

УДК 629.7.064

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ АККУМУЛЯТОРОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКЕ

М.Г. ГОЛУБЕВА, А.Н. ЧЕПУРИН

В статье описаны основные характеристики авиационных аккумуляторов как кислотных, так и щелочных. Обсуждаются особенности их эксплуатации.

Ключевые слова: аккумуляторы, характеристики аккумуляторов, эксплуатация, преимущества и недостатки.

Настоящая работа содержит обзорный материал по авиационным аккумуляторам и анализ их эксплуатационных особенностей.

Аккумуляторы представляют собой химические источники электрического тока, в которых химическая энергия реакций окисления-восстановления превращается в электрическую. В отличие от гальванических элементов, в которых активные массы катода и анода не восстанавливаются после их срабатывания, в аккумуляторах процессы окисления-восстановления носят обратимый характер в результате зарядки аккумуляторов, т.е. подключения электродов катода и анода к соответствующим полюсам внешнего источника постоянного тока. По своему назначению авиационные аккумуляторы подразделяются на бортовые и аэродромные.

Бортовые аккумуляторы используются для обеспечения электроэнергией бортового оборудования воздушных судов при отказе генератора и для автономного запуска авиационного двигателя.

Аэродромные аккумуляторы применяются для проверки работоспособности аэродромного оборудования, запуска авиационных двигателей.

Основные характеристики аккумуляторов:

– электродвижущая сила, представляющая разность потенциалов между анодом и катодом, измеренная при разомкнутой внешней цепи (т.е. при отсутствии электрического тока) $\mathcal{E}_{\text{аккумулятора}} = E_{\text{анода}} - E_{\text{катода}} > 0$ (В). Она зависит от величины электродных потенциалов, температуры и концентрации электролита;

– напряжение разряда (U_p) представляет разность потенциалов между анодом и катодом при замкнутой внешней цепи, т.е. при прохождении через аккумулятор электрического тока $U_p = \mathcal{E}_{\text{аккумулятора}} - J_p R_{\text{вн } p}$, где J_p – ток разряда (А); $R_{\text{вн } p}$ – внутреннее сопротивление аккумулятора (ОМ) при разряде;

– как следует из приведенного уравнения U_p , всегда будет меньше $\mathcal{E}_{\text{аккумулятора}}$ из-за потери напряжения на внутреннем сопротивлении аккумулятора;

– напряжение заряда (U_z) – это разность потенциалов между анодом и катодом при зарядке аккумулятора внешним источником постоянного тока;

– $U_z = \mathcal{E}_{\text{аккумулятора}} + J_z R_{\text{вн } z}$, где J_z – ток заряда; $R_{\text{вн } z}$ – внутреннее сопротивление при заряде;

– внутреннее сопротивление аккумулятора ($R_{\text{вн}}$) складывается из сопротивления электродов, электролита, переходных контактных сопротивлений. Следует заметить, что внутреннее сопротивление при разряде всегда ниже, чем внутреннее сопротивление при заряде, так как в полностью заряженном аккумуляторе более высокая электропроводность активных масс и электролита;

– емкость аккумулятора (C_p) – количество электричества, которое может отдать полностью заряженный аккумулятор при его разрядке определенным током до определенного допустимого напряжения. $C_p = J_p \cdot t_p$ (А·ч), где J_p – ток разряда; t_p – время разряда (ч);

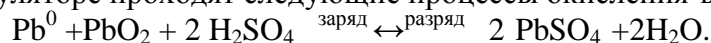
– коэффициент полезного действия (КПД аккумулятора) – отношение емкости разряда (C_p) к емкости заряда (C_z) в процентах. $\text{КПД}_{\text{аккумулятора}} = (C_p/C_z) \cdot 100\%$.

Наиболее широкое применение в авиации нашли кислотные и щелочные аккумуляторы в зависимости от вида используемого электролита.

1. Кислотные аккумуляторы

Среди кислотных аккумуляторов самый распространенный – свинцовый. Он состоит из двух перфорированных свинцовых пластин, одна из которых заполнена губчатым металлическим свинцом, а другая двуокисью свинца PbO_2 . Обе пластины погружены в 30% раствор серной кислоты.

В свинцовом аккумуляторе проходят следующие процессы окисления-восстановления



В том числе:



При разряде свинцового аккумулятора активные массы на катоде и аноде превращаются в $PbSO_4$ (мелкокристаллический), который при заряде аккумулятора разрушается и на катоде восстанавливается до металлического Pb^0 , а на аноде окисляется до Pb^{+4} (PbO_2). При работе аккумулятора, т.е. при его разряде, образуется реакционная вода, которая постоянно разбавляет электролит и понижает его плотность. Поэтому о степени разряженности аккумулятора можно судить по изменению плотности электролита.

