

УТВЕРЖДЕНО

LT.38294932.3482.004-2017РЭ-ЛУ

АККУМУЛЯТОРЫ ЛИТИЙ-ИОННЫЕ

LT-LFP170/190/200В, LT-LFP170С, LT-LFP170Р

Руководство по эксплуатации

LT.38294932.3482.004-2017РЭ

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОПИСАНИЕ	3
1.1 Условные обозначения аккумуляторов	3
1.2 Термины и условные обозначения	5
1.3 Основные технические характеристики аккумуляторов	6
1.4 Требования к средствам измерения и вспомогательному оборудованию	6
2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ	6
2.1 Срок службы	6
2.2 Характеристики заряда/разряда	7
3 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ	9
3.1 Определение разрядной ёмкости	9
3.2 Ввод в эксплуатацию	9
3.3 Приведение аккумуляторов в рабочее состояние	12
3.4 Работа аккумуляторов в буферном режиме	13
3.5 Эксплуатация аккумуляторов в составе батареи	14
4 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ	18
5 ТЕКУЩИЙ РЕМОНТ	18
6 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ	18
7 ХРАНЕНИЕ	19
8 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ	19
9 УТИЛИЗАЦИЯ	20
10 ГАРАНТИИ ИЗГОТОВИТЕЛЯ	20

Настоящее Руководство по эксплуатации распространяется на аккумуляторы литий-ионные (ЛИА) LT-LFP170B, LT-LFP170C, LT-LFP170P, LT-LFP190B, LT-LFP200B (далее – аккумуляторы).

Аккумуляторы предназначены для работы, как в качестве единичного источника электрической энергии, так и в составе аккумуляторной батареи (АКБ) в качестве:

- накопителей электрической энергии в системах генерации и передачи электроэнергии;
- резервных источников бесперебойного питания;
- источников для накопления электрической энергии и её последующей отдачи для питания электродвигателей машин и бортовых систем рельсового и безрельсового электрифицированного транспорта;
- источников питания прочих механизмов как управляемых (погрузчики, вагонетки и проч.), так и неуправляемых.

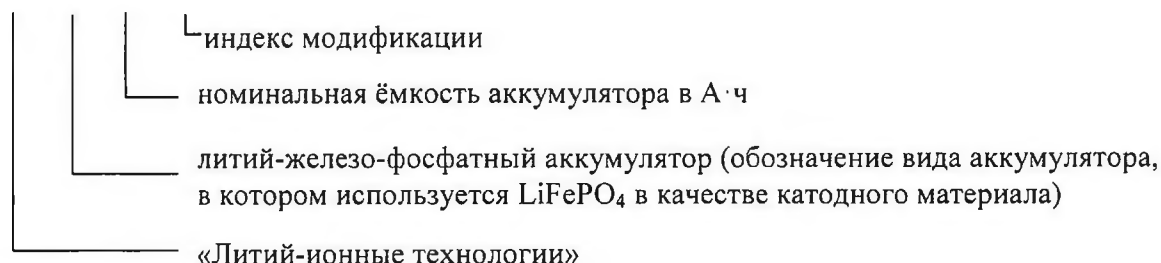
ВНИМАНИЕ: УСТАНОВКУ, МОНТАЖ, ЭКСПЛУАТАЦИЮ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ АККУМУЛЯТОРОВ ДОЛЖЕН ПРОИЗВОДИТЬ ПОДГОТОВЛЕННЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ ПЕРСОНАЛ, ОЗНАКОМЛЕННЫЙ С ДАННЫМ РУКОВОДСТВОМ!

1 ОПИСАНИЕ

1.1 Условные обозначения аккумуляторов

В условном обозначении аккумуляторов цифры и буквы означают:

LT-LFP XXX X



На корпусе каждого аккумулятора нанесена маркировка:

- условного обозначения аккумуляторов;
- знаков полярности.

Внешний вид и габаритные размеры аккумуляторов представлены на рисунке 1.

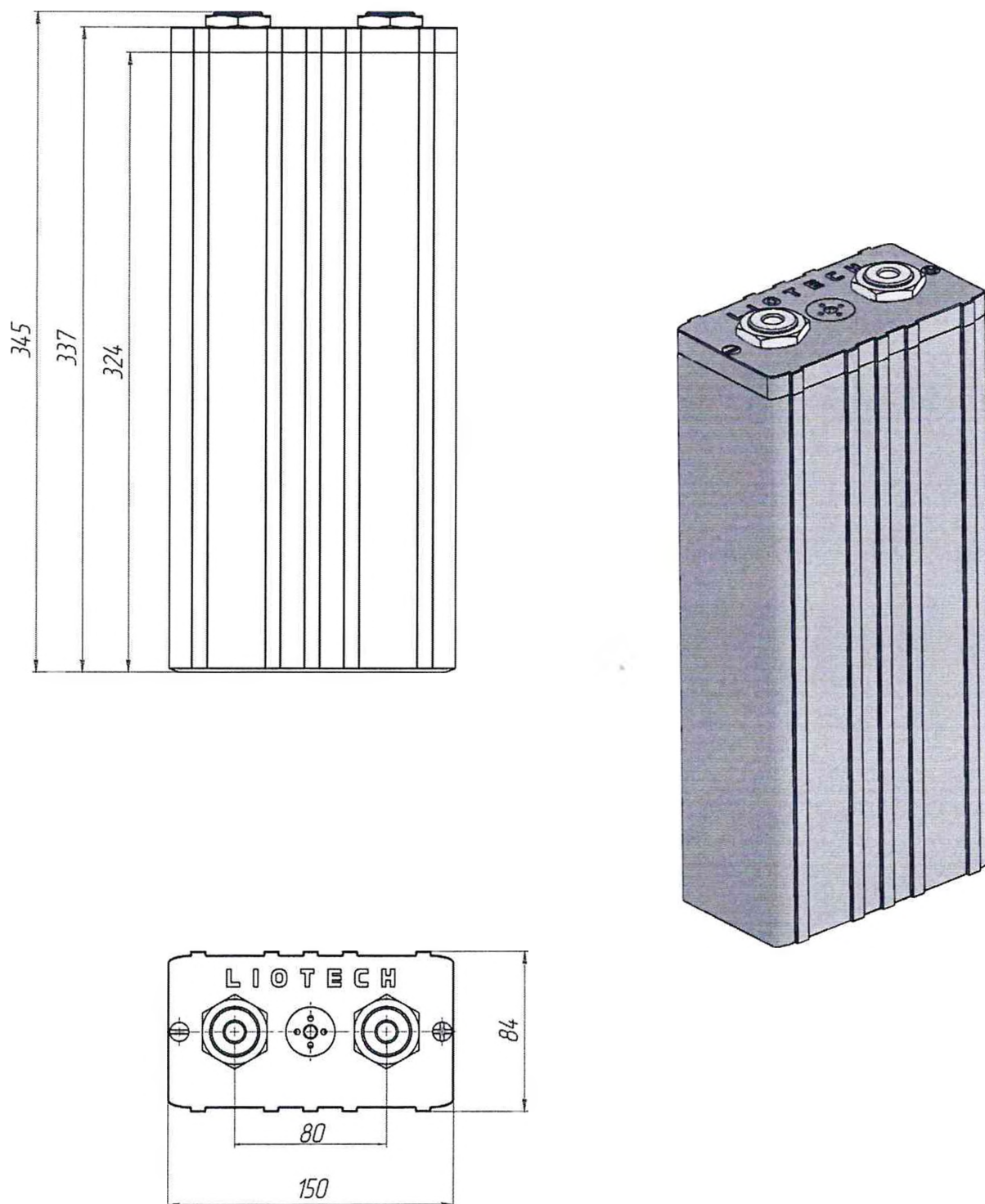


Рисунок 1 – Общий вид и габаритные размеры аккумуляторов LT-LFP 170/190/200(В/С/Р)

1.2 Термины и условные обозначения

1.2.1 **аккумуляторная батарея:** сборка из аккумуляторов, оснащённая системой контроля и управления.

