



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۳۷۷۲-۱

تجدیدنظر چهارم

۱۳۹۹

INSO

3772-1

4th Revision

2020

Identical with
IEC 60034-1:
2017

ماشین‌های الکتریکی گردان –
قسمت ۱ : مشخصات اسمی و عملکردی

Rotating electrical machines –
Part 1: Rating and performance

ICS: 29.160.01

استاندارد ملی ایران شماره ۱-۳۷۷۲ (تجدیدنظر چهارم): سال ۱۳۹۹

سازمان ملی استاندارد ایران

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

صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۱۳۹ تهران - ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۳۱۵۸۵-۱۶۳ 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 ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه 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 منصفانه 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 پیشنهادهای در کمیته 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 در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته 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)^۱، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ 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 زمینه 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، گواهینامه 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

«ماشین‌های الکتریکی گردان - قسمت ۱: مشخصات اسمی و عملکردی»

رئیس:

شاملو، صادق

(دکتری برق - قدرت)

سمت و/یا محل اشتغال:

استادیار دانشکده برق - دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی

دبیر:

ابویی مهریزی، ایرج

(کارشناسی مهندسی برق - قدرت)

معاون دفتر نظارت بر اجرای استاندارد معیارهای مصرف انرژی

و محیط زیست - سازمان ملی استاندارد ایران

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

ابراهیم زاده، حمیدرضا

(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک - ساخت و تولید)

مدیر تضمین کیفیت و آزمایشگاه - شرکت موتوژن

ابویی مهریزی، جواد

(کارشناسی مهندسی مکانیک - جامدات)

مسئول آزمایشگاه - شرکت لوازم خانگی نانیوا

اکبری سیار، محمد

(کارشناسی مهندسی برق - قدرت)

رئیس گروه تدوین و نظارت بر استانداردهای بهره‌وری انرژی -

ساتبا

باباصفری، مریم

(کارشناسی ارشد مهندسی برق - الکترونیک)

عضو مستقل

بزم آرا، حسین

(دکتری مهندسی مکانیک)

مدیر تحقیق و توسعه - شرکت دمنده

پورقاسم، حبیب

(کارشناسی مدیریت)

مدیر کنترل کیفیت - شرکت موتوژن

پیرستانی، محمد رضا

(کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت)

مدیر عامل - انجمن تخصصی کنترل کیفیت استان اصفهان

تهلوی، بابک

(کارشناسی مهندسی برق - الکترونیک)

رئیس اجرای استاندارد - اداره کل استاندارد استان البرز

چراغی، محسن

(کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت)

مدیر طراحی الکتریکی - شرکت الکتروژن

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

سمت و/یا محل اشتغال:

حسینی، سید مسعود (کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت)	کارشناس - دفتر نظارت بر اجرای استانداردهای معیارهای مصرف انرژی و محیط زیست - سازمان ملی استاندارد ایران
حمزه‌ای، مه‌رآن (کارشناسی مهندسی برق - قدرت)	کارشناس - دفتر نظارت بر اجرای استانداردهای معیارهای مصرف انرژی و محیط زیست - سازمان ملی استاندارد ایران
شریفی، رضا (دکتری مهندسی برق)	استادیار - دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات
صاحب‌اری، مسعود (کارشناسی ارشد مهندسی مواد)	مدیر کنترل کیفیت - شرکت الکتروژن
غفوریان مختاری، محمد (دکتری مدیریت اجرایی)	عضو مستقل
فرمانبر، علی نقی (کارشناسی مهندسی برق)	مدیر کنترل کیفیت - شرکت جمکو
قائم پناه، علیرضا (کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت)	مدیر گروه ماشین‌های الکتریکی - پژوهشگاه نیرو
کامل زاده، مهدی (کارشناسی مهندسی برق - کامپیوتر)	مدیر فنی و مدیر عامل - آزمایشگاه همکار فرامجریان داده پرداز
میرزاخانی، ایرج (کارشناسی مهندسی برق - قدرت)	کارشناس آزمایشگاه - پژوهشگاه استاندارد
نیک سرشت، سارا (کارشناسی مهندسی برق - الکترونیک)	کارشناس دفتر نظارت بر اجرای استانداردهای معیارهای مصرف انرژی و محیط زیست - سازمان ملی استاندارد ایران
وئوقی فرد، مونا (کارشناسی مهندسی مکانیک)	کارشناس گروه تدوین و نظارت بر استانداردهای بهره‌وری انرژی - ساتبا
هدایتی، رضا (دکتری مهندسی برق)	استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

ویراستار:

ایمانی، فاطمه (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)	رئیس اداره دفتر نظارت بر اجرای استانداردهای معیارهای مصرف انرژی و محیط زیست - سازمان ملی استاندارد ایران
--	--

