INSO
19006-3
1st.Edition

2017

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۱۹۰۰۶-۳
چاپ اول

۱۳۹۵

سامانه‌های حرارتی خورشیدی و اجزای آن- سامانه‌های ساخت سفارشی- قسمت ۳: روش‌های آزمون عملکرد برای مخازن آب‌گرم‌کن خورشیدی

Thermal solar systems and components - Custom built systems Part 3: Performance test methods for solar water heater stores

ICS: 27.160

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران،ضلع جنوب‌غربی میدان ونک،خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق‌پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن:۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج - شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸- ۳۲۸۰۶۰۳۱(۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴(۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.gov.ir

وبگاه: http://www.isiri.gov.ir

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No.2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.gov.ir

Website:http://www.isiri.gov.ir

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفهٔ تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهایملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیته ملی طرح، بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استانداردملی ایرانچاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهاییملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد(ISO)[1]،کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی(OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی(CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهایملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباریکند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباریکند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها پایش میکند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2- International Electrotechnical Commission
3- International Organization for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)
4-Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«سامانه‌های حرارتی خورشیدی و اجزای آن- سامانه‌های ساخت سفارشی - قسمت ۳: روش‌های آزمون عملکرد برای مخازن آب‌گرم‌کن خورشیدی»

رئیس:	**سمت و/یا محل اشتغال:**
خادم، جواد (دکتری مهندسی مکانیک- تبدیل انرژی)	عضو هیات علمی دانشگاه بیرجند
دبیر:	
بذری، مصطفی (کارشناسی مهندسی صنایع)	اداره کل استاندارد استان خراسان جنوبی
اعضا:(اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
احمدی بروغنی، زهرا (کارشناسی ارشد مهندسی رایانه – نرم افزار)	عضو هیات علمی دانشگاه بیرجند
احمدی بروغنی، سید یوسف (دکتری مهندسی مکانیک- طراحی کاربردی)	عضو هیات علمی دانشگاه بیرجند
بهار، شیرین (کارشناسی ارشد مهندسی طراحی محیط)	سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا)
پورحمیدی، علیرضا (کارشناسی مهندسی مکانیک- نیروگاه)	سازمان ملی استاندارد ایران
خدایی‌فرد، شراره (کارشناسی‌ارشد فیزیک)	اداره‌کل استاندارد استان زنجان
رضازاده، رضا (کارشناسی مهندسی عمران- آب)	اداره کل استاندارد خراسان جنوبی
شریفیان، حمیدرضا (کارشناسی ارشد مهندسی سیستم‌های انرژی)	سازمان ملی استاندارد ایران
صفوی‌نژاد، علی (دکترای مهندسی مکانیک-تبدیل انرژی)	عضو هیات علمی دانشگاه بیرجند
میربزرگی، سید علی (دکتری مهندسی مکانیک)	عضو هیات علمی دانشگاه بیرجند

نجفی، حمید رضا
(دکتری مهندسی برق- قدرت)
نیروگاه فتوولتاییک دانشگاه بیرجند

ویراستار:

طاهری، احسان
(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک- طراحی کاربردی)
اداره‌کل استاندارد استان خراسان شمالی

فهرست مندرجات

عنوان		صفحه
پیش‌گفتار		ز
۱	هدف و دامنهٔ کاربرد	۱
۲	مراجع الزامی	۱
۳	اصطلاحات و تعاریف	۲
۴	نمادها و اختصارات	۱۰
۵	طبقه‌بندی مخزن	۱۱
۶	آزمون مخزن آزمایشگاهی	۱۱
۶-۱	الزامات پایه آزمون	۱۱
۶-۲	نصب مخزن	۱۵
۶-۳	روش‌های اجرایی آزمون و ارزیابی	۱۶
۷	آزمون مخزن همراه با آزمون سامانه مطابق با استاندارد ISO 9459-5	۳۲
۸	آزمون مخزن مطابق با استاندارد EN 12897	۳۳
۹	گزارش آزمون	۳۳
۹-۱	کلیات	۳۳
۹-۲	توصیف مخزن	۳۳
۹-۳	نتایج آزمون	۳۴
۹-۴	پارامترهای شبیه‌سازی	۳۵
پیوست الف	(الزامی) آزمون‌های معیار مدل مخزن	۳۷
پیوست ب	(الزامی) صحه‌گذاری نتایج آزمون مخزن	۳۹
پیوست پ	(الزامی) معیارهای برای شناسایی پارامتر	۴۹
پیوست ت	(آگاهی دهنده) الزامات مورد نیاز برای مدل عددی مخزن	۵۰
پیوست ث	(آگاهی دهنده) تعیین پارامترهای مخزن با استفاده از «مقیاس بالا» و «مقیاس پایین»	۵۳
پیوست ج	(آگاهی دهنده) تعیین دمای آسایش آب داغ	۵۵
کتاب‌نامه		۵۷

پیش‌گفتار

استاندارد «سامانه‌های حرارتی خورشیدی و اجزای آن- سامانه‌های ساخت سفارشی - قسمت ۳: روش‌های آزمون عملکرد برای مخازن آب‌گرم‌کن خورشیدی» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط تهیه و تدوین شده است، در هفتادمین اجلاسیه کمیتهٔ ملی استاندارد انرژی مورخ ۱۳۹۵/۱۲/۱۱ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوهٔ نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینهٔ صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون‌های مربوط موردتوجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

منبع و مأخذی که برای تهیه و تدوین این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

BS EN 12977-3:2012, Thermal solar systems and components - Custom built systems- Part 3: Performance test methods for solar water heater stores

سامانه‌های حرارتی خورشیدی و اجزای آن- سامانه‌های ساخت سفارشی - قسمت ۳: روش‌های آزمون عملکرد برای مخازن آب‌گرم‌کن خورشیدی

۱ هدف و دامنهٔ کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش‌های آزمون برای خصوصیات عملکردی مخازنی است که برای استفاده در سامانه‌های کوچک ساخت سفارشی مشخص شده در استاندارد EN 12977-1 در نظر گرفته شده‌اند.

مخازن مورد آزمون مطابق با این استاندارد معمولا در سامانه‌های آب‌گرم خورشیدی استفاده می‌شوند. با این حال، عملکرد حرارتی[1] سایر مخازن حرارتی با سیال عامل[2] ذخیره‌سازی مانند آب را می‌توان مطابق با روش آزمون مشخص شده در این استاندارد ارزیابی نمود.

این استاندارد برای مخازن با حجم نامی بین ۵۰ l تا ۳۰۰۰ l کاربرد دارد.

این استاندارد برای مخازن ترکیبی کاربرد ندارد. روش آزمون عملکرد برای مخازن ترکیبی خورشیدی در استاندارد EN 12977-4 مشخص شده است.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به‌صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین‌ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

درصورتی‌که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

2-1 EN 12828, Heating systems in buildings – Design for water-based heating systems

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۴۸۱: سال ۱۳۹۰، سیستم‌های گرمایش ساختمان‌ها- طراحی سیستم‌های گرمایشی بر پایه آب با استفاده از استاندارد EN 12828:2003 تدوین شده است.

2-2 EN 12897, Water supply – Specification for indirectly heated unvented (closed) storage water heaters

1 - Thermal
2 - Medium

2-3 EN ISO 9488:1999, Solar energy - Vocabulary (ISO 9488:1999)

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۵۳۶: سال ۱۳۸۷، انرژی خورشیدی- واژگان، با استفاده از استاندارد EN ISO 9488:2008 تدوین شده است.

2-4 ISO 9459-5, Solar heating - Domestic water heating systems - Part 5: System performance characterization by means of whole-system tests and computer simulation

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۵-۷۳۸۵: سال ۱۳۸۷، گرمایش خورشیدی -سامانه‌های آبگرمکن خانگی -قسمت پنجم -توصیف مشخصات عملکرد سامانه با استفاده از آزمون‌های کل سامانه و شبیه‌سازی کامپیوتری با استفاده از استاندارد ISO 9459-5:2007 تدوین شده است.

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در استاندارد EN ISO 9488:1999، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌رود:

۳-۱

دمای محیط

ambient temperature

مقدار میانگین دمای هوای اطراف مخزن است.

۳-۲

شارژ

charge

فرآیند انتقال انرژی به مخزن به وسیله یک منبع گرما[1] است.

۳-۳

اتصال شارژ

charge connection

اتصال لوله‌ای که برای شارژ دستگاه ذخیره استفاده می‌شود.

۳-۴

مخزن ترکیبی

combistore

یک مخزن مشترک که برای آماده‌سازی آب گرم مصرفی خانگی و گرمایش فضا استفاده می‌شود.

1 - Heat

۵-۳

مطبوع‌سازی

conditioning

فرآیند ایجاد دمای یکنواخت در داخل مخزن بوسیله تخلیه مخزن با $\vartheta_{D,i}$=۲۰ °C □ تا به یک حالت پایا برسد.

یادآوری- مطبوع سازی در ابتدای یک سلسله آزمون برای تامین یک حالت اولیه مناسب از سامانه، یعنی یک دمای یکنواخت در کل مخزن، در نظر است.

۶-۳

توان شارژ ثابت، $\widetilde{P}_c$

constant charge power, $\widetilde{P}_c$

توان شارژی که وقتی مقدار میانگین $\widetilde{P}_c$ در طی دوره کاهش ٪ ۵۰ حجم شارژ در حدود $\widetilde{P}_c \pm \widetilde{P}_c \times ۰/۱$ باشد.

یادآوری- نماد «~» در بالا یک مقدار مشخص شده نشان می‌دهد که مقدار متناظر یک مقدار میانگین است.

۷-۳

دمای ورودی ثابت، $\widetilde{\vartheta}_{x,i}$

constant inlet temperature, $\widetilde{\vartheta}_{x,i}$

دمایی است که در حین شارژ (x = C) یا دشارژ (x = D) بدست می‌آید اگر مقدار میانگین $\widetilde{\vartheta}_{x,i}$ ، در طی دوره کاهش ٪ ۵۰ حجم شارژ/ دشارژ (به زیربند ۳-۳۴ مراجعه نمایید) در حدود °C ($\widetilde{\vartheta}_{x,i} \pm ۱$) باشد.

یادآوری- نماد «~» در بالا یک مقدار مشخص شده نشان می‌دهد که مقدار متناظر یک مقدار میانگین است.

۸-۳

نرخ جریان ثابت، $\widetilde{\dot{V}}$

constant flow rate, $\widetilde{\dot{V}}$

نرخ جریانی که وقتی مقدار میانگین $\widetilde{\dot{V}}$ در طی دوره کاهش ٪ ۵۰ حجم شارژ/دشارژ (به زیربند ۳-۳۴ مراجعه شود) در حدود $\widetilde{\dot{V}} \pm \widetilde{\dot{V}} \times ۰/۱$ باشد.

یادآوری- نماد «~» در بالا یک مقدار مشخص شده نشان می‌دهد که مقدار متناظر یک مقدار میانگین است.

۳-۹

حجم مرده/ظرفیت مرده

dead volume/dead capacity

حجم/ظرفیتی از مخزن که به علت هدایت گرمایی، فقط گرم شده است (به عنوان مثال زیر یک مبدل گرمایی).

۳-۱۰

شارژ/دشارژ مستقیم

direct charge/discharge

انتقال یا دفع انرژی حرارتی به داخل یا خارج از مخزن، با تبادل مستقیم سیال در مخزن می‌باشد.

۳-۱۱

دشارژ

discharge

فرآیند کاهش انرژی حرارتی داخل مخزن ناشی از مصرف آب داغ است.

۳-۱۲

اتصال دشارژ

discharge connection

اتصال لوله‌ای که برای دشارژ دستگاه ذخیره استفاده می‌شود.

۳-۱۳

درگاه دوتایی

double port

جفت متناظر با اتصالات ورودی و خروجی برای شارژ/دشارژ مستقیم مخزن است.

یادآوری- اغلب، مخزن از طریق حلقه‌های بسته یا باز که با درگاه‌های دوتایی به مخزن متصل است، شارژ یا دشارژ می‌شود.

۳-۱۴

حجم موثر/ظرفیت موثر

effective volume/effective capacity

حجمی/ظرفیتی که اگر از مخزن به یک روش معمول بهره‌برداری شود، در فرآیند ذخیره‌سازی گرما به کار می‌آید.

۱۵-۳

گرمایش(کمکی) الکتریکی

electrical (auxiliary) heating

المان گرمایش الکتریکی غوطه‌ور در مخزن است.

۱۶-۳

گرمایش کمکی بیرونی

external auxiliary heating

دستگاه گرمایش کمکی در خارج از مخزن قرار دارد. گرما از طریق شارژ مستقیم یا غیرمستقیم با یک حلقه شارژ به مخزن منتقل می‌شود. گرمایش کمکی بیرونی به عنوان بخشی از مخزن تحت آزمون در نظر گرفته نمی‌شود.

۱۷-۳

نرخ ظرفیت اتلاف گرما، $(UA)_{s,a}$

heat loss capacity rate, $(UA)_{s,a}$

اتلاف گرمای کلی از کل دستگاه ذخیره‌سازی به ازای هر کلوین(K) اختلاف دما بین دمای سیال عامل مخزن و دمای هوای محیط می‌باشد.

یادآوری- نرخ ظرفیت اتلاف گرما بستگی به شرایط جریان در داخل مخزن دارد. از این رو، نرخ ظرفیت اتلاف گرما آماده به کار و نرخ ظرفیت اتلاف گرما بهره‌برداری تعریف شده است. اگر $(UA)_{s,a}$ است بدون مشخصات ذکر شد، $(UA)_{s,a}$ نشان‌دهنده نرخ ظرفیت اتلاف گرما آماده به کار است.

۱۸-۳

نرخ ظرفیت انتقال گرما

heat transfer capacity rate

توان حرارتی انتقالی به ازای هر کلوین(K) اختلاف دما می‌باشد.

۱۹-۳

مبدل حرارتی غوطه‌ور

immersed heat exchanger

مبدل حرارتی که به طور کامل با سیال مخزن ذخیره احاطه شده است.

۲۰-۳

شارژ/دشارژ غیرمستقیم

indirect charge/discharge

انتقال یا دفع انرژی حرارتی از طریق یک مبدل گرما به داخل یا خارج از مخزن می‌باشد.

۲۱-۳

بار

load

گرمای خروجی از مخزن در طی دشارژ است. بار به عنوان حاصل‌ضرب جرم، ظرفیت حرارتی ویژه و افـزایش دمای آبی که در سامانه آب‌گرم خورشیدی جریان دارد، تعریف شده است.

۲۲-۳

مبدل گرمای رویه‌ای

mantle heat exchanger

مبدل گرمایی نصب شده در مخزن به گونه‌ای که یک لایه بین سیال مخزن ذخیره و محیط تشکیل می‌دهد.

۲۳-۳

انرژی اندازه‌گیری شده، $Q_{x,m}$

measured energy, Q_{xm}

انتگرال زمانی از توان اندازه‌گیری شده روی یک یا چند سلسله آزمون، بجز دوره‌های زمانی که برای مطبوع-سازی در آغاز سلسله آزمون استفاده شده است.

۲۴-۳

توان اندازه‌گیری شده، $P_{\mathrm{X,m}}$

measured power, $P_{\mathrm{X,m}}$

توانی که از روی نرخ جریان حجمی‌اندازه‌گیری شده و نیز دمای ورودی و خروجی اندازه‌گیری شده، محاسبه شده است.

۲۵-۳

ظرفیت گرمایی اندازه‌گیری شده مخزن

measured store heat capacity

اختلاف انرژی اندازه‌گیری شده مخزن بین دو حالت پایا در سطوح دمایی مختلف، تقسیم بر اختلاف دما بین این دو حالت پایا است.

۲۶-۳

مخلوط شده

mixed

حالتی که دمای محلی مخزن تابعی از ارتفاع مخزن عمودی نباشد.

۲۷-۳

پارامتر مدل

model parameter

پارامتری که اگر یک اثر فیزیکی در مدلی ریاضی به روشی که مشابه آن در واقعیت نیست اعمال شود، یا اگر چند اثر فیزیکی مختلف به صورت فشرده در یک مدل (به عنوان مثال یک طبقه‌بندی عدد) قرار بگیرند، برای کمی کردن این اثر فیزیکی استفاده می‌شود.

۲۸-۳

نرخ جریان اسمی، $\dot{V}_n$

nominal flow rate, $\dot{V}_n$

حجم اسمی کل مخزن تقسیم بر یک ساعت است.

۲۹-۳

توان گرمایش اسمی، P_n

nominal heating power, P_n

حجم اسمی کل مخزن ضرب در W/l ۱۰ است.

۳۰-۳

حجم نامی، V_n

nominal volume, V_n

حجم سیال مخزن که توسط سازنده مشخص شده است.

۳۱-۳

نرخ ظرفیت اتلاف گرمای بهره برداری، $(UA)_{op,s,a}$

operating heat loss capacity rate, $(UA)_{op,s,a}$

نرخ ظرفیت اتلاف گرما از مخزن در طی شارژ یا دشارژ می‌باشد.

۳۲-۳

انرژی پیش بینی شده، Q_{xp}

predicted energy, Q_{xp}

انتگرال زمانی از توان پیش‌بینی شده روی یک یا چند سلسله آزمون، بجز دوره‌های زمانی که برای مطبوع سازی در آغاز سلسله آزمون استفاده شده است.

