

# Сравнительные характеристики герметичных щелочных аккумуляторов для электропитания портативной аппаратуры

Алевтина Таганова (г. Санкт-Петербург)

**В статье сравниваются характеристики герметичных цилиндрических Ni-Cd- и Ni-MH-аккумуляторов типоразмера AA различных фирм-производителей. Показано, какие из этих характеристик необходимо учитывать при проектировании батарей, предназначенных для жёстких условий эксплуатации.**

В последние десятилетия производство разнообразной портативной аппаратуры неуклонно растёт, причём растёт значительными темпами. Это, в свою очередь, порождает спрос на герметичные химические источники тока (ХИТ) для электропитания портативной аппаратуры. И хотя быстрый прогресс в разработке и производстве литий-ионных источников тока привёл к некоторой деформации общей структуры рынка малогабаритных ХИТ, доля щелочных никель-кадмиевых (Ni-Cd) и никель-металлгидридных (Ni-MH) аккумуляторов на рынке не уменьшается. Никель-кадмиевые аккумуляторы выпускаются уже несколько десятков лет, никель-металлгидридные – меньшее время, но в последнее десятилетие характеристики аккумуляторов Ni-MH были значительно улучшены. Из-за более высоких удельных энергетических характеристик и отсутствия экологических проблем при использовании, во всём мире наблюдается тенденция к расширению производства Ni-MH аккумуля-

торов. Однако, никель-кадмиевые аккумуляторы благодаря своим несомненным достоинствам (относительно более низкая стоимость, отработанность технических решений, большой диапазон рабочих температур и возможность обеспечения больших токов разряда) до сих пор сохраняют свои позиции и, вероятно, будут сохранять их в ближайшем будущем.

Аккумуляторы Ni-Cd и Ni-MH имеют одинаковое рабочее напряжение 1,2 В, но удельные энергетические и эксплуатационные характеристики у них заметно различаются (см. табл. 1).

Для портативной аппаратуры наибольший интерес представляют цилиндрические источники тока. В современных цилиндрических аккумуляторах два тонких электрода в виде ленты и сепаратор между ними свёрнуты в компактный пакет. Аккумуляторы имеют разрядное напряжение, мало меняющееся при разряде номинальным током 0,2 С (5-часовой разряд). Они обеспечивают хорошие

разрядные характеристики и при значительно больших плотностях тока. Наблюдаемые при больших токах потери разрядной ёмкости зависят как от внутреннего сопротивления аккумуляторов, так и от технологии их изготовления.

В стремлении увеличить ёмкость аккумуляторов при сохранении их габаритов производители могут:

- изменить состав активной массы электродов, чтобы обеспечить более высокую эффективность их работы;
- увеличить активную массу положительного электрода, определяющего ёмкость аккумулятора, за счёт уменьшения массы отрицательного электрода (в этом случае уменьшается соотношение ёмкостей электродов C-/C+, что может привести к увеличению давления газов при перезаряде аккумулятора);
- улучшить структурные характеристики сепаратора для ускорения транспорта кислорода, выделяющегося при перезаряде оксидно-никелевого электрода от положительного потенциала к отрицательному;
- увеличить общий объём пакета электродов за счёт уменьшения объёма свободного пространства, но это может сказаться на величине предельного внутреннего давления и т.д.

Поэтому характеристики постоянно модернизируемых аналогичных аккумуляторов у разных производителей несколько различаются, а информация, которую потребитель может получить из каталогов продукции, весьма ограничена. Номинальная ёмкость аккумулятора является основной его характеристикой, но не единственно важной. В каталогах иногда приводят разрядные кривые при различных режимах разряда и температурах, но эти

Таблица 1. Типичные характеристики герметичных щелочных аккумуляторов

Характеристики	Аккумуляторы	
	Никель-кадмиевые	Никель-металлгидридные
Удельная энергия: весовая, А ч/кг объёмная, А ч/дм <sup>3</sup>	30...60 100...170	40...80 150...240
Диапазон рабочих температур, °С	-20...+60	-10...+40
Максимальный постоянный ток, доли С	3 С, 5 С (некоторые до 10 С)	2 С, 3 С
Саморазряд в течение 1 месяца, % ёмкости	15...35	20...40

кривые обычно представляют собой усреднённые характеристики для всей серии аккумуляторов, в которой источник тока выбранного типоразмера может быть не самым лучшим.