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ط	پیش گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۴	۳ اصطلاحات و تعاریف
۱۲	۴ کاردهی
۲۳	۵ مشخصات اسمی
۲۸	۶ شرایط محل
۲۹	۷ شرایط کارکرد الکتریکی
۳۶	۸ عملکرد و آزمون‌های حرارتی
۵۵	۹ سایر عملکردها و آزمون‌ها
۶۵	۱۰ پلاک مشخصات
۶۸	۱۱ الزامات متفرقه
۷۰	۱۲ رواداری
۷۳	۱۳ سازگاری الکترومغناطیسی
۷۵	۱۴ ایمنی
۷۶	پیوست الف (آگاهی‌دهنده) راهنمایی برای کاربرد کاردهی نوع S10 و تعیین مقدار عمر حرارتی نسبی مورد انتظار TL
۷۸	پیوست ب (آگاهی‌دهنده) حدود مجاز سازگاری الکترومغناطیسی
۷۹	کتاب‌نامه
۱۳	شکل ۱- کاردهی پیوسته - کاردهی نوع S1
۱۴	شکل ۲- کاردهی کوتاه مدت- کاردهی نوع S2
۱۵	شکل ۳- کاردهی متناوب دوره‌ای- کاردهی نوع S3
۱۶	شکل ۴- کاردهی متناوب با راه‌اندازی- کاردهی نوع S4
۱۷	شکل ۵- کاردهی دوره‌ای متناوب با ترمز الکتریکی- کاردهی نوع S5
۱۸	شکل ۶- کاردهی دوره‌ای با کارکرد پیوسته- کاردهی نوع S6
۱۹	شکل ۷- کاردهی دوره‌ای با کارکرد پیوسته و ترمز الکتریکی - کاردهی نوع S7
۲۰	شکل ۸- کاردهی دوره‌ای با کارکرد پیوسته با تغییرات بار/ سرعت مرتبط- کاردهی نوع S8
۲۱	شکل ۹- کاردهی با بار غیر دوره‌ای و سرعت‌های متغیر- کاردهی نوع S9
۲۳	شکل ۱۰- کاردهی با بارهای ناپیوسته ثابت - کاردهی نوع S10
۳۵	شکل ۱۱- محدوده‌های فرکانس و ولتاژ در مولدها

صفحه	عنوان
۳۵	شکل ۱۲- محدوده‌های فرکانس و ولتاژ در موتورها
۲۷	جدول ۱- ولتاژهای ترجیحی اسمی
۳۲	جدول ۲- شرایط کارکردی در حالت عدم تعادل در ماشین‌های سنکرون
۳۳	جدول ۳- تعیین نماد CCC
۳۵	جدول ۴- عملکردهای اولیه ماشین‌ها
۳۷	جدول ۵- ماده خنک‌کننده مرجع (به جدول ۱۱ مراجعه شود)
۴۲	جدول ۶- فاصله زمانی
۴۵	جدول ۷- نقاط اندازه‌گیری
۴۷	جدول ۸- حدود مجاز افزایش دما در سیم‌پیچ‌های خنک‌شونده به طور غیر مستقیم با هوا
۴۸	جدول ۹- حدود مجاز افزایش دما در سیم‌پیچ‌های خنک‌شونده غیر مستقیم با هیدروژن
۴۹	جدول ۱۰- تصحیح حدود مجاز افزایش دما در محل کار برای سیم‌پیچ‌های خنک‌شونده به طور غیرمستقیم برای در نظر گرفتن شرایط غیرمرجع و مشخصات غیر اسمی
۵۱	جدول ۱۱- بیشینه دمای مفروض محیط
۵۲	جدول ۱۲- حدود تصحیح شده افزایش دما در محل آزمون $(\Delta\theta_T)$ برای سیم‌پیچ‌های خنک‌شونده با هوا به طور غیرمستقیم برای در نظر گرفتن شرایط کارکرد در محل آزمون
۵۳	جدول ۱۳- حدود مجاز دما در سیم‌پیچ‌های خنک‌شونده به طریق مستقیم و خنک‌کننده‌های آن‌ها
۵۴	جدول ۱۴- تصحیح حدود مجاز در محل کار برای سیم‌پیچ‌هایی که مستقیماً با هوا یا هیدروژن خنک می‌شوند، برای شرایط و مشخصات اسمی و غیرمرجع
۵۴	جدول ۱۵- حدود تصحیح شده دما در محل آزمون θ_T برای سیم‌پیچ‌هایی که مستقیماً با هوا خنک می‌شوند برای شرایط کارکردی در محل آزمون
۵۵	جدول ۱۶- کمینه آزمون‌های تک به تک برای ماشین‌هایی که در کارخانه سازنده مونتاژ و آزمون شده‌اند
۵۷	جدول ۱۷- آزمون‌های تحمل ولتاژ
۶۲	جدول ۱۸- بیشینه سرعت کار ایمن (min^{-1}) موتورهای القایی تک سرعت سه فاز برای ولتاژهای تا و شامل ۱۰۰۰ V
۶۳	جدول ۱۹- اضافه سرعت
۷۰	جدول ۲۰- سطح مقطع هادی‌های زمین
۷۱	جدول ۲۱- فهرست رواداری‌های مقادیر کمیت‌ها

صفحه	عنوان
۷۸	جدول ب-۱- حدود مجاز گسیل الکترومغناطیسی در استاندارد CISPR11، تجهیزات کلاس B، گروه ۱
۷۸	جدول ب-۲- حدود مجاز گسیل الکترومغناطیسی در استاندارد CISPR11، تجهیزات کلاس A، گروه ۱