۳۳-۳

توان پیش بینی شده، P_{xp}

predicted power, P_{xp}

توان محاسبه شده از روی نرخ جریان حجمی اندازه‌گیری شده و نیز دمای ورودی اندازه‌گیری شده و دمای خروجی محاسبه شده است.

یادآوری- دمای خروجی توسط شبیه‌سازی عددی پیش بینی می‌گردد.

۳۴-۳

حجم شارژ/دشارژ کاهش یافته

reduced charge/discharge volume

انتگرال نرخ جریان شارژ/دشارژ تقسیم بر حجم مخزن می‌باشد.

۳۵-۳

آماده به کار

stand-by

حالتی از بهره‌برداری که در آن هیچ انرژی به صورت عمدی از مخزن انتقال داده یا دفع نمی‌شود.

۳۶-۳

نرخ ظرفیت اتلاف گرمای آماده به کار، $(UA)_{sb,s,a}$

stand-by heat loss capacity rate, $(UA)_{sb,s,a}$

نرخ ظرفیت اتلاف گرما از مخزن در طی آماده به کار است.

۳۷-۳

حالت پایا

steady state

حالتی از بهره‌برداری که درطی شارژ یا دشارژ، انحراف معیار اختلاف دما بین دمای ورودی و خروجی مخزن در حین کاهش حجم شارژ/دشارژ به ٪ ۵۰ (به زیربند ۳-۳۴ مراجعه کنید)، در مدار شارژ / دشارژ کمتر از K ۰/۱ باشد.

یادآوری- در مواردی از مخزن شارژ شده هم‌دما، اختلاف دمای ثابت بین دمای ورودی و خروجی در مدار دشارژ ممکن است در طی دشارژ حجم مخزن اولیه قبل از افت ناگهانی دمای خروجی رخ دهد. این حالت، به عنوان حالت پایا در نظر گرفته نشده است.

۳۸-۳

دمای مخزن

store temperature

دمای سیال عامل مخزن می‌باشد.

۳۹-۳

لایه‌ای

stratified

حالتی که لایه حرارتی داخل مخزن موجود است.

۴۰-۳

شارژ لایه‌ای

stratified charging

افزایش لایه‌ای حرارت در مخزن در طی شارژ می‌باشد.

۴۱-۳

لایه سازها

stratifiers

وسیله‌ای است که شارژ لایه‌ای در مخزن را فراهم می‌کند. لایه سازهای رایج مانند، دودکش‌های همرفتی و یا لوله‌های با سوراخ شعاعی می‌باشد.

۴۲-۳

ظرفیت گرمایی مخزن تئوری

theoretical store heat capacity

مجموع همه ظرفیت‌های حرارتی $m_i \times c_{p,i}$، از کل مخزن (مایع، مواد مخزن، مبدل‌های گرما) که بخشی از فرآیند مخزن گرما را دارند.

۴۳-۳

لایه‌بندی حرارتی

thermal stratification

حالتی که دمای مخزن محلی یک تابع از ارتفاع مخزن عمودی با کاهش دما از بالا به پایین است.

۳-۴۴

زمان انتقال، $t_{x,f}$

transfer time, $t_{x,f}$

دوره زمانی‌ای که در طی آن انرژی از طریق اتصالات برای شارژ (x = C) یا دشارژ (x = D) منتقل می‌شود. زمان انتقال روی یک یا چند سلسله آزمون، بجز دوره‌های زمانی استفاده شده برای مطبوع‌سازی در آغاز سلسله‌های آزمون محاسبه می‌شود.

۴ نمادها و اختصارات

C_s	ظرفیت حرارتی کل مخزن بر حسب J/K
c_p	ظرفیت گرمایی ویژه، بر حسب J/(kg K)
P_n	توان گرمایش اسمی، بر حسب W
$P_{x,m}$	توان اندازه‌گیری شده انتقالی از طریق مدار شارژ (x = C) و یا دشارژ (x = D) ، بر حسب W
$P_{x,p}$	توان پیش بینی شده انتقالی از طریق مدار شارژ (x = C) و یا دشارژ (x = D) ، بر حسب W
$Q_{x,m}$	انرژی اندازه‌گیری شده انتقالی از طریق مدار شارژ (x = C) و یا دشارژ (x = D) ، بر حسب J
$Q_{x,p}$	انرژی پیش بینی شده انتقالی از طریق مدار شارژ (x = C) و یا دشارژ (x = D) ، بر حسب J
t_{st}	زمان مورد نیاز برای رسیدن به یک حالت پایا، بر حسب S
$t_{x,f}$	زمان انتقال برای شارژ (x = C) و یا دشارژ (x = D)، بر حسب S
$(UA)_{hx,s}$	نرخ ظرفیت انتقال گرما بین مبدل گرمایی و مخزن بر حسب W/K
$(UA)_{op,s,a}$	نرخ ظرفیت اتلاف گرما بهره‌برداری در مخزن بر حسب W/K
$(UA)_{s,a}$	نرخ ظرفیت اتلاف گرما در مخزن بر حسب W/K
$(UA)_{sb,s,a}$	نرخ ظرفیت اتلاف گرما آماده به کار در مخزن بر حسب W/K
V_n	حجم اسمی مخزن بر حسب l
$\dot{V}_n$	نرخ جریان اسمی، بر حسب l/h
$\tilde{\dot{V}}_x$	نرخ جریان ثابت مدار شارژ (x = C) یا دشارژ (x = D) ، بر حسب l/h
$\Delta\vartheta_m$	میانگین اختلاف دمای لگاریتمی، بر حسب K
ϑ_α	دمای محیط، بر حسب °C

ϑ_s دمای مخزن بر حسب °C

$\vartheta_{x,i}$ دمای ورودی مدار شارژ (x = C) و یا دشارژ (x = D) ، بر حسب °C

$\tilde{\vartheta}_{x,i}$ دمای ورودی ثابت مدار شارژ (x = C) و یا دشارژ (x = D) ، بر حسب °C

$\vartheta_{x,o}$ دمای خروجی مدار شارژ (x = C) و یا دشارژ (x = D) ، بر حسب °C

$\varepsilon_{X,p}$ خطای نسبی میانگین توان انتقالی هنگام شارژ (x = C) و یا دشارژ (x = D)، بر حسب ٪

$\varepsilon_{X,Q}$ خطای نسبی انرژی انتقالی هنگام شارژ (x = C) و یا دشارژ (x = D)، بر حسب ٪

ρ چگالی بر حسب kg/m^3

۵ طبقه‌بندی مخزن

مخازن آب گرم با تمایز بین حالت‌های مختلف شارژ و دشارژ طبقه‌بندی می‌شوند. پنج گروه تعریف شده در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱ – طبقه‌بندی مخازن

گروه	حالت شارژ	حالت دشارژ
۱	مستقیم	مستقیم
۲	غیرمستقیم	مستقیم
۳	مستقیم	غیرمستقیم
۴	غیرمستقیم	غیرمستقیم
۵	مخازنی که نمی‌توان به گروه‌های ۱ تا ۴ اختصاص داد	

یادآوری- همه مخازن ممکن است یک یا چند عنصر گرمایش الکتریکی اضافی داشته باشند.

۶ آزمون مخزن آزمایشگاهی

۶-۱ الزامات پایه آزمون

۶-۱-۱ کلیات

مخزن آب گرم بر روی پایه آزمون مخزن باید به طور جداگانه از کل سامانه‌ی خورشیدی آزمون شود.

پیکربندی پایه آزمون باید توسط طبقه‌بندی مخازن آب گرم توصیف شده در بند ۵ تعیین شود.

به عنوان مثال نمایی از پیکربندی پایه آزمون هیدرولیک در شکل ۱ و شکل ۲ نشان داده شده است.

مدارها برای شبیه‌سازی حلقه شارژ و دشارژ سامانه‌های خورشیدی و ارائه جریان سیال با دمای ثابت یا کاملا تنظیم شده در نظر گرفته شده است. پایه آزمون کامل از یک مدار شارژ و دشارژ متشکل است.

یادآوری۱- اگر مخزن شامل بیش از یک دستگاه شارژ یا دشارژ (به عنوان مثال دو مبدل گرمایی) باشد، این‌ها به طور جداگانه مورد آزمون قرار گیرند.

پایه آزمون باید در یک اتاق با تهویه مطبوع با دمای اتاق $^{\circ}C$ ۲۰ قرار بگیرد و بهتر است بیش از K ۲± در طی آزمون تغییر ننماید.

هر دو مدار باید دارای شرایط زیر باشند:

- نرخ جریان باید قابل تنظیم و پایدار در محدوده ٪ ۵± باشد.
- محدوده دمای کاری باید بین °C ۱۰ و °C ۹۰ باشد.

یادآوری۲- توان گرمایش نوعی مدار شارژ در محدوده kW۱۵ است.

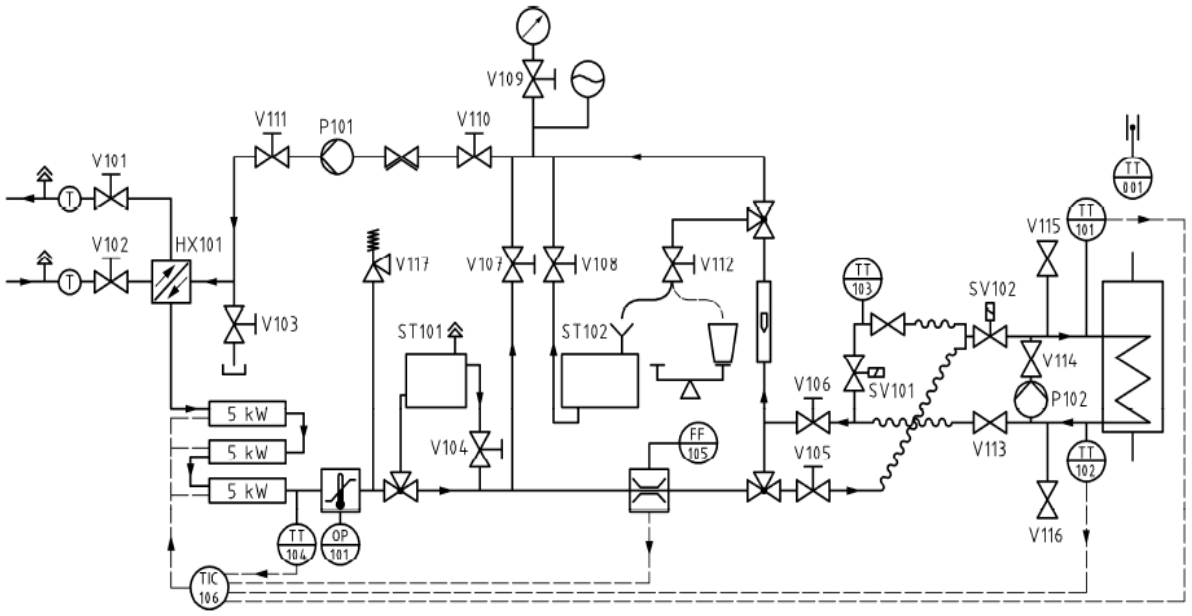
- در دمای سیال $^{\circ}C$ ۲۰ ، کمینه توان سرمایشی در مدار دشارژ باید حداقل kW ۲۵ باشد.

یادآوری۳- توان گرمایش نوعی مدار دشارژ در محدوده kW ۲۵ است.

یادآوری۴- اگر آب شاه‌لوله در فشار و دمای ثابت زیر$^{\circ}C$ ۲۰ در دسترس باشد، توصیه می‌شود مدار دشارژ به گونه‌ای طراحی شود، که بتواند به صورت حلقه بسته یا باز با استفاده از شاه‌لوله دشارژ مخزن عمل کند.

- کمینه نرخ گرمایشی بالا مدار شارژ با مخزن منفصل باید K/min ۳ باشد.
- حداقل توان گرمایش الکتریکی در دسترس گرمکن کمکی الکتریکی باید.kW ۶ باشد.

یادآوری۶- بهتر است توان الکتریکی پمپ (P101) به گونه‌ای انتخاب شود که افزایش دمای ناشی از پمپ (P101) کمتر از K/h ۰٫۶ باشد، هنگامی که مدار شارژ «اتصال کوتاه» و در دمای اتاق بهره بردار می‌شود («اتصال کوتاه» بدان معنی است که هیچ دستگاه ذخیره‌سازی متصل نباشد و SV102، V113، V115 و V116 بسته باشند، به شکل ۱ مراجعه شود) یا بهتر است دستگاه سرمایش کمکی در مدار یکپارچه شود.



راهنما:

FF جریان سنج	SV شیر برقی
HX مبدل گرمایی	TT حسگر دما
OP حفاظت از گرمایش بیش از حد	TIC شاخص و کنترل کننده دما
P پمپ	V دریچه
ST مخزن (متعلق به مرکز آزمون)	

شکل ۱ - مدار شارژ پایه مخزن آزمون

آب سیال عامل گرمایشی در مدار شارژ (شکل ۱) از طریق خنک‌کن[1] (HX101) و گرم‌کن کنترل دما (TIC106) توسط پمپ (P101) پمپاژ می‌شود. یک تانک میانی[2] (ST101) برای تنظیم کردن انحراف باقی-مانده از کنترل می‌شود. جریان عبوری از مخزن می‌تواند بوسیله شیر کنارگذر (V107) کنترل شود، که آن یک جریان پیوسته زیادی از طریق بخش گرمایش و بنابراین مشخصه کنترل خوب را تضمین می‌نماید. با شیر برقی (SV101)، سیال عامل گرمایش می‌تواند از کنار مخزن عبور کند تا یک افزایش ناگهانی در دمای ورودی به مخزن را تامین نماید.

حسگرهای دما در نزدیکی اتصالات ورودی (TT101) و خروجی (TT102) مخزن قرار داده می‌شود، در حالی که اتصال به مخزن از طریق لوله‌های انعطاف‌پذیر عایق برقرار می‌شود.

مدار شارژ می‌تواند تحت فشار(فشار طراحی ۲٫۵ bar و فشار پوسته مخزن انبساط و شیر فشارشکن[3] (V109)) بسته و نیز با شیر(V108) باز شود با مخزنی (ST102) که به عنوان یک مخزن انبساط عمل می-

1 -Cooler
2 -Buffer
3 -Relief valve

کند. کالیبراسیون جریان‌سنج نصب شده (FF105) با توزین جرم آب خروجی شیر (V112) امکان‌پذیر است. تاسیسات به دستگاه‌های ایمنی متداول مانند شیرفشارشکن (V117) و دستگاه محافظت از گرمایش بیش از حد (OP 101) مجهز شده‌اند.

مدار دشارژ (به شکل ۲ مراجعه شود) با یک روش مشابه ساخته شده است. این مجموعه شامل دو خنک‌کن (HX201) -و - (HX202) و یک عنصر گرمایشی با دمای کنترل شده (TIC206) با توان گرمایشی ۵ kW است. مدار دشارژ هم می‌تواند در گردش باز با آب شبکه بهره‌برداری شود یا می‌توان آن را در گردش بسته بهره‌برداری کرد. در طی بهره‌برداری باز، آب از طریق تجهیزات ایمنی (V201) و جریان از طریق خنک‌کن‌ها، بخش گرمایش و جریان‌سنج (FF205) به مخزن هدایت می‌شود. آب گرم خروجی از مخزن از طریق شیر برقی (SV201) و شیر (V210) برای تخلیه جریان پیدا می‌کند. شیر(V212) بسته شده است.

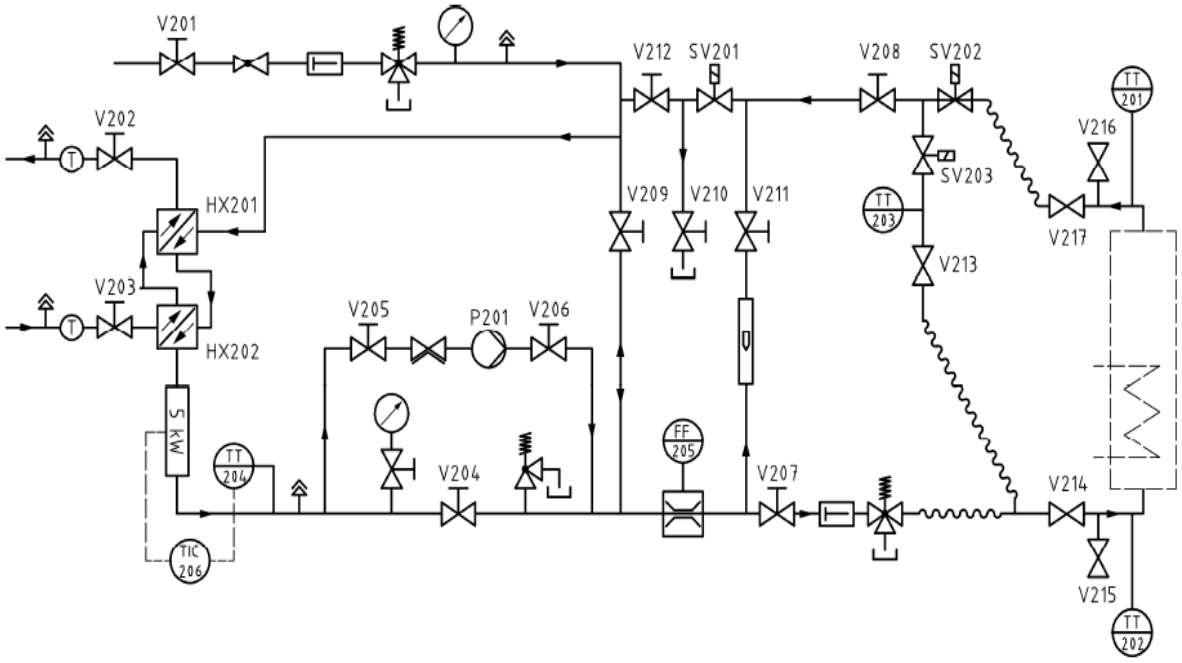
برای گرمایش آب، افزایش جریان از طریق بخش گرمایش با پمپ (P201) به منظور بهبود عملکرد کنترل توصیه می‌شود؛ جریان حجم اضافی از طریق بای پاس (V209) بر می‌گردد.

