

ГЛАВА 2

АККУМУЛЯТОРЫ

Аккумуляторы являются химическими источниками электрической энергии многозарядного действия. Они состоят из двух электродов (положительного и отрицательного), электролита и корпуса. Накопление энергии в аккумуляторе происходит при протекании химической реакции окисления-восстановления электродов. При разряде аккумулятора происходят обратные процессы. Напряжение аккумулятора – это разность потенциалов между полюсами аккумулятора при фиксированной нагрузке.

Для получения достаточно больших значений напряжений или заряда отдельные аккумуляторы соединяются между собой последовательно или параллельно в батарее. Существует ряд общепринятых напряжений для аккумуляторных батарей: 2; 4; 6; 12; 24 В.

Количество аккумуляторов, необходимое для укомплектования батареи при последовательном соединении, определяется по формуле:

$$N = U_{п} / U_{а}, \text{ где}$$

N – число аккумуляторных батарей,

$U_{п}$ – напряжение питания потребителя,

$U_{а}$ – напряжение одного полностью заряженного аккумулятора.

Под отдаваемой емкостью следует понимать максимальное количество электричества в кулонах (ампер часах)*, которое аккумулятор отдает при разряде до выбранного конечного напряжения. В условном обозначении типа аккумулятора приводится номинальная емкость, т.е. емкость при нормальных условиях разряда (при разряде номинальным током и, обычно, при температуре 20°C).

Аккумуляторы следует выбирать по следующим параметрам:

- коэффициент отдачи – это отношение количества электричества в кулонах (Ач)* [3], отданного аккумулятором при полном разряде, к количеству электричества, полученному при заряде;
- коэффициент полезного действия аккумулятора – это отношение количества электричества, Кл (Ач)*, которое он отдает потребителю, разряжаясь до установленного предела для продолжения нормальной работы последнего, к количеству, полученному им при заряде, Кл (Ач)*.

Значение коэффициента полезного действия всегда меньше значения коэффициента отдачи.

Таблица 2.1.

Зависимость удельной энергии от температуры окружающей среды					
Аккумулятор	Удельная энергия, Вт ч/кг, при температуре, °С				Влияние на аппаратуру и людей
	20	0	-20	-40	
Свинцово-кислотный	36	29	18	8	<i>Наиболее вредны из всех аккумуляторов</i>
Кадмиево-никелевый, ламельный	20	16	11	5	<i>Менее вредны, чем кислотные</i>
Кадмиево-никелевый, безламельный	38	33	26	19	<i>Менее вредны, чем кислотные</i>
Железоникелевый	18	13	9	–	<i>Менее вредны, чем кислотные</i>
Серебряно-цинковый	90	75	35	6	<i>Наименее вредны из всех аккумуляторов</i>

* 1 Ач = 3600 Кл

Таблица 2.2.

Относительная стоимость 1 Втч энергии, получаемой от аккумуляторов	
Аккумулятор	Стоим.
Свинцово-кислотный	1
Кадмиево-никелевый, ламельный	3
Кадмиево-никелевый, безламельный	13
Железоникелевый	2
Серебряно-цинковый	15

При параллельном соединении аккумуляторов, т.е. при соединении между собой положительных и отрицательных полюсов всех элементов соответственно, можно составить батарею большой емкости с напряжением, равным номинальному напряжению одного аккумулятора и емкостью, равной сумме емкостей составляющих ее аккумуляторов.

Для облегчения выбора соответствующего потребителю энергии аккумулятора сравним некоторые характеристики.

Из табл. 2.1 [4] видно, что весовая удельная энергия серебряно-цинковых аккумуляторов в значительно большей степени зависит от температуры. Примерно так же зависит от температуры объемная удельная энергия аккумуляторов.

Очень важной характеристикой аккумуляторов является ориентировочная относительная стоимость 1 Втч энергии, получен-

ной от различных типов аккумуляторов одинаковой емкости.

Как видно из табл. 2.2 дороже всего обходится энергия, получаемая от серебряно-цинковых и кадмиевых аккумуляторов, и дешевле от свинцово-кислотных, принятых в данном случае за единицу.

Характеристики наиболее распространенных типов аккумуляторов приведены в табл. 2.3 [1].

При выборе аккумуляторной батареи необходимо спрогнозировать режим работы, характер изменения нагрузки, диапазон изменения силы тока и напряжения, температуру окружающей среды и др.

Параметры наиболее распространенных типов аккумуляторов приведены в табл. 2.4.

Ограничимся рассмотрением следующих аккумуляторов:

- кислотных аккумуляторов, выполненных по традиционной технологии;
- стационарных свинцовых и приводных (автомобильных и тракторных);
- герметичных необслуживаемых аккумуляторов, герметичных никель-кадмиевых и кислотных «dryfit» А400 и А500 (железобразный электролит).

Они удовлетворяют любые требования по емкости батарей от 0,3 до 200 Ач.

Таблица 2.3.

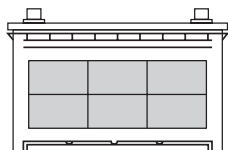
Характеристики наиболее распространенных типов аккумуляторов								
Тип элемента	Анод (+)	Катод (-)	Макс. напряжение, В	Макс. емкость, Ач/кг	Рабочее напряжение, В	Плотность энергии, Втч/кг	Запасаемая энергия, Втч/дм ³	Срок хранения, лет
Аккумуляторы								
Свинцово-кислотный	Pb	PbO ₂	2,1	55	2	37	70	3
Железо-никелевый	Fe	NiO _x	1,5	195	1,2	29	65	5
Никель-кадмиевый	Cd	NiO _x	1,35	165	1,2	33	60	5
Серебряно-кадмиевый	Cd	AgO	1,4	230	1,05	55	120	6
Серебряно-цинковый	Zn	AgO	1,85	285	1,5	100	170	–
Цинк-NiO _x	Zn	NiO _x	1,75	185	1,6	55	110	–
Литиевый	Li	SO ₂	2,9	100	2,8...2,2	100	250	4
Литиевый	Li	SOCl ₂	3,6	120	3,5...3,0	140	300	6
Литиевый	Li	MoO ₃	3,2	80	3-2,7	250	120	4
Литиевый	Li	MoS ₂	2,4	190	1,8	50	140	10

2.1. КИСЛОТНЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ

Аккумулятор состоит из положительного и отрицательного электродов, раствора серной кислоты (27...39%-ный раствор) и сепаратора, разделяющего положительные и отрицательные пластины.

Батареи состоят из последовательно соединенных между собой секций (аккумуляторов). Номинальное напряжение каждого аккумулятора составляет 2 В. Обычно батареи состоят из трех (общее напряжение батареи 6 В) и шести аккумуляторов (общее напряжение батареи 12 В). Количество батарей в аккумуляторе обозначается N.

Применяются два типа электродов: поверхностные и пастированные. Поверхностный электрод состоит из свинцовой пластины, на поверхности которой электрохимическим способом формируется слой активной массы. Пастированные электроды подразделяются на решетчатые (намазные), коробчатые и панцирные.



В решетчатых (намазных) электродах активная масса удерживается в решетке из свинцово-сурьмяного сплава толщиной 1...4 мм. В коробчатых

пластинах решетки с активной массой закрываются с двух сторон перфорированными свинцовыми листами.

Панцирные пластины состоят из свинцово-сурьмяных штырей, которые помещаются внутри пластмассовых перфорированных трубок, заполненных активированной массой. Для отрицательных электродов используются намазные и коробчатые пластины, для положительных — поверхностные, намазные и панцирные. В качестве сепараторов применяют микропористые пластины из вулканизированного каучука (мипор), поливинилхлорида (мипласт) и стекловолокна.

Свинцовые аккумуляторы обычно соединяют в батарею, которую помещают в моноблок из эбонита, термопласта, полипропилена, полистирола, полиэтилена, асфальтопечковой композиции, керамики или стекла.

Одной из важнейших характеристик аккумулятора является срок службы или ресурснаработка (число циклов). Ухудшение параметров аккумулятора и выход из строя обусловлены в первую очередь коррозией решетки и оползанием активной массы положительного электрода. Срок службы аккумулятора определяется в первую очередь типом положительных пластин и условиями эксплуатации.

Аккумуляторы и батареи имеют условное буквенно-цифровое обозначение. Первая цифра (для отечественных аккумуляторов) указывает число последовательно соединенных аккумуляторов. Так как номинальное напряжение свинцового аккумулятора равно двум вольтам, то номинальное напряжение аккумуляторной батареи равно числу последовательно соединенных элементов, умноженному на два.

Для некоторых аккумуляторов указываются климатическое исполнение и размещение. Например, стартерная батарея из шести аккумуляторов емкостью 55 Ач в моноблоке из эбонита и с сепаратором из стекловолокна имеет условное обозначение: батарея 6СТ-55ЭС, ГОСТ 959.0-79.

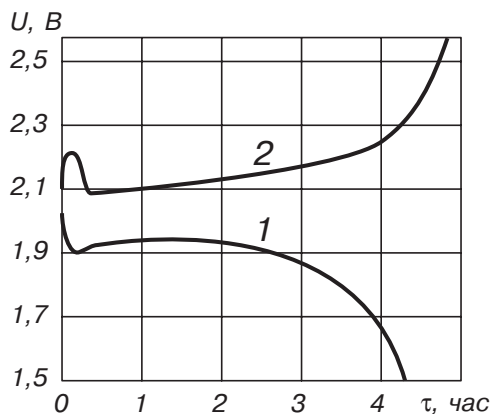


Рис. 2.1. Кривые разряда и заряда свинцового аккумулятора

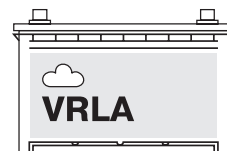
Свинцовые аккумуляторы имеют высокие разрядные напряжения (рис. 2.1) и удельную мощность (до 100...150 Вт/кг) и относительно недорого. К основным их недостаткам следует отнести низкую удельную энергию и относительно малый ресурс.

Буква после первой цифры обозначает тип или назначение аккумулятора или батареи:

<i>C</i>	<i>стационарные</i>
<i>СТ</i>	<i>стартерные</i>
<i>A</i>	<i>авиационные</i>
<i>B</i>	<i>вагонные</i>

Совершенствование свинцовых аккумуляторов идет по пути изыскания новых сплавов

для решеток (например свинцово-кальциевых), облегченных и прочных материалов корпусов (например, на основе сополимера пропилена и этилена), улучшения качества сепараторов.