پیش‌گفتار

استاندارد «ماشین‌های الکتریکی گردان- قسمت ۱: مشخصات اسمی و عملکردی» که نخستین بار در سال ۱۳۷۵ تدوین و منتشر شد، بر اساس پیشنهادهای دریافتی و بررسی و تأیید کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی/منطقه‌ای به عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد پ، بند ۷، استاندارد ملی ایران شماره ۵ برای چهارمین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در هزار و دویست و شصت و دومین اجلاس کمیته ملی استاندارد برق و الکترونیک مورخ ۱۳۹۹/۰۴/۱۶ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده 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 شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوه 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 در کمیسیون فنی مربوط، مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۱-۳۷۷۲: سال ۱۳۹۳ می‌شود.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد بین‌المللی مزبور است:

IEC 60034-1:2017, Rotating electrical machines- Part1: Rating and performance

ماشین‌های الکتریکی گردان - قسمت ۱: مشخصات اسمی و عملکردی

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تعیین مشخصات عمومی کلیه ماشین‌های الکتریکی گردان می‌باشد، به جز آن‌هایی که در دامنه کاربرد دیگر استانداردهای ملی ایران یا IEC مشخص شده‌اند، مانند استاندارد IEC 60349.

ممکن است در مورد برخی ماشین‌هایی که در دامنه کاربرد این استاندارد جای دارند، نیاز به جایگزینی، اصلاح یا الزامات تکمیلی مشخص شده در دیگر استانداردها مانند استاندارد ملی ایران شماره ۵۵۰۵ و استاندارد IEC 60092 باشد.

یادآوری- اگر بندهای خاصی از این استاندارد به منظور مطابقت با کاربردهای خاص نیاز به اصلاح داشته باشند، مانند ماشین‌های الکتریکی در معرض امواج رادیواکتیو یا ماشین‌های الکتریکی در کاربرد هوا فضا، سایر بندهای این استاندارد تا حد امکان و قابل تطبیق معتبر است.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، 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:

2-1 IEC 60027-1, Letter symbols to be used in electrical technology- Part 1: General

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۵۱۳۸: سال ۱۳۸۰، نمادها و اصطلاحات حرفی بکار رفته در فن آوری برق بخش عمومی، با استفاده از استاندارد IEC 60027-1:1992 تدوین شده است.

2-2 IEC 60027-4, Letter symbols to be used in electrical technology – Part 4: Rotating electric machines

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۵۱۳۸-۴: سال ۱۳۹۴، نمادهای حرفی به کار رفته در فناوری الکتریکی - قسمت ۴: ماشین‌های الکتریکی دوار، با استفاده از استاندارد IEC 60027-4:2006 تدوین شده است.

2-3 IEC 60034-2 (all parts), Rotating electrical machines – Part 2: Standard methods for determining losses and efficiency from tests (excluding machines for traction vehicles)

یادآوری- مجموعه استاندارد ملی ایران شماره ۳۷۷۲-۲، ماشین‌های الکتریکی دوار - قسمت ۲: روش‌های آزمون استاندارد برای تعیین تلفات و بازده (به جز ماشین‌های مورد استفاده در حمل و نقل)، با استفاده از برخی قسمت‌های استاندارد IEC 60034-2:2014 تدوین شده است.

2-4 IEC 60034-3, Rotating electrical machines – Part 3: Specific requirements for synchronous generators driven by steam turbines or combustion gas turbines

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۳-۳۷۷۲: سال ۱۳۸۷، ماشین‌های الکتریکی دوار - قسمت ۳: الزامات ویژه ژنراتورهای سنکرون راه اندازی شده با توربین‌های بخار یا توربین‌های با سوخت گاز، با استفاده از استاندارد IEC 60034-3:2007 تدوین شده است.

2-5 IEC 60034-5, Rotating electrical machines – Part 5: Degrees of protection provided by the integral design of rotating electrical machines (IP code) – Classification

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۵-۳۷۷۲: سال ۱۳۸۶، ماشین‌های الکتریکی دوار - قسمت پنجم: درجات حفاظت تامین شده توسط محفظه‌های ماشین‌های الکتریکی دوار (کد IP) - طبقه‌بندی، با استفاده از استاندارد IEC 60034-5:2006 تدوین شده است.

2-6 IEC 60034-6, Rotating electrical machines – Part 6: Methods of cooling (IC code)

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۶-۳۷۷۲: سال ۱۳۸۱، ماشین‌های الکتریکی دوار: قسمت ششم: روشهای خنک‌سازی، با استفاده از استاندارد IEC 60034-6:1991 تدوین شده است.

2-7 IEC 60034-8, Rotating electrical machines – Part 8: Terminal markings and direction of rotation

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۸-۳۷۷۲: سال ۱۳۹۲، ماشین‌های الکتریکی دوار - قسمت ۸: نشانه‌گذاری ترمینال‌ها و جهت دوران، با استفاده از استاندارد IEC 60034-8:2006 تدوین شده است.

2-8 IEC 60034-12:2016, Rotating electrical machines – Part 12: Starting performance of single-speed three-phase cage induction motors

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۲-۳۷۷۲: سال ۱۳۹۶، ماشین‌های الکتریکی گردان - قسمت ۱۲: عملکرد راه‌اندازی موتورهای القایی قفسی سه فاز تک سرعت، با استفاده از استاندارد IEC 60034-12:2007 تدوین شده است.

2-9 IEC 60034-15, Rotating electrical machines – Part 15: Impulse voltage withstand levels of form-wound stator coils for rotating a.c. machines

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۵-۳۷۷۲: سال ۱۳۹۲، ماشین‌های الکتریکی دوار - قسمت ۱۵: سطوح تحمل ولتاژ ضربه ماشین‌های دوار جریان متناوب با پیچک‌های شکل داده شده استاتور، با استفاده از استاندارد IEC 60034-15:2009 تدوین شده است.

