


# Эксплуатация аккумуляторов

Согласно ГОСТ приборы должны иметь следующие условные обозначения:

— единица измерения или наименование прибора (например, А, В, W, ф, МΩ и т. п.);

— заводское обозначение прибора (например, М160, Э175, Д166 и т. п.);

— род тока и число фаз (например,  $\text{—}$ ,  $\sim$ ,  $\approx$  и т. д.);

— система прибора (например,  $\square$ ,  и т. д.);

— класс точности (например, 1,0; 1,5; 2,5 и т. п.);

— испытательное напряжение (например,  $\star$ );

— рабочее положение прибора (например,  $\perp$ ,  $\nabla$  и др.);

— группа прибора по условиям эксплуатации (например,  $\triangle$ );

— категория защищенности от внешних полей (например,  $\square$ );

— номер прибора;

— знак завода-изготовителя;

— номер технических условий.

Кроме того, если прибор включается с дополнительными устройствами, то на шкале должна быть соответствующая надпись, например: «с НШ 75 мВ» — с наружным шунтом на 75 мВ; «с ТТ  $\frac{100}{5}$ » — с трансформатором тока  $I_1/I_2$ ; «с ДУ...» — с добавочным устройством и т. п.

## 6. ЩЕЛОЧНЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ

### 6.1. Устройство, типы и электрические параметры щелочных аккумуляторов

Химическими источниками тока (ХИТ) называются устройства, в которых энергия протекающих в них химических окислительно-восстановительных процессов непосредственно преобразуется в электрическую энергию.

По характеру работы ХИТ подразделяются на первичные — гальванические элементы и вторичные — электрические аккумуляторы.

Первичные ХИТ допускают лишь одноразовое использование имеющихся у них активных веществ. Вторичные ХИТ могут использоваться многократно.

**Принцип действия электрических аккумуляторов.** На границе соприкосновения электрода и электролита возникает разность потенциалов, которую называют потенциалом электрода. Причиной этого является действие на границе соприкосновения электрода и электролита двух противоположно направленных сил.

Одна из них стремится посылать ионы вещества электрода в электролит, а другая — из электролита на электрод. В зависимости от соотношения этих сил происходит то или иное перемещение ионов и связанных с ними электрических зарядов. В результате поверхность электрода и прилегающая к нему поверхность электролита приобретают электрические заряды противоположного знака, образуя двойной электрический слой. Электроды, изготовленные из разных материалов, имеют разные электродные потенциалы, что обуславливает возникновение э. д. с. на их выводах.

**Устройство щелочных аккумуляторов.** Отечественной промышленностью выпускаются различные типы щелочных аккумуляторов: никель-железные, никель-кадмиевые и серебряно-цинковые. В качестве электролита у них используются щелочи: КОН или NaOH.

Наиболее широкое применение на надводных кораблях нашли никель-кадмиевые ламельные аккумуляторы, которые и будут рассмотрены в данной главе. Никель-железные аккумуляторы на кораблях не применяются из-за присутствующего им большого саморазряда.

Никель-кадмиевые аккумуляторы используются для питания аварийного освещения, средств связи и приборов управления кораблем.

Основными конструктивными элементами аккумулятора являются: набор положительных 4 и отрицательных 3 пластин, изоляция (сепарация) между пластинами 1, бак 6 с электролитом (рис. 6.1).

Отечественные ламельные никель-кадмиевые аккумуляторы имеют пластины, состоящие из набора ламелей. Ламель изготавливается из двух перфорированных стальных никелированных лент, между которыми запрессовывается активное вещество.

В качестве сепараторов используются эбонитовые папочки диаметром до 3 мм.

Баретка представляет собой шину, соединяющую пластины одной полярности. У никель-кадмиевых аккумуляторов баретка штампуется из стали.

К баретке привариваются стальные клеммы, называемые борнами.

Баки изготавливаются из стальных листов толщиной 0,6—1,2 мм. Для прочности на стенки бака по длине наносятся гофры.

Электролитом служит раствор едкого калия (KOH) с добавлением 20 г моногидрата лития (LiOH) на литр раствора или раствор едкого натрия (NaOH) с добавлением 10 г моногидрата лития на литр раствора.

