

# Оценка возможностей резервирования электропитания систем безопасности

О.В. Бычков,

начальник отдела качества ЗАО "ПРИССКО"

В процессе проведения проектных работ часто возникают трудности с выбором источника бесперебойного питания (ИБП, UPS) и определения времени его работы в качестве резервного источника питания при пропадании сетевого напряжения в том случае, когда нагрузкой ИБП являются серийно изготавливаемые блоки питания (БП), служащие для обеспечения питания различных систем тревожной сигнализации, систем контроля доступа и видеонаблюдения. В чем трудности? Прежде всего, в том, что изготовитель не всегда правильно указывает мощность, потребляемую БП от сети при номинальной нагрузке. И главное - неизвестно, как определить мощность, отбираемую БП от сети, при нагрузке меньше номинальной. В предлагаемой статье представлен вариант практического расчета потребляемой мощности от сети переменного тока различными БП при неполной нагрузке и показан характер изменения длительности работы источников питания с резервными аккумуляторами при уменьшении нагрузки.

С целью получения фактических энергетических характеристик БП были проведены измерения их мощности потребления от сети с номинальной нагрузкой и без нагрузки.

Для измерений БП выбирались методом случайной выборки на складе ЗАО "ТК ТИНКО" из перечня имеющихся на момент измерений.

В электрической цепи сетевого питания БП измерялись переменные ток и напряжение. Перемножением полученных величин определялась полная потребляемая мощность БП.

В качестве нагрузки БП использовался реостат. С помощью амперметра выставлялся номинальный постоянный ток нагрузки, в соответствии с паспортом на БП. Вольтметром контролировалось выходное напряжение. По измеренным величинам постоянного тока и напряжения определялась электрическая мощность, выделяемая на нагрузке.

Схема измерения электрических характеристик БП показана на рис. 1.

В блоках питания сетевое напряжение подается на трансформатор, который для

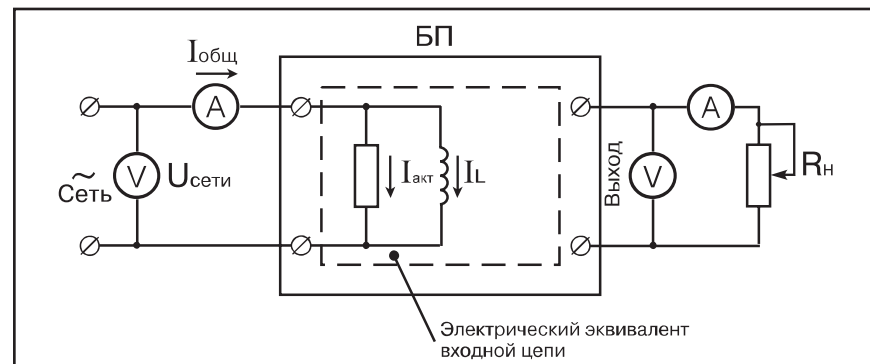


Рис. 1. Схема измерений электрических характеристик блока питания

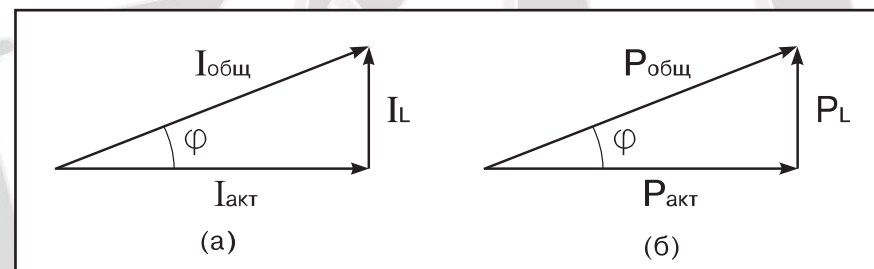


Рис. 2. Диаграмма токов (а) и мощностей (б)

сети обладает не только свойством эквивалента активной нагрузки (активное сопротивление), но и индуктивной характеристикой (индуктивным сопротивлением).

На рис. 1 в схеме входной цепи БП общий ток  $I_{общ}$  разветвляется на две составляющие. Ток  $I_{акт}$  - представляет активную составляющую, ток  $I_L$  - индуктивную составляющую.

Из электротехники известно, что ток, протекающий через индуктивное сопротивление, вызывает сдвиг фазы напряжения в положительном направлении (поворот вектора против часовой стрелки), поэтому принято считать индуктивное сопротивление ( $\omega L$ ) положительным.