2-10 IEC 60034-18 (all parts), Rotating electrical machines – Part 18: Functional evaluation of insulation systems

یادآوری - مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۱۸-۳۷۷۲: ماشین‌های الکتریکی دوار - قسمت ۱۸: ارزیابی عملکرد سامانه‌های عایقی، با استفاده از برخی قسمت‌های مجموعه استاندارد IEC 60034-18، تدوین شده است.

2-11 IEC 60034-18-41, Rotating electrical machines – Part 18-41: Partial discharge free electrical insulation systems (Type I) used in rotating electrical machines fed from voltage converters – Qualification and quality control tests

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۴۱-۱۸-۳۷۷۲: سال ۱۳۹۴، ماشین‌های الکتریکی دوار - قسمت ۴۱-۱۸: سیستم‌های عایقی بدون تخلیه جزئی (نوع I) به کاررفته در ماشین‌های الکتریکی دوار تغذیه شده توسط کنورترهای ولتاژ - آزمون‌های کنترل کیفیت و صلاحیت، با استفاده از استاندارد IEC 60034-18-41:2014 تدوین شده است.

2-12 IEC 60034-25, Rotating electrical machines – Part 25: AC electrical machines used in power drive systems – Application guide

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۲۵-۳۷۷۲: سال ۱۳۹۶، ماشین‌های الکتریکی گردان - قسمت ۲۵: ماشین‌های الکتریکی AC مورد استفاده در سامانه‌های محرکه توان - راهنمای کاربردی، با استفاده از استاندارد IEC 60034-25:2014 تدوین شده است.

2-13 IEC 60034-29, Rotating electrical machines – Part 29: Equivalent loading and superposition techniques – Indirect testing to determine temperature rise

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۲۹-۳۷۷۲: سال ۱۳۸۷، ماشین‌های الکتریکی دوار- قسمت ۲۹: بارگذاری معادل و روش‌های جمع آثار آزمون غیر مستقیم برای تعیین افزایش دما، با استفاده از استاندارد IEC 60034-29:2008 تدوین شده است.

2-14 IEC 60034-30-1, Rotating electrical machines – Part 30-1: Efficiency classes of line operated A.C. motors (IE-code)

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱-۳۰-۳۷۷۲: سال ۱۳۹۵، ماشین‌های الکتریکی گردان- قسمت ۳۰-۱: طبقه‌های بازدهی موتورهای ac تغذیه شونده از خط (کد IE)، با استفاده از استاندارد IEC 60034-30-1:2014 تدوین شده است.

2-15 IEC 60038, IEC standard voltages

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۶: سال ۱۳۹۱، ولتاژهای استاندارد، با استفاده از استاندارد IEC 6038:2009 تدوین شده است.

2-16 IEC 60050-411: 1996, International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 411: Rotating machines

2-17 IEC 60060-1, High-voltage test techniques –Part 1: General definitions and test requirements

2-18 IEC 60072(all parts), Dimensions and output series for rotating electrical machines

یادآوری ۱- مجموعه استاندارد ملی ایران شماره ۹۴۰۶، ابعاد و توالی‌های خروجی برای ماشین‌های الکتریکی دوار، با استفاده از برخی قسمت‌های استاندارد IEC 60072 تدوین شده است.

2-19 IEC 60085, electrical insulation – Thermal evaluation and designation

2-20 IEC 60204-1, Safety of machinery- Electrical equipment of machines- Part 1: General requirements

2-21 IEC 60204 -11, Safety of machinery- Electrical equipment of machines- Part 11: Requirement for HV Equipment for voltages above 1000 V a.c. or 1500V d.c. and not exceeding 36 kV

۲-۲۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۵۶۲: سال ۱۳۸۹، وسایل برقی خانگی و مشابه- ایمنی- قسمت ۱: الزامات عمومی

2-23 IEC 60445, Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Identification of equipment terminals, conductor terminations and conductors

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۹۹۶۹، سال ۱۳۹۳، اصول ایمنی و پایه برای واسط انسان- ماشین - نشانه‌گذاری و شناسایی- شناسایی هادی‌ها- ترمینال‌های هادی‌ها و ترمینال‌های تجهیزات، با استفاده از استاندارد IEC 60445:2010 تدوین شده است.

2-24 IEC 60664-1, Insulation coordination for equipment within low-voltage systems- Part 1: Principles, requirements and tests

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱-۶۲۰۵، سال ۱۳۸۸، هماهنگی عایق‌بندی برای تجهیزات در سیستم‌های ولتاژ پایین - قسمت ۱: اصول - الزامات و آزمون‌ها، با استفاده از استاندارد IEC 60664-1:2007 تدوین شده است.

2-25 IEC 61148, Terminal markings for valve device stacks and assemblies and for power conversion equipment

2-26 IEC 61293, Marking of electrical equipment with ratings related to electrical supply- Safety requirements

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۰۷۸، سال ۱۳۸۸، علامت‌گذاری تجهیزات الکتریکی با مقادیر اسمی مرتبط با تغذیه الکتریکی الزامات ایمنی، با استفاده از استاندارد IEC 61293:1994 تدوین شده است.

