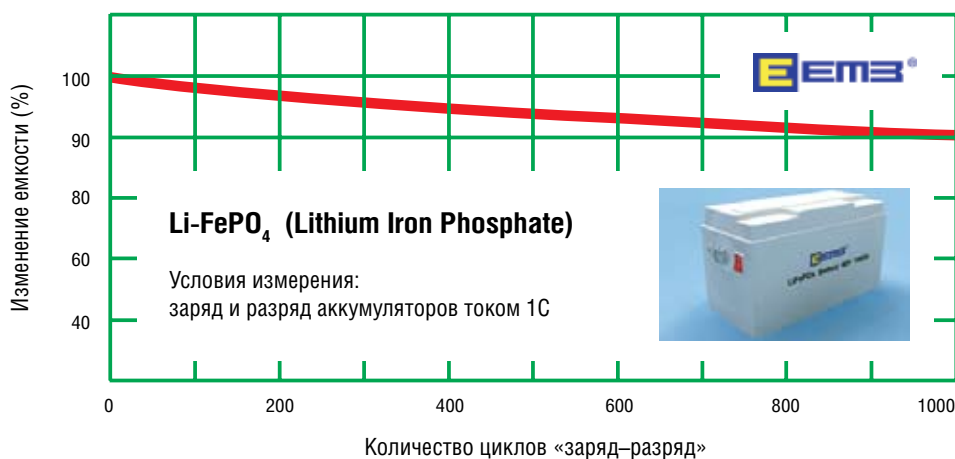
Таблица 1. Одноэлементные LiFePO_4 аккумуляторы EEMB

Наименование	Номинальное напряжение, В	Номинальная емкость, мАч	Толщина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Вес, г
LP603449F	3,2	600	6,0	34	49	15
LP385590F		1250	3,8	5,5	90	32
LP45100135F		4000	4,5	100	135	100
LP60100135F		5500	6,0	100	135	138
LP70103122F		6700	7,0	103	122	168
LP75103122F		7000	7,5	103	122	175
LP8867220F		9000	8,5	67	220	225
LP60255205F		22000	6,0	255	205	550
LP90255205F		36000	9,0	255	205	900

Таблица 2. Li-FePO_4 аккумуляторы серии «GOLF CART»

Наименование	Тип сборки аккумуляторной батареи*	Номинальное напряжение, В	Номинальная емкость, Ач	Габаритные размеры одного элемента сборки, мм	Вес всей сборки, кг
LP8867220F-2S	2S	6,4 (6)	10	9,1 x 67,5 x 222	0,5
LP8867220F-2S	2P3S	9,6 (9)	20		1,5
LP8867220F-3P3S	3P3S	9,6 (9)	30		2,5
LP8867220F-3P4S	3P4S	12,8 (12)	30		3,0
LP8867220F-4P3S	4P3S	9,6 (9)	40		3,0
LP8867220F-4P4S	4P4S	12,8 (12)	40		4,0
LP8867220F-5P4S	5P4S	12,8 (12)	50		5,0
LP8867220F-8S	8S	25,6 (24)	10		2,0
LP8867220F-3P8S	3P8S	25,6 (24)	30		6,0
LP8867220F-6P8S	6P8S	25,6 (24)	60		12,0

* Пример: 3P4S — 3 параллельно включенных сборки (каждая сборка состоит из 4 последовательно включенных аккумуляторов), P — Parallel = параллельное включение, S — Serial = последовательное включение.

Рис. 2. Зависимость емкости аккумуляторов Li-FePO_4 от количества циклов «заряд-разряд»

напряжения 3,2...3,3 В, что, несомненно, можно отнести к достоинствам этого типа источников тока.

В таблице 1 показаны основные параметры одноэлементных литий-железофосфатных аккумуляторов компании EEMB. Номинальная емкость этого типа аккумуляторов находится в пределах от 600 мАч (вес 15 г) до 36000 мАч (вес 900 г). Одноэлементные Li-FePO_4 аккумуляторы чаще всего применяются в приборах с автономным питанием. Эти

аккумуляторы допускают разряд очень высоким током до 10С. После 2000 циклов «заряд-разряд» током 1С остаточная емкость составляет около 80%.

В таблице 2 приведены параметры литий-железофосфатных аккумуляторов серии «GOLF CART». Эти автономные источники энергии предназначены для электротранспорта малой мощности. Емкость аккумуляторов этого типа находится в пределах от 10 до 60 Ач при весе от 0,5 до 12,0 кг. Все они собирают-

ся из одинаковых одноэлементных аккумуляторов с габаритными размерами 9,1x67,5x222 мм. Li-FePO_4 аккумуляторы допускают параллельное и последовательное соединение ячеек. Благодаря этому можно легко изменять емкость и напряжение аккумуляторов. В таблице 2 последовательное соединение аккумуляторов обозначается буквой «S» (S = Serial = последовательный), а параллельное соединение элементов сборки — буквой «P» (P = Parallel = параллельный). Окончания наименований аккумуляторов этой серии указывают, каким образом одноэлементные ячейки соединены в конкретной сборке. Часто номинальные напряжения аккумуляторов Li-FePO_4 указываются округленными значениями. Например, для аккумуляторов с номинальными напряжениями 6,4; 9,6; 12,8 и 25,6 В указываются стандартные напряжения 6; 9; 12 и 24 В.

