INSO
15589-1
1st Edition
2018
Modification of
BS EN 13771-1:
2016

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۱-۱۵۵۸۹
چاپ اول
۱۳۹۷

کمپرسورها و کندانسینگ یونیت‌های تبرید- آزمون عملکرد- ویژگی‌ها و روش‌های آزمون- قسمت۱: کمپرسورهای تبرید

Compressors and condensing units for refrigeration — Performance testing — Specifications and test methods- Part 1: Refrigerant compressors

ICS: 23.140; 27.200

استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۱-۱۵۵۸۹(چاپ اول): سال ۱۳۹۷

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق‌پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

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 استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی 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 استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی 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 استانداردهای ملی 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، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی 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 نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی 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

«کمپرسورها و کندانسینگ یونیت‌های تبرید- آزمون عملکرد- ویژگی‌ها و روش‌های آزمون- قسمت۱: کمپرسورهای تبرید»

رئیس:	**سمت و/یا محل اشتغال:**
سعیدی، محمد حسن (دکترای مکانیک)	رییس پژوهشکده علوم و فن‌آوری انرژی دانشگاه صنعتی شریف
دبیر:	
قزلباش، پریچهر (کارشناسی فیزیک)	سازمان ملی استاندارد ایران
اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
اشراقی، زهرا (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)	پژوهشگاه استاندارد
اکبری سیار ، محمد (کارشناسی ارشد مهندسی برق)	سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق (ساتبا)- وزارت نیرو
اقبالی ، حسین (کارشناسی ارشد مهندسی صنایع)	شرکت هیمالیا
ایمانی بیدگلی، فاطمه (کارشناسی مهندسی مکانیک)	سازمان ملی استاندارد ایران
بهرامی، افروز (کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)	انجمن تولیدکنندگان سیستم‌های تهویه مطبوع
زارع، محمد علی (کارشناسی مهندسی مکانیک)	شرکت کمپرسورسازی پادنا
سیرویی نژاد، علی (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)	شرکت خطوط لوله و مخابرات نفت ایران- منطقه خلیج فارس
علیپور، مجید (کارشناسی ارشد مهندسی صنایع)	شرکت کمپرسورسازی پادنا

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	**سمت و/یا محل اشتغال:**
فارغی، صالح (کارشناسی مهندسی مکانیک)	شرکت تهویه
کاظم ارکی، عبدالرضا (کارشناسی مهندسی برق)	شرکت اندیکالا و نماینده اتحادیه صنایع برودتی
کردستانی، فاطمه (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)	آزمایشگاه الکترو استیل
مداحی، محسن (کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست)	آزمایشگاه آروین آزمای سرمد
مرادی، امیرحسین (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)	شرکت کمپرسورسازی پادنا
مقیمی، علیرضا (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)	شرکت یخساران
نوروزی، حسین (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)	آزمایشگاه کمپرسورسازی پادنا

ویراستار:

ایمانی بیدگلی، فاطمه (کارشناسی مهندسی مکانیک)	سازمان ملی استاندارد ایران

فهرست مندرجات

عنوان		صفحه
پیش‌گفتار		ز
مقدمه		ح
۱	هدف و دامنه کاربرد	۱
۲	مراجع الزامی	۱
۳	اصطلاحات، تعاریف و نمادها	۲
۴	عدم قطعیت اندازه‌گیری‌ها و شرایط آزمون	۸
۵	الزامات عمومی	۱۱
۶	روش‌های آزمون	۱۷
۷	تعیین توان جذب شده توسط کمپرسور	۳۴
۸	گزارش آزمون	۳۵
۹	معیار پذیرش	۳۶
پیوست الف	(الزامی) تبدیل داده‌های عملکرد اندازه‌گیری شده به شرایط تعیین‌شده آزمون برای کمپرسورهای با دریچه فشار میانی	۳۷
پیوست ب	(آگاهی دهنده) تغییرات اعمال شده در این استاندارد ملی در مقایسه با استاندارد منبع	۴۰
کتاب‌نامه		۴۱

پیش‌گفتار

استاندارد «کمپرسورها و کندانسینگ یونیت‌های تبرید- آزمون عملکرد- ویژگی‌ها و روش‌های آزمون- قسمت۱: کمپرسورهای تبرید» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین المللی/منطقه‌ای به‌عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد پ، بند ۷، استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تهیه و تدوین شده، در یک‌هزار و هفتصد و چهارمین اجلاسیه کمیتهٔ ملی استاندارد مکانیک مورخ ۹۷/۹/۲۶ 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 زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح یا تکمیل این استانداردها ارائه شود، در هنگام تجدیدنظر درکمیسیون فنی مربوط، مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۴۳۳۵ : سال ۱۳۷۶ می‌شود.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد منطقه‌ای زیر به روش «ترجمهٔ تغییر یافته» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی همراه با اعمال تغییرات با توجه به مقتضیات کشور است:

BS EN 13771-1:2016, Compressors and condensing units for refrigeration — Performance testing and test methods — Part 1: Refrigerant compressors.

مقدمه

این استاندارد یک قسمت از مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۱۵۵۸۹ می‌باشد.

سایر قسمت‌های این مجموعه استانداردها به شرح زیر می‌باشد.

- BS EN 13771-2:2017, Compressors and condensing units for refrigeration- Performance testing and test methods- Part 2: Condensing units

کمپرسورها و کندانسینگ یونیت‌های تبرید- آزمون عملکرد- ویژگی‌ها و روش‌های آزمون- قسمت۱: کمپرسورهای تبرید

۱ هدف و دامنهٔ کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین ویژگی‌ها و روش‌های آزمون عملکرد کمپرسورهای تبرید می‌باشد. این روش‌ها نتایج به قدر کفایت دقیق برای تعیین ظرفیت کمپرسور، توان جذب شده، نرخ جرمی مبرد، بازده آیزنتروپیک و ضریب عملکرد را ارائه می‌دهد.

این استاندارد صرفاً برای آزمون‌های عملکرد دستگاه‌های مورد نظر برای آزمایش به کار می‌رود.

۲ مراجع الزامی

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

در صورتی که 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:

۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۳۴-۲-۱۵۶۲: سال ۱۳۹۶، وسایل برقی خانگی و مشابه- ایمنی-قسمت ۲-۳۴: الزامات ویژه موتور کمپرسورها

2-2 EN 378-2, Refrigerating systems and heat pumps — Safety and environmental requirements — Part 2: Design, construction, testing, marking and documentation

۳ اصطلاحات، تعاریف و نمادها

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر به‌کار می‌رود:

۳-۱ اصطلاحات و تعاریف

۳-۱-۱

ظرفیت برودتی (Q)

Refrigerating capacity

اختلاف بین اِنتالپی مخصوص مبرد در دریچه ورودی کمپرسور و اِنتالپی مخصوص سیال در ورودی به وسیله انبساط تبخیری[1] ضرب‌در نرخ جرمی مبرد دردریچه ورودی کمپرسور

۳-۱-۲

درجه مادون سرد شدن

Subcooling

اختلاف میان دمای نقطه حبابی[2] مبرد در فشار خروجی کمپرسور و دمای مبرد مایع پایین‌تر از نقطه حبابی

۳-۱-۳

درجه مافوق گرم شدن

Suction gas superheat

اختلاف بین دمای مبرد در ورودی کمپرسور و دمای نقطه شبنم مبرد در فشار اواپراتور

۳-۱-۴

توان جذب شده (P)

Power absorbed

توان مورد نیاز برای رانش کمپرسور

یادآوری- برای تعیین توان جذب شده به بند ۷ مراجعه شود.

۳-۱-۵

ضریب عملکرد برودتی (COP_R)

Coefficient of performance

نسبت ظرفیت برودتی به توان جذب شده

یادآوری- هر دو مورد فوق در شرایط آزمون تعیین می‌شوند.

1 - Expansion device
2 - Bubble point

۳-۱-۶

کارکرد در شرایط مادون بحرانی

Subcritical operation

شرایط کارکرد با سطح فشار رانش پایین‌تر از فشار بحرانی

۳-۱-۷

کارکرد در شرایط فوق بحرانی

Transcritical operation

شرایط کارکرد با سطح فشار رانش بالاتر از فشار بحرانی

۳-۱-۸

کارکرد در بارجزیی

Part load operation

در کمپرسورهایی که دارای مکانیسم کنترل ظرفیت هستند، بار جزیی به عنوان کارکرد با کنترل ظرفیت فعال در ظرفیت کاهش یافته تعریف می‌شود.

یادآوری -قطع/وصل دوره‌ای موتور کمپرسور به عنوان کنترل ظرفیت در نظر گرفته نمی‌شود.

۳-۱-۹

سیال

Fluid

مایع مبرد، گاز یا بخار شامل حالت ظاهری نزدیک به و بالای فشار بحرانی

۳-۱-۱۰

دمای تبخیر

Evaporating temperature

دمای اشباع متناظر با فشار مکش کمپرسور

۳-۱-۱۱

دمای چگالش

Condensing temperature

دمای اشباع متناظر با فشار رانش کمپرسور

۳-۱-۱۲

نرخ جرمی مبرد(m)

Refrigerant mass flow

نرخ جرمی مبرد در دریچه ورودی/ خروجی کمپرسور

۳-۱-۱۳

بازده حجمی

Volumetric efficiency

نسبت نرخ حجمی واقعی جریان در شرایط ورودی کمپرسور، مطابق الزامات تعیین شده در زیربند ۴-۳، به حجم جابجایی کمپرسور

یادآوری– دریچه‌های ورودی / خروجی، به جدول ۲، نمایه‌های ۱، ۲ و ۷ مراجعه شود.

۳-۱-۱۴

بازده آیزنتروپیک (η_i)

Isentropic efficiency

نسبت توان تراکم آیزنتروپیک کل به توان جذب شده

یادآوری- توان تراکم آیزنتروپیک کل عبارت است از جمع حاصل ضرب‌های نرخ جرمی در اختلاف اِنتالپی آیزنتروپیک در هر مرحله تراکم.

۳-۱-۱۵

نرخ گردش روغن (x_{oil})

Oil circulation rate

نسبت نرخ جرمی روغن اندازه‌گیری شده به نرخ جرمی مخلوط روغن/ مبرد در گردش در ورودی کمپرسور

یادآوری- نرخ گردش روغن در سایر دریچه‌های ورودی / خروجی کمپرسور ممکن است متفاوت باشد.

۳-۲ نمادها

در این استاندارد ، نمادهای معرفی شده در جدول ۱ به کار می رود.