2-27 CISPR11, Industrial, scientific and medical equipment – Radiofrequency disturbance characteristics – Limits and methods of measurement

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۴۱۴۵، سال ۱۳۷۶، حدود و روشهای اندازه‌گیری مشخصات اغتشاش الکترومغناطیسی تجهیزات فرکانس رادیویی پزشکی، علمی و صنعتی (ISU)، با استفاده از استاندارد CISPR11:1990 تدوین شده است.

2-28 CISPR14 (all parts), Electromagnetic compatibility – Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus

2-29 CISPR16 (all parts), Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در استاندارد IEC 60050-411، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌رود^۱:

یادآوری ۱- برای تعاریف مربوط به خنک‌سازی و مواد خنک‌کننده به غیر از تعاریف زیربندهای ۳-۱۷ تا ۳-۲۲ به استاندارد IEC 60034-6 مراجعه شود.

یادآوری ۲- در این استاندارد: منظور از واژه «موافقت و توافق» موافقت بین سازنده و خریدار است.

۱-۳

مقدار اسمی

rated value

مقدار کمیتی است که عموماً به وسیله سازنده، برای شرایط مشخص کاری ماشین، تعیین می‌شود.

یادآوری- ولتاژ اسمی یا گستره ولتاژ، ولتاژ اسمی یا گستره ولتاژ بین خطوط در ترمینال می‌باشد.

[منبع: IEC 60050-411:1996, 411-51-23]

۲-۳

مشخصات اسمی

rating

عبارت از مجموعه مقادیر اسمی و شرایط کاری است.

[منبع: IEC 60050-411:1996, 411-51-24]

۱- اصطلاحات و تعاریف به کار رفته در استانداردهای IEC و ISO در وبگاه‌های <http://www.iso.org/obp> و <http://www.electropedia.org/> قابل دسترسی است.

۳-۳

توان خروجی اسمی

rated output

مقدار خروجی که در مشخصات اسمی گنجانده شده است.

۴-۳

بار

load

کلیه مقادیر کمیت‌های الکتریکی در حالت مولدی و مکانیکی در حالت موتوری که تقاضای از یک ماشین الکتریکی گردان را به وسیله یک مدار الکتریکی یا یک سازوکار در یک لحظه معلوم، مشخص می‌کند.
[منبع: IEC 60050-411:1996, 411-51-01 اصلاح شده: اصلاح به صورت حروف مورب]

۵-۳

بی‌باری (کارکرد)

no-load (operation)

حالت ماشینی که با توان خروجی صفر می‌چرخد در حالی که سایر شرایط کاری، عادی باشد.
[منبع: IEC 60050-411:1996, 411-51-02 اصلاح شده: اصلاح به صورت حروف مورب]

۶-۳

بار کامل

full load

باری که سبب می‌شود ماشین در مشخصات اسمی خود کار کند.
[منبع: IEC 60050-411:1996, 411-51-10]

۷-۳

مقدار بار کامل

full load value

مقدار برای ماشینی که در بار کامل کار می‌کند.
یادآوری - این مفهوم برای توان، گشتاور، جریان، سرعت و غیره به کار می‌رود.
[منبع: IEC 60050-411:1996, 411-51-11]

۸-۳

حالت بدون تغذیه و سکون

de-energized and rest

فقدان کامل کلیه حرکات و تمام منابع تغذیه الکتریکی یا محرک مکانیکی
[منبع: IEC 60050-411:1996, 411-51-03]

۹-۳

کاردهی

duty

عبارت است از چگونگی بار یا بارهای اعمال شده به ماشین شامل موارد زیر در صورتی که کاربرد داشته باشد: دوره‌های تناوب راه‌اندازی، ترمز الکتریکی، بی‌باری و حالت سکون و بدون تغذیه و همچنین طول دوره و ترتیب زمانی آن‌ها.

[منبع: IEC 60050-411:1996, 411-51-06]

۱۰-۳

نوع کاردهی

duty type

عبارت است از کاردهی پیوسته، کوتاه‌مدت و یا دوره‌ای که شامل یک یا چند بار (مکانیکی یا الکتریکی) که در مدت زمان مشخص ثابت بماند، یا یک کاردهی غیردوره‌ای که در آن معمولاً بار و سرعت در محدوده مجاز کاری تغییر می‌کند.

[منبع: IEC 60050-411:1996, 411-51-13]

۱۱-۳

ضریب مدت دوره

cyclic duration factor

عبارت است از نسبت دوره تناوب بارگذاری شامل راه‌اندازی و ترمز الکتریکی، به مدت زمان چرخه کاردهی که به صورت درصد بیان می‌شود.

[منبع: IEC 60050-411:1996, 411-51-09]

۱۲-۳

گشتاور روتور قفل شده

locked-rotor torque

کمترین گشتاور اندازه‌گیری شده روی محور موتور در حالت روتور قفل شده تحت ولتاژ و فرکانس اسمی، در هر موقعیتی از زاویه روتور است.

[منبع: IEC 60050-411:1996, 411-48-06]

۱۳-۳

جریان روتور قفل شده

locked-rotor current

بیشترین جریان موثر حالت ماندگار در حالت سکون موتور تحت ولتاژ و فرکانس اسمی و در هر موقعیتی از زاویه روتور، که از خط گرفته می‌شود.