در طی بهره‌برداری مدار بسته شده، شیر تجهیزات ایمنی و شیر قطع (V210) بسته باقی مانده، شیر (V212) باز است و آب توسط پمپ (P201) گردش می‌نماید.

یادآوری۶- برای بررسی‌های دوره‌ای دقت اندازه‌گیری، توصیه می‌شود یک گرم‌کن مرجع به پایه آزمون ادغام شود. به جای مخزن این گرم‌کن مرجع به پایه آزمون متصل می‌شود. گرم‌کن مرجع با یک دستگاه گرمایش الکتریکی تامین می‌شود.

یادآوری۷- برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد استفاده از گرم‌کن مرجع به مراجع [۲] و [۳] در کتاب‌نامه مراجعه شود.

سیال انتقال گرما که برای آزمون استفاده می‌شود، می‌تواند آب یا یک مایع توصیه شده توسط سازنده باشد. ظرفیت گرمایی ویژه و چگالی سیال مورد استفاده، باید با دقت ٪ ۱ در محدوده دمای سیال در حین آزمون-ها، معلوم باشد.



راهنما:

FF جریان سنج	HX مبدل گرما
P پمپ	SV شیر برقی
TT حسگر دما	TIC شاخص و کنترل کننده دما
V دریچه	

شکل ۲ - مدار دشارژ پایه آزمون مخزن

۶-۱-۲ مقادیر اندازه‌گیری شده و روش اندازه‌گیری

مقادیر ذکر شده در جدول ۲ باید با دقت سنجش نمود.

جدول ۲ - اندازه‌گیری داده

مقادیر اندازه‌گیری شده	دستگاه اندازه‌گیری (به شکل‌های ۱ و ۲ مراجعه نمایید)	عدم قطعیت
حجم جریان، $\dot{V}_C$، در مدار شارژ بین ۰٫۰۵ m^3/h و ۱ m^3/h	FF105	۲ ٪
حجم جریان، $\dot{V}_D$، در مدار دشارژ بین ۰٫۰۵ m^3/h و ۱ m^3/h	FF205	۲ ٪
دمای $\vartheta_{c,i}$ سیال عامل شارژ در ورودی مخزن	TT101	۰٫۱ K
دمای $\vartheta_{c,o}$ سیال عامل شارژ در خروجی مخزن	TT102	۰٫۱ K
اختلاف دمای سیال عامل شارژ، $\Delta\vartheta_c$، بین ورودی و خروجی مخزن	TT101 و TT102	۰٫۰۵ K

مقادیر اندازه‌گیری شده	دستگاه اندازه‌گیری (به شکل‌های ۱ و ۲ مراجعه نمایید)	عدم قطعیت
دما، $\vartheta_{D,i}$ ، سیال عامل دشارژ در ورودی مخزن	TT201	۰٫۱ K
دما، $\vartheta_{D,O}$ ، سیال عامل دشارژ در خروجی مخزن	TT202	۰٫۱ K
اختلاف دمای سیال عامل دشارژ، $\Delta\vartheta_D$، بین ورودی و خروجی مخزن	TT201 و TT202	۰٫۰۵ K
دمای محیط، ϑ_a	TT001	۰٫۱ K
توان الکتریکی، $\dot{Q}_{el}$ ، (گرم‌کن کمکی)	-	۲ ٪

یادآوری- عدم قطعیت در تفاوت دمای سیال عامل شارژ و دشارژ، بین ورودی مخزن و خروجی مخزن نزدیک به ۰٫۰۲K را می‌توان با مبدل مدرن به خوبی همسان و کالیبره به دست آورد. از این رو، اندازه‌گیری تفاوت دمای پایین با عدم قطعیت کوچک، امکان‌پذیر است.

داده‌های مربوط باید حداقل هر ۱۰ ثانیه اندازه‌گیری و داده‌های اندازه‌گیری شده باید مانند میانگین سه مقدار بزرگتر اندازه‌گیری شده، ثبت شود.

حسگرهای دما باید یک زمان استراحت کمتر از ۱۰s (به عنوان مثال ٪ ۹۰ تغییر دما شناسایی شده توسط حسگر غوطه‌ور در سیال انتقال دما در عرض ۱۰s پس از یک گام ناگهانی در دمای سیال) داشته باشد.

قبل از هر آزمون مخزن، بهتر است اندازه‌گیری صفر وقتی که در آن مایع در مدار شارژ و دشارژ بر روی مدار اتصال کوتاه شارژ یا دشارژ، پمپ می‌شود، انجام شود. «اتصال کوتاه» بدان معنی است که لوله جریان و لوله برگشت مدارهای مربوط به طور مستقیم متصل شوند (حجم جریان حدود ۰٫۶ m^3/h، دماهای ۲۰ °C، ۴۰ °C، ۶۰ °C، ۸۰ °C توصیه می‌شود). اگر اختلاف دمای اندازه‌گیری شده بیش از عدم قطعیت مجاز ۰٫۰۵K باشد، حسگرهای دما باید کالیبره شوند.

یک گرم‌کن مرجع نیز می‌تواند برای اندازه‌گیری صفر استفاده شود.

۶-۲ نصب مخزن

۶-۲-۱ نصب

مخزن باید مطابق با دستورالعمل کارخانه سازنده روی پایه آزمون نصب شود.

حسگرهای دما مورد استفاده برای سنجش دمای ورودی و خروجی سیال به کاررفته برای شارژ و دشارژ دستگاه ذخیره سازی، باید تا حدامکان در نزدیک‌ترین مکان (حداقل ۲۰۰ mm) به اتصالات ورودی و خروجی از دستگاه ذخیره سازی قرار داده شوند. نصب حسگر دما در داخل لوله‌ها باید با توجه به روش‌های مجاز اندازه‌گیری دماها انجام شود.

در صورتی که بیش از یک جفت اتصالات ورودی یا خروجی شارژ یا دشارژ وجود دارد، آنگاه تنها یکی می‌تواند به پایه آزمون (در همان زمان) متصل در حالی که سایر اتصالات باید بسته شود.
لوله‌های بین مخزن و حسگرهای دما باید مطابق با استاندارد EN 12828 عایق شوند.

۶-۲-۲ اتصال

نحوه اتصال دستگاه ذخیره‌سازی به پایه آزمون به هدف از انجام آزمون‌های حرارتی که باید انجام شود، بستگی دارد. در این بند دستورالعمل‌های تفصیلی هستند که در آن آزمون‌های حرارتی شرح داده می‌شوند.

اتصالات دستگاه ذخیره‌سازی، که توسط سازنده تحویل داده شده، به عنوان تمایزکننده حرارتی بین دستگاه ذخیره‌سازی و پایه آزمون در نظر گرفته می‌شوند.
شیرهای برقی باید در نزدیک‌ترین مکان ممکن به اتصالات ورودی و خروجی دستگاه ذخیره‌سازی قرار گیرند.

اتصالات مخزن که به مدار شارژ یا دشارژ پایه آزمون منتهی نمی‌شوند، باید بسته شوند و مبدل‌های گرمایی غیر متصل باید با آب پر شوند. تمام اتصالات بسته شده باید به همان روش مخزن عایق شوند.
از آنجا که سیال در مبدل‌های گرمای بسته با افزایش دما منبسط می‌شود، باید یک شیر فشارشکن نصب گردد.

یادآوری- عملکرد یک سامانه گرمایش خورشیدی به نصب فردی و شرایط مرزی واقعی بستگی دارد. با توجه به اتلاف گرما در مخزن علاوه بر نقص در عایق دما، طراحی نامناسب اتصالات می‌تواند میزان ظرفیت اتلاف گرما از مخزن را به علت انتقال طبیعی گرما که در داخل لوله رخ می‌دهد افزایش دهد. به منظور اجتناب از این اثر، بهتر است اتصالات لوله به گونه‌ای طراحی شوند که هیچ همرفت طبیعی در داخل لوله رخ ندهد. اگر لوله پس از خروج از مخزن به طور مستقیم به سمت پایین رفته یا با استفاده از یک سیفون این را می‌توان به دست آورد.

۶-۳ روش‌های اجرایی آزمون و ارزیابی

۶-۳-۱ کلیات

هدف از آزمون مخزن که در این استاندارد مشخص شده تعیین پارامترهای مورد نیاز برای توصیف دقیقی از رفتار حرارتی یک مخزن ترکیبی آب داغ است. بنابراین، یک مدل کامپیوتری ریاضی برای مخزن لازم است. الزامات اساسی برای مدل‌های مناسب در پیوست‌های **الف** و **ت** مشخص شده است.

پارامترهای زیر باید برای شبیه‌سازی یک بخش از مخزن یک سامانه خورشیدی مشخص شوند.

الف- آب ذخیره شده:

۱- ارتفاع؛

۲- حجم موثر ظرفیت حرارتی موثر نسبی؛

۳- ارتفاع اتصالات ورودی و خروجی؛

۴- نرخ ظرفیت اتلاف گرما کل مخزن؛

۵- اگر عایق‌بندی برای ارتفاع‌های مختلف از مخزن متفاوت است، بهتر است نرخ توزیع ظرفیت اتلاف گرما برای بخش‌های مختلف از مخزن تعیین شود؛

۶- یک پارامتر برای توصیف خرابی لایه‌بندی حرارتی در جریان آماده به کار.

یادآوری۱- یک راه ممکن برای توصیف این اثر در یک مدل مخزن استفاده از هدایت گرمایی عمودی است. در این مورد، پارامتر مربوطه هدایت گرمایی عمودی موثر، است.

۷- یک پارامتر برای توصیف ویژگی‌های لایه‌بندی گرمایی در طی دشارژ مستقیم.

یادآوری۲- برای توصیف تاثیر نرخ جریان کاهش یافتن مختلف بر روی لایه‌بندی گرمایی در داخل مخزن، اگر این اثر مرتبط باشد، پارامترهای بیشتر می‌تواند استفاده شود.

۸- موقعیت حسگرهای دما (به عنوان مثال حسگرهای مدار کلکتور و کنترل گرم‌کن کمکی).

ب- مبدل‌های حرارتی:

۱- ارتفاع اتصالات ورودی و خروجی؛

۲- حجم؛

۳- نرخ ظرفیت انتقال گرما به عنوان تابعی از دما و نرخ جریان جرمی (در صورت که دبی جرمی متغیر باشد)؛

۴- اطلاعات در مورد ظرفیت مرتبط با شارژ لایه‌بندی شده؛

یادآوری۳- ظرفیت مرتبط با شارژ لایه‌بندی شده را می‌توان از طراحی مبدل گرما و همچنین از دوره زمانی دمای ورودی و خروجی مبدل گرما تعیین کرد.

۵- نرخ اتلاف گرما از مبدل گرما به محیط (تنها برای مبدل‌های گرما رویه‌ای و مبدل‌های گرما بیرونی لازم است).

ج- منبع گرما کمکی الکتریکی:

۱- موقعیت آن در مخزن؛

۲- جهت محور عنصر گرمایشی (افقی یا عمودی). اگر گرمکن کمکی به طور عمودی نصب شده است، طول آن نیز مورد نیاز است.

۳- مشخص کردن تاثیر بخشی از توان الکتریکی تبدیل شده به گرمایی که در واقع به داخل مخزن منتقل شده است.

یادآوری۴- طراحی نامناسب گرم‌کن کمکی الکتریکی ممکن است موجب اتلاف گرمای قابل توجهی در طی بهره‌برداری شود. در این حالت، توان الکتریکی عرضه شده به گرم‌کن با انرژی حرارتی ورودی به مخزن برابر نیست.

در بندهای زیر چگونگی تعیین پارامترهای ذکر شده توصیف شده است. بنابراین، سلسله آزمون خاص لازم است. سلسله آزمون نشان با حروف (به عنوان مثال آزمون A) نشان داده می‌شود، می‌توان مراحل را با یک تقسیم‌بندی عددی (مثال A1- مطبوع‌سازی) نشان داد. بین پایان یک مرحله و آغاز مرحله متوالی، حداکثر مدت زمان شارژ ۱۰ دقیقه مجاز است. در طی مدت زمان شارژ، تنها باید دمای محیط، اندازه‌گیری و ثبت شود.

یادآوری۵ - یک نکته ضروری اینکه در روش‌های توصیف شده از اندازه‌گیری در داخل مخزن اجتناب شود.

یادآوری۶- تعیین تمام پارامترهای مخزن ذکر شده در بالا تنها مطابق با روش توصیف شده در زیربند ۶-۳-۳ امکان‌پذیر است. با این حال، برخی از پارامترها ممکن است مطابق با روش توصیف شده در زیربند ۶-۳-۲ تعیین شوند.

۶-۳-۲ سلسله‌های آزمون

۶-۳-۲-۱ کلیات

این بند سلسله آزمون حرارتی برای گروه‌های مختلف مخازن و مشخصات شرایطی که مخازن باید تحت آن آزمون شوند را توصیف می‌کند. یک نمای کلی از سلسله آزمون برای تعیین پارامترهای مخازن مختلف در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳- مجموعه‌ای از سلسله‌های آزمون

هدف از آزمون	آزمون	زیربند
تعیین حجم مخزن، نرخ ظرفیت انتقال گرما از پایین ترین مبدل گرما و لایه‌بندی حرارتی در هنگام دشارژ	آزمون C: – گروه ۱ – گروه ۲ – گروه ۳ – گروه ۴	۶-۳-۲-۲-۱ ۶-۳-۲-۲-۲ ۶-۳-۲-۲-۳ ۶-۳-۲-۲-۴
تعیین لایه‌بندی حرارتی در هنگام دشارژ با نرخ جریان «بالا»	آزمون S	۶-۳-۲-۳
تعیین نرخ ظرفیت اتلاف گرما حالت آماده به کار در کل مخزن	آزمون L: – گروه ۱ – گروه ۲ – گروه ۳ – گروه ۴	۶-۳-۲-۴-۱ ۶-۳-۲-۴-۲ ۶-۳-۲-۴-۳ ۶-۳-۲-۴-۴
تعیین نرخ ظرفیت انتقال گرما و موقعیت	آزمون NiA برای مخازن با مبدل‌های	۶-۳-۲-۵

هدف از آزمون	آزمون	زیربند
مبدل(های) کمکی گرما	گرمایی کمکی	
تعیین موقعیت(های) و طول(های) منبع(های)گرمایش الکتریکی	آزمون EIA برای مخازن با منبع (های)گرمایش الکتریکی	۶-۲-۳-۶
تعیین تنزل رتبه لایه‌بندی حرارتی در طی آماده به کار	آزمون NiA و آزمون NiB برای مخازن گروه‌های ۱ و ۳	۲-۷-۲-۳-۶
	آزمون NiA و آزمون NiB برای مخازن از گروه‌های ۲ و ۴	۵-۲-۳-۶ ۳-۷-۲-۳-۶
	آزمون EiA و آزمون EiB فقط برای مخازن با منابع کمکی گرمایش الکتریکی	۶-۲-۳-۶ ۴-۷-۲-۳-۶

یادآوری۱- موقعیت عمودی دقیق اتصالات بالایی مبدل‌های گرمایی واقع در بالای مخازن که مخلوط شارژ شده، تاثیر جزئی بر رفتار حرارتی مخزن دارند. از این رو، لازم نیست که این موقعیت عمودی با استفاده از شناسایی پارامتر تعیین شود. توصیه می‌شود اندازه‌گیری از موقعیت متناظر یا از نقشه مخزن آنها تعیین شوند.

موارد زیر در همه آزمون‌ها برای تعیین نرخ ظرفیت انتقال گرما در مبدل‌های گرما اعمال می‌شود.

نرخ‌های جریان که از طریق مبدل‌های گرمایی و همچنین توان گرمایشی داده شده برای تعیین نرخ ظرفیت انتقال گرما (به دما بستگی دارد) مبدل‌های گرما، توصیه می‌شوند. سایر نرخ‌های جریان و توان گرمایشی اگر آنها بهتر با شرایط واقعی مطابقت داشته یا در دستورالعمل کارخانه سازنده مشخص شده باشد، نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. به هرحال این کار باید، در گزارش آزمون مشخص شود.

یادآوری۲- نرخ ظرفیت انتقال گرما مبدل‌های گرما غوطه‌ور با متوسط دمای محلی (آب رقیق‌تر می‌شود)، توان گرمایشی انتقالی و نرخ جریان از مسیر مبدل گرما افزایش می‌یابد. بنابراین، نتایج مختلف برای شرایط عملیاتی مختلف انتظار می‌رود.