1.2.2 **балансировка аккумуляторов:** Процесс выравнивания степени заряда аккумуляторов в батарее.

1.2.3 **буферный режим работы аккумулятора:** Режим, при котором аккумулятор постоянно подключен к зарядному устройству для компенсации саморазряда и поддержания необходимого уровня заряда.

1.2.4 **глубина разряда (Depth of Discharge, DOD):** Процент номинальной ёмкости, снятой при разряде батареи.

1.2.5 **литий-ионный аккумулятор:** Аккумулятор, в котором электрическая энергия образуется в результате окисления и восстановления ионов лития. В качестве электродов используются две литиевые матрицы, ионы лития во время циклирования элемента могут быть интеркалированы и деинтеркалированы из одной матрицы в другую. Различие в химическом потенциале лития внутри каждой матрицы создает напряжение элемента.

1.2.6 **напряжение разомкнутой цепи (НРЦ):** Напряжение на аккумуляторе (разность потенциалов) без нагрузки.

1.2.7 **номинальное напряжение аккумулятора:** Условное значение напряжения, определяемое электрохимической системой аккумулятора, численно равно напряжению при номинальной нагрузке и уровне заряда аккумулятора не ниже 80 %.

Номинальное напряжение батареи, состоящей из n соединенных последовательно аккумуляторов, равно номинальному напряжению отдельного аккумулятора, увеличенному в n раз.

1.2.8 **номинальная ёмкость, C_n :** Количество электричества C_n , выражаемое в ампер-часах (А·ч), указанное изготовителем, которое может отдать 100% заряженный аккумулятор или аккумуляторная батарея при 5-часовом разряде током $0,2C_n$ до напряжения 2,5 В, в условиях заряда, хранения и разряда при температуре плюс $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$.

1.2.9 **ресурс:** Количество циклов заряда/разряда до снижения емкости аккумулятора на 20 % от C_n .

1.2.10 **саморазряд:** Потеря химической энергии, обусловленная самопроизвольными реакциями внутри аккумулятора, даже когда он не соединён с внешней цепью.

1.2.11 **система контроля и управления (СКУ, BMS):** Электронный прибор, предназначенный для контроля параметров аккумулятора и батареи (напряжение, ток, температура, уровень заряда). СКУ должна обеспечивать защиту аккумулятора (батареи) от повреждений, поддерживать такое состояние батарей, в котором они могут полностью обеспечить потребности устройств, для которых предназначены.

1.2.12 **стринг:** Последовательно соединённая группа аккумуляторов с установленной СКУ.

1.2.13 **уровень заряда (State of Charge, SOC):** Процент номинальной ёмкости, переданной аккумулятору (батареи) при его заряде.

1.3 Основные технические характеристики аккумуляторов

Основные технические характеристики аккумуляторов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Модель аккумулятора	Номинальная ёмкость, (C _n) А·ч	Подгруппа исполнения*	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток заряда, А	Максимальный ток заряда, А	Номинальный ток разряда, А	Максимальный ток разряда, А	Внутреннее Сопротивление на частоте 1 кГц, мОм*	Саморазряд не более, % в мес.	Максимальные габаритные размеры (ДхШхВ), мм	Масса, кг
LT-LFP 170P	170	-	3,2	35	340	35	510	≤0,3	3	150x85x346	≤7,0
LT-LFP 170B	170,190,200	1			170		400	≤0,3			
LT-LFP 190B		2					350	≤0,4			
LT-LFP 200B		3						≤0,5			
LT-LFP 170C	170	-			85		170	≤0,7			

* Подбор в группы по разбросу внутреннего сопротивления производится согласно методике 03-062-18

1.4 Требования к средствам измерения и вспомогательному оборудованию

- вольтметр постоянного тока с погрешностью не более $\pm 0,5$ %;
- амперметр постоянного тока с погрешностью не более $\pm 1,0$ %;
- термометр с пределами измерения от минус 40 до плюс 70 °С;
- прибор для контроля внутреннего сопротивления аккумуляторов на частоте 1 кГц с погрешностью не более $\pm 1,0$ %;
- зарядно-разрядное устройство с уровнем стабилизации напряжения и тока не более $\pm 1,0$ %.

Контрольно-измерительная аппаратура должна иметь инструкции по ее применению, а также паспорта или другие документы, подтверждающие ее годность на момент проведения измерений.

2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Аккумуляторы предназначены для использования при температуре от минус 40 до плюс 50 °С, относительной влажности до 98 %, атмосферном давлении (60÷106,7) кПа (от 450 до 800 мм рт. ст.), уровне вибрации в полосе частот 10—2000 Гц не более 3g. Оптимальная температура эксплуатации, обеспечивающая в полном объеме технические возможности аккумуляторов от минус 10 до плюс 40 °С. Положение аккумуляторов в процессе эксплуатации, транспортировании и хранении – вертикальное (выводными клеммами вверх).

2.1 Срок службы

При соблюдении правил эксплуатации, срок службы аккумуляторов в стандартных условиях – не менее 8 лет. При стандартных условиях эксплуатации: заряд током до $0,5C_n$, при температуре от 0 до плюс 40 °С, разряд током до $1C_n$ при температуре от минус 20 до плюс 40 °С, допускается снижение отдачи заряда (ёмкости) в конце срока службы до $0,8C_n$ (в среднем до $0,05C_n$ /год в первые три года и до $0,01C_n$ /год в последующие).

Отказом аккумулятора считается снижение ёмкости в течение срока службы более чем на 20 % от C_n .

Ресурс аккумулятора существенно зависит от глубины разряда (отдаваемый заряд в % от номинальной ёмкости, определяется Потребителем в зависимости от требований к конечным решениям):

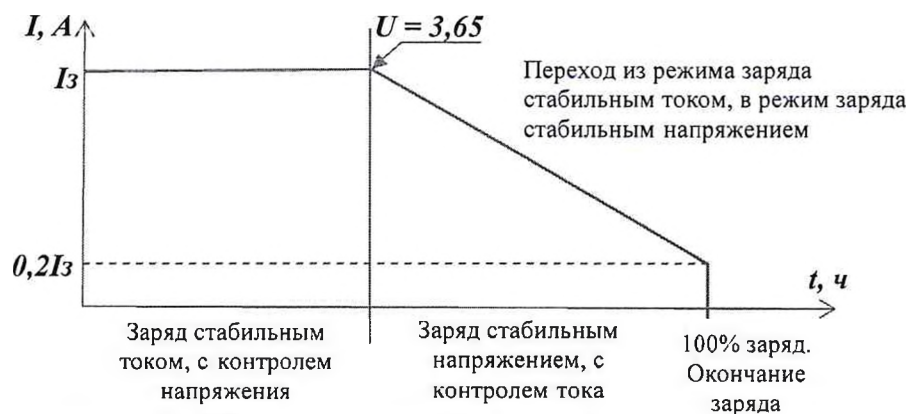
- при глубине разряда 100 % (НЕШТАТНЫЙ РЕЖИМ!) – не нормируется (справочно – до 1000 циклов заряда/разряда);
- при глубине разряда 80 % – не менее 2000 циклов заряда/разряда;
- при глубине разряда 70 % – не менее 3000 циклов заряда/разряда;
- при глубине разряда от 15 до 25 % – ресурс определяется не количеством циклов, а условиями эксплуатации (температура, вибрация, удары и т.д.) и составляет до 20 лет.

