

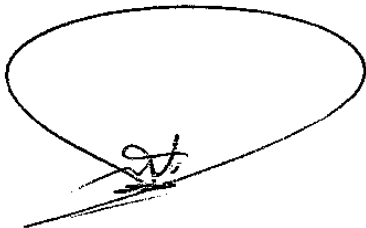
## به : نماینده محترم شرکت های بهره برداری

موضوع: دستورالعمل بهره برداری

با سلام و احترام

- پیوست دستورالعمل بهره برداری از باتریهای سرب - اسیدی تر جهت ابلاغ و اجرا از تاریخ ۱ / ۱۰ / ۹۸ ارسال می گردد . با توجه به هماهنگی های به عمل آمده با دفتر فنی انتقال توجه به موارد زیر الزامی می باشد :
- ۱- سطح الکترولیت باتری ها توسط اپراتورها به صورت روزانه کنترل و میزان آب مقطر اضافه شده در هر سلول در جدول مربوطه ( در سیستم ثما) ثبت گردد .
  - ۲- کمبود لامپ های ضد انفجار و لوازم ایمنی باتری خانه، یک بار به صورت کلی توسط مسئولین نواحی اعلام و در صورت معیوب بودن لامپ های ضد انفجار و یا لوازم ایمنی مربوط به باتری خانه که در پست موجود می باشد، موارد اعلام نقص گردد .
  - ۳- وجود غلظت سنج در پست ضروری نمی باشد و به عهده گروه تعمیرات می باشد .
  - ۴- دستورالعمل پیوست در خصوص باتری های بسته (سیلد) نیز لازم الاجرا می باشد .

عبدالحسین ماژورزاده  
سرپرست امور انتقال





## بسمه تعالی

« سال ۹۸ رونق تولید »

(مقام معظم رهبری)

کلیه شرکت‌های برق منطقه‌ای - معاونت محترم بهره‌برداری  
کلیه شرکت‌های برق منطقه‌ای - معاونت محترم طرح و توسعه

موضوع: سیستم اطفاء حریق باتریخانه

باسلام و احترام؛

بازگشت به نامه شماره ۱۱۴۴۴/۷۰۰ مورخ ۱۳۹۸/۱۰/۱۵ معاونت محترم بهره‌برداری شرکت برق منطقه‌ای آذربایجان (پیوست) در خصوص سیستم اطفاء حریق باتریخانه پست‌های فشارقوی، به استحضار می‌رساند که:

۱- در باتریخانه پست‌های فشارقوی باید از سیستم‌های اطفاء حریق کلاس C استفاده شود؛ در این بین، استفاده از سیستم اطفاء حریق CO<sub>2</sub> توصیه نمی‌شود زیرا دمای بسیار پایین این سیستم، ممکن است سبب وارد آمدن شوک حرارتی به باتری، شکستگی بدنه آن و نشت الکترولیت و آسیب‌های ناشی از آن خواهد شد؛

۲- خاموش‌کننده‌های پودر خشک شیمیایی کلاس C مناسب است.

این موارد در ویرایش بعدی "دستورالعمل بهره‌برداری، سرویس و نگهداری باتری‌های سرب-اسیدی تر" اصلاح و ابلاغ خواهد گردید. خواهشمند است دستور اقدام مقتضی معمول فرمایید.

هاشم علیپور

مدیر کل دفتر فنی و نظارت شبکه انتقال

رونوشت:

- جناب آقای مهندس راعی مدیر کل محترم دفتر برنامه ریزی و توسعه شبکه انتقال-جهت استحضار و صدور دستور مقتضی
- گروه نظارت بر هماهنگی سیستم؛
- گروه نظارت بر بهره‌برداری انتقال؛

تاریخ: ۱۳۹۸/۱۰/۱۸

شماره: ۹۸/۳۱۲/۱۶۴۰

پست: دارد

پست: دارد



شرکت مدیریت تولید، انتقال و توزیع نیروی برق ایران  
توانیر



بسمه تعالی

«سال ۹۸ رونق تولید»

(مقام معظم رهبری)

اقدام کننده: خدادادی ۲۷۹۳۵۱۷۶



## دستورالعمل بهره‌برداری، سرویس و نگهداری باتری‌های سرب- اسیدی تر

دریافت کنندگان سند جهت اجرا:

- ۱- شرکت مدیریت شبکه برق ایران
- ۲- شرکت‌های برق منطقه‌ای-معاونت بهره‌برداری
- ۳- شرکت‌های برق منطقه‌ای-معاونت طرح و توسعه

تهیه کننده: معاونت هماهنگی انتقال - دفتر فنی و نظارت شبکه انتقال

سایت دفتر فنی و نظارت شبکه انتقال: <http://www.tavanir.org.ir/transmission/nezarat/index.php>

مرداد ماه ۱۳۹۸

تصویب کننده: محمدحسن متولی زاده امضاء	تأیید کننده: سید زمان حسینی امضاء	تهیه کننده: هاشم علیپور امضاء
--	--------------------------------------	----------------------------------



## فهرست مطالب

۱. مقدمه.....	۶
۲. ضوابط و مقررات.....	۶
۳. هدف.....	۷
۴. محدوده اجرا.....	۸
۵. دامنه کاربرد.....	۸
۶. تعاریف.....	۸
۷. دستورالعمل بهره‌برداری باتری‌های سرب-اسیدی تر.....	۱۲
۱-۷. بازدید روزانه باتری و باتریخانه.....	۱۳
۲-۷. بررسی شرایط الکتریکی باتری.....	۱۴
۱-۲-۷. قرائت ولتاژ و جریان.....	۱۴
۸. دستورالعمل سرویس و نگهداری باتری‌های سرب-اسیدی تر.....	۱۴
۱-۸. ایمنی و سلامت محیط کار.....	۱۵
۲-۸. اطلاعات عمومی.....	۱۷
۱-۲-۸. مستندسازی سوابق.....	۱۷
۲-۲-۸. تجهیزات تخصصی مورد نیاز.....	۱۷
۳-۸. بازدید دوره‌ای (فصلی) باتری و باتریخانه.....	۱۸
۴-۸. اندازه‌گیری پارامترهای باتری.....	۲۱
۱-۴-۸. اندازه‌گیری دما.....	۲۱



- ۲۲..... ۸-۴-۲. تست ترموویژن اتصالات
- ۲۲..... ۸-۴-۳. اندازه‌گیری غلظت الکترولیت باتری
- ۲۵..... ۸-۴-۴. اندازه‌گیری ولتاژ شناور باتری
- ۲۶..... ۸-۴-۵. مقاومت اتصالات
- ۳۰..... ۸-۴-۶. اندازه‌گیری امپدانس باتری
- ۳۴..... ۸-۵. اندازه‌گیری و رویه شارژ کردن باتری
- ۳۴..... ۸-۵-۱. شارژ اولیه
- ۳۵..... ۸-۵-۲. شارژ شناور
- ۳۷..... ۸-۵-۳. شارژ برابر کنندگی
- ۴۱..... ۸-۵-۴. شارژ برابر کنندگی در پست‌های بدون اپراتور
- ۴۱..... ۸-۵-۵. چک شارژ
- ۴۲..... ۸-۶. تست ظرفیت باتری
- ۴۳..... ۸-۶-۱. روش‌های تست ظرفیت باتری
- ۴۴..... ۸-۶-۲. رویه گام به گام تست ظرفیت باتری
- ۴۶..... ۸-۶-۳. آزمون پذیرش (راه‌اندازی)
- ۴۷..... ۸-۶-۴. آزمون کارایی
- ۴۹..... ۸-۶-۵. آزمون سرویس
- ۵۰..... ۸-۶-۶. ملاحظات ویژه تست دشارژ باتری سرب اسیدی تر
- ۵۲..... ۹. مشکلات متداول باتری‌های سرب-اسیدی تر و راه حل‌ها
- ۵۵..... ۹-۱. شارژ باتری
- ۵۵..... ۹-۱-۱. شارژ مناسب



- ۹-۱-۲. ظاهر نرمال (عادی یا سالم) سلول..... ۵۶
- ۹-۱-۳. تغییرات شیمیایی ..... ۵۷
- ۹-۱-۴. تأثیر ناخالصی‌ها بر ولتاژ شناور ..... ۵۸
- ۹-۱-۵. بیش شارژ با نرخ (جریان) بالا ..... ۵۸
- ۹-۱-۶. بیش شارژی جریان-کم ..... ۵۹
- ۹-۱-۷. کمبود شارژ (کم شارژی) ..... ۵۹
- ۹-۲. دشارژ بیش از حد ..... ۶۰
- ۹-۳. رسوبات ..... ۶۰
- ۹-۴. آب باتری ..... ۶۱
- ۹-۴-۱. الزامات آب ..... ۶۱
- ۹-۴-۲. نرخ افزودن آب به باتری‌های اسیدی سرب-آنتیموان ..... ۶۲
- ۹-۴-۳. نرخ افزودن آب به باتری‌های اسیدی سرب-کلسیم ..... ۶۲
- ۹-۵. تنظیم غلظت الکترولیت ..... ۶۲
- ۹-۶. اتصال کوتاه داخلی ..... ۶۳
- ۹-۷. سولفاته شدن ..... ۶۴
- ۹-۷-۱. سولفاته شدن عادی و بیش از حد ..... ۶۴
- ۹-۷-۲. اصلاح بیش سولفاته شدن ..... ۶۵
- ۹-۸. راهکارهای پیشنهادی در مواجهه با مشکلات عمومی باتری ..... ۶۶
- ۹-۹. جایگزین نمودن سلول ..... ۶۶
- ۱۰-۱. برنامه زمان‌بندی پیشنهادی ..... ۶۶



۱۱. فرم‌ها ..... ۶۷
۱۲. پیوست الف-اندازه‌گیری مقاومت اتصالات ..... ۷۹
۱۳. پیوست ب- اندازه‌گیری امپدانس داخلی باتری ..... ۸۱
- ۱-۱۳. مدار معادل امپدانس باتری ..... ۸۱
- ۲-۱۳. چگونگی ارتباط شرایط فیزیکی باتری و امپدانس داخلی آن ..... ۸۳
۱۴. پیوست ج- اندازه‌گیری امپدانس داخلی سلول‌ها و انجام تست ظرفیت در شرکت برق منطقه‌ای یزد ..... ۸۴
۱۵. مراجع ..... ۸۹
- اسامی اعضای تهیه کننده دستورالعمل ..... ۹۲





## ۱. مقدمه

سیستم DC همواره به عنوان یکی از اجزای حیاتی پست‌های فشارقوی تلقی می‌شود. این اهمیت تا آن حد بالاست که از سیستم DC به عنوان قلب پست نام برده می‌شود. سیستم DC پست‌های فشارقوی از شامل، باتری، باتری‌خانه، باتری شارژر و کابل‌های رابط می‌باشد.

طی سالیان گذشته حوادثی در صنعت برق کشور رخ داده که منشأ آن نقص سیستم DC و در رأس آن باتری پست بوده است. از این رو، با توجه به نیاز کشور، ضروری است دانش‌افزایی مطلوبی در حوزه خرید تجهیزات با کیفیت سیستم DC پست، سرویس و نگهداری مؤثر و انبارش صحیح آنها صورت گیرد.

باتری‌های مورد استفاده در صنعت برق کشور به سه نوع کلی تقسیم‌بندی می‌شوند. باتری‌های سرب-اسیدی تر (منفذدار)، باتری سیلد (بدون منفذ) و باتری‌های نیکل-کادمیوم. در ایران نیز همچون سراسر دنیا، باتری‌های سرب-اسیدی تر به عنوان انتخاب اول مهندسین طراح در پست‌های فشارقوی به حساب می‌آید. از این رو با توجه به فراوانی بکارگیری این نوع باتری‌ها، بهره‌برداری درست و سرویس و نگهداری صحیح آنها اهمیت بسزایی خواهد داشت.

در این دستورالعمل، تلاش بر آن است بهره‌برداری، سرویس و نگهداری باتری‌های سرب-اسیدی تر پوشش داده شود.

## ۲. ضوابط و مقررات

با توجه به اتخاذ برنامه‌ریزی کلان جهت کنترل و بهره‌برداری از پست‌های فشارقوی تحت پوشش، این دستورالعمل از تاریخ ابلاغ جایگزین کلیه دستورالعمل‌های قبلی می‌گردد.

از تاریخ صدور و ابلاغ این دستورالعمل، کلیه واحدهای ذیربط موظف به اجرای دقیق مفاد این دستورالعمل می‌باشند. در این ارتباط رعایت موارد ذیل حائز اهمیت می‌باشد:



۱- کلیه دستورالعمل‌هایی که تا قبل از تاریخ ابلاغ این دستورالعمل صادر شده‌اند، از درجه اعتبار ساقط و رعایت این دستورالعمل لازم الاجرا می‌باشد. در این ارتباط مدیران عامل و معاونین بهره‌برداری دریافت کننده این دستورالعمل باید در اسرع وقت دستور مقتضی نسبت به جمع‌آوری دستورالعمل‌های قبلی و جایگزینی دستورالعمل جدید در کلیه مراکز و واحدهای تحت پوشش را صادر نمایند.

۲- یک نسخه از این دستورالعمل باید به عنوان نسخه مرجع در مکانی مناسب و قابل دسترسی برای کلیه کارکنان در واحدهای ذیربط قرار داده و هرگونه اصلاحات و یا تغییرات بعدی را به کلیه آنها ابلاغ نمایند.

۳- با توجه به اهمیت اجرای صحیح کلیه مراحل دستورالعمل، ضروریست تمام کارکنان مربوطه در زمینه آشنایی با این دستورالعمل دوره آموزشی لازم را طی نمایند.

۴- کلیه دستورالعمل‌های داخلی شرکت‌ها که توسط واحدهای ذیربط تهیه و ابلاغ می‌گردد، نباید در هیچ شرایطی ناقض مفاد این دستورالعمل یا مانع از اجرای سریع و بدون قید و شرط این دستورالعمل گردند. در صورت تشخیص هرگونه مغایرت در هر یک از بندهای این دستورالعمل با اصول اجرایی یا عملیاتی و ...، موارد باید کتبا به دفتر فنی و نظارت شبکه انتقال شرکت توانیر منعکس گردد.

۵- لازم بذکر است مرجع رفع هر گونه ابهام در تعریف و تفسیر مفاد این دستورالعمل معاونت هماهنگی انتقال - دفتر فنی و نظارت شبکه انتقال شرکت توانیر است.

۶- در مواردی که در این دستورالعمل پیش‌بینی لازم بعمل نیامده است، برحسب ضرورت، شرکت‌های زیرمجموعه می‌توانند نظراتشان را جهت بررسی و کسب تاییدیه لازم به دفتر فنی و نظارت شبکه انتقال شرکت توانیر ارسال نمایند. یادآور می‌شود تا کسب تاییدیه لازم توسط دفتر فنی و نظارت شبکه انتقال شرکت توانیر، نظرات پیشنهادی جنبه اجرایی نخواهد داشت.

### ۳. هدف

هدف از تدوین این دستورالعمل، ارائه الزامات حوزه بهره‌برداری، نگهداری و سرویس باتری‌های



سرب-اسیدی تر و ایجاد وحدت رویه در انجام برنامه‌های نگهداری و تعمیرات سالیانه در شبکه انتقال و فوق توزیع می‌باشد تا معایب این گونه باتری‌ها در مراحل ابتدایی مشخص و قبل از خروج از مدار یا آسیب به سایر تجهیزات و شبکه اقدامات موثر و پیشگیرانه به عمل آید.

#### ۴. محدوده اجرا

محدوده اجرای این دستورالعمل، کلیه شرکت‌های برق منطقه‌ای و شرکت مدیریت شبکه برق ایران می‌باشند.

#### ۵. دامنه کاربرد

این دستورالعمل بر کلیه باتری‌های سرب-اسیدی تر در شبکه انتقال و فوق‌توزیع در حوزه تحت پوشش شرکت‌های برق منطقه‌ای اعمال می‌گردد.

#### ۶. تعاریف

**باتری:** یک دستگاه ذخیره کننده الکتریسیته و تنها منبع توان الکتریکی قابل حمل است و به طور کلی انرژی را جهت بهره برداری در آینده ذخیره می‌سازد.

**الکترولیت:** الکترولیت در باتری‌ها عامل اصلی حرکت یون‌ها و انتقال آنها بین صفحات مثبت و منفی می‌باشد. الکترولیت باتری‌های اسیدی محلول رقیق شده اسید سولفوریک ( $H_2SO_4$ ) در آب مقطر است.

**باتری سرب-اسیدی:** الکتروود این دسته از باتری‌ها از نوع سرب و یا ترکیبات سرب بوده و الکترولیت آنها اسید سولفوریک رقیق است.

**سلول مرجع (پایلوت):** پس از انجام شارژ ابتدایی یا به منظور شروع یک سیکل تعمیر و نگهداری سالیانه، نیاز است که از میان سلول‌های با کمترین غلظت و کمترین ولتاژ، یک سلول به عنوان سلول مرجع (پایلوت) انتخاب شود. در تمام سال سرویسی پیش رو، پارامترهای خواندنی این سلول به عنوان پارامتر کل باتری تلقی می‌شود. هر سال دوره‌ای یک سلول مرجع جدید انتخاب می‌شود.



**غلظت یا چگالی:** عبارت است از نسبت وزن یک سانتی متر مکعب آب اسید به وزن یک سانتی متر مکعب آب خالص. واژه غلظت با نام‌های دانسیته، چگالی یا چگالی ویژه و وزن مخصوص نیز آورده می‌شود.

**غلظت سنج (هیدرومتر):** وسیله ایست جهت تعیین میزان الکترولیت که بر حسب گرم بر سانتی‌مترمکعب  $\text{gr/cm}^3$  یا کیلوگرم بر مترمکعب یا لیتر بیان می‌شود. میزان نرمال غلظت در باتری‌های سرب-اسیدی تر  $\text{gr/cm}^3$  ۱/۲۲۰ تا ۱/۲۴۰ می‌باشد.

**آب مقطر:** منظور آب بی‌یون و یا آب کانی زدایی شده و یا آب خالص صنعتی است. در [۱] و [۲] مشخصات استاندارد آب مقطر برای باتری‌های سرب-اسیدی مطرح شده است که با جمع‌بندی آنها، مشخصات استاندارد آب مقطر جهت استفاده در باتری‌های سرب-اسیدی کشور به شرح ذیل بیان می‌گردد:

- ۱- مقدار pH آن در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بین ۶/۵-۷/۵ باشد؛
- ۲- هدایت الکتریکی آن در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد کمتر از ۵ (پنج) میکروزیمنس بر سانتی‌متر باشد؛
- ۳- مواد جامد محلول<sup>۱</sup> (TDS) به مقدار کل مواد غیر فرار حل شده کمتر از ۳ (سه) میلی‌گرم بر لیتر (3 PPM) باشد.
- ۴- مقدار منگنز آن کمتر از ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر باشد؛
- ۵- مقدار آهن آن کمتر از ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر باشد؛
- ۶- مقدار کلراید آن کمتر از ۱ میلی‌گرم بر لیتر باشد؛

**شارژر:** شارژرها به منظور تبدیل ولتاژ AC به DC از طریق یکسوساز<sup>۲</sup>، جهت شارژ باتری و تامین بارهای DC در شرایط کار عادی پست بکار می‌روند.

<sup>۱</sup> Total Dissolved Solids

<sup>۲</sup> Rectifier



**اینورتر:** یک مبدل ولتاژ مستقیم به متناوب موسوم به اینورتر<sup>۱</sup> می‌باشد اینورتر این امکان را فراهم می‌آورد تا در هنگام قطع برق باتری، برق AC مورد نیاز را تامین کند.

**شارژ اولیه:** در هنگام راه‌اندازی باتری نصب شده از این روش شارژ استفاده می‌شود و در این حالت، شارژر باتری را تا وضعیت شارژ کامل شارژ می‌نماید. در حین شارژ اولیه، ولتاژ اعمالی به باتری از شارژ شناور و شارژ سریع (یا متعادل‌کننده) بیشتر است.

**شارژ شناور<sup>۲</sup>:** یک شارژ ولتاژ-ثابت اعمال شده به باتری به منظور حفظ آن در شرایط شارژ کامل با کمترین میزان فرسودگی یا مصرف آب.

**ولتاژ شناور:** ولتاژ اعمالی به باتری به هنگام انجام شارژ شناور.

**جریان شناور:** جریان جاری شده به هنگام انجام شارژ شناور.

**شارژ کامل:** هرگاه جریان شارژ تحت ولتاژ شارژ ثابت شود باتری شارژ کامل شده است حتی اگر چگالی الکترولیت تثبیت نشده باشد.

**شارژ برابرکننده<sup>۳</sup> (متعادل کننده):** به منظور اصلاح نامتعادلی و نابرابری ولتاژها (ولتاژ سلول‌ها)، غلظت الکترولیت‌ها یا حالت شارژ سلول‌ها که ممکن است حین سرویس و نگهداری آنها گسترش یافته باشد، یک نوع شارژ در سطحی بالاتر از ولتاژ شناور نرمال، برای یک مدت زمان محدود به باتری اعمال می‌شود که شارژ برابرکننده (متعادل کننده) نامیده می‌شود.

**ولتاژ برابرکننده (متعادل کننده):** ولتاژی که در آن شارژ برابرکننده (متعادل کننده) انجام می‌شود.

**ولتاژ نهایی دشارژ<sup>۴</sup>:** مقداری است که ولتاژ باتری به ازای جریان تخلیه مشخص، نباید از آن مقدار کمتر شود. ولتاژ نهایی تخلیه به منظور مشخص کردن ظرفیت نامی باتری به کار برده می‌شود.

<sup>1</sup> Inverter

<sup>2</sup> Float

<sup>3</sup> Equalizing

<sup>4</sup> Final Discharge Voltage



**آزمون ظرفیت:** تخلیه باتری تحت یک جریان یا توان ثابت است تا ولتاژ ترمینال باتری به مقدار

معینی برسد

**آزمون پذیرش (راه اندازی):** آزمون ظرفیت تحت جریان یا توان ثابت است که بر روی یک باتری نو

انجام می شود تا قابلیت آن در ارائه مشخصه‌ها و یا مقادیر نامی معرفی شده توسط سازنده محرز گردد.

**آزمون کارایی:** آزمون ظرفیت جریان-ثابت یا توان-ثابت است که پس از بهره برداری از باتری بر

روی آن انجام می شود تا هرگونه تغییر در ظرفیت آن در مقایسه با ظرفیت حاصله آن در آزمون پذیرش مشخص گردد.

**آزمون سرویس:** آزمون قابلیت باتری در شرایط واقعی (بار dc پست) جهت پاسخ دادن به به چرخه

کار<sup>۱</sup> باتری است.

**چرخه کار:** بارهایی که انتظار می رود باتری بتواند در حالیکه دارای حداقل ولتاژ معینی است، آنها را

در دوره های زمانی معین تغذیه کند.

**وارونگی پلاریته سلول:** در شرایطی که سلول کاملاً دشارژ و همچنان به بار متصل باشد و یا با

پلاریته معکوس شارژ شود، احتمال تغییر پلاریته آن وجود دارد که به آن پدیده وارونگی پلاریته گویند.

**سلول تر:** سلولی است که محصولات حاصل از الکترولیز و تبخیر حین تولید در آن، امکان ورود به

اتمسفر (جو) را دارد. این باتری ها به باتری های منفذ دار موسوم هستند.

**ظرفیت نامی باتری:** این کمیت الکتریکی مبین میزان انرژی تحویلی یک باتری (که توسط سازنده و

به صورت آمپر-ساعت اعلام و با حرف C نمایش داده می شود) به ازای یک زمان دشارژ معین، در یک

دما و غلظت مشخص الکترولیت، با ولتاژ پایان دشارژ مشخص می باشد.

این کمیت، قابلیت باتری در تامین یک جریان و یک بازه زمانی معین در دمای مشخص در حالیکه

ولتاژ خروجی بیش از مقدار حداقلی باشد، خواهد بود. این قابلیت در قالب جدولی از سوی سازنده برای

<sup>1</sup> Duty Cycle



هر نوع باتری اعلام می‌شود. دوره زمانی دشارژ مزبور در غالب باتری‌های موجود در پست‌ها ۱۰ ساعت و ولتاژ پایان دشارژ سلول‌ها ۱/۸ ولت است.

رک<sup>۱</sup> باتری (جایگاه باتری): سازه‌ای است که جهت نگهداری یک مجموعه باتری استفاده می‌شود که باید مقاوم در برابر خوردگی و استقامت مکانیکی در مقابل تکان‌های شدید ناشی از زلزله و همچنین قابلیت رول بولت شدن به زمین را داشته باشد.

کابینت باتری: سازه‌ای که جهت نگهداری و محصور کردن تعدادی باتری بکار می‌رود.

اتصال ترمینال: اتصالات میان سلول‌ها یا اتصالات مربوط به ترمینال‌های مثبت و منفی یک باتری است که شامل صفحه‌ها، ترمینال‌ها، کابل‌ها، بست‌ها و اتصال دهنده‌ها خواهد بود.

## ۷. دستورالعمل بهره‌برداری باتری‌های سرب - اسیدی تر

در راستای افزایش کیفیت بهره‌برداری باتری و نیز افزایش طول عمر مفید بهره‌برداری آنها نیاز است که مراقبت از باتری به بهترین شکل ممکن صورت گیرد. فعالیت‌های لازم در خصوص مراقبت باتری را می‌توان به دو حوزه کلی زیر تقسیم‌بندی نمود:

۱- بهره‌برداری

۲- سرویس و نگهداری

فعالیت‌های حوزه بهره‌برداری باتری باید توسط بهره‌برداری هر یک از شرکت‌های برق منطقه‌ای صورت گیرد و شامل بررسی شرایط ظاهری باتری است. مسئولیت سرویس و نگهداری باتری بر عهده شرکت‌های پیمانکار با کارفرمایی کلیه شرکت‌های برق‌های منطقه‌ای و شرکت مدیریت شبکه برق ایران خواهد بود.

در این بخش تلاش بر آن است که ملاحظات و فعالیت‌های حوزه بهره‌برداری درست و امن باتری‌های سرب-اسیدی تر مطرح گردد.

<sup>1</sup> Rak



## ۱-۷. بازدید روزانه باتری و باتریخانه

این نوع بازدید به منظور ارزیابی شرایط کلی ظاهری باتری و اتاق آن بصورت روزانه توسط اپراتور انجام می‌پذیرد. باید کلیه نتایج مربوط به این بازدید در برگه‌های بهره‌برداری مربوطه ثبت شوند. این موارد عبارتند از:

۱- سطح الکترولیت در همه سلول‌ها در محدوده مجاز قرار دارد. در غیر این صورت، باید ضمن ثبت شماره‌های آن سلول‌ها، با هماهنگی مسئول ذیربط، موضوع در اسرع وقت به پیمانکار سرویس و نگهداری اعلام گردد؛

۲- بدنه باتری تمیز بوده، هیچگونه ترک و نشتی بر روی آن نبوده و سطح فوقانی آن خشک و بدون برآمدگی باشد؛

۳- منفذ تخلیه هر یک از سلول‌ها تمیز و سالم باشد؛

۴- عدم خوردگی ترمینال‌ها، اتصالات، تسمه باتری‌ها، رک‌ها و کابینت‌ها و گزارش عیب احتمالی کنترل گردد؛

۵- بر روی تمامی اتصالات و سخت‌افزارها یک لایه نازک از گریس ضد اکسید (یا وازلین صنعتی) وجود داشته باشد؛

۶- رک تمیز، عاری از هرگونه زنگ‌زدگی و پایدار باشد. در صورت نیاز باید نظافت و گزارش صورت گیرد؛

۷- روشنایی باتریخانه مناسب (چراغ‌های ضد انفجار) باشد و عیوب احتمالی جهت رفع عیب گزارش گردند؛

۸- دمای باتریخانه در محدوده مجاز قرار داشته و از عملکرد صحیح تجهیزات سیستم تهویه (فن‌ها و دریچه‌ها) اطمینان حاصل شود؛

۹- از وجود کلیه تجهیزات ایمنی، دستکش ضد اسید، لباس یا پیش‌بند ضد اسید، محافظ صورت و ماسک، عینک، چکمه و نیز سلامت آنها اطمینان حاصل شود؛

۱۰- غلظت سنج (هیدرومتر) تمیز بوده و از سلامت اجزای آن اطمینان حاصل شود؛





۱۱- سیستم اطفاء حریق کلاس C در باتریخانه موجود باشد؛

۱۲- از وجود گالن آب مقطر در باتریخانه جهت موارد اضطراری اطمینان حاصل شود.

## ۲-۷. بررسی شرایط الکتریکی باتری

در این بخش تلاش بر آن است پارامترهای موثر بر شرایط الکتریکی باتری بازدید و بررسی شوند.

### ۱-۲-۷. قرائت ولتاژ و جریان

باید همواره از شرایط صحیح شارژ شناور باتری اطمینان حاصل نمود. بدین منظور نیاز است پرسنل مربوطه در بازه‌های زمانی ذیل اقدام به پایش آن و ثبت نتیجه در برگه‌های بهره‌برداری مربوطه نمایند.

۱- روزانه: باید در هر بازدید روزانه، ولتاژ و جریان پنل شارژر و در صورت وجود ولتاژ و جریان باتری قرائت و ثبت شده و اطمینان حاصل شود که ولتاژ شارژ شناور باتری در بازه قابل قبول قرار دارد (به بخش ۸-۵-۲ مراجعه شود)؛

۲- هنگام تغییر وضعیت ترانسفورماتور مصرف داخلی: هنگام جابجایی بار مصرف داخلی از یک ترانسفورماتور مصرف داخلی به ترانسفورماتور دیگر یا تغییر تپ آنها، نیاز است که پنل شارژر بازدید شده و اطمینان حاصل شود که ولتاژ شارژ شناور باتری در بازه قابل قبول قرار دارد؛

در صورتی که ولتاژ شناور باتری از محدوده مجاز خارج شده باشد، باید در سریع‌ترین زمان ممکن، با هماهنگی مسئولین مربوطه، جهت رفع عیب به پیمانکار سرویس و نگهداری اطلاع داده شود.