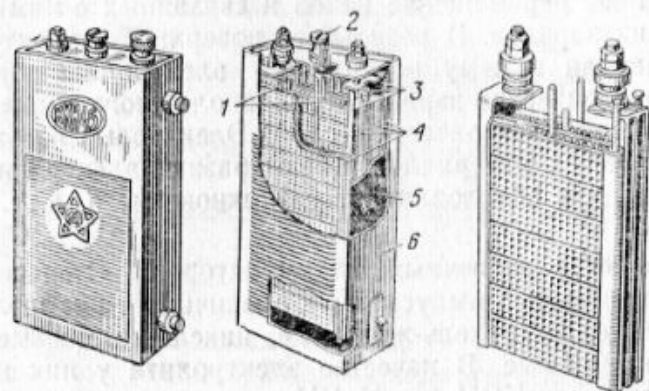
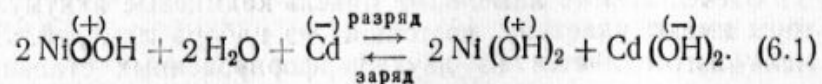


Рис. 6.1. Устройство аккумулятора:

1 — эбонитовые палочки; 2 — пробка; 3, 4 — набор положительных и отрицательных пластин; 5 — боковая изоляция; 6 — бак

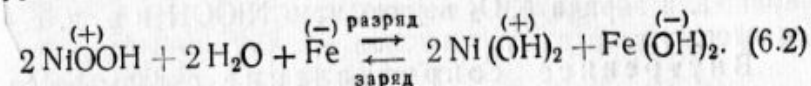
Крышка бака штампуется из того же материала, что и бак. В крышке имеются три отверстия: два крайние для борнов и среднее, закрываемое вентиляционной пробкой, для выхода газов, заливки электролита и т. п. Вентиляционная пробка представляет собой невозвратный клапан, пропускающий газы только из аккумулятора.

Процесс разряда и заряда никель-кадмиевых аккумуляторов можно представить формулой



Активным веществом положительных пластин является гидроокись никеля NiOOH, а активными веществами отрицательных пластин — мелкодисперсный кадмий с добавлением 20—35% мелкодисперсного железа. Продуктами разряда являются гидрат закиси кадмия Cd(OH)<sub>2</sub> и гидрат закиси железа Fe(OH)<sub>2</sub>.

Железо отрицательных пластин участвует в реакциях по уравнению



Из формул (6.1) и (6.2) видно, что молекул гидроокиси никеля в реакции участвует в два раза больше, чем молекул кадмия и железа, поэтому активная масса положительных пластин по объему примерно в два раза больше активной массы отрицательных. В силу этого отрицательные пластины тоньше. Крайние положительные пластины имеют с баком электрический контакт, а отрицательные пластины с торцевых сторон изолированы от бака листовым эбонитом.

**Электрические параметры щелочных аккумуляторов.** Номинальная емкость  $Q_n$  — это количество электричества, которое отдает полностью заряженный аккумулятор при непрерывном разряде его номинальной силой тока до напряжения 1,0 В при температуре электролита 15—35° С.

Значение номинальной разрядной силы тока аккумулятора указывается в инструкции завода-изготовителя, а при отсутствии последней принимается равным  $1/8 Q_n$ .

Емкость никель-кадмиевых аккумуляторов мало зависит от разрядной силы тока, что в основном объясняется постоянством концентрации щелочи при разряде.

Существенное влияние на емкость оказывают состояние и температура электролита. Появление в электролите поташа K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, образующегося при соединении электролита с углекислым газом CO<sub>2</sub> воздуха, например, вследствие нарушения герметичности пробок, снижает емкость. Повышение температуры увеличивает емкость, так как при этом уменьшается сопротивление электролита из-за уменьшения вязкости и повышается активность электродов, главным образом отрицательных. Однако при температуре выше +40° С емкость уменьшается из-за укрупнения кристаллов в активной массе положительных пластин.

Напряжение при разряде номинальной силой тока изменяется от 1,25 до 1,1 В. Среднее разрядное напряжение аккумулятора составляет 1,2 В.

В конце заряда напряжение аккумулятора достигает 1,80—1,90 В и удерживается постоянным.

Э. д. с. только что заряженного никель-кадмиевого аккумулятора равна 1,45 В, но затем она быстро снижается до 1,35 В. Это объясняется образованием на положи-

тельном электроде при заряде  $\text{NiO}_2$ , имеющего потенциал на 0,1 выше потенциала активного вещества. После прекращения заряда  $\text{NiO}_2$  переходит в  $\text{NiOOH}$  и э. д. с. снижается.