[منبع: IEC 60050-411:1996, 411-48-16]

۱۴-۳

گشتاور بالابرنده (برای یک موتور جریان متناوب)

pull-up torque (of an a.c. motor)

کمترین گشتاور آسنکرون حالت ماندگار ایجاد شده بوسیله موتور در محدوده سرعت صفر و سرعت مربوط به گشتاور شکست، در صورتی که موتور با ولتاژ و فرکانس اسمی تغذیه شود.

یادآوری ۱ - این تعریف در مورد موتورهای آسنکرونی که در آن‌ها با افزایش سرعت، گشتاور به طور پیوسته کاهش می‌یابد، به کار نمی‌رود.

یادآوری ۲ - علاوه بر گشتاورهای آسنکرون حالت ماندگار، گشتاورهای هارمونیکی سنکرون که تابعی از زاویه بار روتور هستند، در سرعت‌های مشخص وجود خواهند داشت.

در چنین سرعت‌هایی، گشتاور شتاب دهنده ممکن است برای برخی از زوایای بار روتور منفی باشد. تجربه و محاسبات نشان می‌دهد که چنین وضعیتی یک شرایط کاری ناپایدار است و بنابراین گشتاورهای هارمونیکی سنکرون، از شتاب گرفتن موتور جلوگیری نمی‌کنند و از این تعریف مستثنی می‌شوند.

۱۵-۳

گشتاور شکست (در موتور جریان متناوب)

breakdown torque (of an a.c. motor)

بیشترین گشتاور آسنکرون حالت ماندگار که موتور می‌تواند بدون افت سریع سرعت، در ولتاژ و فرکانس اسمی ایجاد نماید.

یادآوری ۱ - این تعریف برای موتورهایی که در آن‌ها با افزایش سرعت، گشتاور بطور پیوسته کاهش می‌یابد، به کار نمی‌رود.

۱۶-۳

گشتاور پرتگاهی (در موتور سنکرون)

pull-out torque (of a synchronous motor)

بیشترین گشتاوری که یک موتور سنکرون در سرعت سنکرون در ولتاژ و فرکانس و جریان میدان اسمی ایجاد می‌کند.

۱۷-۳

خنک‌سازی

cooling

روشی که توسط آن گرمای ناشی از تلفات در ماشین به یک ماده خنک‌کننده اولیه انتقال می‌یابد که ممکن است این ماده خنک‌کننده به طور پیوسته جابجا شود و یا ممکن است به وسیله یک ماده خنک‌کننده ثانویه در یک مبدل حرارتی خنک شود.

[منبع: IEC 60050-411:1996, 411-44-01]

۱۸-۳

ماده خنک کننده

coolant

واسطه‌ای است به صورت مایع یا گاز که توسط آن گرما انتقال می‌یابد.

[منبع: IEC 60050-411:1996, 411-44-02]

۱۹-۳

ماده خنک کننده اولیه

primary coolant

واسطه‌ای است به صورت مایع و یا گاز که دمای آن پایین‌تر از آن قسمتی از ماشین است که با آن تماس دارد و گرما را از این قسمت منتقل می‌کند.

[منبع: IEC 60050-411:1996, 411-44-03]

۲۰-۳

ماده خنک کننده ثانویه

secondary coolant

واسطه‌ای است به صورت مایع یا گاز که دمایی پایین‌تر از خنک کننده اولیه دارد و حرارت داده شده به خنک کننده اولیه را به وسیله یک مبدل حرارتی یا به واسطه سطوح خارجی ماشین منتقل می‌کند.

[منبع: IEC 60050-411:1996, 411-44-04]

۲۱-۳

سیم پیچ خنک شونده مستقیم

direct cooled winding

سیم پیچ خنک شونده داخلی

inner cooled winding

سیم پیچی که اساساً توسط جریان یک ماده خنک کننده که در تماس مستقیم با قسمت سرد هادی‌های توخالی، لوله‌ها، مجراها و کانال‌ها که صرفنظر از امتداد آن‌ها یک قسمت یکپارچه با سیم پیچی را درون عایق اصلی تشکیل می‌دهد، است.

یادآوری- در تمام موارد چنانچه «مستقیم» یا «غیر مستقیم» ذکر نشده باشد، منظور سیم پیچ‌های خنک شونده غیرمستقیم است.

[منبع: IEC 60050-411:1996, 411-44-08]

۲۲-۳

سیم پیچ خنک شونده غیرمستقیم

indirect cooled winding

هر سیم پیچ دیگری به غیر از سیم پیچ خنک شونده مستقیم است.

یادآوری- در تمام موارد چنانچه «مستقیم» یا «غیر مستقیم» ذکر نشده باشد، منظور سیم پیچ‌های خنک شونده غیرمستقیم است.

[منبع: IEC 60050-411:1996, 411-44-09]

۲۳-۳

عایق‌بندی تکمیلی

supplementary insulation

یک عایق‌بندی مستقل است که علاوه بر عایق‌بندی اصلی به منظور تضمین حفاظت در برابر شوک الکتریکی در صورت شکست عایق اصلی به کار می‌رود.

۲۴-۳

گشتاور ماند

moment of inertia

مجموع (انتگرال) حاصل ضرب جرم تمامی اجزاء یک حجم در مربع فاصله آن‌ها تا محور داده شده است.

۲۵-۳

تعادل حرارتی

thermal equilibrium

وضعیتی است که در آن افزایش دمای قسمت‌های مختلف ماشین در مدت نیم ساعت بیش از یک کلون تغییر نکند.