Ниже рассматриваются герметичные свинцовые аккумуляторы, которые не требуют доливки воды при эксплуатации, не имеют газовыделения и кислотного тумана. В последние годы возникли новые сферы применения батарей. Речь идет о резервных источниках питания ЭВМ и систем, накапливающих энергию для возможных пиковых нагрузок.

2.1.1. СТАЦИОНАРНЫЕ СВИНЦОВЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ

Предназначены для эксплуатации на постоянном месте или в условиях, исключающих перемещение аккумуляторов или машин, в которых они установлены. В большинстве выпускаемых аккумуляторов (типов С, СЗ, СК и СКЭ) положительными электродами служат поверхностные пластины, отрицательными – коробчатые пластины. Корпуса стационарных аккумуляторов изготавливают из стекла, эбонита и дерева (выложенного изнутри свинцом).

Параметры стационарных свинцовых аккумуляторов приведены в табл. 2.5.

Максимальный ток заряда аккумуляторов с $N = 1$ равен 9 А. Емкости и токи заряда и

разряда для батарей аккумуляторов с соответствующим N можно найти, перемножив соответствующие значения, приведенные в табл. 2.5, на N аккумулятора. Саморазряд аккумуляторов не более 23% при хранении в течение 29 суток. Удельная энергия стационарных аккумуляторов составляет 10...12 Втч/кг. Гарантийный срок хранения 1 год. Гарантийный срок службы 4 года, наработка 200...1000 циклов.

Стационарные аккумуляторы с поверхностными пластинами содержат относительно большую долю свинца по отношению к активной массе. Большинство из них не имеет крышек, поэтому требуют частой заливки воды и хорошо вентилируемого помещения.

Таблица 2.4.

Параметры наиболее распространенных типов аккумуляторов						
Параметр	Свинцовые (кислотные)	Железо-никелевый	Никель-кадмиевый	Никель-цинковые	Серебряно-цинковый	Серебряно-кадмиевый
Напряжение холостого хода	2,15	1,4	1,35	1,8	1,86	1,4
Напряжение под нагрузкой	1,75...1,9	1,1...1,3	1,1...1,3	1,5...1,7	1,3...1,5	1,1
Плотность энергии, Втч	12–14	16	18	40	60	30
Запасаемая энергия, Втч/см ³	25...30	16,6	30	54	54	42
Циклический срок службы (глубокие циклы)	1000	3000	1500	300	50	200
Характеристики при низкой температуре (отношение емкости при 0°C к емкости при 25°C, %)	60	35	65	40	35	50
Сохранение заряда при 25°C (до емкости 80%), мес	18	3	6	6	6	9
Сохранение заряда при 45°C (до емкости 80%), мес	6	1	1	1	1	2

Таблица 2.5.

Параметры стационарных аккумуляторов					
Параметр	СК-1	СКЭ-1, СЗ-1/СН-1		С-1, СК-1, СКЭ-1, СЗ-1/СН-1	
Режим разряда, ч	0,25	0,5	1	3	10
Ток разряда, А	32/40	25/30	18,5/20,0	9/10	3,6/4,0
Емкость, Ач	8/10	12,5/15,0	18,5/20,0	27/30	36/40
Наименьшее напряжение в конце разряда, В	1,75	1,75	1,8	1,75	1,8

Указанные недостатки устранены в стационарных аккумуляторах с намазными пластинами типа СН. Эти аккумуляторы собираются на заводах и имеют крышки.

Буквенные обозначения аккумулятора:

С	стационарный, длительный разряд
К	короткий разряд
З	закрытое исполнение
Э	эбонит (материал корпуса)

На базе аккумуляторов СН созданы аккумуляторы СНУ емкостью от 80 до 2240 Ач, обладающие повышенной механической

прочностью. К стационарным также относятся автоблокировочные свинцовые аккумуляторы АБН-72-УХЛ2 и АБН-80-УХЛ2.

Аккумуляторы АБН применяются на железных дорогах для питания устройств автоблокировки, сигнализации, телемеханики и связи в стационарных условиях. Буква Н означает намазные пластины. Номинальная емкость указана для режима 25-часового разряда. Емкость при 12-часовом разряде составляет 85%, при 5-часовом разряде – 70% номинальной. Обозначение УХЛ-2 указывает на климатическое исполнение и категорию размещения [5].

2.1.2. АВТОМОБИЛЬНЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ

Автомобильные аккумуляторы предназначены для обеспечения работы системы зажигания в стартерном режиме и при запуске двигателя внутреннего сгорания, а также служат источником питания аппаратуры, установленной на транспортном средстве.

Основные параметры отечественных автомобильных и тракторных стартерных батарей приведены в табл. 2.6.

На рис. 2.2 показаны схемы расположения выводов и перемычек, типы выводов и присоединительные размеры.

Таблица 2.6.

Основные параметры отечественных стартерных батарей					
Тип	Номинальное напряжение, В	Номинальная емкость, Ач, при режиме разряда		Количество электролита, л	Номинальный зарядный ток, А
		20-часовом	10-часовом		
ЗСТ-65	6	65	60	2,2	6,5
ЗСЕ-80	6	80	70	2,8	8
ЗСТ-95	6	95	84	3,3	9,5
ЗТСТ-150	6	150	135	4,8	15
ЗСТ-215	6	215	195	7	21,5
6СТ-45	12	45	42	3	4,5
6ТСТ-50	12	50	45	3,5	5
6СТ-55	12	55	50	3,8	5,5
6СТ-60	12	60	54	3,8	6
6СТ-75	12	75	68	5	7,5
6ТСТ-82	12	82	75	5,4	8
6СТ-90	12	90	81	6	9
6СТМ-128	12	128	100	8	10
6СТ-132	12	132	120	8	13
6ТСТ-182	12	182	165	11,5	18
6СТ-190	12	190	170	12	19

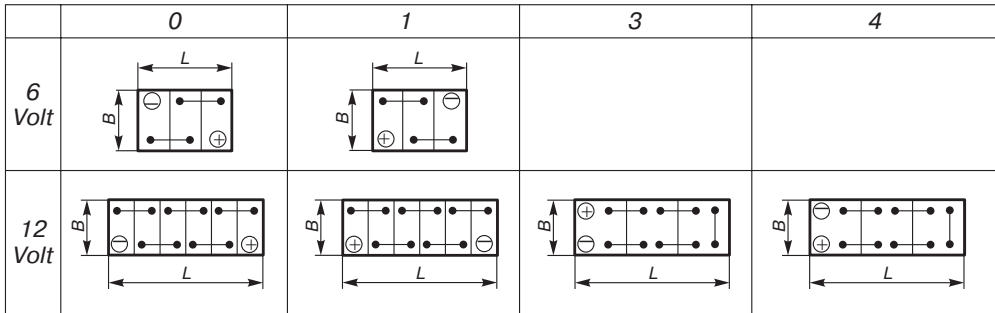


Рис. 2.2а Расположение выводов и перемычек зарубежных аккумуляторов согласно DIN

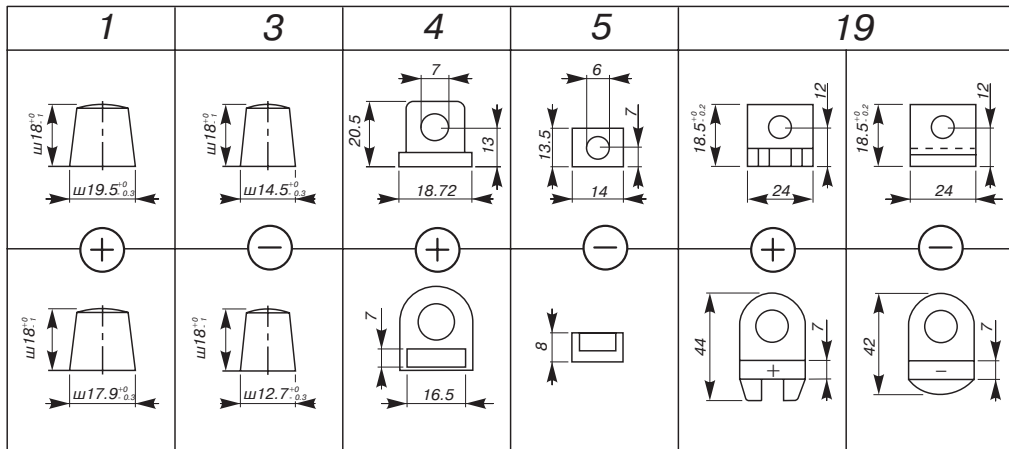


Рис. 2.2б Типы выводов зарубежных аккумуляторов

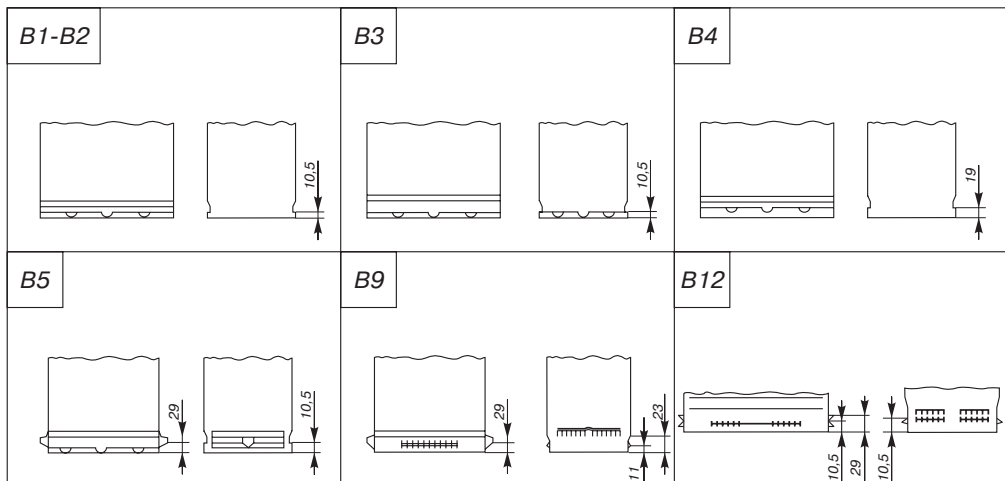


Рис. 2.2в Присоединительные размеры зарубежных аккумуляторов

Таблица 2.7.