Внутреннее сопротивление складывается из сопротивления электродов, сопротивления электролита, переходного сопротивления между ними и сопротивления поляризации. Последнее является фиктивным и вводится для учета изменения электродных потенциалов при прохождении тока. Величину полного внутреннего сопротивления при разряде можно определить по формулам

$$R_p = \frac{E - U_p}{I_p}; \quad R_z = \frac{U_z - E}{I_z},$$

где  $I_p, I_z$  — разрядный и зарядный ток;  
 $U_p, U_z$  — разрядное и зарядное напряжение;  
 $E$  — э. д. с. аккумулятора.

При разряде внутреннее сопротивление никель-кадмиевых аккумуляторов увеличивается, поскольку продукты разряда имеют большее сопротивление, чем активные вещества.

Эксплуатация щелочных аккумуляторов должна осуществляться в соответствии с ПЭЭК и эксплуатационными инструкциями.

## 7. КИСЛОТНЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ

### 7.1. Устройство, типы и электрические параметры кислотных аккумуляторов

На надводных кораблях кислотные аккумуляторы применяются для питания стартерных электродвигателей, обеспечения электроэнергией отдельных схем электрической сигнализации, накальных и анодных цепей радиотехнических устройств и других целей.

Принцип действия их не отличается от изложенного для щелочных аккумуляторов.

**Устройство кислотных аккумуляторов.** Основные конструктивные элементы кислотных аккумуляторов те же, что и у щелочных.

Остов пластины составляет решетка, которая выполняет роль токоотвода и одновременно служит для удержания активного вещества в своих ячейках. Решетки отливаются из свинцово-сурьмянистого сплава и заполняются специальной пастой, состоящей из свинцового порошка,

оксида свинца и серной кислоты. Вмазанная и спрессованная паста после формирования (совокупность процессов заряда — разряда) превращается в активные вещества — двуокись свинца  $\text{PbO}_2$  на положительных и губчатый свинец  $\text{Pb}$  на отрицательных пластинах.

Отрицательные пластины механически более прочны, поэтому полублоки пластин изготавливаются так, чтобы положительные пластины помещались между отрицательными. Следовательно, отрицательных пластин в блоке на одну больше, чем положительных.

Для изготовления сепараторов могут применяться однослойная фанера (шпон), микропористый эбонит (мипор), микропористый полихлорвинил (мипласт), стеклянная вата и другие материалы.

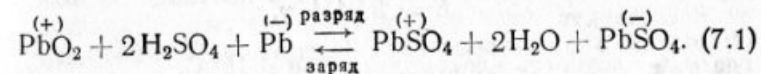
Баретка с борнами отливается из того же свинцово-сурьмянистого сплава, что и решетки пластин.

Баки кислотных аккумуляторов изготавливаются из эбонита или из асфальтопечковой (асфальтобитумной) пластмассы.

В качестве электролита используется раствор серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Крышки аккумуляторов выполняются из эбонита или фенолита. Они имеют отверстия для борнов и вентиляционные отверстия.

Процесс разряда и заряда кислотных аккумуляторов можно представить формулой



Продуктами разряда является сульфат свинца  $\text{PbSO}_4$ .

Из формулы (7.1) видно, что при разряде образуется вода, а серная кислота расходуется на образование сульфата свинца, поэтому плотность раствора электролита при разряде уменьшается.

При заряде происходит обратный процесс.

**Электрические параметры кислотных аккумуляторов.** Номинальная емкость определяется разрядом аккумуляторов силой тока 10-часового режима разряда до напряжения 1,7 В.

Емкость кислотных аккумуляторов зависит от количества активных веществ пластин, силы разрядного тока, температуры и плотности электролита и срока службы аккумулятора. Чем больше активных веществ и больше их пористость, тем больше емкость.

С увеличением силы разрядного тока емкость уменьшается, так как увеличивается интенсивность образования сульфата свинца на поверхности пластин без проработки активной массы по глубине пластин.

Уменьшение емкости при снижении температуры происходит из-за увеличения вязкости электролита и, следовательно, увеличения внутреннего сопротивления аккумулятора. А последнее связано с увеличением потерь, что снижает отдаваемую емкость. В среднем считают, что снижение температуры на  $1^{\circ}\text{C}$  уменьшает емкость на 1%.

В процессе эксплуатации емкость кислотных аккумуляторов сначала возрастает за счет более глубокой формации активных масс, а затем снижается из-за сульфатации, опадания активной массы и других необратимых процессов.