Рекомендуется эксплуатировать аккумулятор в диапазоне значений уровня заряда от 10 до 90 %.

2.2 Характеристики заряда/разряда

Напряжение на аккумуляторе существенно зависит от температуры внутри него и силы протекающего тока. Для определения уровня заряда **необходимо использовать** не напряжение холостого хода (разомкнутой цепи), а интеграл протёкшего тока при заряде/разряде!

Рекомендуемый режим заряда приведен на рисунке 2.



где I_3 – ток заряда, А; $0,2I_3$ – ток окончания заряда, А.

Рисунок 2 – Условный график заряда ЛИА

Типичные разрядные кривые аккумуляторов в зависимости от режима разряда при температуре плюс $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ токами от $0,2C_n$ до $1,5C_n$ представлены на рисунке 3.

Типичные разрядные кривые аккумуляторов в зависимости от режима разряда в диапазоне температур от минус 40 до плюс 40°C током $1C_n$ представлены на рисунке 4.

- допустимый температурный диапазон заряда: от минус 10 до плюс 50°C !
- допустимый температурный диапазон разряда: от минус 40 до плюс 50°C !
- необходимое условие: соблюдение температуры на клеммах не более плюс 60°C !

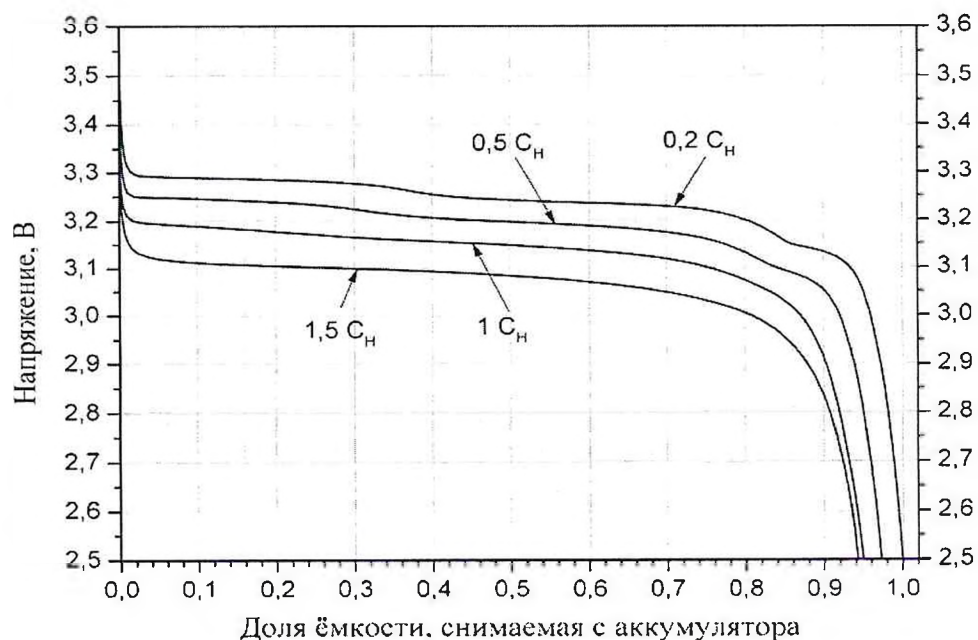


Рисунок 3 – Разрядные кривые литий-железо-фосфатного аккумулятора при различных токах разряда

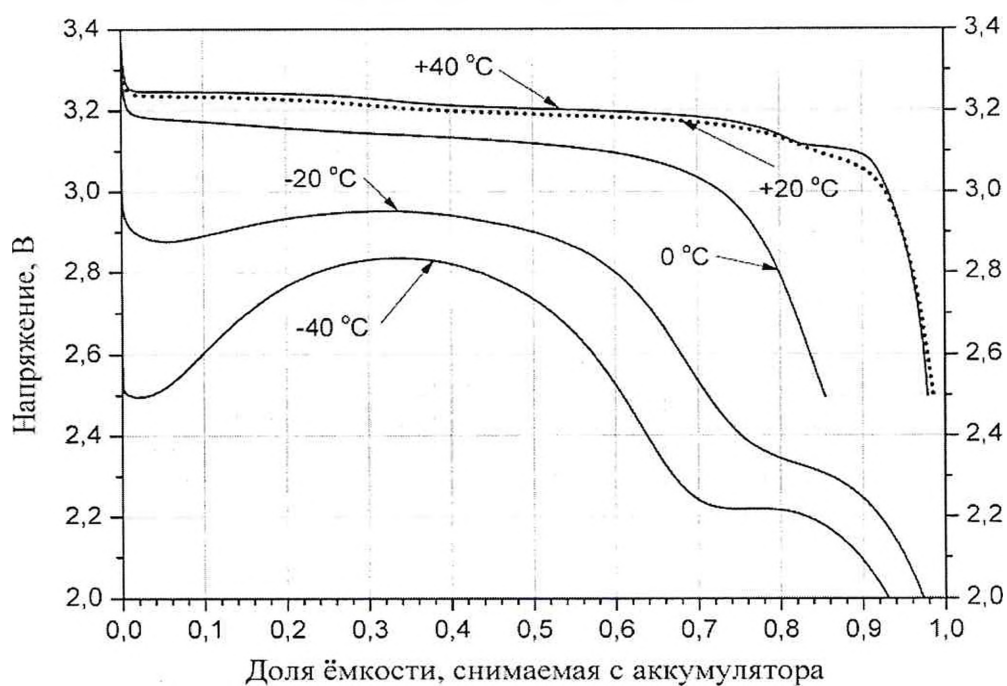


Рисунок 4 – Разрядные кривые литий-железо-фосфатного аккумулятора токами $1 C_H$ при различных температурах

3 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ

Аккумуляторы применяют в качестве накопителей энергии, как отдельно, так и в составе батарей.

Аккумуляторы поставляются изготовителем в частично заряженном состоянии, полностью герметичные и готовые к эксплуатации.

Изготовителем рекомендуются следующие условия эксплуатации аккумуляторов:

- токи заряда/разряда аккумулятора в ходе его эксплуатации $0,2C_n$;
- уровень разряда аккумулятора 70 % его номинальной ёмкости;
- температура внешней среды при разряде от минус 10 до плюс 40 °С;
- температура внешней среды при заряде от 0 до плюс 40 °С;
- уровень вибрации в диапазоне частот 10-2000 Гц с амплитудой ускорения не более 1g.

3.1 Определение разрядной ёмкости

3.1.1 Предварительный цикл разряда/заряда.

– разряд производится постоянным током $0,2C_n$ до конечного напряжения 2,5 В при температуре на клеммах аккумулятора плюс (20 ± 5) °С;

– для дальнейшей эксплуатации производится двухступенчатый заряд при постоянном токе $0,2C_n$ на первой ступени до достижения напряжения 3,7 В с переходом на вторую ступень – заряд при постоянном напряжении до снижения тока заряда до величины $0,04C_n$ при температуре на клеммах аккумулятора плюс (20 ± 5) °С.