Основные параметры импортных стартерных батарей											
Стандарт DIN	Тип	Напряжение, В	Емкость, Ач	Ток КЗ при -18 С, А	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Располож. перемычек	Тип выводов	Типоразмер	Объем электролита, л
00414	3S2P	6	4	-	71	71	96	0	30	-	0,2
00714	3S3P	6	8	-	127	50	123	0	5	-	0,24
01214	3S4P	6	11	-	120	60	130	0	5	-	0,4
50313	6D2P	12	3	-	99	57	11	0	5	-	0,3
50411	6I2P	12	4	-	121,5	71	93	0	5	-	0,3
50512	6L2P	12	5	-	121	61	131	0	55	-	0,4
50611	6K3PS	12	6	-	138	61	131	0	5	-	0,4
50711	6M3P	12	8	-	137	76	134	1	5	-	0,6
06617	3AM5	6	68	270	190	171	187	0	1	-	2,6
07715	3AM6F	6	82	310	216	170	187	0	1	-	2,4
53524	170B20NX	12	35	170	197	127	225	1	3	-	2,8
53621	6AV4W	12	36	175	206	175	175	0	1	B4	3
53617	6AV4F	12	36	175	206	175	175	0	19	B3	3
53624	210L0	12	40	210	175	175	190	0	1	B1	2,3
54312	6AV5F	12	43	200	206	175	175	0	19	B3	2,9
54449	210L1X	12	43	210	207	175	190	1	1	B3	3
54434	230L1	12	44	230	207	175	190	0	1	B3	3
54577	21000	12	45	210	217	135	225	0	1	B1	3
54579	210E2X	12	45	210	217	135	225	1	1	B1	3
54584	210B24N	12	45	210	237	127	225	0	3	-	3,3
54551	210B24NX	12	45	210	237	127	225	1	3	-	3,3
54523	210B24	12	45	210	237	127	225	0	1	-	3,3
54524	210B24X	12	45	210	237	127	225	1	1	-	3,3
54533	6AV5W	12	45	220	241	175	175	0	1	B4	3,4
55042	220D20X	12	50	220	202	170	225	1	1	-	4,2
-	255L1	12	55	255	207	175	190	0	1	B3	3
-	255L1X	12	55	255	207	175	190	1	1	B3	3
55530	6ME5	12	55	255	242	175	190	0	1	B3	3,8
56049	6MC4RV	12	60	255	270	175	225	1	1	B12	5,1
56068	260D23	12	60	260	232	170	225	0	1	-	3,9
56069	260D23X	12	60	260	232	170	225	1	1	-	3,9
56216	320L2	12	60	320	242	175	190	0	1	B1	3,5
56318	6AV7	12	63	300	288	175	175	0	1	B4	4,2
56618	6ME6G	12	66	300	302	175	190	0	1	B3	4,2
57217	420L3	12	70	420	278	175	190	0	1	B1	3,9
57024	6B6	12	80	330	270	175	225	1	1	B12	4,3
58815	6ME8	12	88	395	381	175	190	0	1	B3	5,4
59217	440L5	12	92	440	381	175	190	0	1	B3	5
16016	3B11	6	160	600	330	174	236	0	1	-	6,1
58514	6MPX7S	12	90	400	304	175	205	1	1	B1	5,6
58817	6MPX7	12	90	400	304	175	205	0	1	B1	5,6
60026	6AT6	12	100	400	413	174	215	0	1	B1	5,8
59017	6EP450	12	100	450	329	175	215	0	1	B3	5,5
61023	6MD10	12	110	490	514	175	210	3	1	B3	8,3
62034	500A	12	120	500	513	189	223	3	1	-	9,7
61087	6ME10	12	120	500	510	175	225	4	1	B3	9,7
64323	6MD13	12	143	630	514	218	210	3	1	B3	10,3
64317	660B	12	155	660	513	223	223	3	1	-	11,7
64389	6ME13	12	155	660	510	218	225	4	1	B3	11,8
67018	800B	12	180	800	513	223	223	3	1	-	11
71014	900C	12	220	900	518	291	242	3	1	-	14,5

Таблица 2.8.

Рекомендуемые параметры регуляторов напряжения					
Климатический район	Ср. месячная температура в январе, °С	Время года	Номинальное напряжение, В	Напряжение регулятора, В при установке батареи	
				наружной	подкапотной
Холодный	От -50 до -15	Зима	6	7,3...7,7	7,1...7,5
			12	14,5...15,5	14,2...15,2
			24	29...31	–
		Лето	6	6,9...7,4	6,6...7,1
			12	13,8...14,8	13,2...14,2
			24	27...29	–
Умеренный	От -15 до -4	Круглый год	6	6,9...7,4	6,6...7,1
			12	13,8...14,8	13,2...14,2
			24	27...29	–
	От -15 до +4		6	6,6...7,1	6,5...7,0
			12	13,2...14,2	13,0...14,0
			24	26,0...28	–

В табл. 2.7 приведены параметры зарубежных аккумуляторов фирмы «Giamm».

Гарантийный срок хранения не залитых раствором электролита батарей установлен 3 года, срок службы 2 года, наработка 2500...3000 часов. Батареи предназначены для работы при температуре от -35° до +60°С. Удельная энергия стартерных аккумуляторов составляет 30...40 Втч/кг.

Эксплуатация аккумуляторов батарей и уход за ними

При эксплуатации на автомашине аккумуляторные батареи разряжаются и автоматически дозаряжаются. Контроль заряда осуществляется регулятором напряжения и реле обратного тока. При исправном и хорошо отрегулированном регуляторе аккумуляторы ограждены от недозарядов и перезарядов, сокращающих их долговечность. Однако при этом требуется периодический контроль работы регулятора и перевод его на режим, соответствующий температурным и климатическим условиям.

При повреждении мастики, герметизирующей корпус аккумулятора, батарею следует разрядить и вылить электролит, для предотвращения взрыва гремучей смеси. Затем продуть сжатым воздухом, протереть и только после этого приступить к оплавлению мастики.

Следует проводить не реже одного раза в две недели:

- очищать батарею от пыли и грязи, протирать чистой ветошью, смоченной в 10%-ном растворе нашатырного спирта, углекислого натрия или кальцинированной соды, места, облитые электролитом.
- проверить крепление батареи в гнезде, плотность контактов на выводах, отсутствие натяжения проводов;
- очищенные наконечники проводов и выводов батарей смазать техническим вазелином;
- прочищать вентиляционные отверстия в пробках и крышках;
- проверять уровень электролита и доливать дистиллированной водой до нормы. Доливка электролитом не допустима за исключением случаев выплескивания его из батареи. Плотность доливаемого при этом электролита должна соответствовать плотности электролита в аккумуляторе.

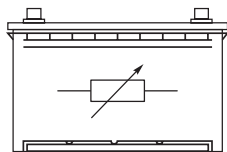
Таблица 2.9.

Рекомендуемые параметры для реле обратного тока			
Климат. район	Ср. мес. темп. в январе, °С	Время года	Напряжение реле, В
Холодная	от -50	Зима	12,5...13
	до -15	Лето	12...12,5
Умеренная	от -15 до -4		12...12,5
Жаркая, теплая, влажная	от -15 до -6	Круглый год	11,8...12,2

Контроль работы регулятора

Проводится при техническом обслуживании автомашин. При этом следует придерживаться рекомендаций, приведенных в табл. 2.8. и инструкции по эксплуатации.

Проверка и регулировка регулятора должна производиться в случаях, если регулируемое напряжение имеет значение более 15,5 В или не соответствует указанному в инструкции по эксплуатации машины.



При регулировке следует применять вольтметр класса не хуже 1,5. При регулировке реле обратного тока следует руководствоваться указаниями инструкции по эксплуатации автомашины и данными табл. 2.9.

Батарею, разряженную более чем на 25% зимой и более чем на 50% летом следует снять с автомашины и поставить на заряд.

Электролит

В качестве электролита для автомобильных аккумуляторных батарей применяют раствор серной кислоты в дистиллированной воде. При отсутствии стандартной допускается применение дождевой воды и талого снега собранных не с железных крыш и не содержащихся в железных сосудах.

Для различных климатических и температурных условий, в которых батарее предстоит находиться в эксплуатации, применяется электролит различной плотности. Рекомендуемая плотность электролита для различных климатических районов приведена в табл. 2.10.

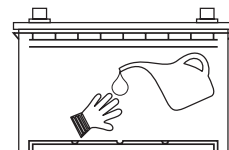
Для приготовления электролита применяется чистая кислотостойкая пластмассовая, керамическая, фаянсовая посуда, в которую

Таблица 2.11.

Количество серной кислоты плотностью 1,83г/см ³ и дистиллированной воды, необходимые для приготовления 1л электролита при температуре 20°С		
Плотность электролита, г/см ³	Количество серной кислоты, л	Количество дистил. воды, л
1,21	0,204	0,836
1,22	0,215	0,826
1,23	0,227	0,814
1,24	0,237	0,808
1,25	0,248	0,798
1,255	0,253	0,793
1,27	0,268	0,78
1,28	0,28	0,768
1,29	0,291	0,758
1,3	0,302	0,748
1,31	0,313	0,738
1,34	0,347	0,704

сначала наливается вода, а затем постепенно кислота при непрерывном перемешивании кислотостойкой палочкой. Обратный порядок заливки не допускается.

Ориентировочное количество электролита, необходимое для заливки аккумуляторных батарей, приведено в таблицах вместе с их техническими характеристиками. Для получения электролита нужной плотности рекомендуется пользоваться табл. 2.11.



Плотность электролита в основном зависит от концентрации раствора серной кислоты: чем больше концентрация раствора, тем больше плотность электролита. Однако она также зависит и от температуры раствора: чем выше температура, тем ниже плотность.

Таблица 2.10.

Рекомендуемая плотность электролита для различных климатических районов				
Климатический район	Средняя месячная температура в январе, °С	Время года	Плотность электролита, г/см ³ , приведенная к 20°С	
			заливаемого	в конце первого заряда
Резкоконтинентальный	-40	Зима	1,29	1,31
		Лето	1,25	1,27
Северный	-40	Круглый год	1,27	1,29
Центральный	-30		1,25	1,27
Южный	-5		1,23	1,25
Тропики	+5		1,21	1,23

Таблица 2.12.

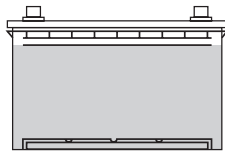
Температурная поправка к показаниям ареометра			
Температура электролита при замере, °С	Поправка, г/см ³ , для приведения к температуре раствора		
	15°С	20°С	30°С
+60	0,031	0,024	0,021
+45	0,021	0,014	0,01
+30	0,01	0,004	0
+25	0,007	0	-0,004
+15	0	-0,007	-0,01
0	-0,01	-0,017	-0,021
-15	-0,021	-0,028	-0,031
-25	-0,028	-0,035	-0,038
-30	-0,031	-0,039	-0,042
-45	-0,04	-0,049	-0,052
-50	-0,046	-0,053	-0,055

Температурные поправки к показанию ареометра для приведения плотности электролита к температуре 15°, 20° и 30°С приведены в табл. 2.12. Знак «+» или «-» означает прибавить или вычитать поправку от показаний ареометра.