Напряжение при разряде аккумулятора силой тока 10-часового режима изменяется от 2,1 до 1,7 В. Среднее разрядное напряжение составляет 1,9 В.

Зарядное напряжение 2,4 В является переходным. При этом напряжении осуществляется переход на заряд аккумулятора силой тока второй ступени. В конце заряда напряжение достигает 2,6—2,7 В и удерживается постоянным.

Э. д. с. кислотного аккумулятора зависит от плотности электролита и может быть определена по эмпирической формуле

$$E = 0,84 + \gamma,$$

где  $\gamma$  — плотность электролита при  $+15^{\circ}\text{C}$ .

Внутреннее сопротивление кислотных аккумуляторов составляет тысячные доли ома, что примерно в два раза меньше внутреннего сопротивления никель-кадмиевых аккумуляторов такой же емкости. Поэтому кислотные аккумуляторы используются в качестве стартерных.

При разряде внутреннее сопротивление кислотных аккумуляторов увеличивается вследствие образования сульфата свинца. Последний имеет удельное сопротивление во много раз больше удельного сопротивления активных веществ, что и обуславливает увеличение внутреннего сопротивления при разряде.

На внутреннее сопротивление аккумулятора оказывает влияние и плотность электролита. Так как максимум электропроводности раствора серной кислоты соответствует плотности  $1,22\text{ г/см}^3$ , то электропроводность электролита сначала несколько возрастает, а затем уменьшается.

Однако первый фактор является преобладающим. Внутреннее сопротивление разряженного кислотного аккумулятора в несколько раз больше внутреннего сопротивления заряженного.

При заряде внутреннее сопротивление аккумулятора уменьшается, что объясняется обратным действием этих же факторов.

## 8. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

### 8.1. Принцип действия и устройство электрических машин постоянного тока

Электрические машины служат для преобразования механической энергии в электрическую и обратно. В первом случае их называют генераторами, а во втором — двигателями. Генераторы являются источниками электрической энергии, а электродвигатели используются для приведения в движение различных механизмов. В зависимости от типа первичного двигателя, вращающего генератор, генераторные агрегаты называют дизель-генераторами (ДГ), турбогенераторами (ТГ) и газотурбогенераторами (ГТГ).

Различают электрические машины постоянного и переменного тока.

**Принцип действия генератора постоянного тока.** В основе работы генератора постоянного тока лежит явление электромагнитной индукции, заключающееся в возникновении э. д. с. в проводниках, движущихся в магнитном поле. Схема простейшего генератора постоянного тока дана на рис. 8.1. В пространстве между двумя неподвижными полюсами  $N$  и  $S$ , создающими постоянный магнитный поток, вращается стальной цилиндр (якорь), на котором укреплен виток  $ab\gamma\delta$  из медной проволоки. Концы витка припаяны к двум медным полукольцам, посаженным на вал и изолированным друг от друга. На кольца наложены неподвижные щетки  $A$  и  $B$ , к которым подключена внешняя цепь в виде сопротивления  $R_n$ .

При вращении цилиндра, например, в направлении, показанном стрелкой, стороны витка  $ab$  и  $\gamma\delta$  пересекают магнитные силовые линии поля полюсов, вследствие чего в каждой из них индуцируется э. д. с., направление которой можно определить по правилу правой руки (на рис. 8.1 показано стрелками), а ее мгновенное значение по формуле

боточной аппаратуры производят в сухую погоду, чтобы внутрь открываемых приборов и аппаратов не могла проникнуть сырость.

При осмотрах и освидетельствованиях (более детальных и тщательных осмотрах) слаботочной аппаратуры особенное внимание следует обращать на состояние контактов всех цепей, механизмов вращения (подшипников, шарниров) и уплотнений, защищающих внутренние части приборов от влаги и пыли. В необходимых случаях контакты должны быть промыты, зачищены и отшлифованы, а вращающиеся и трущиеся части (оси, шарниры) смазаны касторовым, касторовым или веретенным маслом, пришедшие же в негодность резиновые прокладки и другие уплотнения заменены новыми.

Указатели положения руля и машинные телеграфы подвергаются осмотру ежемесячно, а остальные слаботочные установки — один раз в 3 месяца. Полное освидетельствование всех слаботочных установок производится один раз в год.