جدول ۱- نمادها

نماد	تعریف/ شناسه	یکا در دستگاه SI
c	ظرفیت گرمای ویژه مایع خنک کننده و گرم کننده	J/(kg K)
f	بسامد الکتریکی	Hz
F	ضریب اتلاف حرارتی	W/K
F_{m}	نسبت نرخ جرمی	–
h	اِنتالپی مخصوص	J/kg
$h_{\mathrm{i1–2}}$	اِنتالپی مخصوص گاز مبرد در خروجی کمپرسور (2) دارای آنتروپی یکسان با گاز مبرد در ورودی کمپرسور (1) برای محاسبه بازده آیزنتروپیک (شرایط تعیین شده آزمون)	J/kg
$h_{\mathrm{i7–2}}$	اِنتالپی مخصوص گاز مبرد در خروجی کمپرسور (2) دارای آنتروپی یکسان با گاز مبرد در دریچه فشار میانی کمپرسور (7) برای محاسبه بازده آیزنتروپیک (شرایط تعیین شده آزمون)	J/kg
n	سرعت کمپرسور	s^{-1}
P	توان جذب شده	W
P	فشار مطلق	Pa
m_{a}	نرخ جرمی مبرد تعیین شده با آزمون	kg/s
m	نرخ جرمی مبرد در شرایط تعیین شده آزمون	kg/s
m_{f}	نرخ جرمی مایع گرم کننده یا خنک کننده	kg/s
m_{oil}	نرخ جرمی روغن	kg/s
m_{x}	نرخ جرمی مخلوط مبرد مایع و روغن	kg/s
V	نرخ حجمی مبرد	m^3/s
V_{x}	نرخ حجمی مخلوط روغن و مبرد	m^3/s
T	دمای مطلق	K
ΔT_{eco}	اختلاف دمای سیال خروجی از اکونومایزر و دمای حباب متناظر با فشار میانی	K
t	دما	°C
t_{cal}	دمای متوسط سطح کالریمتر	°C

جدول ۱- نمادها (ادامه)

نماد	تعریف/ شناسه	یکا در دستگاه SI
t_b	دمای نقطه حباب مبرد	°C
t_{bs}	دمای نقطه حباب سیال ثانویه	°C
t_x	دمای مرجع	°C
t_{s1}	دمای ورودی مایع خنک کننده یا گرم کننده	°C
t_{s2}	دمای خروجی مایع خنک کننده یا گرم کننده	°C
U	ولتاژ الکتریکی	V
V_{sw}	حجم جابجایی تئوری کمپرسور در سرعت اظهار شده	m^3/s
x_{oil}	گردش روغن در سیستم تبرید، بیان شده برحسب جرم روغن بر جرم مخلوط	kg/kg
COP_R	ضریب عملکرد برودتی	–
η_i	بازده آیزنتروپیک	–
η_v	بازده حجمی	–
v	حجم مخصوص	m^3/kg
ρa	چگالی مبرد متناظر با فشار و دمایی که در آن نرخ جریان اندازه‌گیری می شود.	kg/m^3
Q_t	گرمای ورودی به کالریمتر	W
Q_n	توان الکتریکی ورودی به گرمکن	W
Q	ظرفیت برودتی کمپرسور در شرایط تعیین شده آزمون	W

جدول ۲- نمایه‌ها[1]

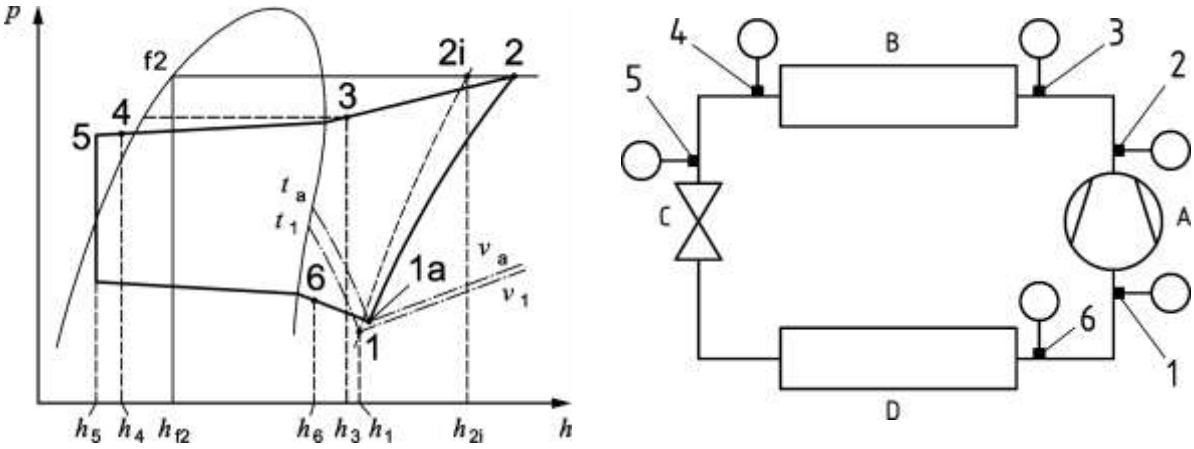
نمایه	تعریف / شناسه
a	واقعی
amb	محیط
1	مبرد در ورودی کمپرسور
2	مبرد در خروجی کمپرسور
3	مبرد در ورودی کندانسور / خنک‌کن گاز
4	مبرد در خروجی کندانسور / خنک‌کن گاز
5	مبرد در ورودی وسیله انبساطی
6	مبرد در خروجی اواپراتور
7	مبرد در دریچه ورودی فشار میانی کمپرسور (متصل به کمپرسور)
8	مبرد در ورودی فلومتر
9	مبرد در ورودی وسیله انبساطی (C7)
10	خروجی مایع مبرد در اکونومایزر(HX)
f2	مبرد مایع در نقطه حبابی متناظر با فشار در خروجی کمپرسور براساس شرایط تعیین شده آزمون، برای کاربردهای مادون بحرانی یا مبرد سیال در فشار خروجی کمپرسور و دمای خروجی خنک‌کننده گاز در شرایط تعیین شده آزمون
f7	مبرد مایع در نقطه حبابی متناظر با فشار در دریچه ورودی فشار میانی کمپرسور بر طبق شرایط تعیین شده آزمون، برای کاربردهای مادون بحرانی
f10	مبرد مایع در نقطه حبابی متناظر با فشار در ورودی فشار میانی کمپرسور به علاوه اختلاف دمای اکونومایزر (HX)
b	حباب
d	شبنم
i	آیزنتروپیک
cal	سطح کالریمتر
crit	نقطه بحرانی مبرد
oil	روغن
s	سیال ثانویه
x	مخلوط مبرد/ روغن

1 - Index

۳-۳ نقاط حالت چرخه تبرید

شکل ۱ وضعیت مبرد را هنگام عبور از سیستم نشان می‌دهد.

این تصویر عمومی نشان دهنده شرایطی است که در سیستم‌های تک‌مرحله‌ای متداول اتفاق می‌افتد که همه آن‌ها به عملکرد کمپرسور مربوط نیستند (مانند افت فشارهای نشان داده شده)، لیکن هنوز برای محاسبات پایه ای مهم هستند. در نمودارهای p-h مربوط به روش‌های ویژه آزمون، به منظور حفظ شفافیت، افت فشارهای مختلف نشان داده نمی شود.



الف- نمودار مدار **ب- نمودار فشار- اِنتالپی**

راهنما:

1	گاز مبرد در ورودی کمپرسور
2	گاز مبرد در خروجی کمپرسور
3	گاز مبرد در ورودی کندانسور/ خنک‌کننده گاز
4	مبرد در خروجی کندانسور یا خنک‌کننده گاز
5	سیال مبرد در ورودی وسیله انبساطی
6	گاز مبرد در خروجی کالریمتر
A	کمپرسور
B	کندانسور
C	وسیله انبساطی
D	اواپراتور

شکل ۱- چرخه تبرید

۴ عدم قطعیت اندازه‌گیری و شرایط آزمون

۴-۱ عدم قطعیت داده‌های عملکردی

ابزارهای سنجش باید انتخاب و کالیبره شوند تا آنکه نتیجه نهایی در محدوده حداکثر عدم قطعیت مقادیر اندازه‌گیری شده مشخص شده باشد:

- ظرفیت تبرید: ٪ ۲٫۵ ± ؛

- توان الکتریکی جذب شده: ٪ ۱ ± و
- توان مکانیکی جذب شده: ٪ ۲٫۵ ± .

۴-۲ عدم قطعیت اندازه‌گیری

مقادیر عدم قطعیت، ٪۹۵ فاصله اطمینان را پوشش می‌دهند یعنی ۲± ضرب در انحراف استاندارد، مگر آنکه در بندهای خاص بیان شده باشد. اندازه‌گیری‌ها باید در محدوده حداکثر عدم قطعیت مقادیر اندازه‌گیری شده انجام شود:

- فشار مطلق: ٪ ۱ ±؛
- الکتریکی:
  - جریان ٪ ۱ ±؛
  - بسامد: ٪ ۱ ±؛
  - توان: ٪ ۱ ±؛
  - ولتاژ: ٪ ۱ ±؛
- نرخ مبرد: ٪ ۱ ±؛
- سرعت دورانی: ٪ ۰٫۰۷ ±؛
- جرم: ٪ ۰٫۲ ±؛
- دماها:
  - اختلاف دماها: ۰٫۰۵ K±؛
  - اختلاف‌های دمایی: ٪ ۱ ±؛
  - سایر دماها: ۰٫۳ K±؛
- زمان: ٪ ۱ ±؛
- گشتاور: ٪ ۱ ±؛
- گذر آب: ٪ ۱ ±.

تبعیت از حدود فوق‌الذکر دستیابی خودکار به الزامات مندرج در زیربند ۴-۱را تضمین نمی‌کند.

۴-۳ شرایط آزمون

شرایط تعیین شده آزمون که آزمایش باید با توجه به آن انجام شود و انحراف‌های مجاز در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳ – شرایط تعیین شده آزمون و انحراف‌های مجاز

شرایط تعیین شده آزمون	انحراف مجاز در تمام مدت زمان آزمون
فشار[a] مطلق، ورودی کمپرسور، p_1	±1,0 %
فشار[a] مطلق، خروجی کمپرسور، p_2	±1,0 %
فشار[a] مطلق، ورودی فشار میانی کمپرسور، p_7	±1,0 %
دمای مبرد در ورودی کمپرسور، t_1	±3,0 K
دمای مبرد در ورودی فشار میانی کمپرسور، t_7	±3,0 K
سرعت نامی کمپرسور، n	±1,0 %
ولتاژ الکتریکی نامی، U	±1,5 %
بسامد الکتریکی نامی، f	±1,0 %
دمای محیط، t_{amb}	±3,0 K
[a] انحراف‌های دینامیکی ناشی از ارتعاشات لحاظ نشده‌اند.	

مقادیر برای شرایط تعیین شده آزمون باید ثبت شوند.

برای محاسبه ظرفیت برودتی – شاید به مقادیر تکمیلی نیاز باشد:

- دمای خروجی خنک کننده گاز در حالت کارکرد در شرایط فرا بحرانی
- اختلاف دما در پیش خنک‌کننده مایع یا خنک‌کننده نهایی مایع در صورت کارکرد دو مرحله‌ای (فلاش تانک بدون اختلاف دما). مقدار فشار p_7 باید با توجه به پیوست الف تنظیم شود تا به اختلاف دمای مورد نظر برسد.

برای کنترل ظرفیت سیکلی، انحراف‌های جدول ۳ مربوط به میانگین مقادیر هر چرخه کنترل می‌باشد.

برای کارکرد با ظرفیت ثابت، انحراف‌ها را نیز می‌توان برای اهداف زیر به کار برد:

- برای هر مقدار ثبت شده یا؛
- برای مقادیر میانگین برای هر دقیقه یا؛
- برای میانگین مقادیر زمان آزمون، ۲± ضرب در انحراف استاندارد مقادیر اندازه‌گیری شده.

در کارکرد تر[1]، در نقطه ۷، دریچه ورودی فشار میانی، تصحیح پیوست الف را هنوز می‌توان استفاده کرد. در اینصورت تعادل حرارتی در مبدل حرارتی اکونومایزری، می‌تواند برای تعیین اِنتالپی مخصوص مبرد در نقطه ۷ به کار گرفته شود.

1 -Wet

در کمپرسورهای دارای مبدل حرارتی اکونومایزری مونتاژ کارخانه، وقتی که دما در نقطه ۷ را نتوان اندازه‌گیری کرد و در نتیجه وضعیت مرحله را نتوان به درستی تعیین کرد، همان فرضیات به کار گرفته می‌شود.

۵ الزامات عمومی

۵-۱ روش‌های محاسبه

۵-۱-۱ اصول

تعیین ظرفیت برودتی یک کمپرسور در شرایط تعیین شده آزمون شامل:

- ارزیابی نرخ جرمی واقعی مبرد عبوری از کمپرسور هنگام کارکرد براساس شرایط جدول ۳؛
- تصحیح این نرخ جرمی در شرایط تعیین شده آزمون با استفاده از نسبت حجم مخصوص واقعی (v_{1a}) گاز مبرد در ورودی کمپرسور به حجم مخصوص گاز در شرایط تعیین شده برای آزمون(v_1)؛
- حاصل ضرب نرخ جرمی تصحیح شده در اختلاف میان اِنتالپی‌های مخصوص در شرایط تعیین شده آزمون برای گاز مبرد در ورودی کمپرسور h_1 و سیال (مبرد) ورودی به وسیله انبساطی تبخیر کننده، که برای سیکل‌های انبساطی تک مرحله‌ای h_{f2} و برای سیکل‌های انبساطی چند مرحله‌ای h_{f10} است، می‌باشد. مبرد در دریچه (های) ورودی در دمایی بالاتر از دمای نقطه شبنم تا مقادیر اظهار شده، مافوقِ گرم می‌شود.