Для определения степени разряженности в любой момент принимается нормативная плотность электролита 1,29 г/см³, т.е. плотность, приобретенная после полного первого заряда.

Для уравнивания плотности электролита, т.е. доведения ее до плотности, равной плотности в начале эксплуатации, следует измерить фактическую плотность и температуру. Затем сравнивают приведенную (к плотности при 20°С) плотность и рекомендуемую (табл. 2.11). Если приведенная плотность окажется ниже нормы, то доливают кислоту или электролит повышенной плотности, если же выше — доливают дистиллированную воду. Для того, чтобы при этом не превысить уровень, из аккумулятора необходимо предварительно отобрать часть электролита.

Уравнивание можно проводить только в полностью заряженном аккумуляторе, когда электролит имеет плотность, не искаженную недозаряженностью последнего, и когда еще продолжается кипение, которое содействует быстрому перемешиванию. В противном случае следует продолжать заряд после доливки в течение 30 минут для достижения лучшего перемешивания и затем через 30 минут измерить



плотность и температуру, чтобы снова определить приведенную плотность. Доводка плотности до нормы обычно не получается с первого раза, тогда ее следует повторить. Промежутки между приемами доводки должны быть не менее 30...40 минут.

Ввод в действие сухозаряженных (новых) аккумуляторных батарей

Ввод в действие аккумулятора следует начинать с заливки аккумуляторов, которую рекомендуется производить следующим образом.

Электролит, приготовленный согласно требованиям, можно заливать в аккумуляторы при условии, если его температура не выше 25°С в холодной и умеренной климатических зонах и не выше 30°С в жаркой и влажной зонах. Не рекомендуется заливать аккумуляторы электролитом температурой ниже 15°С.

Заливку аккумуляторов рекомендуется производить следующим образом.

1. Если вентиляционные отверстия расположены в пробках, то их необходимо вывернуть и снять с них герметизирующую пленку или срезать выступ и проверить, вскрылись ли вентиляционные отверстия.
2. Если пробки без герметизирующей пленки или выступа, следует вынуть расположенные под ними герметизирующие диски и выбросить их.
Заливку следует производить небольшой струей до тех пор, пока зеркало электролита не коснется нижнего конца тубуса горловины или на 10...15 мм выше предохранительного штифта. Уровень электролита над предохранительным штифтом можно измерить стеклянной трубкой.
3. Если в крышке батареи имеются вентиляционные штуцера для автоматической регулировки уровня электролита, необходимо освободить отверстия в штуцерах от герметизирующих деталей (стержни, колпачки и др.). Последние следует выбросить. Затем необходимо отвернуть пробки и надеть их на штуцера. Заливку следует производить небольшой струей до верхнего среза горловины.

В случае проливания электролита необходимо собрать его ветошью и протереть облитые места (нейтрализовать) 10% раствором нашатырного спирта.

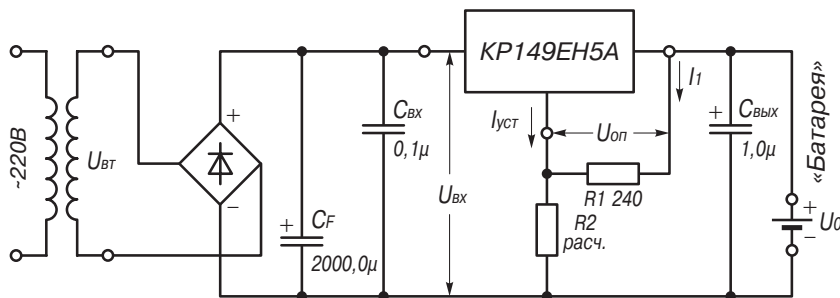


Рис. 2.3. **Схема зарядного устройства с постоянным выходным напряжением (режим плавающего заряда)**

После заливки пробки со штуцеров надо снять, и уровень автоматически снизится до нормы. Необходимое количество электролита для заливки батарей указано в таблицах их технических характеристик.

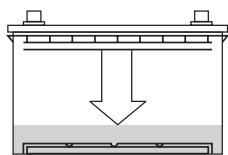
Как правило, не ранее, чем через 20 минут и не позже, чем через два часа после заливки, нужно измерить плотность электролита. Если плотность электролита в аккумуляторе ниже плотности заливавшегося более чем на

0,03 г/см³, такую батарею перед установкой на автомашину следует зарядить.

Если батарея хранилась не более одного года и процесс подготовки ее к вводу в эксплуатацию происходил при температуре не ниже 15°C, допускается установка ее на автомашину без проверки плотности электролита после 20 мин. пропитки. Батарею, введенную в эксплуатацию, следует откорректировать спустя несколько дней.

2.1.3. УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЗАРЯДА АККУМУЛЯТОРОВ

Заряд аккумулятора происходит, если к нему приложен потенциал, превышающий его напряжение. Ток заряда аккумулятора пропорционален разности приложенного напряжения и напряжения холостого хода.



Скорость заряда аккумулятора может быть определена в терминах емкости. Если емкость аккумулятора C заряжается за время t , то скорость заряда определяется отношением C/t . Аккумулятор емкостью 100 Ач при разряде со скоростью $C/5$ полностью разрядится за 5 часов, при этом ток разряда составит $100/5$, или 20 А. Если аккумулятор заряжается со скоростью $C/10$, то ток его заряда будет равен $100/10$, или 10 А. Скорость заряда можно оценить в длительностях цикла. Так, если аккумулятор заряжается за

5 часов, то говорят, что он имеет цикл 5 часов.

В зависимости от области применения аккумуляторы можно заряжать различными способами. При быстром заряде требуется от 4 до 6 часов, в то время как продолжительность разряда в штатном режиме варьируется от 10 до 15 часов. При циклическом заряде требуется постоянное напряжение или постоянный ток заряда. Иногда используется плавающий заряд*, во время которого нагрузка и аккумулятор включаются параллельно, или компенсационный подзаряд**, когда мощность постоянного тока подается в нагрузку, в то время как цепь заряда аккумулятора с нагрузкой не соединена.

На практике чаще всего используется быстрый заряд аккумулятора (до 90% емкости) с последующим автоматическим переключением на меньшую скорость заряда (до полной емкости).

* плавающий заряд – метод поддержания подзаряжаемой батареи при полном заряде путем подачи выбранного постоянного напряжения для компенсации в ней различных потерь

** компенсационный подзаряд – метод, при котором для приведения батареи в полностью заряженное состояние и поддержания ее в этом состоянии используется постоянный ток заряда

Для маломощных аккумуляторов и заряда при постоянном напряжении можно использовать устройство [1], показанное на рис. 2.3. Для поддержания постоянного выходного напряжения, значение которого устанавливается резистором R2, применяется трехвыводной интегральный стабилизатор напряжения, например КР142ЕН5А.

Для расчета схемы следует пользоваться выражением:

$$U_0 = U_{\text{он}} (1 + R1/R2) + I_{\text{уст}} R2, \text{ где}$$

U_0 — напряжение равное разности максимального напряжения на заряженном аккумуляторе и выходного напряжения используемого интегрального стабилизатора напряжения;

$U_{\text{он}}$ — выходное напряжение используемого интегрального стабилизатора напряжения;

$I_{\text{уст}}$ — ток внутреннего стабилизатора используемой интегральной микросхемы [6].

Возможно использование в качестве резистора R2 переменного резистора, но с обязательным шунтированием постоянным резистором (для блокирования дребезга движка резистора) т.о., чтобы их суммарное сопротивление равнялось расчетному. С его помощью поддерживается необходимое выходное напряжение и одновременно осуществляется защита схемы от тока короткого замыкания.

Зарядное устройство с источником тока и автоматическим ограничением напряжения показано на рис. 2.4 [6]. Это устройство поддерживает постоянный ток заряда и отключает аккумулятор от зарядного устройства по достижении установленного напряжения заряда. Здесь источник тока выполнен на тран-

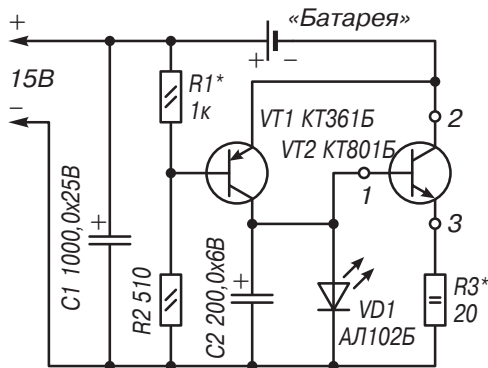


Рис. 2.4. Схема автоматического зарядного устройства (режим плавающего заряда)

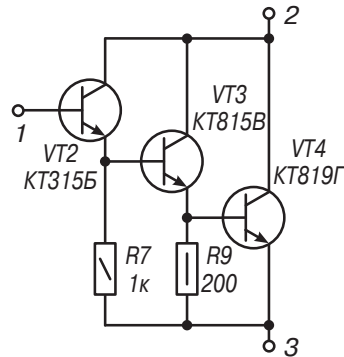


Рис. 2.5. Схема составного транзистора

зисторе VT2 и светодиоде VD1, который выполняет функцию индикатора (напряжение эмиттер-база транзистора VT2, задающее ток источника тока, определяется падением напряжения на светодиоде). Транзистор VT1 ограничивает напряжение на нагрузке, закрывая протекание тока через светодиод VD1 по достижении напряжения заряда аккумулятора, которое устанавливается подбором резистора R1. При номиналах, указанных на схеме, напряжение заряда аккумулятора 12 В при максимальном токе порядка 100 мА. Светодиод показывает степень заряда аккумулятора. При полностью заряженном аккумуляторе он гаснет.

Такие зарядные устройства не требуют приборов измерения тока и напряжения, контроля окончания заряда и в конце заряда автоматически уменьшают ток, сообщая аккумулятору максимально возможный заряд. При необходимости заряжать аккумуляторные батареи большой емкости (например автомобильные) ток заряда нетрудно увеличить до 5 А. В этом случае транзистор VT2 необходимо заменить составным транзистором рис. 2.5, снабдив последний из них теплоотводом.

Восстановление пассивированных аккумуляторных батарей

В результате неправильной эксплуатации аккумуляторных батарей пластины их пассивируются и выходят из строя. Тем не менее известен способ восстановления таких батарей асимметричным током (при соотношении зарядной и разрядной составляющих тока 10:1 и отношении длительностей импульсов этих составляющих 1:2). Этот способ

позволяет активизировать поверхности пластин старых аккумуляторов и проводить профилактику исправных [4].

