

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

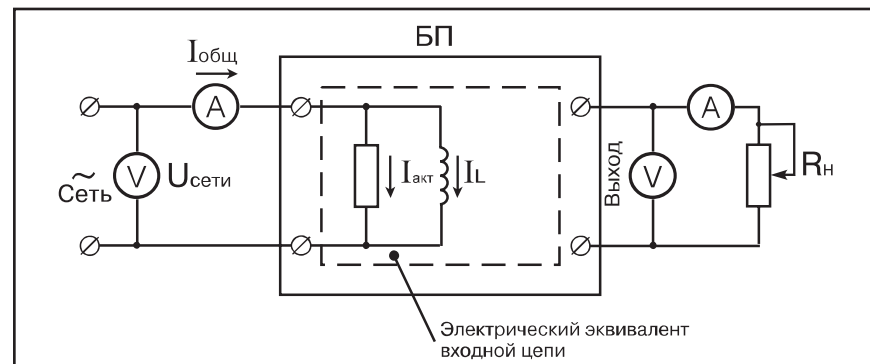


Рис. 1. Схема измерений электрических характеристик блока питания

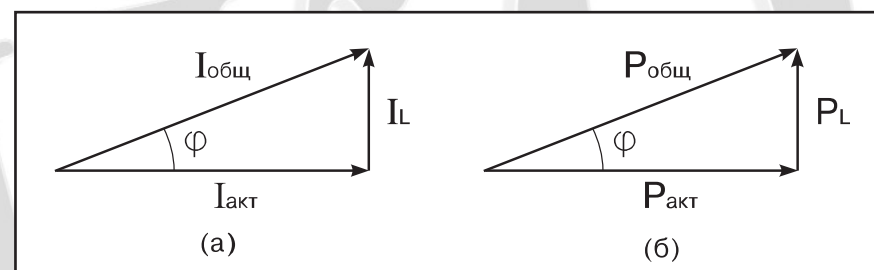


Рис. 2. Диаграмма токов (а) и мощностей (б)

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 (ωL) 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:

Напряжение на входе БП одинаково для активной и индуктивной со-

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

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

ставляющих 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 φ является показателем эффективности использования сетевой энергии. Чем больше в сетевой цепи нагрузок в виде индуктивностей, тем больше угол φ и, следовательно, меньше остается электрической мощности у источника для выполнения полезной, активной работы.

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

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

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

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

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:

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 φ 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

№ п/п	Тип блока питания. Изготовитель	Изделие представлено в "Каталоге..." на стр.	Мощность, отбирае- мая от сети, ВА		Нагрузка на выходе			КПД
			P _{х.х.}	P _{max}	U _н , В	I _н , max, А	P _н , 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 _c =230 В	55,2 U _c =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

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_{max} - 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
тока на выходе БП, А;
 $I_{\text{н.max}}$ - номинальный ток на выходе БП, А.

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

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

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 абсолютно точного результата, но для практического использования она вполне пригодна.

В процессе измерений обнаружили эксплуатационные особенности отдельных типов БП.

Блок питания БИРП-12/4 (в табл. 1 позиция 18) заявлен изготовителем на подключение 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 подключении номинальной нагрузки напряжение понижалось до 12-13 В, затем поднималось 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 потребления



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 мощностью БП с целью получения необходимой длительности работы БП от батарей ИБП при пропадании сетевого напряжения.

Первый вариант. Если у Вас имеется таблица изготовителя ИБП зависимости времени сохранения переменного напряжения на выходе от величины, подключенной 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



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

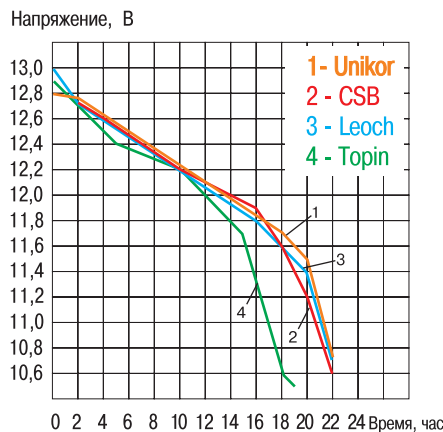


График 1. Разрядные характеристики при токе 0,05 C (0,35 A)