## ۸. دستورالعمل سرویس و نگهداری باتری‌های سرب-اسیدی تر

در فصل قبلی دستورالعمل بهره‌برداری صحیح باتری‌های سرب-اسیدی تر بیان شد که شامل بازدید چشمی و ظاهری شرایط کلی آن است. اما در این بخش تلاش بر آن است که حوزه سرویس و نگهداری این دسته از باتری‌ها به تفصیل تشریح شود.



با توجه به تخصصی بودن حوزه سرویس و نگهداری باتری، باید کلیه فعالیت‌های این حوزه توسط پرسنل مجرب شرکت پیمانکار (نگهداری و تعمیر) و به کارفرمایی کلیه شرکت‌های برق منطقه‌ای و شرکت مدیریت شبکه برق ایران انجام گیرد.

## ۸-۱. ایمنی و سلامت محیط کار



### هشدار ایمنی



باتری‌ها تجهیزات بالقوه خطرناکی هستند و از این رو لازم است اقدامات احتیاطی ویژه‌ای به هنگام سرویس و نگهداری و کار با آنها صورت گیرد. کار بر روی باتری‌ها تنها با استفاده از ابزار مناسب و تجهیزات حفاظتی ویژه مجاز می‌باشد. سرویس و نگهداری باتری باید توسط نیروی انسانی آگاه و مطلع از آموزش‌های ایمنی مربوطه انجام پذیرد.

- ✓ از وجود کلیه تجهیزات ایمنی، دستکش ضد اسید، لباس یا پیش بند ضد اسید، محافظ صورت و ماسک، عینک، چکمه و نیز شرایط سالم آنها اطمینان حاصل شود؛
- ✓ در زمان بازدید و سرویس باتری باید امکان شستشوی چشم‌ها و بدن مهیا بوده و عملکرد و تمیزی آن کنترل شود؛
- ✓ باتریخانه باید دارای سیستم تهویه و روشنایی مناسب باشد؛
- ✓ یک ظرف پلاستیکی پر از محلول خنثی‌ساز برچسب‌دار وجود داشته باشد. (طبق استاندارد مرجع [۳]، باید هر ۱۰۰ گرم جوش شیرین در یک لیتر استفاده شود)؛
- ✓ با توجه به وزن بالای باتری‌ها از ابزارهای مناسب (همچون بالابرهای کوچک) و نیز تکنیک‌های مناسب جهت جابجایی آنها استفاده گردد؛
- ✓ با احتیاط کامل بر روی باتری‌ها کار صورت گیرد چرا که خطر وارد آمدن شوک الکتریکی به فرد وجود دارد؛



- ✓ از هرگونه اتصال کوتاه بر روی هر سلول و یا مجموعه باتری اجتناب شود؛
- ✓ هیچگاه نباید اجسام و ابزار رسانا بر روی سلول قرار داده شوند؛
- ✓ از عایق بودن ابزار کار اطمینان حاصل شود؛
- ✓ تمیزی و ترک خوردگی قسمت لاستیکی غلظت‌سنج بررسی شود؛
- ✓ سیستم خاموش‌ساز آتش کلاس C کنترل و بررسی شود که آیا مطابق برنامه زمان‌بندی بازدید و تست شده است (طبق استاندارد NFPA، مرجع [۴]، نوع آتش به چند دسته تقسیم می‌شوند. که کلاس C معرف آن دسته از حریق‌هایی است که از سوی یک منبع الکتریکی تغذیه می‌شود). عمده‌ترین و رایج‌ترین وسیله اطفاء این نوع حریق CO<sub>2</sub> است و به هیچ وجه نباید از آب به عنوان خاموش‌کننده استفاده نمود؛
- ✓ در صورت پاشیده شدن اسید به داخل چشم و یا بر سطح پوست کاربر، محل آسیب دیده تا رفع حساسیت بوسیله آب شسته شود (زیر جریان آب قرار گیرد) و سپس اقدامات پزشکی صورت گیرد. در این هنگام از محلول جوش شیرین (بی کربنات سدیم) جهت پاک کردن اسید پاشیده بر چشم یا پوست استفاده نشود چرا که ممکن است سوختگی را تشدید نماید؛
- ✓ ورود مواد مشتعل، اجسام داغ و آتش‌گیر در باتریخانه ممنوع است؛
- ✓ استعمال دخانیات، ایجاد جرقه و نیز روشن نمودن هرگونه شعله آتش در باتریخانه ممنوع است؛
- ✓ از همراه داشتن هرگونه اجسام فلزی رسانا از قبیل زیورآلات (شامل حلقه، انگشتر، ساعت، دستبند، گردنبند و ...)، خودکار فلزی در جیب‌ها خودداری شود؛
- ✓ امکان خروج بدون مشکل و مانع از محدوده باتری و باتری‌خانه بررسی شود (در صورت نیاز به خروج از این محدوده، مانع یا عامل دست و پاگیری موجود نباشد)؛
- ✓ در صورتیکه سیستم پایش و مانیتورینگ باتری موجود است، از عملکرد صحیح آن اطمینان حاصل شود؛
- ✓ نیم ساعت قبل از صدور مجوز کار بر روی باتری نسبت به باز کردن درب باتریخانه و کنترل روشن بودن فن اقدام نماید؛
- ✓ به منظور جلوگیری از وقوع جرقه و یا آتش‌سوزی ناشی از وجود گاز هیدروژن، افراد باید پیش از کار بر روی باتری از طریق اتصال به نزدیک‌ترین شبکه زمین نزدیک به باتری نسبت به تخلیه



- الکتریسیته ساکن بر روی بدن و لباس خود اقدام نمایند؛
- ✓ استعمال دخانیات و نیز روشن نمودن هرگونه شعله آتش در باتری‌خانه ممنوع است و تابلوهای هشداردهنده "No Smoking" و "No Open Flame" در محلی نصب گردد که کاملاً برای شخصی در حال ورود به باتری‌خانه قابل رویت باشد؛
- ✓ از تکنیک‌های مناسب جهت جابجایی باتری‌ها با توجه به وزن بالای آن‌ها استفاده گردد؛

## ۲-۸. اطلاعات عمومی

- در صورت وجود هر یک از موارد زیر باید بررسی و دقت بیشتری صورت گیرد:
- ✓ مشاهده غلظت الکترولیت خارج از محدوده مجاز؛
  - ✓ ولتاژ یک سلول و یا مجموعه باتری خارج از محدوده مجاز؛
  - ✓ مشاهده مقدار مقاومت داخلی یک سلول خارج از محدوده مجاز؛
  - ✓ یک سلول و کل مجموعه باتری نیاز به اضافه کردن آب مقطر بیشتری داشته باشد؛
  - ✓ اعلام وجود مشکل در باتری‌های تحت بهره‌برداری توسط پرسنل و یا سازنده؛
  - ✓ تغییر شکل ظاهری باتری‌ها؛
  - ✓ افزایش بیش از حد گاز محصور شده در باتری‌خانه؛

## ۱-۲-۸. مستندسازی سوابق

- مستندات زیر پس از انجام در محل پست نگهداری گردد:
- ✓ مستندات تست‌های راه‌اندازی
  - ✓ مستندات تست و سرویس‌های دوره‌ای
  - ✓ مستندات تست و سرویس‌های اقتضایی
  - ✓ مستندات کاتالوگ و دستورالعمل سازنده
  - ✓ مستندات شناسنامه کار

## ۲-۲-۸. تجهیزات تخصصی مورد نیاز

- ✓ غلظت‌سنج (هیدرومتر) مناسب با وضعیت باتری



✓ ترمومتر (دماسنج) باتری

✓ آب مقطر

✓ قیف

✓ گریس باتری (ضد اکسید) یا وازلین صنعتی

✓ دستگاه تست امپدانس باتری

✓ محلول جوش شیرین<sup>۱</sup>

✓ ولتمتر دیجیتالی

✓ آمپر متر چنگکی DC

✓ دستگاه تست ظرفیت (Dummy Load)

✓ چراغ قوه غیرفلزی

### ۸-۳. بازدید دوره‌ای (فصلی) باتری و باتریخانه

هدف از بازدید دوره‌ای باتری و باتریخانه، ارزیابی ظاهری آنها و یافتن مشکلات خواهد بود. در بخش ۷-۱ بخشی از بازدیدهای ظاهری که باید توسط بهره‌بردار پست‌های برق انجام گیرد، بیان شد. برخی از بازدیدهای ظاهری نیاز به تخصص بیشتری داشته و باید توسط پرسنل شرکت‌های پیمانکار سرویس و نگهداری صورت گیرد. پرسنل شرکت‌های پیمانکار سرویس و نگهداری باید هر سه ماه یکبار، نسبت به بازدید باتری و باتریخانه و انجام کلیه موارد مورد مطرح شده زیر اقدام نموده و کلیه نتایج بازدید را در "فرم بازدید دوره‌ای (فصلی) باتری" و "فرم بازدید دوره‌ای (فصلی) باتریخانه" ثبت نماید.

۱- همه سلول‌ها دارای شماره بوده و از درست بودن آنها اطمینان حاصل شده است؛

۲- برچسب علائم مخصوص بر روی بدنه سلول موجود است. این برچسب باید حاوی نام سازنده،

سال ساخت، نوع محفظه، نوع صفحه مثبت و آمپر ساعت سلول باشد؛

<sup>1</sup> Baking Soda



- ۳- علائم مربوط به حداقل و حداکثر الکترولیت بر روی بدنه همه سلول‌ها موجود است؛
- ۴- سطح الکترولیت در همه سلول‌ها در محدوده مجاز قرار دارد؛
- ۵- فواصل مجاز بین سلول‌های باتری طبق دستورالعمل سازنده رعایت شده است؛
- ۶- بدنه کلیه سلول‌های باتری تمیز بوده، هیچگونه ترک و نشی بر روی آنها نبوده و سطح فوقانی آنها خشک و بدون برآمدگی باشد؛
- ۷- منفذ تخلیه هر یک از سلول‌ها تمیز و سالم است؛
- ۸- هیچگونه ترک خوردگی یا تغییر شکل در قسمت پایینی مهر و موم قطب (اتصال قطب) و نیز قسمت زیرین درپوش سلول رخ نداده است؛
- ۹- قطب‌های هر سلول بررسی شود تا در صورتی که آن قطب‌ها در مقایسه با قطب‌های دیگر سلول‌ها به سمت بالا کشیده شده‌اند یا در سطح بالاتری قرار دارند، شناسایی گردند؛
- ۱۰- صفحات فلزی داخلی باتری بررسی شده و از عدم ایجاد رسوب بیش از حد درکف سلول اطمینان حاصل گردد. در صورت مشاهده شرایط غیر معمول باید اقدامات اصلاحی انجام شود (صفحات و جداکننده‌های تاب برداشته، قطب‌ها به سمت بالا کشیده شده، رسوب بیش از حد در ته سلول، صفحاتی که پایین‌تر از بقیه صفحات افتاده‌اند و غیره)؛
- ۱۱- رنگ صفحات درون هر سلول طبیعی و نرمال (بر اساس اطلاعات منتشر شده سازنده) است؛

**نکته:** به طور معمول در شرایط شارژ کامل بودن باتری، صفحات مثبت به رنگ قهوه‌ای شکلاتی سیر<sup>۱</sup> هستند. صفحات منفی در حالت عادی به رنگ خاکستری ملایم<sup>۲</sup> هستند. حلقه افقی از رسوبات سفید در اطراف صفحات و در داخل محفظه بیانگر هیدراتاسیون است. این نتیجه حاصل از سولفات سرب از محلول پس از شارژ کردن سلولی که بیش از حد تخلیه شده و یا پس از شارژ کردن یک سلول تخلیه شده که پس از تخلیه بلافاصله شارژ نشده است (تأخیر در شارژ کردن یک سلول تخلیه شده). چنانچه رنگ صفحات منفی سلول به قرمز متمایل شود نشان دهنده وجود ناخالصی مس است و لذا سلول باید در اولین فرصت ممکن تعویض گردد.

- ۱۲- از سولفات نبودن صفحات سلول اطمینان حاصل شود؛

<sup>1</sup> Deep Chocolate-brown Color

<sup>2</sup> Medium Gray



- توجه: سولفات‌ها شدن در لبه‌های صفحه مثبت با تاباندن نور (همچون چراغ قوه غیرفلزی) بر صفحات مشخص می‌شود چرا که صفحات سولفات‌ها نور را منعکس می‌نمایند؛
- ۱۳- بررسی و اطمینان از سالم بودن چفت و بست‌ها، دریچه، کابل‌های نگهدارنده و ریل‌ها؛
- ۱۴- عدم خوردگی ترمینال‌ها، اتصالات، تسمه باتری‌ها، رک‌ها و کابینت‌ها؛
- ۱۵- بررسی تمامی جعبه فیوزها، خوردگی فیوزها و کابل‌ها، قطعی اتصالات و معیوب بودن جداره خارجی فیوزها؛
- ۱۶- میزان سفت بودن اتصالات بر اساس دستورالعمل و مقادیر گشتاور اعلامی سازنده بررسی شوند. اگر مقدار گشتاور معینی برای این امر از سوی سازنده بیان نشده باشد، اعمال گشتاوری معادل ۷۰ اینچ-پوند (معادل با ۷/۹۱ نیوتن-متر) پیشنهاد می‌شود [۸]؛
- ۱۷- بر روی تمامی اتصالات و سخت‌افزارها یک لایه نازک از گریس ضد اکسید (یا وازلین صنعتی) وجود دارد؛
- ۱۸- رک تمیز، عاری از هرگونه زنگ زدگی و پایدار است؛
- ۱۹- اتصالات ارت به رک برقرار است (کنترل و بررسی پیوستگی سیستم زمین کنسول باتری با شبکه زمین پست انجام شده است)؛
- ۲۰- در صورت لزوم برای تاسیسات لرزه‌ای بازدیدهای ذیل را انجام دهید.
- از وجود اسپیسر (جداکننده) میان هر دو سلول اطمینان حاصل شود؛
  - اسپیسرهای میان سلولی بازدید و سالم بودن آنها اطمینان حاصل شود (عدم شکستگی، پیچ خوردگی و...)
  - بررسی فاصله میان ریل‌های انتهایی و سلول‌های انتهایی باتری و اطمینان از آنکه این فواصل کمتر از ۰/۱۹ اینچ (تقریباً معادل ۴/۸ میلی‌متر) یا مقادیر اعلام شده سازنده است؛
- ۲۱- تمامی قسمت‌های اتاق باتریخانه تمیز بوده و پوشش سقف و دیوارها عاری از هر گونه خرابی (پوسته پوسته شدن رنگ) است. در صورت نیاز باید نظافت صورت گیرد؛
- ۲۲- روشنایی باتریخانه مناسب (چراغ‌های ضد انفجار) است؛



۲۳- دمای باتریخانه در محدوده مجاز قرار دارد و از عملکرد صحیح تجهیزات سیستم تهویه (فن‌ها و دریچه‌ها) اطمینان حاصل شده است؛

۲۴- اطمینان از وجود کلیه تجهیزات ایمنی، دستکش ضد اسید، لباس یا پیش بند ضد اسید، محافظ صورت و ماسک، عینک، چکمه و نیز سلامت آنها بررسی شده است؛

۲۵- از وجود ابزارآلات عایق در باتریخانه اطمینان حاصل شده است؛

۲۶- غلظت سنج (هیدرومتر) تمیز بوده و از سلامت اجزای آن اطمینان حاصل شده است؛

۲۷- از وجود گالن آب مقطر در باتریخانه جهت موارد اضطراری اطمینان حاصل شود؛

۲۸- از وجود یک گالن برچسب‌دار کاملاً پر محلول خنثی‌ساز در باتریخانه اطمینان حاصل شده است؛

۲۹- عملکرد جایگاه شستشو چشم و نیز محل شستشوی بدن در باتریخانه بررسی و عملکرد آنها صحیح است؛

۳۰- سیستم اطفاء حریق کلاس C در باتریخانه موجود است. تاریخ شارژ و تست آن کنترل گردد.

## ۸-۴. اندازه‌گیری پارامترهای باتری

اندازه‌گیری پارامترهای باتری به منظور دستیابی به اهداف ذیل صورت می‌پذیرد:

- آیا باتری مشخصات خود یا مقادیر نامی کارخانه‌ای خود و یا هر دو را اقلان می‌نماید یا خیر؟
- بصورت دوره‌ای بررسی شود که آیا عملکرد باتری در محدوده قابل قبول قرار دارد یا خیر؟
- در صورت نیاز، آیا باتری الزامات طراحی سیستمی که به آن متصل است را برآورده می‌سازد یا خیر؟

## ۸-۴-۱. اندازه‌گیری دما

تمامی سلول‌ها باید در دمای محیطی یکسانی باشند. دمای استاندارد باتریخانه ۲۵ درجه سانتی‌گراد است اما بازه دمایی ۱۶ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد قابل قبول است [۶-۷]. نباید اختلاف دمای سلول‌ها بیش از ۵ درجه فارنهایت (تقریباً معادل با ۳ درجه سانتی‌گراد) شود که در غیر این صورت امکان ناکافی بودن سیستم تهویه وجود دارد [۶-۷].





باتری باید بگونه‌ای در باتریخانه جاسازی و تعبیه گردد که نورخورشید یا لوازم گرم کننده (هیترها) یک بخش از آن را تحت تاثیر قرار ندهند زیرا که اگر تعدادی از سلول‌های باتری در طول مدت بهره‌برداری گرمتر از مابقی آن باشد، این سلول‌ها نرخ دشارژ داخلی بالاتری خواهند داشت و ظرفیت آنها به تدریج کمتر از بقیه خواهد شد.

در شرایط عادی و نرمال نباید اجازه داد که دمای الکترولیت سلول‌های باتری از ۳۸ درجه سانتی‌گراد بیشتر شود. بطور تقریبی به ازای هر ۸ درجه افزایش دمای بهره‌برداری سلول، عمر باتری را نصف می‌نماید بگونه‌ای که بهره‌برداری باتری در دمای ۳۳ درجه سانتی‌گراد، تقریباً عمر باتری را نصف می‌کند [۶].

میزان دمای اتاق، قبل از اندازه‌گیری دمای سلول‌ها، سنجیده و ثبت گردد.

در برنامه تعمیر و نگهداری باتری، میزان دما در تمامی سلول‌ها همزمان با غلظت‌گیری، بصورت فصلی (هر سه ماه یکبار) اندازه‌گیری و ثبت می‌شود.

تذکر: در زمان شارژ اولیه باتری‌ها با توجه به دستورالعمل سازنده دمای سلول‌ها از مقدار توصیه شده فراتر نرود.

#### ۸-۴-۲. تست ترموویژن اتصالات

در صورت وجود یک دوربین مادون قرمز مناسب میزان دمای اتصالات باتری در حین بارگیری (در زمان خروج شارژر) سالی یکبار اندازه‌گیری می‌شود. اگر یک و یا بیش از یک اتصال ضعیف یا سولفات شده باشد، دمای آنها بیش از دمای سایر اتصالات خواهد بود. دوربین مذکور باید دارای برچسب کالیبراسیون معتبر باشد.

#### ۸-۴-۳. اندازه‌گیری غلظت الکترولیت باتری

اندازه‌گیری غلظت الکترولیت باید با استفاده از یک غلظت‌سنج دقیق صورت گیرد. بطور عمده سه نوع غلظت‌سنج موجود است که عبارتند از: شناور، سرنگی و الکترونیکی (دیجیتالی).



روند کلی اندازه‌گیری غلظت سلول‌های یک باتری به قرار زیر است:

- ۱- استخراج مقادیر قابل قبول غلظت: بر اساس داده‌های سازنده باتری مقادیر قابل قبول غلظت سلول اقتباس گردد. اگر مقادیری توسط سازنده پیشنهاد نشده میزان قابل قبول غلظت برای باتری‌های سرب-اسیدی تر کامل شارژ شده  $1/22 - 1/24$  گرم بر سانتی‌متر مکعب در نظر گرفته می‌شود؛
- ۲- بررسی ظاهری سطح الکترولیت درون سلول: هنگام اندازه‌گیری غلظت، سطح الکترولیت سلول باید در محدوده مجاز نشان داده شده بر روی محفظه سلول باشد (در سلول‌هایی که نشانگر حد ماکزیمم وجود ندارد، باید سطح الکترولیت حداقل  $10$  میلی‌متر بالاتر سطح صفحات باشد). در صورت کاهش یافتن، فقط آب مقطر به سلول اضافه شود تا سطح الکترولیت سلول به حد ماکزیمم مورد اشاره برسد؛
- ۳- اندازه‌گیری غلظت هر سلول: با استفاده از غلظت‌سنج غلظت هر یک از سلول‌ها اندازه‌گیری شود.



### تذکر



اندازه‌گیری غلظت باید قبل از اضافه کردن آب (و یا اسید) صورت گیرد. به علت اینکه پس از افزودن آب به سلول، چندین ساعت طول می‌کشد تا الکترولیت کاملاً همگن شود، اندازه‌گیری بعد از اضافه کردن آب باید با تأخیر صورت گیرد. این تأخیر باید برای سلول‌های سرب-آنتیموان تحت شارژ شناور حداقل  $72$  ساعت و در سلول‌های سرب-کلسیم تحت شارژ شناور ممکن است  $6$  تا  $8$  هفته طول بکشد؛

- ۴- اصلاح غلظت بر اساس دمای محیط: مقدار غلظت بیان شده در بند اول به ازای دمای استاندارد  $25$  درجه سانتی‌گراد است و در صورتیکه دمای محیط غیر از آن باشد، باید غلظت‌های اندازه‌گیری شده در بند سوم را اصلاح نمود (از مقیاس دمای اندازه‌گیری به مقیاس دمای استاندارد منتقل نمود). بدین ترتیب به ازای افزایش هر  $1,667$  درجه سلسیوس (معادل با  $3$  درجه فارنهایت) فراتر از  $25$  درجه باید  $0,001$  به میزان غلظت‌های قرائت اضافه شده و به ازای هر  $1,667$  درجه کاهش باید  $0,001$  از غلظت‌های قرائت شده کسر گردد (یا به ازای افزایش یا کاهش هر یک درجه



سانتی‌گراد بیش از ۲۵ درجه باید ۰/۰۰۰۶ به ترتیب به میزان غلظت‌های قرائت شده اضافه نموده یا کسر نماید).

$$SG_{cor} = SG_C - \frac{(77 - T_{CF})}{3000} \quad (۱)$$

$$SG_{cor} = SG_C - \frac{(25 - T_{CC})}{1667} \quad (۲)$$

در روابط فوق  $SG_C$  غلظت اندازه‌گیری شده سلول برحسب گرم بر سانتی‌مترمکعب،  $SG_{cor}$  غلظت اصلاح شده بر اساس دما بر حسب گرم بر سانتی‌مترمکعب،  $T_{CF}$  دمای سلول بر حسب فارنهایت و  $T_{CC}$  دمای سلول برحسب درجه سانتی‌گراد خواهد بود.

۵- ثبت در فرم مربوطه: باید مقادیر غلظت اصلاح شده در فرم‌های پیوست ثبت شوند.

هنگام اندازه‌گیری غلظت باید موارد و نکات ذیل را رعایت نمود:

❖ قبل از شروع اندازه‌گیری غلظت باید محفظه شیشه‌ای و نیز کپسول شناور غلظت‌سنج را تمیز نموده و در صورت لزوم با آب و صابون شسته شوند. شستشو باید به طور کامل با آب مقطر یا آب بدون املاح معدنی صورت گرفته و پس از آن بطور کامل خشک شود تا الکترولیت را آلوده نکند؛

❖ به علت جلوگیری از آلودگی احتمالی، هرگز نباید از غلظت‌سنجی که در سلول‌های نیکل-کادمیوم (NiCd) استفاده شده در سلول‌های سرب-اسید استفاده شود؛

❖ پس از اتمام اندازه‌گیری غلظت یک سلول، الکترولیت را به آن سلول برگردانده و از خالی شدن کامل محفظه غلظت‌سنج اطمینان حاصل شود چراکه الکترولیت یک سلول ممکن است بر اندازه‌گیری غلظت سلول دیگر اثرگذار باشد؛

❖ مشکل رایج به هنگام اندازه‌گیری غلظت الکترولیت، ریختن و یا چکیدن الکترولیت از نازل غلظت‌سنج است. در این صورت باید نسبت به خنثی‌سازی الکترولیت ریخته شده و نیز پاک کردن آن اقدام شود.

در برنامه سرویس و نگهداری باتری، اندازه‌گیری غلظت الکترولیت باتری باید در وضعیت شارژ کامل



و به قرار زیر انجام پذیرد:

۱- فصلی: در برنامه سرویس و نگهداری باتری، هر سه ماه یکبار باید میزان غلظت در تمامی

سلول‌های باتری اندازه‌گیری و در برگه تست ثبت شود.

۲- پس از شارژ برابرکنندگی: پس از اعمال هرگونه شارژ برابرکنندگی به باتری نیاز است غلظت

آن اندازه‌گیری شود (شارژ برابرکنندگی از سولفاته شدن صفحات جلوگیری می‌کند). بدین منظور

باید در حین انجام شارژ برابرکنندگی، ۱۵ دقیقه پس از توقف عمده تولید حباب و گاز، غلظت

همه سلول‌های باتری اندازه‌گیری و در فرم مربوطه ثبت گردد. اگر روند افزایش غلظت دو سلولی

که کمترین مقدار غلظت را دارند در بازه زمانی یک-هشتم انتهایی دوره شارژ متعادل‌کنندگی

متوقف نشده باشد، نیاز است باتری همچنان تحت شارژ متعادل‌کنندگی باشد.



### تذکر



تذکر ۱: غلظت‌سنج‌های دیجیتال باید سالانه کالیبره شوند؛

تذکر ۲: حداکثر عمر قابل قبول غلظت‌سنج‌های غیردیجیتال ۳ سال است و باید هر ۲-۳ سال یکبار

تعویض گردند.

### ۸-۴-۴. اندازه‌گیری ولتاژ شناور باتری

اندازه‌گیری ولتاژ شناور باتری یک رویه مرسوم در پروسه سرویس و نگهداری باتری است. در

باتری‌های سرب-اسیدی این ولتاژ بصورت اختلاف پتانسیل میان سرب و اکسید سرب تعبیر می‌شود.

ولتاژ دو سر ترمینال یک مجموعه باتری باید برابر با مقدار ولتاژ تنظیمی شارژر باشد (بدون در نظر

گرفتن تلفات کابل و پل DC). این بدان معنی است که اندازه‌گیری ولتاژ سلول‌ها فقط مبین وضعیت

شارژ سلول است و هیچگونه نشانه‌ای از وضعیت سلامت آن را در بر ندارد. ولتاژ شناور نرمال تنها و تنها

بیان کننده شارژ کامل بودن یک سلول است. با این وجود، ولتاژ شناور غیر نرمال یک سلول گویای

مشکل در وضعیت آن است که می‌تواند حاکی از اتصال کوتاه شدن برخی از صفحات درون سلول باشد.

هنگامی که ولتاژ شناور یک سلول کم باشد، با توجه به خروجی ثابت شارژر، ولتاژ باتری به دیگر



سلول‌های آن مجموعه باتری اعمال شده که سبب اضافه شارژی آنها می‌شود. این امر سبب افزایش دما، کم شدن آب و نیز تسریع خوردگی در سلول‌ها با ولتاژ بالا خواهد شد.

برای اندازه‌گیری ولتاژ شناور باتری، ولت‌متر دقیق دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ ولت که تنها برای باتریخانه پست استفاده شود، نیاز است و باید حداقل سالی یکبار نیز کالیبره گردد. باید نهایت مراقبت در نگهداری این ولت‌متر و نیز هنگام استفاده از آن را بکار برد. برای اندازه‌گیری ولتاژ به هیچ وجه نباید از میترهای معمولی یا میترهای الکتریکی چند کاره استفاده نمود.

اندازه‌گیری ولتاژ باتری مطابق برنامه ذیل باید صورت گیرد:

#### ۱- هنگام انجام شارژ برابرکنندگی: هنگامی که باتری تحت شارژ برابرکنندگی قرار دارد، درست

پیش از پایان یافتن شارژ نیاز است ولتاژ دو سلول معین را، سلول دارای بیشترین ولتاژ و سلول دارای کمترین ولتاژ (باید این دو سلول از قبل مشخص بوده و هنگام شارژ اولیه باتری علامت‌گذاری شده باشند)، اندازه‌گیری و ثبت شود. اگر اختلاف ولتاژ میان این دو سلول بیش از اختلاف ثبت شده به هنگام شارژ اولیه آنها باشد، باید شارژ برابرکنندگی ادامه پیدا کند؛

#### ۲- فصلی: هر سه ماه یکبار، باید با استفاده یک ولت‌متر دیجیتال دقیق ولتاژ شناور همه سلول‌های

باتری و نیز ولتاژ ترمینال باتری اندازه‌گیری و در تست شیت ثبت گردند. این اندازه‌گیری‌ها و قرائت‌ها باید به سرعت انجام شود. علاوه بر این، باید ولتاژ اندازه‌گیری شده ترمینال باتری با ولتاژ خروجی شارژر (که بروی پنل آن قابل رویت و قرائت است) مقایسه شده و در صورت وجود اختلاف باید در سریع‌ترین زمان ممکن، با هماهنگی با مسئولین مربوطه، جهت رفع عیب آن اقدامات لازم صورت گیرد.

**تبصره:** اندازه‌گیری ولتاژ شناور سلول‌ها می‌تواند قبل از شروع غلظت‌گیری باتری‌ها انجام پذیرد.

#### ۸-۴-۵. مقاومت اتصالات

اتصالات باتری باید مسی با روکش سربی و عایق‌های مخصوص قطب‌ها و اتصالات باشد و مقاومت این اتصالات از لحاظ الکتریکی و ایمنی در برابر اتصال کوتاه مطلوب باشد.



- ✓ با استفاده از یک میکرواهم‌متر دقیق میزان مقاومت اتصالات بین سلولی<sup>۱</sup> اندازه‌گیری و ثبت شود. مقادیر اندازه‌گیری شده باید به ازای هر اتصال کمتر از ۵۰ میکرواهم باشند.
- ✓ زمانی که مقادیر قرائت شده نامعمول بود، اتصالات را پس از تمیز نمودن، سفت کرده و در صورت لزوم (خوردگی و یا سولفاته شدن) تسمه‌ها را تعویض کنید.
- ✓ بعد از انجام تعمیرات لازم، تمامی اتصالات با یک لایه نازک از گریس ضد اکسید یا وازلین صنعتی پوشانده شود.