Отечественные производители и официальные дистрибьюторы зарубежных компаний могут предоставить и некоторую дополнительную информацию об аккумуляторах конкретного типа (например, информацию об уменьшении ёмкости при предельных режимах и условиях разряда), но и она даётся в разном виде и объёме, в то время как максимальные токи для продукции ряда компаний могут различаться.

В настоящее время всё чаще возникает задача проектирования батарей из герметичных щелочных аккумуляторов. Такие батареи должны быть работоспособны при больших токах. В этом случае выбор источников тока зависит не только от номинальной ёмкости, но и от мощностных характеристик, определяющих уровень рабочего напряжения и потери ёмкости при разных режимах разряда.

Напряжение источника тока под нагрузкой определяется по формуле:

$$U = \text{НРЦ} - I(R_{\Omega} + R_{\text{пол}}),$$

где НРЦ – напряжение при разомкнутой цепи;  $I$  – ток, протекающий через источник тока;  $R_{\Omega}$  – омическое сопротивление, определяемое сопротивлением токоотводов, активных масс электродов и электролита;  $R_{\text{пол}}$  – поляризационное сопротивление, определяемое характером и скоростями электрохимических реакций.

Сопротивление  $R_{\Omega}$  зависит от габаритов источника тока и особенностей технологии изготовления. Типичные величины  $R_{\Omega}$  (или импеданса на частоте 1000 Гц при другой методике измерения этого параметра) аналогичных аккумуляторов большинства производителей мало различаются. Но разброс этого параметра у продукции характеризует стабильность и степень автоматизированности производства: операций упаковки пакета электродов и сборки аккумулятора, точности дозирования электролита. А некоторое разнообразие рецептов активных масс электродов и особенностей

технологии влияет на величину поляризационного сопротивления  $R_{\text{пол}}$  и на соотношение составляющих внутреннего сопротивления  $R_{\Omega}/R_{\text{пол}}$ .

Ниже приводятся характеристики широко используемых цилиндрических аккумуляторов типоразмера AA ( $\varnothing 14,5$  мм,  $h = 50,5$  мм), выпускаемых наиболее известными зарубежными и российскими компаниями. В таблице 2 представлены данные для никель-кадмиевых аккумуляторов ёмкостью порядка 1 А ч, а в таблице 3 – для никель-металлгидридных, ёмкостью не менее 1,5 А ч.

Представлены некоторые данные производителей и результаты тестирования при входном контроле вы-

борок из 8 – 12 свежих. Исследовались разрядные характеристики после стандартного заряда опытных образцов током  $0,1C_H$  и быстрого заряда током  $1C_H$  при регламентированном контроле окончания процесса по снижению напряжения ( $-\Delta U$ ).

Потери напряжения при больших токах разряда отражены в характеристике напряжения полуразряженных аккумуляторов. Величины внутреннего сопротивления  $R_{\Omega}$  и  $R_{\text{пол}}$  даны, чтобы показать дополнительную возможность отбора аккумуляторов с наиболее близкими параметрами при комплектации батарей, предназначенных для жёстких режимов эксплуатации.