На рис. 2 показана диаграмма токов (а) и мощностей (б).

$$I_{общ} = \sqrt{I_{акт}^2 + I_L^2}$$

Общий ток, отбираемый БП от сети равен:

$$I_{общ} \times U_c = \sqrt{(I_{акт} \times U_c)^2 + (I_L \times U_c)^2}$$

$$P_{общ} = \sqrt{P_{акт}^2 + P_L^2}$$

Напряжение на входе БП одинаково для активной и индуктивной составляющих общего тока, поэтому если перемножить их величины на величину напряжения сети,

то получим диаграмму мощностей, **рис. 2 (б)**.

В формуле  $P_{\text{общ}}$  представляет собой общую мощность, которую тратит источник сетевого питания. Часть этой мощности  $P_{\text{акт}}$  тратится на выполнение заданных функций, другая часть мощности  $P_L$  - индуктивная, не выполняет полезной работы, она перегружает источник сетевого питания, приводит к понижению его коэффициента полезного действия. В промышленной практике иногда вынуждены компенсировать индуктивные потери установлением в сети батарей конденсаторов, которые создают отрицательный сдвиг вектора мощности. Угол  $\varphi$  является показателем эффективности использования сетевой энергии. Чем больше в сетевой цепи нагрузок в виде индуктивностей, тем больше угол  $\varphi$  и, следовательно, меньше остается электрической мощности у источника для выполнения полезной, активной работы.

Активная мощность представляется через  $\cos \varphi$  следующим образом:

$$P_{\text{акт}} = P_{\text{общ}} \times \cos \varphi$$

При ограниченной мощности сетевого источника бесперебойного питания (ИБП, UPS) необходимо учитывать характеристики параллельно подключенных нагрузок, особенно в виде электромоторов, электромагнитов, трансформаторов и т.п. Какова важность учета реактивностей в нашей практике? Вначале поясним единицы измерения мощностей с использованием приведенной диаграммы на **рис. 2 (б)**.

$P_{\text{акт}}$  - активная полезная мощность, измеряется в Вт;

$P_L$  ( $P_C$ ) - реактивная мощность индуктивная (емкостная), измеряется в вольт-амперах реактивных (вар);

$P_{\text{общ}}$  - общая мощность, измеряется в ВА.

При использовании ИБП в качестве сетевого источника для питания БП, в паспортах которых приводятся данные об их потреблении от сети в виде: мА, Вт, ВА, - возникает вопрос, как их объединить при расчете общей мощности потребления от сети?

С другой стороны, производители ИБП в паспортах приводят две величины максимальной выходной мощности, например, 2 кВА и 1,4 кВт. Единицы измерения и численные значения различаются. На что же ориентироваться?

Производитель ИБП указывает потребителю на то, что если вся нагрузка будет активной, то в приведенном примере ИБП будет обеспечивать нагрузку в 2 кВА, если в электрической цепи находятся дополнительно и реактивные составляющие нагрузки, то ИБП сможет отдавать, не перегружаясь, в активную нагрузку не более 1,4 кВт. В этом примере максимальный  $\cos \varphi$ , который производитель допускает для своего ИБП равен:

$$\frac{P_{\text{акт}}}{P_{\text{общ}}} = \frac{1,4}{2} = 0,7$$

Каким образом согласовать выходные возможности ИБП с нагрузкой, состоящей из потребителей электрической мощности с различными единицами измерения?

Чаще всего на практике находят коэффициент пропорциональности между выходными мощностями ИБП, выраженными в ВА и Вт, для каждого ИБП он свой, в нашем примере:

$$\frac{1,4}{2} = 1,43$$

затем мощность нагрузки, указанную в Вт, умножают на этот коэффициент и таким образом приводят ее к величинам с единицей измерения в ВА или мощность нагрузки, указанную в ВА, делят на этот коэффициент и таким образом приводят ее к величинам с единицей измерения в Вт.

При такой процедуре необходимо учитывать характер нагрузки. Представьте, что имеется активная нагрузка мощностью 2 кВт. Можно ли ее запитать от ИБП с выходной общей мощностью 2 кВА и активной мощностью 1,4 кВт, как в нашем примере?

Паспортная активная мощность на выходе ИБП составляет 1,4 кВт, наша нагрузка - 2 кВт.