Особенности эксплуатации кислотного аккумулятора

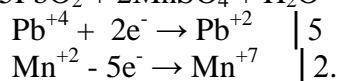
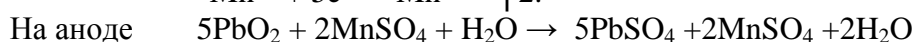
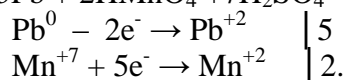
Неисправности кислотных аккумуляторов подразделяются на внешние и внутренние.

К внешним неисправностям относятся:

- трещины моноблока;
- поломка или ослабление выводных клемм;
- трещины и оплавление мастики;
- поломка или засорение рабочих пробок.

К внутренним неисправностям относятся следующие:

1. Саморазряд и вредная сульфатация активных масс электродов. Они обусловлены высокой активностью электролита. Кроме того, происходит выкрашивание активных масс с последующим их оседанием на дно аккумулятора, что вызывает короткое замыкание. Саморазряд кроме того возможен при наличии в электролите вредных примесей, таких как, например, $HMnO_4$.



Далее $HMnO_4$ снова отправляется к катоду, и, таким образом, в неработающем аккумуляторе рабочие массы электродов превращаются в $PbSO_4$, т.е. идет их сульфатация. Поэтому при приготовлении электролита следует использовать только дистиллированную воду.

Поскольку приведенные выше процессы протекают самопроизвольно и практически не управляются, вместо мелкокристаллического PbSO_4 образуется крупнокристаллический, который при последующих зарядах растворяется крайне плохо и активные массы пластин восстанавливаются не полностью.

Признаками вредной сульфатации являются:

- повышенное напряжение в начале заряда и пониженное в конце заряда;
- медленное повышение плотности электролита при заряде;
- быстрое повышение температуры электролита при заряде;
- резкое падение напряжения, пониженная емкость при разряде.

Сульфатацию аккумулятора можно устранить, выполнив следующие операции:

- вылить электролит;
- залить дистиллированную воду;
- залить новый электролит;
- поставить аккумулятор на зарядку.

Если плотность электролита при этом будет повышаться, то перечисленные меры достигли цели.

2. Слипание пластин с сепараторами. Оно происходит при хранении аккумуляторных батарей (АБ) без электролита в разряженном состоянии, когда батареи перед установкой на хранение разряжались до напряжения ниже 1,7 В (на одной батарее). Кроме того, они не были герметично закрыты пробками и хранились при температуре свыше 30°C .

3. Повышенный износ пластин. Этот процесс имеет место при систематических зарядах батарей большими токами при температуре свыше 45°C , что приводит к обильному газовыделению, вызывающему разрушение пластин.

Преимущества и недостатки кислотных аккумуляторов

У кислотного аккумулятора одно единственное преимущество – высокие значения напряжения разряда ($U_p = 2,1\text{ В}$) и высокая емкость разряда (C_p), что обуславливает его сравнительно небольшие габариты и компактность.

Недостатки:

- большой вес (при проектировании воздушного судна идет борьба за каждый грамм веса);
- саморазряд (обусловлен высокой активностью электролита, выкрашиванием активных масс электродов с последующим их оседанием на дно аккумуляторной батареи, вызывающим короткое замыкание);
- неустойчивость к механическим нагрузкам (рыхлые активные массы электродов при ударах и встряхиваниях могут осыпаться на дно аккумулятора и приводить к его саморазряду);
- небольшой интервал рабочих температур ($-15 - +35^{\circ}\text{C}$);
- пожаро- и взрывоопасен (при работе аккумулятора выделяется газообразный водород, и потому его нельзя устанавливать рядом с нагревательными приборами);
- ожого-опасен (опасность получения ожогов при контакте с электролитом – серной кислотой).

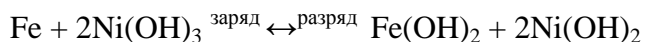
Щелочные аккумуляторы

Среди щелочных аккумуляторов наиболее широкое применение получили железо-никелевый, кадмий-никелевый и серебряно-цинковый.

Железо-никелевый аккумулятор

Представляет собой две перфорированные железные пластины, одна из которых заполнена дисперсным железом (порошком), а другая – гидратом закиси никеля $[\text{Ni}(\text{OH})_3]$. Обе пластины

погружены в 30% раствор электролита KOH, при температуре $-20 - +30^{\circ}\text{C}$. При работе этого аккумулятора имеют место следующие реакции окисления-восстановления



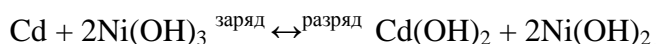
При разряде-заряде:



При работе данного аккумулятора не выделяется реакционной воды, а следовательно, электролит не разбавляется, и его плотность не падает.