3.1.2 Определение разрядной ёмкости.

Подсчет разрядной (зарядной) ёмкости в А·ч по формуле:

$$C = \sum_{i=1}^n I_i \cdot t_i, \quad (1)$$

где: I – ток разряда (заряда), А;

t – продолжительность разряда (заряда), ч;

i, n – соответственно нижний и верхний пределы суммирования.

3.2 Ввод в эксплуатацию

3.2.1 Для коммутации аккумуляторов в батарею (рисунок 5) рекомендуется применять силовые медные шины толщиной 2,5...3,5 мм (рисунок 6) и крепежные элементы, указанные в таблице 2. Для обеспечения высоконадежного контактного соединения клемм посредством силовых шин рекомендуется использовать переходные шины, изготовленные по ГОСТ 19357-81 «Пластины переходные медно-алюминиевые» или воспользоваться высокоэлектропроводной смазкой типа «СУПЕРКОНТ» ТУ 0254-003-51844550-2009. Соединения регламентируются ГОСТ 10434-82 «Соединения контактные электрические. Классификация. Общие технические требования».

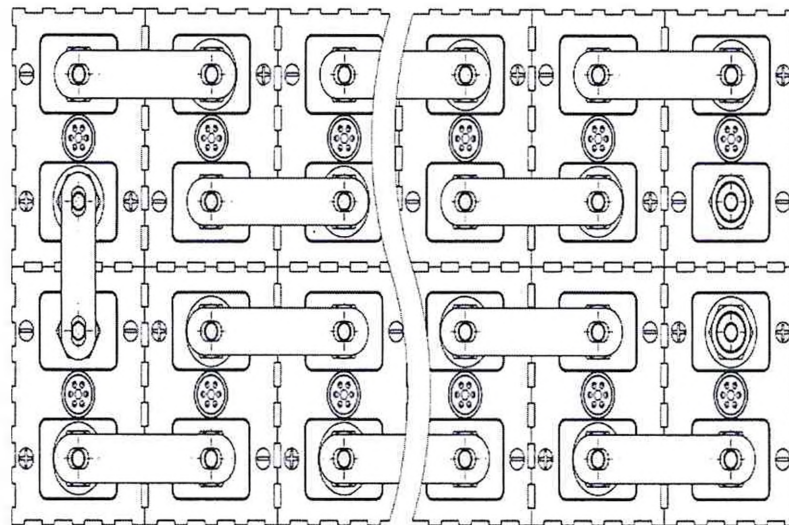


Рисунок 5 – Пример коммутации аккумуляторов в АКБ

Таблица 2

Крепежные элементы для одного аккумулятора LT-LFP 170, шт.			
Болт нержавеющий M12x20	Шайба M12	Шайба пружинная (гровер) M12	Соединительная межаккумуляторная медная шина LT170
2	2	2	1
Примечание: Допускается замена болта M12x20 на болт M12x25 и M12x30.			

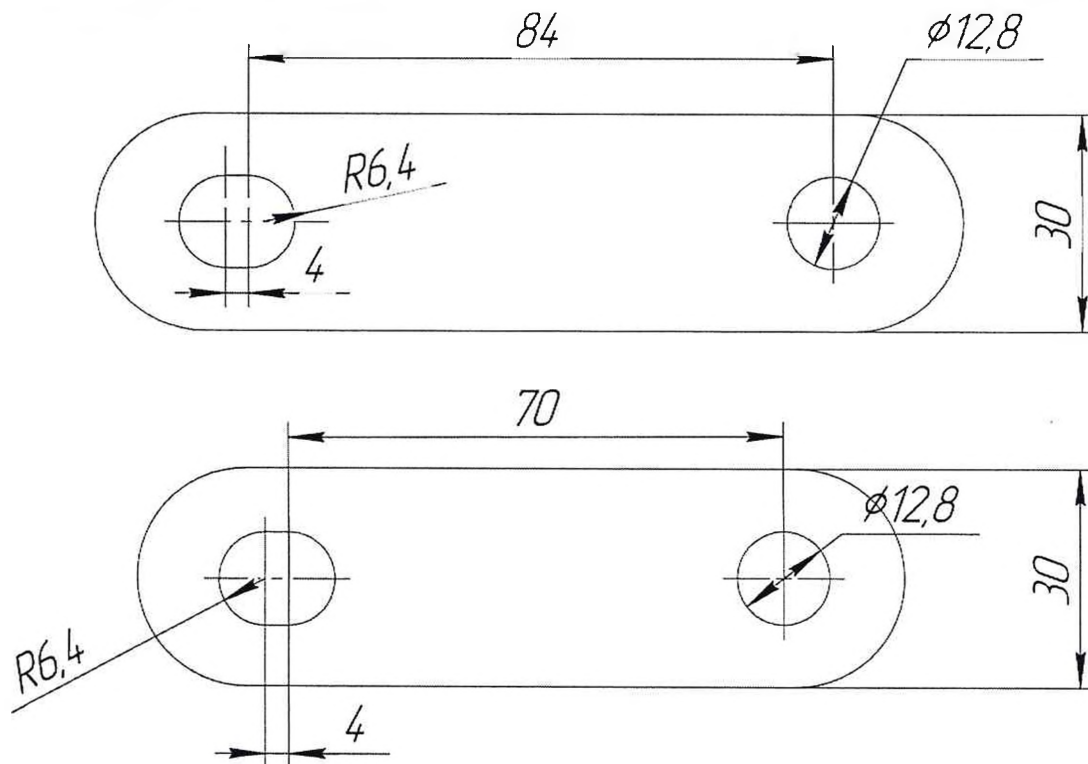


Рисунок 6 – Соединительные медные шины LT170

3.2.2 Материал отрицательной клеммы – медь, положительной – алюминий. Внешнее покрытие клемм отсутствует.

3.2.3 Сборка батареи рекомендуется из аккумуляторов, имеющих разброс значений разрядной ёмкости $5 (\pm 2,5) \%$ и разброс значений внутреннего сопротивления – не более $40 (\pm 20) \%$. Подбор аккумуляторов производится согласно методике 03-062-18 и в соответствии с допустимыми токовыми режимами (таблица 1).

3.2.4 После сборки аккумуляторной батареи необходимо проверить затяжку каждого болта, фиксирующего соединение аккумуляторов между собой посредством соединительных медных шин. Момент затяжки болтов при закреплении соединительных медных шин – $(40 \div 50) \text{ Н} \cdot \text{м}$.

3.2.5 Соединительные медные шины между аккумуляторами следует делать максимально короткими для предотвращения большого падения напряжения.

3.2.6 Допускается параллельное, последовательное, параллельно-последовательное соединение аккумуляторов.

3.2.7 ЭКСПЛУАТАЦИЯ АККУМУЛЯТОРОВ БЕЗ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ (СКУ) НЕ ДОПУСКАЕТСЯ.

3.2.8 СКУ должна выполнять следующие функции:

- измерение напряжения на каждом аккумуляторе;
- измерение температуры на клеммах;
- выравнивание (балансировку) уровней заряда аккумуляторов, входящих в батарею;
- измерение, подсчет зарядного/разрядного тока;
- отключение батареи от нагрузки при напряжении на любом аккумуляторе ниже 2,5 В и от зарядного устройства (ЗУ) при напряжении на любом аккумуляторе выше 3,7 В, при температуре на клеммах аккумулятора выше 60°C , при превышении тока, протекающего через батарею, выше $8C_n$ в течение более 2 с.