Сравнение этих величин показывает, что запитать выбранную нагрузку невозможно, однако учтите что нагрузка активная, без индуктивностей, вектор реактивной мощности отсутствует (см. диаграмму на **рис. 2 (б)**), угол  $\varphi$  равен нулю, вектор полной мощности совпадает с вектором активной мощности и полная мощность ИБП обеспечит работу нагрузки.

Если выполнить операцию пересчета согласно приведенной выше процедуре, то после перемножения мощности нагрузки 2 кВт на коэффициент 1,43 получим рассчитанную мощность нагрузки 2,86 кВА, что превышает возможности выбранного ИБП. В этом случае также допускается ошибка. Искусственно завышается мощность нагрузки, тогда как полная мощность источника допускает подключение выбранной нагрузки. Допущенная ошибка приводит к тому, что выбирается более мощный ИБП с завышенными затратами на его покупку.

В целях упрощения расчетов нагрузок для ИБП и приближения их к реальным величинам были произведены экспериментальные измерения электрических параметров ряда БП, используемых в качестве нагрузок для ИБП. Измерения производились без подключения аккумуляторов резервного питания. Результаты измерений приведены в **таблице 1**.

Подключение аккумуляторов резервного питания увеличивает отбираемую от сети мощность от 4 до 8 ВА. Ее величина зависит от типа БП, величины емкости аккумулятора и его состояния. Для практических расчетов табличные  $P_{\text{х.х.}}$  и  $P_{\text{мах}}$  необходимо подкорректировать добавлением, примерно, 5 ВА.

Что можно использовать из представленных результатов измерений? Прежде всего, реальные (для данных образцов) величины потребляемой мощности от сети в ВА при номинальной нагрузке на БП и на холостом ходу, величину КПД при номинальных нагрузках. Результаты измерений позволяют вывести формулу для расчета мощности, отбираемой БП от сети при неполной нагрузке на выходе БП:

$$P_C = (P_{\text{мах}} - P_{\text{х.х.}}) \frac{I_n}{I_{n \text{ мах}}} + P_{\text{х.х.}}$$

$P_{\text{мах}}$  - максимальная мощность отбираемая БП от сети, при номинальной нагрузке на выходе БП, ВА;

$P_{\text{х.х.}}$  - мощность, отбираемая БП от сети, при отсутствии нагрузки на выходе