۶-۳-۲-۲ تعیین حجم مخزن، نرخ ظرفیت انتقال گرما از پایین‌ترین مبدل گرما و لایه‌بندی حرارتی در هنگام دشارژ (آزمون C)

۶-۳-۲-۲-۱ کلیات

حجم مخزن تعیین شده با روش توصیفی در زیر حجم موثر مخزن است.

نرخ ظرفیت انتقال گرما از مبدل‌های گرما اشاره به مبدل‌های گرما دارد که از دستگاه ذخیره‌سازی جدا نیستند.

دستگاه ذخیره‌سازی باید به پایه آزمون مطابق با زیربند ۶-۲ متصل شود.

اتصالاتی که قادر به دشارژ کامل مخزن هستند، باید به مدار دشارژ پایه آزمون بسته شوند.

اتصالاتی که قادر به شارژ کامل مخزن هستند، باید به مدار شارژ پایه آزمون بسته شوند.

۶-۳-۲-۲-۲ گروه ۱

هدف از این آزمون تعیین حجم موثر مخزن و لایه‌بندی حرارتی در هنگام دشارژ با نرخ جریان نسبتاً کم است.

آزمون C (گروه ۱):

- مرحله آزمون C1: مطبوع سازی تا حالت پایا حاصل شود؛
- مرحله آزمون C2: شارژ تا $U_{c,o}$=۵۵°C؛
- مرحله آزمون C3: دشارژ تا حالت پایا حاصل شود.

جدول ۴ - نرخ جریان و دمای ورودی مخزن برای آزمون C (گروه ۱)

مرحله آزمون	فرآیند	مدار شارژ			مدار دشارژ		
		$\tilde{V}_c$ l/h	$\tilde{\vartheta}_{c,i}$ °C	$\tilde{\vartheta}_{c,o}$ °C	$\tilde{V}_D$ l/h	$\tilde{\vartheta}_{D,i}$ °C	$\tilde{\vartheta}_{D,o}$ °C
C1	مطبوع سازی	۰	–	–	۰٫۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر
C2	شارژ	۰٫۵×$\dot{V}_n$	۶۰	متغیر	۰	–	–
C3	دشارژ	۰	–	–	۰٫۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر

۶-۳-۲-۲-۳ گروه ۲

هدف از این آزمون تعیین حجم موثر مخزن، نرخ ظرفیت انتقال گرما مبدل‌های گرما شارژ و لایه‌بندی در طی دشارژ با نرخ جریان نسبتاً «کم» است.

آزمون C (گروه ۲):

- مرحله آزمون C1: مطبوع سازی تا حالت پایا حاصل شود؛
- مرحله آزمون C2: شارژ با توان شارژ ثابت $\tilde{P}_c$ =۱×Pn تا زمانی که $\vartheta_{c,o}$= ۶۰ °C شود؛
- مرحله آزمون C3: دشارژ تا حالت پایا حاصل شود.

جدول ۵ - نرخ جریان و دمای ورودی مخزن برای آزمون C (گروه ۲)

مرحله آزمون	فرآیند	مدار شارژ			مدار دشارژ		
		$\dot{\tilde{V}}_c$ l/h	$\tilde{\vartheta}_{c,i}$ °C	$\tilde{\vartheta}_{c,o}$ °C	$\dot{\tilde{V}}_D$ l/h	$\tilde{\vartheta}_{D,i}$ °C	$\tilde{\vartheta}_{D,o}$ °C
C1	مطبوع سازی	۰	–	–	۰٫۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر
C2	شارژ	۱٫۲×$\dot{V}_n$	متغیر	متغیر	۰	–	–
C3	دشارژ	۰	–	–	۰٫۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر

۶-۳-۲-۲-۴ گروه ۳

هدف از این آزمون تعیین حجم موثر مخزن و نرخ ظرفیت انتقال گرما مبدل‌های گرما دشارژ با نرخ جریان نسبتاً «کم» است.

البته لایه‌بندی حرارتی در طی دشارژ می‌تواند، فقط ارزیابی شود اگر مخزن دشارژ شده لایه‌بندی شده باشد.

آزمون C (گروه ۳):

- مرحله آزمون C1: مطبوع سازی تا حالت پایا حاصل شده باشد؛
- مرحله آزمون C2: شارژ تا دمای $\vartheta_{c,o}$= ۵۵ °C ؛
- مرحله آزمون C3: دشارژ تا حالت پایا حاصل شود.

جدول ۶ - نرخ جریان و دمای ورودی مخزن برای آزمون C (گروه ۳)

مرحله آزمون	فرآیند	مدار شارژ			مدار دشارژ		
		$\dot{\tilde{V}}_c$ l/h	$\tilde{\vartheta}_{c,i}$ °C	$\tilde{\vartheta}_{c,o}$ °C	$\dot{\tilde{V}}_D$ l/h	$\tilde{\vartheta}_{D,i}$ °C	$\tilde{\vartheta}_{D,o}$ °C
C1	مطبوع سازی	۰	–	–	۰٫۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر
C2	شارژ	۰٫۵×$\dot{V}_n$	۶۰	متغیر	۰	–	–
C3	دشارژ	۰	–	–	۰٫۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر

۶-۳-۲-۲-۵ گروه ۴

هدف از این آزمون تعیین حجم موثر مخزن و نرخ ظرفیت انتقال گرما شارژ و دشارژ مبدل‌های گرما است.

اگر مخزن دشارژ شده لایه‌بندی شده باشد، لایه‌بندی حرارتی در طی دشارژ البته فقط می‌تواند ارزیابی شود.

آزمون C (گروه ۴):

- مرحله آزمون C1: مطبوع سازی تا حالت پایا حاصل شود؛

- مرحله آزمون C2: شارژ با توان شارژ ثابت $\tilde{P}_c = 1 \times P_n$ تا زمانی که $\vartheta_{c,o} =$ ۶۰ °C شود؛
- مرحله آزمون C3: دشارژ تا حالت پایا حاصل شود.

جدول ۷ - نرخ جریان و دمای ورودی مخزن برای آزمون C (گروه ۴)

مرحله آزمون	فرآیند	مدار شارژ			مدار دشارژ		
		$\tilde{V}_c$ l/h	$\tilde{\vartheta}_{c,i}$ °C	$\tilde{\vartheta}_{c,o}$ °C	$\tilde{V}_D$ l/h	$\tilde{\vartheta}_{D,i}$ °C	$\tilde{\vartheta}_{D,o}$ °C
C1	مطبوع سازی	۰	–	–	۰٫۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر
C2	شارژ	۱٫۲×$\dot{V}_n$	متغیر	متغیر	۰	–	–
C3	دشارژ	۰	–	–	۰٫۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر

۶-۳-۲-۳ تعیین لایه‌بندی حرارتی در طی دشارژ با نرخ جریان «بالا» (آزمون S)

برای برخی از مخازن گروه‌های ۱ و ۲، لایه‌بندی حرارتی در طی دشارژ ویا پروفایل کاهشی[1] (رسم شده روی تعداد حجم‌های مخزن صرف نظر شده) می‌تواند به نرخ جریان کاهشی بستگی داشته باشد. هدف از این آزمون تعیین لایه‌بندی حرارتی در طی دشارژ با نرخ جریان «بالا» می‌باشد.

آزمون S فقط باید زمانی انجام گردد که توسط آزمون C مشخص شود که مخزن دشارژ، لایه‌بندی شده است.

آزمون S: مطابق با آزمون C که در زیربند ۶-۳-۲-۲ مشخص شده است با نرخ جریان دشارژ $\dot{V}_n = \tilde{V}_D$ ولی کمتر از ۶۰۰l/h نباشد، انجام می‌شود.

۶-۳-۲-۴ تعیین نرخ ظرفیت اتلاف گرما آماده به کار در کل مخزن (آزمون L)

۶-۳-۲-۴-۱ کلیات

هدف از این آزمون تعیین نرخ ظرفیت اتلاف گرما کل مخزن در طی آماده به کار است. باتوجه به یادآوری ۲ در زیربند ۶-۳-۲ باید شرایط عملیاتی مشابه آزمون C برای مبدل گرما استفاده شود.

دستگاه ذخیره‌سازی باید به پایه آزمون مطابق با زیربند ۶-۲ متصل شود.
اتصالاتی که قادر به دشارژ کامل مخزن هستند، باید به مدار دشارژ پایه آزمون بسته شوند.

اتصالاتی که قادر به شارژ کامل مخزن هستند، باید به مدار شارژ پایه آزمون بسته شوند.

1 - draw-off profile

۶-۳-۲-۴-۲ گروه ۱

آزمون L:

- مرحله آزمون L1: مطبوع‌سازی تا حالت پایا حاصل شود؛
- مرحله آزمون L2: شارژ تا دمای $\vartheta_{c,o}$= ۵۵ °C ؛
- مرحله آزمون L3: آماده به کار به طور معمول ۴۸h. بهتر است مدت زمان آماده به کار دوره به گونه‌ای انتخاب شود که تقریباً بین ٪ ۴۰ تا ٪ ۶۰ از انرژی ذخیره شده اولیه در طی دوره آماده به کار از دست داده شود.
- مرحله آزمون L4: دشارژ تا حالت پایا حاصل شود.

جدول ۸ - نرخ جریان و دمای ورودی مخزن برای آزمون L (گروه ۱)

مرحله آزمون	فرآیند	مدار شارژ			مدار دشارژ		
		$\tilde{V}_c$ l/h	$\tilde{\vartheta}_{c,i}$ °C	$\tilde{\vartheta}_{c,o}$ °C	$\tilde{V}_D$ l/h	$\tilde{\vartheta}_{D,i}$ °C	$\tilde{\vartheta}_{D,o}$ °C
L1	مطبوع سازی	۰	–	–	۰٫۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر
L2	شارژ	۰٫۵×$\dot{V}_n$	۶۰	متغیر	۰	–	–
L3	آماده بکار	۰	–	–	۰	–	–
L4	دشارژ	۰	–	–	۰٫۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر

۶-۳-۲-۴-۳ گروه ۲

آزمون L:

- مرحله آزمون L1: مطبوع سازی تا حالت پایا حاصل شود؛

مرحله آزمون L2: شارژ با توان شارژ ثابت $\tilde{P}_c$ =۱×P_n تا زمانی که $\vartheta_{c,o}$= ۶۰ °C شود؛

- مرحله آزمون L3: آماده به کار به طور معمول ۴۸h. بهتر است مدت زمان آماده به‌کار دوره به گونه‌ای انتخاب شود که تقریباً بین ٪ ۴۰ تا ٪ ۶۰ از انرژی ذخیره شده اولیه در طی دوره آماده به‌کار از دست داده شود؛
- مرحله آزمون L4: دشارژ تا حالت پایا حاصل شود.

جدول ۹ - نرخ جریان و دمای ورودی مخزن برای آزمون L (گروه ۲)

مرحله آزمون	فرآیند	مدار شارژ			مدار دشارژ		
		$\tilde{\dot{V}}_c$ l/h	$\tilde{\vartheta}_{c,i}$ °C	$\tilde{\vartheta}_{c,o}$ °C	$\tilde{\dot{V}}_D$ l/h	$\tilde{\vartheta}_{D,i}$ °C	$\tilde{\vartheta}_{D,o}$ °C
L1	مطبوع سازی	۰	–	–	۰٫۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر
L2	شارژ	۱٫۲×$\dot{V}_n$	متغیر	متغیر	۰	–	–
L3	آماده بکار	۰	–	–	۰	–	–
L4	دشارژ	۰	–	–	۰٫۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر

۶-۳-۲-۴-۴ گروه ۳

آزمون L:

- مرحله آزمون L1: مطبوع سازی تا حالت پایا حاصل شود؛
- مرحله آزمون L2: شارژ تا دمای ۵۵ °C =$\vartheta_{c,o}$ ؛
- مرحله آزمون L3: آماده به کار به طور معمول ۴۸h. بهتر است مدت زمان آماده به‌کار دوره به گونه‌ای انتخاب شود که تقریباً بین ٪ ۴۰ تا ٪ ۶۰ از انرژی ذخیره شده اولیه در طی دوره آماده به‌کار از دست داده شود؛
- مرحله آزمون L4: دشارژ تا حالت پایا حاصل شود.

جدول ۱۰ - نرخ جریان و دمای ورودی مخزن برای آزمون L (گروه ۳)

مرحله آزمون	فرآیند	مدار شارژ			مدار دشارژ		
		$\tilde{\dot{V}}_c$ l/h	$\tilde{\vartheta}_{c,i}$ °C	$\tilde{\vartheta}_{c,o}$ °C	$\tilde{\dot{V}}_D$ l/h	$\tilde{\vartheta}_{D,i}$ °C	$\tilde{\vartheta}_{D,o}$ °C
L1	مطبوع سازی	۰	–	–	۰٫۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر
L2	شارژ	۰٫۵×$\dot{V}_n$	۶۰	متغیر	۰	–	–
L3	آماده بکار	۰	–	–	۰	–	–
L4	دشارژ	۰	–	–	۰٫۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر

۶-۳-۲-۴-۵ گروه ۴

آزمون L:

- مرحله آزمون L1: مطبوع سازی تا حالت پایا حاصل شود؛
- مرحله آزمون L2: شارژ با توان شارژ ثابت $\tilde{P}_c$ =۱×Pn تا زمانی که $\vartheta_{c,o}$= ۶۰ °C شود؛
- مرحله آزمون L3: آماده به کار به طور معمول ۴۸h. بهتر است مدت زمان آماده به‌کار دوره به گونه‌ای انتخاب شود که تقریباً بین ٪ ۴۰ تا ٪ ۶۰ از انرژی ذخیره شده اولیه در طی دوره آماده به-کار از دست داده شود؛
- مرحله آزمون L4: دشارژ تا حالت پایا حاصل شود.

جدول ۱۱ - نرخ جریان و دمای ورودی مخزن برای آزمون L (گروه ۴)

مرحله آزمون	فرآیند	مدار شارژ			مدار دشارژ		
		$\tilde{\dot{V}}_c$ l/h	$\tilde{\vartheta}_{c,i}$ °C	$\tilde{\vartheta}_{c,o}$ °C	$\tilde{\dot{V}}_D$ l/h	$\tilde{\vartheta}_{D,i}$ °C	$\tilde{\vartheta}_{D,o}$ °C
L1	مطبوع سازی	۰	–	–	۰٫۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر
L2	شارژ	۱٫۲×$\dot{V}_n$	متغیر	متغیر	۰	–	–
L3	آماده بکار	۰	–	–	۰	–	–
L4	دشارژ	۰	–	–	۰٫۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر

۶-۳-۲-۵ تعیین نرخ ظرفیت انتقال گرما و موقعیت مبدل (های) کمکی گرما (آزمون NiA)

یادآوری۱- در صورتی که بیش از یک مبدل کمکی گرما وجود دارد، i تعداد مبدل گرما را نشان می‌دهد.

یادآوری۲- موقعیت دقیق اتصال بالایی مبدل حرارتی(کمکی) بالا مهم است، اگر آن نزدیک به بالا باشد باعث یک لایه‌بندی حرارتی در داخل مخزن می‌شود. تعیین این موقعیت با استفاده از روش آزمون توصیف شده در زیر فقط ممکن است.

دستگاه ذخیره‌سازی باید به پایه آزمون مطابق با زیربند ۶-۲ متصل شود.

اتصالاتی که قادر به دشارژ کامل مخزن هستند، باید به مدار دشارژ پایه آزمون بسته شوند.

باید نرخ ظرفیت انتقال گرما اتصالات مبدل گرما کمکی تعیین شود، باید با توجه به دستورالعمل کارخانه سازنده به مدار شارژ پایه آزمون نصب گردند.

آزمون NiA:

- مرحله آزمون NiA1: مطبوع‌سازی تا حالت پایا حاصل شود؛
- مرحله آزمون NiA2: شارژ با توان شارژ ثابت $\tilde{P}_c = 1 \times P_n$ تا زمانی که دما در حسگر گرمایش کمکی برابر با ۶۰ °C شود؛
- مرحله آزمون NiA3: دشارژ تا حالت پایا حاصل شود.

جدول ۱۲ - نرخ جریان و دمای ورودی مخزن برای آزمون NiA (گروه ۲ یا ۴)

مرحله آزمون	فرآیند	مدار شارژ			مدار دشارژ		
		$\tilde{\dot{V}}_c$ l/h	$\tilde{\vartheta}_{c,i}$ °C	$\tilde{\vartheta}_{c,o}$ °C	$\tilde{\dot{V}}_D$ l/h	$\tilde{\vartheta}_{D,i}$ °C	$\tilde{\vartheta}_{D,o}$ °C
NiA1	مطبوع سازی	۰	–	–	۰٫۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر
NiA2	شارژ	۱×$\dot{V}_n$	متغیر	متغیر	۰	–	–
NiA3	دشارژ	۰	–	–	۰٫۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر

۶-۳-۲-۶ تعیین موقعیت (های) و طول (های) منبع(های) گرمایش الکتریکی (آزمون EiA)

تعیین موقعیت (های) (عمودی) منبع(های) گرمایش الکتریکی لازم است اگر آن/ آن‌ها به صورت افقی نصب شده‌اند.

طول (به عنوان یک پارامتر مدل) منبع (های) گرمایش الکتریکی باید مشخص شود که اگر آن / آن‌ها به صورت عمودی در بالای مخزن نصب شده اند.