3.2.9 Заряд отдельных аккумуляторов производится в два этапа от специального ЗУ в режиме постоянного тока (номинальный ток заряда $I_n \sim 0,2C_n$) до достижения конечного напряжения заряда аккумулятора 3,65 В (1 ступень), далее в режиме постоянного напряжения до достижения тока заряда $0,2I_n$ (2 ступень). Конечное напряжение заряда не должно превышать 3,7 В.

Рекомендуемые режимы заряда в диапазоне от 0 до плюс 40°C представлены в таблице 3.

Таблица 3

Модель аккумулятора	РЕЖИМЫ ЗАРЯДА АККУМУЛЯТОРА					
	НОМИНАЛЬНЫЙ конечный уровень заряда 100 %		УСКОРЕННЫЙ конечный уровень заряда 95 %		МАКСИМАЛЬНЫЙ конечный уровень заряда 70-80 %	
	1 ступень	2 ступень	1 ступень	2 ступень	1 ступень	2 ступень
	Ток заряда, А	Ток оконч. заряда, А	Ток заряда, А	Ток оконч. заряда, А	Ток заряда, А	Ток оконч. заряда, А
LT-LFP 170C	35	7	85	15	-	-
LT-LFP 170-200B					170	35
LT-LFP 170P					340	

НЕОБХОДИМОЕ УСЛОВИЕ: СОБЛЮДЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА КЛЕММАХ НЕ БОЛЕЕ ПЛЮС 60 °С.

РАБОЧИЙ ДИАПАЗОН НАПРЯЖЕНИЯ НА КЛЕММАХ АККУМУЛЯТОРОВ ПРИ НОРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОТ 2,5 ДО 3,7 В!

ДОПУСКАЕТСЯ ПРЕДЕЛЬНЫЙ РЕЖИМ НАПРЯЖЕНИЯ НА КЛЕММАХ АККУМУЛЯТОРОВ В ДИАПАЗОНЕ ОТ 2,0 ДО 3,9 В, ПРИ ЭТОМ РЕЖИМЕ ИЗГОТОВИТЕЛЬ НЕ ГАРАНТИРУЕТ УКАЗАННЫЕ СРОКИ ЭКСПЛУАТАЦИИ!

ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ НИЖЕ МИНУС 20 °С ДОПУСКАЕТСЯ РАЗРЯЖАТЬ АККУМУЛЯТОРЫ ДО НАПРЯЖЕНИЯ 2,0 В, ПРИ ЭТОМ РЕЖИМЕ ИЗГОТОВИТЕЛЬ НЕ ГАРАНТИРУЕТ УКАЗАННЫЕ СРОКИ ЭКСПЛУАТАЦИИ!

ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПЕРЕМЕЩАТЬ АККУМУЛЯТОРЫ ЗА ВЫВОДНЫЕ КЛЕММЫ И СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ ШИНЫ!

3.3 Приведение аккумуляторов в рабочее состояние

3.3.1 Аккумуляторы необходимо приводить в рабочее состояние при температуре окружающего воздуха плюс (20±5) °С.

3.3.2 Если с даты поставки аккумуляторов Потребителю прошло менее 6 месяцев, приведение в рабочее состояние аккумуляторов или батареи включает заряд в номинальном или ускоренном режиме в соответствии с таблицей 3.

3.3.3 Если с даты поставки аккумуляторов Потребителю прошло более 6 месяцев, рекомендуется дополнительно провести процедуру согласно п. 3.5.1.2 настоящего РЭ.

3.3.4 При необходимости определения номинальной ёмкости, выполнить контрольный цикл согласно п. 3.1.

Если разрядная ёмкость аккумулятора ниже $1,0C_n$ А·ч, следует провести 5 циклов по режиму контрольного цикла согласно п. 3.1. Аккумуляторы, имеющие после пятого цикла ёмкость меньше указанной в таблице 1, подлежат замене в течение гарантийного срока при условии своевременного выполнения технического обслуживания в соответствии с разделом 4.

3.3.5 Заряд проводится с помощью специальных зарядных устройств, для чего соединяется положительный контакт аккумулятора с положительным контактом зарядного устройства, а отрицательный контакт с отрицательным контактом зарядного устройства.

3.3.6 При заряде необходимо контролировать напряжение на каждом аккумуляторе, ток и продолжительность заряда, фиксируя значения контролируемых параметров в рабочем журнале произвольной формы.

3.3.7 Замеры напряжения в процессе заряда и разряда проводятся в автоматическом режиме (в случае использования автоматизированного зарядного стенда) или в ручном режиме.

3.4 Работа аккумуляторов в буферном режиме

3.4.1 Технология LiFePO_4 аккумуляторов допускает работу ЛИА в буферном режиме при выполнении следующих условиях:

– во всех режимах работы необходим контроль напряжения и температуры каждого аккумулятора и тока в цепи посредством СКУ;

– тип СКУ должен быть согласован с производителем ЛИА.

3.4.2 В таблице 4 приведены технические требования к режимам работы литий-ионного аккумулятора в буферном режиме.

Таблица 4

Параметр	Значение	Точность измерения
Номинальный ток заряда	$0,2C_n$	$\leq 2 \%$
Максимальный ток заряда	$1C_n$	$\leq 2 \%$
Максимальное напряжение на аккумуляторе при заряде, В	3,40	$\leq 0,5 \%$
Минимальное напряжение на аккумуляторе при разряде, В	2,80	$\leq 0,5 \%$
Напряжение поддержания заряда в буферном режиме, В	$3,34^1$	$\leq 0,5 \%$
Максимально допустимая температура аккумулятора (заряд/разряд), °C	плюс 50	$\leq 3 \%$
Минимально допустимая температура аккумулятора, при разряде, °C	минус 40	$\leq 3 \%$
Минимально допустимая температура, аккумулятора, при заряде, °C	0	$\leq 3 \%$
Примечание 1 – при температуре плюс 25°C		

3.4.3 Принцип заряда ЛИА в буферном режиме аналогичен стандартному методу заряда (рисунок 2). Заряд ЛИА осуществляется в два этапа.

Заряд стабильным током, с контролем напряжения на аккумуляторе. Рекомендуемое значение тока заряда от $0,2C_n$ до $0,5C_n$. При достижении напряжения 3,40 В, прекращается заряд ЛИА стабильным током и зарядное устройство должно перейти в режим заряда стабильным напряжением.

На втором этапе заряда ЛИА, зарядное устройство должно поддерживать стабильное напряжение 3,40 В на аккумулятор, с погрешностью не ниже 0,5 %, при уменьшении тока заряда до 0,1 от начального зарядного тока. Далее переход в буферный режим, т.е. переключение зарядного устройства на стабилизацию напряжения 3,34 В на аккумулятор.

График работы ЛИА в буферном режиме, приведён на рисунке 7.