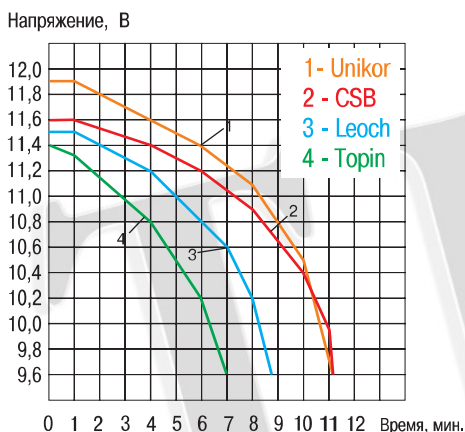


График 3. Разрядные характеристики при токе 3 C (21 A)

перевода электрической емкости в величину тока разряда.

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

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

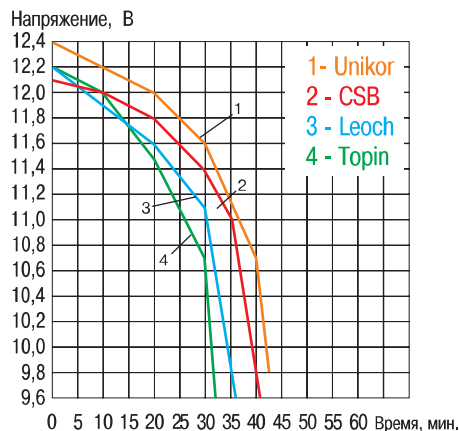


График 2. Разрядные характеристики при токе 1 C (7 A)

электротехнических изделий Московского энергетического института, аккумуляторов с напряжением 12 В, емкостью 7Ач следующих марок: Unikor (производство Корея), CSB (производство Тайвань), Leoch (производство Китай), Topin (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-

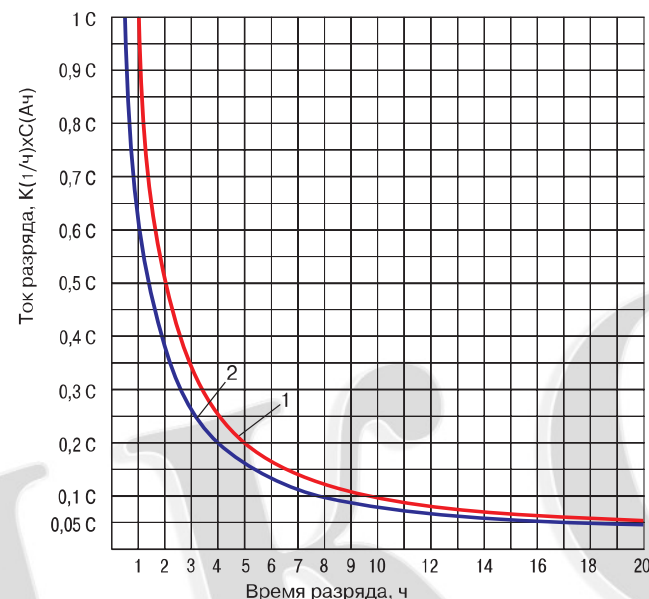


График 4. Обобщенные разрядные характеристики.

разряда емкости "К" с размерностью $(1/4)$ и электрической емкости аккумулятора "С" с размерностью (Ач). 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;

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

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

да.

Пример 1.

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

Решение:

емкости и тока разряда 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 произведения коэффициента

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

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

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

$$K \times C = 5 (A)$$

$$K = \frac{5 (A)}{12 (Aч)} = 0,41 \left(\frac{1}{ч}\right)$$

- на графике 4 с помощью характеристики 2 для 4-х часов разряда определяем на оси ординат ве-

личину тока разряда равную 0,2 С;

- проводим расчет:

Пример 2.

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

Решение:

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

- проводим расчет:

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

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

Пример 3.

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

Решение:

- определяем коэффициент разряда K:

- 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÷20%.

Поправка:

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

вместо

следует читать

Редакция