یادآوری - در این استاندارد، فرض بر این است که نرخ نرخ حجمی هنگامی که کمپرسور بر اساس شرایط جدول ۳ کار می‌کند ثابت است.

۵-۱-۲ اِنتالپی مخصوص

مقادیر اِنتالپی مخصوص از داده‌های معتبر خواص ترمودینامیکی مبرد مورد استفاده گرفته شده است.

دما و فشار مبرد در نقاط مرتبط چرخه پارامترهای تعیین کننده هستند.

تا رسیدن به دماهای چگالش، $0,95 \times T_{crit}$، اِنتالپی مایع فقط وابسته به دما است. در تعیین اِنتالپی بالای $0,95 \times T_{crit}$، بایستی دما و فشار مد نظر قرار گیرند.

۵-۱-۳ نرخ جرمی مبرد

نرخ جرمی مبرد یا به صورت مستقیم اندازه‌گیری شده یا از مقادیر اندازه‌گیری شده محاسبه می‌شود.

۵-۱-۴ توان جذب شده

برای توان جذب شده صرفاً توان رانش کمپرسور مورد نظر است. در محدوده مافوق گرمی 5 K ± فرض بر آن است که توان مصرفی ثابت باقی خواهد ماند. توان جذب شده ملحقات مورد نیاز برای کارکرد کمپرسور باید ثبت و مستند شود.

یادآوری - در کمپرسورهای دارای اینورترهای فرکانس خاص یا مونتاژ کارخانه، توان جذب شده همان توان الکتریکی در ورودی ترمینال‌های اینورتر است.

۵-۱-۵ فرمول‌های پایه

۵-۱-۵-۱ نرخ جرمی

هر نرخ جرمی مبرد m که به کمپرسور وارد یا خارج می‌شود و با اندازه‌گیری مشخص شده است باید با استفاده از فرمول زیر به شرایط تعیین شده آزمون تبدیل شود:

$$m = m_a \times \frac{v_a}{v} \times \frac{n}{n_a} \qquad (۱)$$

در موتور کمپرسورها، فاکتور تصحیح n/n_a با f/f_a جایگزین می‌شود.

۵-۱-۵-۲ ظرفیت برودتی کمپرسور

ظرفیت برودتی کمپرسور که در زیربند ۳-۱-۱ توضیح داده شده است، برای کمپرسورها با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه می‌گردد:

$$\mathrm{Q} = m \times (\mathrm{h}_1 - h_{f2}) \qquad (۲)$$

$$Q = m_1 \times (h_1 - h_{f10}) \qquad (۳)$$

$$t_{f10} = t_{f7} + \Delta T_{ECO} \qquad (۴)$$

از سوی دیگر ظرفیت نیز به شرح زیر قابل محاسبه خواهد بود:

$$\mathrm{Q} = m_1 \times \left(\mathrm{h}_1 - h_{f2}\right) + m_7 \times (h_7 - h_{f2}) \qquad (۵)$$

بازده حجمی η_v که در زیربند ۳-۱-۱۳ توضیح داده شده با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$\eta_i = \frac{m_1}{V_{sw}} \times v_1 \qquad (۶)$$

یادآوری ۱ - در محدوده مشخص شده در این استاندارد، فرض برآن است که بازده حجمی ثابت است.

توان جذب شده که در زیربند ۳-۱-۴ تعریف شده است، با استفاده از فرمول‌های زیر از توان جذب شده اندازه‌گیری شده در شرایط تعیین‌شده آزمون بدست می‌آید:

بازده آیزنتروپیک η_i که در زیربند ۳-۱-۴ تعریف شده است، با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$\eta_i = \frac{P_{ia}}{P_a \times \frac{n}{n_a}} \quad (۷)$$

در موتور کمپرسورها، فاکتور تصحیح n/n_a با f/f_a جایگزین می‌شود.

توان آیزنتروپیک مجموع توان‌های آیزنتروپیک برای هر نرخ جرمی ورودی به کمپرسور است.

محاسبه توان آیزنتروپیک مورد نیاز در شرایط تعیین شده آزمون:

$$P_i = m_1 \times (h_{i1-2} - h_1) + m_7 \times (h_{i7-2} - h_7) \quad (۸)$$

یادآوری ۲ - تراکم تک مرحله‌ای $m_7 = 0$.

محاسبه توان آیزنتروپیک مورد نیاز در شرایط واقعی آزمون:

$$P_{ia} = m_{1a} \times (h_{i1-2a} - h_{1a}) + m_{7a} \times (h_{i7-2a} - h_{7a}) \quad (۹)$$

فرض بر این است که بازده آیزنتروپیک در تبدیل شرایط واقعی (اندازه‌گیری شده) به شرایط تعیین‌شده آزمون ثابت است (p1, p2, p7, t1, t7 و همچنین n یا f). تبدیل صرفاً در محدوده انحراف تعریف شده در جدول ۳ مجاز است. توان در شرایط تعیین‌شده آزمون با فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$P = \frac{P_i}{P_{ia}} \times P_a \quad (۱۰)$$

در کمپرسورهای دارای دریچه فشار میانی، برای اعمال تصحیح به شرایط تعیین شده آزمون و ارزیابی فشار در دریچه فشار میانی، به پیوست الف مراجعه شود.

ضریب عملکرد برودتی COP_R که در زیربند ۳-۱-۵ تعریف شده با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$COP_R = \frac{Q}{P} \quad (۱۱)$$

۵-۲ الزامات انتخاب روش آزمون

۵-۲-۱ کلیات

به طور کلی باید دو روش آزمون متفاوت تعیین شده در بند ۶، همزمان برای تعیین نرخ جرمی استفاده شود. نتایج دو روش نباید بیش از ٪ ۴ با هم مغایرت داشته باشند. نتیجه نهایی آزمون، میانگین مقادیر دو روش است.

برای کمپرسورهای با دریچه فشار میانی، شرایط مشخصی به شرح زیر اعمال می شود:

- هر سه نرخ جرمی عبوری از دریچه‌های کمپرسور باید مشخص شوند، برای مثال به شکل ۹ – الف مراجعه شود.

- در صورتیکه دو نرخ جرمی اندازه‌گیری شوند، مورد سوم را می‌توان از طریق فرمول الف-۵ محاسبه کرد.
- در صورتی‌که هریک از سه نرخ جرمی با یک روش متفاوت اندازه‌گیری شده باشد، این روش می‌تواند برای جایگزینی اندازه‌گیری هر یک از نرخ‌های جرمی با دو روش کفایت نماید. بدین ترتیب هر جفت از دو نرخ جرمی به عنوان روش همزمان دوم برای نرخ جرمی سوم درنظر گرفته می‌شود. فرمول موازنه (الف - ۵) باید در محدوده ٪ ۴ نرخ جرمی ورودی m_1 باشد.

۵-۲-۲ آزمون همزمان دوم

برای تعیین این روش، ادغام روش‌های مختلف بند ۶ ، مجاز است.

در جایی که وسایل آزمون، بطور مستمر مورد استفاده قرار گرفته و براساس الزامات ISIRI/ ISO 9001 به صورت دوره ای کالیبره می شوند، به آزمون همزمان دوم نیازی نیست.

۵-۳ دوره زمانی انجام آزمون

۵-۳-۱ کلیات

آزمون‌های شرح داده شده صرفاً به آن دسته از کمپرسورهای تبرید و دستگاه‌های آزمونی اشاره دارد که اجازه دارند بطور پیوسته کار کرده و می توانند نوسانات ناشی از تمامی عوامل تاثیرگذار را برای زمان معینی در محدوده تعیین شده ثابت نگه دارند.

۵-۳-۲ شرایط پایدار

پس از شروع به کار کمپرسور، تنظیم‌های لازم در طی کارکرد اولیه باید به گونه ای انجام شود که پیش از شروع آزمون قرائت‌ها در محدوده انحراف مجاز ذکر شده در جدول ۳، قرار گیرد.

بسته به روش تعیین نرخ جرمی، پارامترهای تکمیلی مرتبط به تعیین نتایج آزمون هستند. این پارامترها باید پایدار باشند تا حدی که سبب افزایش قابل توجه عدم قطعیت نتایج آزمون نشوند. روند خطی رو به بالا یا رو به پایین با بیش از ٪۵۰ انحرافات مجاز در مدت آزمون ممکن است موید شرایط غیر پایدار باشد. تعادل مکانیکی کمپرسور (در زمان فعالیت) باید با توجه به الزامات تولید کننده مورد توجه قرار گیرد.

۵-۳-۳ ثبت اطلاعات اندازه‌گیری شده

پس از رسیدن به شرایط پایدار، داده‌های اندازه‌گیری شده باید ثبت شوند. حداقل یک دوره کامل اندازه‌گیری در هر دقیقه باید انجام شود. مدت زمان آزمون باید حداقل ۱۵ دقیقه و میانگین گرفته شده باید از همه مقادیر اندازه‌گیری باشد.

برای تعیین ظرفیت سیکل تبرید، باید حداقل ۱۵ قرائت کامل برای هر سیکل کنترل گرفته شود. مدت زمان آزمون باید تنها سیکل‌های کامل کنترلی را شامل شود و حداقل شامل ۱۰ سیکل کامل باشد. میانگین‌ها باید از همه مقادیر اندازه‌گیری شده در هر سیکل بدست آید.

۵-۴ نقاط اندازه‌گیری دما و فشار

نقاط اندازه‌گیری فشار و دمای کمپرسور باید در محل یکسانی نصب شوند که این محل باید در فاصله حداقل ۴ برابری قطر لوله مستقیم و بیشتر از ۱۵۰ mm از شیرهای قطع کننده یا اتصالات به کمپرسور قرار داشته باشند. قطر لوله باید دست کم در طولی به اندازه ۸ برابر قطرش با فلنج روی کمپرسور سازگار باشد.

در کمپرسورهای دارای مبدل حرارتی اکونومایزری مونتاژ کارخانه، نقطه اندازه‌گیری ۷ برای اندازه‌گیری فشار را می‌توان به دلیل هندسه لوله اتصال از تعریف فوق خارج کرد. اندازه‌گیری فشار برای محاسبه تصحیح براساس پیوست الف ضروری است.

۵-۵ روغن در گردش

مقدار روغن در گردش پس از آزمون تعیین می‌شود.

از فاز مایع مدار مبرد، مخلوط روغن/ مبرد در یک دستگاه جمع آوری کننده که برای این هدف خاص در نظر گرفته شده ریخته می‌شود و کسر روغن محاسبه می‌شود.

برای آزمون‌های تکرار شده یک مدل کمپرسور، که از روغن در گردش آن آگاهی وجود دارد، انجام نمونه برداری تصادفی کفایت می‌کند. امکان استفاده از روش‌های جایگزین با دقت مشابه وجود دارد. دستگاه جمع‌آوری کننده باید بر اساس استاندارد EN 378-2 ساخته شده باشد.

یادآوری ۱- اگر برای اندازه‌گیری گذر روغن امکان دسترسی به فاز مایع وجود نداشته باشد، استفاده از تجهیزات کمکی جداکننده روغن الزامی است.

یادآوری ۲- برای اندازه‌گیری گذر روغن، از روش وزنی نیز می توان استفاده کرد.

۵-۶ بررسی ترکیب مبردهای زئوتروپیک

مبردهای زئوتروپیک[1] باید با ورود یک سری نمونه جدید آنالیز شوند.

در صورت مشاهده نشتی، ترکیب شارژ مبرد باید تنظیم شود تا اطمینان حاصل شود که مبرد مطابق با ویژگی‌های تعریف شده برای آن درست است یا اینکه شارژ مجدد صورت گیرد و آزمون تکرار شود.

1 - Zeotropic

یادآوری- مبردهای زئوتروپیک در شرایط مشخص شده دارای ترکیبی خاص هستند. تغییر در فشار و دما می‌تواند سبب ایجاد تغییر در غلظت ترکیبات مختلف مبرد در حال گردش شود. این امر با توزیع نادرست مبرد در مدار، نشت از سیستم و حلالیت روغن انتخابی تشدید می‌شود. خواص ترمودینامیکی نیز با عدم دقت حاصله در تعیین داده‌های عملکرد تغییر می‌کنند.