Мелкий ремонт слаботочных установок заключается главным образом в тех небольших работах по поддержанию электрооборудования в исправности, которые производятся при осмотрах аппаратов и приборов. К таким работам относятся: смена уплотнений, перезарядка микрофонов (перетруска и просушка капсюлей), возобновление окраски наружных частей приборов и аппаратов, ремонт и замена мелких крепежных деталей и т. п.

#### § 154. Обслуживание аккумуляторов и уход за ними

Аккумуляторы служат на судах для питания телефонных установок и малого аварийного освещения; кроме того, они находят применение в качестве источника электроэнергии для авральной, пожарной и других видов сигнализации.

Напомним, что обслуживание любого электрооборудования включает его пуск в ход, остановку и наблюдение за ним во время работы. Так как при аккумуляторной батарее пуск в ход и остановки сводятся к простому включению и выключению рубильника, то ниже рассматриваются лишь вопросы, относящиеся к наблюдению за работой аккумуляторов.

Необходимо следить за тем, чтобы наружные поверхности аккумуляторов, батарейные рамки и ящики всегда были чистыми и сухими. Металлические сосуды, крышки и соединения элементов между собой должны быть предохранены от разъедающего действия кислоты или щелочи, для чего их смазывают вазелином. Все контакты должны быть плотно поджаты, смазаны снаружи вазелином и не должны подвергаться воздействию кислоты или щелочи.

Банки аккумуляторов снабжены пробками с отверстиями для

выхода образующихся газов. Эти отверстия должны быть чистыми, время от времени их надо прочищать деревянной палочкой.

Наблюдая за работой аккумуляторной батареи, надо следить за уровнем электролита в банках и величиной напряжения отдельных элементов. Уровень электролита должен быть на 10—15 мм выше аккумуляторных пластин. Если уровень электролита превышает нормальный, надо понизить его, для чего излишнее количество электролита отсасывают резиновой грушей. Если же уровень электролита опустился ниже, следует добавить в банку дистиллированную воду. Измерение напряжения производят не на зажимах всей батареи, а на зажимах каждого из элементов, так как во время работы батареи отдельный элемент может разрядиться сильнее других, а батарея требует обязательной зарядки, если разрядился хотя бы один из ее элементов. Измерять напряжение удобнее всего специальной вилкой, присоединенной сверху к вольтметру со шкалой на 3 в или обычным карманным вольтметром с такой же шкалой.

Если напряжение на зажимах какого-либо элемента батареи равно или меньше 1,8 в при кислотных аккумуляторах и 1,0 в при щелочных, батарею надо вывести из работы и поставить на зарядку.

Батареи, работающие непостоянно (например, батареи для малого аварийного освещения и др.), следует время от времени, но не реже одного раза в месяц, подвергать полной разрядке и последующей нормальной зарядке.

Необходимо внимательно следить за тем, чтобы при работе батареи отдаваемый ею в цепь ток не превышал величины, максимальной допустимой для данного типа батареи, т. е. не превышал величины максимального разрядного тока. Эта величина указывается обычно заводом-изготовителем.

Во время работы аккумуляторы выделяют газы (водород и кислород). При значительном количестве выделившихся газов может образоваться взрывчатая смесь их с воздухом. Поэтому категорически запрещается подходить к аккумуляторной батарее с открытым огнем (с зажженной свечой, спичкой, папиросой и др.). Помещение аккумуляторных батарей должно хорошо вентилироваться.

Обслуживать аккумуляторы надо в резиновых или кожаных перчатках и галошах.

Уход за аккумуляторными батареями включает периодические осмотры, измерения плотности электролита, замену электролита свежим, зарядку батарей, формовку новых аккумуляторов и контрольные испытания.

Осмотры батарей производят ежемесячно. При этом стараются пыль, грязь и налеты солей; металлические части покрывают вазелином для предохранения от действия кислот и щело-

чей; устраняют короткие замыкания между пластинами и другие неисправности; проверяют (ареометром) плотность электролита заряженных батарей: для кислотных аккумуляторов она должна быть в пределах 1,24—1,27, а для щелочных 1,17—1,19.

Один раз в 6 месяцев электролит заменяют свежим, причем перед заменой аккумуляторы следует разрядить: кислотные до напряжения 1,7 в и щелочные до напряжения 1 в. После удаления старого электролита аккумуляторы тщательно промывают дистиллированной водой, а затем заполняют свежим электролитом и заряжают.