این آزمون فقط برای مخازن با منبع (های) گرمایش الکتریکی اعمال می‌شود.

یادآوری- در صورتی که بیش از یک منبع گرمایش الکتریکی وجود دارد، i تعداد منبع گرمایش را نشان می‌دهد.

دستگاه ذخیره سازی باید مطابق با زیربند ۶-۲ به پایه آزمون متصل شود.

اتصالاتی که قادر به دشارژ کامل مخزن هستند، باید به مدار دشارژ پایه آزمون بسته شوند.

اتصالات شارژ باید بسته شده و تمام مبدل‌های گرمایی شارژ باید با آب پر شوند. اتصالات بسته شده باید مطابق با استاندارد EN 12828 عایق گردند.

آزمون EiA:

- مرحله آزمون EiA1: مطبوع‌سازی تا حالت پایا حاصل شود؛
- مرحله آزمون EiA2: شارژ با توان اسمی الکتریکی (مشخص شده توسط سازنده) تا زمانی که گرم‌کن توسط ترموستات (ϑ_{set}= ۶۰ °C) خاموش شود؛
- مرحله آزمون EiA3: دشارژ تا حالت پایا حاصل شود.

جدول ۱۳ - نرخ جریان و دمای ورودی مخزن برای آزمون EiA

مرحله آزمون	فرآیند	مدار شارژ			مدار دشارژ		
		$\tilde{V}_c$ l/h	$\tilde{\vartheta}_{c,i}$ °C	$\tilde{\vartheta}_{c,o}$ °C	$\tilde{V}_D$ l/h	$\tilde{\vartheta}_{D,i}$ °C	$\tilde{\vartheta}_{D,o}$ °C
EiA1	مطبوع سازی	۰	–	–	۰٫۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر
EiA2	شارژ	۰	–	–	۰	–	–
EiA3	دشارژ	۰	–	–	۰٫۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر

۶-۳-۲-۷ تعیین تنزل رتبه لایه‌بندی حرارتی در طی آماده به کار

۶-۳-۲-۷-۱ کلیات

پارامتر برای توصیف تنزل رتبه لایه‌بندی حرارتی در طی آماده به کار، فقط اگر لایه‌بندی در طی بهره‌برداری معمول رخ می‌دهد باید مشخص شود (به عنوان مثال برای یک مخزن گروه ۴ که شارژ و دشارژ مخلوط شده، این پارامتر را نمی‌توان تعیین کرد).

برای به دست آوردن این پارامتر، قسمت بالایی (کمکی) مخزن دو بار به طور یکسان شارژ و دشارژ می‌شود. اولین بار دشارژ بلافاصله پس از شارژ انجام می‌شود، بار دوم یک آماده به کار ۴۸ h گنجانده می‌شود. تعیین پارامتر برای توصیف تنزل رتبه لایه‌بندی حرارتی در طی آماده به کار بر اساس «مقایسه» این دو نمایه کاهشی[1] توسط وسایل شناسایی پارامتر است.

۶-۳-۲-۷-۲ گروه ۱ و گروه ۳ (آزمون NA و آزمون NB)

آزمون مخازن گروه ۳ تنها در صورتی لازم است که یک دشارژ لایه‌بندی را فعال کنید.

دستگاه ذخیره‌سازی باید به پایه آزمون مطابق با زیربند ۶-۲ متصل شود.

اتصالاتی که قادر به دشارژ کامل مخزن هستند، باید به مدار دشارژ پایه آزمون بسته شوند.

1 -Draw off

اتصالاتی که قادر به شارژ کامل بخش کمکی مخزن یا کل مخزن هستند به ترتیب باید بـه مـدار شـارژ پایـه آزمون بسته شوند.

آزمون NA:

- مرحله آزمون NA1: مطبوع سازی تا حالت پایا حاصل شود؛
- مرحله آزمون NA2: شارژ تا نرخ جریان $\dot{V}_c$ =۰٫۵×V_n یکپارچه شود؛
- مرحله آزمون NA3: دشارژ تا حالت پایا حاصل شود.

جدول ۱۴ - نرخ جریان و دمای ورودی مخزن برای آزمون NA (گروه‌های ۱ و ۳)

مرحله آزمون	فرآیند	مدار شارژ			مدار دشارژ		
		$\tilde{\dot{V}}_c$ l/h	$\tilde{\vartheta}_{c,i}$ °C	$\tilde{\vartheta}_{c,o}$ °C	$\tilde{\dot{V}}_D$ l/h	$\tilde{\vartheta}_{D,i}$ °C	$\tilde{\vartheta}_{D,o}$ °C
NA1	مطبوع سازی	۰	–	–	۰٫۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر
NA2	شارژ	۰٫۵×$\dot{V}_n$	۶۰	متغیر	۰	–	–
NA3	دشارژ	۰	–	–	۰٫۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر

آزمون NB :

- مرحله آزمون NB1: مطبوع سازی تا حالت پایا حاصل شود؛
- مرحله آزمون NB2: شارژ تا نرخ جریان $\dot{V}_c$ =۰٫۵×V_n یکپارچه شود؛
- مرحله آزمون NB3: مدت زمان ۴۸h حالت آماده به کار؛
- مرحله آزمون NB4: دشارژ تا حالت پایا حاصل شود.

جدول ۱۵ - نرخ جریان و دمای ورودی مخزن برای آزمون NB (گروه‌های ۱ و ۳)

مرحله آزمون	فرآیند	مدار شارژ			مدار دشارژ		
		$\tilde{\dot{V}}_c$ l/h	$\tilde{\vartheta}_{c,i}$ °C	$\tilde{\vartheta}_{c,o}$ °C	$\tilde{\dot{V}}_D$ l/h	$\tilde{\vartheta}_{D,i}$ °C	$\tilde{\vartheta}_{D,o}$ °C
NA1	مطبوع سازی	۰	–	–	۰٫۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر
NA2	شارژ	۰٫۵×$\dot{V}_n$	۶۰	متغیر	۰	–	–
NA3	آماده به کار	۰	–	–	۰	–	–
NA4	دشارژ	۰	–	–	۰٫۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر

۶-۳-۲-۷-۳ گروه ۲ و گروه ۴ (آزمون NB)

آزمون مخازن گروه ۴ تنها در صورتی لازم است که آنها قادر به دشارژ لایه‌ای باشند.

دستگاه ذخیره‌سازی باید به پایه آزمون مطابق با زیربند ۶-۲ متصل شود.

اتصالاتی که قادر به دشارژ کامل مخزن هستند، باید به مدار دشارژ پایه آزمون بسته شوند.

مبدل‌های گرما که شارژ بخش کمکی مخزن را فراهم می‌سازد باید به مدار شارژ پایه آزمون متصل شود.

یادآوری- آزمون NiA پیش از اینمطابق با زیربند ۶-۳-۲-۵ انجام شده است.

آزمون NB :

- مرحله آزمون NB1: مطبوع سازی تا حالت پایا حاصل شود؛
- مرحله آزمون NB2: شارژ با توان شارژ ثابت $\tilde{P}_c = ۲\times P_n$ تا زمانی که دما در حسگر گرمایش کمکی برابر با دمای $۶۰\ ^{\circ}C$ گردد؛
- مرحله آزمون NB3: مدت زمان $۴۸h$ حالت آماده به کار؛
- مرحله آزمون NB4: دشارژ تا حالت پایا حاصل شود.

جدول ۱۶ - نرخ جریان و دمای ورودی مخزن برای آزمون NB (گروه‌های ۲ و ۴)

مرحله آزمون	فرآیند	مدار شارژ			مدار دشارژ		
		$\tilde{\dot{V}}_c$ l/h	$\tilde{\vartheta}_{c,i}$ °C	$\tilde{\vartheta}_{c,o}$ °C	$\tilde{\dot{V}}_D$ l/h	$\tilde{\vartheta}_{D,i}$ °C	$\tilde{\vartheta}_{D,o}$ °C
NA1	مطبوع سازی	۰	–	–	۰٫۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر
NA2	شارژ	۱×$\dot{V}_n$	متغیر	متغیر	۰	–	–
NA3	آماده به کار	۰	–	–	۰	–	–
NA4	دشارژ	۰	–	–	۰٫۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر

۶-۳-۲-۷-۴ مخازن با منابع گرمایش الکتریکی

این آزمون فقط در صورتی که گرم‌کن کمکی الکتریکی استفاده شده است، باید انجام شود.

دستگاه ذخیره‌سازی باید به پایه آزمون مطابق با زیربند ۶-۲ متصل شود.

اتصالاتی که قادر به دشارژ کامل مخزن هستند، باید به مدار دشارژ پایه آزمون بسته شوند.

اتصالات شارژ باید بسته شده و تمام مبدل‌های گرمایی شارژ باید با آب پر شوند. اتصالات بسته شده باید به همان روش مخزن عایق گردند.

آزمون EB :

- مرحله آزمون EB1: مطبوع سازی تا حالت پایا حاصل شود؛
- مرحله آزمون EB2: شارژ با توان الکتریکی اسمی (مطابق با دستورالعمل کارخانه سازنده)،
- مرحله آزمون EB3: مدت زمان ۴۸h حالت آماده به کار؛
- مرحله آزمون EB4: دشارژ تا حالت پایا حاصل شود.

جدول ۱۷ - نرخ جریان و دمای ورودی مخزن برای آزمون EB

مرحله آزمون	فرآیند	مدار شارژ			مدار دشارژ		
		$\tilde{V}_c$ l/h	$\tilde{\vartheta}_{c,i}$ °C	$\tilde{\vartheta}_{c,o}$ °C	$\tilde{V}_D$ l/h	$\tilde{\vartheta}_{D,i}$ °C	$\tilde{\vartheta}_{D,o}$ °C
EB1	مطبوع سازی	۰	–	–	۰٫۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر
EB2	شارژ	۰	–	–	۰	–	–
EB3	آماده به کار	۰	–	–	۰	–	–
EB4	دشارژ	۰	–	–	۰٫۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر

۶-۳-۳ پردازش داده سلسله‌های آزمون

۶-۳-۳-۱ کلیات

زمانی که همه آزمون‌های لازم توصیف شده در زیربند ۶-۳-۲ انجام شود، شناسایی پارامترهای مخزن باید با استفاده از مدل عددی مخزن که الزامات داده شده در پیوست **ت** را برآورده می‌نماید، انجام شود و یک الگوریتم شناسایی پارامتر مناسبی که الزامات داده شده در پیوست **پ** را برآورده نماید.
اگر مدل مخزن برای اولین بار به طراحی یک مخزن خاص (مانند یک مخزن با یک دستگاه لایه‌بندی ساز با توجه به اصل ترموسیفون) اعمال می‌شود، تایید نتایج آزمون مخزن که در پیوست **ب** توصیف شده باید انجام شود.

مدل مخزن باید الزامات آزمون معیار داده شده در پیوست **الف** را برآورده نماید.

برای شناسایی پارامتر، اندازه‌گیری داده را می‌توان فشرده یا تبدیل به مراحل زمانی ثابت کرد. در هر دو مورد، سوابق داده باید مقادیر میانگین برای مرحله زمانی مربوطه را نمایش دهد. بهتر است در طی شارژ و دشارژ، مراحل زمانی از min ۳ فراتر نرود. در طی آماده به‌کار، حداکثر گام زمانی min ۱۵ مجاز است.

برای شناسایی پارامتر (fit)، مقادیر اندازه‌گیری شده دمای ورودی مخزن، دمای محیط، نرخ جریان و توان منبع (های) گرمایش الکتریکی باید به عنوان ورودی استفاده شود. از آنجا که در آغاز هر آزمون مخزن

همیشه مطبوع‌سازی به دمای ۲۰°C شده است، هیچ پرش زمانی مورد نیاز نیست. بنابراین، داده‌های مورد استفاده برای اتصالات باید با مرحله آزمون دوم شروع، و ϑs = ۲۰ °C باید به عنوان دمای اولیه برای مدل مخزن استفاده شود.

۶-۳-۳-۲ تعیین تمام پارامترهای مخزن (به جز موقعیت عمودی حسگرهای دما)

تمام پارامترهایی که توسط شناسایی پارامتر تعیین شده باید در طی فرایند شناسایی یک پارامتر مشخص شود. این الزام مربوط به تعیین موقعیت عمودی حسگرهای دما نیست.

در طی هر مرحله زمانی مناسب برای هر اتصال «x» (x = C برای شارژ و x = D برای دشارژ)، قدرمطلق تفاضل بین توان انتقالی اندازه‌گیری شده و توان پیش بینی شده باید توسط فرمول (۱) محاسبه گردد:

$$\Delta P_x = \left| P_{x,p} - P_{x,m} \right| \quad (۱)$$

که در آن توان انتقالی پیش بینی شده، $P_{x,p}$ و توان اندازه‌گیری شده، $P_{X,m}$، باید مطابق با فرمول‌های (۲) و (۳)محاسبه شوند:

$$P_{x,P} = \overline{\rho} \times \overline{c_p} \times \dot{v} \times \left(\vartheta_{x,i} - \vartheta_{x,o,p} \right) \quad (۲)$$

$$P_{x,m} = \overline{\rho} \times \overline{c_p} \times \dot{v} \times \left(\vartheta_{x,i} - \vartheta_{x,o,m} \right) \quad (۳)$$

تابع $f(t)$ که باید برای تعیین پارامترهای مخزن (به جز موقعیت‌های عمودی از حسگرهای دما) به حداقل برسد، انتگرال مجموع قدرمطلق تفاضل توان‌ها است که با فرمول (۴) محاسبه می‌شود:

$$f(t) = \int_t \sum_x \Delta P_x \, dt \quad (۴)$$

۶-۳-۳-۳ تعیین موقعیت عمودی حسگرهای دما

اگر همه پارامترهای مخزن، (به جز موقعیت عمودی حسگرهای دما) مطابق با زیربند ۶-۳-۳-۲ مشخص شده است، تعیین موقعیت عمودی حسگرهای دما یا محل آنها به ترتیب باید به صورت توصیف شده در این زیربند انجام شود. برای توصیف رفتار حرارتی مخزن با استفاده از مدل عددی، پارامترهای تعیین شده مطابق با زیربند ۶-۳-۳-۲ باید استفاده شود.

در طی هر مرحله زمانی مناسب برای هر حسگر دمای «Z» قدرمطلق تفاوت بین دمای اندازه گیری شده در محل حسگر دما، $\nu_{z,m}$، با دمای پیش بینی شده در محل حسگر دما، $\nu_{z,p}$ ، باید توسط فرمول (۵) محاسبه شود:

$$\Delta \vartheta_z = \left| \vartheta_{z,m} - \vartheta_{z,P} \right| \quad (۵)$$

تابع $f(t)$ که باید برای تعیین موقعیت عمودی حسگرهای دما به حداقل برسد، انتگرال قدرمطلق همه اختلاف دما برای حسگر دما «Z» است که در فرمول(۶) نشان داده شده است:

$$f(t) = \int_{t} \Delta \vartheta_z \, dt \qquad (۶)$$

تعیین موقعیت‌های عمودی حسگرهای دما به طور جداگانه برای هر حسگر دما «Z» یا موقعیت عمودی به ترتیب انجام شود.

۷ آزمون مخزن همراه با آزمون سامانه مطابق با استاندارد ISO 9459-5 [۱]

این روش در اصل شبیه به زیربند ۶-۳-۲ است، به جز این که داده‌ها در طی آزمون کل سامانه مطابق با استاندارد ISO 9459-5 با حسگرهای اضافی در مدار کلکتور به دست می‌آیند. با این حال استفاده از حسگرهای اضافی در مدار کلکتور، تنها در صورتی مجاز است که عملکرد طبیعی سامانه را تحت تاثیر قرار ندهد.

با استفاده از تجهیزات اندازه‌گیری و مطابق با استاندارد ISO 9459-5، داده‌های زیر علاوه بر اندازه‌گیری‌های مورد نیاز استاندارد ISO 9459-5، باید اندازه‌گیری و ثبت شود:

- جریان حجمی مدار کلکتور و همچنین دمای ورودی در مخزن یا مبدل گرما و دمای خروجی در مخزن و مبدل گرما مدار کلکتور؛
- در صورتی که سامانه به گرمایش کمکی آب داغ یکپارچه، مجهز شده، جریان حجمی از طریق مدار کمکی و همچنین دمای ورودی در مخزن یا مبدل گرما و دمای خروجی در مخزن و مبدل گرما مدار کمکی

اگر یک گرم‌کن کمکی الکتریکی غوطه‌ور مخزن نصب شده، هیچ اندازه‌گیری اضافی در صورتی که P_{aux} قبلاً اندازه‌گیری شده باشد، ضروری نسیت.

برای تعیین پارامترهای مخزن با استفاده از شناسایی پارامتر به زیربند ۶-۳-۳ مراجعه نمایید.

۸ آزمون مخزن مطابق با استاندارد EN 12897

تعیین پارامترهای مخزن همچنین می‌تواند مطابق با استاندارد EN 12897 انجام شود.

---

۱ - استاندارد ملی ایران به شماره ۵-۷۳۸۵، گرمایش خورشیدی – سامانه‌های آبگرمکن خانگی - قسمت پنجم - توصیف مشخصات عملکرد سامانه با استفاده از آزمون‌های کل سامانه و شبیه‌سازی کامپیوتری با استفاده از استاندارد ISO 9459-5:2007 تدوین شده است.