### تذکر



- تذکر ۱: هنگام اندازه‌گیری با استفاده از میکرواهم‌متر، گیره‌ها (پراب‌ها) باید بصورت عمود بر قطب‌های سلول‌ها نگه داشته شوند؛
- تذکر ۲: باید کلیه اندازه‌گیری‌های مقاومت اتصالات بر حسب میکرواهم باشد و اندازه‌گیری در دیگر مقیاس‌ها از جمله میلی‌اهم قابل قبول نیست.

برنامه‌های زمانی مختلفی جهت مقاومت اتصالات وجود دارد که می‌توان به ۲ بازه تقسیم نمود:

- (۱) بعد از نصب: پس از نصب باتری در باتریخانه و در شروع دوره بهره‌برداری، با استفاده از یک میکرواهم‌متر دقیق مقاومت تمامی اتصالات اندازه‌گیری شده و در برگه تست ثبت می‌شود. همانگونه که بیان شد مقادیر باید کمتر از ۱۰۰ میکرواهم باشند (به ازای هر دو اتصال). این مقادیر ثبت شده به عنوان معیار جهت اندازه‌گیری‌های بعدی در نظر گرفته می‌شود. برای اطلاعات بیشتر در این زمینه به مرجع [۳] مراجعه شود.
- (۲) سالانه: مقادیر مقاومت تمامی اتصالات مجدداً اندازه‌گیری شده و با مقادیر مرجع مقایسه می‌گردد. اگر مقادیر مقاومت‌ها بیش از ۲۰ درصد افزایش یافته بود اتصالات تمیز و با گریس ضد اکسید و یا وازلین صنعتی گریس‌کاری و سپس سفت شده<sup>۲</sup> و در پایان کار، دوباره

<sup>۱</sup> Inter-cell connector

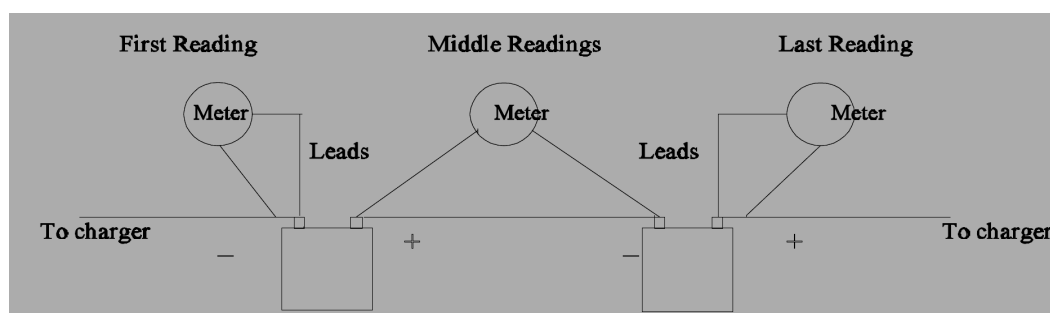
<sup>۲</sup> Retorque



مقاومت اندازه‌گیری می‌شود. در انتها نتایج تست‌ها پیش و پس از اقدامات اصلاحی ثبت گردد.

شمای کلی روش پیشنهادی برای اندازه‌گیری سالانه مقاومت اتصالات باتری با استفاده از میکرو اهم‌متر در شکل (۱) نشان داده شده است:

❖ تذکر: از قرار دادن پراب‌های یک میکرواهم‌متر در بین قطب‌های مثبت و منفی یک و یا چند سلول خودداری نمایید. زیرا ممکن است اهم‌متر آسیب دیده و سبب وقوع جرقه در باتری گردد.



شکل (۱): نحوه اندازه‌گیری مقاومت اتصالات سلول ابتدایی، سلول‌های میانی و سلول انتهایی باتری با استفاده از میکرواهم‌متر

مراحل انجام اندازه‌گیری مقاومت اتصالات به قرار زیر است:

- ۱) قبل از انجام این تست، باید مطمئن بود که باتری در حالت شارژ شناور قرار دارد. از یک میکرواهم‌متر دقیق استفاده شده و تنظیم آن در کمترین مقیاس ممکن قرار گیرد.
- ۲) در سلول شماره یک اولین اندازه‌گیری بین اتصالات کابل به اولین قطب انجام شده و در "فرم اندازه‌گیری مقاومت اتصالات باتری" ثبت شود. بطور معمول مقدار این مقاومت نصف مقادیر اندازه‌گیری شده اتصالات میانی می‌باشد.
- ۳) دومین اندازه‌گیری بین قطب‌های با پلاریته مخالف (نه اتصالات) دو سلول مجاور (سلول‌های شماره ۱ و ۲) صورت می‌پذیرد. این کار در شکل بالا برای قطب مثبت سلول اول و قطب منفی سلول دوم صورت گرفته است. در واقع این مقدار برابر مجموع مقاومت دو اتصال (یک اتصال از هر قطب) و رابط بین دو سلول مجاور می‌باشد. همچنین مقدار آن بطول معمول دو برابر



مقادیر مقاومت اندازه‌گیری شده اتصالات ابتدا و انتها (اولین و آخرین اندازه‌گیری) می‌باشد.

(۴) مابقی اندازه‌گیری‌های میانی برای سلول‌های بعدی سلول به سلول انجام می‌شود.

(۵) آخرین اندازه‌گیری بین آخرین قطب از آخرین سلول و اتصالات کابل مطابق شکل فوق صورت می‌گیرد.

(۶) باید مقادیر اندازه‌گیری شده مطابق روند ذیل تحلیل شوند: مقاومت ترمینال مثبت و منفی باتری (سلول ابتدایی و انتهایی) نباید از تقریباً نصف مقاومت اتصالات بین سلولی بیشتر باشد. اختلاف میان این دو مقدار (مقاومت ترمینال مثبت و منفی باتری)، نباید بیش از ۲۰٪ باشد. علاوه بر این، مقاومت هیچ یک از اتصالات بین سلولی نباید مطابق رابطه ذیل، بیش از ۲۰٪ بزرگتر از کمترین مقاومت اندازه‌گیری شده باشد. علاوه بر این، افزایش مقاومت هیچ یک از اتصالات نباید نسبت به مقدار مرجع و مبنای خود (که در زمان راه‌اندازی ثبت شده‌اند) بیش از ۲۰٪ باشد.

$$R_{High} \leq 1.2R_{Low} \quad (3)$$

(۷) اگر مقدار قرائت شده مقاومت یکی از اتصالات بالا باشد، مقاومت میان هر قطب و اتصال آن قطب اندازه‌گیری شده تا مشخص شود که کدام یک از دو اتصال شرایط بدی دارند. آن اتصال و تمامی اتصالات مشابه با وضعیت بد برای تعمیرات آتی علامت‌گذاری می‌شوند.

(۸) در صورت وجود اشکال در مقاومت اتصالات، جهت رفع عیب باید تمامی بارها و شارژر را از باتری جدا شوند. دقت شود که هیچ قطع و یا اتصالی به هنگام برقرار بودن جریان صورت نپذیرد. بعد از قطع بارها و شارژر، اتصالات مشکل‌دار تمیز شده و مجدداً سفت شوند (مجدداً و براساس مشخصات سازنده تحت گشتاور قرار گیرند) و سپس با گریس ضد اکسید و یا وازلین صنعتی گریس‌کاری شوند. اتصالات تعمیر شده دوباره تست شده و مقادیر آنها در "فرم اندازه‌گیری مقاومت اتصالات باتری" ثبت شود.

بسته به نوع پست سلول و نحوه اتصال بین سلولی، نحوه اندازه‌گیری مقاومت اتصالات می‌تواند متفاوت باشد که شرح کامل آن در بخش ۱۲ پیوست-الف آورده شده است و لازم است که گروه تعمیر و نگهداری حتماً پیش از اندازه‌گیری مقاومت اتصالات آنرا مطالعه نماید.





## ۸-۴-۶. اندازه‌گیری امپدانس باتری

امپدانس، مقاومت یا کندکنانس داخلی سلول سرب-اسیدی تر می‌تواند وضعیت داخلی سلول را تا حدودی آشکار سازد. در چرخه سرویس و نگهداری باتری، پس از آزمون کارایی، این آزمون مهمترین راه برای تشخیص سلامت باتری به شمار می‌رود. با توجه به اهمیت این تست، کارخانه‌های سازنده باتری باید فهرست مقادیر نرمال و مورد انتظار امپدانس، مقاومت یا کندکنانس داخلی باتری‌های خود را اعلام نماید و اگر کارخانه سازنده تمایلی به ارائه این اطلاعات نداشته باشد یا اعلام کند که این فهرست موجود نیست، نباید آن باتری خریداری شود.

روش تعریف شده استاندارد برای اندازه‌گیری امپدانس سلول باتری وجود ندارد. هر سازنده تجهیزات روش خاصی خود را ارائه می‌نماید. برای اندازه‌گیری امپدانس سلول، باید با استفاده از تجهیزات تست (تستر) سیگنالی به سلول اعمال شود و آنگاه با استفاده از تغییرات ولتاژ دو سر آن، امپدانس داخلی آن توسط تستر محاسبه می‌شود. سیگنال اعمالی تسترها می‌تواند از نوع DC یا AC باشد. اندازه‌گیری امپدانس باتری، در مقایسه با دیگر پارامترهای باتری، به شدت به شرایط محیطی، بهره‌برداری، نوع دستگاه تست و روش اندازه‌گیری بستگی دارد. از این رو در انجام این تست، به عنوان یک آزمون تشخیصی نسبی شرایط سلامت باتری، باید کلیه موارد ذیل به دقت رعایت شود و حتی عدول از یک مورد هم جایز نخواهد بود:

۱- به عنوان مهمترین مسئله، باید همواره از یک دستگاه تست مشخص (همان نوع و مدل سازنده، نوع رابط و کلمپ، نسخه نرم‌افزار/سخت‌افزار مورد استفاده در آن و غیره) استفاده شود. امپدانس اندازه‌گیری شده یک سلول بستگی به نوع سیگنال اعمالی توسط دستگاه تستر (نرخ تغییرات و دامنه محرک) دارد. بنابراین اگر برای اندازه‌گیری امپدانس داخلی یک سلول از تجهیزات تست با روش‌های مختلف استفاده شود، مقادیر اندازه‌گیری شده متفاوت خواهد بود و امکان مقایسه آنها وجود ندارد هرچند که همه آن روش‌ها بر روی یک سلول اعمال شده‌اند. لذا به عنوان مهمترین مسئله باید همواره از یک دستگاه تست مشخص (همان نوع و مدل سازنده) استفاده شود تا بتوان مقادیر را باهم مقایسه نمود و از روند تغییر مقادیر امپدانس اندازه‌گیری شده در گذر زمان بتوان به



## تغییرات امپدانس داخلی باتری پی برد؛

۲- رویه ثبت و بایگانی مقادیر از زمان راه‌اندازی آغاز شود بگونه‌ای که در هر زمان بتوان مقادیر اندازه‌گیری شده فعلی را با مقادیر مبنا (مرجع) و نیز مقادیر اندازه‌گیری شده قبلی مقایسه نمود. در صورت عدم ارائه مقادیر مرجع امپدانس سلول توسط سازنده باتری، باید ۶ ماه پس از شروع بهره‌برداری (راه‌اندازی)، امپدانس سلول‌های باتری اندازه‌گیری و در برگه‌های مربوطه به عنوان مقادیر مبنا و مرجع ثبت گردند. اندازه‌گیری امپدانس باید در شرایط شارژ کامل باتری و تحت شارژ شناور صورت گیرد؛

۳- به منظور اندازه‌گیری امپدانس داخلی سلول‌های یک باتری باید ابتدا مقاومت اتصالات را اندازه‌گیری نموده و اصلاحات احتمالی مورد نیاز را انجام داد. باید هشدار داد که هیچگاه پیش از اندازه‌گیری مقاومت اتصالات و انجام اقدامات اصلاحی احتمالی، اقدام به اندازه‌گیری امپدانس داخلی سلول‌ها نشود چرا که ممکن است یک اتصال با مقاومت بالا به اشتباه به شکل امپدانس داخلی بالای سلول دیده شود؛

۴- مقدار شارژ باتری. هنگام اندازه‌گیری امپدانس داخلی سلول‌ها، باتری باید کاملاً شارژ بوده و توسط شارژر در ولتاژ شناور باقی بماند؛

۵- اثرات دما بر امپدانس داخلی سلول. باید اندازه‌گیری امپدانس داخلی سلول همواره در دمای یکسانی (شامل دمای محیط و دمای الکترولیت) صورت گیرد. علاوه بر اندازه‌گیری امپدانس داخلی سلول‌ها، دمای محیط و نیز دمای الکترولیت سلول‌ها اندازه‌گیری و ثبت شود؛

□ اگر به هنگام اندازه‌گیری امپدانس، دمای الکترولیت متفاوت از دمای مقادیر مرجع و نیز دیگر آزمون‌های امپدانس قبلی بوده و نیز امکان ایجاد دمای مقادیر مرجع و آزمون‌های قبلی وجود ندارد، باید از سازنده دستگاه تستر ضرایب اصلاح دمایی گرفته شود؛

□ توصیه می‌شود با توجه به تأثیر دمای الکترولیت بر مقادیر اندازه‌گیری شده امپدانس داخلی سلول، این آزمون همواره در فصل معینی همچون بهار صورت گیرد بطوری که دمای سلول



و باتریخانه همواره در مقدار ثابتی باشد.

۶- مقدار امپدانس اندازه‌گیری شده بشدت به شرایط سطح اتصال و محل اتصال تستر بستگی دارد. از این رو باید، در روند سرویس و نگهداری باتری، همواره در اندازه‌گیری‌ها امپدانس محل اتصال کلمپ، نوع آن و رابط و نیز دستگاه تستر (سازنده و مدل) یکسان باشد تا بتوان نتایج آزمون‌ها را با هم مقایسه نمود. برای اندازه‌گیری امپدانس، کلمپ رابط باید به قطب سلول متصل شود و در صورت در دسترس نبودن قطب، باید به تسمه یا صفحه ترمینال سلول متصل شود. توصیه نمی‌شود که برای اندازه‌گیری امپدانس، کلمپ به پیچ ترمینال متصل شود؛

۷- غلظت الکترولیت. به هنگام اندازه‌گیری امپدانس داخلی هر سلول باید غلظت آن مشابه آزمون امپدانس قبلی باشد؛

۸- ریپل / نویز حاصله از یکسو کننده‌ها، اینورترها، بارها و سایر منابع. در مقدار امپدانس اندازه‌گیری شده باتری اثرگذار بوده و بسته به مقدار آن، مقدار امپدانس قرائت شده متفاوت خواهد بود. با توجه به تصادفی بودن، متغیر بودن و نیز قابل توجه بودن میزان نویز، امکان تکرارپذیری امپدانس‌های قرائت شده ضعیف خواهد بود. این امر زمانی که در چندین مرتبه امپدانس یک باتری اندازه‌گیری می‌شود، به وضوح اثر خود را نشان می‌دهد؛

۹- محل اتصال کلمپ، ولتاژ سلول و دمای الکترولیت به منظور مرجع قرار دادن در اندازه‌گیری‌های آتی باید در "فرم اندازه‌گیری امپدانس داخلی باتری" ثبت گردد؛

۱۰- به هنگام انجام تست امپدانس، از اضافه و حذف نمودن مجموعه باتری‌های موازی خودداری شود.

۱۱- چیدمان و ساختار اتصالات بین سلول‌های باتری همواره یکسان باشد.



در اندازه‌گیری امپدانس داخلی سلول‌های باتری، باید دستورالعمل سازنده باتری ملاک عمل قرار گیرد، در صورت نبود این دستورالعمل، اندازه‌گیری امپدانس داخلی باید بصورت سالانه و با استفاده از دستگاه‌های تستر معتبر و با رعایت کلیه موارد یازده‌گانه فوق صورت گیرد.

در صورتیکه توافق خاصی میان بهره‌بردار و شرکت سازنده وجود نداشته باشد، می‌توان از جدول ذیل برای روندگیری امپدانس (یا مقاومت یا کندکتانس) داخلی باتری استفاده نمود [۷].

جدول (۱): مقادیر پیشنهادی برای امپدانس، کندوکتانس و مقاومت سلول‌های باتری‌های سرب اسیدی تر [۷].

ردیف	معیار اندازه‌گیری		
	امپدانس یا مقاومت	کندکتانس	
۱	میانگین مقدار ۴۰٪ سلول‌ها با کمترین مقدار امپدانس/مقاومت	میانگین مقدار ۴۰٪ سلول‌ها با بیشترین مقدار کندکتانس	نحوه محاسبه مقدار مرجع
۲	مقادیر همه سلول‌ها باید در بازه $\pm 5\%$ مقدار مرجع باشند.	مقادیر همه سلول‌ها باید در بازه $\pm 5\%$ مقدار مرجع باشند.	برای یک باتری نو یا با عمر بهره‌برداری کم (یکسال یا دو سال)
۳	مقادیر همه سلول‌ها باید در بازه $\pm 10\%$ مقدار مرجع باشند.	مقادیر همه سلول‌ها باید در بازه $\pm 10\%$ مقدار مرجع باشند.	برای باتری‌های کارکرده (بیش از یک یا دو سال)
۴	مقدار همه سلول‌ها کمتر از ۱۲۵٪ مقدار مرجع باشد.	مقدار همه سلول‌ها بیش از ۸۰٪ مقدار مرجع باشد	باتری در شرایط خوبی قرار دارد اگر:
۵	مقدار امپدانس/مقاومت سلول مشکوک در بازه ۱۶۷-۱۲۵٪ مقدار مرجع باشد. <sup>۲</sup>	مقدار کندکتانس سلول مشکوک در بازه ۶۰-۸۰٪ مقدار مرجع باشد. <sup>۱</sup>	نیاز است آزمون‌های اضافی بر روی سلول مشکوک صورت گیرد اگر:
۶	امپدانس/مقاومت آن بیش از ۱۶۷٪ مقدار مرجع باشد.	کندکتانس آن کمتر از ۶۰٪ مقدار مرجع باشد.	سلول باید تعویض گردد اگر:

<sup>۱</sup> این بازه برای راهنمایی است. ممکن است که ظرفیت سلولی که مقدار کندوکتانس آن کمتر از ۷۰٪ مقدار مرجع است کمتر از ۸۰٪ ظرفیت نامی سلول بوده و باید تعویض گردد.

<sup>۲</sup> این بازه برای راهنمایی است. ممکن است که ظرفیت سلولی که مقدار کندوکتانس آن بیش از ۱۳۰٪ مقدار مرجع است کمتر از ۸۰٪ ظرفیت نامی سلول بوده و باید تعویض گردد.



## تذکر



تذکر ۱: اگرچه آزمون امپدانس آزمونی کارا بوده و تا حدودی آشکارکننده وضعیت داخلی باتری است اما جایگزین تست ظرفیت نبوده و به کمک آن نمی‌توان مقدار دقیق ظرفیت باتری را پیش‌بینی نمود؛

تذکر ۲: آزمون امپدانس ابزاری برای سنجش و پایش یک باتری است که به کمک آن می‌توان سلول‌های مشکوک که نیاز به ارزیابی دقیق‌تر دارند، شناسایی کرد. هنگامیکه مقدار امپدانس سلول به نسبت به مقدار امپدانس مرجع آن سلول بطور قابل توجهی افزایش یابد، باید آزمون ظرفیت صورت گیرد تا مشخص شود که آیا این سلول‌های مشکوک واقعاً معیوب هستند یا خیر؛

تذکر ۳: تعبیر کیفی افزایش قابل توجه امپدانس امری سخت بوده و بسته به کاربرد و مدل باتری تعیین می‌گردد. بدین منظور کاربر باید با سازنده باتری و نیز سازنده تستر تماس برقرار نموده و میزان افزایش قابل توجه مشخص گردد.

## ۵-۸. اندازه‌گیری و رویه شارژ کردن باتری

### ۵-۸-۱. شارژ اولیه

هر باتری جدید یا هر باتری مجدد نصب شده باید در آغاز بهره‌برداری تحت یک شارژ اولیه بر اساس دستورالعمل سازنده، قرار گیرد.

در صورت نبود دستورالعمل سازنده جهت شارژ اولیه، باتری تحت ولتاژ برابرکنندگی اعلام شده توسط سازنده قرار می‌گیرد (در صورتی که باتری به سیستم متصل است باید اطمینان حاصل شود که ولتاژ اعمالی برای شارژ اولیه از ماکزیمم ولتاژ نامی بارها تخطی ننماید) و این ولتاژ تا زمانی که تمام سلول‌ها به صورت آزادانه و یکسان تولید حباب و گاز کرده و افزایش غلظت الکترولیت و نیز ولتاژ سلول متوقف شود، ادامه می‌یابد. در صورتی که محفظه سلول شفاف باشد، تولید گاز و حباب به راحتی قابل رؤیت است اما در صورت مات و کدر بودن محفظه سلول، این امر غیر ممکن است و در این موارد به منظور تعیین زمان پایان شارژ، از شاخص غلظت الکترولیت، ولتاژ سلول یا جریان شارژ استفاده می‌شود.



باید ولتاژ هر سلول درست در لحظه اتمام شارژ اولیه را در برگه تست ثبت نموده و سپس بلافاصله باتری تحت ولتاژ شناور نامی خود قرار گیرد. همچنین، میزان غلظت هر سلول باید ۲۰ دقیقه بعد از اتمام شارژ ثبت شود. باید نسبت به اصلاح مقادیر اندازه‌گیری شده غلظت الکترولیت تمامی سلول‌ها در مقیاس ۲۵ درجه سانتی‌گراد و ثبت آنها در برگه تست مربوطه اقدام شود. این مقادیر به عنوان مقادیر مرجع برای سرویس و نگهداری آتی باتری خواهد بود.

#### ۸-۵-۲. شارژ شناور

هنگامیکه که ولتاژ شارژ نمودن باتری اندکی بزرگتر از ولتاژ مدار باز آن باشد، باتری شناور قلمداد می‌شود. باتری باید بطور پیوسته در ولتاژ شناوری که شرکت سازنده توصیه می‌نماید، شارژ شود. اگر مقادیر ولتاژ شناور توسط سازنده پیشنهاد نشده باشد، میزان قابل قبول آن برای باتری‌های سرب-اسیدی تر در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و غلظت ۱/۲۱۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب مطابق جدول (۲) خواهد بود [۸]:

جدول (۲): مقادیر معمول و پیشنهادی ولتاژ شناور برای انواع باتری‌های سرب-اسیدی تر [۸].

ردیف	نوع سلول	تعداد سلول			
		۱	۲۴	۵۵	۶۰
۱	سرب-آنتیموان	۲/۱۷-۲/۱۵	۵۲-۵۱/۶	۱۱۸/۲۵-۱۱۹/۳۵	۱۲۹-۱۳۰
۲	سرب-کلسیم	۲/۲-۲/۳	۵۲/۸-۵۵/۲	۱۲۱-۱۲۶/۵	۱۳۲-۱۳۸
۳	ترکیب مجدد* <sup>۱</sup> (سیلد سل)	۲/۲۷	۵۴/۵	۱۲۴/۸۵	۱۳۶/۲
۴	سرب-سلنیوم	۲/۲۵	۵۴	۱۲۳/۷۵	۱۳۵

\*باتری مجدداً ترکیب شده هرگز نباید ولتاژی بیش از ۲,۴ ولت به ازای هر سلول داشته باشد.

در صورتیکه دمای میانگین سلول‌ها غیر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد باشد، باید ولتاژ شناور اعمالی به باتری

مطابق رابطه زیر اصلاح شود [۶]:

$$V_{TC} = [V_F + (77 - T_{CF}) * 0.003] * N_C \quad (۴)$$

$$V_{TC} = [V_F + (25 - T_{CC}) * 0.054] * N_C \quad (۵)$$

<sup>1</sup> Re-combination



که  $V_{TC}$  ولتاژ شناور اصلاح شده مورد نیاز باتری،  $V_F$  ولتاژ شناور باتری در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد (۷۷ درجه فارنهایت)،  $T_{CF}$  دمای میانگین سلول‌ها بر حسب درجه فارنهایت و  $T_{CC}$  دمای میانگین سلول‌های باتری بر حسب درجه سانتی‌گراد و  $N_C$  تعداد سلول‌های یک مجموعه باتری است. در صورتی که اندازه‌گیری دما بر حسب فارنهایت است از رابطه (۴) و اگر بر حسب درجه سانتی‌گراد است از رابطه (۵) برای اصلاح ولتاژ شناور باتری صورت گیرد.

برای اندازه‌گیری ولتاژ دو سر ترمینال‌های باتری به یک ولت‌متر دیجیتالی بسیار دقیق با رعایت کلیه الزامات بخش ۴-۴-۸ در این خصوص نیاز است. غیردقیق بودن ولت‌متر می‌تواند منجر به کمبود<sup>۱</sup> یا بیشبود شارژ<sup>۲</sup> و مسائل مربوطه گردد که عمر و سرویس‌دهی باتری را کاهش می‌دهد.

در بهره‌برداری یک باتری در حالت شناور ولتاژ اعمالی به ترمینال‌های آن مهم است نه ولتاژ در یکسوساز یا ولتاژ نمایش داده شده در پنل شارژر. گروه تعمیر و نگهداری باتری باید مطابق الزامات بخش ۴-۴-۸، هر فصل (هر سه ماه یکبار) با استفاده از آن ولت‌متر دیجیتالی با الزامات فوق‌الذکر، ولتاژ شناور دو سر ترمینال‌های باتری را اندازه‌گیری نموده و مقدار آن را با مقادیر مجاز شارژ شناور باتری مقایسه نماید. پس از آن، در صورت نیاز، ولتاژ خروجی یکسوساز بگونه‌ای تنظیم شود که ولتاژ شناور در دو سر ترمینال‌های باتری در محدوده مجاز قرار گیرد. علاوه بر این، در صورت نیاز، ولت‌مترهای یکسوساز و نیز ولت‌متر پنل (در صورتی که قابل تنظیم باشد) به گونه‌ای تنظیم شود که با ولتاژ اندازه‌گیری شده با ولت‌متر دیجیتال در دو سر ترمینال باتری مطابقت داشته باشد. به منظور تنظیم ولتاژ شناور باتری نباید به ولت‌متر یکسوساز اعتماد نمود چرا که این ولت‌متر معمولاً از دقت مورد نیاز برخوردار نیست.

**نکته:** جریان شناورسازی مورد نیاز برای نگهداری سلول‌های کلسیم-سرب در شارژ کامل در حدود یک-چهارم تا یک-سوم سلول‌های سرب-آنتیموانی بوده، اما ولتاژ شناور سلول‌های کلسیم-سرب معمولاً باید اندکی بیشتر باشد. سلول‌های سرب-سلنیومی در مقایسه با سلول‌های سرب-کلسیم به ولتاژ شناور اندکی بزرگتر نیاز دارند.

<sup>1</sup> Undercharge

<sup>2</sup> Overcharge



## ۸-۵-۳. شارژ برابر کنندگی<sup>۱</sup>

هدف از شارژ برابر کنندگی آن است اطمینان حاصل شود که هر صفحه درون هر سلول در شرایط شارژ کامل نگه داشته می‌شود. شارژ برابر کنندگی باید بر اساس دستورالعمل سازنده انجام شود. اگر مقادیر ولتاژ برابر کنندگی توسط سازنده پیشنهاد نشده باشد، میزان قابل قبول ولتاژ برابر کنندگی برای باتری‌های سرب-اسیدی تر در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و غلظت ۱/۲۱۵ گرم بر سانتی‌مترمکعب، مطابق جدول ذیل خواهد بود [۸]:

جدول (۳): مقادیر معمول ولتاژ برابر کنندگی برای انواع باتری‌های سرب-اسیدی تر [۸].

ردیف	نوع سلول	تعداد سلول			
		۱	۲۴	۵۵	۶۰
۱	سرب-آنتیموان	۲/۳۳-۲/۳۵	۵۶-۵۶/۵	۱۲۸,۲-۱۲۹,۳	۱۴۰-۱۴۱
۲	سرب-کلسیم	۲/۳۳-۲/۳۵	۵۶-۵۶/۵	۱۲۸,۲-۱۲۹,۳	۱۴۰-۱۴۱
۳	ترکیب مجدد <sup>۲</sup> (سیلد سل)	اختصاص نیافته	اختصاص نیافته	اختصاص نیافته	اختصاص نیافته
۴	سرب-سلنیوم	۲/۳۵	۵۶/۴	۱۲۹/۳	۱۴۱

\*باتری مجدداً ترکیب شده هرگز نباید ولتاژی بیش از ۲/۴ ولت به ازای هر سلول داشته باشد.

زمان، موارد و چگونگی اعمال شارژ برابر کنندگی به باتری باید بر اساس دستورالعمل کارخانه سازنده باتری صورت گیرد. در صورتی که در این زمینه اطلاعاتی از کارخانه سازنده در دسترس نباشد، در صورت رخ دادن یکی از شرایط زیر برای یک سلول، باید آن سلول در ولتاژ پیشنهادی کارخانه سازنده تحت شارژ برابر کنندگی قرار گیرد. قبل از شروع این نوع شارژ، باید سطح الکترولیت سلول‌ها را بررسی نموده و باید در همه سلول‌ها سطح الکترولیت در نشانگر سطح بالا قرار داشته باشد.