На рис. 2.6 представлена схема заряда аккумуляторов асимметричным током, которая рассчитана на работу с 12 В аккумулятором и обеспечивает импульсный зарядный ток 5 А и разрядный $-0,5$ А. Она представляет собой регулятор тока, собранный на транзисторах VT1...VT3. Питается устройством переменным током напряжением 22 В (амплитудное напряжение 30 В). При номинальном зарядном токе напряжение на заряженном аккумуляторе изменяется в пределах 13...15 В (среднее напряжение 14 В).

За время одного периода переменного напряжения формируется один импульс зарядного тока (угол отсечки α) равен 60° , рис. 2.7). В промежутке между зарядными импульсами формируется разрядный импульс через резистор R3, подбором которого устанавливается амплитуда разрядного тока.

Необходимо учитывать, что суммарный ток зарядного устройства должен равняться 1,1 от тока заряда аккумулятора, т.к. при заряде резистор R3 подключен параллельно аккумулятору.

При использовании аналогового амперметра он будет показывать около одной трети от амплитуды импульса зарядного тока. Схема защищена от короткого замыкания выхода.

Заряд аккумулятора ведут до тех пор, пока не наступит обильное газовыделение (кипе-

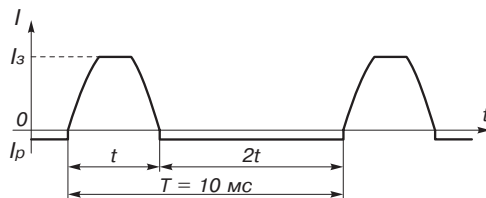


Рис. 2.7. Диаграмма зарядного асимметричного тока

ние) во всех банках, а напряжение и плотность электролита будут постоянными в течение двух часов подряд. Это является признаком окончания заряда. Затем следует произвести уравнивание плотности электролита в секциях и продолжить заряд еще 30 минут для лучшего перемешивания.

Во время заряда аккумулятора следует периодически проверять температуру электролита, чтобы не допустить ее повышения выше 45°C в холодных и умеренных климатических зонах и выше 50°C в жарких и теплых влажных.

Так как при заряде кислотных аккумуляторов выделяется водород, следует проводить заряд аккумулятора в хорошо проветриваемом помещении, при этом не следует курить и пользоваться открытым пламенем. Образовавшаяся гремучая смесь обладает большой разрушительной силой.

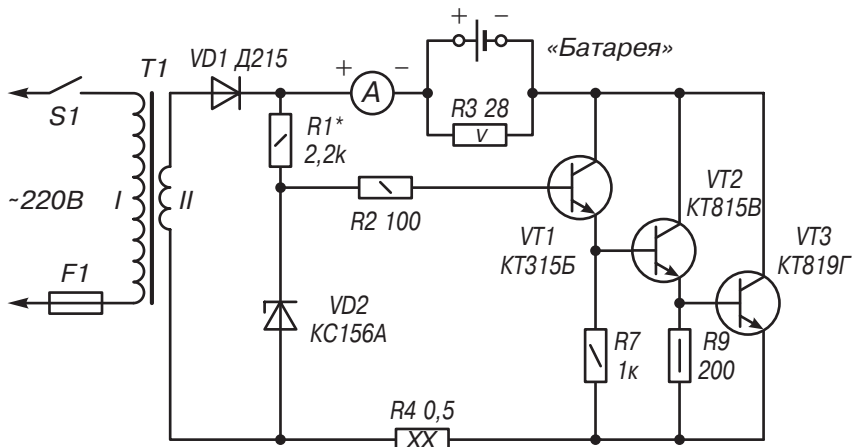


Рис. 2.6. Схема заряда аккумулятора асимметричным током

НАЗНАЧЕНИЕ	ТИП	ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ
Оперативные батареи	dryfit A-200 dryfit A-300 dryfit A-400 dryfit A-600	охранные устройства устройства оповещения о пожаре телемеханические устройства медицинское оборудование
Стационарные промышленные батареи	dryfit Highpower dryfit A600 dryfit Block	телефонные станции устройства связи электростанции снабжение электроэнергией EVU's
Резервные батареи	dryfit Compact dryfit Ulimatic	телемеханические системы устройства оповещения ELA-дистанционные устройства
Приводные батареи для транспортных средств	dryfit traction Block dryfit traction Pzs	электрифицированные транспортные средства Е-лодки (циклический привод)

Герметичные аккумуляторы



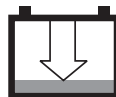
Подлежат вторичной переработке

Намазные пластины



Срок службы: 10 лет

Номинальная емкость от 12 до 180 Ач



Защита от глубокого разряда

Абсолютно необслуживаемые



Блочное исполнение

2.2. ГЕРМЕТИЧНЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ

Широко распространенные кислотные аккумуляторы, выполненные по классической технологии, доставляют много хлопот и оказывают вредное влияние на людей и аппаратуру. Они наиболее дешевы, но требуют дополнительных затрат на их обслуживание, специальных помещений и персонал.

Группа «СЕАС», объединяющая европейских производителей аккумуляторов и занимающая первое место в Европе по производ-

ству свинцовых аккумуляторов, обеспечивает значительную долю рынка.

Значительный объем производимых аккумуляторов составляют герметичные, выполненные по технологии «dryfit» и AGM (абсорбированный электролит). Они характеризуются отсутствием эксплуатационных затрат и перекрывают диапазон емкостей от 1 до 12000 Ач, что позволяет удовлетворить требования любого потребителя.

2.2.1. АККУМУЛЯТОРЫ, ТЕХНОЛОГИЯ «DRYFIT»

Наиболее удобными и безопасными из кислотных аккумуляторов являются абсолютно необслуживаемые герметичные аккумуляторы VRLA (Valve Regulated Lead Acid) произведенные по технологии «dryfit». Внешний вид показан на рис. 2.8. Электролит в этих аккумуляторах находится в желеобразном состоянии. Это гарантирует надежность аккумуляторов и безопасность их эксплуатации.



Рис. 2.8. Внешний вид аккумуляторов «dryfit»

Технические характеристики аккумуляторов «DRYFIT»

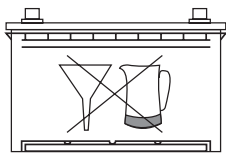
В зависимости от предполагаемого режима работы рекомендуются два типа аккумуляторов: «dryfit» А400 – для буферного режима и А500 – для режима «буфер+цикл». Эти аккумуляторы выпускаются немецкой фирмой Sonnenschein, входящей в группу европейских производителей «СЕАС», и характеризуются следующими преимуществами:

- ❑ абсолютно необслуживаемые в течение всего срока службы;
- ❑ продолжительный срок службы (с сохранением остаточной емкости 80%);
- ❑ классификация Евробат – высокая работоспособность (High Performance);
- ❑ технология «dryfit»: электролит зафиксирован в желеобразном состоянии;
- ❑ намазные пластины в блочном исполнении;
- ❑ очень малое газовыделение за счет системы внутренней рекомбинации;
- ❑ способность быстрого восстановления емкости;
- ❑ аккумуляторы «dryfit» не являются опасным грузом для авиа-, авто- и железнодорожного транспорта (согласно IATA);
- ❑ очень малый саморазряд: даже после 2 лет хранения (при 20°C) не требуется подзаряд перед вводом в эксплуатацию;
- ❑ допускается перезаряд;
- ❑ устойчивы к глубокому разряду согласно DIN 43539 ч. 5;
- ❑ диапазон емкости: от 5,5 до 180 Ач для А400 и от 2,0 до 115 Ач для А500;
- ❑ аккумуляторы принимаются на вторичную переработку фирмой Sonnenschein, т.к. содержат много ценных материалов;
- ❑ имеют сертификат Немецкой Федеральной почты, TL 6140-3003;
- ❑ соответствуют VDE 0108 ч.1 для аварийного энергоснабжения.

Таблица 2.13.

Технические характеристики аккумуляторов «dryfit» A400												
Тип №	Обозначение типа	Номинальное напряжение, В	Номинальная емкость (С20), Ач	Ток разряда (I20), mA	Макс. нагрузка, А	Макс. допустимый ток 5 сек., А	Вес, кг	Длина макс., мм	Ширина, мм	Высота корпуса, мм	Высота с контактами, мм	Вид концевых выводов
09 1 90835 00	A406/165,0A	6	165	8520	770	2600	31	244	190	253	275	Конусные выводы по DIN 72311
07 1 94436 00	A412/5,5SR	12	5,5	275	80	300	2,5	1523	65,5	94,5	98,4	Штеккерные выводы 6,3 мм
07 1 94530 00	A412/8,5SR	12	8,5	425	80	300	3,6	152	98	94,5	98,4	Штеккерные выводы 6,3 мм
07 1 94560 00	A412/12,0SR	12	12	600	100	350	5,6	181	76	152	156,4	Штеккерные выводы 6,3 мм
09 1 90604 00	A412/20,0G5	12	20	1000	200	800	7,7	176	167	126	126	Болтовые соединения 5 мм
09 1 90635 00	A412/50,0A	12	50	2500	440	1500	20,1	306	175	190	190	Конусные выводы по DIN 72311
09 1 90702 00	A412/65,0G6	12	65	3250	440	1500	24,6	381	175	190	190	Болтовые соединения 6 мм
09 1 90750 00	A412/85,0A	12	85	4250	770	2600	37	284	267	208	230	Конусные выводы по DIN 72311
09 1 90752 00	A412/100,0A	12	100	5000	770	2600	40	513	189	195	223	Конусные выводы по DIN 72311
09 1 90765 00	A412/120,0A	12	120	6000	770	2600	49	513	223	195	223	Конусные выводы по DIN 72311
09 1 90815 00	A412/180,0A	12	180	9000	770	2600	70	518	291	216	242	Конусные выводы по DIN 72311

Аккумуляторы А500 более универсальны и являются последовательной разработкой и предназначены для смешанного режима – «буфер+цикл». В них намного улучшены характеристики саморазряда за счет изменения конструкции банок и состава электролита. Соответствуют следующим нормам: DIN, BS, IES, а также имеют допуск по VdS.



Типы выводов аккумуляторов А400 и А500 приведены на рис. 2.9. Технические характеристики – в табл. 2.13 и 2.14 соответственно.

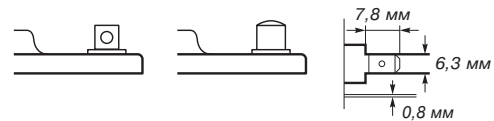
Условное обозначение аккумуляторов «dryfit» содержит:

- ✓ первая буква и три следующие за ней цифры – тип аккумулятора;
- ✓ последующие цифры – номинальная емкость, Ач;
- ✓ последние буквы – тип вывода аккумулятора (согласно DIN 72311, предельные токи разряда достигаются только при использовании штатного контакта).