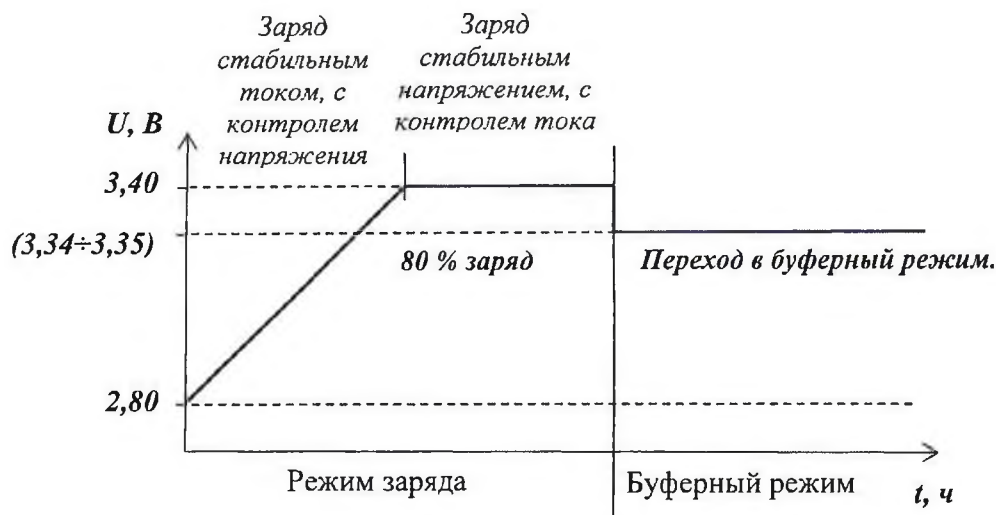


Рисунок 7 – График работы ЛИА в буферном режиме

3.4.4 Через каждые 3 месяца необходимо проводить тренировочные циклы разряда-заряда:

- разряд током $0,2C_n$, конечное напряжение 2,50 В;
- пауза 5-10 мин;
- заряд в номинальном или ускоренном режиме в соответствии с таблицей 3 и разряд током $0,2C_n$ до конечного напряжения 2,50 В;
- пауза 5-10 мин;
- заряд согласно п. 3.4.3.

3.4.5 Для обеспечения максимального срока службы батареи в буферном режиме рекомендуется поддерживать уровень заряда батареи (80÷90) % от номинальной ёмкости. С учетом снижения ёмкости в конце срока эксплуатации на 20 %, при выборе ёмкости аккумуляторов исходить из того, что в конце срока эксплуатации в буферном режиме батарея сможет обеспечить заряд на уровне (64÷72) % от своей номинальной ёмкости.

3.5 Эксплуатация аккумуляторов в составе батареи

3.5.1 Сборка аккумуляторов в батареи

3.5.1.1 Аккумуляторы, собранные в батарею должны быть установлены вертикально, выводными клеммами вверх. К батарее предъявляются требования, обеспечивающие работу каждого аккумулятора в штатном режиме.

НЕ ДОПУСКАЕТСЯ ВЫПОЛНЯТЬ СБОРКУ В АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ И ИХ ЭКСПЛУАТАЦИЮ БЕЗ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ (СКУ)!

3.5.1.2 При сборке рекомендуется осуществить предварительный баланс ЛИА по следующему алгоритму:

- батарея собирается в рабочей конфигурации, устанавливается СКУ, батарея заряжается до отключения ЗУ по максимальному напряжению любой ячейки (3,7 В);
- батарея разбирается;
- все ячейки коммутируются параллельно, выдерживаются в таком состоянии не менее суток;
- ячейки разъединяются, батарея собирается в рабочей конфигурации с СКУ.

3.5.1.3 Для обеспечения продолжительного срока службы аккумуляторной батареи необходимо эксплуатировать ее в интервале уровня заряда от 10 до 90 %, что должна контролировать СКУ, т.е. не проводить его 100 % разряд и 100 % заряд, а также соблюдать температурный режим. В процессе эксплуатации аккумуляторная батарея должна балансироваться в автоматическом режиме. Для эффективной работы, токи балансировки должны быть не менее 5 А.

3.5.2 Замена аккумулятора в АКБ

3.5.2.1 Требования к процедуре замены аккумулятора в АКБ

Процедуру проводить при температуре плюс $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$, давлении $(101,3 \pm 10)$ кПа; влажности не более 60 %, отсутствии вибрации и механических ударов.

Аккумулятор должен иметь уровень заряда ($\text{SOC}_{\text{АКК}}$), равный уровню заряда АКБ ($\text{SOC}_{\text{АКБ}}$) в момент замены с разницей не более 2,5 %.

Рекомендуемые отклонения внутреннего сопротивления аккумулятора $R_{\text{ВН.АКК}}$ от среднего значения внутреннего сопротивления аккумуляторов в АКБ ($R_{\text{ВН.АКБ.СР}}$) $\pm 20\%$.

Замену аккумуляторов в АКБ из аккумуляторов, хранящихся в ЗИП, можно производить только зная остаточную ёмкость аккумуляторов в АКБ, т.е. ее уровень заряда ($\text{SOC}_{\text{АКБ}}$). Для этого необходимо, чтобы СКУ определяла уровень заряда АКБ ($\text{SOC}_{\text{АКБ}}$). Перед заменой аккумулятор из ЗИП необходимо зарядить до текущего уровня заряда АКБ ($\text{SOC}_{\text{АКБ}} \pm 2,5\%$).

Рекомендуемый уровень заряда аккумулятора, находящегося в ЗИП, при хранении должен быть $\text{SOC}=60\%$, что обеспечивает требуемый ресурс и срок службы.

3.5.2.2 Определение уровня заряда

Оценивать уровень заряда аккумулятора, находящегося в ЗИП, можно по экспериментальной зависимости НРЦ от уровня заряда (в долях от C_n) при температуре плюс $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$ (рисунок 8).

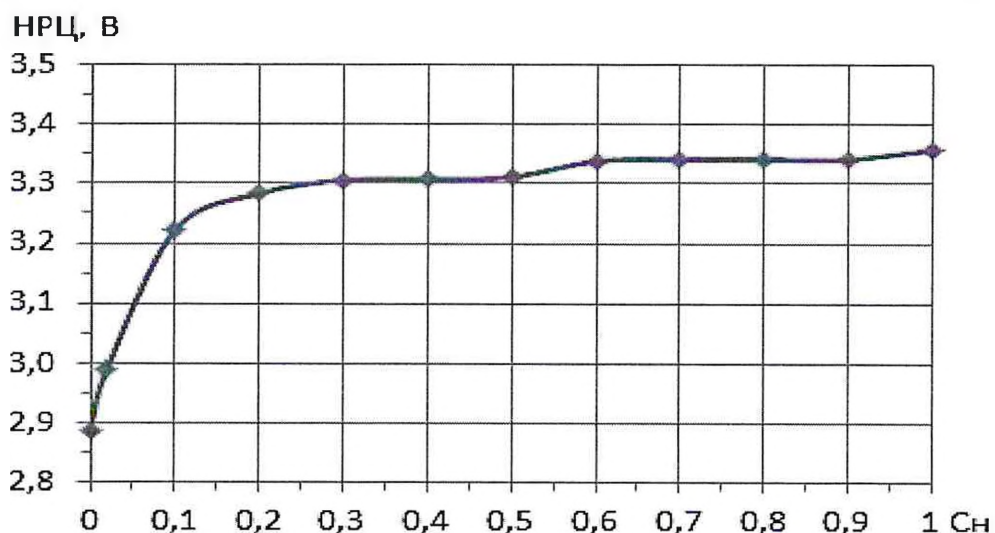


Рисунок 8 – Зависимость НРЦ от уровня заряда (в долях от C_n) при $t=(25 \pm 5)^\circ\text{C}$

3.5.2.3 Методы замены аккумулятора в АКБ

Поддержка аккумулятора в ЗИП при постоянном уровне заряда методом компенсации саморазряда с периодичностью 1 раз в месяц и его подзаряд до уровня заряда АКБ ($\text{SOC}_{\text{АКБ}}$)

непосредственно перед заменой (метод 1).