یادآوری- تعادل حرارتی را می‌توان از منحنی افزایش دما وقتی که خطوط بین نقاط ابتدا و انتهای دو دوره متوالی شیب کمتر از یک کلون در نیم ساعت یا دو کلون یا کمتر در ساعت داشته باشد، تعیین کرد.

[منبع: IEC 60050-411:1996, 411-51-08 اصلاح شده: اصلاح به صورت حروف مورب]

۲۶-۳

ثابت زمانی معادل حرارتی

thermal equivalent time constant

ثابت زمانی است که جایگزین چندین ثابت زمانی مجزا می‌شود و مشخص کننده تقریبی تغییرات دما در یک سیم‌پیچ بعد از یک تغییر پله‌ای جریان الکتریکی می‌باشد.

۲۷-۳

سیم پیچ محصور

encapsulated winding

نوعی سیم‌پیچ که به وسیله مواد عایقی ریخته شده، کاملاً محصور یا آب‌بندی است.

[منبع: IEC 60050-411:1996, 411-39-06]

۲۸-۳

ضریب شکل اسمی جریان مستقیم یک آرمیچر موتور جریان مستقیم تغذیه‌شونده با مبدل توان ایستایی

rated form factor of direct current supplied to a d.c. motor armature from a static power converter

نسبت بیشینه جریان مجاز مؤثر $I_{rms,max}N$ به مقدار متوسط آن $I_{av}N$ (مقدار متوسط انتگرال گرفته شده در یک دوره تناوب) در شرایط اسمی.

$$k_{fN} = \frac{I_{rms,max} N}{I_{av} N} \quad (1)$$

۲۹-۳

ضریب موجک جریان

current ripple factor

نسبت تفاضل بیشینه مقدار I_{max} و کمینه مقدار I_{min} یک جریان نوسانی به دو برابر مقدار جریان متوسط I_{av} (مقدار متوسط انتگرال گرفته شده در یک دوره تناوب):

یادآوری ۱- برای مقادیر کوچک موجک جریان، ضریب موجک ممکن است با عبارت زیر تقریب زده شود.

یادآوری ۲- چنانچه مقدار محاسبه شده q_i برابر و یا کمتر از ۰/۴ باشد، عبارت فوق ممکن است به عنوان یک تقریب به کار رود.

$$q_i = \frac{I_{max} - I_{min}}{2 \times I_{av}} \quad (2)$$

یادآوری ۲- چنانچه مقدار محاسبه شده q_i برابر و یا کمتر از ۰/۴ باشد، عبارت فوق ممکن است به عنوان یک تقریب به کار رود.

$$q_i = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}} \quad (3)$$

۳۰-۳

رواداری

tolerance

انحراف مجاز بین مقدار اظهار شده و مقدار اندازه‌گیری شده.

۳۱-۳

آزمون نوعی

type test

آزمونی که روی یک یا چند ماشین با طراحی خاص برای اطمینان از برآورده شدن مشخصات خاص آن طراحی انجام می‌شود.

یادآوری- آزمون نوعی همچنین اگر روی ماشینی انجام شود که انحراف کمی از مشخصات اسمی یا خصوصیات دیگر داشته باشد می‌تواند معتبر باشد. این انحراف‌ها باید مورد توافق باشد.

[منبع: IEC 60050-411:1996, 411-53-01]

۳-۳۲

آزمون تک به تک

routine test

آزمونی که روی همه ماشین‌ها در حین یا بعد از ساخت به منظور اطمینان از اینکه با معیارهای مشخص مطابقت داشته باشد، انجام می‌شود.

[منبع: IEC 60050-411:1996, 411-53-02]

۳-۳۳

سرعت فرار

runaway speed

بیشینه سرعت بدست آمده در مجموعه موتور/ مولد بعد از برداشتن بار کامل مولد، در صورتی که تنظیم‌کننده سرعت عمل نکند.

یادآوری- برای موتورهای بیشینه اضافه سرعت در نبود منبع تغذیه به این معناست که موتور ممکن است با تجهیزات کوپل‌کننده به سرعت محرک برسد.

[منبع: IEC 60050-411:1996, 811-17-23]

۴ کاردهی

۴-۱ اظهار کاردهی

مسئولیت اظهار کاردهی به عهده خریدار است. خریدار ممکن است کاردهی را به صورت یکی از موارد زیر بیان کند:

الف- به صورت عددی، چنانچه بار متغیر نباشد یا به صورتی معلوم تغییر کند؛

ب- به صورت یک نمودار توالی زمانی مقادیر متغیر؛

پ - با انتخاب یکی از انواع کاردهی های S1 تا S10 در صورتی که کمتر از دشواری کاردهی مورد انتظار نباشد.

نوع کاردهی باید با علامت‌های اختصاری مناسب که در زیربند ۴-۲ مشخص شده است، پس از مقدار عددی بار بیان شود.

بیانی از ضریب مدت دوره در شکل های مربوط به هر کاردهی آمده است.

خریدار معمولاً نمی‌تواند مقادیری برای گشتاور ماند ماشین (J_M) یا عمر حرارتی نسبی مورد انتظار (TL)^۱ اظهار نماید. این مقادیر توسط سازنده تعیین می‌شود (به پیوست الف مراجعه شود).