۵-۷ کالیبراسیون کالریمترها برای روش‌های الف، ب و پ

۵-۷-۱ اتلاف حرارتی

کالریمترها برای روش‌های الف، ب و پ باید از طریق تعیین عامل اتلاف حرارتی کالیبره شوند.

$$F = \frac{Q_i}{(t_x - t_a)} \qquad (۱۲)$$

مورد فوق انتقال حرارت میان کالیمتر و محیط را مشخص می‌کند.

۵-۷-۲ دمای مرجع

دمای مرجع t_x به نوع کالریمتر بستگی دارد و شار گرمایی به محیط را تعیین می‌کند. دمای مرجع می‌تواند هریک از موارد زیر باشد:

الف- دمای حباب t_{bs} سیال ثانویه (مثال روش الف) (مبرد تک جزیی توصیه می‌شود)؛

ب- دمای متوسط سطح کالریمترt_{cal} (مثال روش ب)؛

پ- میانگین دمای نقطه حبابی مبرد کالریمترt_r (مثال روش پ).

۵-۷-۳ روش اجرایی کالیبراسیون

روش زیر باید برای تعیین فاکتور اتلاف حرارتی استفاده شود:

پیش از شروع آزمون دمای محیط t_{amb} را ثابت نگه دارید و یک گذر حرارتی Q_i را تامین کنید تا دمای مرجع t_x را تقریبا 15 K بالای دمای محیط نگه دارد. پس از برقراری تعادل حرارتی، قرائت‌ها را در فواصل زمانی یک ساعته انجام دهید. تعادل حرارتی زمانی بدست می‌آید که چهار قرائت متوالی شرایط زیر را تامین کنند:

الف- تغییرات دمای محیط t_{amb} بیش از 1 K ± نباشد؛

ب- تغییرات دمای مرجع t_x بیش از 0,5 K ± نباشد ؛

پ- اگر یک گرمکن برقی به تناوب کار کند یا گرمایش بوسیله مایع استفاده شود، قرائت‌های ورودی حرارت بیش از 5 % ± اختلاف نداشته باشد. جایی‌که مایع برای تأمین گرمایش استفاده می‌شود نرخ جرمی m_f باید کنترل شود تا افت دما کمتر از 5 K نباشد؛

گذر حرارتی به کالریمتر به شرح زیر داده می‌شود:

ت- برای گرمایش بوسیله گذر مایع: $Q_i = c \times (t_{s1} - t_{s2}) m_f$

ث- برای گرمایش برقی: گذر حرارتی Q_i برابر است با توان الکتریکی ورودی گرمکن Q_n.

۸-۵ منبع اطلاعات مبرد

منبع خواص ترمودینامیکی مبرد باید در گزارش آزمون درج شود.

۶ روش‌های آزمون

۱-۶ کلیات

تعدادی روش‌های آزمون شناخته شده در این استاندارد مشخص شده‌اند. با این حال، در صورت مطابقت با عدم قطعیت‌های زیربند ۴-۱می‌توان از روش‌های دیگر نیز استفاده کرد.

۲-۶ فهرست روش‌های آزمون

۱-۲-۶ روش‌های کالریمتری

۱-۱-۲-۶ کالریمتر اواپراتور[1]

۲-۱-۲-۶ روش الف: کالریمتر سیال ثانویه در سمت مکش (به زیربند ۶-۳ مراجعه شود)

۳-۱-۲-۶ روش ب: کالریمتر مبرد سیستم خشک در سمت مکش (به زیربند ۶-۴ مراجعه شود)

۴-۱-۲-۶ روش پ: کالریمتر خنک‌کننده گاز/ کندانسور در سمت رانش، خنک‌شونده با آب (به زیربند ۶-۵ مراجعه شود)

۲-۲-۶ روش‌های فلومتری

۱-۲-۲-۶ روش ت: فلومتری گاز مبرد

۲-۲-۲-۶ روش ث: فلومتری مبرد در خط سیال ورودی وسیله انبساطی (به زیربند ۶-۷ مراجعه شود)

1 - Evaporator

۶-۳ روش الف: کالریمتر سیال ثانویه در سمت مکش

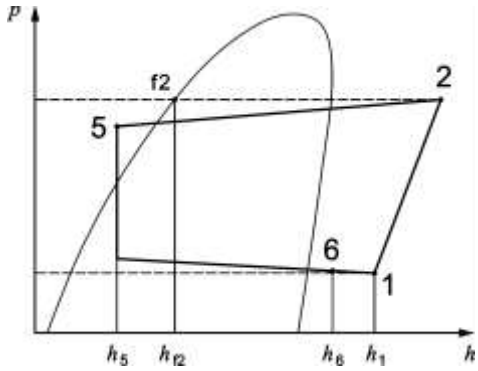
۶-۳-۱ توضیح

کالریمتر سیال ثانویه (به شکل ۲ مراجعه شود) شامل یک کویل انبساط مستقیم یا یک مجموعه از کویل‌ها موازی می‌باشدکه به جای یک اواپراتور اولیه بکار رفته است. این اواپراتور در بخش فوقانی محفظه عایق‌شده حرارتی و از نقطه نظر فشار آب‌بندی شده، به صورت آویزان قرار داده شده است. در قسمت تحتانی این محفظه که با سیال ثانوی فرّاری پر شده است، یک گرمکن قرار گرفته است بطوری‌که کاملاً در قسمت زیرین سطح مایع فرّار قرار گرفته باشد. گذر مبرد یا بطور دستی و یا با یک وسیله انبساطی فشار ثابت، که باید نزدیک کالریمتر نصب شود، کنترل می‌شود. برای به حداقل رساندن گرماگیری، وسیله انبساطی و خطوط لوله اتصال‌دهنده آن به کالریمتر را باید عایق‌بندی شوند.

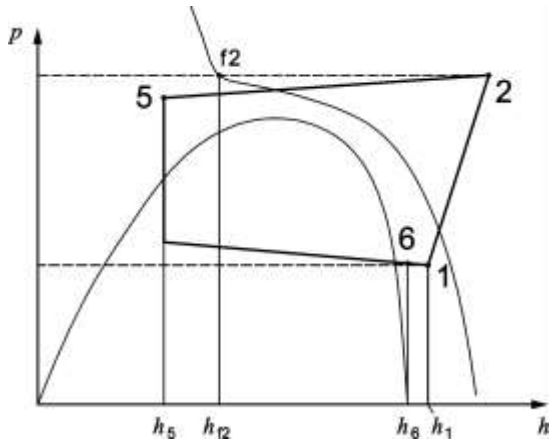
کالریمتر را باید به گونه‌ای عایق‌بندی کرد که اتلاف حرارتی آن از ٪ ۵ ظرفیت برودتی کمپرسور بیشتر نشود.

باید برای اندازه‌گیری دمای سیال ثانویه تمهیداتی در نظر گرفته شود.

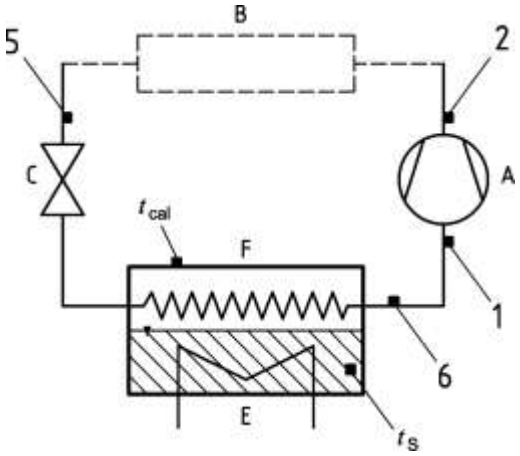
باید برای اطمینان از اینکه فشار مبرد از حدود ایمنی دستگاه‌ها تجاوز نکند و با مقررات استاندارد EN 378-2 مطابقت داشته باشد، تمهیداتی در نظر گرفته شود.



شکل ب- نمودار فشار - اِنتالپی (مادون بحرانی)



شکل پ-نمودار فشار - اِنتالپی (فرا بحرانی)

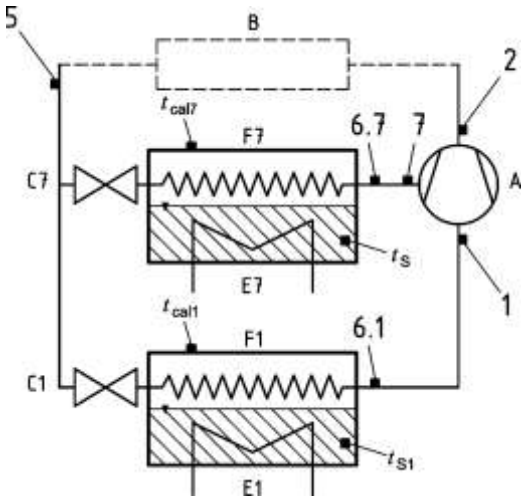


شکل الف- نمودار مدار

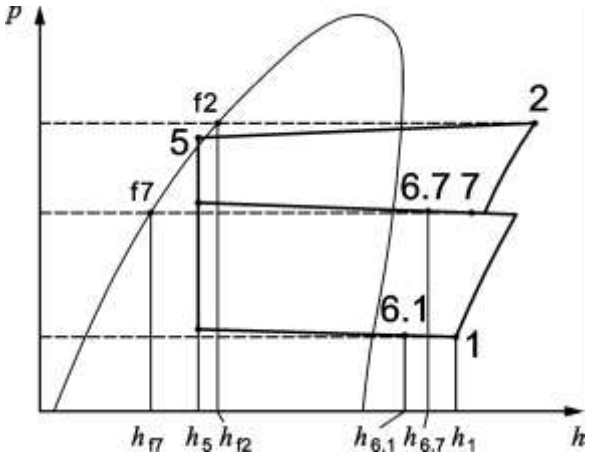
راهنما:

1 گاز مبرد در ورودی کمپرسور در شرایط تعیین‌شده آزمون
2 گاز مبرد در خروجی کمپرسور
5 سیال مبرد در ورودی وسیله انبساطی
6 گاز مبرد در خروجی کالریمتر
A کمپرسور
B کندانسور/ خنک‌کننده گاز
C وسیله انبساطی
E گرمکن
F کالریمتر
T_s دمای سیال ثانویه
T_{cal} دمای سطح کالریمتر

شکل ۲- کالریمتر سیال ثانویه، روش الف



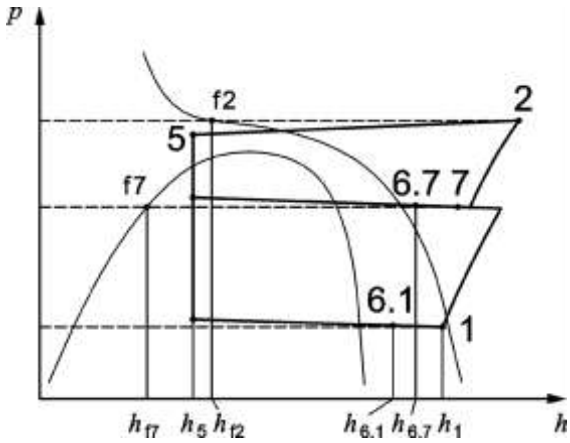
شکل الف- نمودار مدار



شکل ب- نمودار فشار - اِنتالپی (مادون بحرانی)

راهنما:

1 گاز مبرد در ورودی کمپرسور در شرایط تعیین‌شده آزمون
2 گاز مبرد در خروجی کمپرسور
5 سیال مبرد در ورودی وسیله انبساطی
6.1 گاز مبرد در خروجی F1
6.2 گاز مبرد در خروجی F7
7 سیال مبرد در دریچه فشار میانی کمپرسور
A کمپرسور
B کندانسور/ خنک‌کننده گاز
C1 وسیله انبساطی
C7 وسیله انبساطی
E1 گرمکن F1
E7 گرمکن F7
F1 کالریمتر
F7 کالریمتر
t_{s1} دمای سیال ثانویه F1
t_{s7} دمای سیال ثانویه F7
t_{cal1} دمای سطح F1
t_{cal7} دمای سطح F7



شکل پ- نمودار فشار - اِنتالپی (فرا بحرانی)

شکل ۳ – کالریمتر سیال ثانویه، روش الف برای کمپرسور با ورودی فشار میانی

۶-۳-۲ کالیبراسیون

فاکتور اتلاف حرارتی بر اساس زیربند ۵-۷ تعیین می‌شود. دمای t_b سیال ثانویه به عنوان دمای مرجع t_x در نظر گرفته شود.