В таблицу 3 сведены параметры литий-железофосфатных аккумуляторов для электрических скутеров и электроинструментов. Аккумуляторы этой серии обладают емкостью от 1,4 до 8,4 Ач при весе от 150 г до 2,1 кг. Небольшие размеры, высокий допустимый ток разряда, большой срок службы, высокая плотность энергии, отсутствие эффек-

Таблица 3. Параметры аккумуляторных батарей серии «E-scooter»

Наименование	Тип сборки аккумуляторной батареи	Номинальное напряжение, В	Номинальная емкость, мАч	Допустимый ток длительного разряда	Габаритные размеры одного элемента сборки, мм	Вес всей сборки, г
LP18650-3S	3S	9,6	1400	2C	18,2 x 64,5	150
LP18650-4S	4S	12,8	1400	2C		200
LP18650-5S	5S	16,0	1400	2C		250
LP18650-6S	6S	19,2	1400	2C		300
LP18650-7S	7S	22,4	1400	2C		350
LP18650-2P3S	2P3S	9,6	2800	2C		300
LP18650-3P4S	3P4S	12,8	4200	2C		600
LP18650-4P5S	4P5S	16,0	5600	2C		1000
LP18650-5P6S	5P6S	19,2	7000	2C		1500
LP18650-6P7S	6P7S	22,4	8400	2C		2100

Таблица 4. Параметры аккумуляторных батарей серии «E-bike»

Наименование	Тип сборки аккумуляторной батареи	Номинальное напряжение, В	Номинальная емкость, Ач	Габаритные размеры одного элемента сборки, мм	Вес всей сборки, кг
LP8867220F-8S	8S	24	10	9,1 x 67,5 x 222	2,5
LP8867220F-2P8S	2P8S	24	20		4,5
LP8867220F-3P8S	3P8S	24	30		7,0
LP8867220F-4P8S	4P8S	24	40		9,0
LP8867220F-12S	12S	36	10		3,5
LP8867220F-2P12S	2P12S	36	20		7,0
LP8867220F-3P12S	3P12S	36	30		10,0

Таблица 5. Параметры аккумуляторных батарей серии «E-motorcycle»

Наименование	Тип сборки аккумуляторной батареи	Номинальное напряжение, В	Номинальная емкость, Ач	Габаритные размеры одного элемента сборки, мм	Вес всей сборки, кг
LP7567220F-16S	16S	48	9	7,5 x 67 x 220	4
LP7567220F-2P16S	2P16S		18		8
LP7567220F-3P16S	3P16S		27		12
LP7567220F-4P16S	4P16S		36		16
LP7567220F-5P16S	5P16S		45		20
LP7567220F-6P16S	6P16S		54		24
LP7567220F-7P16S	7P16S		63		28
LP7567220F-8P16S	8P16S		72		32
LP7567220F-9P16S	9P16S		81		36
LP7567220F-10P16S	10P16S		90		40

та памяти обеспечивают популярность этих аккумуляторов в подходящих по мощности приборах, где необходимо автономно питать электродвигатели. Номинальные напряжения этих источников энергии от 9,6 до 22,4 В.

Аккумуляторы Li-FePO₄ серии E-bike, параметры которых сведены в таблице 4, предназначены электродвигателей, вращающих колеса велосипеда. Без сомнения, наши разработчики найдут и другие применения для этих аккумуляторов. Эти химические источники тока также выпускаются в сборках, где одиночные элементы соединены последовательно или параллельно-последовательно. Округленные значения номинальных напряжений сборок серии E-bike составляют 24 или 36 В при номинальной емкости