۱- پس از دشارژ سنگین بگونه‌ای ظرفیت باتری ۱۰٪ یا بیشتر کاهش یابد؛

<sup>1</sup> Equalize voltage

<sup>2</sup> Re-combination





۲- اگر در شرایط شناور باتری، غلظت الکترولیت هرسلول (پس از اصلاح بر اساس دمای زمان اندازه‌گیری) بیش از ۰/۰۱۰ گرم بر سانتی‌مترمکعب کمتر از مقدار غلظت در شرایط شارژ کامل باشد؛

۳- اگر در شرایط شناور باتری، ولتاژ سلولی بیش از ۰/۰۴ ولت کمتر از ولتاژ میانگین سلول‌ها باشد. ولتاژ میانگین سلول‌ها از تقسیم ولتاژ شناور اندازه‌گیری شده در دو سر ترمینال باتری بر تعداد سلول‌های آن رشته<sup>۱</sup> بدست می‌آید؛

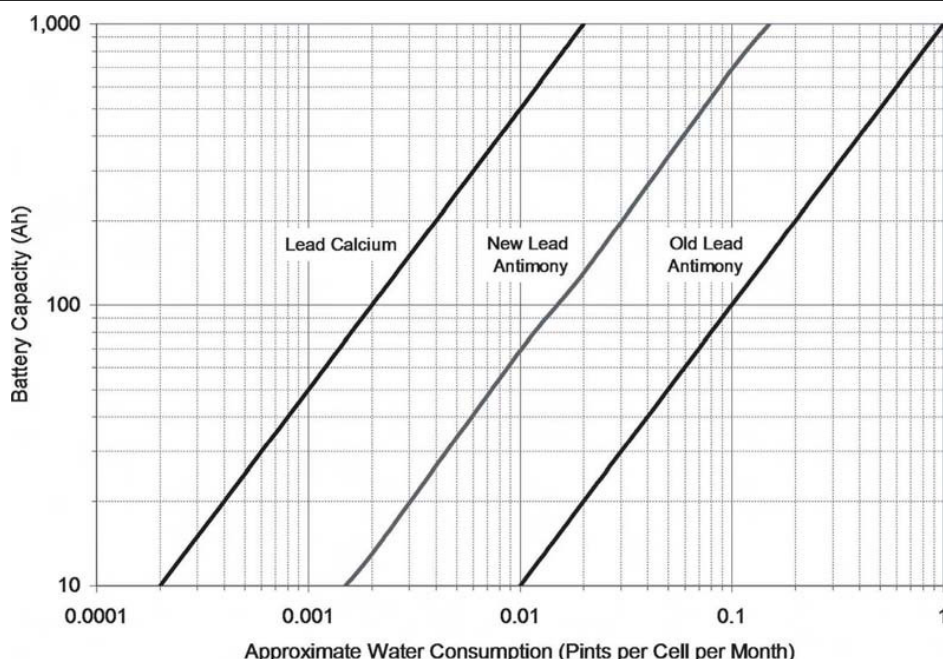
۴- اگر سطح آب یا الکترولیت در یک سلول یا سلول‌ها در حد نشانگر حداقل (مینیمم) یا پایین‌تر شود، مقدار زیادی آب مقطر باید به باتری اضافه شود تا سطح آن به ماکزیمم برسد. اگر این شرایط رخ دهد، به منظور ترمیم غلظت الکترولیت (اختلاط کامل الکترولیت) باید شارژ برابرکنندگی صورت گیرد. این شارژ به خصوص در مکان‌هایی که در اثر دمای پایین امکان یخ زدگی و منجمد شدن آب درون سلول وجود دارد، اهمیت خواهد داشت؛

۵- در صورتی که سلول‌هایی دچار کمبود شارژ باشد، میزان مصرف آب در آن سلول‌ها کمتر از حد نرمال خواهد بود. در مرجع [۷] مطابق شکل (۲) میزان مصرف معمول آب در باتری‌های سرب-کلسیم و نیز سرب-آنتیموان (تکنولوژی ساخت قدیم و جدید) به ازای هر سلول در هر ماه به تصویر کشیده شده است. اگر مقدار آب مصرفی سلول‌هایی کمتر از حد استاندارد باشد، اعمال شارژ برابرکنندگی آن سلول‌ها را به وضعیت عادی باز می‌گرداند؛

۶- پیشنهاد می‌گردد باتری‌های سرب اسیدی با عمر بهره‌برداری کمتر از ۲ سال (نو) بصورت ۶ ماهه و باتری‌های سرب-اسیدی تر با عمر بهره‌برداری بیش از ۲ سال بصورت فصلی مطابق رویه توصیه شده سازنده (در صورت نبود، به مدت حداکثر ۲۴ ساعت) تحت شارژ برابرکنندگی قرار گیرد.

لازم به ذکر است که در سلول‌های سرب-کلسیم در صورتی که ولتاژ شناور باتری به ازای هر سلول در بازه ۲/۲-۲/۲۵ ولت باشد، معمولاً نیاز به اعمال شارژ برابرکنندگی دوره ای ندارند.

<sup>1</sup> String



شکل (۲): میزان مصرف متداول انواع سلول‌های سرب-اسیدی تر در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد (۷۷ درجه فارنهایت). به منظور تبدیل از مقیاس pints per cel per month به لیتر برای هر سلول در هر ماه باید مقادیر فوق در ضریب ۰/۴۷۳ ضرب شود [۷].

شرط پایان دادن به شارژ برابرکنندگی آن است که همه موارد زیر رخ دهد:

- ۱- هر سلول آزادانه و بطور یکسان در حالت جوشش و تولید حباب (گاز) نماید؛
- ۲- روند افزایش غلظت الکترولیت همه سلول‌های با غلظت کم متوقف شود. این مهم از طریق دو بار اندازه‌گیری غلظت در بازه زمانی یک هشتم انتهایی دوره شارژ صورت می‌گیرد؛
- ۳- اختلاف ولتاژ بین سلول دارای بیشترین ولتاژ و سلول دارای کمترین ولتاژ (اختلاف حداکثر و حداقل ولتاژ سلول‌ها) از میزان این اختلاف در شرایط شارژ اولیه بیشتر نباشد؛

در صورت مجهز بودن شارژر، شارژ برابرکنندگی ممکن است توسط یک تایمر شروع و پایان یابد. در صورتی که سازنده باتری مدت زمان معینی برای انجام این شارژ بیان کرده، باید طبق آن اقدام نمود. در غیر این صورت، مدت زمان انجام شارژ برابرکنندگی مطابق جدول ذیل خواهد بود [۷]. لازم به توجه است که پیش از اعمال این نوع شارژ باید مطمئن شد که ولتاژ برابرکنندگی از ولتاژ ماکزیمم تجهیزات تخطی نکند.



شرکت توانیر

معاونت هماهنگی انتقال - دفتر فنی و نظارت شبکه انتقال

دستورالعمل بهره‌برداری، سرویس و نگهداری باتری‌های سرب-اسیدی تر

ویرایش: صفر

تاریخ تجدیدنظر

جدول (۴): مدت زمان معمول شارژ برابرکنندگی بر حسب ساعت برای باتری‌های سرب-اسیدی تر [۷].

مدت زمان شارژ برابر کنندگی* (ساعت) بر اساس نوع باتری سرب-اسیدی		ولتاژ سلول (V/Cell)	غلظت (gr/cm <sup>3</sup> )
سرب-آنتیموان	سرب-کلسیم		
۸۰	۲۲۲	۲/۲۴	۱/۲۱۵
۶۰	۱۶۶	۲/۲۷	
۴۸	۱۰۵	۲/۳۰	
۳۶	۷۴	۲/۳۳	
۳۰	۵۰	۲/۳۶	
۲۴	۳۴	۲/۳۹	
*نکته: اگر دمای باتری در محدوده ۴-۱۶ درجه سانتی گراد باشد، مدت زمان شارژ برابر کنندگی باید ۲ برابر و اگر دما کمتر از ۴ سانتی گراد باشد، مدت زمان شارژ برابر کنندگی باید ۴ برابر مقادیر اعلام شده این جدول باشد.			

مدت کوتاهی پس از آنکه شارژ برابرکنندگی پایان یافته و باتری تحت شارژ شناور باشد، تولید شدید گاز و حباب متوقف خواهد شد. از این رو، ۲۰ دقیقه پس از پایان شارژ برابرکنندگی (به شرط آنکه بلافاصله باتری تحت شارژ شناور قرار گرفته باشد)، باید نسبت به اندازه‌گیری و ثبت غلظت هر سلول اقدام نمود. اگر روند افزایش غلظت آن دو سلولی که دارای کمترین غلظت الکترولیت بوده‌اند متوقف نشده است (که در بازه زمانی یک-هشتم انتهایی شارژ برابرکنندگی بررسی شده‌اند)، باید شارژ برابرکنندگی ادامه یابد.

در صورت عدم اعمال شارژ برابرکنندگی در موارد مورد نیاز، مشکلاتی از جمله موارد ذیل بروز می‌کند:

- ۱- ظرفیت آمپر-ساعت سلول‌های ضعیف بشدت کاهش می‌یابد؛
- ۲- به هنگام دشارژ، این سلول‌ها زودتر از سلول‌های سالم دشارژ شده و آنگاه بیش تخلیه<sup>۱</sup> یا بیش سولفاته<sup>۲</sup> خواهند شد؛
- ۳- ممکن است صفحات خم شده و شبکه ترک بخورد؛
- ۴- دشارژ پیوسته ممکن است پلاریته را معکوس نماید که سلول‌ها را از بین می‌برد.

<sup>1</sup> Over Discharged

<sup>2</sup> Over Sulfated



اگر سلول (یا تعدادی از سلول‌ها) فرسوده و یا معیوب باشند، ممکن است که شارژ برابرکنندگی نتواند غلظت الکترولیت آن سلول‌ها را به مقدار نامی خود برساند و در این موارد ممکن است به اشتباه تصور شود که برای افزایش غلظت الکترولیت این سلول‌ها نیاز به افزودن الکترولیت است. با این وجود، کارخانه‌های سازنده باتری توصیه نمی‌کنند که به سلول‌های در حال بهره‌برداری الکترولیت افزوده شود. در صورتی که در مورد وضعیت سلول شک و شبهه‌ای وجود دارد، برای کسب اطلاعات بیشتر با سازنده آن تماس حاصل شود.

#### ۸-۵-۴. شارژ برابرکنندگی در پست‌های بدون اپراتور<sup>۱</sup>

ممکن است شارژ برابرکنندگی بصورت خودکار توسط یک زمان‌سنج (تایمر) پایان یابد که در این صورت، مدت زمان تنظیمی زمان‌سنج برابر با زمان پیشنهادی شرکت سازنده باتری برای شارژ برابرکنندگی خواهد بود. در مواردی که شرکت سازنده در این خصوص مدت زمانی پیشنهاد نکند، مدت زمان شارژ می‌تواند حداکثر ۲۴ ساعت انتخاب شود. زمان‌سنج باید بگونه‌ای تنظیم گردد که شارژ برابرکنندگی را قطع نموده و بلافاصله شارژ شناور را وصل نماید.

#### ۸-۵-۵. چک شارژ

برای باتری‌های موجود در پست‌های بدون اپراتور، به منظور تشخیص آنکه شارژ برابرکنندگی مورد نیاز است یا خیر، می‌توان از یک چک-شارژ در بازه زمانی سه ماهه استفاده نمود. در چک-شارژ باتری با جریان برابرکنندگی (شارژ برابرکنندگی) تحت شارژ قرار می‌گیرد. پس از ۱۵ تا ۲۰ دقیقه (که جریان پایدار می‌شود) ولتاژ هر یک از سلول‌ها اندازه‌گیری می‌شود. اگر اختلاف بیشترین و کمترین ولتاژ سلول‌ها (که همچنان با جریان برابرکنندگی تحت شارژ هستند) بیش از ۰/۰۴ ولت نباشد، باتری به شارژ برابرکنندگی نیاز ندارد و در غیر این صورت (اختلاف ولتاژ مذکور بیش از ۰/۰۴ باشد) باتری باید تحت شارژ برابرکنندگی کامل قرار گیرد. برای اندازه‌گیری ولتاژ از دستگاه دیجیتالی با الزامات مذکور در بخش ۸-۴-۴ استفاده شود. اختلاف دمای همه سلول‌ها باید کمتر از ۵ درجه فارنهایت (تقریباً معادل ۳ درجه سانتی‌گراد) و دما نباید کمتر از ۵۵ درجه فارنهایت (تقریباً معادل ۱۳ درجه سانتی‌گراد) باشد.

<sup>1</sup> Unmanned Substation



لازم به توجه است که چک - شارژ تنها یکنواختی و یکسانی شارژ سلول‌ها را معین می‌کند و به منظور ارزیابی شرایط سلول به هیچ وجه نباید این تست جایگزین اندازه‌گیری غلظت یا اندازه‌گیری جریان شارژ شناور شود. به عبارت دیگر وضعیت و شرایط سلول‌های باتری را باید با اندازه‌گیری غلظت و جریان شارژ شناور بررسی نمود نه با چک - شارژ.

## ۸-۶. تست ظرفیت باتری

با توجه به اهمیت این آزمون در کارایی و عمر مفید باتری، در این دستورالعمل تست باتری بطور جداگانه و مفصل تشریح شده است. بطور عمده هدف از تست باتری عبارت است از:

۱- بررسی اینکه آیا باتری مشخصات خود، مقادیر نامی کارخانه‌ای یا هر دو را برآورده می‌سازد یا خیر؟

۲- بررسی دوره‌ای عملکرد باتری که آیا در محدوده مجاز و قابل قبول قرار دارد یا خیر؟

۳- در صورت نیاز، بررسی اینکه آیا باتری الزامات و نیازمندی‌های سیستم dc که به آن متصل است را برآورده می‌سازد یا خیر؟

هدف این بخش تشریح روند پیشنهادی و نیز بازه زمانی انجام تست باتری خواهد بود. اطلاعات ارائه شده این بخش تنها به عنوان پیشنهاد مطرح بوده و به قصد جایگزین شدن توصیه‌ها و دستورالعمل‌های کارخانه سازنده نیست. در صورت وجود تناقض میان اطلاعات راهنمای این بخش و توصیه‌های کارخانه سازنده، از روند توصیه شده کارخانه سازنده استفاده شود.

در [۳] سه نوع عمده آزمون دشارژ (تخلیه) باتری مطابق زیر بیان شده است:

(۱) پذیرش<sup>۱</sup>

(۲) کارایی<sup>۲</sup>

(۳) سرویس<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> Acceptance Test

<sup>۲</sup> Performance Test

<sup>۳</sup> Service Test



آزمون‌های پذیرش و کارایی، تست ظرفیت باتری به شمار می‌روند. آزمون سرویس، بررسی کننده قابلیت باتری در برآورده‌سازی سیکل وظیفه خود هستند.

چهار پارامترهای مهم در تست ظرفیت باتری، مدت زمان اجرای آن، جریان دشارژ، ولتاژ انتهای تخلیه سلول (یا باتری) و دمای محیط هستند. در تست ظرفیت بسته به نوع بار مورد استفاده، یکی از دو پارامتر زمان یا جریان دشارژ را تثبیت نموده و پارامتر دیگر متغیر خواهد بود و تست تا زمانی ولتاژ سلول (یا باتری) ولتاژ تا حد ولتاژ انتهای تخلیه کاهش می‌یابد.

### ۸-۶-۱. روش‌های تست ظرفیت باتری

دو روش معمول تست ظرفیت باتری وجود دارد: سرعت-تنظیم شده و زمان-تنظیم شده. برای تست‌های با مدت زمان بیش از ۱ ساعت، روش زمان-تنظیم شده و برای تست‌های با زمان کمتر از ۱ ساعت، روش سرعت-تنظیم شده توصیه می‌شود. برای تست‌های با مدت زمان ۱ ساعت هر یک از دو روش فوق را می‌توان بکار گرفت.

با توجه با ساختار باتری‌های موجود در پست‌های فشارقوی سراسر کشور، در این دستورالعمل تنها بر انجام تست ظرفیت باتری به روش زمان-تنظیم شده تاکید می‌شود. هنگام بکارگیری این روش، هیچگونه اصلاحی قبل از انجام تست مورد نیاز نیست. با استفاده از رابطه زیر ظرفیت سلول یا باتری در آزمون پذیرش یا آزمون عملکرد به روش زمان-تنظیم شده محاسبه می‌شود [۳]:

$$C = \left( \frac{t_a}{t_s \times K_T} \right) \times 100 \quad (۶)$$

C: ظرفیت بر حسب درصد در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد؛

$t_a$ : مدت زمان واقعی آزمون برای رسیدن ولتاژ ترمینال‌های باتری به مقدار معین؛

$t_s$ : مدت زمان نامی برای رسیدن ولتاژ ترمینال باتری به مقدار معین (بر اساس جدول دشارژ ارائه شده

توسط سازنده)؛

$K_T$ : ضریب تصحیح دمای سلول قبل از شروع آزمون خواهد بود.



در روش زمان-تنظیم شده باید در محاسبات ظرفیت اصلاح دما انجام شود. مرجع [۳] ضرایب تصحیح دمایی ( $K_T$ ) در محاسبات ظرفیت را مطابق جدول (۵) بیان می‌کند. ضرایب تصحیح جدول ذیل به ازای غلظت نامی ۱/۲۱۵ گرم بر سانتی‌مترمکعب سلول قابل استفاده است و در غیر این صورت، باید با سازنده جهت کسب ضرایب تصحیح دمایی تماس برقرار شود.

جدول (۵): ضرایب اصلاح دمایی پیشنهادی ( $K_T$ ) [۳].

دمای اولیه (°C)	ضریب اصلاح دمایی ( $K_T$ )	دمای اولیه (°C)	ضریب اصلاح دمایی ( $K_T$ )	دمای اولیه (°C)	ضریب اصلاح دمایی ( $K_T$ )
۵	۰/۶۸۴	۲۲	۰/۹۶۶	۳۰	۱/۰۴۵
۱۰	۰/۷۹۰	۲۳	۰/۹۷۷	۳۱	۱/۰۵۴
۱۵	۰/۸۷۳	۲۴	۰/۹۸۶	۳۲	۱/۰۶۳
۱۶	۰/۸۸۸	۲۵	۱/۰۰۰	۳۳	۱/۰۷۲
۱۷	۰/۹۰۲	۲۶	۱/۰۰۶	۳۴	۱/۰۸۱
۱۸	۰/۹۱۶	۲۷	۱/۰۱۵	۳۵	۱/۰۹۰
۱۹	۰/۹۲۹	۲۸	۱/۰۲۵	۴۰	۱/۱۳۴
۲۰	۰/۹۴۲	۲۹	۱/۰۳۶	۴۵	۱/۱۷۷
۲۱	۰/۹۵۴	-	-	-	-

نکته ۱: این جدول بر اساس مقدار نامی غلظت سلول‌ها ۱/۲۱۵ گرم بر سانتی‌مترمکعب است. در صورتیکه متفاوت بودن غلظت سلول، به کارخانه سازنده مراجعه شود. سازندگان توصیه می‌کنند در زمان تست باتری دما در بازه ۱۸ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد باشد.

نکته ۲: مقادیر این جدول برای کلیه زمان‌های دشارژ بین ۱ تا ۸ ساعت قابل استفاده است.

## ۸-۶-۲. رویه گام به گام تست ظرفیت باتری

در این بخش رویه‌های و مجموعه اقدامات پیشنهادی برای انجام تست تخلیه (دشارژ) باتری تشریح شده است. هنگام کلیه تست‌ها باید اقدامات احتیاطی بیان شده در بخش ۴،۲ مرجع [۳] صورت گیرد.

اگر ابزار ترموگرافی موجود باشد، حین انجام تست تخلیه باید پایش ترموگرافی سلول‌های باتری، اتصالات، کلید، بانک بار<sup>۱</sup> و غیره صورت گیرد که با استفاده از آن نقاط با دمای بالا قابل تشخیص است.

رویه کلی انجام کلیه آزمون‌های ظرفیت باتری، بجز مواردی که ذکر می‌شود، در قالب چندین گام

<sup>1</sup> Dummy Load



عبارتند هستند از:

۱- گام اول: باتری تحت شارژ برابرکنندگی قرار گرفته (در صورتیکه سازنده توصیه کرده باشد) تا کاملاً شارژ شود و سپس پیش از انجام تست ظرفیت به مدت حداقل ۷۲ ساعت (اما کمتر از ۳۰ روز) تحت شارژ شناور قرار گیرد؛

۲- گام دوم: باید کلیه اتصالات باتری را بررسی نموده و اطمینان حاصل شود که کلیه مقاومت‌های اندازه‌گیری شده برای سیستم صحیح و بدون مشکل است. بدین منظور باید با استفاده از یک میکرواهم-متر مقاومت همه اتصالات باتری اندازه‌گیری شود. بلافاصله پس از شروع آزمون ظرفیت می‌توان با استفاده از یک دوربین مادون قرمز اتصالات را بررسی نمود. دمای اتصالات شل بالاتر خواهد بود. در صورت یافتن اتصال (یا اتصالات) شل، تست را متوقف کرده و آن اتصال (اتصالات) شل را محکم نموده و سپس آزمون ادامه یابد؛

۳- گام سوم: درست قبل از انجام تست جریان شناور مجموعه باتری، ولتاژ شناور هر سلول، ولتاژ ترمینال باتری و نیز میزان ریپل ولتاژ در ترمینال‌های باتری (با استفاده از ولتمتر با مشخصات بخش ۸-۴-۴) اندازه‌گیری و ثبت شود. در یک سیستم ۱۲۵ ولت، میزان ریپل ولتاژ در ترمینال باتری باید کمتر از ۱۰۰ میلی‌ولت باشد. برای سلول‌های سرب-آنتیموان علاوه بر موارد مذکور باید غلظت الکترولیت همه سلول‌ها پیش از شروع تست اندازه‌گیری و ثبت شود.

۴- گام چهارم: به منظور استخراج دمای میانگین، دمای الکترولیت ۱۰٪ از سلول‌ها یا بیشتر اندازه‌گیری و ثبت گردد (در این راستا پیشنهاد می‌شود دمای سلول‌های با شماره مضرب ۶ ثبت شود. می‌توان از یک دوربین مادون قرمز استفاده نمود و دمای بدنه سلول‌ها را اندازه‌گیری نمود). لازم است که در کل زمان تست، دمای محیط باتریخانه در محدوده ۱۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد نگه داشته شود (ترجیح آن است که در محدوده ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد باشد)؛

۵- گام پنجم: باید اقدامات احتیاطی لازم (از قبیل جداسازی باتری تحت آزمون از دیگر باتری‌ها و بارهای حیاتی) انجام گیرد تا در صورت بروز خطای احتمالی خطری متوجه دیگر تجهیزات و سیستم حفاظتی نشود؛

۶- گام ششم: ضروری است جهت افزایش قابلیت اطمینان سیستم DC پست از یک مجموعه باتری سیار





(پرتابل) برای جایگزینی مجموعه باتری تحت آزمون استفاده شود؛

۷- گام هفتم: شارژر از باتری جدا شده و بانک بار (Dummy Load) به باتری متصل گردد. زمان‌سنج را فعال نموده و در مدت اجرای تست جریان دشارژ مورد نظر ثابت نگه داشته شود؛

۸- گام هشتم: در حین فرآیند دشارژ باتری، در فواصل زمانی معینی (از ابتدا تا رسیدن به یک ساعت انتهایی هر نیم‌ساعت یکبار، در یک ساعت انتهایی هر ۱۰ دقیقه یکبار) ولتاژ هر سلول و نیز ولتاژ ترمینال باتری اندازه‌گیری و ثبت شود. در یک ساعت آخر (انتهایی) آزمون باید ملاحظات و قرائت‌ها به دقت و حداقل ۱۰ دقیقه یکبار صورت گرفته و زمان انتهای آزمون بصورت دقیق استخراج و یادداشت گردد؛

۹- گام نهم: به منظور تشخیص به موقع، افزایش دمای غیر عادی اتصالات بین سلولی هنگام اجرای تست، باتری بطور مداوم مشاهده و پایش شود؛

۱۰- گام دهم: پس از اصلاح تاثیر دمای محیط نسبت به مبنای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، اگر حین دشارژ و پیش از پایان یافتن زمان معین تست، ولتاژ ترمینال باتری کمتر از ولتاژ پایان تخلیه باتری (که پارامتر طراحی بوده و برابر با حاصلضرب تعداد سلول‌های باتری در ولتاژ انتهای تخلیه سلول خواهد بود) شود، باید آزمون پایان یابد. به عنوان مثال، در تست‌های پذیرش و کارایی یک باتری ۶۰ سلوله که حداقل ولتاژ طراحی هر سلول ۱/۷۵ ولت باشد، کمترین ولتاژ تست باتری (ولتاژ انتهای تخلیه)  $۱/۷۵ \times ۶۰$  معادل ۱۰۵ ولت خواهد بود؛

۱۱- گام یازدهم: در پایان تست، ولتاژ هر سلول و نیز ترمینال باتری قرائت و ثبت شود. این ولتاژهای انتهای تست از اهمیت خاصی برخوردار بوده و به کمک آنها می‌توان سلول‌های ضعیف را شناسایی نمود؛

۱۲- گام دوازدهم: در پایان، بر اساس دمای میانگین بدست آمده در گام چهارم، ظرفیت واقعی باتری مطابق روش تشریح شده در بخش ۸-۶-۱ محاسبه شود.

۸-۶-۳. آزمون پذیرش (راه‌اندازی)

آزمون پذیرش باتری نوعی از آزمون تخلیه ظرفیت باتری است که در ابتدای دوره بهره‌برداری آن



بسته به نظر بهره‌بردار باید در کارخانه سازنده یا پس از نصب، در محل پست فشارقوی انجام گرفته و مستندات آن از طرف کارخانه سازنده ارسال گردد.

در این آزمون، باتری باید مدت زمان و جریان دشارژ معینی را، متناسب با مقادیر نامی کارخانه‌ای یا الزامات مشخصات بهره‌بردار، برآورده سازد.

ظرفیت اولیه هر سلول باید حداقل ۹۰٪ ظرفیت نامی آن باشد [۳]. لازم به توجه است که ظرفیت یک مجموعه باتری ممکن است هنگام تحویل‌گیری کمتر از ظرفیت نامی باشد مگر آنکه در قرارداد خرید آنها، شرط تحویل باتری در ۱۰۰٪ ظرفیت نامی خود قید شده باشد. با این وجود، در هیچ شرایطی نباید ظرفیت هیچ سلولی در زمان تحویل کمتر از ۹۰٪ ظرفیت نامی خود باشد.

آزمون پذیرش باتری نباید زودتر از یک هفته پس از انجام شارژ اولیه (بخش ۸-۵-۱) آن صورت گیرد (فاصله زمانی میان آزمون پذیرش و شارژ اولیه باتری حداقل باید یک هفته باشد). این آزمون باید یک تست تخلیه ۸ یا ۱۰ ساعته بوده و باید حداقل ۹۰٪ ظرفیت نامی خود را تامین نماید.

قید پذیرش در این آزمون باید بر اساس محاسبات زمان-تنظیم شده در جریان تخلیه نامی کامل باشد. ظرفیت بدست آمده از آزمون پذیرش می‌تواند مبنا و مرجعی برای پایش روند بهره‌برداری باتری باشد.

ظرفیت اولیه باتری پس از چندین سیکل شارژ و دشارژ یا پس از آنکه مدتی تحت شارژ شناور قرار گرفت، ممکن است افزایش یافته و به مقدار نامی خود برسد.

#### ۸-۶-۴. آزمون کارایی

هدف از این آزمون بررسی دوره‌ای عملکرد باتری و اطمینان از قرار داشتن آن در محدوده مجاز و قابل قبول خواهد بود. در واقع به منظور تشخیص اینکه باتری در انتهای عمر مفید خود قرار دارد یا خیر (به منظور تشخیص نیاز به تعویض)، نیاز است که در فواصل زمانی معین کل باتری مطابق روند بیان شده در بخش ۸-۶-۲ تحت آزمون دشارژ قرار گیرد. در خصوص این تست نکات ذیل باید مد نظر قرار گیرد:



- ۱- اولین تست کارایی باتری باید ظرف دو سال اول بهره‌برداری آن صورت گیرد. ترجیح بر آن است که به منظور انجام مقایسه، مدت زمان تست‌های عملکرد مشابه سیکل وظیفه باتری باشد؛
- ۲- باتری باید بصورت دوره ای تحت تست کارایی قرار گیرد. هنگام تعیین فواصل میان تست‌های کارایی باید پارامترهایی همچون دمای بهره‌برداری و عمر طراحی در نظر گرفته شود. توصیه می‌شود که فاصله میان تست عملکرد باتری بیش از ۲۵٪ عمر مورد انتظار باتری نباشد. به عنوان مثال در فواصل ۵ ساله برای یک باتری با عمر مفید مورد انتظار ۲۰ سال.
- ۳- آزمون کارایی سالیانه ظرفیت باتری باید بر روی باتری‌هایی که دارای علائم پیری بوده یا به ۸۵٪ عمر مورد انتظار سرویس‌دهی خود رسیده‌اند، انجام گیرد. علامت پیری باتری بدین ترتیب است که ظرفیت باتری بیش از ۱۰٪ به نسبت ظرفیت قبلی خود کاهش یافته یا کمتر از ۹۰٪ مقدار نامی کارخانه‌ای خود باشد. اگر باتری ۸۵٪ عمر سرویس‌دهی خود را سپری کرده باشد، و ظرفیت آن ۱۰۰٪ ظرفیت نامی یا بیشتر باشد و هیچگونه نشانه‌ای از پیری نداشته باشد، انجام آزمون کارایی آن در بازه زمانی دوساله تا زمانیکه نشانه‌ای از پیری ظاهر می‌شود، قابل قبول است.

### توجه

الف) در شرایط فعلی بهره‌برداری شبکه برق کشور و بنا بر تشخیص دفتر فنی برق منطقه‌ای، برای باتری‌های سرب-اسیدی تر می‌توان از مجموع شرایط بندهای ۱ و ۲ و ۳ عدول کرد. بدین ترتیب برای باتری‌های سرب-اسیدی تر تحت بهره‌برداری در شرایط معمول با عمر طراحی ۱۰ سال، مشروط بر آنکه در تست‌های سالیانه امپدانس داخلی سلول، مورد یا موارد مشکوکی مشاهده نشود، نخستین آزمون کارایی پس از ۵ سال صورت گرفته و پس از آن در سال ۷/۵ و ۱۰ انجام خواهد گرفت. در صورتیکه در آزمون کارایی ظرفیت باتری کمتر از ۹۰٪ باشد، نیاز است از آن به بعد، این آزمون همواره بصورت سالیانه بر روی آن باتری انجام شود.

ب) در صورت مشاهده مورد یا موارد مشکوک به هنگام تست امپدانس داخلی (در هر سال بهره‌برداری)، باید برای ارزیابی دقیق و نهایی باتری بلافاصله آزمون کارایی انجام گیرد.