Разряд аккумулятора в ЗИП до уровня заряда $SOC=0\%$ ($DoD=100\%$) с последующим зарядом до соответствующего уровня заряда АКБ ($SOC_{АКК}=SOC_{АКБ}$) (метод 2).

3.5.2.3.1 Метод компенсации саморазряда

Температура окружающей среды и температура на клеммах аккумулятора должна быть плюс $(25\pm 5)^\circ\text{C}$.

Произвести разряд аккумулятора током $0,2C_n$ до напряжения 2,5 В, рассчитать и зафиксировать разрядную ёмкость C_{p1} .

Выдержать аккумулятор в бестоковом состоянии в течение 1 ч.

Произвести повторный разряд аккумулятора током $0,2C_n$ до напряжения 2,5 В, рассчитать и зафиксировать разрядную ёмкость C_{p2} .

Рассчитать остаточную ёмкость аккумулятора $C_{ост} = C_{p1} + C_{p2}$.

Рассчитать величину саморазряда (BCP , % в месяц) аккумулятора, используя величину зарядной ёмкости данного аккумулятора $C_{зк}$ предыдущего полного цикла заряда (контрольного или проведенного перед отгрузкой) и количество месяцев N , прошедших со времени окончания контрольного цикла по формуле $BCP = 100 \cdot (C_{зк} - C_{ост}) / (C_{зк} \cdot N)$, %/мес.

Зарядить аккумулятор по двухступенчатому режиму, при постоянном токе $0,2C_n$ на первой ступени до достижения напряжения 3,7 В с переходом на вторую ступень – заряд при постоянном напряжении до снижения тока заряда до величины $0,02C_n$ при температуре окружающей среды плюс $(25\pm 5)^\circ\text{C}$. Рассчитать и зафиксировать зарядную ёмкость C_3 .

Разрядить аккумулятор до уровня заряда $0,6C_3$ током $0,2C_n$, т.е. провести разряд током $0,2C_n$ в течение 2 ч (ограничение по напряжению 2,8 В).

Раз в 30 дней проводить подзаряд аккумулятора током $I=0,2 \cdot C_n$ (А) в течение времени $T=BCP/100 \cdot C_3/I$ (ч).

Непосредственно перед установкой аккумулятора в АКБ необходимо определить уровень заряда АКБ ($SOC_{АКБ}$).

Непосредственно перед установкой аккумулятора, хранящегося в ЗИП при уровне заряда 60 %, зарядить аккумулятор до уровня заряда АКБ ($SOC_{АКБ}$) током $I=0,2 \cdot C_n$ (А) в течение времени $T=((SOC_{АКБ} - 60) \cdot C_n) / (100 \cdot I)$ (ч).

Через 60 минут после отключения ЗУ измерить НРЦ и внутреннее сопротивление аккумулятора с помощью измерительного прибора типа «НЮКИ» BATTERY HiTESTER 3554 (или аналога) с погрешностью не более 1 %.

Произвести замену аккумулятора в АКБ на данный аккумулятор.

3.5.2.3.2 Метод заряда аккумулятора до уровня заряда АКБ

Температура окружающей среды и температура на клеммах аккумулятора должна быть плюс $(25\pm 5)^\circ\text{C}$.

Произвести разряд аккумулятора током $0,2C_n$ до напряжения 2,5 В.

Выдержать аккумулятор в бестоковом состоянии 10 мин.

Зарядить аккумулятор по одноступенчатому режиму, при постоянном токе $I=0,2 \cdot C_n$ (А) с ограничением напряжения 3,7 В до уровня заряда АКБ (SOC_{AKB}) в течение времени $T=SOC_{AKB} \cdot C_n / (100 \cdot I)$ (ч).

Через 60 минут после отключения ЗУ измерить НРЦ и внутренне сопротивление аккумулятора с помощью измерительного прибора типа «HIOKI» BATTERY HiTESTER 3554 (или аналога) с погрешностью не более 0,1 %.

Произвести замену аккумулятора в АКБ на данный аккумулятор.

3.5.3 Требования к системе контроля и управления (СКУ, BMS)

3.5.3.1 СКУ предназначена для сбора и накопления информации о параметрах литий-ионной батареи и отдельных аккумуляторов в ее составе при эксплуатации и контроля аварийных ситуаций.

3.5.3.2 Измерение напряжения и температуры должно производиться с периодом не более 10 с, контроль токового режима – непрерывно.

3.5.3.3 Контроль аварийной ситуации (превышение допустимых режимов эксплуатации) должен обеспечить подачу сигнала аварии и отключение аккумуляторов от силовых цепей.

3.5.3.4 СКУ должна обеспечивать измерение температуры на клеммах аккумулятора в диапазоне от минус 40 до плюс 70 °С. Приведенная относительная погрешность измерений не должна превышать 3 %.

3.5.3.5 СКУ должна обеспечивать измерение напряжения на каждой ячейке аккумулятора в диапазоне от 1 до 4 В. Приведенная относительная погрешность измерений не должна превышать 0,5 %.

3.5.3.6 СКУ должна обеспечивать измерение тока цепи АКБ в рабочем диапазоне. Приведенная относительная погрешность измерений не должна превышать 3 %.

3.5.3.7 СКУ должна обеспечивать балансировку уровня заряда аккумуляторов в составе АКБ.

3.5.3.8 СКУ не должна требовать внешнего принудительного охлаждения.

3.5.3.9 СКУ должна сохранять работоспособность и основные технические характеристики в условиях воздействия электромагнитных помех согласно ГОСТ 30804.6.2-2013 (IEC 61000-6-2:2005) «Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств, применяемых в промышленных зонах. Требования и методы испытаний».

3.5.3.10 СКУ не должна являться источником пожарной опасности во время функционирования по назначению и при выполнении регламентных работ.

3.5.3.11 При применении во взрывоопасной окружающей среде, СКУ должна соответствовать требованиям ГОСТ 31613-2012 «Электростатическая искробезопасность. Общие технические требования и методы испытаний». ГОСТ Р 51330.10-99 «Искробезопасная электрическая цепь».

3.5.3.12 Время непрерывной работы СКУ должно быть не менее 90000 ч.

3.5.3.13 Вероятность безотказного функционирования изделия должна быть не менее 0,97.

3.5.3.14 СКУ не должна создавать опасностей для обслуживающего персонала.

3.5.3.15 СКУ должна быть ремонтпригодна, иметь модульную конструкцию и обслуживаться

штатным персоналом на уровне замены конструктивно-съёмного элемента. Время восстановления работоспособности СКУ, при наличии свободного доступа, не должно превышать 30 мин.

4 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

4.1 Техническое обслуживание аккумуляторов необходимо проводить каждые 6 месяцев.

4.2 Обслуживание аккумуляторов и батарей проводить при температуре окружающей среды от плюс 10 до плюс 30 °С.

4.3 При техническом обслуживании выполнить внешний осмотр на отсутствие следов коррозии клемм и следов электролита.

4.4 Протирать аккумуляторы материалом (тряпкой, ветошью, и др.), не вызывающим появление статического электричества.

4.5 Рекомендуется на клеммы и соединительные шины наносить силиконовое покрытие типа «Элтранс» или другие антикоррозионные смазки.