№ п/п	Тип блока питания. Изготовитель	Изделие представлено в "Каталоге..." на стр.	Мощность, отбирае- мая от сети, ВА		Нагрузка на выходе			КПД
			P <sub>х.х.</sub>	P <sub>max</sub>	U <sub>н</sub> , В	I <sub>н</sub> , max, А	P <sub>н</sub> , ВА	
1	БП-3А; 12 Вх1,4 А АО "Телеинформ-связь", г. С-Петербург	260	3,38	31,5	12 12	х.х. 1,4	- 16,8	0,53
2	БП-4А; 12 Вх2,8 А АО "Телеинформ-связь", г. С-Петербург	261	3,71	65,25	12 12	х.х. 2,8	- 33,6	0,51
3	БП-5А; 12 Вх5 А АО "Телеинформ-связь", г. С-Петербург	261	10,8	105,75	12 12	х.х. 5	- 60	0,56
4	БП-1А АО "Телеинформ-связь", г. С-Петербург	260	7,2	20,25	12 12	х.х. 0,7	- 8,4	0,45
5	ББП-20 ООО "Электронные технологии", г. Тверь	262	7,2	59,6	13,5 13,2	х.х. 2	- 26,4	0,44
6	РИП-12-1А ЗАО НВП "Болид" г. Королев	265	2,25	29,25	13,5 13,2	х.х. 1	- 13,2	0,45
7	РИП-12 (исп. 02) ЗАО НВП "Болид" г. Королев	266	8,55	47,25	13,5 13,2	х.х. 2	- 26,4	0,58
8	РИП-12 (исп. 01) ЗАО НВП "Болид" г. Королев	266	13,05	63	13,5 13,2	х.х. 3	- 39,6	0,62
9	РИП-24 (исп. 02) ЗАО НВП "Болид" г. Королев	271	8,36	47,25	27 26,8	х.х. 1	- 26,8	0,57
10	РИП-24 (серия 02) ЗАО НВП "Болид" г. Королев	-	23 U <sub>с</sub> =230 В	55,2 U <sub>с</sub> =230 В	25,1 25	х.х. 1	25	0,45
11	BPR-1-V ПО "Бастион" г. Ростов-на-Дону	274	3,15	20,7	12,5 11,9	х.х. 0,6	- 7,14	0,34
12	BPR-2-V для CCTV (5 выходов) ПО "Бастион" г. Ростов-на-Дону	274	3,6	39,3	12,5 12,3 по 5-му выходу	х.х. 1,2	- 14,76	0,37
13	СКАТ 1200Д ПО "Бастион" г. Ростов-на-Дону	267	2,7	36,45	12 12	х.х. 1	- 12	0,33
14	СКАТ 1200 ПО "Бастион" г. Ростов-на-Дону	267	3,37	56,25	12 12	х.х. 3	- 36	0,64
15	СКАТ 1200Д (исп. 2) ПО "Бастион" г. Ростов-на-Дону	-	3,64	79,87	13,5 13,5	х.х. 4	- 53,2	0,66
16	СКАТ 1200 У ПО "Бастион" г. Ростов-на-Дону	268	4,95	139,5	12 12	х.х. 5	- 60	0,43
17	БИРП-12/2 ООО "К-ИНЖЕНЕРИНГ", г. С-Петербург	263	8,1	47,25	12 12	х.х. 2	- 24	0,50
18	БИРП-12/4 ООО "К-ИНЖЕНЕРИНГ", г. С-Петербург	263	10,1	нагрузку не держит	12 12	х.х. 4	- 48	
19	БИРП-24/1,6 ООО "К-ИНЖЕНЕРИНГ", г. С-Петербург	269	8,1	87,75	23,5 23,5	х.х. 1,6	- 37,6	0,43
20	БИРП-24/2,5 ООО "К-ИНЖЕНЕРИНГ", г. С-Петербург	269	18,45	90	23,5 23,5*	х.х. 2,5	- 58,75	0,65
21	БИРП-24/4 ООО "К-ИНЖЕНЕРИНГ", г. С-Петербург	270	0,19	168,75	24 23,5*	х.х. 4	- 94	0,55
22	ИВЭПР 112-5-1 ООО КБПА, г. Саратов	264	9	83,25	12,1 12,8	х.х. 5	- 64	0,76

БП, ВА;

I<sub>н</sub> - выбранная величина тока на выходе БП, А;

I<sub>н.max</sub> - номинальный ток на выходе БП, А.

**Пример расчета для БП-5А** (позиция 3 в табл. 1).

Примем, что БП от-  
дает в нагрузку ток не 5 А, а только 1 А, тогда БП  
будет потреблять от сети мощность:

$$29,79 + 5 = 34,79 \text{ ВА}$$

К рассчитанной мощности  
необходимо прибавить 5 ВА, отбираемые для заряда аккумулятора. Таким образом,  
мощность, отбираемая от сети, будет равна:

Прошу принять во внимание, что предложенная методика расчета не учитывает  
все возможные отклонения параметров аппаратуры и поэтому не может дать абсо-  
лютно точного результата, но для практического использования она вполне пригод-  
на.

В процессе измерений обнаружили эксплуатационные особенности отдельных  
типов БП.

Блок питания БИРП-12/4 (в табл. 1 позиция 18) заявлен изготовителем на подклю-  
чение нагрузки с током 4А, однако, при такой нагрузке стабилизация напряжения на  
выходе срывалась и произвести измерения не удалось.

В блоках питания БИРП-24/2,5, БИРП-24/4 (в табл. 1 позиции 20, 21) при под-  
ключении номинальной нагрузки напряжение понижалось до 12-13 В, затем под-  
нималось до 23,5 В.

При подключении аккумуляторов все БИРПы номинальную нагрузку не держат.  
Изготовитель БИРП в паспортах дает рекомендацию использовать блоки питания в  
более узком диапазоне нагрузок и с требованием сохранения минимального тока не  
ниже паспортного.