**Таблица 2. Характеристики герметичных никель-кадмиевых аккумуляторов типоразмера AA различных производителей**

Характеристики аккумуляторов		VSE AA 940 Saft	P-100AA Panasonic	KR-1100AAU Sanyo	GP 100AAS GP	
<b>Данные производителей</b>						
Номинальная ёмкость, мА ч		940	1000	1100	1000	
Максимальный ток разряда, А		2,9	3	8,8	3	
Ёмкость при $-20^{\circ}\text{C}$ , мА ч		760			700	
<b>Реальные характеристики выборок свежей продукции</b>						
Ёмкость при токе 0,2С, мА ч		940...1000	1010...1045	1100...1135	1150...1200	
Ёмкость при токе 3С, мА ч	До 1 В	710...830	700...845	990...1025	690...735	
	До 0,8 В	740...870	740...855	1010...1065	720...770	
Ёмкость при токе 3С, % от Сн	До 1 В	75...88	70...84	90...93	69...73	
	До 0,8 В	79...92	74...86	92...97	72...77	
Ёмкость при токе 5С*, мА ч	До 1 В	560...680	535...660	960...1020	435...480	
	До 0,8 В	590...720	555...685	990...1050	535...635	
Ёмкость при токе 5С, % от Сн	До 1 В	60...72	53...66	87...92	43...48	
	До 0,8 В	63...76	55...68	90...95	53...63	
Ёмкость зарядная (мА ч) при токе $1C_H$ , $t_{\text{зар}} = 70$ мин и $-\Delta U = 5$ мВ		980...1050	1000...1160	1055...1100	1000...1160	
Напряжение заряда максимальное, В		1,475...1,487	1,615...1,655	1,580...1,610	1,495...1,520	
Ёмкость разрядная (мА ч) после быстрого заряда при токе разряда 0,2С		945...990	995...1045	1025...1080	980...1115	
Сопротивление аккумуляторов**, МОм	Заряженные	$R_{\Omega}$	17...19	17...20	11...13	17...22
		$R_{\text{пол}}$	29...32	29...32	25...27	29...36
	Разряжены на 50%	$R_{\Omega}$	17...20	19...24	12...13	18...22
		$R_{\text{пол}}$	31...35	34...43	35...38	30...36
	Разряжены на 90%	$R_{\Omega}$	17...24	22...36	13...15	26...40
		$R_{\text{пол}}$	38...50	52...75	36...38	40...45
Напряжение после разряда током 3 С на 500 мА ч, В	Разброс	1,145...1,165	1,160...1,175	1,180...1,195	1,106...1,140	
	Среднее	1,16	1,17	1,188	1,124	
Напряжение после разряда током 5 С на 500 мА ч, В	Разброс	1,060...1,100	1,072...1,095	1,130...1,150	0,860...1,095	
	Среднее	1,085	1,085	1,138	0,96	

\* Ёмкость компаниями Saft, Panasonic, GP не регламентируется.

\*\* Сопротивление измерялось по методике постоянного тока при параметрах токов  $I_1 = 35$  мА и  $I_2 = 350$  мА, меньших, чем требует ГОСТ РФ.

При сравнении характеристик аналогичных Ni-Cd аккумуляторов можно отметить следующее:

- при токе разряда 0,2С фактическая ёмкость аккумуляторов всех

производителей имеет небольшой разброс (3...6,5%), но продукция под торговой маркой GP нуждается в обязательном входном контроле, так как в случайной вы-

борке из 8 свежих аккумуляторов у одного из них ёмкость оказалась значительно ниже нормы (менее 900 мА ч);

- при токе разряда 3С потери ёмкости максимальны у аккумуляторов GP (около 30%). Разброс по ёмкости в выборках составляет 9, 17 и 20% для продукции GP, Saft и Panasonic соответственно;
  - все аккумуляторы могут быть разряжены и большим током (порядка 5 А). В этом случае разрядное напряжение сильно понижается и потери ёмкости при разряде до 0,8 В относительно  $C_H$  составляют до 35% у аккумуляторов Saft, до 45% у аккумуляторов Panasonic и GP. Разброс по ёмкости также увеличивается;
  - внутреннее сопротивление аккумуляторов Sanyo значительно ниже, чем у аналогичной продукции других компаний, поэтому они обеспечивают разряд без значительных потерь при токе до 8С (на 5...10% при токе 5 С);
  - внутреннее сопротивление (и  $R_{\Omega}$ , и  $R_{пол}$ ) аккумуляторов увеличивается в процессе разряда. У продукции компаний Sanyo и Saft оно увеличивается мало, у аккумуляторов других компаний – значительно;
  - батареи с повышенным рабочим напряжением при больших токах нагрузки могут быть собраны при сортировке аккумуляторов по параметру внутреннего сопротивления;
  - возможность быстрого заряда аккумуляторов после разряда определяется особенностями реализации замкнутого кислородного цикла и характеризуется величиной максимального зарядного напряжения и потерями ёмкости относительно номинальной. Все аккумуляторы обеспечивают заряд током 1С и имеют коэффициент использования  $C_{раз}/C_{раз} \approx 1$ , но у аккумуляторов компании Panasonic наблюдается очень высокое зарядное напряжение. В этом случае при постоянных быстрых зарядах может значительно уменьшиться ресурс аккумуляторов.
- При сравнении характеристик Ni-MH-аккумуляторов можно отметить следующее:
- разброс фактической ёмкости в выборках аккумуляторов трёх компа-

Таблица 3. Характеристики герметичных никель-металлгидридных аккумуляторов типоразмера AA разных производителей