Техника заряда аккумуляторов «DRYFIT»

Заряд аккумулятора происходит, если к нему приложен потенциал, превышающий его рабочее напряжение. Ток заряда аккумулятора пропорционален разности приложенного напряжения и напряжения холостого хода. Напряжение аккумулятора возрастает по мере заряда до тех пор, пока не начинается электролиз. Одновременно с этим уменьшается эффективность заряда, а напряжение на зажимах аккумулятора увеличивается по мере уменьшения скорости заряда.

Скорость заряда аккумулятора может быть определена в терминах емкости. Если емкость аккумулятора С заряжается за время t,



G-Вывод

A-Вывод

SR-Вывод

Рис. 2.9. Типы выводов аккумуляторов

Таблица 2.14.

Технические характеристики аккумуляторов «dryfit» А500												
Тип №	Обозначение типа	Номинальное напряжение, В	Номинальная емкость (С20), Ач	Ток разряда (I20), мА	Макс. нагрузка, А	Макс. допустимый ток 5 сек. **, А	Вес, кг	Длина макс., мм	Ширина, мм	Высота корпуса, мм	Высота с контактами, мм	Вид концевых выводов
07 8 95502 00	A502/10,0S	2	10	500	80	300	0,7	52,9	50,5	94,5	98,4	Штеккерные выводы 4, 8 мм
07 8 95302 00	A504/3,5S	4	3,5	175	60	300	0,5	90,5	34,5	60,5	64,4	Штеккерные выводы 4, 8 мм
07 8 95312 00	A506/3,5S	6	3,5	175	60	300	0,5	134,5	34,8	60,5	64,4	Штеккерные выводы 4, 8 мм
07 8 95391 00	A506/4,2S	6	4,2	210	60	300	0,9	62,3	52	98	101,9	Штеккерные выводы 4, 8 мм
07 8 95465 00	A506/6,5S	6	6,5	325	80	300	1,3	152	34,5	94,5	98,4	Штеккерные выводы 4, 8 мм
07 8 95523 00	A506/10,0S	6	10	500	80	300	2,1	152	50,5	94,5	98,4	Штеккерные выводы 4, 8 мм
07 8 95202 00	A512/2,0S	12	2	100	40	240	1	178,5	34,1	60,5	64,4	Штеккерные выводы 4, 8 мм
07 8 95315 00	A512/3,5S	12	3,5	175	60	300	1,5	134	66,3	60	64,4	Штеккерные выводы 4, 8 мм
07 8 95432 00	A512/6,5S	12	6,5	325	80	300	2,6	152	65,5	94,5	98,4	Штеккерные выводы 4, 8 мм
07 8 95436 00	A512/6,5SR	12	6,5	325	80	300	2,6	152	65,5	94,5	98,4	Штеккерные выводы 6, 3 мм
07 8 95525 00	A512/10,0S	12	10	500	80	300	4,1	152	98	94,5	98,4	Штеккерные выводы 4, 8 мм
07 8 95530 00	A512/10,0SR	12	10	500	80	300	4,1	152	98	94,5	98,4	Штеккерные выводы 6, 3 мм
07 8 95565 00	A512/16,0G5	12	16	800	200	700	6,8	181	76	167	167	Болтовые выводы 5 мм
07 8 95560 00	A512/16,0SR	12	16	800	100	300	6,7	181	76	152	156,4	Штеккерные выводы 6, 3 мм
08 8 95615 00	A512/25,0G5	12	25	1250	200	800	9,6	176	167	126	126	Болтовые выводы 5 мм
08 8 95625 00	A512/30,0G6	12	30	1500	400	1500	11,7	197	132	160	181	Болтовые выводы 6 мм
08 8 95632 00	A512/40,0G6	12	40	2000	400	1500	14,8	210	175	175	175	Болтовые выводы 6 мм
08 8 95630 00	A512/40,0A	12	40	2000	400	1500	14,8	210	175	175	175	Конусные выводы по DIN 72311
08 8 95660 00	A512/55,0A	12	55	2750	400	1500	19	261	135	208	230	Конусные выводы по DIN 72311
08 8 95664 00	A512/60,0A	12	60	3000	400	1500	21,8	306	175	190	190	Конусные выводы по DIN 72311
08 8 95668 00	A512/65,0G6	12	65	3250	440	1500	25	381	175	190	190	Болтовые выводы 6 мм
08 8 95666 00	A512/65,0A	12	65	3250	440	1500	25	381	175	190	190	Конусные выводы по DIN 72311
08 8 95722 00	A512/85,0A	12	85	4250	600	2600	33	330	171	214	235,5	Конусные выводы по DIN 72311
08 8 95750 00	A512/115,0A	12	115	5750	770	2600	40,3	284	267	208	230	Конусные выводы по DIN 72311

то скорость заряда определяется отношением С/т. Аккумулятор емкостью 100 Ач при разряде со скоростью С/5 полностью разрядится за 5 часов, при этом ток разряда составит 100/5, или 20 А. Если аккумулятор

заряжается со скоростью С/10, то ток его заряда будет равен 100/10, или 10 А. Скорость заряда можно оценить в длительностях цикла. Так, если аккумулятор заряжается за 5 часов, то говорят, что он имеет цикл 5 ч.

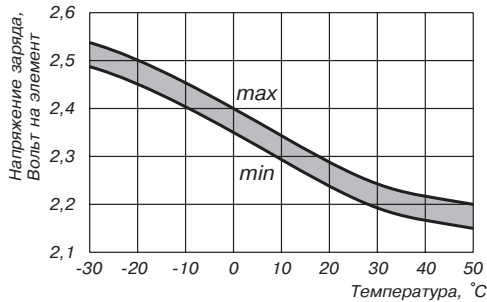


Рис. 2.10. Область постоянного напряжения для заряда аккумуляторов «dryfit» A400 в режиме длительного подзаряда (буферный режим)

После полного заряда аккумулятора дальнейшее продолжение заряда вызывает выделение газов (происходит «перезаряд»). В классических аккумуляторах в процессе перезаряда удаляется вода и происходит распыление электролита с выделением газов. Часть электролита разбрызгивается через вентиляционные отверстия, т.е. теряется. При добавлении воды в электролит уменьшается его концентрация и ухудшаются характеристики аккумулятора.

В аккумуляторах, произведенных по технологии «dryfit», реакции электродов происходят с участием электролита. Композиция электролита не изменяется по мере заряда или разряда. Поэтому электролит сконструирован так, что генерация кислорода в процессе заряда компенсируется другими химическими реакциями, поддерживающими ус-

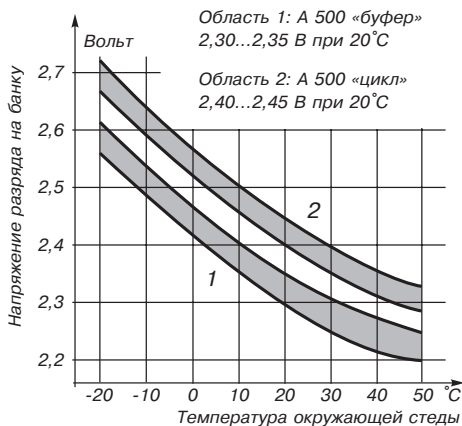


Рис. 2.11. Напряжение заряда аккумуляторов «dryfit» A500 для различных режимов

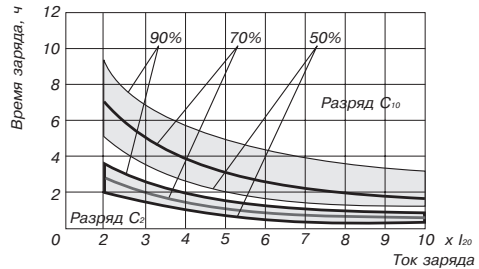
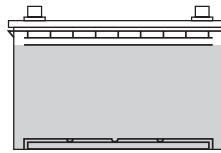


Рис. 2.12. Время заряда аккумуляторов «dryfit» A400

ловия равновесия, в которых батарея может длительно заряжаться без потерь воды. Это принципиально важно для герметичных аккумуляторов.



Напряжение заряда аккумуляторов A400 для режима плавающего заряда должно находиться в пределах от 2,3 В до 2,23 В/элемент. При заряде 12 В аккумуляторов, состоящих из 6-ти элементов (банок), эта цифра умножается на 6, т.е. напряжение заряда для 12 В аккумулятора должно находиться в пределах от 13,8 В до 13,38 В. Для 6-ти вольтовых аккумуляторов число элементов 3, для 4-х – 2, а для 2-х вольтовых – 1.

Кривые заряда для аккумуляторов «dryfit» A400 (буферный режим) показаны на рис. 2.10, а для аккумуляторов «dryfit» A500 (буферный режим – область 1 и циклический режим – область 2) показаны на рис. 2.11. Эти кривые справедливы для режима длительного подзаряда.

При изменяющейся температуре зарядное напряжение следует корректировать согласно графиков. При этом напряжение заряда может изменяться в пределах от 2,15 В/элемент до 2,55 В/элемент при изменении температуры в пределах от –30°C до +50°C.

При буферном режиме напряжение заряда при 20°C должно находиться в пределах 2,3...2,35 В/элемент. Колебание напряжения не должно превышать 30 мВ/элемент.

При зарядном напряжении большем 2,4 В следует ограничивать ток заряда до 0,5 А на каждый Ач для двух режимов.

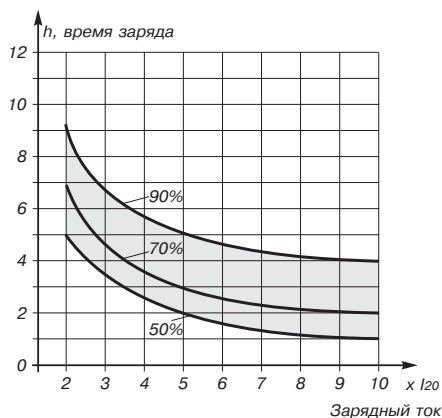


Рис. 2.13. **Время заряда аккумуляторов «dryfit» A500 при заряде постоянным током**

Для компенсационного режима заряда приведены зависимости времени заряда от величины зарядного тока аккумулятора на рис. 2.12 для аккумуляторов A400 и рис. 2.13 для A500. Компенсационный заряд возможен для циклического и буферного режимов работы. На обоих графиках показаны три кривые, соответствующие 50%, 70% и 90% заряду. Для аккумуляторов A400 максимальное напряжение заряда составляет 2,3 В/элемент, а для A500 – 2,4 В/элемент.