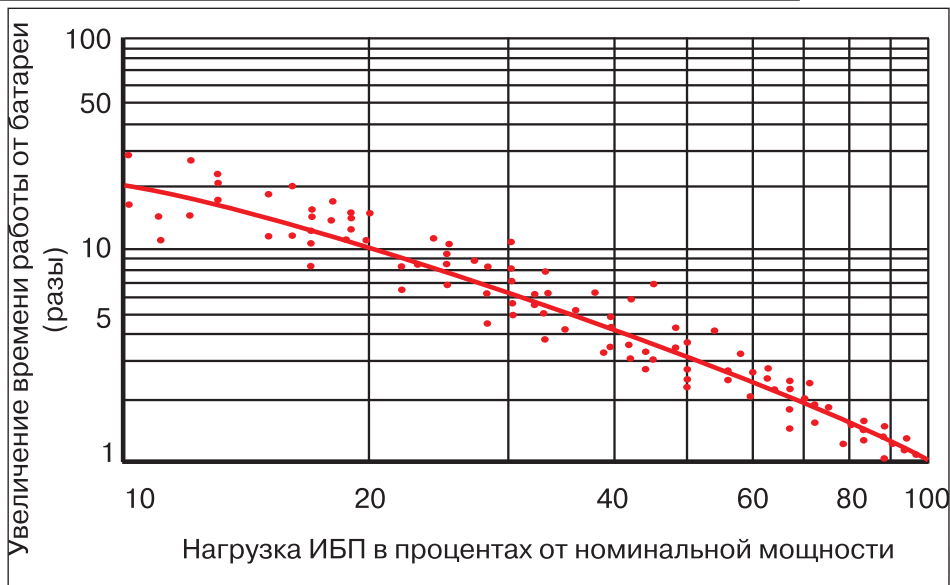
Блок питания ИВЭПР 112-5-1 при подключении нагрузки в 5 А повышал выходное  
напряжение с 12,1 до 12,8 В.

Мы получили возможность определять близкие к реальным мощности потребле-  
ния различными блоками питания при полных и неполных нагрузках на их выходах и  
более рационально выбирать источники бесперебойного питания.

Теперь рассмотрим, как выгоднее нагрузить ИБП нашей расчетной сетевой мощ-  
ностью БП с целью получения необходимой длительности работы БП от батарей ИБП  
при пропадании сетевого напряжения.

**Первый вариант.** Если у Вас имеется таблица изготовителя ИБП зависимо-  
сти времени сохранения переменного напряжения на выходе от величины, под-





ключенной нагрузки, то можно воспользоваться ими.

**Второй вариант.** При уменьшении нагрузки на ИБП увеличивается время резервирования. Эта зависимость непропорциональная. Оценить время работы ИБП можно по графику на **рис. 3**, взятому из **книги А.А. Лопухина "Источники бесперебойного питания без секретов"**.

На графике приведены данные фирм производителей для ИБП более 50 разных моделей мощностью от 250 до 18000 ВА. Сплошной линией показан усредненный результат испытаний.

По оси абсцисс отложена нагрузка ИБП в процентах от номинальной. По оси ординат - количество раз, в которое время работы от батареи увеличивается по сравнению с временем работы при номинальной нагрузке. Время работы от изношенной или не полностью заряженной батареи будет меньше.

Пример расчета. Если нагрузку на ИБП уменьшить до 20%, то время работы от аккумуляторов ИБП увеличится примерно в 10 раз по сравнению с временем работы от батареи при номинальной нагрузке.

Время резервирования за счет аккумуляторов в источниках бесперебойного питания (ИБП) не всегда достаточно для выполнения требований нормативных документов по резервному питанию охранно-пожарной сигнализации. Увеличить это время можно за счет аккумуляторов, устанавливаемых в блоках питания (БП).

Изготовители БП рекомендуют использовать для резервирования определенные типы аккумуляторов с различными электрическими емкостями и при этом не указывают, какое время резервирования с ними достигается.

Попытаемся разобраться с этим вопросом.

Большинство герметичных аккумуляторов имеют одинаковую конструкцию и отличаются только технологией изготовления и чистотой материалов, участвующих в зарядно-разрядных процессах.

Каким способом определяется электрическая емкость аккумулятора? Знание физики этого процесса будет основой для оценки разрядной способности аккумулятора.

Существующие методики устанавливает два режима проверки - десятичасовой и двадцатичасовой, чаще всего используют двадцатичасовой режим. Что это за режим? Представьте, что у Вас аккумулятор с электрической емкостью 7 Ач и Вы должны его разрядить в течение 20 часов. Для этого необходимо подключить к аккумулятору нагрузку создающую ток:

Если аккумулятор поддерживает ток 0,35 А в течение 20 часов, то его электрическая емкость равна 7 Ач, если больше, например 22 ч, то его электрическая емкость будет равна

$$0,35 \text{ А} \times 22 \text{ ч} = 7,7 \text{ Ач},$$

если 18 ч, то электрическая емкость будет равна

$$0,35 \text{ А} \times 18 \text{ ч} = 6,3 \text{ Ач}.$$

Аккумулятор разряжают до напряжения 10,2 В.