Характеристики аккумуляторов		VH AA 1700 Saft	HR-AAUL Sanyo	GP 160AAS GP	HR 15/51-1,5 АК «Ригель»	
<b>Данные производителей</b>						
Номинальная ёмкость, мА ч		1700	1450	1600	1500	
Диапазон рабочих температур, °С		-10...+40	0...+50		-30...+50*	
<b>Реальные характеристики выборок свежей продукции</b>						
Ёмкость при токе 0,2С, мА ч		1715...1745	1460...1520	1345...1775	1510...1565	
Ёмкость при токе 1С, мА ч	До 1 В	1435...1585	1460...1485	1175...1700	1400...1455	
	До 0,9 В	1570...1605	–	–	–	
Ёмкость при токе 1С, % $C_H$	До 1 В	84...93	≥100	73...100	93...97	
	До 0,9 В	92...94	–	–	–	
Ёмкость при токе 2С, мА ч	До 1 В	1300...1440	1200...1365	1120...1545	1300...1365	
	До 0,9 В	1430...1545	1405...1425	1140...1600	1360...1430	
	До 0,8 В	1500...1575	–	–	–	
Ёмкость при токе 2С, % $C_H$	До 1 В	76...85	83...94	70...96	87...91	
	До 0,9 В	84...91	97...98	71...100	90...95	
	До 0,8 В	88...93	–	–	–	
Ёмкость при токе 3 С, мА ч	До 1 В	1000...1110*	1230...1260	1115...1435	1130...1200	
	До 0,9 В	1325...1455		–	1300...1350	
	До 0,8 В	1450...1540	1430...1450	1150...1650	1350...1400	
Ёмкость при токе 3С, % $C_H$	До 1 В	59...65	85...87	70...90	75...80	
	До 0,9 В	78...85	–	–	87...90	
	До 0,8 В	85...90	99...100	72...100	90...93	
Ёмкость зарядная (мА ч) при токе 1 С, контроль: $t_{зар} = 70$ мин и $-\Delta U = 5$ мВ**		1565...1665	1540...1570	1490...1840	1610...1730	
Напряжение зарядное максимальное, В		1,560...1,580		1,525...1,552		
Ёмкость разрядная (мА ч) после быстрого заряда при токе 0,2С		1405...1500	1440...1465	1345...1755	1415...1470	
Потери ёмкости относительно $C_H$ , %		83...88	100	84...100	94...98	
Сопротивление аккумуляторов***, МОм	Заряженные	$R_{\Omega}$	25...30	21...28	16...20	16...20
		$R_{пол}$	23...25	24...25	22...27	21...25
	Разряжены на 50%	$R_{\Omega}$	20...23	21...24	17...20	15...18
		$R_{пол}$	16...18	17...18	17...20	15...17
	Разряжены на 90%	$R_{\Omega}$	20...22	21...23	17...21	17...19
		$R_{пол}$	19...24	16...17	25...40	21...24
Напряжение после разряда током 1С на 800 мА ч, В	Разброс	1,147...1,172	1,172...1,185	1,185...1,210	1,180...1,197	
	Среднее	1,163	1,18	1,193	1,19	
Напряжение после разряда током 2С на 800 мА ч, В	Разброс	1,065...1,095	1,030...1,090	1,123...1,150	1,123...1,137	
	Среднее	1,085	1,06	1,132	1,13	
Напряжение после разряда током 3С на 800 мА ч, В	Разброс	0,995...1,030	0,925...1,025	1,080...1,115	1,067...1,075	
	Среднее	1,017	0,975	1,095	1,07	

\* При температуре -20°С обеспечивается при токе 0,2С – не менее 0,85С<sub>н</sub>, при токе 1С – не менее 0,45С<sub>н</sub>; при температуре -30°С обеспечивается 0,7С<sub>н</sub> при токе 0,2С.

\*\* Рекомендуются последующий дозаряд током 0,025С в течение 8 ч.

\*\*\* Сопротивление измерялось по методике постоянного тока при параметрах токов  $I_1 = 35$  мА и  $I_2 = 350$  мА, меньших, чем требует ГОСТ РФ.