در گزارش آزمون، باید اعلام گردد که پارامترهای مخزن‌ها مطابق با استاندارد EN 12977-3 یا استاندارد EN 12897 تعیین شده است.

استاندارد EN 12987 نمی‌تواند تمام پارامترهای مخزن که برای شبیه‌سازی دقیق از رفتار حرارتی یک مخزن که بخشی از یک سامانه کوچک ساخت سفارشی مطابق با استاندارد EN 12977-2[1] مورد نیاز است، را تعیین کند.

۹ گزارش آزمون

۹-۱ کلیات

گزارش آزمون باید شامل:

الف- شرح مفصل و داده‌های فنی مخزن آزمون شده (بر اساس دستورالعمل سازنده)؛

ب- پارامترهای به دست آمده و توصیف آنها؛

پ- ارجاع به مدل مخزن استفاده شده (پارامترهای شبیه‌سازی).

۹-۲ توصیف مخزن

توصیف مخزن باید بر اساس اطلاعات ارائه شده توسط تولید کننده باشد. باید شامل موارد زیر باشد:

الف- اطلاعات کلی:

۱- تولید کننده؛

۲- نوع؛

۳- سال ساخت؛

۴- شماره سریال؛

۵- حجم اسمی؛

۶- توصیف و ترسیم طراحی نموداری.

ب- آب ذخیره شده:

۱- حجم؛

۲- مواد و حفاظت در برابر خوردگی (فقط برای مواد در تماس با آب آشامیدنی)؛

۳- حداکثر فشار عملیاتی؛

۱- استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۱۹۰۰۶، سامانه‌های حرارتی خورشیدی و اجزای آن - سامانه‌های ساخت سفارشی-قسمت ۲- روش‌های آزمون برای آب گرم‌کن‌های خورشیدی و سامانه‌های ترکیبی DIN EN 12977-2: 2012 تدوین شده است.

۴- حداکثر دمای عملیاتی؛
۵- عایق گرمایی؛
۶- قطر و نوع اتصالات.

پ- منبع(های) گرمایش الکتریکی:
۱- ولتاژ اسمی؛
۲- قدرت گرمایش اسمی؛
۳- قطر و نوع اتصال.

ت- مبدل(های) گرما:
۱- حجم؛
۲- مواد و حفاظت در برابر خوردگی (فقط برای مواد در تماس با آب آشامیدنی)؛
۳- نوع لوله‌ها (با/بدون دنده، مارپیچ و غیره)؛
۴- وسعت ناحیه انتقال گرما؛
۵- موقعیت در داخل مخزن؛
۶- حداکثر فشار عملیاتی؛
۷- حداکثر دمای عملیاتی؛
۸- قطر و نوع اتصالات.

۹-۳ نتایج آزمون

یادآوری۱- برخی از پارامترهای مورد استفاده برای توصیف رفتار حرارتی از مخزن به مدل مخزن مورد استفاده بستگی دارد. بنابراین، اطلاعات در مورد این پارامترها و مدل مخزن بهتر است همراه با گزارش آزمون ارائه شود.

الف- اطلاعات هندسی:
۱- وزن دستگاه ذخیره سازی کامل (خالی)؛
۲- ارتفاع ناخالص کامل دستگاه ذخیره سازی؛
۳- قطر ناخالص یا ابعاد مشخصه متناظر کامل دستگاه ذخیره‌سازی.

ب- حجم:
۱- حجم آب ذخیره شده؛
۲- حجم مبدل(های) گرما؛
۳- حجم (های) گرم شده توسط عنصر(های) گرمایش الکتریکی یا مبدل‌های کمکی گرما.

پ- پارامترهای حرارتی:
۱- ظرفیت حرارتی کل مخزن؛

۲- ظرفیت حرارتی قطعات اختصاص داده شده به مخزن (به عنوان مثال قسمت مجهز به گرمکن کمکی)؛
۳- نرخ ظرفیت اتلاف گرما حالت آماده به‌کار (اختیاری: نرخ ظرفیت اتلاف گرما عملیاتی)؛
۴- پارامتر توصیف تنزل رتبه لایه‌بندی حرارتی در طی آماده به‌کار؛
۵- پارامتر توصیف کیفیت لایه‌بندی حرارتی در طی دشارژ مستقیم؛
۶- نرخ ظرفیت انتقال گرما $(UA)_{hx,s}$ مبدل(های) گرما. شرایط آزمون(مایع، دما، نرخ جریان، توان گرمایشی انتقالی) برای تعیین نرخ ظرفیت انتقال گرما باید در گزارش آزمون ذکر گردد.

ت- حسگرهای دما:

۱- موقعیت‌های عمودی حسگرهای دما.

یادآوری۲- اگر یک نمودار از $(UA)_{hx,s}$ بیش از دمای مشمول در گزارش آزمون است، توان گرمایشی منتقل نقاط مختلف از مقادیر رسم شده $(UA)_{hx,s}$ متفاوت است توصیه می‌شود قدرت گرمایش منتقل در هر نقطه از نمودار نشان داده شود.

علاوه بر این، نمایه‌های کاهشی برای دو نرخ مختلف کسرکردن جریان (به عنوان مثال آزمون C و آزمون S) و دو نمایه کسرکردن مورد استفاده برای تعیین پارامتر توصیف تنزل رتبه لایه‌بندی حرارتی در طی آماده به‌کار (به عنوان مثال آزمون NiA و آزمون Nib یا آزمون EiA و آزمون EiB)، بهتر است گنجانده شود.

۹-۴ پارامترهای شبیه‌سازی

تمام پارامترهای که برای توصیف رفتار حرارتی مخزن در ترکیب با یک مدل محاسبات عددی مناسب لازم است، باید ثبت شود. علاوه بر پارامترهای ذکر شده در زیربند ۷-۳، پارامترهای زیر مورد نیاز است:

الف- داده از سیال (به عنوان مثال مقادیر ثابت برای چگالی و ظرفیت گرمایی ویژه).

ب- موقعیت:

۱- اتصال(های) ورودی و خروجی برای شارژ و دشارژ مستقیم؛
۲- اتصال(های) ورودی و خروجی مبدل‌های گرما؛

پ- اطلاعات مربوط به قابلیت برای لایه‌بندی شارژ/دشارژ.

پیوست الف

(الزامی)

آزمون‌های معیار مدل مخزن

الف-۱ کلیات

آزمون معیار در این پیوست باید مطمئن سازد که مدل مخزن الزامات اساسی را برآورده می‌نماید. از این رو، برای موارد عملیاتی ساده شده نتایج محاسبه شده توسط مدل باید با راه حل‌های تحلیلی فرمول‌های تفاضلی مقایسه شود.

الف-۲ دمای مخزن در طی آماده به کار

این‌طور فرض می‌شود که مخزن به طور کامل مخلوط[1] و با عایق همگن عرضه شده است. کاهش دمای مخزن در طی آماده به‌کار می‌تواند با فرمول (الف-۱) محاسبه شود:

$$\vartheta(t) = \vartheta_{am} + (\vartheta_0 - \vartheta_{am}) \times e^{\frac{-(UA)_{s,a}}{C_s} \times t} \qquad \text{(الف-۱)}$$

دما به عنوان تابعی از زمان ($0 \le T \le ۴۰۰ h$) باید توسط فرمول (الف-۱) (تحلیلی) و با استفاده از مدل مخزن (عددی) با پارامترهای زیر محاسبه شود:

- دمای محیط ثابت: $\vartheta_a = ۲۰\ °C$ ؛
- دمای اولیه: $\vartheta_0 = ۶۰\ °C$ ؛
- ظرفیت حرارتی مخزن (ثابت): $C_s = ۲\ MJ/K$ ؛
- نرخ ظرفیت اتلاف گرما: $(UA)_{s,a} = ۷\ W/K$ ؛

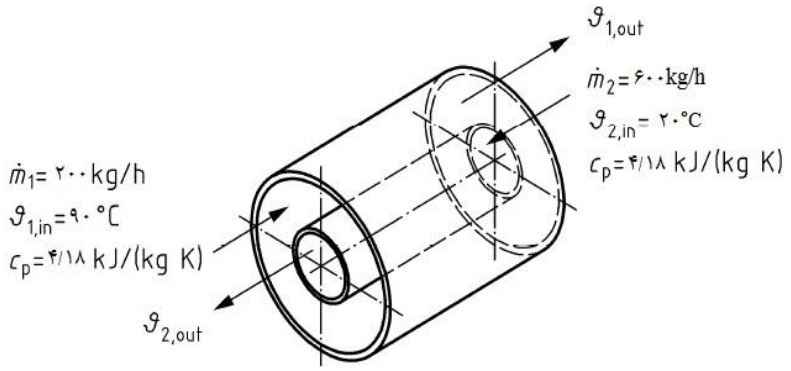
اگر حداکثر تفاوت بین دمای محاسبه شده از راه‌های تحلیلی و عددی کمتر از $۰/۰۰۱\ k$ باشد، این آزمون معیار باید معتبر در نظر گرفته شود.

اگر مدل بخشی از یک برنامه شبیه‌سازی که قادر به استفاده از مراحل زمانی مختلف است، این آزمون معیار باید برای گام‌های زمانی$1\ min$ و $۶۰\ min$ انجام شود.

1-fully mixed

الف-۳ انتقال گرما از مبدل گرما به مخزن

برای بررسی اجرای صحیح انتقال گرما از مبدل گرما به مخزن ذخیره، می‌توان مخزن را به عنوان یک مبدل گرما دو لوله‌ای[1] در نظر گرفت. برای این آزمون معیار آن باید به عنوان مبدل گرما جریان مخالف[2] بهره-برداری گردد (به شکل الف-۱ مراجعه نمایید).



یادآوری-نرخ انتقال گرما $(UA)_{h1,s}$ = ۱۶۶۷ W/K

شکل الف-۱ - مخزن در نظر گرفته شده به عنوان یک مبدل گرما لوله دوقلو

برای پارامترهای داده شده در شکل الف-۱، نتایج حاصل از حل تحلیلی در جدول الف-۱ ذکر شده است.

جدول الف-۱- نتایج راه‌حل‌های تحلیلی

$\dot{Q}$ kW	$\vartheta_{2,out}$ °C	$\vartheta_{1,out}$ °C
۱۶٫۱۶۵	۴۳٫۲۰۲	۲۰٫۳۹۱

اگر حداکثر تفاوت بین محاسبه در یک راه تحلیلی و عددی کمتر از ۰٫۲K برای دما و کمتر از ٪ ۱ (بر اساس راه‌حل تحلیلی) برای توان منتقل شده است، این آزمون معیار می‌تواند معتبر درنظر گرفته شود.

1 - Twin tube
2 -Counter-flow

پیوست ب

(الزامی)

صحه‌گذاری نتایج آزمون مخزن

ب-۱ کلیات

به منظور تأیید نتایج به دست آمده از آزمون‌های توصیف شده در بندهای ۶ و ۷، فرآیند صحه‌گذاری در این پیوست می‌تواند استفاده شود. توصیه می‌شود از آنها به خصوص در مورد طراحی‌های مخزن جدید یا نوآورانه یا ویژگی‌های که در آن هیچ تجربه قبلی در دسترس نیست، استفاده شود.

نتایج آزمون توسط مدل مخزن استفاده شده و پارامترهای تعین شده نشان داده می‌شوند. هر دو مدل و پارامترها با شبیه‌سازی مجدد یک «سلسله پویا» طیف گسترده ای از شرایط عملیاتی تأیید شده (شارژ، دشارژ، آماده به کار، و غیره) را پوشش می‌دهند که برای شناسایی پارامترهای مخزن استفاده نمی‌شود.

اگر مدل مخزن برای اولین بار به یک مخزن با طراحی خاص (مانند یک مخزن با یک دستگاه لایه‌بندی کاری مطابق با اصل ترموسیفون) اعمال می‌شود، صحه‌گذاری نتایج آزمون مخزن باید همانند توصیف شده در این پیوست انجام شود.

ب-۲ سلسله آزمون برای صحه‌گذاری نتایج آزمون مخزن

ب-۲-۱ کلیات

سلسله آزمون برای صحه‌گذاری نتایج آزمون مخزن (صحه‌گذاری سلسله) را می‌توان از اندازه‌گیری‌ها بر روی پایه مخزن آزمون که در بند ۶ یا در طی آزمون کل سامانه توصیف شده در بند ۷، بدست آورد. گام‌های زمانی استفاده شده در فرآیند صحه‌گذاری بهتر است شبیه به مراحل زمانی مورد استفاده برای ثبت داده‌های اندازه‌گیری شده توصیفی در زیربند۶-۱-۲ باشد.

مراحل زمانی مشابه ویا همان فرآیند برای تعیین گام های زمانی باید برای تعیین پارامترهای مخزن و صحه-گذاری نتایج آزمون مخزن و همچنین برای شبیه‌سازی سالانه سامانه استفاده شود.

ب-۲-۲ صحه‌گذاری سلسله اندازه‌گیری‌ها بر روی یک پایه آزمون مخزن

ب-۲-۲-۱ کلیات

باید پایه آزمون و تجهیزات اندازه‌گیری توصیفی در زیربند ۶-۱ استفاده شود. مخزن باید همانند روش توصیف شده در زیربند۶-۲ نصب شود.

در ادامه، صحه‌گذاری سلسله حرارتی برای گروه‌های مختلف از مخازن مشخص شده است. یک مرور کلی بر روی سلسله‌ها برای تایید پارامترهای مخزن مختلف در جدول ب-۱ داده شده است.

صحه‌گذاری سلسله‌ها با هدف تحریک همه اثرات فیزیکی که توسط پارامترهای تعیین شده نشان داده می‌شوند، طراحی شده است.

یادآوری- صحه‌گذاری سلسله‌های آزمون به طور جداگانه برای حجم کامل مخزن و همچنین بخش‌هایی از حجم مخزن، به عنوان مثال بخش گرم شده کمکی انجام می‌شود. اصولا هر سلسله آزمون پویا شامل مراحل زیر است:

- شارژ حجم مخزن مربوطه؛
- دشارژ نیمی از حجم شارژ شده؛
- شارژ مجدد؛
- آماده به‌کار ؛
- دشارژکامل.

جدول ب-۱- مجموعه‌ای از صحه‌گذاری سلسله‌ها

تایید پارامترهای تعیین شده برای	سلسله	زیربند
- حجم مخزن به ترتیب ظرفیت دمای - نرخ ظرفیت اتلاف گرما در مخزن - نرخ ظرفیت انتقال گرما از پایین‌ترین مبدل گرما و دشارژ مبدل گرما - تنزل رتبه لایه‌بندی حرارتی در طی آماده بکار - لایه‌بندی حرارتی در طی دشارژ	آزمون V: برای مخازن همه گروه‌های: - گروه ۱ - گروه ۲ - گروه ۳ - گروه ۴	 ب-۲-۲-۲-۲ ب-۲-۲-۲-۳ ب-۲-۲-۲-۴ ب-۲-۲-۲-۵
- نرخ ظرفیت انتقال گرما و موقعیت مبدل (های) کمکی گرما - تنزل رتبه لایه‌بندی حرارتی در طی آماده به کار - نرخ ظرفیت اتلاف گرما در بخش کمکی مخزن	آزمون NiV برای مخازن با مبدل (های) کمکی گرما	ب-۲-۲-۳
- موقعیت یا طی عنصر(های) گرمایش الکتریکی - تنزل رتبه لایه‌بندی حرارتی در طی آماده به کار - نرخ ظرفیت اتلاف گرما در بخش کمکی مخزن	آزمون EiV برای مخازن با عنصر(های) گرمایش کمکی الکتریکی	ب-۲-۲-۴

ب-۲-۲-۲ مخازن همه گروه‌ها

ب-۲-۲-۲-۱ اتصال دستگاه ذخیره‌سازی به پایه آزمون

دستگاه ذخیره‌سازی باید مطابق با زیربند ۶-۲ به پایه آزمون متصل شود.

اتصالاتی که قادر به دشارژ کامل مخزن هستند، باید به مدار دشارژ پایه آزمون بسته شوند.

اتصالاتی که قادر به شارژ کامل مخزن هستند، باید به مدار شارژ پایه آزمون بسته شوند.

ب-۲-۲-۲-۲ گروه ۱

هدف از این سلسله آزمون صحه‌گذاری پارامترهای به دست آمده توصیفی حجم موثر مخـزن، نـرخ ظرفیـت اتلاف گرما به طور کلی، تنزل رتبه لایه‌بندی حرارتی در طی آماده به‌کار و لایه‌بندی حرارتی در طی دشـارژ است.

آزمون V (گروه ۱):

- مرحله آزمون V1: مطبوع سازی تا حالت پایا حاصل شود؛
- مرحله آزمون V2 : شارژ تا شارژ تا $T_{C,o}$=۳۵ °C؛
- مرحله آزمون V3: دشارژ ۰٫۵×V_n؛
- مرحله آزمون V4: شارژ ۰٫۵×V_n؛
- مرحله آزمون V5: مدت زمان ۱۶h آماده بکار؛
- مرحله آزمون V6: دشارژ تا حالت پایا حاصل شود.