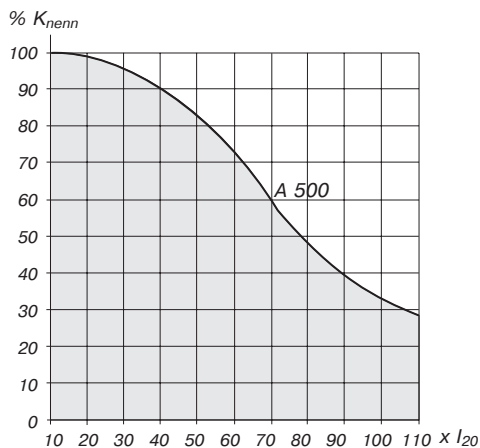


Рис. 2.14. **Остаточная емкость аккумулятора при увеличении тока разряда**

Для аккумуляторов A500 возможны два режима буферный и циклический. При циклическом режиме заряда зарядное напряжение должно быть выше, чем при буферном для того, чтобы увеличить время между циклами заряда.

Техника разряда аккумуляторов «DRYFIT»

Аккумуляторы, изготовленные по технологии «dryfit» оказываются мало чувствительными к условиям разряда. Кроме того, емкость также нечувствительна к разрядам со скоростью ниже $C/10$.

При более интенсивных разрядах емкость уменьшается по мере увеличения скорости разряда, но не так «драматично», как в случае аккумуляторов, выполненных по традиционной технологии. Поэтому, изготовителю достаточно привести относительно ограниченное число типовых кривых разряда. При оговоренной емкости аккумулятора скорость разряда выбирается невысокой (например $C/10$), чтобы максимально реализовать емкость элемента. Зависимость процентного соотношения емкости от максимального тока разряда аккумуляторов, произведенных по технологии «dryfit», приведены на рис. 2.14.

При высокой скорости разряд реально оказывается ограниченным, поскольку из-за наличия внутреннего сопротивления аккумулятора напряжение уменьшается ниже напряжения отсечки. Это происходит до начала «истощения» электрохимической энергии. Однако снижение тока разряда уменьшает падение напряжения $I \times R$ внутри элемента, при этом напряжение элемента повышается по сравнению с напряжением отсечки, и разряд продолжается.

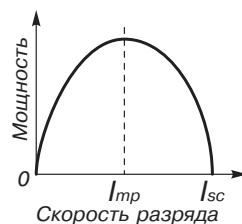


Рис. 2.15. **Зависимость отдаваемой мощности ХИТ от скорости разряда**

* напряжением отсечки называется минимальное напряжение, при котором аккумулятор способен отдавать полезную энергию при определенных условиях

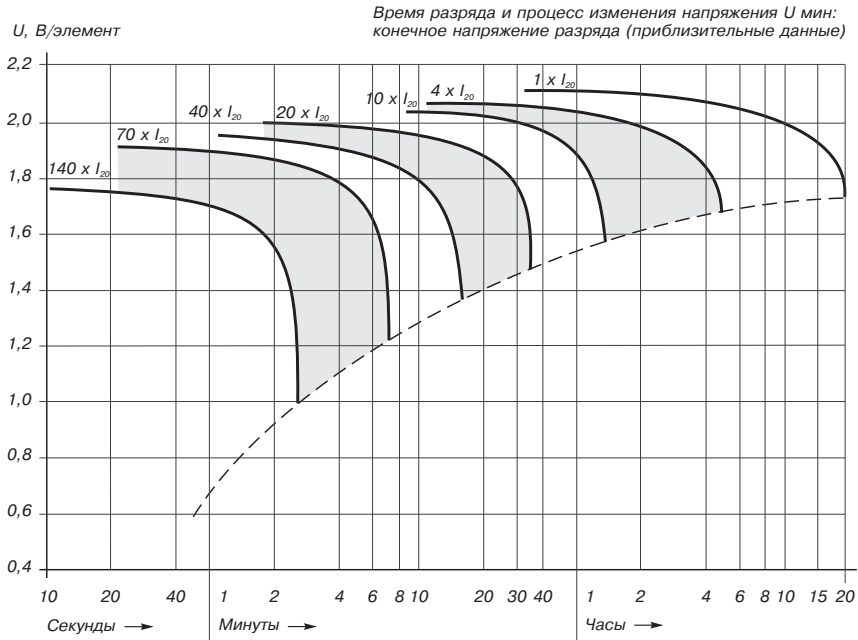


Рис. 2.16. Время разряда до фиксированного конечного напряжения аккумуляторов «dryfit» A500

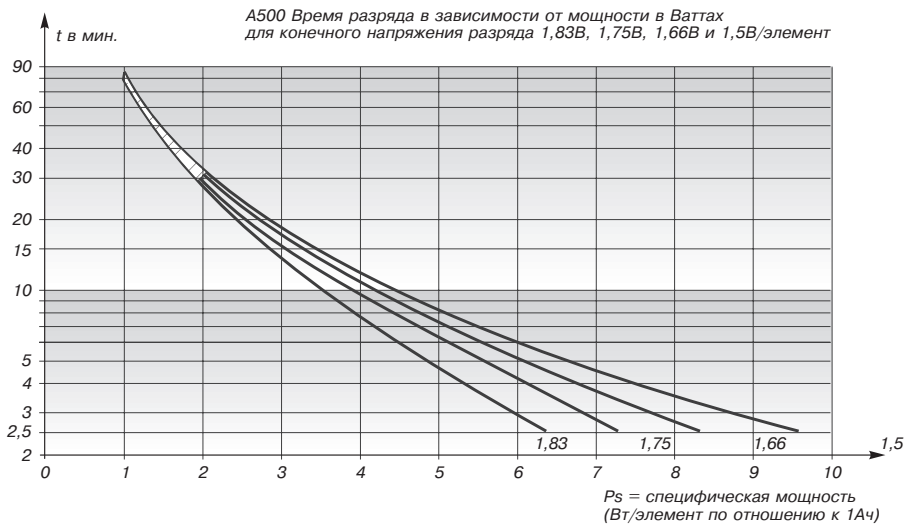


Рис. 2.17. Разряд постоянной мощностью аккумуляторов «dryfit» A500

Таблица 2.16.

Данные для выбора аккумуляторов «dryfit» А400. Разряд постоянным током							
Тип	30 мин	1 ч	3 ч	5 ч	8 ч	10 ч	20 ч
A406/165,0A	178	106,3	46,3	30,3	20,1	16,6	9
A412/5,5SR	5,7	3,4	1,6	1	0,7	0,6	0,3
A412/8,5SR	7,8	4,8	2,2	1,5	1	0,8	0,5
A412/12,0SR	11,7	7,2	3,1	2,1	1,4	1,2	0,6
A412/20,0G5	20,3	12,9	5,3	3,5	2,3	1,9	1,1
A412/50,0A	55	33,3	14,2	9,2	6,1	5	2,7
A412/65,0G6	61	44,1	18,2	12,1	8,1	6,6	3,6
A412/85,0A	83,3	48,7	20,8	14	9,7	8,2	4,8
A412/100,0A	101,4	59,7	25,7	17,9	12,1	10,2	5,4
A412/120,0A	124,2	78,7	32,8	21,7	14,7	12,2	6,8
A412/180,0A	176,1	106,9	48,5	32	21,2	17	9,9

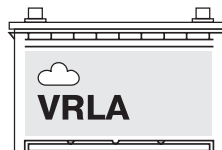
При разомкнутой батарее отдаваемая мощность равна нулю, поскольку ток равен нулю. Если батарея короткозамкнута, то отдаваемая мощность снова равна нулю, так как напряжение близко к нулю, хотя ток может быть очень большим. Среднее напряжение зависит от отбираемого тока, но линейной зависимости между этими величинами нет.

Для химических источников тока зависимость времени разряда от мощности, отдаваемой аккумуляторной батареей, показана на рис. 2.15. Из графика видно, что максимальная отдаваемая мощность имеет место при равенстве сопротивления нагрузки внутреннему сопротивлению батареи.

Для аккумуляторов А500 на рис. 2.16 показана зависимость времени разряда от т.н. удельной мощности, которая измеряется в В/элемент по отношению к 1 Ач. Рис. 2.17 показывает время разряда аккумуляторов А500 при разряде постоянным током в терминах емкости.

Для аккумуляторов А400 приведены данные разряда постоянным током и постоянной мощностью в табл. 2.15 и 2.16. При этом для

аккумуляторов А400 разрядное напряжение ограничивается на уровне 1,6 В/элемент.



Свинцовым аккумуляторам присуща уникальная особенность — способность выделять водород при перенапряжениях и кислород, когда напряжение свинцовой батареи приближается к значению, свойственному полному заряду, при этом происходит существенный подъем напряжения, необходимый для прохождения заряжающего тока через электролит. Если напряжение, обуславливающее прохождение зарядного тока, фиксировано и достаточно высоко для заряда электродов, но не настолько, чтобы вызвать выделение газа, напряжение элемента будет расти до тех пор, пока не станет равным напряжению заряжающего источника.

В аккумуляторах, выполненных по технологии «dryfit», каждая банка закрыта вентилями, что предотвращает проникновение кислорода извне.

Таблица 2.15.

Данные для выбора аккумуляторов «dryfit» А400. Разряд постоянным током							
Тип	30 мин	1 ч	3 ч	5 ч	8 ч	10 ч	20 ч
A406/165,0A	178	106,3	46,3	30,3	20,1	16,6	9
A412/5,5SR	5,7	3,4	1,6	1	0,7	0,6	0,3
A412/8,5SR	7,8	4,8	2,2	1,5	1	0,8	0,5
A412/12,0SR	11,7	7,2	3,1	2,1	1,4	1,2	0,6
A412/20,0G5	20,3	12,9	5,3	3,5	2,3	1,9	1,1
A412/50,0A	55	33,3	14,2	9,2	6,1	5	2,7
A412/65,0G6	61	44,1	18,2	12,1	8,1	6,6	3,6
A412/85,0A	83,3	48,7	20,8	14	9,7	8,2	4,8
A412/100,0A	101,4	59,7	25,7	17,9	12,1	10,2	5,4
A412/120,0A	124,2	78,7	32,8	21,7	14,7	12,2	6,8
A412/180,0A	176,1	106,9	48,5	32	21,2	17	9,9



Рис. 2.18. Остаточная снимаемая емкость при разряде постоянным током

При внутреннем избыточном давлении клапан открывается, чтобы затем вновь закрыть банку. Не следует размещать аккумуляторы в герметичных помещениях. Допускается установка в любом положении. При стационарной установке аккумуляторов «dryfit» в помещениях, шкафах и емкостях следует выполнять предписания VDE 0510, следить за тем, чтобы клапаны находились сверху и не были чем-либо закрыты.