ний не превышал 3...4%, но аккумуляторы компании GP имели очень большой разброс по ёмкости. К тому же три из восьми аккумуляторов этой фирмы имели ёмкость ниже нормы;

- допустимые плотности тока разряда никель-металлгидридных аккумуляторов ниже, чем у никель-кадмиевых;
- внутреннее сопротивление никель-металлгидридных аккумуляторов больше, чем у никель-кадмиевых, и в процессе разряда изменяется иначе. В интервале разряженности от 0 до 50...60% это сопротивление заметно снижается, а во второй половине разряда – растёт;
- рабочее напряжение у никель-металлгидридных аккумуляторов ниже, чем при таких же относительных токах у никель-кадмиевых. При токе 3С у полуразряженных аккумуляторов оно близко к 1 В;
- потери ёмкости при токе разряда 3С не очень велики, однако это справедливо только при разряде до

более низкого предельного напряжения;


- эффективность быстрого заряда током 1С для никель-металлгидридных аккумуляторов всех компаний, кроме Saft, близка к эффективности процесса заряда никель-кадмиевых аккумуляторов.

Таким образом, выбирая герметичные щелочные аккумуляторы для портативной аппаратуры, необходимо учитывать не только величину их номинальной ёмкости и стоимость. Следует внимательно отнестись к особенностям режимов эксплуатации.

При проектировании батарей для больших нагрузок необходимо учитывать снижение рабочего напряжения в процессе разряда. Дополнительным резервом для обеспечения требуемого уровня напряжения является сортировка аккумуляторов по внутреннему сопротивлению, которое может значительно различаться в партии выбранной продукции. Также нужно понимать, что чем хуже отработана у производителя технология, чем ниже уровень автоматизации

производства, тем больше разброс этого параметра.

При проектировании батарей для интенсивного использования при быстром восполнении истраченной энергии следует иметь в виду, что у аккумуляторов различных компаний быстрый заряд током порядка 1С проходит с разной эффективностью, а высокое предельное зарядное напряжение свидетельствует о повышенном выделении кислорода в конце процесса, большем давлении в аккумуляторе и большем его разогреве. Высокий уровень кислородного содержания в поровом пространстве положительного электрода является одной из главных причин быстрого истощения ресурса аккумуляторов.

Дополнительным резервом для увеличения ресурса при таком режиме эксплуатации может являться комплектация батарей из аккумуляторов выбранного производителя после анализа их зарядных кривых и исключения аккумуляторов с более ранним и/или увеличенным напряжением в конце заряда. 

IOR

www.platan.ru  
ПЛАТАН

## МИКРОЭЛЕКТРОННЫЕ РЕЛЕ 20В

с вдвое меньшим сопротивлением RDD-ON

Однополюсные твердотельные 20 В реле PVN012A имеют нормально-разомкнутые контакты, HEXFET MOSFET выходной ключ, управляемый уникальным интегрированным фотогальваническим генератором. Выходной ключ обрабатывает уровень излучения GaAlAs светодиода, который оптически изолирован от фотогальванического генератора.

Реле PVN012A во многом превосходят рабочие характеристики лучших электромеханических реле.

Наименование	Тип корпуса	Сопротивление AC/DC в откр. сост.	Сопротивление DC в откр. сост.	Рабочее напряжение	Ток нагрузки AC/DC	Ток нагрузки DC	Время вкл./выкл.	Изоляция вход-выход, rms
PVN012APbF	DIP-6	0.050 Ом	0.015 Ом	±20 В	4 А	6 А	3000/500 мкс	4,000 В
PVN012ASPbF	DIP-6, SMT	0.050 Ом	0.015 Ом	±20 В	4 А	6 А	3000/500 мкс	4,000 В
PVN012AS-TpBf	DIP-6, SMT, T&R	0.050 Ом	0.015 Ом	±20 В	4 А	6 А	3000/500 мкс	4,000 В

В сравнении с предыдущей линейкой микросхем, семейство микроэлектронных реле PVN012A имеет **в два раза меньше сопротивление** в открытом состоянии (RDD-ON). При этом ток нагрузки AC/DC увеличен на **37,5%**, а максимально допустимый импульсный ток превышает существующие ограничения для аналогичной продукции.

- Требуют меньшего пространства платы
- Обеспечивают высокую изоляцию вход-выход, стабильность сопротивления на всем сроке службы
- Отличаются надежностью твердотельной конструкции и повышенной входной чувствительностью

### ПРИМЕНЕНИЕ:

компьютерная техника  
периферийные устройства  
источники питания  
распределители мощности  
аудиоприложения  
инструментальное оборудование



Москва, ул. Ивана Франко, д. 40, стр. 2  
Тел./факс: (495) 97-000-99

Почта: 121351, Москва, а/я 100  
E-mail: platan@aha.ru