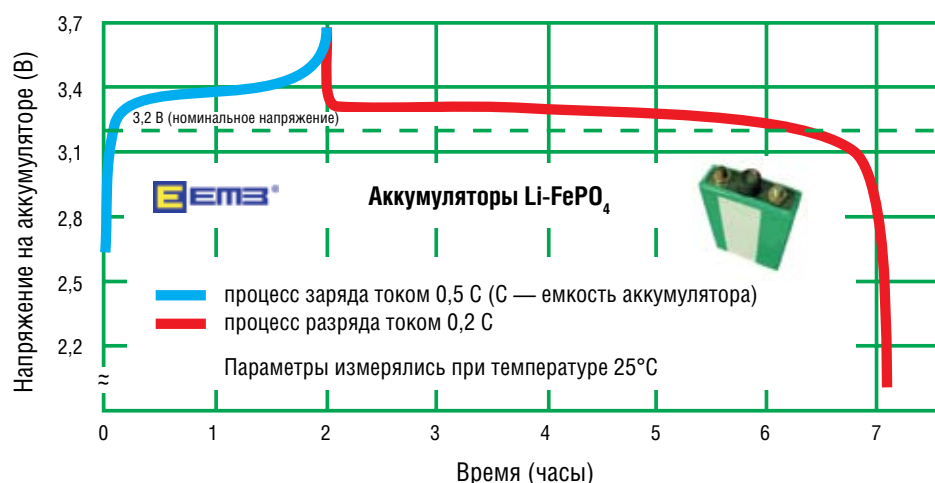


Рис. 3. Графики заряда-разряда аккумулятора Li-FePO₄ (один элемент)

Таблица 6. Параметры аккумуляторных батарей серии «Energy Storage»

Наименование	Напряжение батареи, В	Емкость, Ач	Вес, кг
ЕЕМВ-2А	12	12	1,5
ЕЕМВ-2В	12	20	2,5
ЕЕМВ-2С	12	28	3,2
ЕЕМВ-2Д	24	20	4,5

Таблица 7. Параметры аккумуляторов Li-FePO₄ для базовых станций мобильной связи

Наименование	Напряжение батареи, В	Емкость, Ач	Вес, кг
ЕЕМВ-1А	12	50	6
ЕЕМВ-1В	24	100	22
ЕЕМВ-1С	48	100	40
ЕЕМВ-1Д	48	200	78

10...30 Ач и весе от 2,5 до 10 кг. Габаритные размеры одного элемента сборки этой серии 9,1х67,5х222 мм.

В таблицу 5 сведены параметры литий-железофосфатных аккумуляторов еще более мощной серии E-motorcycle для электрических мотоциклов. Номинальное напряжение всех аккумуляторов этой серии составляет 48 В. Минимальное значение номинальной емкости этой серии равно 9 Ач при весе 4 кг. Максимальное значение емкости 90 Ач при весе 40 кг. Размеры одного элемента — 7,5х67х220 мм. Все аккумуляторы этой серии состоят из 16 последовательно включенных сборок. Каждая сборка — это несколько параллельно включенных одиночных элементов

(исключение составляет аккумулятор LP7567220F-16S, состоящий всего из одной сборки).

В таблицах 6 и 7 приведены параметры литий-железофосфатных аккумуляторов для источников питания на солнечных батареях и для обеспечения резервного питания аппаратуры базовых станций мобильной связи. Аккумуляторы серии Energy Storage (таблица 6) выпускаются с номинальными напряжениями 12 и 24 В. Диапазон номинальных емкостей лежит в пределах от 12 до 20 Ач при весе от 1,5 до 4,5 кг.

Основные параметры аккумуляторов Li-FePO₄ серии «Mobile Telecommunication Base Station Battery» для резервного питания телекоммуника-

ционного оборудования сведены в таблицу 7. Эти автономные источники тока имеют самую большую емкость среди всех серий литий-железофосфатных аккумуляторов, выпускаемых компанией ЕЕМВ. Диапазон номинальных емкостей этой серии — от 50 до 200 Ач при весе от 6 до 78 кг. Номинальные напряжения этой серии — 12, 24 и 48 В.

Для создания зарядных устройств можно применить специализированные контроллеры заряда литий-железофосфатных аккумуляторов компании Texas Instruments (www.ti.com). TI предлагает также решения для заряда аккумуляторов LiFePO₄ на основе контроллеров для литий-ионных и литий-полимерных аккумуляторов, где изменены уровни напряжений, до которых необходимо заряжать литий-железофосфатные аккумуляторы. Напечатав в окне поиска на сайте www.ti.com ключевое слово LiFePO₄, можно найти руководства по применению для создания зарядных устройств литий-железофосфатных аккумуляторов.

Дополнительную информацию о рассмотренной в статье продукции компании ЕЕМВ можно найти на сайте производителя www.eemb.com.

Получение технической информации,
заказ образцов, поставка —
e-mail: ac-dc-ac.vesti@compel.ru



Батареи LiFePO₄ идеальны для телекоммуникационных базовых станций

ПРЕИМУЩЕСТВА:

- Длительный срок службы: более 2000 циклов заряда-разряда
- Высокая безопасность: отсутствие возгораний и взрывов
- Превосходные характеристики заряда: до 80% емкости за 30 мин
- Высокий уровень токоотдачи: до 10С
- Безопасны для окружающей среды
- Широкий диапазон рабочих температур: от -10...60°C



Москва
Техподдержка:
Роман Бодров
E-mail: r.bodrov@compel.ru

Санкт-Петербург
Техподдержка:
Олег Романов
E-mail: Romanov.spb@compel.ru

Компэл
www.compel.ru