جدول ب-۲ - نرخ جریان و دمای ورودی دستگاه ذخیره سازی برای آزمون V (گروه ۱)

مرحله آزمون	فرآیند	مدار شارژ			مدار دشارژ		
		$\tilde{V}_c$ l/h	$\tilde{T}_{c,i}$ °C	$\tilde{T}_{c,o}$ °C	$\tilde{V}_D$ l/h	$\tilde{T}_{D,i}$ °C	$\tilde{T}_{D,o}$ °C
V1	مطبوع سازی	۰	–	–	۰٫۷۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر
V2	شارژ	۰٫۵×$\dot{V}_n$	۴۰	متغیر	۰	–	–
V3	دشارژ	۰	–	–	۰٫۷۵×$\dot{V}_n$	–	–
V4	شارژ	۰٫۵×$\dot{V}_n$	۶۰	متغیر	۰	۲۰	متغیر
V5	آماده به کار	۰	–	–	۰	–	
V6	دشارژ	۰	–	–	۰٫۷۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر

ب-۲-۲-۲-۳ گروه ۲

هدف از این سلسله آزمون صحه‌گذاری پارامترهای به دست آمده توصیفی حجم موثر مخـزن، نـرخ ظرفیـت اتلاف گرما به طور کلی، تنزل رتبه لایه‌بندی حرارتی در طی آماده به‌کار و لایه‌بندی حرارتی در طی دشـارژ است.

آزمون V (گروه ۲):

- مرحله آزمون V1: مطبوع سازی تا حالت پایا حاصل شود.
- مرحله آزمون V2 : شارژ با توان شارژ ثابت $\tilde{P}_c$ =۱×P_n تا زمانی که $T_{C,o}$=۶۰ °C شود؛

- مرحله آزمون V3: دشارژ V_n×۰٫۵؛
- مرحله آزمون V4: شارژ با توان شارژ ثابت P_n×۱= $\tilde{P}_c$ تا زمانی که $T_{C,o}$=۴۰ °C شود؛
- مرحله آزمون V5: مدت زمان h ۱۶ آماده به‌کار؛
- مرحله آزمون V6: دشارژ تا حالت پایا حاصل شود.

جدول ب-۳- نرخ جریان و دمای ورودی دستگاه ذخیره سازی برای آزمون V (گروه ۲)

مرحله آزمون	فرآیند	مدار شارژ			مدار دشارژ		
		$\tilde{\dot{V}}_c$ l/h	$\tilde{T}_{c,i}$ °C	$\tilde{T}_{c,o}$ °C	$\tilde{\dot{V}}_D$ l/h	$\tilde{T}_{D,i}$ °C	$\tilde{T}_{D,o}$ °C
V1	مطبوع سازی	۰	–	–	۰٫۷۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر
V2	شارژ	۱٫۲×$\dot{V}_n$	متغیر	متغیر	۰	–	–
V3	دشارژ	۰	–	–	۰٫۷۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر
V4	شارژ	۱٫۲×$\dot{V}_n$	متغیر	متغیر	۰	–	–
V5	آماده به کار	۰	–	–	۰	–	–
V6	دشارژ	۰	–	–	۰٫۷۵×.V_n	۲۰	متغیر

ب-۲-۲-۴-۲ گروه ۳

هدف از این سلسله آزمون صحه‌گذاری پارامترهای به دست آمده توصیفی حجم موثر مخزن، نرخ ظرفیت اتلاف گرما به طور کلی، تنزل رتبه لایه‌بندی حرارتی در طی آماده به‌کار و لایه‌بندی حرارتی در طی دشارژ است. البته فقط ارزیابی و تایید لایه‌بندی حرارتی در طی دشارژ امکان دارد، اگر مخزن دشارژ لایه‌بندی باشد.
آزمون V (گروه ۳):

- مرحله آزمون V1: مطبوع سازی تا حالت پایا حاصل شود؛
- مرحله آزمون V2 : شارژ تا $T_{C,o}$=۳۵°C؛
- مرحله آزمون V3: دشارژ V_n×۰٫۵؛
- مرحله آزمون V4: شارژ V_n×۰٫۵؛
- مرحله آزمون V5: مدت زمان h ۱۶ آماده به‌کار؛
- مرحله آزمون V6: دشارژ تا حالت پایا حاصل شود.

جدول ب-۴- نرخ جریان و دمای ورودی دستگاه ذخیره سازی برای آزمون V (گروه ۳)

مرحله آزمون	فرآیند	مدار شارژ			مدار دشارژ		
		$\dot{\tilde{V}}_c$ l/h	$\tilde{T}_{c,i}$ °C	$\tilde{T}_{c,o}$ °C	$\dot{\tilde{V}}_D$ l/h	$\tilde{T}_{D,i}$ °C	$\tilde{T}_{D,o}$ °C
V1	مطبوع سازی	۰	–	–	۰٫۷۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر
V2	شارژ	۰٫۵×$\dot{V}_n$	۴۰	متغیر	۰	–	–
V3	دشارژ	۰	–	–	۰٫۷۵×$\dot{V}_n$	–	–
V4	شارژ	۰٫۵×$\dot{V}_n$	۶۰	متغیر	۰	۲۰	متغیر
V5	آماده به کار	۰	–	–	۰	–	
V6	دشارژ	۰	–	–	۰٫۷۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر

ب-۲-۲-۲-۵ گروه ۴

هدف از این سلسله آزمون صحه‌گذاری پارامترهای به دست آمده توصیفی حجم موثر مخزن، نرخ ظرفیت اتلاف گرما به طور کلی، تنزل رتبه لایه‌بندی حرارتی در طی آماده به‌کار و لایه‌بندی حرارتی در طی دشارژ است. البته اگر مخزن دشارژ لایه‌بندی باشد، فقط ارزیابی و صحه‌گذاری لایه‌بندی حرارتی در طی دشارژ امکان دارد.

آزمون V (گروه ۴):

- مرحله آزمون V1: مطبوع سازی تا حالت پایا حاصل شود.
- مرحله آزمون V2 : شارژ با توان شارژ ثابت $\tilde{P}_c$ =۱×P_n تا زمانی که $T_{C,o}$ = ۶۰ °C شود؛
- مرحله آزمون V3: دشارژ ۰٫۵×V_n؛
- مرحله آزمون V4: شارژ با توان شارژ ثابت $\tilde{P}_c$ =۱×P_n تا زمانی که $T_{C,o}$=۴۰ °C شود؛
- مرحله آزمون V5: مدت زمان ۱۶h آماده به‌کار؛
- مرحله آزمون V6: دشارژ تا حالت پایا حاصل شود.

جدول ب-۵- نرخ جریان و دمای ورودی دستگاه ذخیره سازی برای آزمون V (گروه ۴)

مرحله آزمون	فرآیند	مدار شارژ			مدار دشارژ		
		$\tilde{V}_c$ l/h	$\tilde{T}_{c,i}$ °C	$\tilde{T}_{c,o}$ °C	$\tilde{V}_D$ l/h	$\tilde{T}_{D,i}$ °C	$\tilde{T}_{D,o}$ °C
V1	مطبوع سازی	۰	–	–	۰٫۷۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر
V2	شارژ	۱٫۲×$\dot{V}_n$	متغیر	متغیر	۰	–	–
V3	دشارژ	۰	–	–	۰٫۷۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر
V4	شارژ	۱٫۲×$\dot{V}_n$	متغیر	متغیر	۰	–	–
V5	آماده به کار	۰	–	–	۰	–	–
V6	دشارژ	۰	–	–	۰٫۷۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر

ب-۲-۲-۳ مخازن با مبدل (های) کمکی گرما

هدف این سلسله آزمون صحه‌گذاری پارامترهای به دست آمده توصیفی مبدل کمکی گرما، تنزل رتبه لایه-بندی حرارتی در طی آماده به کار و نرخ ظرفیت اتلاف گرما از بخش کمکی است.

یادآوری- اگر بیش از یک مبدل کمکی گرما وجود دارد، i تعداد مبدل گرما را نشان می‌دهد.

ارتفاع دقیق اتصال فوقانی مبدل(کمکی) گرما بالا، اگر آن در نزدیکی بالا و باعث لایه بندی حرارتی در داخل مخزن شود، فقط مهم است. بنابراین، باید تنها در این صورت تأیید شده باشد.

دستگاه ذخیره‌سازی باید مطابق با زیربند ۶-۲ به پایه آزمون متصل شود.

اتصالاتی که قادر به دشارژ کامل مخزن هستند، باید به مدار دشارژ پایه آزمون بسته شوند.

اتصالاتی که قادر به شارژ کامل مخزن هستند، باید به مدار شارژ پایه آزمون بسته شوند.

آزمون NiV:

- مرحله آزمون NiV1: مطبوع سازی تا حالت پایا حاصل شود.
- مرحله آزمون NiV2 : شارژ با توان شارژ ثابت $\tilde{P}_c$ =۱×P_n تا زمانی که دمای موقعیت حسگر گرمایش کمکی برابر با ۶۰ °C شود؛
- مرحله آزمون NiV3: دشارژ نصف حجم که بالاتر از اتصال پایینی مبدل گرما کمکی است؛
- مرحله آزمون NiV4: شارژ مطابق با مرحله آزمون NiV2؛
- مرحله آزمون NiV5: مدت زمان ۱۶h آماده بکار ؛

- مرحله آزمون NiV6: دشارژ تا حالت پایا حاصل شود.

جدول ب-۶- نرخ جریان و دمای ورودی دستگاه ذخیره سازی برای آزمون NiV (گروه ۲ یا ۴)

مرحله آزمون	فرآیند	مدار شارژ			مدار دشارژ		
		$\tilde{\dot{V}}_c$ l/h	$\tilde{T}_{c,i}$ °C	$\tilde{T}_{c,o}$ °C	$\tilde{\dot{V}}_D$ l/h	$\tilde{T}_{D,i}$ °C	$\tilde{T}_{D,o}$ °C
NiV1	مطبوع سازی	۰	–	–	۰٫۷۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر
NiV2	شارژ	۱×$\dot{V}_n$	متغیر	متغیر	۰	–	–
NiV3	دشارژ	۰	–	–	۰٫۷۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر
NiV4	شارژ	۱×$\dot{V}_n$	متغیر	متغیر	۰	–	–
NiV5	آماده به کار	۰	–	–	۰	–	–
NiV6	دشارژ	۰	–	–	۰٫۷۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر

ب-۲-۲-۴ مخازن با عنصر(های) گرمایش کمکی الکتریکی

هدف این سلسله آزمون صحه‌گذاری پارامترهای به دست آمده توصیفی عنصر(های) گرمایش کمکی الکتریکی، تنزل رتبه لایه‌بندی حرارتی در طی آماده به کار و نرخ ظرفیت اتلاف گرما از بخش کمکی است.

این آزمون فقط باید برای مخازن با عنصر(های) گرمایش الکتریکی انجام گردد.

یادآوری- اگر بیش از یک عنصر گرمایش الکتریکی وجود دارد، i تعداد عنصر گرمایش را نشان می‌دهد.

تایید موقعیت (های) (عمودی) تعیین شده عنصر(های) گرمایش الکتریکی تنها در صورتی لازم است که آن/آنها به صورت افقی نصب شده باشند.

طول تعیین شده (به صورت یک پارامتر مدل) عنصر (های) گرمایش الکتریکی باید تایید شود که اگر آن/آنها عمودی در بالا نصب شده‌اند.

دستگاه ذخیره‌سازی باید مطابق با زیربند ۶-۲ به پایه آزمون متصل شود.

اتصالاتی که قادر به دشارژ کامل مخزن هستند، باید به مدار دشارژ پایه آزمون بسته شوند.

اتصالاتی که قادر به شارژ کامل مخزن هستند، باید به مدار شارژ پایه آزمون بسته شوند.

آزمون EiV:

- مرحله آزمون EiV1: مطبوع سازی تا حالت پایا حاصل شود.
- مرحله آزمونEiV2 : شارژ با توان الکتریکی اسمی(مطابق با دستورالعمل کارخانه سازنده) تا زمانی که گرم‌کن توسط ترموستات خاموش شود (T_{set}=۶۰°C)؛

- مرحله آزمون EiV3: دشارژ نصف حجم آن که بالاتر از مبدل گرمایش الکتریکی است؛
- مرحله آزمون EiV4: شارژ مطابق با مرحله آزمون EiV2؛
- مرحله آزمون EiV5: مدت زمان ۱۶h آماده بکار ؛
- مرحله آزمون EiV6: دشارژ تا حالت پایا حاصل شود.

جدول ب-۷- نرخ جریان و دمای ورودی دستگاه ذخیره سازی برای آزمون EiV

مرحله آزمون	فرآیند	مدار شارژ			مدار دشارژ		
		$\tilde{\dot{V}}_c$ l/h	$\tilde{T}_{c,i}$ °C	$\tilde{T}_{c,o}$ °C	$\tilde{\dot{V}}_D$ l/h	$\tilde{T}_{D,i}$ °C	$\tilde{T}_{D,o}$ °C
EiV1	مطبوع سازی	۰	–	–	۰٫۷۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر
EiV2	شارژ	۰	–	–	۰	–	–
EiV3	دشارژ	۰	–	–	۰٫۷۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر
EiV4	شارژ	۰	–	–	۰	–	–
EiV5	آماده به کار	۰	–	–	۰	–	–
EiV6	دشارژ	۰	–	–	۰٫۷۵×$\dot{V}_n$	۲۰	متغیر

ب-۲-۳ سلسله‌های آزمون بدست آمده در طی آزمون کل سامانه مطابق با استاندارد ISO 9459-5

آزمون کمکی کل سامانه که در بند ۷ توصیف شده باید انجام شود.

ب-۳ فرآیندصحه‌گذاری

ب-۳-۱ کلیات

داده آزمون بدست آمده از سلسله آزمون توصیف شده در بند ب-۲ باید مطابق با زیربند ۶-۳-۲ پیش پردازش و شبیه‌سازی مجدد شود. مدل مخزن مشابه مورد استفاده برای شناسایی پارامتر و همچنین پارامترهای مخزن تعیین شده باید استفاده شود.
مقادیر زیر باید در طی شبیه‌سازی مجدد محاسبه شوند.

ب-۳-۲ خطا در انرژی‌های منتقل شده

برای هر سلسله، انرژی‌های اندازه‌گیری شده و پیش بینی (شبیه‌سازی شده) منتقل شده از طریق هر اتصال شارژ و دشارژ باید به طور جداگانه محاسبه شود. دوره‌های مورد استفاده برای مطبوع سازی در آغاز سلسله آزمون باید کنار گذاشته شود.

یادآوری- در مورد داده بدست آمده از آزمون کل سامانه مورد استفاده هستند، مخزن می‌تواند بـه طـور همزمـان از طریـق دو دستگاه جداگانه شارژ شود، به عنوان مثال مبدل‌های گرما از مدار خورشیدی و مدار گرمکن کمکی. در این مـورد، بهتـر اسـت انرژی شارژ برای هر دو مبدل گرما به طور جداگانه محاسبه شود.

برای هر اتصال«x» (x=C برای شارژ و x = D برای دشارژ) انرژی پیش بینی شده انتقـالی، QX,p، و انـرژی اندازه‌گیری شده، $Q_{X,m}$ ، باید مطابق با فرمول ب-۱ محاسبه شود:

$$Q_{x,m} = \int_t P_{x,m}\,dt \qquad \text{و} \qquad Q_{x,P} = \int_t P_{x,P}\,dt \tag{ب-۱}$$

برای هر اتصال «x»، (x=C برای شارژ و x = D برای دشارژ) خطای نسبی در انرژی منتقل شده x,Q□، باید توسط فرمول (ب-۲) محاسبه شود:

$$\varepsilon_{X,Q} = \frac{Q_{x,P} - Q_{x,m}}{Q_{x,m}} \times ۱۰۰\,\% \tag{ب-۲}$$

اگر خطای نسبی در انرژی منتقل شده ،$\varepsilon_{x,Q}$ □ ، بیش از ٪ ۵± باشد، پس آزمون نامعتبر خواهد بود.

ب-۳-۳ خطا در توان منتقل شده

برای هر سلسله، انرژی‌های اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی (شبیه‌سازی شده) منتقل شده از طریق هـر اتصـال شارژ و دشارژ باید به طور جداگانه محاسبه شود. دوره‌های مورد استفاده برای مطبوع‌سـازی در آغـاز سلسـله آزمون باید کنار گذاشته شود.

یادآوری- در مورد داده بدست آمده از آزمون کل سامانه مورد استفاده هستند، مخزن می‌تواند بـه طـور همزمـان از طریـق دو دستگاه جداگانه شارژ شود، به عنوان مثال مبدل‌های گرما از مدار خورشیدی و مدار گرم‌کن کمکی. در این مـورد، بهتـر اسـت توان شارژ و زمان انتقال برای هر دو مبدل‌های گرما به طور جداگانه محاسبه می‌شود.

در هر مرحله زمانی در طی شبیه‌سازی برای هر اتصال 'X' ($x=C$ برای شارژ و $x = D$ برای دشـارژ) تفـاوت قدرمطلق بین توان اندازه‌گیری منتقل شده و پیش بینی شده باید توسط فرمول (ب-۳) محاسبه شود:

$$\Delta P_x = \left| P_{x,P} - P_{x,m} \right| \tag{ب-۳}$$

میانگین اختلاف در توان انتقال از طریق اتصال 'X' باید توسط فرمول (ب-۴) محاسبه شود:

$$\overline{\Delta P}_x = \frac{\int_t \Delta P_x\,dt}{\int_t \xi_x\,dt} \tag{ب-۴}$$

که در آن ξ_x یک تعویض منطقی با مقدار $\xi_x = 1$ است، اگر تـوان حرارتـی از طریـق اتصـال 'X' انتقـال داده شود. در غیر اینصورت: ξ_x=۰.