- ۴- اگر ظرفیت باتری کمتر از ۸۰٪ مقدار نامی خود باشد، دیگر نمی‌توان در مواقع اضطراری به آن تکیه



نمود و باید کل باتری در اسرع وقت (ظرف یک سال آتی) تعویض گردد.

### توجه

می‌توان با توجه به شرایط شبکه بهره‌برداری و نیز تشخیص دفتر فنی برق منطقه‌ای، در موارد خاص برای باتری‌های کارکرده (با عمر بیش از ۱۰ سال) ظرفیت کمتر از ۸۰٪ نیز پذیرفتنی باشد (بجز پست‌های حساس). بدین ترتیب که اگر جریان بار عادی سیستم DC پست (بار دائم پست) از  $0.5I_{C10}$  کمتر باشد، حداقل ظرفیت حاصله باتری از تست ظرفیت باید ۵۰٪ باشد و برای پست‌هایی که جریان بار عادی سیستم DC پست بیشتر از  $0.5I_{C10}$  است، حداقل ظرفیت مقبول برابر با نسبت این جریان‌ها (نسبت جریان بار عادی پست به جریان دشارژ ۱۰ ساعته) خواهد بود. به عنوان مثال اگر بار عادی سیستم DC پست  $0.7I_{C10}$  باشد، حداقل ظرفیت مقبول باتری در تست ظرفیت باید ۷۰٪ باشد.

۵- اگر آزمون کارایی به منظور انعکاس ظرفیت مبنا یا ظرفیت benchmark باتری انجام می‌شود، الزامات بیان شده در بخش ۸-۶-۲ از گام اول تا گام پنجم را انجام دهید. اگر آزمون کارایی به منظور انعکاس نگهداری و نیز پایش وضعیت (trending) باتری انجام می‌شود، گام اول حذف شده و گام دوم انجام شود اما هیچگونه اقدام اصلاحی انجام نشود مگر آنکه احتمال خرابی دائم باتری وجود داشته باشد، و الزامات گام سوم تا دوازدهم را انجام دهید. اگر در آزمون کارایی که به منظور نگهداری باتری انجام می‌شود، مشخص گردد که ظرفیت باتری کمتر از ظرفیت مورد انتظار است، آنگاه تست باید پس از تکمیل گام اول و دوم بخش ۸-۶-۲، دوباره تکرار شود.

### ۸-۶-۵. آزمون سرویس

آزمون سرویس باتری جهت پاسخ دادن به الزام کاربری ویژه‌ای انجام می‌شود و ضرورت آن از سوی کاربر تعیین می‌گردد. این آزمون در واقع سنجش توانایی شرایط موجود باتری به منظور اطمینان از چرخه کار باتری<sup>۱</sup> خواهد بود.

<sup>1</sup> Battery Duty Cycle



آزمون سرویس می‌تواند بصورت دوره‌ای (فصلی) و همزمان با انجام اندازه‌گیری مقدار غلظت باتری انجام گردد. در این آزمون باتری به مدت ۲ ساعت تحت بار نامی پست قرار می‌گیرد.

در این آزمون مقادیر جریان و ولتاژ شناور باتری قبل از خروج شارژر (بار و باتری)، مقادیر جریان و ولتاژ بار بعد از خروج شارژر در فرم مربوطه ثبت می‌گردد. علاوه بر این، هر نیم ساعت یکبار مقادیر ولتاژ و جریان ثبت گردد. در صورتی که حین تست، ولتاژ ترمینال مجموعه باتری از ولتاژ بحرانی  $V_C$ ،  $N \times 2$  (که  $N$  تعداد سلول‌های باتری خواهد بود) کمتر شد، آزمون باید پایان یافته و سلول‌های معیوب شناسایی گردند. در این آزمون سلولی معیوب قلمداد می‌شود که:

۱- ولتاژ آن سلول حین تست کمتر از ولتاژ انتهای تخلیه آن شود؛

۲- و یا اینکه در پایان تست، ولتاژ آن سلول کمتر از ۲ ولت بوده و امپدانس داخلی آن نیز در محدوده مشکوک یا غیرمجاز اعلامی در جدول ۱ باشد.

در این صورت نیاز است نسبت به تعویض سلول معیوب اقدام شود.

این آزمون میان آزمون‌های کارایی زمان‌بندی می‌شود. هنگامی که آزمون سرویس بصورت روتین و دوره‌ای انجام می‌شود، منعکس کننده شرایط نگهداری باتری خواهد بود. هنگامی که نشانه پیری باتری ظاهر شد، آزمون سرویس باید طبق روال طبیعی خود انجام شود اما آزمون کارایی باید بصورت سالانه صورت پذیرد.

#### ۶-۶-۸. ملاحظات ویژه تست دشارژ باتری سرب اسیدی تر

به هنگام اجرای آزمون دشارژ باتری سرب-اسیدی تر (شامل آزمون پذیرش و نیز آزمون کارایی) علاوه بر رویه بیان شده در بخش ۶-۶-۸، لازم است موارد ذیل نیز مدنظر قرار گیرند:

۱- بانک بار و تجهیزات لازم برای تامین جریان دشارژ مورد نظر و تثبیت آن در کل بازه زمانی تست تهیه شود؛

۲- برای اندازه‌گیری ولتاژ هر یک از سلول‌ها باید ولتاژ میان ترمینال‌های هم پلاریته آن سلول و سلول مجاور را اندازه‌گیری نمود بگونه‌ای که افت ولتاژ اتصالات بین سلولی را نیز در برگیرد؛



۳- هنگام اجرای آزمون دشارژ باید احتمال وجود سلول(های) ضعیف را پیش‌بینی نمود. از این رو لازم است تمهیداتی در نظر گرفته شود تا بدون بروز خطری برای افراد، سلول(های) ضعیف از مدار خارج شوند؛

۴- اگر یکی یا بیش از یکی از سلول‌ها در حال معکوس شدن پلاریته (اختلاف پتانسیل میان قطب‌ها یک ولت یا کمتر) باشد و در حدود ۹۰ تا ۹۵٪ زمان مورد انتظار آزمون سپری شده است، تست باید تا زمانی که ولتاژ ترمینال باتری به حد توقف می‌رسد، ادامه یابد؛

۵- اگر به هنگام آزمون، قبل از آنکه ولتاژ ترمینال به حد توقف تست برسد، یک سلول در شرف معکوس شدن پلاریته باشد، باید تست متوقف شده و آن سلول ضعیف از مجموعه باتری تحت آزمایش جدا شده و با استفاده از یک اتصال موقت با سطح مقطع مناسب (جمپر) آنرا بای‌پاس نمود. در این شرایط حد ولتاژ توقف تست تغییر نموده و باید بر اساس تعداد سلول‌های باقیمانده در مدار تست محاسبه شود. آنگاه تست باید به منظور تعیین ظرفیت سلول‌های باقی در مدار ادامه یابد. کل این زمان توقف (شامل جدا نمودن سلول معیوب، نصب جمپر و از سرگیری تست) نباید بیش از ۱۰٪ کل زمان تست یا ۶ دقیقه (هرکدام کمتر بود) باشد. این زمان توقف نباید جزء زمان تست محاسبه شود (ظرفیت واقعی باتری باید بر اساس زمان واقعی برقراری تست محاسبه شود). در هنگام آزمون پذیرش (راه‌اندازی) بیش از یک دوره توقف مجاز نیست. اگر در هنگام تست، باتری در معرض بیش از یک دوره توقف قرار گیرد، ممکن است باتری ظرفیتی بیش از ظرفیت عادی و نرمال خود را تامین نماید (به ویژه اگر زمان تست کوتاه باشد). اما در آزمون کارایی بسته به سطح ولتاژ پست و نیز اهمیت آن تعداد وقفه‌ها می‌تواند بیش از یک مورد باشد. بدین ترتیب که در آزمون کارایی باتری‌های سرب-اسیدی‌تر در پست‌های انتقال و نیز پست‌های حساس حداکثر ۲ وقفه و در سایر پست‌ها حداکثر ۳ وقفه مجاز است. زمان هیچ یک از وقفه‌ها نباید بیش از ۶ دقیقه باشد؛

۶- در صورت وقوع اشکال در بانک بار که منجر به ایجاد وقفه در آزمون گردد، باید به منظور تعیین ظرفیت باتری تست ادامه یابد. با این حال، این زمان توقف نباید از ۱۰٪ کل زمان مورد انتظار تست یا ۶ دقیقه بیشتر شود (هرکدام کمتر بود). این زمان توقف نباید جزء زمان تست تخلیه محاسبه



شود.

در صورتیکه پس از آزمون کارایی، یک یا بیش از یک سلول باتری تعویض گردد، ظرفیت مبنا یا معیار جدید باتری (Benchmark) از طریق تحلیل و آنالیز یا تست مجدد باتری بدست خواهد آمد. اگر مشکل شناسایی و اصلاح گردد، در صورت امکان سلول اصلاح شده می‌تواند مجدداً در محل خود نصب شده و به منظور تعیین ظرفیت معیار جدید باتری، مجموعه باتری مجدداً تحت تست قرار گیرد یا اینکه سلول اصلاح شده میتواند بطور مجزا دشارژ شده و آنگاه دوباره شارژ شده و در مجموعه باتری نصب شود و سپس ظرفیت معیار جدید از طریق تحلیل و آنالیز تعیین شود

## ۹. مشکلات متداول باتری‌های سرب-اسیدی تر و راه حل‌ها

در این بخش تلاش بر آن است که مشکلات رایج در بهره‌برداری این دسته از باتری‌ها بیان گردد. این مشکلات عبارتند از [۶-۷]:

### ۱) عدم تولید گاز

عدم تولید گاز در حین شارژ نشان‌دهنده وجود یک اتصال کوتاه داخلی بین صفحات می‌باشد به گونه‌ای که با همان سرعت که شارژ می‌شوند، دشارژ می‌گردند.

### ۲) مشکل غلظت الکترولیت یا ولتاژ

کم بودن غلظت و یا ولتاژ یک سلول نسبت به سایر سلول‌ها یکی از نشانه‌های تلفات شدید داخلی آن سلول بوده که این مشکل می‌تواند در اثر کمبود شارژ مداوم ایجاد شده باشد.

### ۳) رنگ

رنگ و یا ظاهر متفاوت صفحات و رسوبات یک سلول نسبت به سایر سلول‌ها بیانگر یکی از اتفاقات زیر خواهد بود:

- وجود ذرات سفید سولفات بر روی هر یک از صفحات مثبت و منفی (معمولاً در نزدیکی ترمینال‌ها) معمولاً در اثر شارژ شدن کمتر از حد و یا بدون استفاده ماندن در یک بازه زمانی زیاد ایجاد می‌شود.



➤ وجود ذرات رسوب آنتیموان تیره رنگ بر روی صفحات منفی ( معمولاً در نزدیکی ترمینال‌ها) مبین شارژ شدن با جریان بسیار بالا و یا نزدیک شدن به پایان عمر مفید سلول می‌باشد.

➤ وجود لایه رسوب سفید رنگ بر روی مواد ته‌نشین شده کف سلول که مبین کمبود شارژ مورد نیاز می‌باشد.

➤ رسوبات قهوه‌ای ته‌نشین شده فشرده به علت شارژ بیش از حد.

➤ وجود ذرات سفید رنگ پراکنده در رسوبات که مبین شارژ بیش از حد سلول بعد از قرارگیری آن به مدت طولانی در ولتاژ شناور با مقدار پایین می‌باشد.

➤ پوسته پوسته شدن زیاد بر روی صفحات داخلی می‌تواند بر اثر شارژ شناور مقدار پایین برای مدت زمان طولانی و بدون عملکرد شارژ متعادل کننده ایجاد شود.

#### (۴) مشکلات صفحات

اگر هریک از عوامل زیر بیش از حد باشد لازم است تست ظرفیت انجام شود تا سلول‌های معیوب و یا مجموعه باتری جایگزین گردند.

➤ وجود ترک بر روی لبه‌های صفحات مثبت؛

➤ لکه‌های سولفات کم رنگ بر روی لبه صفحات و زیر ترک‌های اشاره شده در بند اول؛

➤ وجود رسوبات زیاد در زیر جعبه؛

➤ خزه‌ای شدن و یا درختی شدن در بالای صفحات منفی؛

#### (۵) آب مقطر

➤ مصرف بیش از حد آب توسط سلول که می‌تواند بر اثر یکی از این موارد باشد:

- بالا بودن ولتاژ شارژ؛

- دمای بالای سلول؛

- نشتی سلول؛

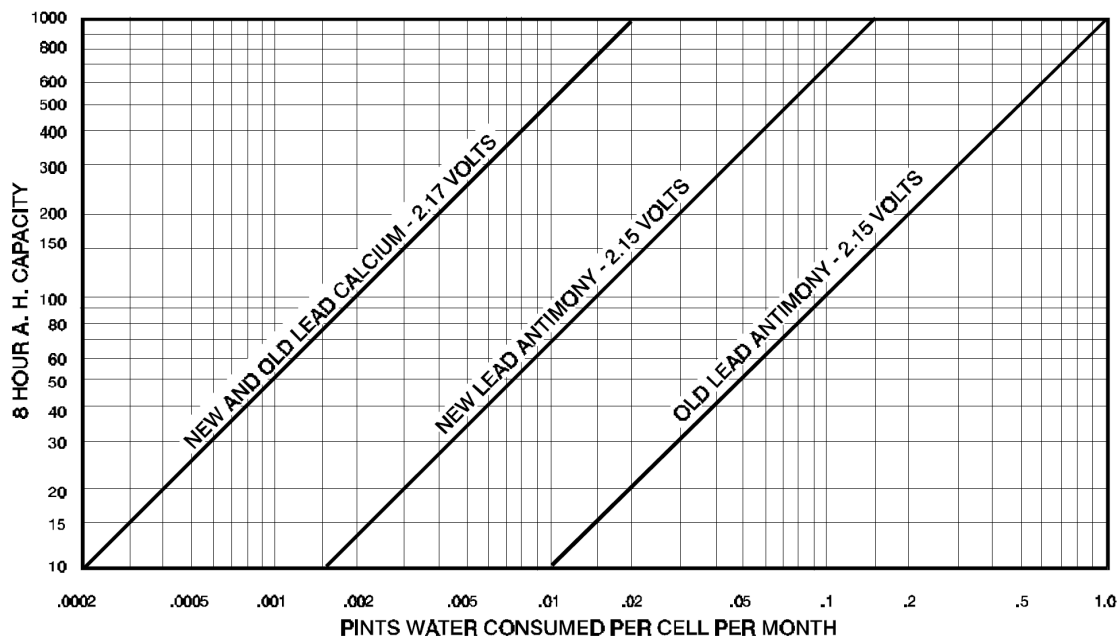
➤ میزان مصرف بسیار کم آب مقطر به علت شارژ ناکافی سلول.

شکل (۳) نشان دهنده میزان آب مورد نیاز سلول‌ها می‌باشد [۶].

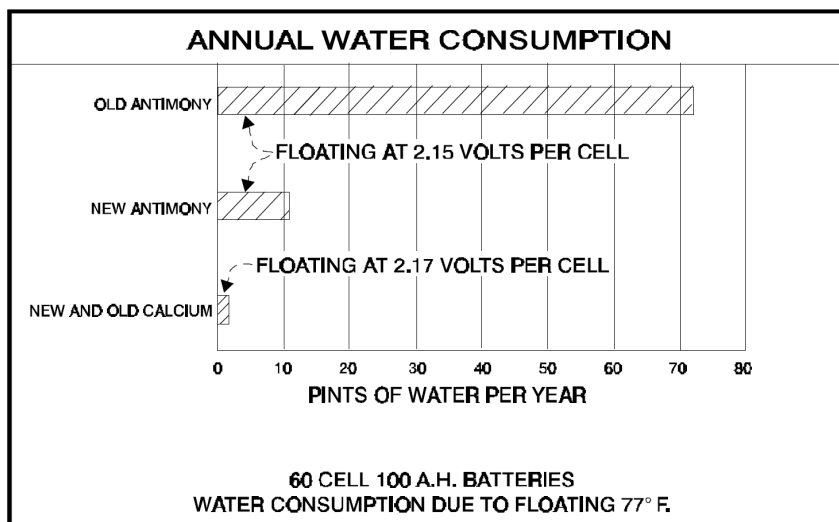




شرکت توانیر  
معاونت هماهنگی انتقال - دفتر فنی و نظارت شبکه انتقال  
دستورالعمل بهره‌برداری، سرویس و نگهداری باتری‌های سرب-اسیدی تر



**WATER CONSUMPTION  
FLOATING CHARGE - 77° F.  
FOR  
LEAD ACID BATTERY SIZES AND TYPES**



شکل (۳): میزان مصرف نرمال آب در یک سلول سرب-اسیدی تر [۶].

۶) خمیدگی صفحات

خمیدگی صفحات مثبت نشان دهنده حجم بالای سولفاته شدن بر اثر کمبود شارژ و یا دمای بیش

از حد سلول می‌باشد.



## ۷) عدم توانایی در تغذیه آمپر - ساعت نامی بارها

این وضعیت نشان دهنده وضعیت دشارژ، حجم بالای سولفات و یا کمبود مواد اکتیو روی صفحات مثبت می‌باشد. در چنین حالتی یا سلول کهنه شده است و یا مواد اکتیو روی صفحات مثبت از بین رفته‌اند.

## ۸) پدیده شارژ سطحی

اگر باتری برای مدت زیادی در حالت شارژ شناور بوده و سپس تحت بار دشارژ شود (شارژر قطع شده)، ولتاژ به صورت ناگهانی افت خواهد کرد. این افت به علت عدم نفوذ الکترولیت در خلل و فرج صفحات که انتقال یون‌ها را سد می‌کنند، به وقوع می‌پیوندد. ممکن است ولتاژ به زیر مقدار تنظیمات آلارم و قطع هم برسد. بعد از این کاهش معمولاً ولتاژ افزایش یافته و به بالای حد آلارم و قطع رسیده و به عملکرد طبیعی خود ادامه می‌دهد.

در ادامه این مباحث به تفصیل مطرح گردیده‌اند.

## ۹-۱. شارژ باتری

دانستن اینکه چه زمانی باتری کاملاً شارژ شده است، از اهمیت خاصی برخوردار است. یک سلول زمانی کاملاً شارژ تلقی می‌شود که هنگامیکه تحت شارژ برابرکنندگی قرار دارد کلیه موارد ذیل رخ دهد:

- ۱- در سلول گاز و حباب تولید می‌شود؛
- ۲- افزایش غلظت الکترولیت متوقف شده؛
- ۳- غلظت (پس از اصلاح بر اساس دمای شرایط شارژ) به ازای دو قرائت متوالی در بازه زمانی یک-هشتم انتهای دوره شارژ ثابت باقی می‌ماند.

## ۹-۱-۱. شارژ مناسب

شرایط "کمبود شارژ" سلول‌های باتری اسیدی سرب-آنیمن یا سرب-کلسیم سرویس‌دهی آنها را تضعیف نموده و عمر آنها را کاهش می‌دهد. در این نوع باتری‌ها اگر شرایط "بیش شارژ" باشد،



سرویس‌دهی آن در ابتدا خوب بوده اما عمر آن کوتاه خواهد بود. در نتیجه باتری باید همواره در شرایط شارژ مناسب باشد. شرایط شارژ مناسب باتری بصورت اندکی بیش‌شارژی کافی برای ایجاد حداقل رسوب ممکن و حداقل تصاعد گاز (و تولید حباب) سنگین است، تعریف می‌گردد. در صورتی که نرخ (جریان) شارژ به گونه‌ای نباشد که اجازه تصاعد قابل توجه (سنگین) گاز در سلول‌ها را بدهد، هیچگونه رسوب‌گذاری (ته‌نشینی) محسوس یا خمیدگی صفحات محتمل رخ نخواهد داد. ته‌نشینی (رسوب‌گذاری) با تصاعد گاز آغاز می‌شود و متناسب با مقدار کل گاز آزاد شده است. سلول‌های سرب-سلنیومی رشد شبکه یا مشکلات سلول‌های سرب-آنتیموانی را نخواهند داشت.

#### ۹-۱-۲. ظاهر نرمال (عادی یا سالم) سلول

لبه‌های صفحات مثبت نرمال هیچگونه اثری از سولفات‌شدن، ترک خوردگی‌ها یا رشد صفحه ندارد. لبه‌های صفحات منفی باید بطور یکنواخت به رنگ خاکستری باشد. هنگام بازدید یک سلول نرمال تحت شارژ شناور صحیح با استفاده از چراغ قوه، نباید هیچگونه درخشندگی (انعکاس نور) از کریستال‌های (بلورهای) سولفات سرب صورت گیرد.

در صورتی که سلول به مقدار معمول دشارژ شود (بیش تخلیه صورت نگیرد) هیچگونه تغییر قابل مشاهده‌ای در آن رخ نمی‌دهد. اگر برنامه شارژ نمودن درست باشد، رسوبات بسیار کند انباشته می‌شوند. این رسوبات نباید سفید و یا شکل (۴) باشد. برنامه شارژ ممکن است منجر به ایجاد رسوبات بسیار ریز به رنگ قهوه‌ای تیره شود.



شکل (۴): رسوبات ته نشین شده در کف سلول به علت شارژ غیر صحیح [۷].

### ۳-۱-۹. تغییرات شیمیایی

در سلول کاملاً شارژ شده ، دی‌اکسید سرب قهوه‌ای رنگ بر روی صفحات مثبت و سرب اسفنجی خاکستری رنگ بر روی صفحات منفی قرار دارد. به هنگام دشارژ جریان الکتریکی مواد فعال در صفحات مثبت و منفی را به سولفات سرب نرمال تبدیل می‌کند. این روند سبب می‌شود در پایان دشارژ الکترولیت ضعیف گردد. سولفات سرب سفید رنگ بوده اما بجز در مواقعی که سلول بیش تخلیه می‌شود (که منجر به بیش سولفاته شدن می‌گردد)، بر روی صفحات قابل رویت نیست. این وضعیت ابتدا رنگ صفحه را روش‌تر می‌نماید و در نهایت بصورت لکه‌های سفید درآمده یا کل صفحه سفید می‌شود.

شارژ کردن سلول روند فوق را معکوس نموده و سولفات سرب در صفحات را به دی‌اکسید سرب به سرب اسفنجی تبدیل نموده و اسید سولفوریک تولید می‌شود که در نتیجه این امر غلظت الکترولیت به حالت نرمال برمی‌گردد. در حوالی شارژ کامل شدن سلول، تنها مقدار اندکی سولفات سرب برای تبدیل شده به سرب باقی می‌ماند. جریان شارژ آب سلول را الکترولیز نموده و آن را به هیدروژن و اکسیژن تجزیه می‌نماید که در نتیجه این امر حباب در بالای الکترولیت تشکیل شده و مخلوطی از گازهای بسیار مشتعل را بوجود می‌آورد.



#### ۹-۱-۴. تأثیر ناخالصی‌ها بر ولتاژ شناور

در مقایسه با سلول‌های سرب-آنتیموان، سلول‌های سرب-کلسیم تلفات داخلی کمتری دارند. در اثر کنش بین مواد فعال و شبکه سلول‌های سرب-آنتیموان با شارژ کامل بصورت داخلی دشارژ می‌شوند. وجود ناخالصی‌ها ممکن است این عمل را تشدید کنند و بسته به نوع ناخالصی موجود، ممکن است منجر به تغییرات قابل مشاهده یا نامرئی بر روی صفحات شود. به جز کادمیوم یا دیگر الکتروود مرجع سازگار، به هیچ وجه نباید اشیاء فلزی در الکترولیت سلول قرار بگیرند. ناخالصی‌ها ممکن است مانع از آن شود که یک ولتاژ شناور مناسب سلول را در شرایط شارژ شناور نگه دارد یا مانع از متعادل شدن آن سلول تحت شارژ برابرکنندگی گردد.

#### ۹-۱-۵. بیش شارژ با نرخ (جریان) بالا

پس از کاملاً شارژ شدن باتری، تداوم یافتن جریان شارژکنندگی با نرخ (جریان) بالا صفحات مثبت آن را خراب می‌کند. در این شرایط گاز بشدت تصاعد یافته و حباب‌ها درون ماده فعال تشکیل شده و فشار ایجاد شده حباب‌ها را مجبور به عبور از مواد فعال متخلخل می‌کند. ماده فعال حباب‌ها را محصور نموده بگونه‌ای که بسیاری از ذرات ماده صفحات کنده می‌شوند. این ذرات همراه با حباب‌ها بالا رفته و منجر به رنگ قرمز تیره یا قهوه‌ای الکترولیت می‌شوند (هرچند به ندرت می‌توان این موضوع را مشاهده نمود). بخشی از این رسوبات ریز بر روی صفحات منفی می‌نشینند و در صورت انباشت شدن آنها در آنجا سبب اتصال کوتاه شده صفحات منفی خواهد شد. این رسوب به سرب اسفنجی خاکستری تبدیل شده و منجر به رشد خزهای گونه رسوبات در لبه‌های بالایی صفحات منفی می‌شود. این رسوبات نشان می‌دهد که قبلاً بیش شارژی با نرخ بالا (جریان زیاد) رخ داده است. علاوه بر موارد فوق، قرار گرفتن پیوسته باتری در معرض بیش شارژی جریان-زیاد منجر به گرم شدن بیش از حد (بیش گرمایی) آن خواهد شد. لازم به ذکر است که نباید اجازه داد که دمای سلول‌ها از ۳۸ درجه سانتی‌گراد (معادل با ۱۰۰ درجه فارنهایت) بیشتر شود.



## ۹-۱-۶. بیش شارژی جریان-کم<sup>۱</sup>

میزان حباب تولیدی در شرایط بیش شارژی جریان-کم (در مقایسه با جریان-زیاد) کمتر بوده و رسوبات در کف سلول ته نشین می‌شوند. اگر بیش شارژی با جریان بسیار کم باشد الکترولیت را خیلی کم برهم می‌زند بگونه‌ای که ذرات رسوب قهوه‌ای رنگ بصورت عمودی ته نشین شده و خطوط شیارگونه بر روی رسوبات تشکیل می‌دهد. این رسوبات شیارگونه نشانه خوبی است که بیش شارژی اخیر با جریان بالا نبوده است. به طور مشخص بیش شارژی را باید در حداقل مقدار نگه داشت و شیارها باید کوچک باشند.

## ۹-۱-۷. کمبود شارژ<sup>۲</sup> (کم شارژی)

اگر باتری دارای کمبود شارژ باشد، سولفات تبدیل نشده برای مدت زمان طولانی بر روی صفحات باقی می‌مانند و سفت می‌شوند. هرچه باتری برای مدت زمان بیشتری در شرایط کمبود شارژ باشد، سولفات سفت‌تر شده و بازتبدیل آنها دشوارتر می‌شود. سولفات‌های نو تحت شارژ نرمال به آسانی به مواد فعال نرم تبدیل می‌شوند اما در صورت سفت شدن سولفات‌ها، برای از جا کردن آنها به بیش شارژی طولانی مدت نیاز است. اگر شارژ سلول برای حذف همه سولفات‌های روی صفحات کافی نباشد، انباشت سولفات به آرامی و بدون آگاهی یافتن صورت می‌گیرد. این روند انباشت ادامه می‌یابد تا آنجا که بخش قابل توجهی از ظرفیت سلول از دست می‌رود. راه چاره این است که مقدار اندکی ولتاژ شناور را افزایش داده تا مقداری بیش شارژی حاصل شود. این رویه باید از زمان آغاز بهره‌برداری باتری‌ها تا به انتها انجام گیرد. کمبود شارژ طولانی مدت همچنین منجر به پوسته پوسته شدن روی تسمه‌های داخلی رابط بین صفحات می‌شود.

فشار انبساط مواد فعال ناشی از انباشت تدریجی سولفات می‌تواند جداکننده‌ها صفحات را بشکند و سبب وقوع اتصال کوتاه درون سلول گردد. اگر سلول با نرخ بسیار کمی شارژ شود، سولفات‌های سفت شده از صفحات کنده شده و به شکل شیارهای (خط الراس) سفید رنگ در کف سلول ته نشین می‌شوند. در نرخ‌های شارژ بالاتر تولید گاز سبب توزیع یکنواخت رسوبات (بدون خط الراس) می‌شود.

<sup>1</sup> Low-rate Overcharging

<sup>2</sup> Undercharging



بیش سولفات‌ها شدن سلول باعث افزایش مقاومت داخلی آن شده و نیاز است ولتاژ بیشتری روی سلول قرار گیرد که این امر سبب افزایش دمای سلول حین شارژ می‌شود. اگرچه حذف (برطرف کردن) سولفات منجر به تعمیر صفحات خمیده (خم شده) یا ترک خورده نخواهد شد اما تا زمانیکه ظرفیت این سلول (که صفحات آن خمیده شده یا ترک خورده‌اند) در حد مطلوب باقی بماند، می‌توان از آن سلول بهره‌برداری نمود.

## ۹-۲. دشارژ بیش از حد<sup>۱</sup>

در صورتی سلول بیش از حد دشارژ شود، صفحات به شدت آسیب می‌بینند. در هنگام دشارژ یک سلول نباید اجازه داده که ولتاژ سلول از ۱/۷۵ ولت کمتر شود. غلظت الکترولیت نباید از نشانگر حداقل (حد مینیمم) معرفی شده توسط کارخانه سازنده (که بسته به نوع و اندازه سلول متفاوت است) کمتر شود. در شرایط دشارژ عادی مواد فعال به سولفات سرب عادی تبدیل می‌شوند که فضای مورد نیاز آن اندکی بیش از فضای مواد فعال است. در هنگام دشارژ بیش از حد، میزان سولفات سرب تشکیل شده در خلل و فرج مواد فعال بیش از حد قابل تحمل آنها خواهد بود. این رویه ممکن است که گسترش یافته و منجر به خم یا شکسته شدن شبکه گردد. در برخی موارد، دشارژ بیش از حد سبب شکسته یا سوراخ شدن جداکننده‌ها (separators) می‌شود. علاوه بر این موارد، دشارژ بیش از حد (بیش‌دشارژی) ممکن است منجر به معکوس شدن پلاریته سلول شده که خرابی دائمی سلول را به همراه خواهد داشت.