۶-۳-۳ روش اجرایی آزمون

با استفاده از وسیله انبساطی و تغییر توان حرارتی اعمالی به اواپراتور فشار و دمای گاز مبرد در ورودی کمپرسور تنظیم می‌شود. با تغییر دما و میزان نرخ جریان سیال خنک‌کننده کندانسور/ خنک‌کننده گاز یا توسط یک وسیله کنترل فشار در خط رانش، فشار خروجی کمپرسور تنظیم می‌شود.

۶-۳-۴ الزامات

۶-۳-۴-۱ در صورت کارکرد مستمر سیستم گرمایشی، تغییر ورودی گرما در خلال دوره زمانی آزمون نباید بیشتر از ٪ ۱ ظرفیت برودتی محاسبه شده کمپرسور باشد.

۶-۳-۴-۲ در صورت کارکرد تناوبی سیستم گرمایشی، تغییر دمای اشباع متناظر با فشار سیال ثانویه نباید بیشتر از $\pm$ 0,5 K باشد.

۶-۳-۵ اطلاعات تکمیلی

اطلاعات زیر نیز باید ثبت شوند:

الف- فشار گاز مبرد در خروجی اواپراتور (p_6)

ب- دمای گاز مبرد در خروجی اواپراتور (t_6)

پ- فشار سیال مبرد ورودی به وسیله انبساطی (p_5)

ت- دمای سیال مبرد ورودی به وسیله انبساطی (t_5)

ث- دمای محیط در کالریمتر (t_{amb})

ج- فشار سیال ثانویه (p_s)

چ- ورودی گرما به سیال ثانویه (Q_i)

۶-۴ تعیین نرخ جرمی مبرد

نرخ جرمی مبرد، که با آزمون تعیین شده، در فرمول زیر داده شده است:

$$m_a = \frac{Q_i + F \times (t_{amb} - t_{bs})}{h_6 - h_5} \qquad (۱۳)$$

۶-۵ روش ب: کالریمتر مبرد سیستم خشک در سمت مکش

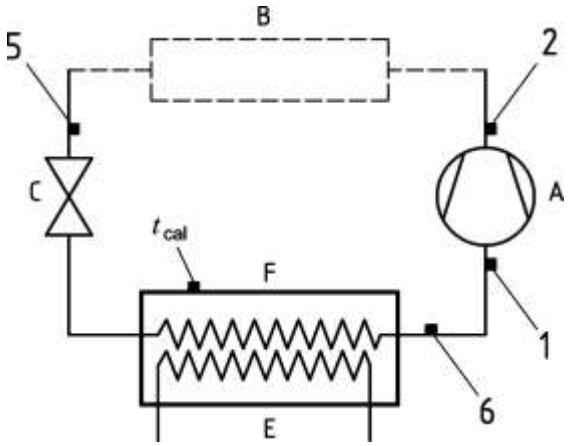
۶-۵-۱ توضیح

کالریمتر مبرد سیستم خشک (به شکل ۳ مراجعه شود) یک آرایش از لوله‌های مبرد یا محفظه‌های لوله‌ای شکل با طول و قطر مناسب جهت تبخیر مبرد در گردش توسط کمپرسور را شامل می‌شود. سطح خارجی اواپراتور ممکن است یا به کمک مایع درحال گردش در پوشش خارجی، که ممکن است به صورت لوله‌های هم‌مرکز باشد، و یا به صورت الکتریکی گرم شود. به همین ترتیب روش‌های گرم‌کننده مشابه‌ای برای استفاده در داخل اواپراتور می‌تواند به کار گرفته شود.

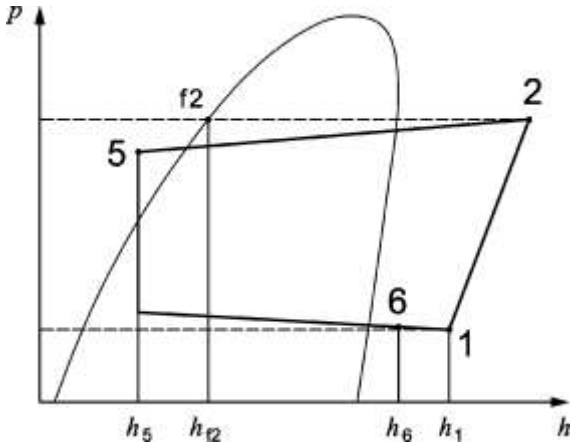
گذر مبرد یا بطور دستی یا با وسیله انبساطی فشار ثابت، که باید نزدیک کالریمتر نصب شود، کنترل می‌شود. برای به حداقل رساندن گرماگیری، وسیله انبساطی و خطوط لوله اتصال‌دهنده آن به کالریمتر را باید عایق‌بندی نمود.

کالریمتر را باید به گونه‌ای عایق‌بندی کرد که اتلاف حرارتی آن از ٪ ۵ ظرفیت برودتی کمپرسور بیشتر نشود.

برای اطمینان از اینکه فشار مبرد از حدود ایمنی دستگاه‌ها تجاوز نکند و با مقررات استاندارد EN 378-2 مطابقت داشته باشد، باید تمهیداتی در نظر گرفته شود.



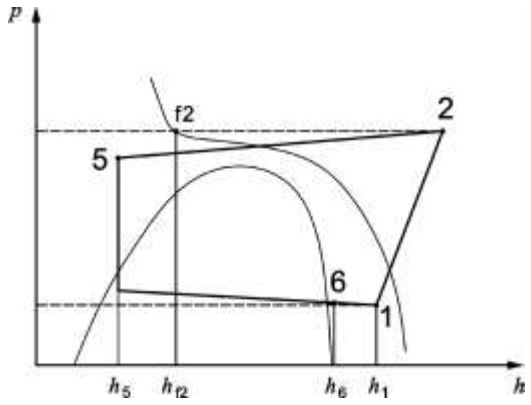
شکل الف- نمودار مدار



شکل ب- نمودار فشار - اِنتالپی (مادون بحرانی)

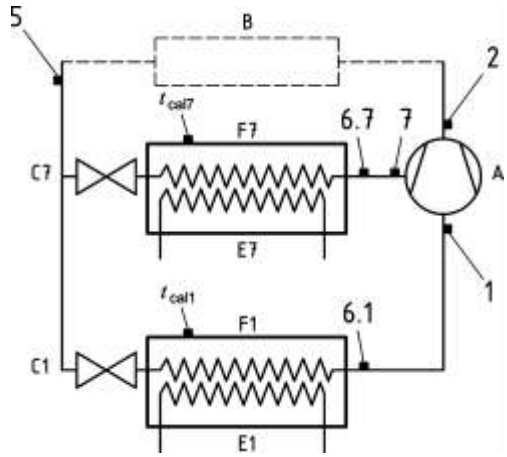
راهنما:

1 گاز مبرد در ورودی کمپرسور در شرایط تعیین‌شده آزمون
2 گاز مبرد در خروجی کمپرسور
5 سیال مبرد در ورودی وسیله انبساطی
6 گاز مبرد در خروجی کالریمتر
A کمپرسور
B کندانسور/ خنک‌کننده گاز
C وسیله انبساطی
E گرمکن
F کالریمتر
t_{cal} دمای سطح کالریمتر

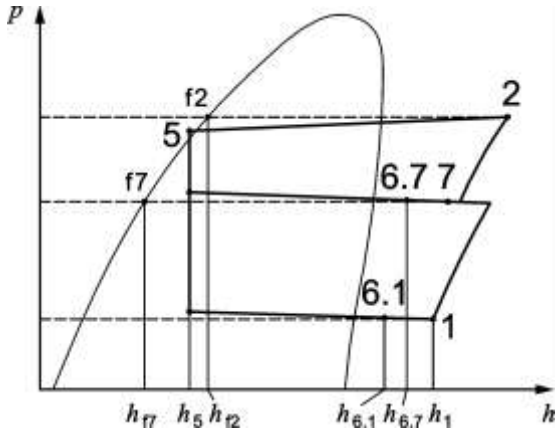


شکل پ- نمودار فشار - اِنتالپی (فرا بحرانی)

شکل ۴ – کالریمتر مبرد سیستم خشک، روش ب



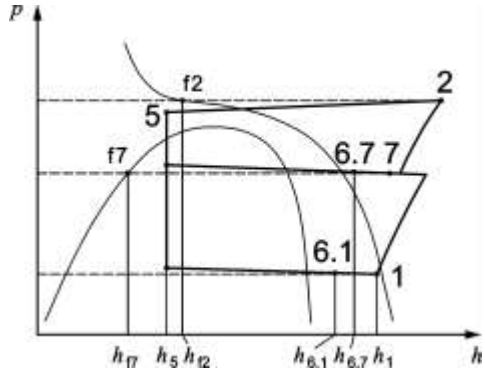
شکل الف- نمودار مدار



شکل ب- نمودار فشار - اِنتالپی (مادون بحرانی)

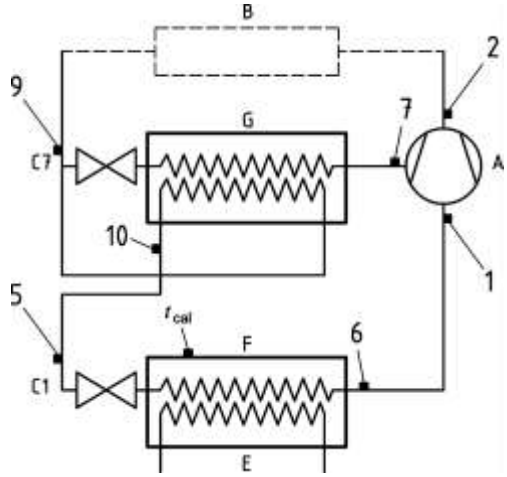
راهنما:

1 گاز مبرد در ورودی کمپرسور در شرایط تعیین‌شده آزمون
2 گاز مبرد در خروجی کمپرسور
5 سیال مبرد در ورودی وسیله انبساطی
6.1 گاز مبرد در خروجی F1
6.2 گاز مبرد در خروجی F7
7 سیال مبرد در دریچه فشار میانی کمپرسور
A کمپرسور
B خنک‌کننده گاز/ کندانسور
C1 وسیله انبساطی
C7 وسیله انبساطی
E1 گرمکن F1
E7 گرمکن F7
F1 کالریمتر
F7 کالریمتر
t_{cal1} دمای سطح F1
t_{cal7} دمای سطح F7

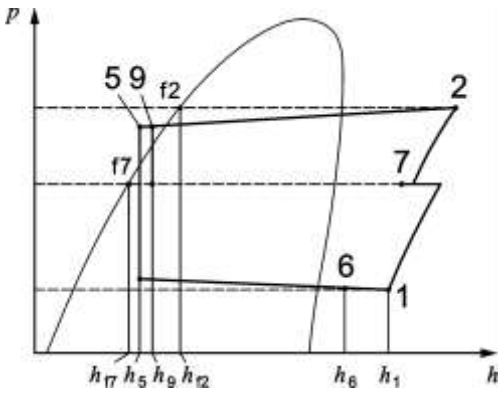


شکل پ- نمودار فشار - اِنتالپی (فرا بحرانی)

شکل ۵ – کالریمترمبرد سیستم خشک، کمپرسور با ورودی فشار میانی



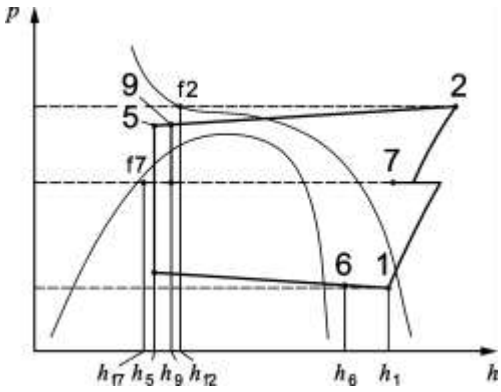
شکل الف- نمودار چرخه برای اکونومایزر مونتاژ کارخانه HX



شکل ب- نمودار فشار - اِنتالپی (مادون بحرانی)

راهنما:

1 گاز مبرد در ورودی کمپرسور در شرایط تعیین‌شده آزمون
2 گاز مبرد در خروجی کمپرسور
5 سیال مبرد در ورودی وسیله انبساطی
6 گاز مبرد در خروجی کالریمتر
7 سیال مبرد در دریچه فشار میانی کمپرسور
9 ورودی وسیله انبساطی C7
10 خروجی مایع اکونومایزر HX
A کمپرسور
B خنک‌کننده گاز/ کندانسور
C1 وسیله انبساطی
C7 وسیله انبساطی
E گرمکن
F کالریمتر
G اکونومایزرHX
t_{cal} دمای سطح کالریمتر



شکل پ- نمودار فشار - اِنتالپی (فرا بحرانی)

شکل ۶- کالریمتر مبرد سیستم خشک، روش ب

برای کمپرسورهایی که اکونومایزر HX آن در کارخانه مونتاژ شده است

۶-۵-۲ کالیبراسیون

فاکتور اتلاف حرارتی بر اساس زیربند ۵-۷ تعیین می‌شود. دمای متوسط سطح کالریمتر t_{cal} به عنوان دمای مرجع t_x در نظر گرفته شود.