Различают нормальную зарядку аккумуляторов, которая производится периодически по мере разрядки работающей батареи, и формовку (первую зарядку), которая обязательно должна быть произведена при получении новой, не бывшей еще в работе батареи.

При нормальной зарядке батареи следует руководствоваться указаниями завода-изготовителя о порядке зарядки и допустимых при этом величинах зарядного тока. Зарядку кислотных аккумуляторов можно считать вполне законченной, если одновременно:

а) происходит очень обильное выделение газа («кипение») во всех аккумуляторах;

б) напряжение каждого аккумулятора достигает максимальной величины в 2,4 в и больше не возрастает;

в) плотность электролита в каждом аккумуляторе поднимается до 1,24—1,27 и больше не возрастает.

При этом плотность электролита во всех аккумуляторах должна быть одинаковой. Если окажется, что в отдельных аккумуляторах плотность электролита ниже или выше нормальной, необходимо довести ее до требуемой величины. Для этого отсасывают из аккумулятора немного электролита и доливают дистиллированную воду (если плотность электролита оказалась выше нормальной) или специально изготовленный электролит большей плотности (если плотность электролита оказалась ниже нормальной). После этого зарядку батареи возобновляют и ведут ее еще в течение 1 час для лучшего перемешивания электролита. Эту операцию приходится иногда повторять несколько раз до тех пор, пока плотность электролита во всех аккумуляторах окажется одинаковой.

Нормальная зарядка применяемых на судах щелочных аккумуляторов продолжается 6—7 час. В отличие от кислотных аккумуляторов обильное выделение газов при зарядке щелочных аккумуляторов не является признаком окончания зарядки. Поэтому при очень бурном «кипении» щелочных аккумуляторов во время зарядки следует уменьшить силу зарядного тока, т. е. удлинить время зарядки. К этому же прибегают в том случае, когда температура электролита поднимается во время зарядки

выше 40°. Величины плотности электролита и напряжения, которыми характеризуется окончание зарядки, указаны заводами-изготовителями.

Первая зарядка (формовка) аккумуляторов отличается от нормальной большей продолжительностью. Заливаемый в аккумуляторы электролит должен иметь плотность, указанную заводом-изготовителем. Заполнение аккумуляторов электролитом производится за несколько часов до начала зарядки (за 4 час у кислотных и за 2 — у щелочных). Зарядка ведется сначала током одной величины, а затем током, в два раза меньшим. Величины зарядных токов тоже указываются заводом-изготовителем. Так как зарядка ведется токами значительно меньше нормального зарядного тока, она длится гораздо дольше нормальной. После зарядки батареи разряжают при нормальной величине разрядного тока, а затем вновь заряжают токами такой же силы, как и первый раз. Только после этой второй зарядки формовка считается законченной.

Контрольные зарядки-испытания аккумуляторных батарей рекомендуется производить не реже одного раза в год. Порядок этих контрольных испытаний подобен порядку формовки: производится нормальная зарядка батареи, потом батарея разряжается (при этом ведется тщательное наблюдение за ее работой и подсчитывается емкость каждого аккумулятора), устраняются обнаруженные при зарядке и разрядке недочеты и заменяются аккумуляторы недостаточной емкости, после чего батарея вновь заряжается. Емкость отдельного аккумулятора можно подсчитать, измерив проходящий по нему во время разрядки ток (несколько измерений), напряжение на его зажимах (несколько измерений) и продолжительность разрядки. Аккумуляторы, емкость которых окажется при этом меньше остальных (на 20% и более), подлежат замене.

Контрольные испытания следует производить, руководствуясь указаниями завода-изготовителя о порядке зарядки и разрядки и допустимых величинах зарядных и разрядных токов. Контрольные испытания целесообразно приурочивать ко времени постановки судна на ремонт; производить эти испытания должны достаточно квалифицированные электрики.

Если аккумуляторная батарея должна быть поставлена на длительное хранение, необходимо:

а) для кислотных аккумуляторов — зарядить батарею, слить электролит, промыть аккумуляторы дистиллированной водой и поставить батарею в чистое, сухое и прохладное помещение;

б) для щелочных аккумуляторов — зарядить батарею, разрядить ее примерно до половины емкости, снять соединения между отдельными элементами и поставить батарею в чистое, сухое и прохладное помещение, наблюдая время от времени за уровнем электролита (при понижении уровня электролита под-

нимать его до нормальной величины, доливая аккумулятор дистиллированной водой).