## ۹-۳. رسوبات<sup>۲</sup>

تاریخچه هر سلول بوسیله رسوب گذاری نمایان می‌شود، زیرا لایه‌های پیایی در سطوح رنگی در پایین سلول قرار می‌گیرند. این لایه‌ها را می‌توان در لبه مقابل داخل ظرف سلول مشاهده کرد. لایه‌های قهوه‌ای، سیاه و سفید یا سیاه رنگ، دوره‌های شارژ بیش از حد را نشان می‌دهند (جریان بیش از حد زیاد است یا مدت زمان شارژ خیلی زیاد است). لایه‌های خاکستری توده‌ای شکل حاکی از تعداد دفعاتی است که باتری بیش از حد دشارژ شده است. در نتیجه شارژ نمودن باتری متعاقب این دشارژهای بیش از حد،

<sup>1</sup> Overdischarge

<sup>2</sup> Sediment



معمولاً یک لایه سولفات سفید این لایه های خاکستری را می‌پوشاند.

در برخی از باتری‌های نو در ابتدا مقدار قابل توجهی رسوبات و ذرات یافت می‌شود که این امر نتیجه طبیعی فرآیند ساخت باتری است. طی حمل این باتری‌ها مقدار دیگری از رسوبات و ذرات از خود کنده شده که طی چند شارژ برابرکنندگی نخست اعمالی در کف محفظه ته نشین می‌گردند. برخی از رسوبات و زنجیرهای اضافی در حمل و نقل تخلیه می‌شوند و در پایین موارد این باتری‌ها در طول چندین برابر هزینه‌های برابر است. بجز این مورد استثنای یک باتری کاملاً شارژ باید مقدار کمی ذرات کوچک قهوه ای یا رسوب خاکستری-سفید و بدون توده و انباشت داشته باشد. اگر برخی از آزمایش‌ها با برنامه شارژ انجام شود (در شرایط در حال شارژ انجام می‌شود)، مقدار اندکی کمبود شارژ ممکن است باعث ایجاد یک لایه سولفات سفید رنگ شود. این لایه نشان می‌دهد که ولتاژ شناور باید کمی افزایش یابد.

#### ۹-۴. آب باتری

#### ۹-۴-۱. الزامات آب

در زمان شارژ سلول‌های باتری، مقدار کمی از آب درون الکترولیت در اثر جریان شارژ به هیدروژن و اکسیژن تجزیه می‌شود. گازها از طریق دریچه‌ها تخلیه می‌شوند. زمانی که این روند اتفاق می‌افتد، سطح الکترولیت به تدریج کاهش یافته تا زمانی که باید آب به سلول اضافه شود. آب لازم برای افزودن به سلول‌های سرب اسیدی باید آب مقطر، یا آب کانی‌زدایی شده<sup>۱</sup> (آب دیمینرال) یا آب یون‌زدایی<sup>۲</sup> شده با مشخصات حداکثر ناخالصی بیان شده در قسمت تعاریف این دستورالعمل باشد. باید توجه داشت که بیش از حد نشانگر ماکزیمم آب به سلول افزوده نشود. پس از افزودن آب به سلول، تا زمانی که اختلاط کامل الکترولیت صورت نگیرد مقادیر اندازه‌گیری غلظت نامعتبر و غیردقیق خواهد بود. این اختلاط در باتری‌های سرب-آنتیموانی که تحت شارژ شناور بوده و در سلول گاز تولید نشود، اختلاط آب افزوده شده به سلول و الکترولیت آن به طور معمول به ۷۲ ساعت زمان نیاز دارد و پس از گذشت این محدودیت زمانی، مقادیر اندازه‌گیری غلظت قابل اتکا و اعتبار است. در باتری‌های سرب-کلسیم این

<sup>1</sup> Dimineralized Water

<sup>2</sup> Dionized Water





اختلاط به چند هفته زمان نیاز دارد.

آب باتری باید در محفظه‌های شیشه‌ای، پلاستیکی یا لاستیکی نگهداری شود و هرگز نباید از محفظه‌های فلزی برای این امر استفاده نمود. رکورد مصرف آب سلول‌ها یادداشت و ذخیره شده و در بلند مدت با مقادیر مرجع نشان داده شده در شکل (۲) مقایسه شود.

#### ۹-۴-۲. نرخ افزودن آب به باتری‌های اسیدی سرب-آنتیموان

نرخ مصرف آب در باتری‌های اسیدی سرب-آنتیموان در ابتدا کم است اما این نرخ با افزایش عمر آنها افزایش یافته و در پایان عمر خود به ۵ برابر می‌رسد. مقدار بسیار کمی آب از طریق سوپاپ سلول به بیرون تبخیر می‌شود. اتلاف آب در اثر تولید گاز در سلول صورت گرفته و مقدار آن متناسب با مقدار شارژی است که سلول دریافت می‌نماید. تولید گاز شدید سبب می‌شود که سلول بطور مکرر نیاز به افزودن آب داشته باشد. در مواقع شارژ برابرکنندگی، آب باید درست پیش از شروع یا در آغاز این شارژ به سلول افزوده شود بگونه‌ای که تولید گاز حین شارژ از اختلاط کامل الکترولیت پیش از قرائت غلظت حکایت دارد. درست شارژ نمودن تولید بیش از حد گاز و نیز نیاز به افزودن آب مقطر را به حداقل می‌رساند.

#### ۹-۴-۳. نرخ افزودن آب به باتری‌های اسیدی سرب-کلسیم

اگر سلول‌های سرب-کلسیم به درستی شارژ شوند، افزودن آب ۲ یا ۳ مرتبه در سال باید کافی باشد. اضافه کردن مکرر آب به این دسته از سلول‌ها بیانگر شارژ نمودن غیر صحیح آنهاست. الکترولیت در همه سلول‌ها باید سطح الکترولیت در یک-چهارم اینچ (۶ میلی‌متر) کمتر از حد نشانگر سطح ماکزیمم نگه داشته شود. بدلیل خلوص بیشتر اجزا سلول‌های سرب-کلسیمی، این سلول‌ها تنها به ۱۰٪ آب مورد سلول‌های سرب-آنتیموان نیاز دارد. این مصرف پایین نرخ آب در تمام عمر باتری ثابت باقی می‌ماند.

#### ۹-۵. تنظیم غلظت الکترولیت

به عنوان نخستین راه‌حل در برخورد با سلول‌های با غلظت پایین، باید شارژ برابرکنندگی به آنها اعمال



شود و این نقیصه را از این طریق مرتفع نمود. در این موارد شارژ برابرکنندگی را تا ۳ (سه) ساعت پس از توقف روند افزایش غلظت الکترولیت سلول ادامه یابد. نباید نسبت به تنظیم و اصلاح غلظت سلولی که در حین شارژ برابرکنندگی آن گاز تولید نمی‌شود، اقدام نمود زیرا این سلول احتمالاً خراب شده است. تا زمانی که بطور قطع مشخص نشود که غلظت الکترولیت اشتباه است، نباید نسبت به اصلاح آن اقدام شود و پس از اثبات نیاز به اصلاح، باید بر اساس توصیه سازنده باتری اصلاحات صورت گیرد.

برای افزایش غلظت، ابتدا مقداری از الکترولیت را از سلول خارج نموده و به جای آن اسید سولفوریک خالص با غلظت ۱,۳۰۰ گرم بر سانتی‌مترمکعب (۳۰٪ حجم آن اسید متمرکز و ۷۰٪ حجم آب یا ۳۹٪ وزن آن اسید متمرکز و ۶۱٪ وزن آب) اضافه نماید. سپس آن را تا یک ساعت پس از آنکه تمام سلول‌ها گاز تولید کنند، شارژ نمایید. اگر غلظت الکترولیت هنوز عادی نشده است، این رویه را تکرار کنید. برای کاهش غلظت، مقداری از الکترولیت سلول را خارج نموده و به جای آن آب مقطر یا آب کانی‌زدایی شده یا آب یون‌زدایی شده درون سلول ریخته شود. پس از افزودن اسید یا آب به سلول (به منظور اطمینان از اختلاط کامل الکترولیت)، اندازه‌گیری غلظت سلول باید حداقل ۷۲ ساعت بعد صورت گیرد.

## ۹-۶. اتصال کوتاه داخلی

اتصال کوتاه درون یک سلول از طریق جداکننده می‌تواند ناشی از موارد ذیل باشد:

- ❖ شارژ ناکافی باعث می‌شود مواد در صفحات به طور عمده به سولفات سرب تبدیل می‌شود. سولفات سرب گسترش یافته و اگر این فشار منجر به ترک خوردگی شبکه نگردد، صفحات کج یا خمیده می‌شوند که در اثر این خمیدگی، احتمالاً اتصال کوتاه در چهار گوشه صفحات مثبت رخ می‌دهد؛
- ❖ ناخالصی‌ها درون الکترولیت ناشی از استفاده از آب آلوده ظروف کثیف؛
- ❖ تماس صفحات با یکدیگر؛



اضافه شارژ بیش از حد سبب می‌شود بخش‌هایی از شبکه به دی‌اکسید سرب تبدیل شده که استقامت مکانیکی آنرا کاهش داده و اجازه برخورد صفحات مثبت و منفی را می‌دهد.

اتصال کوتاه درون یک سلول را می‌توان به صورت کاهش غلظت و کاهش ولتاژ آن در طول زمان تشخیص داد. در برخی موارد، تغییر رنگ خاکستری در نقطه اتصال کوتاه رخ می‌دهد. اگر اتصال کوتاه برای مدت طولانی وجود داشته باشد، فروپاشی صفحه مثبت در نقطه تماس با صفحه منفی به دلیل تبدیل مواد صفحه مثبت به (مواد صفحات) منفی رخ خواهد داد.

## ۷-۹. سولفاته شدن

### ۷-۹-۱. سولفاته شدن عادی و بیش از حد

حین دشارژ سلول، سولفات تشکیل شده در حد نرمال (طبیعی) بوده، که برای تولید جریان نیاز است. اگر شارژ مجدد این سلول در یک زمان معقول انجام نشود، سولفات منافذ (خلل و فرج) صفحات مشبک را پر می‌کند و مواد فعال آن را متراکم و سخت می‌کند. این شرایط به عنوان بیش‌سولفاته<sup>۱</sup> نامیده می‌شود.

(سولفات سرب نرمال تشکیل شده حین دشارژ به شکلی است که با شارژ کردن به آسانی بازتبدیل<sup>۲</sup> می‌شوند. هنگامیکه یک سلول باتری بیش‌سولفاته است، صفحات کمتر از حد نرمال متخلخل بوده و یک بار الکتریکی را به سختی جذب می‌کنند. در این شرایط، شارژ معمول سلول نمی‌تواند کل سولفات را بازتبدیل نماید و غلظت الکترولیت کمتر از حد نرمال باقی می‌ماند. مواد فعال صفحات منفی بیش‌سولفاته دارای رنگ روشن بوده که یا سفت و متراکم بوده یا بصورت دانه دانه‌ای ریز که به آسانی از هم پاشیده می‌شوند. برای اینکه صفحات منفی بیش‌سولفاته به حالت اولیه بازگردند نیاز به شارژ نمودن طولانی مدت سلول است. صفحات درون یک سلول ممکن است در اثر زمین شدن خارجی (اتصال زمین خارجی)، یا اتصال کوتاه داخلی یا به دلیل قرارگیری در معرض هوا (کاهش سطح الکترولیت و عدم افزودن آب) بیش‌سولفاته شوند. علاوه بر این، شارژ شناور کم طولانی مدت ممکن است سبب بیش‌سولفاته شدن صفحات

<sup>1</sup> Oversulfated

<sup>2</sup> Reconvert



شود.

## ۹-۷-۲. اصلاح بیش سولفاته شدن

باتری یا سلولی که بیش سولفاته است باید بطور منظم تحت شارژ برابرکنندگی کاملاً شارژ شود (تا زمانیکه روند افزایش غلظت الکترولیت متوقف شود). آنگاه یکی از ضعیف‌ترین سلول‌ها باید در بانک بار با نرخ دشارژ ۱۰ ساعته نرمال دشارژ شود (تا زمانیکه ولتاژ سلول به ولتاژ پایان تخلیه ۱/۷۵ ولت برسد). اگر این سلول ظرفیت دشارژ نرمال را تامین نماید (ظرفیت دشارژ نرمال برای باتری‌های نو در حد ۱۰۰٪ و برای باتری‌های نزدیک به پایان عمر مفید در حد ۸۰٪ ظرفیت نامی هستند)، آنگاه دیگر باتری بیش سولفاته نخواهد بود. اگر پس از دشارژ مذکور، ظرفیت مورد نیاز تامین نگردید، باید بیش سولفاته‌گی باتری مطابق رویه زیر اصلاح گردد:

۱- در مواردیکه در یک باتری یک یا چند سلول بیش سولفاته شده و باقی سلول‌های باتری در شرایط مطلوبی قرار دارند، باید این سلول‌های سولفاته شده را از باتری جدا نموده و بطور جداگانه اصلاح گردند.

۲- این سلول‌های جدا شده با نرخ معادل نصف نرخ دشارژ ۱۰ ساعته شارژ مجدد شوند. حین شارژ غلظت و دما در فواصل زمانی منظم (۳ تا ۵ ساعت) اندازه‌گیری شوند تا تعیین شود که آیا غلظت الکترولیت به مقدار ماکزیمم خود رسیده است یا خیر. نباید قبل از اندازه‌گیری غلظت، آب به سلول اضافه شود.

۳- شارژ سلول تا زمانی ادامه یابد که مقادیر اندازه‌گیری شده غلظت در همه سلول‌ها برای حداقل ۱۰ ساعت دیگر افزایش نیافته و ثابت باقی بماند. اگر دما به ۳۸ درجه سانتی‌گراد (معادل ۱۰۰ درجه فارنهایت) رسید، جریان شلژ را کاهش داده یا عملیات شارژ موقتاً متوقف شده بگونه ای که دما بیش از این نگردد. هنگامیکه غلظت به مقدار ماکزیمم خود رسید، عملیات شارژ کردن را خاتمه داده و غلظت الکترولیت هر سلول اندازه‌گیری شود.

۴- اگر سلول‌ها مجدداً در تست ظرفیت نتوانند ظرفیت مورد انتظار را تامین نمایند، باید این سلول‌ها تعویض شوند.



## ۸-۹. راهکارهای پیشنهادی در مواجهه با مشکلات عمومی باتری

اگر هر یک از سلول‌ها دچار مشکل باشند کل مجموع باتری باید تحت ولتاژ متعادل کننده قرار گرفته و سپس غلظت تمامی سلول‌ها اندازه‌گیری شود. اگر تمامی سلول‌ها به صورت یکسان گاز تولید کرده و میزان غلظت تک تک سلول‌ها در حد نرمال باشد تنها عمل مورد نیاز باتری‌ها شارژ شدن آن می‌باشد. در غیر این صورت تمامی سلول‌های با غلظت پایین ثبت شده و یک شارژ اضافه (شارژ متعادل کننده) به آنها باید اعمال شود.

دمای تمام سلول‌ها باید توسط ترمومتر و یا یک دوربین مادون قرمز اندازه‌گیری و با یکدیگر مقایسه گردد. سلول‌های سولفاته شده در دمای بالایی عملکرد داشته و در صورت عدم اصلاح، آسیب خواهند دید.

سلول‌هایی که با وجود شارژ متعادل کننده همچنان تولید گاز نمی‌کنند باید از لحاظ وجود ناخالصی‌ها و وجود اتصال کوتاه‌های داخلی مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند.

## ۹-۹. جایگزین نمودن سلول

یک سلول معیوب باید با یک سلول با ساخت، مقادیر نامی و تیپ و سن تخمینی مشابه جایگزین گردد. یک سلول نو نباید در یک ردیف در کنار سلول‌های قدیمی‌تر نصب گردد مگر به ناچار و در شرایط اضطراری که پیش می‌آید. باتری در صورت تنظیم مناسب ولتاژ متعادل کننده و شناور می‌تواند در شرایط نبود چندین سلول نیز به کار خود ادامه دهد مشروط بر آنکه الزامات ظرفیت دشارژ برآورده شود.

## ۱۰. برنامه زمان‌بندی پیشنهادی

جدول برنامه زمان‌بندی سرویس و نگهداری باتری‌های سرب-اسیدی تر مطابق جدول ذیل است:



جدول (۶): برنامه زمان‌بندی سرویس و نگهداری باتری‌های سرب-اسیدی تر

نوع اقدام	روزانه	فصلی	شش ماهه	سالانه	۵ سال
بازدید ظاهری	×	×			
اندازه‌گیری دمای سلول		×			
تست ترموویژن				×	
اندازه‌گیری غلظت الکترولیت		×			
اندازه‌گیری ولتاژ سلول		×			
قرائت جریان	×	×			
قرائت ولتاژ	×	×			
اندازه‌گیری مقاومت اتصالات				×	
اندازه‌گیری امپدانس داخلی باتری				×	
شارژ برابرکنندگی		×	×		
آزمون سرویس		×			
تست ظرفیت (آزمون کارایی)				×	×

\* کلیه اقدامات روزانه توسط اپراتور انجام می‌گردد.

\* شارژ برابرکنندگی برای باتری‌های نو (زیر ۲ سال عمر بهره‌برداری) شش ماهه و برای باتری‌های کارکرده سه ماهه می‌باشد.

\* اگر در آزمون کارایی ۵ ساله، ظرفیت باتری کمتر از ۹۰٪ باشد، تست ظرفیت باید به صورت سالانه انجام گیرد.

## ۱۱. فرم‌ها

کلیه اقدامات لازم برای سرویس و نگهداری باتری‌های سرب-اسیدی تر باید در قالب فرم‌های ذیل باشد که عبارتند از:

۱- فرم بازدید روزانه اپراتور؛

۲- فرم بازدید دوره‌ای باتری؛

۳- فرم دوره‌ای بازدید باتریخانه؛



۴- فرم آزمون سرویس، اندازه‌گیری ولتاژ و غلظت باتری؛

۵- فرم اندازه‌گیری مقاومت اتصالات بین سلولی؛

۶- فرم اندازه‌گیری امپدانس داخلی سلول‌های باتری؛

۷- فرم آزمون ظرفیت.



### هشدار



هرگونه تغییر در ساختار و مفاد فرم‌های ابلاغ شده فوق برای سرویس و نگهداری باتری‌های سرب-اسیدی تر ممنوع می‌باشد. شرکت‌های برق منطقه‌ای بسته به مجوز ISO و ساختار نام‌گذاری فرم‌های خود تنها می‌توانند نام فرم را در مکان تعبیه شده ثبت نمایند.

در صورت نیاز به اصلاح این فرم‌ها، مراتب باید از طریق معاونت‌های محترم بهره‌برداری به دفتر فنی و نظارت شبکه انتقال توانیر منعکس شود این دستورالعمل ویرایش شده و مجدداً ابلاغ خواهد شد.



وزارت نیرو

شرکت سهامی برق منطقه‌ای .....

معاونت بهره‌برداری

شماره فرم:

ویرایش:

صفحه: ۱/۱

فرم بازدید روزانه باتری و باتریخانه

نام پست:	تاریخ بازدید:	ظرفیت نامی باتری ست اول (Ah):	
سطح ولتاژ باتری:	تعداد سلول ست اول باتری:	ظرفیت نامی باتری ست دوم (Ah):	
نوع باتری:	تعداد سلول ست دوم باتری:	دمای باتریخانه (درجه سلسیوس):	

ملاحظات	خیر	بلی	موضوع
			۱ سطح الکترولیت در همه سلول ها در محدوده مجاز قرار دارد. در غیر این صورت، باید ضمن ثبت شماره(های) آن سلول(ها)، با هماهنگی مسئول ذیربط، موضوع در اسرع وقت به پیمانکار سرویس و نگهداری اعلام گردد.
			۲ بدنه باتری تمیز بوده، هیچگونه ترک و نشستی بر روی آن نبوده و سطح فوقانی آن خشک و بدون برآمدگی باشد.
			۳ منفذ تخلیه هر یک از سلول ها تمیز و سالم است.
			۴ عدم خوردگی ترمینال ها، اتصالات، تسمه باتری ها، رک ها و کابینت ها و گزارش عیب احتمالی.
			۵ بر روی تمامی اتصالات و سخت افزارها یک لایه نازک از گریس ضد اکسید (با وازلین صنعتی) وجود دارد.
			۶ رک تمیز، عاری از هرگونه زنگ زدگی و پایدار است. در صورت نیاز باید نظافت و گزارش صورت گیرد.
			۷ روشنایی باتریخانه مناسب (چراغ های ضد انفجار) است. گزارش عیوب احتمالی جهت رفع عیب.
			۸ دمای باتریخانه در محدوده مجاز قرار دارد و از عملکرد صحیح تجهیزات سیستم تهویه (فن ها و دریچه ها) اطمینان حاصل شده است.
			۹ اطمینان از وجود کلیه تجهیزات ایمنی، دستکش ضد اسید، لباس یا پیش بند ضد اسید، محافظ صورت و ماسک، عینک، چکمه و نیز سلامت آنها بررسی شده است.
			۱۰ چگالی سنج (هیدرومتر) تمیز بوده و از سلامت اجزای آن اطمینان حاصل شده است.
			۱۱ سیستم اطفاء حریق کلاس C در باتریخانه موجود است.
			۱۲ از وجود گالن آب مقطر در باتریخانه جهت موارد اضطراری اطمینان حاصل شود.

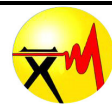
شماره ست	ولتاژ پنل (بار و باتری) شارژر (ولت)		جریان پنل (بار و باتری) شارژر (آمپر)	ولتاژ بار باتری (ولت)	جریان بار باتری (آمپر)
	قرائت شده	سازنده (شارژ شناور)			
۱					
۲					

نام و نام خانوادگی اپراتور بازدیدکننده :

تاریخ :

امضاء:





وزارت نیرو

شرکت سهامی برق منطقه‌ای ....

معاونت بهره‌برداری

شماره فرم:

ویرایش: ۰

صفحه: ۱/۱

فرم بازدید دوره‌ای (فصلی) باتری

نام پست:	سازنده باتری :	ظرفیت نامی باتری (Ah):	
سطح ولتاژ باتری :	نوع باتری:	دمای باتریخانه:	
ست شماره:	تاریخ بازدید:	ولتاژ قرائت شده	
تاریخ نصب و راه اندازی:	تعداد سلول :	ترمینال باتری (ولت):	

موضوع	بلی	خیر	ملاحظات
۱ همه سلول‌ها دارای شماره بوده و از درست بودن آنها اطمینان حاصل شده است.			
۲ علائم مربوط به حداقل و حداکثر الکترولیت بر روی بدنه همه سلول‌ها موجود است.			
۳ برچسب علائم مخصوص بر روی بدنه سلول موجود است. این برچسب باید حاوی نام سازنده، سال ساخت، نوع محفظه، نوع صفحه مثبت و آمپر ساعت سلول باشد.			
۴ سطح الکترولیت همه سلول‌ها در محدوده مجاز قرار دارد. در صورت نیاز، اقدامات اصلاحی صورت گیرد.			
۵ فواصل مجاز بین سلول‌های باتری طبق دستورالعمل سازنده رعایت شده است.			
۶ بدنه کلیه سلول‌های باتری تمیز بوده، هیچگونه ترک و نشستی بر روی آن نبوده و سطح فوقانی آن خشک و بدون برآمدگی باشد.			
۷ منفذ تخلیه هر یک از سلول‌ها تمیز و سالم است.			
۸ هیچگونه ترک خوردگی یا تغییر شکل در قسمت پایینی مهر و موم قطب (اتصال قطب) و نیز قسمت زیرین درپوش سلول رخ نداده است			
۹ قطب‌های هر سلول بررسی شود تا در صورتی که آن قطب‌ها در مقایسه با قطب‌های دیگر سلول‌ها به سمت بالا کشیده شده‌اند یا در سطح بالاتری قرار دارند، شناسایی گردند.			
۱۰ بررسی صفحات فلزی داخلی باتری و اطمینان از عدم ایجاد رسوب بیش از حد در کف سلول. در صورت مشاهده شرایط غیر معمول باید ضمن گزارش، اقدامات اصلاحی لازم صورت گیرد.			
۱۱ رنگ صفحات درون هر سلول طبیعی و نرمال (بر اساس اطلاعات منتشر شده سازنده) است.			
۱۲ از سولفاته نبودن صفحات سلول اطمینان حاصل شده است.			
۱۳ بررسی و اطمینان از سالم بودن جفت و بست‌ها، دریچه، کابل‌های نگهدارنده و ریل‌ها و رفع نقایص آنها.			
۱۴ عدم خوردگی ترمینال‌ها، اتصالات، تسمه باتری‌ها، رک‌ها و کابینت‌ها و رفع عیوب احتمالی.			
۱۵ بررسی تمامی جعبه فیوزها، خوردگی فیوزها و کابل‌ها، قطعی اتصالات و معیوب بودن جداره خارجی فیوزها و رفع عیوب احتمالی.			
۱۶ میزان سفت بودن اتصالات بر اساس دستورالعمل و مقادیر گشتاور اعلامی سازنده (و در صورت نبود این مقادیر، بر اساس گشتاور معادل ۷۰ اینچ-پوند (معادل ۷/۹۱ نیوتن-متر)) بررسی شوند.			
۱۷ بر روی تمامی اتصالات و سخت‌افزارها یک لایه نازک از گریس ضد اکسید (یا وازلین صنعتی) وجود دارد.			
۱۸ رک تمیز، عاری از هرگونه زنگ زدگی و پایدار است. در صورت نیاز باید نظافت و اقدامات اصلاحی صورت گیرد.			
۱۹ اتصالات ارت به رک برقرار است (کنترل و بررسی پیوستگی سیستم زمین کنسول باتری با شبکه زمین پست انجام شده است).			
۲۰ در رک‌های ضد لرزه، از وجود اسپیسر میان سلول‌ها و نیز سالم بودن آنها (عدم شکستگی، پیچ خوردگی و...) اطمینان حاصل شده است.			
۲۱ در رک‌های ضد لرزه، فاصله میان ریل‌های انتهایی و سلول‌های انتهایی باتری بررسی شده و این فواصل کمتر از ۰/۱۹ اینچ (معادل ۴،۸ میلی‌متر) یا مقادیر اعلام شده سازنده است.			

تاریخ:

امضاء:

نام و نام خانوادگی مسئول تست و سرویس:

تاریخ:

امضاء:

نام و نام خانوادگی ناظر:



وزارت نیرو

شرکت سهامی برق منطقه‌ای ....

معاونت بهره‌برداری

شماره فرم:

ویرایش: ۰

صفحه: ۱/۱

فرم بازدید دوره‌ای (فصلی) باتریخانه

نام پست:

تاریخ بازدید:

ملاحظات	خیر	بلی	موضوع	
			تمامی قسمت‌های اتاق باتریخانه تمیز بوده و پوشش سقف و دیوارها عاری از هر گونه خرابی (پوسته پوسته شدن رنگ) است. در صورت نیاز باید نظافت و گزارش صورت گیرد.	۱
			روشنایی باتریخانه مناسب (چراغ‌های ضد انفجار) است. گزارش عیوب احتمالی جهت رفع عیب.	۲
			دمای باتریخانه در محدوده مجاز قرار دارد و از عملکرد صحیح تجهیزات سیستم تهویه (فن‌ها و دریچه‌ها) اطمینان حاصل شده است.	۳
			اطمینان از وجود کلیه تجهیزات ایمنی، دستکش ضد اسید، لباس یا پیش بند ضد اسید، محافظ صورت و ماسک، عینک، چکمه و نیز سلامت آنها بررسی شده است.	۴
			از وجود ابزارآلات عایق در باتریخانه اطمینان حاصل شده است.	۵
			چگالی سنج (هیدرومتر) تمیز بوده و از سلامت اجزای آن اطمینان حاصل شده است.	۶
			از وجود گالن آب مقطر در باتریخانه جهت موارد اضطراری اطمینان حاصل شود.	۷
			از وجود یک گالن برچسب‌دار کاملاً پر محلول خنثی ساز در باتریخانه اطمینان حاصل شده است.	۸
			عملکرد جایگاه شستشو چشم و نیز محل شستشوی بدن در باتریخانه بررسی و عملکرد آنها صحیح است.	۹
			سیستم اطفاء حریق کلاس C در باتریخانه موجود است. تاریخ شارژ و تست آن کنترل گردد.	۱۰

نام و نام خانوادگی مسئول تست سرویس:

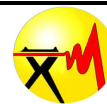
امضاء:

تاریخ:

نام و نام خانوادگی ناظر:

امضاء:

تاریخ:



وزارت نیرو

شرکت سهامی برق منطقه‌ای .....

معاونت بهره‌برداری

شماره فرم:

ویرایش:

صفحه: ۱/۲

فرم آزمون سرویس، اندازه‌گیری ولتاژ  
و غلظت باتری (فصلی)

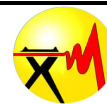
نام و سطح ولتاژ پست:	تاریخ بازدید:	ظرفیت نامی باتری (Ah):	
سطح ولتاژ باتری:	نوع باتری:	تعداد سلول‌ها:	
تاریخ نصب و راه اندازی:	سازنده باتری:	دمای باتریخانه (سانتی‌گراد):	

شماره سلول	ولتاژ شناور (ولت)	ولتاژ تحت بار (ولت)	دمای الکترولیت (سانتی‌گراد)	غلظت $g/cm^3$	آب مقطر اضافه شده	
					بلی	خیر
۳۱						
۳۲						
۳۳						
۳۴						
۳۵						
۳۶						
۳۷						
۳۸						
۳۹						
۴۰						
۴۱						
۴۲						
۴۳						
۴۴						
۴۵						
۴۶						
۴۷						
۴۸						
۴۹						
۵۰						
۵۱						
۵۲						
۵۳						
۵۴						
۵۵						
۵۶						
۵۷						
۵۸						
۵۹						
۶۰						

شماره سلول	ولتاژ شناور (ولت)	ولتاژ تحت بار (ولت)	دمای الکترولیت (سانتی‌گراد)	غلظت $g/cm^3$	آب مقطر اضافه شده	
					بلی	خیر
۱						
۲						
۳						
۴						
۵						
۶						
۷						
۸						
۹						
۱۰						
۱۱						
۱۲						
۱۳						
۱۴						
۱۵						
۱۶						
۱۷						
۱۸						
۱۹						
۲۰						
۲۱						
۲۲						
۲۳						
۲۴						
۲۵						
۲۶						
۲۷						
۲۸						
۲۹						
۳۰						

نکته ۱: در شارژ اولیه میزان غلظت هر سلول باید ۲۰ دقیقه بعد از اتمام شارژ برابر کنندگی با اعمال ضرایب اصلاح نسبت به دمای مرجع ۲۵ درجه ثبت شود.