۶-۵-۳ روش اجرایی آزمون

با استفاده از وسیله انبساطی و تغییر توان حرارتی اعمالی به اواپراتور، فشار و دمای گاز مبرد در ورودی کمپرسور تنظیم می‌شود. با تغییر دما و میزان نرخ جریان سیال کندانسور/ خنک‌کننده گاز یا توسط وسیله کنترل فشار در خط رانش، فشار خروجی کمپرسور تنظیم می‌شود.

۶-۵-۴ الزامات

۶-۵-۴-۱ چنانچه برای گرم کردن از مایع استفاده می‌شود، دمای ورودی باید در محدوده ±0,3 K ثابت نگه داشته شده و گذر مایع به گونه‌ای کنترل شود که افت دما از 6 K کمتر نشود. جرم مایع در گردش باید در محدوده ٪ ±0,5 ثابت نگه داشته شود.

۶-۵-۴-۲ در صورت کارکرد مستمر گرمایش، تغییر ورودی گرما در خلال مدت زمان آزمون نباید بیشتر از ٪1 ظرفیت برودتی محاسبه شده کمپرسور باشد.

۶-۵-۵ اطلاعات تکمیلی

اطلاعات زیر نیز باید ثبت شوند:

الف- فشار گاز مبرد در خروجی اواپراتور (p_6)

ب- دمای گاز مبرد در خروجی اواپراتور (t_6)

پ- فشار سیال مبرد ورودی به وسیله انبساطی (p_5)

ت- دمای سیال مبرد ورودی به وسیله انبساطی (t_5)

ث- دمای محیط در کالریمتر (t_{amb})

ج ـ دمای مایع گرمایشی ورودی به کالریمتر (t_{s1})

چ- دمای مایع گرمایشی خروجی از کالریمتر(t_{s2})

ح - نرخ جرمی مایع گرمایشی در گردش (m_f)

خ – ورودی گرما به کالریمتر (Q_i) یا ورودی الکتریکی به گرمکن (Q_n)

د - دمای متوسط سطح کالریمتر(t_{cal})

۶-۵-۶ تعیین نرخ جرمی مبرد

نرخ جرمی مبرد، که با آزمون تعیین شده، در فرمول زیر داده شده است:

- برای گرمایش مایع

$$m_a = \frac{c(t_{s1}-t_{s2})\times m_f + F\times(t_{amb}-t_{cal})}{h_6-h_5} \qquad (۱۴)$$

- برای گرمایش الکتریکی

$$m_a = \frac{Q_n + F \times (t_{amb} - t_{cal})}{h_6 - h_5} \qquad (۱۵)$$

۶-۶ روش پ: کالریمتر خنک‌کننده گاز/ کندانسور در سمت رانش

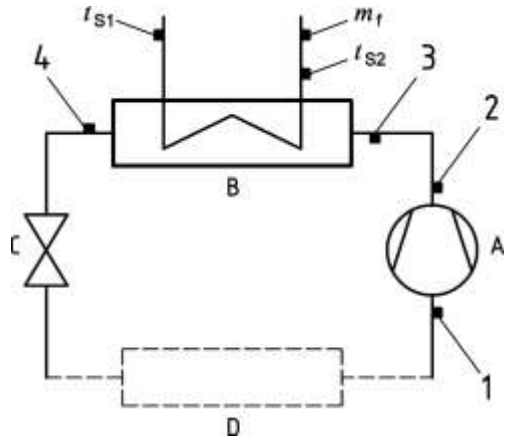
۶-۶-۱ توضیح

کندانسور آب- خنک/ خنک‌کننده گاز (به شکل ۶ مراجعه شود) که بخشی از وسایل بکار گرفته شده با کمپرسور در حال آزمون را تشکیل می‌دهد باید به گونه‌ای تجهیز شود که با تعبیه ابزار اندازه‌گیری دماها، فشارها و نرخ آب خنک‌کننده، در محدوده دقت شرح داده شده در پیوست الف، نقش یک کالریمتر را بازی کند.

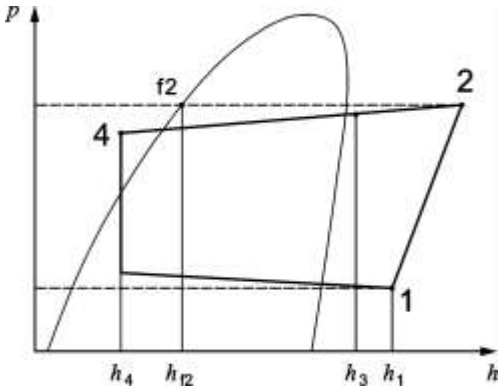
کالریمتر کندانسور/ خنک‌کننده گاز را باید به گونه‌ای عایق‌بندی کرد، که اتلاف گرمایی آن از ٪ ۵ ظرفیت کندانسور/ خنک‌کننده گاز بیشتر نشود.

برای اندازه‌گیری دمای سیال ثانویه و برای اطمینان حاصل کردن از اینکه فشار از حدود ایمنی دستگاه‌ها تجاوز نکند باید تمهیداتی در نظر گرفته شود.

برای اطمینان از اینکه فشار مبرد از حدود ایمنی دستگاه‌ها تجاوز نکند و با مقررات استاندارد EN 378-2 مطابقت داشته باشد، باید تمهیداتی در نظرگرفته شود.



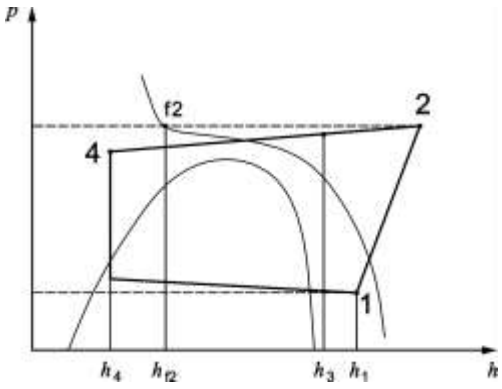
شکل الف- نمودار مدار



شکل ب- نمودار فشار - اِنتالپی (مادون بحرانی)

راهنما:

1 گاز مبرد در ورودی کمپرسور در شرایط تعیین‌شده آزمون
2 گاز مبرد در خروجی کمپرسور
3 گاز مبرد در ورودی کندانسور/ خنک‌کننده گاز
4 مبرد مایع در خروجی کندانسور یا مبرد در خروجی خنک‌کننده گاز
A کمپرسور
B خنک‌کننده گاز/ کندانسور
C وسیله انبساطی
D اواپراتور
t_{s1} دمای ورودی مایع گرم‌کننده یا خنک‌کننده
t_{s7} دمای خروجی مایع گرم‌کننده یا خنک‌کننده
m_f نرخ جرمی مایع گرم‌کننده یا خنک‌کننده



شکل پ- نمودار فشار - اِنتالپی (فرا بحرانی)

شکل۷- خنک‌کننده گاز/ کندانسور آب- خنک، روش پ

۶-۶-۲ کالیبراسیون

فاکتور اتلاف حرارتی بر اساس زیربند ۵-۷ تعیین می‌شود. میانگین دمای نقطه حبابی مبرد t_r به عنوان دمای مرجع t_x در نظر گرفته شود.

۶-۶-۳ روش اجرایی آزمون

فشار و دمای گاز مبرد در ورودی کمپرسور با استفاده از وسیله انبساطی و تغییر توان حرارتی اعمالی به اواپراتور تنظیم می‌شود. فشار خروجی کمپرسور با تغییر دما و میزان نرخ جریان سیال خنک‌کننده کندانسور/ خنک‌کننده گاز تنظیم می‌شود.

۶-۶-۴ الزامات

دمای ورودی آب خنک‌کننده باید در محدوده ±0,3 K ثابت نگه داشته شود و نرخ جریان به گونه‌ای کنترل شود که افت دما از 6 K کمتر نشود. جرم مایع در گردش باید در محدوده ±0,5 درصد ثابت نگه داشته شود.

۶-۶-۵ اطلاعات تکمیلی

اطلاعات زیر باید ثبت شوند:

الف- فشار گاز مبرد در ورودی کندانسور/ خنک‌کننده گاز (p_3)

ب- دمای گاز مبرد در ورودی کندانسور/ خنک‌کننده گاز (t_3)

پ- فشار سیال مبرد خارج شده از کندانسور/ خنک‌کننده گاز (p_4)

ت- دمای سیال مبرد خارج شده از کندانسور/ خنک‌کننده گاز (t_4)

ث ـ دمای آب خنک‌کننده ورودی به کندانسور/ خنک‌کننده گاز (t_{s1})

ج- دمای آب خنک‌کننده خارج شده از کندانسور/ خنک‌کننده گاز(t_{s2})

چ - نرخ جرمی آب خنک‌کننده (m_f)

ح- دمای محیط در کندانسور/ خنک‌کننده گاز (t_{amb})

۶-۶-۶ تعیین نرخ جرمی مبرد

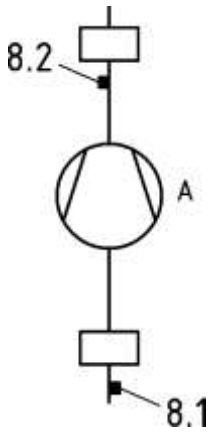
نرخ جرمی مبرد، که با آزمون تعیین شده، در فرمول زیر داده شده است:

$$m_a = \frac{c(t_{s2}-t_{s1})\times m_f + F\times(t_r - t_{amb})}{h_3 - h_4} \qquad (۱۶)$$

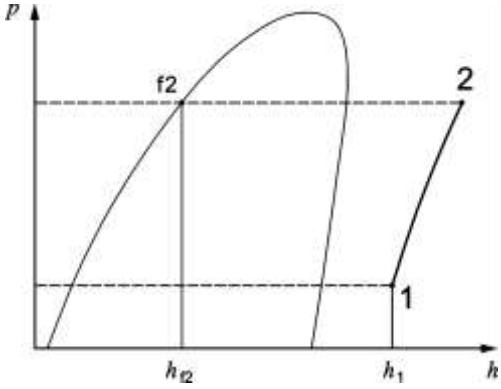
۶-۷ روش ت: فلومتر گاز مبرد

۶-۷-۱ توضیح

فلومتر گاز مبرد در خط گاز نصب می‌شود. به عنوان مثال می‌تواند در خط مکش (روش ت۱)، در خط رانش (روش ت۲) ، در خط میانی (روش ت۷) نیز نصب شود. برای مثالهای دیگر به شکل ۹ مراجعه شود. مدار مبرد، در کنار کمپرسور، شامل یک یا چند وسیله انبساطی (a) و مبدل(های) حرارتی است. وجود این وسایل برای تنظیم فشار و دما در دریچه‌های کمپرسور ضروری است.