Предельная емкость аккумуляторных батарей реализуется при нормальной температуре (20°C), малых скоростях разряда и низких напряжениях отсечки. Подвижность ионов и скорость их взаимодействия с электродами уменьшаются по мере снижения температуры, и большинство батарей с электролитами на водной основе уменьшают отдаваемую энергию в сравнении с той, которую они могут отдать при нормальной температуре. Если электролит замерзает, то подвижность ионов может упасть до такой степени, что батарея перестанет работать. При снижении температуры не следует рассчитывать аппаратуру для работы при малых рабочих напряжениях.

Остаточная снимаемая емкость аккумуляторов А400 и А500 при разряде постоянным током и изменении температуры показана на рис. 2.18.

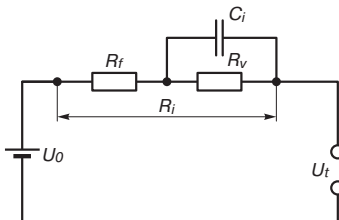


Рис. 2.19. Эквивалентная схема ХИТ

При разряде батареи в условиях низких температур увеличивается ее внутреннее сопротивление, что приводит к выделению дополнительного тепла, которое в некоторой степени компенсирует понижение температуры окружающей среды. В результате работоспособность батареи определяется ее конструкцией и условиями разряда.

Как показано на рис. 2.19, внутреннее сопротивление представляет собой часть полной электрической цепи. Так как ток нагрузки проходит и через батарею, напряжение на выводах батареи в действительности представляет собой напряжение, создаваемое системой электронов батареи, минус падение напряжения, вызванное прохождением тока через нее. Большая часть внутреннего сопротивления элемента создается активными материалами электродов и электролита, которые изменяются по мере старения электролита и степени заряда. Внутреннее сопротивление батареи может ограничивать необходимый ток, отдаваемый в нагрузку.

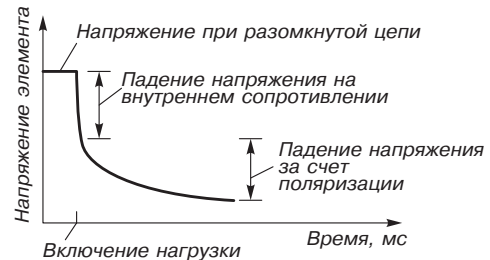


Рис. 2.20. Изменение напряжения элемента ХИТ при изменении внутреннего сопротивления

Для определения внутреннего сопротивления элемента или батареи можно воспользоваться способом, заключающимся в измерении его характеристик на переменном токе (частота 1 кГц и выше). Так как многие реакции на электродах обратимы, можно считать, что при измерениях на переменном токе химические реакции не происходят и импеданс соответствует внутреннему сопротивлению. Измерения на переменном токе можно сочетать с измерениями на постоянном токе. Изменение напряжения элемента ХИТ при изменении внутреннего сопротивления показано на рис. 2.20.

Считается, что перезаряжаемый аккумулятор проработал свой срок службы, если его емкость падает до 80% указанной первоначально.

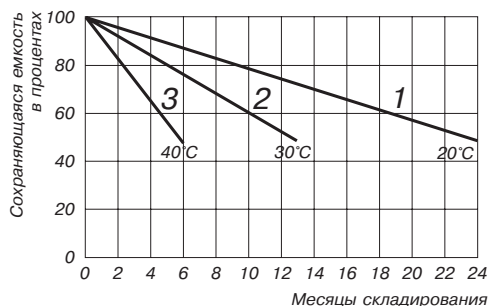


Рис. 2.21. Остаточная емкость после времени складирования

чальной емкости. В этом случае 30% глубина разряда соответствует максимальному циклическому сроку службы аккумулятора.

Так после двух лет хранения аккумулятор сохраняет 50% емкости. После заряда аккумуляторы серии А400 и А500 восстанавливают 100% емкости.

Зависимость остаточной емкости от времени складирования при различных температурах показана на рис. 2.21. В них намного улучшены параметры (в сравнении с предшествующими типами аккумуляторов А200 и А300) за счет изменения конструкции банок и состава электролита.

Сроки службы аккумуляторов, изготовленных по технологии «dryfit»:

A400	8...10 лет
A500	5...6 лет

Аккумуляторы А400 и А500 устойчивы к глубокому разряду согласно DIN 43539.

Не рекомендуется использовать режим более глубокого, а также мягкого разряда, которые снижают продолжительность циклического срока службы аккумулятора.

2.2.2. ГЕРМЕТИЧНЫЕ НИКЕЛЬ-КАДМИЕВЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ

Особую группу никель-кадмиевых аккумуляторов составляют герметичные аккумуляторы (табл. 2.17 и 2.18). Выделяющийся в конце заряда кислород окисляет кадмий, поэтому давление в аккумуляторе не повышается. Скорость образования кислорода должна быть невелика, поэтому аккумулятор заряжают относительно небольшим током.

Герметичные аккумуляторы подразделяются на дисковые (обозначение Д), цилиндрические (обозначение Ц) и прямоугольные (обозначение КНГ).

Герметичные аккумуляторы применяются для слуховых аппаратов, малогабаритных радиоприемников, магнитофонов, фото-кино аппаратуры, карманных фонарей и т.д.

Гарантийный срок хранения аккумуляторов Д-0,125 – 15 мес., Д-0,26 – 6 мес., батареи 7Д-0,125 – 14 мес. Гарантийный срок эксплуатации аккумуляторов Д-0,125 – 14 мес., Д-0,26 – 12 мес., а батареи 7Д-0,125 – 15 мес.

Наработка дисковых аккумуляторов составляет до 400 циклов, цилиндрических – от 100 до 1000 циклов в зависимости от условий эксплуатации.

Герметичные прямоугольные никель-кадмиевые аккумуляторы производятся с отрицательными неметаллокерамическими электродами из оксида кадмия (тип КНГК) или с металлокерамическими кадмиевыми электродами (тип КНГ) см. табл. 2.17.

Таблица 2.17.

Параметры герметичных аккумуляторов в прямоугольных корпусах								
Тип	Номинальная емкость, Ач	Ток разряда, мА	Ток заряда, мА	Продолжительность заряда, ч	Высота, мм	Длина, мм	Ширина, мм	Масса, г
КНГ-0,35Д	0,35	35...70	35	15	41	15	10	21
КНГ-0,7Д	0,7	70...140	70	15	41	25	12	31
КНГ-1,0Д	1	100...200	100	15	41	35	14	61
КНГ-1,5	1,5	150...300	150	15	70	35	14	100

Таблица 2.18.

Параметры герметичных аккумуляторов								
Тип	Напряжение, В	Номинальная емкость, Ач	Ток разряда, МА	Ток заряда, МА	Продолжительность заряда, ч	Диаметр, мм	Высота, мм	Масса, г
Дисковые аккумуляторы								
Д-0,02Д	1,25	0,02	2...4	2	15	11,5	4,2	–
Д-0,03Д	1,25	0,03	3...6	3	15	11,6	5,4	2
Д-0,05Д	1,25	0,05	5...10	5	15	15,5	4,9	–
Д-0,06	1,25	0,06	6...12	6	15	15,6	6,1	3,6
Д-0,08Д	1,25	0,08	8...16	8	15	15,5	7	–
Д-0,1	1,25	0,1	10...20	10	15	20	6,9	7
Д-0,125Д	1,25	0,125	12...24	12,5	15	20	6,6	6,4
Д-0,2Д	1,25	0,2	20...40	20	15	25	7	–
Д-0,26Д	1,25	0,26	25...50	25	15	25,2	9,2	13
Д-0,3Д	1,25	0,3	30...60	30	15	25	9,4	–
Д-0,55Д	1,25	0,55	50...100	50	15	34,6	9,8	27,2
Д-0,8Д	1,25	0,8	80...160	80	15	50	7,7	–
7Д-0,125Д	8,4	0,125	10...20	10	15	24	58	50
10Д-0,55С1	12	0,55	25...50	20	19	35,6	112	310
Ni-Cd Аккумуляторы концерна Varta (Германия) Ni-MH								
RX 01	1,24	0,15	30	15	14	12,9	29	9
RX 03	1,24	0,2	40	20	14	10,5	44	10
RX 6	1,24	0,75	150	75	14	14,5	50,3	24
RX 14	1,24	1,4	280	140	14	26	49	55
RX 20	1,24	4	800	400	14	33,5	61	147
RX 20	1,24	1,4	280	140	14	33,5	61	78
V7/8R	9	0,11	22	11	14	26,5x15,7x48,5		47
Phone T	3,6	0,28	56	28	14	48,0x52,0x10,6		36
Phone S	3,6	0,28	56	28	14	26	32	36
3/V60H	3,6	0,06	12	6	14	16	19,9	12

Разряжать герметичные аккумуляторы можно мгновенно (импульсный режим), в течение нескольких секунд (стартерный режим) и медленно – в течение 10...15 ч (длительный режим). Среднее разрядное напряжение в этих режимах равно соответственно: 1,1...1,12; 1,16...1,18; и 1,22...1,25 В. В конце разряда напряжение составляет 0,9...1,1 В. Номинальная емкость выпускаемых аккумуляторов лежит в пределах 0,03...50 Ач, удельная энергия 16...23 Втч/кг и 45...63 кВтч/м³. При хранении заряженный аккумулятор саморазряжается (20...30% за первые 10 суток).

Рабочим интервалом температур для герметичных аккумуляторов считают интервал от 10 до 50°C. При –10°C емкость аккумулятора уменьшается по сравнению с емкостью

при 20...30°C на 30...40%. Срок службы герметичных аккумуляторов меньше, чем обычных никель-кадмиевых.

Внутреннее сопротивление герметичных аккумуляторов очень мало. Например, у аккумулятора Д-0,125 при частоте $f = 25$ Гц оно составляет 0,5 Ом при $f = 800$ Гц – 0,4 Ом и при $f = 4000$ Гц – 0,32 Ом. С увеличением емкости внутреннее сопротивление падает. При емкости 1,5 Ач внутреннее сопротивление герметичного аккумулятора составляет 0,015 Ом. По мере разряда аккумулятора внутреннее сопротивление увеличивается.

Аккумуляторы концерна Varta выполнены по новой никель-гидридной технологии и имеют маркировку на этикетке Ni/MH.