Мелкий ремонт аккумуляторных батарей заключается главным образом в смене мелких крепежных деталей, возобновлении окраски, замене отдельных элементов, а также устранении мелких дефектов, обнаруживаемых при периодических осмотрах.

## Глава XXV. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

### § 155. Действие тока на организм человека

Электрический ток, как известно, представляет опасность для человека, вызывая неприятные ощущения, сопровождающиеся сокращением мышц, появлением судорог, а в некоторых случаях — параличом.

Основными факторами, определяющими характер воздействия тока на организм человека, являются продолжительность прохождения тока и его величина, которая зависит от приложенного напряжения и сопротивления тела. Установлено, что из всех тканей человеческого организма наибольшим электрическим сопротивлением обладает верхний роговой слой кожи; от его сопротивления зависит общее сопротивление тела человека. Однако сопротивление кожи даже у одного и того же человека не является постоянным и может изменяться в очень широких пределах. Так, например, сопротивление влажной кожи резко снижается.

На сопротивление кожи влияют и другие факторы, в том числе площадь соприкосновения с электродом, величина тока и продолжительность его прохождения и т. д. Все эти условия изменяют сопротивление тела человека в более или менее нормальных условиях от 0,5 мгом до 8—10 тыс. ом. В некоторых особенно тяжелых условиях (соприкосновение влажной кожи с металлом, например, на металлической палубе) сопротивление тела может упасть до 1000 или 500 ом. Следовательно, даже если напряжение судовой сети составляет 120 в, то при прикосновении к токоведущим частям через тело человека может пройти ток  $120 : 1000 = 0,12$  а, или 120 ма. Постоянный или переменный ток такой или даже меньшей величины (90—100 ма), как правило, приводит к параличу и смерти.

Вместе с тем, более значительные токи (даже порядка нескольких ампер) часто, проходя через тело человека, не вызывают смерти. Организм человека наиболее чувствителен к воздействию переменного тока промышленной частоты (50 гц).

Различают два вида поражения током: электрический удар и электрическую травму. При электрическом ударе поражаются внутренние органы человека. Этот вид поражения наиболее опа-

сен и чаще всего является причиной смерти. Для электрического удара характерен относительно малый ток (до 100 ма), небольшие напряжения и длительное (порядка нескольких секунд) воздействие на организм. Небольшой ток и низкое напряжение обуславливают малую мощность, необходимую для возникновения удара (порядка 20 вт).

При электрической травме поражению подвергаются внешние части тела. Чаще всего это — ожоги, которые могут возникнуть в результате прохождения тока через тело, а также от прикосновения к сильно нагретым деталям электрических установок или от того, что на тело попадают частицы металла или угля. Последствия таких ожогов обычно незначительны.

Более серьезные ожоги получаются от электрической дуги. В судовых установках они чаще всего происходят при отключении открытым рубильником сильно индуктивной нагрузки. Продолжительность воздействия дуги, как правило, очень мала. Поэтому даже при прохождении значительных токов электрического удара не происходит, однако ожоги могут иногда иметь очень тяжелые последствия.

Условно к электрическим травмам относят также поражение глаз от воздействия света электрической дуги, а также ушибы и ранения вследствие потери сознания или равновесия под влиянием электрического тока.

Так как величина тока и степень его опасности для организма является переменной величиной и заранее не может быть установлена, то для определения безопасных условий работы с электроустановками исходят из величины напряжения электрической сети, т. е. из постоянной, заранее известной величины. Безопасным для машинно-котельных отделений, отсеков двойного дна и аналогичных тесных металлических помещений и пространств судна считается напряжение 12 в. Для прочих судовых помещений предел безопасного напряжения достигает 24 в.

Рассмотрим два основных случая поражения электрическим током: 1) одновременное соприкосновение с токоведущими частями двух полюсов или фаз и 2) прикосновение к токоведущей части одного полюса или фазы в момент, когда человек стоит на палубе, проводящей ток.

В первом случае величина тока, проходящего через тело, определится исключительно сопротивлением самого тела. Во втором — существенную роль играет величина сопротивления изоляции противоположного полюса или фазы. При очень высоком сопротивлении изоляции через тело человека пройдет ничтожно малый безопасный ток. Следовательно, с точки зрения техники безопасности чрезвычайно важно поддерживать в электрических установках изоляцию в исправном состоянии, тем более, что случаи однополюсного включения в цепь гораздо чаще, чем одновременного касания двух полюсов.