شکل الف- ابزار اندازه‌گیری



شکل ب- نمودار فشار- اِنتالپی (مادون بحرانی)

راهنما:

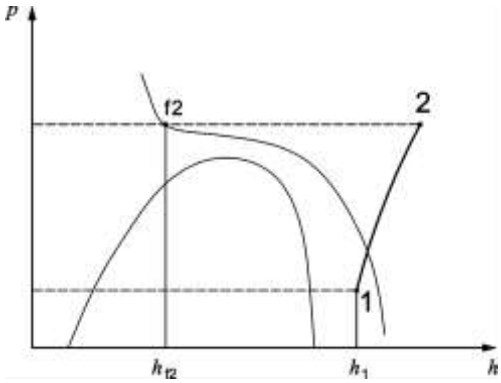
1 گاز مبرد در ورودی کمپرسور

2 گاز مبرد در خروجی کمپرسور

A کمپرسور

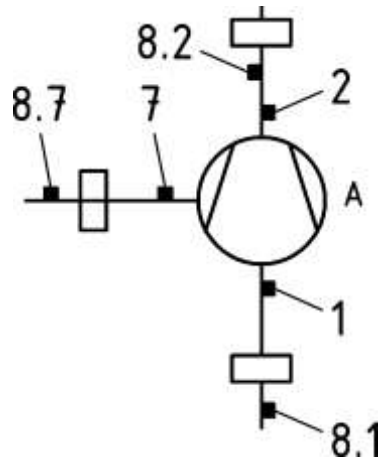
8.1 ورودی به فلومتر در سمت ورودی کمپرسور (روش ت۱)

8.2 ورودی به فلومتر در سمت خروجی کمپرسور (روش ت۲)

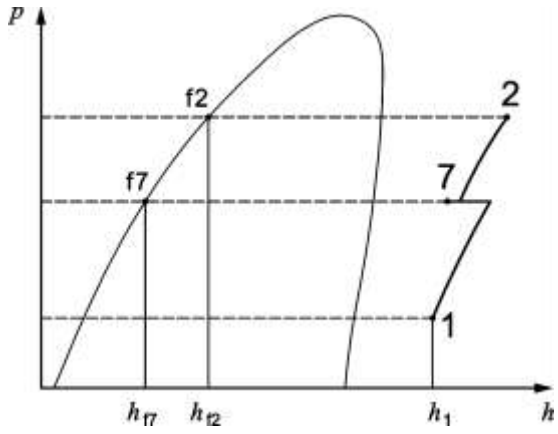


شکل پ- نمودار فشار - اِنتالپی (فرا بحرانی)

شکل ۸ – فلومتر گاز مبرد، روش ت۱ یا ت۲



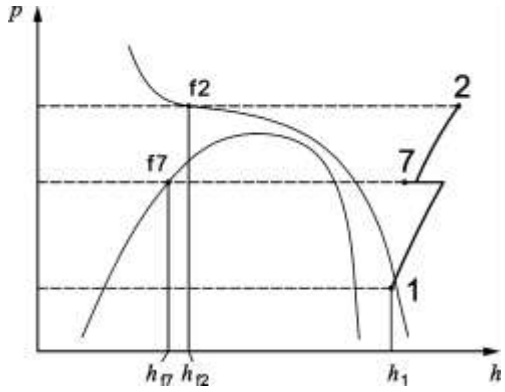
شکل الف- نمودار ابزار اندازه‌گیری



شکل ب- نمودار فشار - اِنتالپی برحسب (مادون بحرانی)

راهنما:

1 گاز مبرد در ورودی کمپرسور
2 گاز مبرد در خروجی کمپرسور
7 سیال مبرد در دریچه فشار میانی کمپرسور
8.1 ورودی به فلومتر در سمت ورودی کمپرسور (روش ت۱)
8.2 ورودی به فلومتر در سمت خروجی کمپرسور (روش ت۲)
8.7 ورودی به فلومتر در اتصال فشار میانی (روش ت۷)
A کمپرسور



شکل پ- نمودار فشار - اِنتالپی (فرا بحرانی)

شکل ۹ – فلومتر گاز مبرد، روش ت برای کمپرسورهای با ورودی فشار میانی

با استفاده از وسیله انبساطی و تغییر ورودی حرارت به اواپراتور فشار و دمای گاز مبرد در ورودی کمپرسور تنظیم می‌شود. با تغییر دما و میزان نرخ جریان سیال کندانسور/ خنک‌کننده گاز یا توسط وسیله یک کنترل فشار در خط رانش فشار خروجی کمپرسور تنظیم می‌شود.

۶-۷-۲ الزامات

۶-۷-۲-۱ برای اطمینان از اینکه گاز مافوق گرم در نقطه اندازه‌گیری همگن و کاملاً عاری از قطرات ریز مبرد مایع باشد، وسایلی باید تعبیه شوند.

۶-۷-۲-۲ در جایی که جریان ضربانی در خط لوله اتفاق می‌افتد، باید وسایلی کافی برای حذف و یا کاهش موج جریانی که وارد فلومتر می‌شود، تعبیه شود. به عنوان مثال با نصب یک مخزن ناظم جریان[1]

۶-۷-۲-۳ استفاده از فلومتر گاز مبرد، محدود به مدارهایی است که نرخ گاز در حال اندازه‌گیری حاوی کمتر از ٪ ۱٫۵روغن (جرمی) از مجموع کل نرخ جریان عبوری از فلومتر، m_x باشد.

۶-۷-۳ اطلاعات تکمیلی

در جایی‌که فلومتر حجمی استفاده می‌شود، اطلاعات زیر باید ثبت شوند:

الف- فشار گاز مبرد در بالادست فلومتر (p_8) ؛

ب- دمای گاز مبرد در بالادست فلومتر (t_8) ؛

ج- افت فشار بین بالادست و پایین دست فلومتر.

۶-۷-۴ تعیین نرخ جرمی مبرد

نرخ جرمی مبرد یا به صورت مستقیم با استفاده از یک فلومتر جرمی اندازه‌گیری می‌شود یا از جریان اندازه‌گیری شده با استفاده از یک فلومتر حجمی و چگالی گاز محاسبه می‌شود.

$$m_a = V_a \times \rho_a \qquad (۱۶)$$

۶-۸ روش ث: فلومتر مبرد در خط مایع

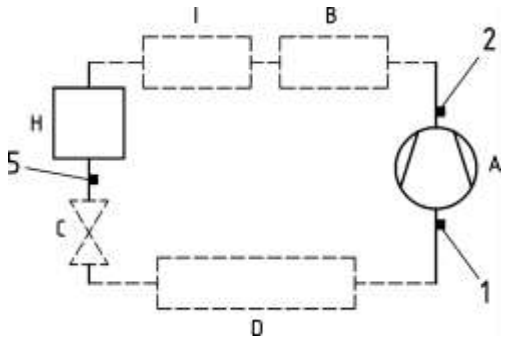
۶-۸-۱ کلیات

این روش تنها برای مدارهایی کاربرد دارد که در آنها چگالش بطور کامل انجام می‌شود. بنابراین برای شرایط فرا بحرانی با مبرد CO_2 کاربرد ندارد.

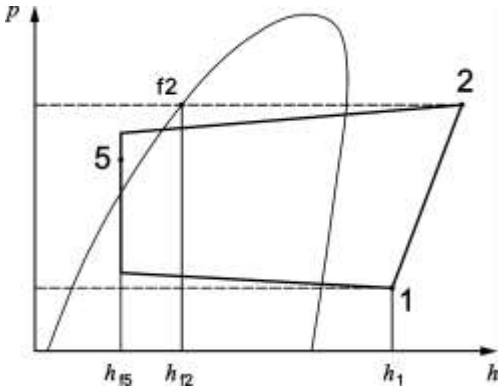
۶-۸-۲ توضیح

نرخ مبرد با استفاده از یک فلومتر جریان جرمی یا جریان حجمی که در خط مایع مبرد تعبیه شده تعیین می‌شود (به شکل ۶ مراجعه شود). فلومتر به خط لوله مایع بین خروجی مخزن مایع و وسیله انبساطی متصل می‌شود.

1- Surge vessel



شکل الف- نمودار مدار



شکل ب- نمودار فشار - اِنتالپی (مادون بحرانی)

راهنما:

1 گاز مبرد در ورودی کمپرسور در شرایط تعیین‌شده آزمون
2 گاز مبرد در خروجی کمپرسور
5 سیال مبرد در ورودی وسیله انبساطی
A کمپرسور
B کندانسور
C وسیله انبساطی
D اواپراتور
H فلومتر مایع
I مادون سردکننده

شکل ۱۰ – فلومتر مبرد، روش ث برای تراکم مادون بحرانی تک مرحله‌ای

۶-۸-۳ روش انجام آزمون

با استفاده از وسیله انبساطی و تغییر توان حرارتی اعمالی به اواپراتور، فشار و دمای گاز مبرد در ورودی کمپرسور تنظیم می‌شود. فشار خروجی کمپرسور با تغییر دما و نرخ جریان سیال کندانسور یا توسط یک وسیله کنترل فشار در خط رانش، تنظیم می‌شود.

۶-۸-۴ الزامات

در خلال آزمون، مبرد مایع باید همگن بوده و در خروجی دستگاه اندازه‌گیری به میزان حداقل 3 K مادون سرد شده باشد.

مقدار روغن موجود در مبرد باید تعیین شود.

۶-۸-۵ اطلاعات تکمیلی

اطلاعات زیر باید ثبت شوند:

الف) قرائت ابزار اندازه‌گیری

ب) فشار مایع مبرد در خروجی ابزار اندازه‌گیری p_5؛

ج) دمای مایع مبرد در خروجی ابزار اندازه‌گیری t_5.

۶-۸-۶ تعیین نرخ جرمی مبرد و روغن

۶-۸-۶-۱ نرخ جرمی مبرد، که با آزمون تعیین شده، در فرمول زیر داده شده است:

- با استفاده از فلومتر جرمی:

$$m_a = (1 - x_{oil}) \times m_x \qquad (۱۸)$$

- با استفاده از فلومتر حجمی:

$$m = V_x \times \frac{\rho\rho_{oil}}{x_{oil}\ \rho+(1-x_{oil})\rho_{oil}} \times (1 - x_{oil}\ ) \qquad (۱۹)$$

۶-۸-۶-۲ موارد زیر در نرخ جرمی روغن کاربرد دارند

$$m_{oil} = x_{oil} \times m_x \qquad (۲۰)$$

۷ تعیین توان جذب شده توسط کمپرسور

۷-۱ اندازه‌گیری

۷-۱-۱ کلیات

اندازه‌گیری توان جذب شده توسط کمپرسور همزمان با اندازه‌گیری‌های صورت گرفته مطابق موارد مندرج در بند ۶ انجام می‌شود.

۷-۱-۲ اندازه‌گیری برای کمپرسورهای با محرک خارجی

توان جذب شده واقعی از طریق گشتاور متوسط در محور کمپرسور تعیین می‌شود.

به شکل دیگر، می‌توان از موتور الکتریکی کالیبره شده با مشخصات شناخته شده استفاده کرد.

توان جذب شده واقعی باید با توجه به مشخصات موتور محاسبه شود.

چنانچه از سیستم تسمه نقاله‌ای استفاده شود، میزان مجاز افت انتقال تسمه را باید در نظر گرفت.

۷-۱-۳ اندازه‌گیری برای موتور کمپرسورها

توان جذب شده واقعی برای موتور کمپرسورها:

همان توان الکتریکی ورودی در پایانه‌های الکتریکی موتور می‌باشد یا؛

توان الکتریکی ورودی در پایانه‌های اینورتر می‌باشد که توسط ابزارهای خاصی در کارخانه مونتاژ شده یا سازنده اینورتر فرکانسی برای تنظیم ظرفیت تابع دور متغیر (بار جزیی) مشخص کرده است.

۷-۲ روش محاسبه

توان جذب شده توسط کمپرسور باید از طریق گشتاور متوسط و سرعت کمپرسور محاسبه شده یا به صورت مستقیم از توان جذب شده در ترمینال‌های موتور به همراه توان گرفته شده از دستگاه‌های تکمیلی مورد نیاز برای راه‌اندازی کمپرسور مانند پمپ روغن محاسبه شود. توان جذب شده در شرایط تعیین‌شده آزمون براساس فرمول (۱۰) محاسبه می‌شود.