Аналогичные процессы окисления-восстановления протекают при работе кадмий-никелевого аккумулятора.

Кадмий-никелевый аккумулятор



При разряде-заряде:

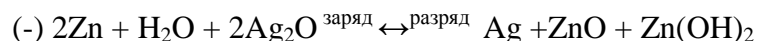


Напряжение разряда каждой из приведенных выше щелочных аккумуляторных батарей составляет 1,4 В, что значительно ниже, чем для свинцовых кислотных аккумуляторных батарей.

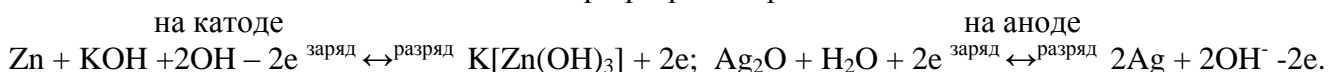
Хранить щелочные аккумуляторы следует в разряженном состоянии, когда отрицательные электроды (Fe и Cd), покрытые пассивирующим слоем гидроксидов, менее подвержены коррозии.

Серебряно-цинковый аккумулятор

Положительный электрод серебряно-цинкового аккумулятора представляет собой каркас из серебряной проволоки, спрессованный с серебряным порошком и завернутый в химически стойкую ткань – сепаратор (из капрона). Отрицательный электрод – спрессованная смесь оксида цинка с цинковым порошком, завернутая в целлофан (сепаратор). В качестве электролита используют 39% раствор KOH с растворенным в нем до насыщения оксидом цинка (ZnO). В результате в растворе образуется гидроксоцинкат калия $\text{K}[\text{Zn}(\text{OH})_3]$. При работе этого аккумулятора имеют место следующие процессы окисления-восстановления



При разряде-заряде:



Напряжение разряда такого аккумулятора составляет 1,85 В, которое остается стабильным при разряде благодаря незначительной поляризации электродов.

Серебряно-цинковые аккумуляторы значительно превосходят рассмотренные выше щелочные аккумуляторы по удельной энергии (Вт·ч/кг). Серебряно-цинковая аккумуляторная батарея весом 4,5 кг и общим объемом 1800 см^3 может давать ток до 1500 А.

Преимущества и недостатки щелочных аккумуляторов

Преимущества:

- устойчивость к саморазряду;
- широкий диапазон рабочих температур ($-35 - +60^{\circ}\text{C}$);
- устойчивость к механическим воздействиям;
- пожаро- и взрыво-безопасность;
- безопасность эксплуатации, так как щелочной электролит менее ожоговый, чем кислотный;
- устойчивость к воздействию вредных примесей.

Единственным недостатком являются сравнительно небольшие значения напряжения разряда, что обуславливает их громоздкость и большие габариты.

В данном обзоре не рассмотрены перспективные аккумуляторы, например, газовые кислород-водородные, поскольку широкого применения в авиационной технике они пока не получили.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бокмицкий А.В. *Автоматическое и электрическое оборудование летательных аппаратов*. М.: Энергия, 2005.
2. Красношапка М.М. *Электроснабжение летательных аппаратов*. М.: Транспорт, 1998.
3. Брускин Г.В., Синдеев П.Н. *Электрические приборы и оборудование*. М.: Транспорт, 1998.

OPERATIONAL FEATURES OF BATTERIES USED IN AVIATION EQUIPMENT

Golubeva M.G., Chepurin A.N.

The basic characteristics of aviation batteries both acid and alkaline are described. Their operational features are considered.

Keywords: batteries, battery characteristics, operation, advantages and disadvantages.

REFERENCES

1. Bokmitskiy A.V. *Avtomaticheskoe i elektricheskoe oborudovanie letatelnyih apparatov*. M.: Energiya. 2005. (In Russian).
2. Krasnoshapka M.M. *Elektrosnabzhenie letatelnyih apparatov*. M.: Transport. 1998. (In Russian).
3. Bruskin G.V., Sindeev P.N. *Elektricheskije pribory i oborudovanie*. M.: Transport. 1998. (In Russian).

Сведения об авторах

Голубева Майя Георгиевна, окончила МХТИ им. Д.И. Менделеева (1959), кандидат технических наук, доцент авиатопливообеспечения и ремонта летательных аппаратов МГТУ ГА, автор более 250 научных работ, область научных интересов – проводники 2-го рода и электропроводимые материалы.

Чепурин Александр Николаевич, 1945 г.р., окончил Московский технологический институт мясной и молочной промышленности (1974), автор более 30 научных работ, область научных интересов – электропроводящие авиационные материалы.