نکته ۲: در صورت انجام شارژ اولیه، باید ثبت ولتاژ سلول‌ها در برگه تست، درست در لحظه اتمام شارژ انجام شود و بعد از آن بلافاصله باتری تحت ولتاژ شناور نامی قرار گیرد.



وزارت نیرو

شرکت سهامی برق منطقه‌ای ....

معاونت بهره‌برداری

شماره فرم:

ویرایش: ۰

صفحه: ۲/۲


فرم آزمون سرویس، اندازه‌گیری ولتاژ  
و غلظت باتری (فصلی)

## آزمون سرویس:

ولتاژ شناور قبل از خروج شارژر (بار و باتری):		ولتاژ بعد از خروج شارژر (ولتاژ بار):			
مقدار جریان شارژر قبل از خروج (بار و باتری):		مقدار جریان بار (بعد از خروج شارژر):			
ولتاژ و جریان باتری پس از خروج شارژر (دشارژ باتری)	ساعت خروج	زمان (دقیقه)	۳۰	۶۰	۹۰
	ولت (V)				
	آمپر (A)				
نکته: زمان این آزمون بطور معمول ۲ ساعت در نظر گرفته شده است اما در صورتیکه ولتاژ ترمینال مجموعه باتری از ولتاژ بحرانی $V_C$ کمتر شد، آزمون باید پایان یافته و سلول‌های معیوب شناسایی گردند. $V_C = 2 * N$ که N تعداد سلول مجموعه باتری است.					
ولتاژ شناور بعد از ورود شارژر:		ملاحظات:			
<p>آیا سلول‌ها تحت شارژ برابرکنندگی قرار گرفته اند؟ <input type="radio"/> بلی <input type="radio"/> خیر</p> <p>نکته ۱: در مواقع شارژ برابرکنندگی، آب باید درست پیش از شروع یا در آغاز این شارژ به سلول افزوده شود.</p> <p>نکته ۲: معمولاً، حداقل پس از گذشت ۷۲ ساعت از زمان افزودن آب به یک سلول مقادیر اندازه‌گیری غلظت قابل اتکا و اعتبار است.</p> <p>ملاحظات:</p>					
شرایط سلول‌ها مناسب می باشد. <input type="radio"/> بلی <input type="radio"/> خیر					
تعداد سلول‌های معیوب:		تعداد سلول‌های تعویض شده:			
شماره سلول‌های معیوب:		شماره سلول‌های تعویض شده:			
نوع اقدام اصلاحی پس از تشخیص عیب در باتری خانه:					
پیشنهادهای:					
دستگاه تست مورد نیاز:					
ولت‌متر دیجیتالی - غلظت سنج و دماسنج و ....					
نوع سرویس:					
زمان‌بندی (فصلی)		راه اندازی		سایر	
تعمیرات		حادثه			

نام و نام خانوادگی مسئول تست و سرویس: تاریخ: امضاء:

نام و نام خانوادگی ناظر: تاریخ: امضاء ناظر:

شماره فرم: ویرایش: ۰ صفحه: ۱/۱	فرم اندازه گیری مقاومت اتصالات باتری (سالانه)	 وزارت نیرو شرکت سهامی برق منطقه ای .... معاونت بهره برداری

نام پست:	سطح ولتاژ باتری:	تعداد سلول ها:
شماره ست:	تاریخ بازدید:	ظرفیت نامی باتری (Ah):
تاریخ نصب و راه اندازی:	نوع باتری:	دمای باتریخانه (سانتی گراد):

مقادیر مقاومت (میکرو اهم)			شماره اتصالات بین سلول
پس از اقدامات اصلاحی احتمالی	اندازه گیری شده	مرجع	
			۳۱-۳۲
			۳۲-۳۳
			۳۳-۳۴
			۳۴-۳۵
			۳۵-۳۶
			۳۶-۳۷
			۳۷-۳۸
			۳۸-۳۹
			۳۹-۴۰
			۴۰-۴۱
			۴۱-۴۲
			۴۲-۴۳
			۴۳-۴۴
			۴۴-۴۵
			۴۵-۴۶
			۴۶-۴۷
			۴۷-۴۸
			۴۸-۴۹
			۴۹-۵۰
			۵۰-۵۱
			۵۱-۵۲
			۵۲-۵۳
			۵۳-۵۴
			۵۴-۵۵
			۵۵-۵۶
			۵۶-۵۷
			۵۷-۵۸
			۵۸-۵۹
			۵۹-۶۰-ترمینال

مقادیر مقاومت (میکرو اهم)			شماره اتصالات بین سلول
پس از اقدامات اصلاحی احتمالی	اندازه گیری شده	مرجع	
			ترمینال-۱
			۱-۲
			۲-۳
			۳-۴
			۴-۵
			۵-۶
			۶-۷
			۷-۸
			۸-۹
			۹-۱۰
			۱۰-۱۱
			۱۱-۱۲
			۱۲-۱۳
			۱۳-۱۴
			۱۴-۱۵
			۱۵-۱۶
			۱۶-۱۷
			۱۷-۱۸
			۱۸-۱۹
			۱۹-۲۰
			۲۰-۲۱
			۲۱-۲۲
			۲۲-۲۳
			۲۳-۲۴
			۲۴-۲۵
			۲۵-۲۶
			۲۶-۲۷
			۲۷-۲۸
			۲۸-۲۹
			۲۹-۳۰
			۳۰-۳۱

تذکره ۱: در صورتی که مقادیر مقاومت ها نسبت به مقادیر مرجع بیش از ۲۰ درصد افزایش یافته باشد مطابق دستورالعمل نسبت به سرویس آنها اقدام گردد.

تذکره ۲: در صورتی که مطابق شکل (۵) دستورالعمل بهره برداری، سرویس و نگهداری باتری های سرب-اسیدی تر برای اتصال میان سلول های مجاور بیش از یک جفت پست بکار رفته باشد، باید به تعداد جفت پست رابط بین سلولی این برگه تکثیر شده و مقاومت اتصالات بین هر جفت پست رابط بطور مجزا ثبت گردد.

نام و نام خانوادگی مسئول تست و سرویس : امضاء : تاریخ :

نام و نام خانوادگی ناظر : امضاء : تاریخ :



وزارت نیرو

شرکت سهامی برق منطقه‌ای ....

معاونت بهره‌برداری

شماره فرم:

ویرایش: ۰

صفحه: ۱/۱

فرم اندازه‌گیری امپدانس داخلی باتری (سالانه)

نام پست:	سازنده باتری:	ظرفیت نامی باتری (Ah):
سطح ولتاژ باتری:	نوع باتری:	تعداد سلول‌ها:
تاریخ نصب و راه اندازی:	تاریخ بازدید:	دمای باتریخانه (°C):
دستگاه تست مورد نیاز:	مدل دستگاه تست:	تاریخ کالیبراسیون:
محل اتصال پراب به سلول:	نوع و مدل کابل رابط:	میزان ریپل/نویز شارژر:

شماره سلول	ولتاژ سلول (V)	دمای الکترولیت (°C)	مقادیر امپدانس (میکرواوم)		
			مرجع	اندازه‌گیری شده	پس از اقدامات اصلاحی
۳۱					
۳۲					
۳۳					
۳۴					
۳۵					
۳۶					
۳۷					
۳۸					
۳۹					
۴۰					
۴۱					
۴۲					
۴۳					
۴۴					
۴۵					
۴۶					
۴۷					
۴۸					
۴۹					
۵۰					
۵۱					
۵۲					
۵۳					
۵۴					
۵۵					
۵۶					
۵۷					
۵۸					
۵۹					
۶۰					

شماره سلول	ولتاژ سلول (V)	دمای الکترولیت (°C)	مقادیر امپدانس داخلی (میکرواوم)		
			مرجع	اندازه‌گیری شده	پس از اقدامات اصلاحی
۱					
۲					
۳					
۴					
۵					
۶					
۷					
۸					
۹					
۱۰					
۱۱					
۱۲					
۱۳					
۱۴					
۱۵					
۱۶					
۱۷					
۱۸					
۱۹					
۲۰					
۲۱					
۲۲					
۲۳					
۲۴					
۲۵					
۲۶					
۲۷					
۲۸					
۲۹					
۳۰					

نکته ۱: در صورت عدم ارائه مقادیر مرجع امپدانس سلول توسط سازنده باتری، باید ۶ ماه پس از شروع بهره‌برداری (راه‌اندازی)، امپدانس سلول‌ها اندازه‌گیری و در این فرم به عنوان مقادیر مرجع ثبت گردند.

نکته ۲: در اندازه‌گیری مقادیر امپدانس داخلی، باید همواره نوع و مدل دستگاه تستر، نوع و مدل کابل رابط دستگاه تستر، دما و غلظت الکترولیت، ولتاژ سلول و میزان نویز و ریپل خروجی شارژر ثابت باشد.

علاوه بر این، پراب دستگاه تستر همواره باید بصورت عمود بر سطح قطب قرار گیرد.

نکته ۳: در صورت زنگ زدگی سطح قطب، باید سمباده زده شود تا پراب‌های دستگاه تستر به سطح قطب اتصال یابد.

تاریخ:

امضاء:

نام و نام خانوادگی مسئول تست و سرویس:

تاریخ:

امضاء:

نام و نام خانوادگی ناظر:



وزارت نیرو

شرکت سهامی برق منطقه‌ای .....

معاونت بهره‌برداری

### فرم تست ظرفیت باتری

نام و سطح ولتاژ پست:	نوع الکترولیت:	تاریخ تست:	شماره فرم:
نوع باتری و نام سازنده آن:	تعداد سلول‌ها:	دمای باتریخانه:	ویرایش:
تاریخ نصب و راه اندازی:	ولتاژ انتهای دشارژ سلول:	ظرفیت نامی باتری (Ah):	صفحه:

سلول	قبل از شروع تست			ولتاژ سلول																					
	ولتاژ شناور (ولت)	دمای سلول (سلسیوس)	غلظت (kg/m <sup>3</sup> )	مرحله: ۱ ساعت:	مرحله: ۲ ساعت:	مرحله: ۳ ساعت:	مرحله: ۴ ساعت:	مرحله: ۵ ساعت:	مرحله: ۶ ساعت:	مرحله: ۷ ساعت:	مرحله: ۸ ساعت:	مرحله: ۹ ساعت:	مرحله: ۱۰ ساعت:	مرحله: ۱۱ ساعت:	مرحله: ۱۲ ساعت:	مرحله: ۱۳ ساعت:	مرحله: ۱۴ ساعت:	مرحله: ۱۵ ساعت:	مرحله: ۱۶ ساعت:	مرحله: ۱۷ ساعت:	مرحله: ۱۸ ساعت:	مرحله: ۱۹ ساعت:	مرحله: ۲۰ ساعت:	باقی: ساعت:	
۱																									
۲																									
۳																									
۴																									
۵																									
۶																									
۷																									
۸																									
۹																									
۱۰																									
۱۱																									
۱۲																									
۱۳																									
۱۴																									
۱۵																									
۱۶																									
۱۷																									
۱۸																									
۱۹																									
۲۰																									
۲۱																									
۲۲																									
۲۳																									
۲۴																									
۲۵																									
۲۶																									
۲۷																									
۲۸																									
۲۹																									
۳۰																									



وزارت نیرو  
شرکت سهامی برق منطقه‌ای .....  
معاونت بهره‌برداری

فرم تست ظرفیت باتری

نام و سطح ولتاژ پست:	نوع الکترولیت:	تاریخ تست:	شماره فرم:
نوع باتری و نام سازنده آن:	تعداد سلول‌ها:	دمای باتریخانه:	ویرایش:
تاریخ نصب و راه اندازی:	ولتاژ انتهای دشارژ سلول:	ظرفیت نامی باتری (Ah):	صفحه:

ردیف	قبل از شروع تست			ولتاژ سلول																				
	ولتاژ شناور (ولت)	دمای سلول (سلسیوس)	غلظت (kg/m <sup>3</sup> )	مرحله ۱: ساعت:	مرحله ۲: ساعت:	مرحله ۳: ساعت:	مرحله ۴: ساعت:	مرحله ۵: ساعت:	مرحله ۶: ساعت:	مرحله ۷: ساعت:	مرحله ۸: ساعت:	مرحله ۹: ساعت:	مرحله ۱۰: ساعت:	مرحله ۱۱: ساعت:	مرحله ۱۲: ساعت:	مرحله ۱۳: ساعت:	مرحله ۱۴: ساعت:	مرحله ۱۵: ساعت:	مرحله ۱۶: ساعت:	مرحله ۱۷: ساعت:	مرحله ۱۸: ساعت:	مرحله ۱۹: ساعت:	مرحله ۲۰: ساعت:	نهایی: ساعت:
۳۱																								
۳۲																								
۳۳																								
۳۴																								
۳۵																								
۳۶																								
۳۷																								
۳۸																								
۳۹																								
۴۰																								
۴۱																								
۴۲																								
۴۳																								
۴۴																								
۴۵																								
۴۶																								
۴۷																								
۴۸																								
۴۹																								
۵۰																								
۵۱																								
۵۲																								
۵۳																								
۵۴																								
۵۵																								
۵۶																								
۵۷																								
۵۸																								
۵۹																								
۶۰																								
ولتاژ شناور ترمینال				میانگین دما	ولتاژ ترمینال																			
.....				.....	جریان دشارژ																			





وزارت نیرو

شرکت سهامی برق منطقه‌ای .....

معاونت بهره‌برداری

## فرم تست ظرفیت باتری

نام و سطح ولتاژ پست:	نوع الکترولیت:	تاریخ تست:	شماره فرم:	
نوع باتری و نام سازنده آن:	تعداد سلول‌ها:	دمای باتریخانه:	ویرایش:	۰
تاریخ نصب و راه اندازی:	ولتاژ انتهای دشارژ سلول:	ظرفیت نامی باتری (Ah):	صفحه:	۳/۳

نکته ۱: مقادیر ثبت شده ولتاژ نهایی (ولتاژ انتهای تخلیه) و همچنین ولتاژ سلول در آخرین مرحله به عنوان نتیجه نهایی آزمون محسوب می‌گردد.

نکته ۲: در هر مرحله‌ای که ولتاژ ترمینال باتری کمتر از ولتاژ انتهای دشارژ آن (حاصلضرب تعداد سلول‌های باتری در ولتاژ انتهای دشارژ هر سلول) شود، آزمون بایستی پایان یابد.

نکته ۳: حداکثر وقفه در آزمون پذیرش ۱ (یک) مرتبه، برای آزمون کارایی در پست‌های انتقال و نیز پست‌های حساس فوق توزیع ۲ (دو) مرتبه و برای پست‌های غیرحساس فوق توزیع ۳ (سه) مرتبه می‌باشد و زمان هیچ یک از وقفه‌ها نباید از ۶ دقیقه بیشتر شود.

نکته ۴: مدت زمان قرار گرفتن تحت شارژ برابرکنندگی ..... در تاریخ.....

نکته ۵: تاریخ انجام شارژ اولیه در صورت انجام آزمون پذیرش.....(فاصله زمانی میان آزمون پذیرش و شارژ اولیه باتری حداقل یک هفته می‌باشد).

مدت زمان انجام تست:		علت اتمام تست:		پایان زمان مورد انتظار تست <input type="radio"/> افت ولتاژ ترمینال باتری از ولتاژ انتهای تخلیه <input type="radio"/> وقفه بیش از حد مجاز <input type="radio"/>	
جریان بار نامی سیستم DC پست:		ظرفیت باتری محاسبه شده از تست ظرفیت (Ah):			
تاریخ تست ظرفیت قبلی باتری:		ظرفیت محاسبه شده باتری از تست ظرفیت قبلی (Ah):		تاریخ مورد انتظار تست ظرفیت بعدی باتری:	
شرایط باتری (از منظر تأمین ظرفیت مورد نیاز) مناسب است؟ <input type="radio"/> بلی <input type="radio"/> خیر					
تعداد سلول‌های معیوب:		تعداد سلول‌های نیازمند پایش مستمر:			
شماره سلول‌های معیوب:		شماره سلول‌های نیازمند پایش مستمر:			
نوع اقدام اصلاحی پس از انجام تست:					
پیشنهادهات:					
دستگاه تست مورد نیاز:					
ولت‌متر دیجیتالی دقیق با دقت ۰/۰۱ ولت - بانک بار ( dummy load ) - چگالی‌سنج - دماسنج					
نوع تست:					
<input type="checkbox"/> کارایی (زمان‌بندی) <input type="checkbox"/> راه اندازی <input type="checkbox"/> سایر					

امضاء:

تاریخ:

نام و نام خانوادگی مسئول تست و سرویس

امضاء ناظر:

تاریخ:

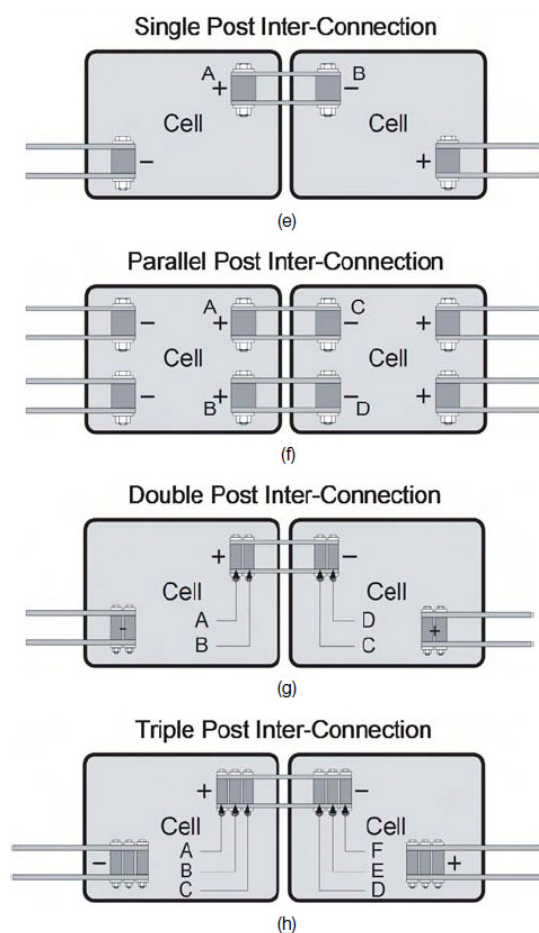
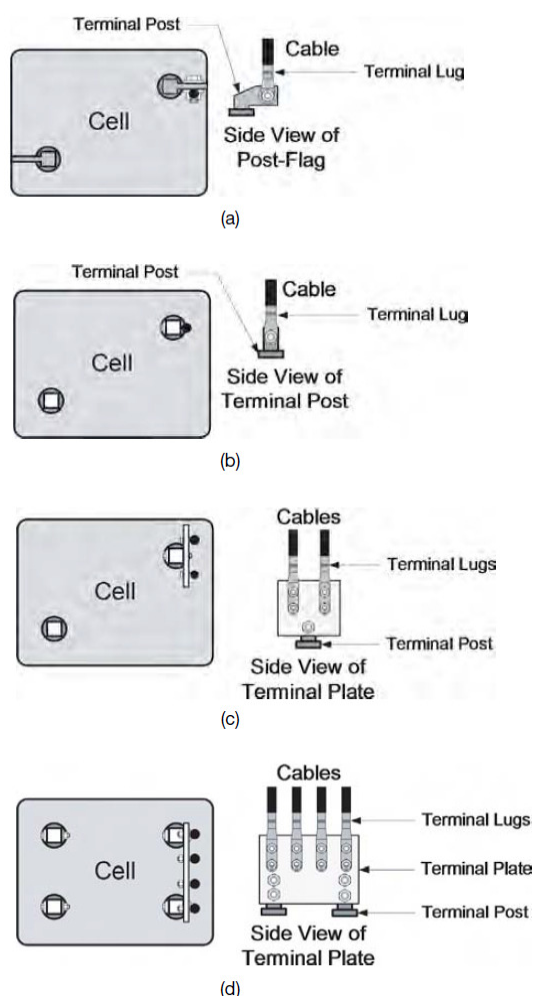
نام و نام خانوادگی ناظر:



## ۱۲. پیوست الف-اندازه‌گیری مقاومت اتصالات

تسمه‌های اتصالی بین سلول‌ها از جنس مس با روکش سرب هستند. اتصالات (شامل تسمه و نیز رابط متصل به پست سلول) به گونه‌ای طراحی می‌شوند که افت ولتاژ روی آنها، در بازه جریان‌های دشارژ مورد انتظار، در حد ۲۰ تا ۳۰ میلی‌ولت باشد.

بسته به اندازه باتری و جریان دشارژ مورد نظر، اتصالات بین سلولی می‌تواند متفاوت باشد. در شکل (۵) انواع مختلف نحوه اتصال رابط بین سلولی به قطب‌های سلول به تصویر کشیده شده است [۴].



شکل (۵): انواع آرایش و اتصالات قطب‌های باتری‌های پست‌های فشارقوی [۷].

نحوه اندازه‌گیری مقاومت اتصال بین سلولی در هر یک از چیدمان‌های فوق متفاوت است که در ادامه



بیان شده است.

ا) قطب (پست) پرچمی: بستن اتصالات بین سلولی به قطب سلول یک صفحه پرچم گونه بر روی هر قطب یه به عنوان بخشی از قطب وجود دارد. مقاومت میان بست رابط و پست اندازه‌گیری شود.

ب) تک ترمیناله: هادی رابط بطور مستقیم به قطب سلول متصل می‌شود. مقاومت از بست رابط تا قطب اندازه‌گیری شود.

ت) تک پست متصل به صفحه: هر قطب سلول دارای صفحه‌ای است که هادی رابط به آن بسته می‌شود. مقاومت میان هر چفت رابط و پست سلول اندازه‌گیری شود.

ث) پست-صفحه-کابل: هر ترمینال سلول دارای دو پست موازی است که یک صفحه بزرگی بر روی آنها به منظور بستن هادی رابط قرار دارد. مقاومت میان هر چفت رابط و صفحه و نیز از صفحه به هر پست اندازه‌گیری شود.

ج) تک پست: بسته به ظرفیت سلول، از یک یا دو تسمه موازی برای اتصال هر سلول به سلول مجاور استفاده می‌شود. باید مقاومت میان پست A قطب مثبت یک سلول و پست B قطب منفی سلول مجاور اندازه‌گیری شود.

ح) پست‌های موازی: هر قطب سلول دو پست موازی متصل به هم (اتصال در داخل محفظه سلول) دارد. مقاومت میان پست A قطب مثبت یک سلول و پست C قطب منفی سلول مجاور و نیز مقاومت میان پست B قطب مثبت و پست D قطب منفی اندازه‌گیری شود.

خ) پست دوبل: هر قطب سلول دو پست نزدیک و متصل به هم (اتصال در داخل محفظه سلول) داشته و هر پست یک مجموعه گیره مجزا برای اتصال به تسمه‌های رابط دارد. مقاومت از پست A قطب مثبت یک سلول تا پست C قطب منفی سلول مجاور و نیز مقاومت از پست B قطب مثبت تا پست D قطب منفی سلول مجاور اندازه‌گیری شود. مقدار این دو مقاومت باید تقریباً یکسان باشند.

د) پست سه گانه: هر قطب سلول دارای سه پست نزدیک و متصل به هم (اتصال در داخل محفظه سلول) بوده و هر پست یک مجموعه گیره مجزا برای اتصال به تسمه‌های رابط دارد. اندازه‌گیری

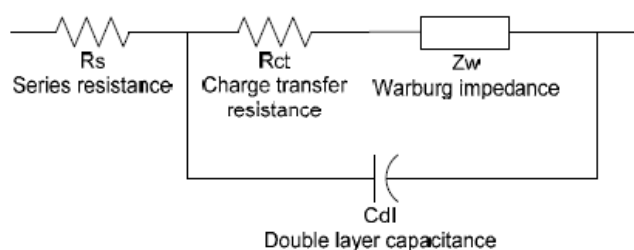


مقاومت اتصالات بین دو سلول مجاور بدین ترتیب است که مقاومت میان پست A قطب مثبت یک سلول و پست D قطب منفی سلول مجاور، مقاومت میان پست B قطب مثبت و پست E و نیز مقاومت میان پست C قطب مثبت و پست F قطب منفی سلول مجاور اندازه‌گیری شود. مقدار این سه مقاومت باید تقریباً یکسان باشد.

### ۱۳. پیوست ب- اندازه‌گیری امپدانس داخلی باتری

#### ۱۳-۱. مدار معادل امپدانس باتری

به منظور درک و فهم بهتر مقادیر امپدانس‌های اندازه‌گیری شده داخلی در باتری‌های سرب-اسیدی، ضروری است که رفتار باتری مدل شود. در شکل (۶) مدار معادل مداری یک سیستم الکتروشیمیایی (معروف به مدار معادل رندلس<sup>۱</sup>) در یک باتری سرب اسیدی نشان داده شده است [۳].



شکل (۶): مدار معادل امپدانس باتری [۳].

$R_s$ : مجموع مقاومت‌های سری پست‌ها، تسمه‌ها، اتصال صفحه به تسمه و جوش‌های بین سلولی است. به شکل یک مقاومت ساده بوده و متأثر از فرکانس نخواهد بود. این مولفه خود متشکل از دو بخش است  $R_m$  و  $R_e$  که به ترتیب مقاومت مسیر فلزی و مقاومت الکترولیت خواهند بود.

$R_{ct}$ : مقاومت انتقال شارژ (الکتروشیمیایی)؛

$C_{dl}$ : کاپاسیتانس دولایه (الکتروشیمیایی) است، جدا شدن شارژ نزدیک سطح الکترودها از یون‌های

<sup>1</sup> Randles Equivalent Circuit



نزدیک سطح صفحات. این المان به نوعی نشان دهنده ماهیت باتری، که وسیله ذخیره‌سازی انرژی است، می‌باشد.

$Z_w$ : امپدانس واربورگ (انتشاری) است، انتشار غیر خطی یونها در الکترولیت؛

$R_m$ : شامل همه مولفه‌های فلزی یک پست تا پست دیگر است (شامل پست، ...؛)

$R_e$ : مقاومت الکترولیت است که تقریباً در سراسر یک حجم باتری ثابت است اما در نگاه میکروسکوپی، درون خلل و فرج‌ها مقدار آن قابل توجه است؛

$R_{ct}$  مقاومت تبادل یونها از اسید به خمیر است. اگر خمیر سولفاته شود، آنگاه  $R_{ct}$  افزایش یافته یا اگر آن قسمت از خمیر به شبکه متصل نباشد، الکترون‌ها نمی‌توانند به بیرون از سلول جاری شوند. امپدانس واربورگ ( $Z_w$ ) معمولاً ناچیز بوده و تابعی از غلظت الکترولیت است.  $C_{dl}$  آن بخشی از مدار معادل رندلس است که بیشترین نقش در ظرفیت سلول خواهد بود. با اندازه‌گیری مقاومت DC، کاپاسیتانس که بخش مهمی از یک سلول است، نادیده گرفته می‌شود. اما اندازه‌گیری امپدانس، هر دو بخش مهم سلول (هم مقاومت DC و هم کاپاسیتانس) را در بر می‌گیرد.

برای اندازه‌گیری امپدانس داخلی سلول با استفاده از دستگاه تست، سیگنال نوسانی جریانی یا ولتاژی به سلول اعمال نموده و بر اساس پاسخ دریافتی از سلول امپدانس محاسبه می‌شود. مقادیر اجزاء مدل ( $R_{ct}$ ،  $Z_w$ ،  $C_{dl}$ ،  $R_s$ ) با مقدار امپدانس اندازه‌گیری شده با استفاده از دستگاه تست همبستگی دارد (مرتبط است).

با اعمال سیگنال تست فرکانس بالا به سلول، مدار معادل سلول به سمت  $R_s$  میل می‌کند زیرا که در فرکانس‌های بالا  $C_{dl}$  اتصال کوتاه شده و  $Z_w$  و  $R_{ct}$  را نیز اتصال کوتاه می‌نماید. با اعمال سیگنال تست فرکانس پایین،  $C_{dl}$  مدار باز شده و امپدانس مدار معادل سلول به سمت  $R_s + R_{ct} + Z_w$  میل می‌نماید.  $Z_w$  در مقایسه با  $C_{dl}$  پارامتری به نسبت کوچک بوده و با کاهش فرکانس افزایش می‌یابد.

$R_{ct}$  و  $C_{dl}$  به طور قابل توجهی به اندازه باتری وابسته بوده و بر اندازه‌گیری‌های امپدانس، به عنوان تابعی از فرکانس، تأثیر می‌گذارند. به ازای یک محدوده فرکانسی معینی باتری‌ها مقاومتی خواهند بود، اما



این محدوده فرکانسی بسته به نوع و اندازه سلول متغیر است.

مدهای مختلف خرابی سلول (نوع خرابی‌های گوناگون سلول) بر پارامترهای مدار معادل نشان داده شده در شکل فوق اثرگذار خواهند بود. به عنوان مثال،  $R_s$  نشان دهنده هدایت مسیر فلزی سلول است، بنابراین نقص‌های ساخت (نقص‌های کارخانه‌ای) مانند جوشکاری ضعیف در اتصالات بین سلولی و اتصالات صفحه-تسمه باعث افزایش  $R_s$  می‌شود.

افزایش مقاومت فلزی ( $R_s$ ) به علت پیری، به طور عمده از طریق خوردگی عناصر مسیر هدایت ایجاد می‌شود. افزایش مقاومت الکتروشیمیایی ( $R_{ct}$ ) بطور عمده ناشی از کاهش تماس مواد فعال با شبکه می‌باشد.