Увеличение нагрузки на аккумулятор выше режима двадцатичасового разряда приводит к уменьшению электрической емкости аккумулятора. При десятичасовом режиме разряда ток в нагрузке увеличивают до 0,7 А, при этом отдаваемая электрическая энергия уменьшается за счет внутренних потерь в аккумуляторе на 10%, электрическая емкость уменьшается до 6,3 Ач. Дальнейшее увеличение тока приводит к прогрессирующим потерям электрической емкости аккумулятора.

В журнале "БДИ" (№ 1 (54) февраль-март 2004 г.) в статье А. Баркета "Сравнение технических характеристик свинцово-кислотных аккумуляторов" приводятся результаты тестирования, проведенного испытательной лабораторией электротехнических изделий Московского энергетического института, аккумуляторов с напряжением 12 В, емкостью 7Ач следующих марок: Unikor (производство Корея), CSB (производство Тайвань), Leoch (производство Китай), Torin (производство Китай). Внешний вид одного из представленных аккумуляторов см. на **рис 1**.

Разрядные характеристики аккумуляторов приведены на **графиках №1, 2 и 3**.

На графиках буква "С" означает электрическую емкость аккумулятора (в данном случае 7 Ач).

Коэффициент разряда "К" с величинами 0,05; 1; 3 - условные единицы пе-



Рис 1. Аккумулятор 12 В, 7Ач фирмы "Leoch" (производство Китай)

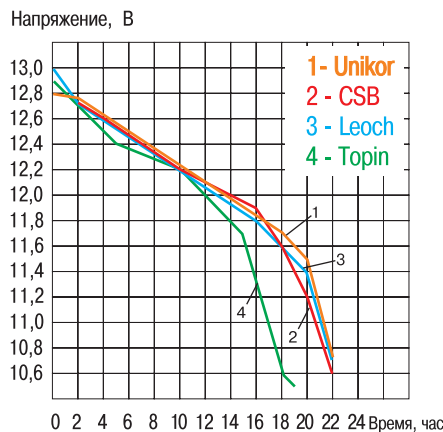


График 1. Разрядные характеристики при токе 0,05 C (0,35 A)

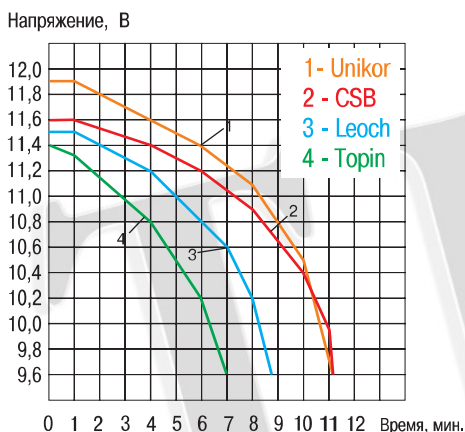


График 3. Разрядные характеристики при токе 3 C (21 A)

можно оценить по графику 4 с обобщенными разрядными характеристиками.

На **графике 4** кривая 1 соответствует идеальному аккумулятору, у которого не происходят потери электрической емкости при увеличении разрядного тока. Кривая 2 соответствует реальной характеристике аккумулятора.

### Рекомендации по работе с графиком 4.

По оси ординат отсчитывается ток разряда аккумулятора в виде произведе-

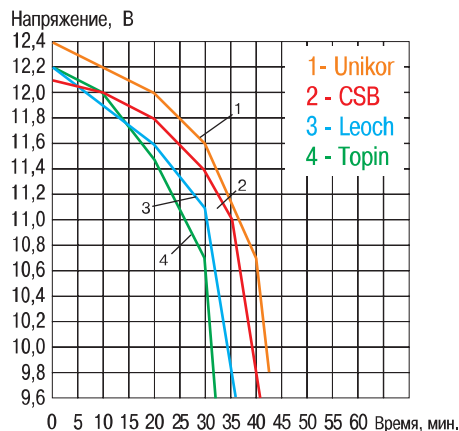


График 2. Разрядные характеристики при токе 1 C (7 A)

ревода электрической емкости в величину тока разряда.