برای هر اتصال «x» ($x=C$ برای شارژ و $x = D$ برای دشارژ) میانگین توان منتقل شده باید توسـط فرمـول (ب-۵) محاسبه شود:

$$\overline{P}_x = \frac{\int_t \left| P_{x,m} \right| dt}{\int_t \xi_x \, dt} \qquad \text{(ب-۵)}$$

برای هر اتصال «x» ($x=C$ برای شارژ و $x = D$ برای دشارژ) خطای نسبی میانگین توان منتقل شده $\square_{x,P}$ باید توسط فرمول (ب-۶) محاسبه شود:

$$\xi_{x,P} = \frac{\Delta \overline{P}_x}{\overline{P}_x} \times ۱۰۰\% \qquad \text{(ب-۶)}$$

اگر خطای نسبی در میانگین توان منتقل شده $\square_P$ ، بیش از ٪ ۵± باشد، پس آزمون نامعتبر خواهد بود.

پیوست پ

(الزامی)

معیارهای برای شناسایی پارامتر

این آزمون معیار باید مطمئن سازد که روش ارزیابی بر اساس شناسایی پارامتر منجر به نتایج قابل قبول است.

بر اساس این داده‌ها، پارامترهای مخزن باید با استفاده از شناسایی پارامتر تعیین شود. با استفاده از پارامترهای تعیین شده، صحه‌گذاری آزمون سلسله باید دوباره شبیه‌سازی شود.

اگر معیارهای زیر برای پذیرش نتایج آزمون به انجام برسد، این آزمون معیار را می‌توان معتبر درنظر گرفت.

برای هر سلسله، انرژی‌های اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی (شبیه‌سازی شده) منتقل شده از طریق هر اتصال شارژ و دشارژ باید به طور جداگانه محاسبه شود. دوره‌های مورد استفاده برای مطبوع‌سازی در آغاز سلسله آزمون باید کنار گذاشته شود.

برای هر اتصال «x»، ($x=C$ برای شارژ و $x=D$ برای دشارژ) خطای نسبی در انرژی منتقل شده $\square_{x,Q}$، باید مطابق با فرمول (ب-۲) محاسبه شود.

اگر خطای نسبی در انرژی منتقل شده ،$\square_{x,Q}$ ، بیش از ٪ ۳± باشد، پس آزمون نامعتبر خواهد بود.

برای هر اتصال «x» ($x=C$ برای شارژ و $x=D$ برای دشارژ) خطای نسبی میانگین توان منتقل شده $\square_{x,P}$ باید مطابق با فرمول (ب-۶) محاسبه شود.

اگر خطای نسبی در میانگین توان منتقل شده $\square_P$ ، بیش از ٪ ۳± باشد، پس آزمون نامعتبر خواهد بود.

پیوست ت

(آگاهی دهنده)

الزامات مورد نیاز برای مدل عددی مخزن

ت-۱ کلیات

مشخصات عملکردی سامانه با استفاده از آزمون قطعات و شبیه‌سازی کل سامانه، مدل‌های عددی که قادر به توصیف رفتار حرارتی از قطعات باشند، مورد نیاز است.

این پیوست دستورالعملی برای مدل‌سازی مخزن برای فعال‌سازی یک مدل یکنواخت از مخزن آب داغ را ارائه می‌دهد.

ت-۲ فرضیات[1]

به منظور ساده سازی مدل، استفاده از پیش فرض‌های زیر برای توصیف رفتار حرارتی مخزن امکان پذیر است:

- می‌توان فرض کرد هر جزء از مخزن (به عنوان مثال تانک، مبدل گرما) هم‌دما[2] در جهت افقی است.
- وارونگی دما در داخل مخزن، که به معنی $d\upsilon/dz < 0$، را می‌توان با الگوریتم مناسب در پایان یک گام زمانی حذف کرد.
- از ظرفیت حرارتی لوله[3] مخزن می‌توان صرف نظر کرد. این ظرفیت را می‌توان به ظرفیت حرارتی آب ذخیره شده اضافه کرد.
- از ظرفیت حرارتی لوله‌های مبدل(های) گرما می‌توان صرف‌نظر کرد.
- -اثرات فیزیکی هدایت گرمایی در آب و دیواره فلزی مخزن و جابجایی در آب را می‌توان با یکدیگر در رسانایی حرارتی عمودی موثر ادغام کرد.

ت-۳ محاسبه تعادل انرژی

1- Assumptions
2 - Isothermal
3 - Vessel

برای مدل‌های که بر مبنای روش تفاضل محدود با بخش‌های (گره[1]) از ظرفیت‌های برابر است، تعادل انـرژی برای یک گره (i) از آب ذخیره شده با استفاده از فرمول (ت-۱) ارائه شده است. شاخص (i + 1) نشان دهنده گره بالا (i) و شاخص (i-1) نشان دهنده گره زیر (i) می‌باشد..

سمت چپ فرمول (ت-۱) توصیف تغییر موقت انرژی داخلی است. گرمای منتقله ناشی از جریان‌های جرمـی عبوری از «P» درگاه دوتایی بوسیله اولین جمله سمت راست ارائه می‌شود. گرمکن کمکی الکتریکی به عنوان منبع گرما داخلی رفتار می‌کند. انتقال حرارت بین گره‌های از مبدل گرمـا و آب ذخیـره شـده اسـت کـه بـا شرایط سوم است. اگر مبدل های گرمای بیشتری وجود دارد، شرایط اضافی باید اضافه شـود. شـرایط چهـارم اثراتی است که می‌تواند با استفاده از یک هدایت حرارتی عمودی موثر توصیف شود. شرایط آخر اتلاف گرمـا به محیط فرض می‌شود.

$$\frac{Cs}{N}\times\frac{d\,\vartheta_{s,i}}{dt}=\sum_{p}\dot{m}_{dP}\times c_{p,s}\times\left[\xi_{1}\times\left(\vartheta_{s,i-1}-\vartheta_{s,i}\right)+\xi_{2}\left(\vartheta_{s,i}-\vartheta_{s.i+1}\right)\right]+\frac{\dot{Q}_{aux}}{n_{aux}}+\xi_{hx,3}\times\frac{(UA)_{hx,s}}{n_{hx}}\times\left(\vartheta_{hx,i}-\vartheta_{s,i}\right)$$
$$+\lambda_{eff}\times\frac{A}{Z}\times N\times\left[\left(\vartheta_{s,i+1}-\vartheta_{s,i}\right)+\left(\vartheta_{s,i-1}-\vartheta_{s,i}\right)\right]-\frac{(UA)_{s,a,k}}{n_{\Delta z,k}}\times\left(\vartheta_{s,i}-\vartheta_{am}\right) \quad (ت-۱)$$

که در آن:

A سطح مقطع عرضی از حجم آب ذخیره شده است؛

CS ظرفیت حرارتی مخزن است.

c_p ظرفیت گرمایی ویژه است؛

$\dot{m}_{dp}$ که نرخ جریان جرمی از طریق درگاه دوتایی، p است.

N تعداد گره‌های عمودی است.

n_{aux} تعداد گره‌های اشغال شده توسط عنصر گرمایش کمکی الکتریکی است.

$n_{\Delta z,k}$ تعداد گره‌های اشغال شده توسط منطقه k با طول، Δz است.

N_{hx} تعداد گره‌های اشغال شده توسط مبدل گرما، hx است.

p تعداد درگاه‌های دو تایی شده است

$(UA)_{hx,s}$ نرخ ظرفیت انتقال گرما برای مبدل گرما به مخزن است.

$(UA)_{s,a,k}$ نرخ ظرفیت اتلاف گرما برای منطقه، k است.

Z ارتفاع مخزن است.

$\dot{Q}_{aux}$ جریان گرما از عنصر گرمایش کمکی است.

ϑ دما است؛

1 -node

λ_{eff} هدایت حرارتی عمودی موثر است.

تعویض‌های منطقی ξ_1 به روش زیر استفاده می‌شود:

ξ_1 = ۱ اگر $\dot{m}_{dp}$ از پایین به بالا (به سمت بالا) باشد، در غیر این صورت ξ_1 = ۰؛

ξ_2 = ۱ اگر $\dot{m}_{dp}$ از بالا به پایین (به سمت پایین) باشد، در غیر این صورت ξ_2 = ۰؛

$\xi_{hx,3}$ = ۱ اگر گره i از مخزن در تماس با گره hx مبدل گرما باشد ، در غیر این صورت $\xi_{hx,3}$ = ۰ .

پیوست ث

(آگاهی دهنده)

تعیین پارامترهای مخزن با استفاده از «مقیاس بالا[1]» و «مقیاس پایین»

ث-۱ کلیات

پیوست **ث** یک روش برای تعیین پارامترهای مخزن با استفاده از«مقیاس بالا» و «مقیاس پایین» توصیف می‌کند. این روش تعیین پارامترهای مخزن بدون آزمون کامل مخزن را اجازه می‌دهد. به منظور اعمال این روش، لازم است مخزنی که پارامترهای آن باید تعیین شود، بخشی از یک مجموعه مخازن باشد. مجموعه مخازن به شرح زیر تعریف می‌گردد.

مخازن مختلف بخشی از مجموعه‌های مخازن در نظر گرفته می‌شوند اگر آنها با توجه به ساختارشان یکسان باشند و تنها در حجم، قطر و مساحت مبدل‌های گرما آنها تفاوت داشته باشند.

یکسان بودن با توجه به ساختار بدان معنی است که تمام مخازن:

– داشتن یک وضعیت (عمودی یا افقی) مشابه؛

– داشتن عایق مشابه: مواد یکسان، ضخامت یکسان؛

– تعداد اتصالات هیدرولیک یکسان؛

– به نوع مشابه مبدل‌های گرما غوطه ور مجهز شده باشند: لوله صفحه‌ای یا لوله پره‌دار، قطر لوله مشابه، ضخامت یکسان دیوار لوله‌ها

یادآوری۱- تعریف یکسان هنوز در حال بسط است.

یادآوری۲- اطلاعات بیشتر در مورد تعیین پارامترهای مخزن با استفاده از سنجش بالا و سنجش پایین کتاب‌نامه [۱۰] آمده است.

ث-۲ الزامات مورد نیاز

نیاز است که این مجموعه بر روی حداقل سه مخزن با حجم‌های مختلف متکی باشد. حجم تمام مخازن بخشی از مجموعه باید در محدوده از ۲۰۰l تا ۶۰۰l باشد.

یادآوری- به طور کلی، می‌توان فرض کرد که روش شرح داده شده در این پیوست همچنین می‌تواند بر روی یک مجموعه مخازن در صورتی که حجم برخی از مخازن مجموعه کمتر از ۲۰۰l یا بیشتر از ۶۰۰l باشد، نیز اعمال شود. با توجه به این واقعیت که این روش در زمان حال تنها برای مخازن با حجم در محدوده از ۲۰۰ l تا ۶۰۰l اعتبار داشته، کاربرد آن به مخازن در این محدوده حجم محدود شده است.

---

1 - up-scaling

بزرگترین مخزن از یک مجموعه مخزن باید به طور کامل مطابق با بند ۶ آزمون شود. نرخ ظرفیت انتقال گرما مبدل‌های گرما غوطه‌ور در کوچک‌ترین مخزن نیز باید توسط آزمون حرارتی تعیین شود.
بر اساس نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری‌ها پارامترهای برای مخازن اندازه آنهایی که بین دو اندازه گفته شده باشد می‌توان به شرح زیر محاسبه کرد.

ث-۳ تعیین پارامترهای مخزن

ث-۳-۱ ظرفیت حرارتی مخزن

تعیین ظرفیت حرارتی مخزن باید از حجم مخزن مشتق شود. آن را می‌توان از فرمول زیر (ث-۱) محاسبه کرد:

$$C_{sto}=۴/۱۴۴ \times V_{sto} \qquad (ث-۱)$$

که در آن:

C_{sto} = ظرفیت حرارتی مخزن به kJ/K است؛

V_{sto}= حجم کل مخزن به لیتر است.

حجم مخازنی که به طور کامل آزمون نمی‌شوند بر اساس اطلاعات کارخانه سازنده است.

ث-۳-۲ ارتفاع مخزن

ارتفاع مخزن باید بر اساس حجم مخزن و قطر مخزن (بر اساس اطلاعات کارخانه سازنده) برای یک هندسه استوانه‌ای محاسبه شود.

ث-۳-۳ تعیین نرخ ظرفیت اتلاف گرما

نرخ ظرفیت اتلاف گرما باید توسط فرمول (ث-۲) محاسبه شود:

$$(UA)s, a = a \times \sqrt{V} \qquad (ث-۲)$$

که در آن:

$(UA)_{s,a}$ = نرخ ظرفیت اتلاف گرما در مخزن به W/K است؛

V= حجم مخزن به لیتر است؛

a = یک ثابت است.

ثابت «a» بر اساس نرخ ظرفیت اتلاف گرما اندازه‌گیری شده بزرگترین مخزن، با استفاده از فرمول (ث-۲) تعیین می‌شود.

ث-۳-۴ ارتفاع نسبی اتصالات و حسگرهای دما

این پارامترها باید بر اساس ارتفاع مخزن تعیین شده (به زیربند ث-۳-۲ مراجعه شود) و طراحی نقشه کشی ارائه شده توسط تولیدکننده محاسبه شود.

ث-۳-۵ مبدل‌های گرما

نرخ ظرفیت انتقال گرما مبدل‌های گرما باید با استفاده از یک درون یابی خطی بر اساس مساحت و نرخ ظرفیت انتقال گرما محاسبه شود. مقادیر مورد نیاز برای درون یابی خطی باید بر اساس اندازه‌گیری‌ها باشد.

اگر وابستگی نرخ ظرفیت انتقال گرما در شرایط عملیاتی (به عنوان مثال سطح دما، نرخ جریان از طریق مبدل گرما) در نظر گرفته شود، مقادیر میانگین برای این وابستگی باید استفاده شود. تعیین مقادیر میانگین باید بر اساس مقادیر به دست آمده از اندازه‌گیری‌ها باشد.

ث-۳-۶ پارامتر توصیف تنزل رتبه لایه‌بندی حرارتی در طی آماده به کار

مقدار تعیین شده از آزمون بزرگترین مخزن (یکی که به طور کامل آزمون شده) از یک مجموعه باید استفاده شود.

ث-۳-۷ پارامتر توصیف کیفیت لایه‌بندی حرارتی در طی دشارژ مستقیم

مقدار تعیین شده از آزمون بزرگترین مخزن (یکی که به طور کامل آزمون شده) از یک مجموعه باید استفاده شود.

پیوست ج

(آگاهی دهنده)

تعیین دمای آسایش آب داغ

یادآوری۱- در CEN / TC 57 / W 8 «نیازهای بهره‌وری انرژی برای مخازن ذخیره سازی آب داغ»، یک روش برای تعیین آسایش آب داغ ارائه شده توسط مخازن توسعه داده شد و استاندارد EN 15332 در دسترس است. به نظر می‌رسد این روش به منظور استفاده در اینجا مناسب است. علاوه بر این روش، پارامترهای گرمایش کمکی از مخزن در جزئیات مشخص شده است. همچنین، نفوذ سهم خورشیدی در آسایش در آب داغ به می‌تواند در نظر گرفته شود.

یادآوری۲- روش آزمون مورد استفاده برای تعیین طبقه اندازه مطابق با استاندارد M / 324 خواهد بود.

کتاب‌نامه

[1] H. Drück, E. Hahne: Thermal Testing of Stores for Solar Domestic Hot Water Systems, Final report from IEA Task XIV, Dynamic Component and System Testing Group – IEA Report no. T.14.DCST.1A

[2] H. Visser, H. A. L. Van Dijk: Test Procedures for Short Term Thermal Stores, Kluwer Academic Publishers, Dordreckt, Boston, London 1991, ISBN 0-7923-1131-0

[3] IEA Solar Heating and Cooling Program, Task III: Performance Testing of Solar Collectors, Reference and Calibration Heaters, Swedish Council for Building Research, ISBN 91-540-4501-0, January 1986

[4] W. Spirkl: Dynamic SDHW System Testing, Program Manual, Version 2.4, InSitu Scientifc Software, Klein & Partners, Baaderstr. 80, 80469 München, 1994

[5] EN 12976-2, Thermal solar systems and components - Factory made systems -Part 2: Test methods

[6] EN 12977-1, Thermal solar systems and components - Custom built systems - Part 1: General requirements for solar water heaters and combisystems

[7] EN 12977-2, Thermal solar systems and components - Custom built systems - Part 2: Test methods for solar water heaters and combisystems

[8] EN 12977-4, Thermal solar systems and components - Custom built systems - Part 4: Performance test methods for solar combistores

[9] EN 15332, Heating boilers - Energy assessment of hot water storage systems

[10] H. Drück, S. Bachmann, H. Müller-Steinhagen: Testing of solar hot water stores by means of up- and

[11] down-scaling algorithms, Conference Proceeding of EuroSun 2006, 27 - 30 June 2006, Glasgow, United Kingdom, ISBN 0 904963 73 1