در یک باتری سرب-اسیدی تر در صورتی که سطح الکترولیت به درستی و در محدوده مجاز نگهداری شده و نیز الکترولیت همواره بدون آلودگی باشد، انتظار نمی‌رود که مقاومت الکتریکی آن سلول با افزایش با سن، تغییر کند.

## ۱۳-۲. چگونگی ارتباط شرایط فیزیکی باتری و امپدانس داخلی آن

چندین عوامل وجود دارد که می‌توانند بطور همزمان بر مقاومت درونی و نیز ظرفیت باتری تاثیرگذار باشند. در [۳] در قالب جدول ذیل این عوامل و نحوه تاثیرگذاری آنها بر مقاومت داخلی باتری و ظرفیت آن نشان داده شده است. باید توجه داشت که همه این عوامل بطور یکسان (به یک اندازه) ظرفیت و مقاومت داخلی را تحت تاثیر قرار نمی‌دهند؛ اما یک همبستگی کلی در این عوامل وجود دارد بدین ترتیب که اکثر عواملی که مقاومت داخلی باتری را افزایش می‌دهند منجر به کاهش ظرفیت آن خواهند شد.



شرکت توانیر

معاونت هماهنگی انتقال - دفتر فنی و نظارت شبکه انتقال

دستورالعمل بهره‌برداری، سرویس و نگهداری باتری‌های سرب-اسیدی تر

ویرایش: صفر

تاریخ تجدیدنظر

جدول (۷): نحوه تأثیرگذاری عوامل مختلف بر مقاومت/امپدانس داخلی باتری [۳].

عامل	نحوه تأثیرگذاری بر سلول باتری		توضیحات
	مقاومت داخلی	ظرفیت	
خوردگی شبکه	افزایش	کاهش	پیر شدن طبیعی
پف کردگی و گسترش شبکه	افزایش	کاهش	شامل از دست رفتن (فقدان یا کمبود) تماس بین شبکه و مواد فعال
از دست رفتن (کمبود) مواد فعال	افزایش	کاهش	ریزش مواد فعال از روی صفحات و شکل‌گیری رسوبات. مقدار خیلی زیاد رسوبات می‌تواند منجر به اتصال کوتاه شدن صفحات شود.
دشارژ	افزایش	کاهش	خود-دشارژی یا دشارژ در بار
سولفاته شدن	افزایش	کاهش	ناشی از کم شارژی
اتصال کوتاه داخلی	کاهش احتمالی و سپس افزایش آن	کاهش	اتصال کوتاه داخلی می‌تواند سبب کاهش مقاومت داخلی سلول شود؛ اما ولتاژ کم ناشی از وجود اتصال کوتاه داخلی، خود-دشارژی و سولفاته شدن منجر به افزایش مقاومت داخلی می‌شود.
کاهش دما	افزایش	کاهش	کاهش دما واکنش شیمیایی سلول را به تأخیر می‌اندازد، روند پیر شدن آن را کند می‌کند و ظرفیت در دسترس را محدود می‌نماید.
افزایش دما	کاهش	افزایش	افزایش دما واکنش شیمیایی سلول را به تسریع می‌نماید، عمر سلول را کوتاه کرده و ظرفیت در دسترس را افزایش می‌دهد.
ظرفیت نامی سلول	کاهش	افزایش	با افزایش اندازه سلول، مقاومت آن کاهش می‌یابد.

## ۱۴. پیوست ج - اندازه‌گیری امپدانس داخلی سلول‌ها و انجام تست ظرفیت در شرکت

### برق منطقه‌ای یزد

به منظور تبیین تأثیر اندازه‌گیری امپدانس داخلی سلول‌ها و نیز آزمون ظرفیت بر روند بهره‌برداری آنها، با همکاری شرکت برق منطقه‌ای یزد، شرکت پیمانکار نیرو فراز جنوب شرق، شرکت پیمانکار اختر برق اصفهان و شرکت پیمانکار تانش و در حضور اعضای کارگروه در پست مدرس این دو آزمون بر روی باتری این پست صورت گرفت که در ادامه نتایج آن آورده شده است.

باتری این پست از نوع سرب-اسیدی تر مدل 6OPZS420 ساخت شرکت صبا باتری با ظرفیت نامی ۴۲۰ آمپر ساعت بوده که به هنگام تست (در تاریخ ۱۳۹۸/۰۲/۱۰)، عمر بهره‌برداری آنها در حدود ۱۰ سال بود. باتری دارای ۵۵ سلول با ولتاژ نامی ۲ ولت است.



باتری مذکور برای زمانی در حدود ۴۸ ساعت تحت شارژ برابرکنندگی قرار گرفته و آنگاه به مدت تقریباً ۱۸ ساعت تحت شارژ شناور قرار گرفت که با اعمال این شرایط از شارژ کامل بودن آن اطمینان حاصل شود. در ابتدای امر، توسط دو شرکت پیمانکار امپدانس داخلی سلول‌های باتری توسط دستگاه تستر HIOKI مدل ۳۵۵۴ اندازه‌گیری شده که نتایج آن در جدول ذیل آورده شده است

جدول (۸): مقادیر امپدانس داخلی باتری‌های سرب-اسیدی تر پست فوق‌توزیع مدرس برق منطقه‌ای یزد، پیش از شروع تست ظرفیت.

شماره	امپدانس داخلی (میلی اهم)	وضعیت	شماره	امپدانس داخلی (میلی اهم)	وضعیت	شماره	امپدانس داخلی (میلی اهم)	وضعیت
۱	۰/۶۰۵		۲۱	۰/۷۲۵	مشکوک	۴۱	۰/۵۵۹	
۲	۰/۶۴۰	مشکوک	۲۲	۰/۵۶۶		۴۲	۰/۷۰۶	مشکوک
۳	۰/۵۸۱		۲۳	۰/۵۷۰		۴۳	۰/۷۰۰	مشکوک
۴	۰/۵۷۹		۲۴	۰/۵۷۰		۴۴	۰/۵۷۸	
۵	۰/۵۸۷		۲۵	۰/۵۷۲		۴۵	۰/۵۸۶	
۶	۰/۶۰۲		۲۶	۰/۵۸۴		۴۶	۰/۶۰۶	
۷	۰/۵۹۵		۲۷	۰/۵۸۷		۴۷	۰/۶۸۲	مشکوک
۸	۰/۵۸۵		۲۸	۰/۵۵۶		۴۸	۰/۵۷۹	
۹	۰/۵۷۹		۲۹	۰/۵۸۴		۴۹	۰/۶۹۱	مشکوک
۱۰	۰/۵۶۴		۳۰	۰/۵۷۱		۵۰	۰/۵۶۷	
۱۱	۰/۵۷۳		۳۱	۰/۵۸۴		۵۱	۰/۷۰۳	مشکوک
۱۲	۰/۵۸۹		۳۲	۰/۶۷۷	مشکوک	۵۲	۰/۵۷۹	
۱۳	۰/۵۸۶		۳۳	۰/۵۵۷		۵۳	۰/۵۸۷	
۱۴	۰/۵۵۱		۳۴	۰/۵۷۲		۵۴	۰/۵۷۲	
۱۵	۰/۵۹۵		۳۵	۰/۵۷۸		۵۵	۰/۵۸۶	
۱۶	۰/۶۵۲	مشکوک	۳۶	۰/۵۸۴				
۱۷	۰/۵۷۳		۳۷	۰/۵۷۸				
۱۸	۰/۵۸۵		۳۸	۰/۵۹۷				
۱۹	۰/۵۶۷		۳۹	۰/۵۸۲				
۲۰	۰/۵۶۴		۴۰	۰/۶۷۹	مشکوک			

. با توجه نبود مقادیر مرجع امپدانس برای این باتری (نه سازنده باتری مقادیر مرجعی اعلام نموده و نه در زمان راه‌اندازی پست مقادیر مرجع امپدانس داخلی باتری ثبت شده بود)، امکان ارزیابی دقیقی از وضعیت باتری وجود نداشت. از این رو تنها قیاس نسبی میان سلول‌های باتری صورت گرفت و آن سلول‌هایی که در مقایسه با دیگر سلول‌ها امپدانس قابل توجه بزرگتر داشته را شناسایی، و به عنوان موارد





مشکوک علامت‌گذاری شدند. لذا به منظور ارزیابی دقیق‌تر شرایط باتری، نیاز به انجام تست ظرفیت بود.

به منظور انجام تست ظرفیت، شرکت پیمانکار پس از جداسازی باتری از شارژ و اتصال بانک بار به آن، باتری را تحت آزمون ظرفیت ۱۰ ساعته با جریان بار ۴۰ آمپر قرار داد و در فواصل ۳۰ دقیقه‌ای اقدام به اندازه‌گیری ولتاژ هر یک از سلول‌ها و نیز ولتاژ ترمینال باتری نمود که نتایج آن در جدول (۹) آورده شده است. لازم به ذکر است دمای باتریخانه به هنگام شروع این تست در حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد بوده است. علاوه بر این، در این جدول دمای الکترولیت هر سلول در ابتدای شروع تست ظرفیت نیز آورده شده است.

پس از گذشت ۳ ساعت از شروع تست، ولتاژ سلول شماره ۳۲ (که طبق جدول (۸) به عنوان یک سلول مشکوک قلمداد می‌شود)، از مقدار ولتاژ انتهای تخلیه سلول، که طبق کاتلوگ سازنده باتری ۱/۸ ولت اعلام شده است، کمتر شده است. با توجه به آنکه ولتاژ این لحظه ترمینال باتری، ۱۰۸ ولت، از ولتاژ اتمام تست ۹۹ ولت (۱/۸×۵۵) بیشتر بوده، لذا نیاز است این سلول از مدار خارج شود. از این رو، تست متوقف شده و ظرف مدت زمان اندکی این سلول با استفاده از جمپر از مدار خارج شده و آنگاه تست ظرفیت ادامه یافت. در این شرایط ۵۴ سلولی، ولتاژ انتهای تخلیه باتری ۹۷/۲ ولت (۱/۸×۵۵) خواهد بود. پس از سپری شدن ۴ ساعت از تست، ولتاژ سلول ۴۹ به مقدار ۱/۸۱۳ ولت رسیده بود که در آستانه ولتاژ انتهایی تخلیه خود قرار داشت. با توجه به آنکه ولتاژ ترمینال باتری ۱۰۵/۴ ولت بوده و فاصله آشکاری با ولتاژ انتهای تست ۹۷/۲ ولت داشت، بنظر می‌رسید که در اندک زمانی بعد نیاز به خارج نمودن این سلول از مدار باشد، اما به منظور کاهش تعداد و زمان وقفه‌ها و نیز محافظت از سلول‌های باتری، در آن زمان تصمیم گرفته شد که سلول‌هایی که بصورت تخمینی در کوتاه مدت (یک یا دو ساعت آتی) به حد آستانه ولتاژ انتهای تخلیه خود می‌رسند نیز همراه با سلول ۴۹ طی یک وقفه از مدار خارج شوند. از این رو، در وقفه دوم سلول‌های ۱۶، ۲۱، ۴۰، ۴۳، ۴۷، ۴۹ و ۵۱ با استفاده از جمپر از مدار خارج شده و بدین ترتیب، در مجموع دو وقفه، ۸ سلول از مجموعه باتری از مدار خارج شده بود.

در پایان ساعت هشتم تست، بدلیل آنکه ولتاژ سلول ۴۲ به مقدار ۱/۷۹۵ ولت (کمتر از ولتاژ انتهای تخلیه) رسیده و نیاز به ایجاد وقفه سوم بود، تست ظرفیت در این لحظه پایان یافت.



## شرکت توانیر

معاونت هماهنگی انتقال - دفتر فنی و نظارت شبکه انتقال

دستورالعمل بهره‌برداری، سرویس و نگهداری باتری‌های سرب-اسیدی تر

ویرایش: صفر

تاریخ تجدیدنظر

جدول (۹): مقادیر اندازه‌گیری شده ولتاژ سلول‌های باتری سرب-اسیدی تر پست فوق توزیع مدرس برق منطقه‌ای یزد

هنگام تست ظرفیت ۱۰ ساعته

زمان سپری شده تست (دقیقه)															شماره سلول	دما سلول
۴۸۰	۴۵۰	۴۲۰	۳۹۰	۳۶۰	۳۳۰	۳۰۰	۲۵۰	۲۱۰	۱۸۰	۱۵۰	۱۲۰	۹۰	۶۰	۳۰	۰	
1.962	1.969	1.976	1.982	1.973	1.985	1.999	2.012	2.013	2.020	2.025	2.027	2.019	2.034	2.037	2.038	20
1.852	1.870	1.885	1.897	1.906	1.921	1.929	1.947	1.953	1.962	1.968	1.972	1.980	1.986	1.991	1.991	21
1.957	1.963	1.971	1.976	1.981	1.989	1.996	2.009	2.012	2.017	2.022	2.024	2.028	2.033	2.037	2.036	19
1.966	1.972	1.980	1.985	1.991	1.999	2.004	2.017	2.019	2.026	2.030	2.032	2.037	2.040	2.043	2.045	21
1.964	1.970	1.978	1.982	1.988	1.997	2.002	2.014	2.017	2.023	2.027	2.030	2.035	2.038	2.041	2.043	20
1.962	1.968	1.976	1.982	1.989	1.996	2.001	2.013	2.016	2.021	2.026	2.029	2.034	2.037	2.041	2.043	19
1.962	1.968	1.975	1.980	1.985	1.994	1.998	2.011	2.014	2.020	2.024	2.026	2.031	2.034	2.037	2.041	20
1.877	1.890	1.904	1.914	1.923	1.937	1.943	1.960	1.966	1.974	1.980	1.985	1.992	1.997	2.002	2.006	20
1.961	1.968	1.975	1.980	1.986	1.994	2.000	2.013	2.015	2.021	2.025	2.028	2.033	2.036	2.041	2.041	20
1.950	1.956	1.965	1.970	1.975	1.983	1.989	2.002	2.005	2.011	2.015	2.019	2.024	2.028	2.029	2.032	21
1.967	1.974	1.981	1.986	1.991	2.000	2.005	2.018	2.021	2.027	2.031	2.033	2.038	2.042	2.044	2.046	21
1.962	1.967	1.977	1.982	1.987	1.996	2.000	2.012	2.015	2.021	2.025	2.028	2.033	2.035	2.048	2.041	20
1.965	1.972	1.979	1.984	1.989	1.999	2.003	2.010	2.018	2.024	2.028	2.030	2.035	2.038	2.041	2.044	21
1.971	1.978	1.985	1.989	1.995	2.005	2.009	2.021	2.024	2.030	2.035	2.037	2.042	2.044	2.046	2.046	20
1.967	1.974	1.981	1.987	1.992	2.000	2.004	2.017	2.020	2.026	2.030	2.033	2.038	2.040	2.040	2.042	20
-	-	-	-	-	-	-	1.890	1.902	1.917	1.927	1.935	1.948	1.957	1.966	1.977	21
1.954	1.961	1.969	1.974	1.980	1.989	1.994	2.005	2.009	2.016	2.020	2.023	2.028	2.032	2.035	2.041	20
1.961	1.967	1.974	1.980	1.984	1.992	1.997	2.009	2.013	2.018	2.022	2.025	2.030	2.034	2.037	2.039	20
1.964	1.971	1.978	1.983	1.989	1.998	2.002	2.014	2.017	2.023	2.027	2.027	2.024	2.038	2.041	2.043	20
1.959	1.965	1.973	1.978	1.983	1.992	1.997	2.009	2.012	2.018	2.022	2.025	2.030	2.033	2.036	2.038	21
-	-	-	-	-	-	-	1.858	1.872	1.881	1.898	1.906	1.918	1.931	1.942	1.957	19
1.953	1.963	1.970	1.975	1.981	1.988	1.993	2.007	2.010	2.016	2.021	2.023	2.028	2.031	2.035	2.037	20
1.955	1.961	1.969	1.974	1.982	1.989	1.994	2.006	2.009	2.015	2.021	2.022	2.028	2.031	2.035	2.037	20
1.898	1.910	1.921	1.929	1.937	1.950	1.956	1.973	1.977	1.986	1.991	1.995	2.002	2.007	2.011	2.016	20
1.967	1.973	1.981	1.986	1.991	2.000	2.005	2.017	2.020	2.026	2.030	2.033	2.035	2.042	2.045	2.048	20
1.966	1.972	1.981	1.985	1.986	1.998	2.004	2.015	2.019	2.025	2.028	2.031	2.036	2.040	2.043	2.045	21
1.950	1.956	1.964	1.969	1.976	1.984	1.990	2.001	2.004	2.010	2.015	2.017	2.022	2.026	2.030	2.033	21
1.961	1.967	1.975	1.980	1.985	1.994	1.997	2.011	2.014	2.020	2.025	2.027	2.032	2.036	2.040	2.042	20
1.960	1.964	1.973	1.978	1.984	1.993	1.997	2.010	2.013	2.019	2.023	2.025	2.029	2.034	2.037	2.037	21
1.957	1.963	1.971	1.976	1.982	1.990	1.995	2.006	2.009	2.015	2.019	2.021	2.026	2.030	2.033	2.035	20
1.955	1.963	1.970	1.975	1.981	1.989	1.994	2.005	2.009	2.014	2.019	2.020	2.026	2.029	2.033	2.036	20
-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.735	1.826	1.853	1.891	1.916	1.933	1.951	20
1.963	1.971	1.978	1.983	1.989	1.998	2.000	2.014	2.017	2.023	2.027	2.029	2.034	2.038	2.041	2.044	21
1.965	1.970	1.979	1.986	1.989	1.999	2.004	2.016	2.020	2.025	2.029	2.032	2.037	2.041	2.045	2.048	21
1.966	1.969	1.977	1.983	1.985	1.999	2.003	2.015	2.019	2.025	2.029	2.031	2.036	2.040	2.043	2.046	20
1.969	1.974	1.982	1.986	1.992	2.000	2.006	2.017	2.021	2.026	2.030	2.033	2.038	2.042	2.045	2.048	20
1.959	1.966	1.973	1.978	1.986	1.993	1.997	2.009	2.013	2.011	2.024	2.026	2.031	2.034	2.037	2.039	20
1.964	1.971	1.978	1.981	1.985	1.996	2.002	2.014	2.017	2.023	2.027	2.030	2.034	2.039	2.043	2.047	20
1.929	1.937	1.944	1.949	1.955	1.964	1.969	1.980	1.984	1.991	1.995	1.998	2.004	2.008	2.013	2.021	20
-	-	-	-	-	-	-	1.869	1.885	1.901	1.912	1.918	1.930	1.942	1.951	1.962	21
1.968	1.975	1.982	1.987	1.992	2.000	2.005	2.017	2.020	2.027	2.030	2.033	2.035	2.040	2.045	2.047	20
1.795	1.820	1.851	1.869	1.881	1.901	1.910	1.930	1.937	1.947	1.953	1.958	1.964	1.972	1.979	1.985	20
-	-	-	-	-	-	-	1.881	1.896	1.912	1.923	1.929	1.943	1.951	1.961	1.973	20
1.963	1.970	1.977	1.982	1.989	1.998	2.003	2.015	2.018	2.024	2.027	2.032	2.035	2.040	2.043	2.047	21
1.957	1.962	1.971	1.976	1.981	1.989	1.995	2.006	2.010	2.015	2.019	2.022	2.027	2.030	2.034	2.037	21
1.862	1.883	1.897	1.909	1.917	1.933	1.940	1.957	1.963	1.972	1.975	1.982	1.988	1.995	2.00	2.007	21
-	-	-	-	-	-	-	1.871	1.885	1.901	1.910	1.916	1.928	1.939	1.949	1.964	20
1.963	1.969	1.977	1.980	1.987	1.997	2.000	2.012	2.016	2.022	2.025	2.029	2.034	2.039	2.045	2.049	20
-	-	-	-	-	-	-	1.813	1.841	1.866	1.881	1.887	1.906	1.920	1.933	1.951	20
1.957	1.964	1.970	1.975	1.981	1.991	1.995	2.005	2.010	2.015	2.018	2.023	2.026	2.032	2.035	2.039	20
-	-	-	-	-	-	-	1.844	1.863	1.884	1.897	1.904	1.919	1.931	1.943	1.959	21
1.963	1.970	1.977	1.982	1.988	1.997	2.002	2.012	2.016	2.023	2.025	2.027	2.033	2.038	2.041	2.044	21
1.961	1.970	1.977	1.984	1.990	1.999	2.001	2.015	2.019	2.025	2.030	2.031	2.037	2.041	2.044	2.047	20
1.965	1.972	1.980	1.984	1.989	1.992	1.997	2.009	2.013	2.021	2.027	2.029	2.032	2.037	2.041	2.044	20
1.958	1.964	1.971	1.985	1.975	1.991	1.997	2.007	2.010	2.018	2.011	2.015	2.021	2.023	2.036	2.039	20
90	90.7	90.8	91.3	91.8	92	105.4	105.9	108	108.4	108.7	109	109.3	109.6	109.6	109.6	ولتاژ ترمینال

پس از آن با خارج نمودن یک سلول، مجموعه باتری با ۵۴ سلول تحت شارژ برابرکنندگی قرار گرفت که در ابتدا بدلیل خالی بودن سلول‌ها جریان زیادی کشیده می‌شد ولی با گذر زمان این جریان کم و پایدار شد که پس از آن گروه‌های تعمیراتی پست را ترک نمودند. در روز بعد، دوباره امیدانس هر یک از سلول‌ها با همان تستر اندازه‌گیری شده که نتایج آن به همراه نتایج قبل از انجام تست شرفیت در جدول (۱۰) نشان داده شده است. هماهنگونه که از این جدول بر می‌آید، بطور کلی انجام تست ظرفیت سبب بهبود امیدانس داخلی سلول‌ها شده است.



شرکت توانیر

معاونت هماهنگی انتقال - دفتر فنی و نظارت شبکه انتقال

دستورالعمل بهره‌برداری، سرویس و نگهداری باتری‌های سرب-اسیدی تر

ویرایش: صفر

تاریخ تجدیدنظر

جدول (۱۰): مقادیر امپدانس داخلی سلول‌های باتری‌های سرب-اسیدی تر پست فوق توزیع مدرس برق منطقه‌ای یزد، قبل و بعد از انجام تست ظرفیت

شماره سلول	امپدانس داخلی (میلی اهم)		شماره سلول	امپدانس داخلی (میلی اهم)		شماره سلول	امپدانس داخلی (میلی اهم)	
	قبل از تست	بعد از تست		قبل از تست	بعد از تست		قبل از تست	بعد از تست
۱	۰/۶۰۵	۰/۵۷۲	۲۱	۰/۷۲۵	۰/۶۸۴	۴۱	۰/۵۵۹	۰/۵۵۹
۲	۰/۶۴۰	۰/۶۴۲	۲۲	۰/۵۶۶	۰/۵۵۸	۴۲	۰/۷۰۶	۰/۶۱۵
۳	۰/۵۸۱	۰/۵۹۲	۲۳	۰/۵۷۰	۰/۵۶۹	۴۳	۰/۷۰۰	۰/۶۷۱
۴	۰/۵۷۹	۰/۵۷۲	۲۴	۰/۵۷۰	۰/۵۷۱	۴۴	۰/۵۷۸	۰/۵۶۹
۵	۰/۵۸۷	۰/۵۸۳	۲۵	۰/۵۷۲	۰/۵۷۱	۴۵	۰/۵۸۶	۰/۵۶۷
۶	۰/۶۰۲	۰/۵۵۵	۲۶	۰/۵۸۴	۰/۵۷۶	۴۶	۰/۶۰۶	۰/۶۲۷
۷	۰/۵۹۵	۰/۵۹۱	۲۷	۰/۵۸۷	۰/۶۰۰	۴۷	۰/۶۸۲	۰/۶۵۲
۸	۰/۵۸۵	۰/۵۹۹	۲۸	۰/۵۵۶	۰/۵۴۰	۴۸	۰/۵۷۹	۰/۵۵۸
۹	۰/۵۷۹	۰/۵۵۳	۲۹	۰/۵۸۴	۰/۵۸۲	۴۹	۰/۶۹۱	۰/۶۷۲
۱۰	۰/۵۶۴	۰/۵۵۰	۳۰	۰/۵۷۱	۰/۵۷۵	۵۰	۰/۵۶۷	۰/۵۷۰
۱۱	۰/۵۷۳	۰/۵۶۷	۳۱	۰/۵۸۴	۰/۵۵۷	۵۱	۰/۷۰۳	۰/۶۵۵
۱۲	۰/۵۸۹	۰/۶۱۶	۳۲	۰/۶۷۷	۰/۹۱۰	۵۲	۰/۵۷۹	۰/۵۷۱
۱۳	۰/۵۸۶	۰/۵۸۷	۳۳	۰/۵۵۷	۰/۵۵۶	۵۳	۰/۵۸۷	۰/۶۲۷
۱۴	۰/۵۵۱	۰/۵۶۰	۳۴	۰/۵۷۲	۰/۵۸۲	۵۴	۰/۵۷۲	۰/۵۸۱
۱۵	۰/۵۹۵	۰/۵۸۰	۳۵	۰/۵۷۸	۰/۵۵۷	۵۵	۰/۵۸۶	۰/۵۹۴
۱۶	۰/۶۵۲	۰/۶۰۹	۳۶	۰/۵۸۴	۰/۵۹۲			
۱۷	۰/۵۷۳	۰/۵۹۸	۳۷	۰/۵۷۸	۰/۵۵۰			
۱۸	۰/۵۸۵	۰/۶۰۵	۳۸	۰/۵۹۷	۰/۵۶۸			
۱۹	۰/۵۶۷	۰/۵۶۰	۳۹	۰/۵۸۲	۰/۵۷۴			
۲۰	۰/۵۶۴	۰/۵۸۰	۴۰	۰/۶۷۹	۰/۶۶۴			



## ۱۵. مراجع

- [1] BS 4974, Specification For Water For Lead-acid Batteries, 1975.
- [2] IS 1069, Quality Tolerances For Water For Storage Batteries-Specification, 2<sup>nd</sup> revision, 1993.
- [3] IEEE Std 450™, “IEEE Recommended Practice for Maintenance, Testing, and Replacement of Vented Lead-Acid Batteries for Stationary Applications”, 2010.
- [4] NFPA 10-2018 – Standard for Portable Fire Extinguishers, edition 2018.
- [5] ANSI/NETA ATS-2017, Standard For Acceptance Testing Specifications for Electrical Power Equipment and Systems, 2017.
- [6] Facilities Instructions, Standards, and Techniques (FIST) Volume 3-6, “Storage Battery Maintenance and Principles”, June, 2017.
- [7] Whitham D. Reeve, “Dc Power System Design For Telecommunications”, Wiley-IEEE Press, First Edition 2006.
- [8] Substation Battery & Charger Maintenance, MNT-TRMX-00015, 2012.

[۹] “دستورالعمل بازدید باتری‌ها و شارژرها” شرکت سهامی برق منطقه‌ای اصفهان.

[۱۰] “دستورالعمل تست و سرویس سیستم‌های AC و DC” شرکت سهامی برق منطقه‌ای یزد.

[۱۱] باتری و باتری‌خانه در پست‌های فشار قوی، فصلنامه الکترونیکی نیرو فروز (علمی-آموزشی)

اسفند ۹۵.



گردآورندگان سند:

مدیر کل دفتر فنی و نظارت شبکه

هاشم علیپور

کارشناس نظارت بر تجهیزات فشار قوی

حامد دهقانی

کارشناس نظارت بر خطوط

مسعود خدادادی

رئیس گروه نظارت بر تجهیزات

محمدرضا ترابی

رئیس گروه نظارت بر هماهنگی سیستم

محسن کریمی



شرکت توانیر

معاونت هماهنگی انتقال- دفتر فنی و نظارت شبکه انتقال

دستورالعمل بهره‌برداری، سرویس و نگهداری باتری‌های سرب-اسیدی تر

ویرایش: صفر

تاریخ تجدیدنظر

کنترل سند:

#### ۱- صدور سند

سند با ضوابط آئین‌نامه تولید، بهره‌برداری و بازنگری اسناد دارای مطابقت دارد. نام و نام خانوادگی کنترل‌کننده: ..... سمت: .....	مهر و امضاء دفتر (صادرکننده)
--	---------------------------------

#### ۲- دریافت سند و کنترل‌های لازم

نام سازمان: ..... تاریخ دریافت سند: ..... <input type="checkbox"/> سند از نظر شکلی (تعداد اوراق، خوانایی و ...) کامل است. <input type="checkbox"/> سند در فرم‌های مربوطه ثبت گردید. <input type="checkbox"/> اسناد منسوخ و یا بی اعتبار مرتبط ابطال گردید. نام و نام خانوادگی کنترل‌کننده: ..... سمت: .....	مهر و امضاء دفتر (دریافت کننده)
---	------------------------------------

#### ۳- بهره‌برداری

نام واحد سازمانی: ..... <input type="checkbox"/> دریافت سند ..... تاریخ: ..... <input type="checkbox"/> خاتمه دوره اجرا ..... تاریخ: ..... نام و نام خانوادگی دریافت‌کننده: ..... سمت: .....	مهر واحد دریافت‌کننده (استفاده کننده)
---	--

#### ۴- ابطال سند

این سند در تاریخ ..... به استناد ..... ابطال گردید. نام و نام خانوادگی ابطال‌کننده: ..... سمت: .....	مهر و امضاء
--	-------------



اسامی اعضای تهیه کننده دستورالعمل:

ردیف	نام و نام خانوادگی	سازمان متبوع
۱	هاشم علیپور	توانیر
۲	حامد دهقانی	توانیر
۳	مسعود خدادادی	توانیر
۴	محمدرضا ترابی	توانیر
۵	محسن کریمی	توانیر
۶	عباس بیاتی	توانیر
۷	اسماعیل خان احمدلو	توانیر
۸	ابوالفضل امید	شرکت مدیریت شبکه برق ایران
۹	رضا عسگری	برق منطقه‌ای اصفهان
۱۰	حیدر مقدم فر	برق منطقه‌ای سمنان
۱۱	سید عباس حسینی	برق منطقه‌ای یزد
۱۲	محمد باقری	برق منطقه‌ای باختر
۱۳	محمد رشیدی رنجبر	برق منطقه‌ای کرمان
۱۴	مهدی ثمره	برق منطقه‌ای کرمان