На первом графике показан стандартный двадцатичасовой разряд током 0,35 A, на втором - разряд с током 7 A, на третьем - разряд с током 21 A.

Обратите внимание на единицы измерения времени разряда на втором и третьем графиках. Оно дано в минутах!

Увеличение тока разряда в 20 раз приводит к уменьшению времени разряда в 40 раз, т.е. происходит уменьшение электрической емкости аккумулятора, в 2 раза.

Время разряда аккумулятора в часах в зависимости от электрической его емкости и тока разряда

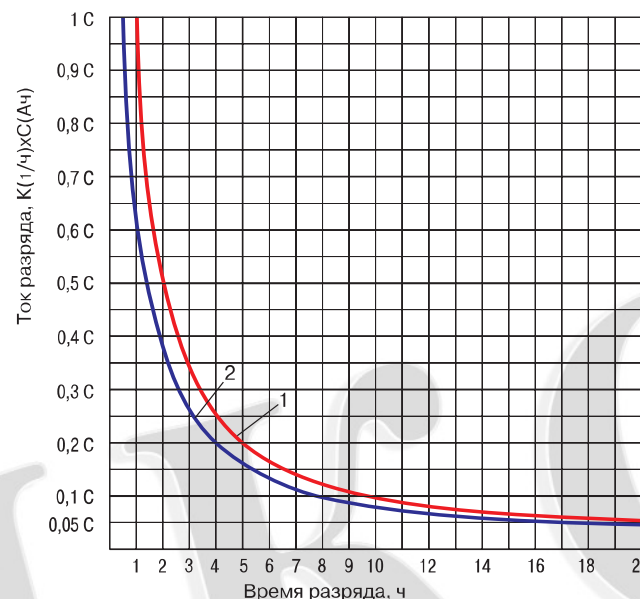


График 4. Обобщенные разрядные характеристики.

### Пример 1.

Определить электрическую емкость аккумулятора "С" для обеспечения разрядного тока 2 (A) в течение 4-х часов.

### Решение:

- на графике 4 с помощью характеристики 2 для 4-х часов разряда определяем на оси ординат величину тока разряда равную 0,2 C;

- проводим расчет:

### Пример 2.

Определить ток разряда "I" для обеспечения резервирования в течение 3х часов от аккумулятора с электрической емкостью C = 12 (Aч).

### Решение:

$$0,27\left(\frac{1}{4}\right) \times C(Aч) = I$$

$$I = 0,27\left(\frac{1}{4}\right) \times 12(Aч) = 3,24 A$$

- на графике 4 с помощью характеристики 2 для 3-х часов разряда находим на оси ординат величину 0,27 C;

- проводим расчет:

ния коэффициента разряда емкости "K" с размерностью (1/4) и электрической емкости аккумулятора "C" с размерностью (Aч). Такое представление тока разряда аккумулятора позволяет:

- определить электрическую емкость аккумулятора по требуемому току разряда и заданному времени разряда;

- определить ток разряда исходя из имеющейся электрической емкости аккумулятора и заданного времени разряда;

- определить время разряда исходя из имеющейся электрической емкости аккумулятора и заданного тока разряда.

$$0,2\left(\frac{1}{4}\right) \times C(Aч) = 2(A)$$

$$C = \frac{2(A)}{0,2\left(\frac{1}{4}\right)} = 10(Aч)$$

**Пример 3.**

Определить время разряда аккумулятора с электрической емкостью  $C = 12$  (Ач) при токе разряда 5 А.

**Решение:**

- определяем коэффициент разряда  $K$ :

$$K \times C = 5 \text{ (А)}$$

$$K = \frac{5 \text{ (А)}}{12 \text{ (Ач)}} = 0,41 \left( \frac{1}{\text{ч}} \right)$$

- на оси ординат по току разряда равному 0,41С с помощью характеристики 2 находим на оси абсцисс время разряда, оно равно 1,6 часа или 1 час 36 минут.

Предложенные методики работы с резервированием питания предполагают исправность и полную заряженность аккумуляторов и добросовестность изготовителей, обеспечивших электрическую емкость аккумуляторов заявленной в паспорте. Рекомендую дать запас на  $15 \div 20\%$ .

**Поправка:**

"СК" №5 (2004), стр. 31, третий абзац сверху:

вместо  $\frac{1,4}{2} = 1,43$

следует читать  $\frac{2}{1,4} = 1,43$

Редакция