۸ گزارش آزمون

۸-۱ کلیات

گزارش آزمون باید شامل داده‌های زیر باشد:

۸-۲ اطلاعات پایه

- تاریخ انجام آزمون؛
- نام آزمون‌گر؛
- مکان انجام آزمون؛
- نام تولید کننده کمپرسور؛
- شناسه مدل کمپرسور (به استاندارد EN 378-1:2008+A2:2012, 3.4.4 مراجعه شود)؛
- شماره سریال کمپرسور؛
- نوع کمپرسور؛
- تاریخ آخرین کالیبراسیون بستر آزمون.

۸-۳ اطلاعات تکمیلی

- روش آزمون مورد استفاده؛
- فشار هوای محیط، در جایی که اندازه‌گیری فشار به فشار اتمسفر وابسته است؛
- دمای محیط؛
- مبرد استفاده شده؛
- منبع خواص ترمودینامیکی مبرد؛

- تنظیم پارامترها (نقاط تنظیم شده) و پارامترهای واقعی در حال کار؛

- مدت زمان حالت پایا؛

- نتایج آزمون (مقادیر واقعی)؛

- شناسایی و موقعیت فن، در صورت استفاده؛

- شناسایی جدا کننده روغن، در صورت استفاده.

نقاط تنظیم شده و مقادیر واقعی باید در یک جدول مقایسه شوند. آزمون کننده یا اپراتور بستر آزمون مسئول صحت نتایج آزمون می‌باشد.

۸-۴ نتایج آزمون

مقادیر زیر بر اساس الزامات زیربند ۵-۱-۴ تعیین می‌شوند:

ظرفیت برودتی کمپرسور در شرایط تعیین‌شده آزمون (Q)؛

توان جذب شده در شرایط تعیین‌شده آزمون (P)؛

نرخ جرمی مبرد (m)؛

اختلاف اِنتالپی مربوط؛

بازده حجمی (η_v)؛

بازده آیزنتروپیک (η_i)؛

عدم قطعیت در اندازه‌گیری؛

روغن در گردش، (x_{oil})، برحسب کیلوگرم روغن بر کیلوگرم مخلوط روغن/ مبرد یا برحسب درصد جرمی روغن در مخلوط روغن/ مبرد.

۹ معیار پذیرش

ظرفیت برودتی اعلام شده توسط تولیدکننده باید در محدوده رواداری ٪ ۵± مقادیر بدست آمده از آزمون باشد.

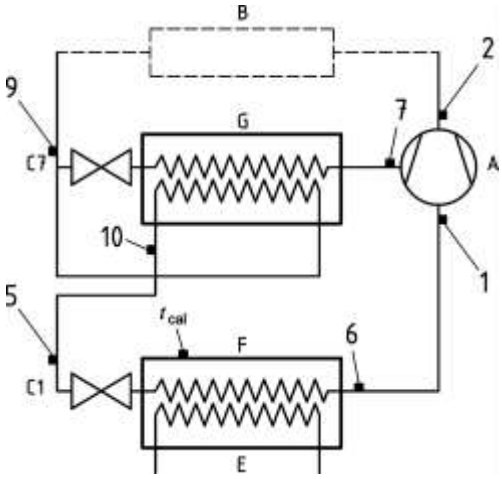
رواداری توان اعلام شده توسط تولیدکننده باید مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۳۴-۲-۱۵۶۲ باشد.

پیوست الف

(الزامی)

تبدیل داده‌های عملکرد اندازه‌گیری شده به شرایط تعیین‌شده آزمون برای کمپرسورهای با دریچه فشار میانی

این پیوست یک روش تقریبی را برای تعیین فشار در دریچه‌های فشار میانی کمپرسور بر اساس داده‌های آزمون تعیین می‌کند. در این روش فرض بر آن است که مقادیر مربوط به بازدهی حجمی و آیزنتروپیک در دو مرحله تراکم و در محدوده تصحیح ثابت است. مقادیر بازدهی مربوط به فشار و دما در دریچه‌های بیرونی می‌باشند.



راهنما:

1 گاز مبرد در ورودی کمپرسور
2 گاز مبرد در خروجی کمپرسور
5 سیال مبرد در ورودی وسیله انبساطی
6 گاز مبرد در خروجی کالریمتر
7 سیال مبرد در دریچه فشار میانی به کمپرسور
9 ورودی وسیله انبساطیC7
10 خروجی مایع از اکونومایزر HX
A کمپرسور
B خنک‌کننده گاز / کندانسور
C1 وسیله انبساطی
C7 وسیله انبساطی
E گرمکن
F کالریمتر
G اکونومایزر HX
t_{cal} دمای سطح کالریمتر

شکل الف-۱ – کالریمتر مبرد سیستم خشک، روش ب برای کمپرسورهای دارای اکونومایزر HX مونتاژ کارخانه

الف- بازده حجمی برای مرحله اول و دوم تراکم:

$$\eta_{v1} = \frac{m_{1a} \times v_{1a}}{V_{sw}} \quad \text{(الف-۱)}$$

بازده حجمی مرحله دوم با توجه به کل نرخ جرمی (۲)، ولی با استفاده از حجم مخصوص در دریچه فشار میانی (۷) محاسبه می‌شود.

$$\eta_{v2} = \frac{m_{2a} \times v_{7a}}{V_{sw}} \quad \text{(الف-۲)}$$

نرخ‌های جرمی بیان شده توسط بازده‌های حجمی عبارتند از:

$$m_1 = \frac{\eta_{v1}}{v_1} V_{sw} \quad \text{(الف-۳)}$$

$$m_2 = \frac{\eta_{v2}}{v_7} V_{sw} \quad \text{(الف-۴)}$$

$$m_7 = m_2 - m_1 \quad \text{(الف-۵)}$$

به طور معمول اندازه‌گیری‌های مربوط به داده‌های عملکردی کمپرسور از یک بستر آزمون با شرایط مورد نظر آزمون متناسب نیست. با فرض ثابت بودن بازدهی‌ها، برای یافتن فشار میانی $p7$ باید یک تعادل گرمایی پیرامون مبدل حرارتی اکونومایزری برقرار شود.

معادله تعادل گرمایی برای اکونومایزر

$$0 = m_1 \times (h_9 - h_{10}) + m_7 \times (h_9 - h_7) \quad \text{(الف-۶)}$$

نرخ‌های جرمی بیان شده با بازده‌های حجمی

$$0 = \frac{\eta_{v1}}{v_1} \times (h_9 - h_{10}) + (\frac{\eta_{v2}}{v_7} - \frac{\eta_{v1}}{v_1}) \times (h_9 - h_7) \quad \text{(الف-۷)}$$

معرفی یک نسبت نرخ جرمی

$$F_m = \frac{m_1}{m_2} = \frac{m_1}{m_1 + m_7} = \frac{v_7}{v_1} \times \frac{\eta_{v1}}{\eta_{v2}} \quad \text{(الف-۸)}$$

معادله تعادل حرارتی اکونومایزر باید صفر شود

$$f_{ECO}(p_7) = 0 = F_m \times (h_9 - h_{10}) + (1 - F_m) \times (h_9 - h_7) \quad \text{(الف-۹)}$$

فشار $p7$ باید از طریق اجرای یک حلقه تکرار ،مانند استفاده از روش نیوتن رافسون یا با تغییر دستی p7 در گام‌های کوچک و محاسبه مشتق محاسبه شود.

$$p_{7,n+1} = p_{7,n} - \frac{f_{ECO}}{\acute{f}_{ECO}} \quad \text{(الف-۱۰)}$$

با مشتق

$$\acute{f}_{ECO} = \frac{df_{ECO}}{dp} \quad \text{(الف-۱۱)}$$

وقتی عملکرد کمپرسور محاسبه می‌شود، دماهای زیر باید استفاده شود (همچنین به جدول ۲ مراجعه شود).

$$t_9 = t_{f2} \quad \text{(الف-۱۲)}$$

$$t_{10} = t_{f10} \quad \text{(الف-۱۳)}$$

$$t_{f10} = t_{f7} + \Delta T_{ECO} \quad \text{(الف-۱۴)}$$

دمای گاز میانی که از اکونومایزر خارج شده و وارد کمپرسور می‌شود با استفاده از دمای نقطه شبنم در فشار میانی t_{d7} و درجه مافوق گرم متناظر با نقطه میانی ΔT_7 تعیین می‌گردد.

$$t_7 = t_{d7} + \Delta T_7 \quad \text{(الف-۱۵)}$$

بازده آیزنتروپیک

$$\eta_i = \frac{m_{1a}\times(h_{i1-2a}-h_{1a})+m_{7a}\times(h_{i1-2a}-h_{7a})}{P_a} \quad \text{(الف-۱۶)}$$

توان آیزنتروپیک برابر است با توان صرف شده برای تراکم نرخ جرمی مکش از فشار مکش در موقعیت ۱ تا فشار رانش در موقعیت ۲ بعلاوه توان صرف شده برای تراکم نرخ جرمی میانی از فشار میانی در موقعیت ۷ تا فشار رانش در موقعیت ۲.

هر نقطه آزمون منجر به یک بازده آیزنتروپیک و دو بازده حجمی یک فشار میانی p_7 در شرایط تعیین شده آزمون خواهد شد، که این مقادیر به نحوی که در بالا گفته شد، محاسبه می‌شوند. با این فشار میانی، با فرض آنکه بازده‌ای‌ها ثابت هستند، باید توان و ظرفیت سرمایشی کمپرسور محاسبه شود.

انحراف فشار محاسبه شده و فشار اندازه‌گیری شده باید کمتر از ۱۰٪ باشد. در غیر اینصورت، فشار محاسبه شده برای یک اندازه‌گیری دوم استفاده خواهد شد. انحراف در ظرفیت برای دو نتیجه آزمون باید کمتر از ۲٪ باشد. نقطه آزمون با نزدیک‌ترین فشار میانی (اختلاف نسبی) به فشار میانی محاسبه شده برای تعیین عملکرد کمپرسور در شرایط تعیین‌شده آزمون استفاده خواهد شد.

$$P = \frac{m_1\times(h_{i1-2}-h_1)+m_7\times(h_{i7-2}-h_7)}{\eta_i} \quad \text{(الف-۱۷)}$$

$$Q = m_1 \times (h_1 - h_{10}) \quad \text{(الف-۱۸)}$$

در صورتی‌که مبدل حرارتی از پیش ساخته شده باشد، یک روش محاسباتی با فرض ثابت بودن مقدار UA به جای ΔT ثابت مورد نیاز است.

وقتی که با یک مبدل حرارتی اکونومایزری یا فلاش تانک باز آزمون انجام می‌شود، مادون سرد شدگی مایع ورودی به وسیله انبساطی C7، با توجه به فشار تخلیه p2، نباید از 5 K در کمپرسورهای پیچی و در سایر انواع کمپرسورها از 8 K فراتر رود. این تفکیک به دلیل مشخصات خاص عملکردی با تغییر فشار میانی ضروری هستند.

پیوست ب

(آگاهی دهنده)

تغییرات اعمال شده در این استاندارد ملی در مقایسه با استاندارد منبع

الف-۱ بخش‌های اضافه شده

زیربند ۲-۱، به مراجع الزامی اضافه شده است.

زیر بند ۵-۵، یادآوری ۲ اضافه شده است.

بند ۹، با توجه به اینکه منبع، فقط برای روش‌های آزمون بوده، تعیین رواداری‌هایی برای ظرفیت برودتی و توان اعلام شده توسط تولیدکننده، برای قسمت ویژگی‌ها ضروری می‌باشد.

کتاب‌نامه

[1] EN 378-1:2008+A2:2012, Refrigerating systems and heat pumps — Safety and environmental requirements —Part 1: Basic requirements, definitions, classification and selection criteria

[2] EN ISO 5167-1, Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full — Part 1: General principles and requirements (ISO 5167-1)

[3] EN ISO 9001, Quality management systems — Requirements (ISO 9001)

یادآوری- استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۹۰۰۱: سال ۱۳۹۰، سیستم‌های مدیریت کیفیت- الزامات (ISO9001) بر اساس استاندارد ISO 9001:2015 تدوین شده است.

[4] ISO 817, Refrigerants — Designation and safety classification

[5] ISO 5168, Measurement of fluid flow — Procedures for the evaluation uncertainties