4.6 Производить зачистку соединительных медных шин в случае их потемнения и появления следов коррозии с целью снижения сопротивления и предотвращения разогрева при эксплуатации.

5 ТЕКУЩИЙ РЕМОНТ

Аккумуляторы не подлежат ремонту.

6 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

ВНИМАНИЕ!

ЗАПРЕЩАЕТСЯ ИСПОЛЬЗОВАТЬ АККУМУЛЯТОРЫ В СОСТАВЕ БАТАРЕИ БЕЗ СКУ!

НЕ ДОПУСКАЕТСЯ КОРОТКОЕ ЗАМЫКАНИЕ КЛЕММ АККУМУЛЯТОРОВ!

ЗАПРЕЩАЕТСЯ НАРУШАТЬ РЕЖИМЫ ЗАРЯДА И РАЗРЯДА! НАРУШЕНИЕ УКАЗАННЫХ РЕЖИМОВ ПРИВОДИТ К ВЫХОДУ АККУМУЛЯТОРОВ ИЗ СТРОЯ.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ ВСКРЫВАТЬ АККУМУЛЯТОРЫ И ИСПОЛЬЗОВАТЬ АККУМУЛЯТОРЫ С РАЗГЕРМЕТИЗИРОВАННЫМ КОРПУСОМ!

В случае разгерметизации аккумулятора при нештатной ситуации или в аварийном режиме и попадании электролита на кожу, обильно промыть пораженные участки холодной водой, как минимум 15-20 минут. Не следует избавляться от химических веществ посредством тампонов либо салфеток, смоченных водой, так как таким образом произойдет еще более сильное их проникновение в кожный покров. При необходимости обратиться к врачу.

В случае попадания электролита в глаза, нужно как можно быстрее промыть глаза большим количеством проточной воды в течение десяти – пятнадцати минут. Немедленно обратиться к врачу.

В случае попадания электролита внутрижелудочно, необходимо вызвать рвоту большим количеством воды. Немедленно обратиться к врачу.

При вдыхании паров выйти на свежий воздух и проветрить помещение. При необходимости обратиться к врачу.

Материалы, содержащиеся в аккумуляторе, в соответствии с токсико-гигиенической оценкой химического продукта Российского Регистра Потенциально Опасных Химических и Биологических Веществ Роспотребнадзора РФ, относятся:

Анодный материал: кожно, внутрижелудочно – 4 класс опасности (малоопасные вещества);

Катодный материал: кожно, внутрижелудочно – 4 класс опасности (малоопасные вещества);

Электролит: кожно, внутрижелудочно – 2 класс опасности (высокоопасные вещества).

В нештатной ситуации, при нахождении аккумуляторов в области открытого огня, применяются **особые правила тушения**.

Тушить очаг возгорания необходимо огнетушителем класса D или графитовым порошком с пониженной плотностью (тип МГС). **НЕ ПРИМЕНЯТЬ** воду, влажный песок, CO_2 , а также огнетушители классов: А, В, С или на основе кальцинированной соды (Na_2CO_3).

В аварийных ситуациях, пользоваться средствами индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД): маски, полумаски с противоаэрозольными, противогазовыми фильтрами, респираторы.

7 ХРАНЕНИЕ

7.1 Для аккумуляторов находящихся на хранении проводится техническое обслуживание в соответствии с разделом 4.

7.2 При хранении аккумуляторов их уровень заряда должен составлять от 50 до 80 %. Рекомендуемый производителем уровень 60 %.

7.3 Аккумуляторы необходимо каждые 6 месяцев разрядить постоянным током $0,2C_n$ до конечного напряжения 2,5 В при температуре на клеммах аккумулятора плюс $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$. Для дальнейшего хранения зарядить постоянным током $0,2C_n$ в течение 3 ч до достижения рекомендуемого уровня заряда $0,6C_n$ с контролем допустимого напряжения на клеммах. С целью экономии энергоресурсов рекомендуется пользоваться технологией рекуперации при проведении данной процедуры (при наличии технической возможности).

7.4 Аккумуляторы должны храниться в вертикальном положении при температуре от 0 до плюс 30°C и относительной влажности воздуха не более 80 %.

7.5 При хранении аккумуляторы должны быть защищены от прямого воздействия солнечных лучей и атмосферных осадков.

7.6 Условия хранения должны исключать прямое попадание влаги на корпус аккумулятора.

7.7 При хранении аккумуляторов в отапливаемых помещениях расстояние от отопительных приборов до аккумулятора должно быть не менее 1 м.

8 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

8.1 Транспортирование аккумуляторов должно производиться в вертикальном положении, в упаковке изготовителя, всеми видами транспорта, в крытых транспортных средствах и в соответствии с действующими для каждого вида транспорта правилами, утвержденными в установленном порядке.

8.2 При транспортировании аккумуляторов допускается воздействие ударных нагрузок многократного действия с пиковым ударным ускорением 30 м/с^2 (3g) при длительности действия ударного ускорения от 2 до 20 мс и синусоидальной вибрации в диапазоне частот от 1 до 50 Гц при ускорении 50 м/с^2 (5g) в течение 8 ч в части воздействия механических факторов внешней среды – по группе С ГОСТ 23216-78 «Изделия электротехнические. Хранение, транспортирование, временная противокоррозионная защита, упаковка. Общие требования и методы испытаний».

8.3 При транспортировании аккумуляторов допускается одноразовое, в непрерывном режиме, воздействие климатических факторов – по группе условий хранения 6 (ОЖ2) ГОСТ 15150-69 «Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды» при температуре от минус 50 до плюс 60 °С, с дальнейшей выдержкой каждого аккумулятора в нормальных климатических условиях в течение не менее трех суток. Условия транспортирования при температуре ниже минус 50 °С определяются индивидуально, по согласованию с производителем аккумуляторов.

8.4 При транспортировании упаковка с аккумуляторами должна быть предохранена от падений и воздействия атмосферных осадков, атмосферное давление при транспортировании ($60 \pm 106,7$) кПа (от 450 до 800 мм рт. ст.).

9 УТИЛИЗАЦИЯ

УТИЛИЗАЦИЯ АККУМУЛЯТОРОВ И БАТАРЕЙ ДОЛЖНА ПРОИЗВОДИТЬСЯ ТОЛЬКО СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫМИ ОРГАНИЗАЦИЯМИ!

ЗАПРЕЩАЕТСЯ УТИЛИЗИРОВАТЬ АККУМУЛЯТОРЫ В МЕСТАХ ЗАХОРОНЕНИЯ ОТХОДОВ ОБЩЕГО ИЛИ БЫТОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ!

10 ГАРАНТИИ ИЗГОТОВИТЕЛЯ

Изготовитель гарантирует соответствие параметров аккумуляторов основным техническим характеристикам п. 1.3 настоящего РЭ при соблюдении Потребителем условий эксплуатации, технического обслуживания, транспортирования и хранения, установленных техническими условиями и эксплуатационной документацией.

Гарантийный срок – один год с момента поставки (на условиях FCA) аккумуляторов Потребителю.

ГАРАНТИЯ ИЗГОТОВИТЕЛЯ НЕ РАСПРОСТРАНЯЕТСЯ НА РАБОТУ АККУМУЛЯТОРОВ В СОСТАВЕ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ БЕЗ СКУ ИЛИ С СКУ, НЕ СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ ТРЕБОВАНИЯМ п. 3.5.3 НАСТОЯЩЕГО РЭ.