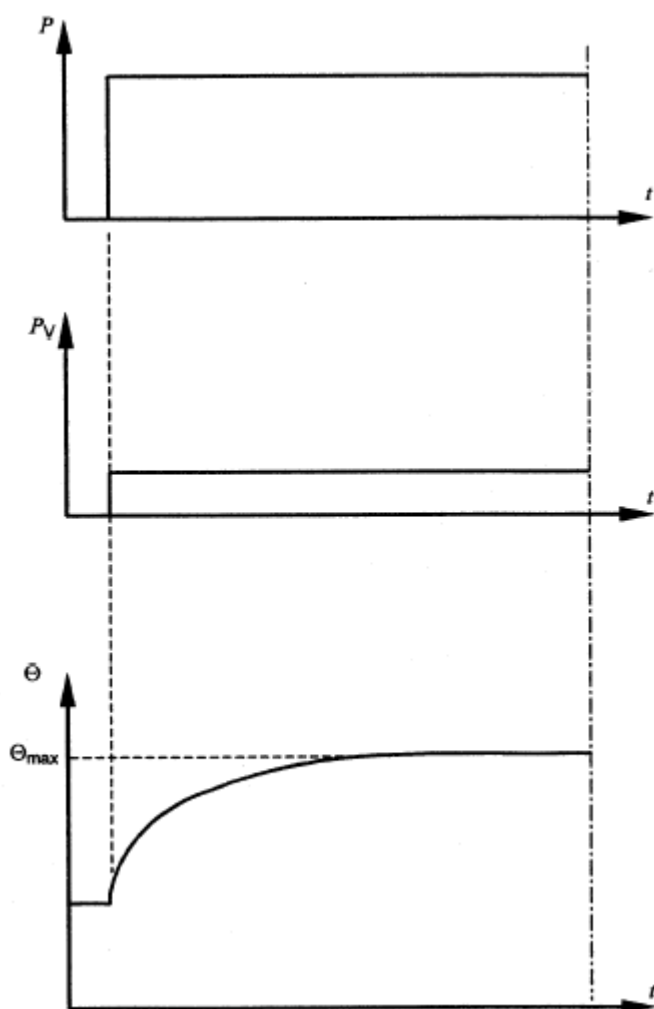
چنانچه خریدار کاردهی خاص را عنوان نکند، سازنده کاردهی را نوع S1 (کاردهی پیوسته) فرض می‌کند.

1- Thermal life

۲-۴ انواع کاردهی

۱-۲-۴ کاردهی نوع S1 - کاردهی پیوسته

عبارت است از کارکرد در بار ثابت و مدت زمان کافی برای رسیدن ماشین به دمای تعادل (به شکل ۱ مراجعه شود). علامت اختصاری آن S1 می باشد.



راهنما:

P	بار
P_v	تلفات الکتریکی
Θ	دما
Θ_{max}	بیشینه دمای ایجاد شده
t	زمان

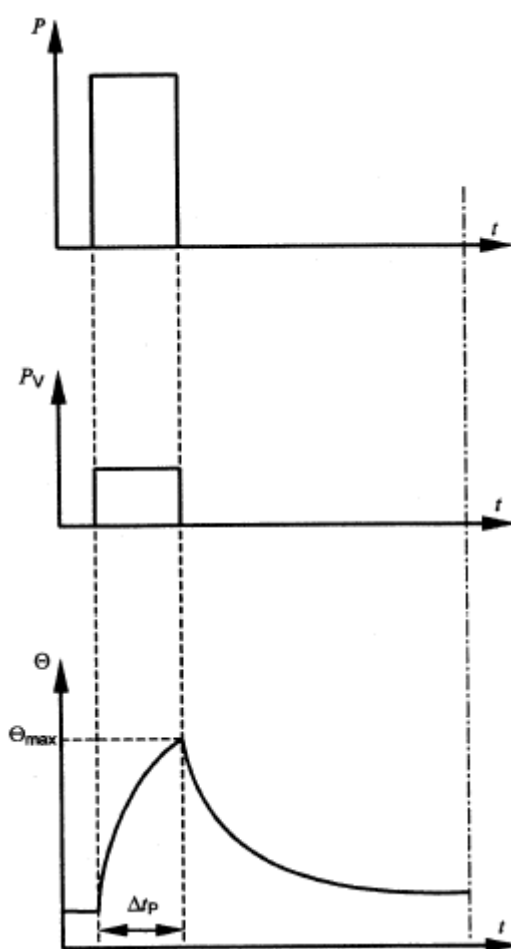
شکل ۱- کاردهی پیوسته - کاردهی نوع S1

۲-۲-۴ کاردهی نوع S2 - کاردهی کوتاه مدت

عبارت است از کارکرد در بار ثابت برای مدت زمان مشخصی که کمتر از زمان لازم برای رسیدن به حالت تعادل حرارتی است و سپس مدتی بدون تغذیه و در حالت سکون تا زمانی که اختلاف دمای ماشین نسبت به ماده خنک کننده به دو کلوین برسد (به شکل ۲ مراجعه شود).

علامت اختصاری آن S2 می باشد که به دنبال آن زمان چرخه نیز نشان داده می شود.

مثال: S2 60 min



راهنما:

P	بار
P_v	تلفات الکتریکی
Θ	دما
Θ_{max}	بیشینه دمای ایجاد شده
t	زمان
Δt_p	زمان کارکرد در بار ثابت

شکل ۲- کاردهی کوتاه مدت- کاردهی نوع S2

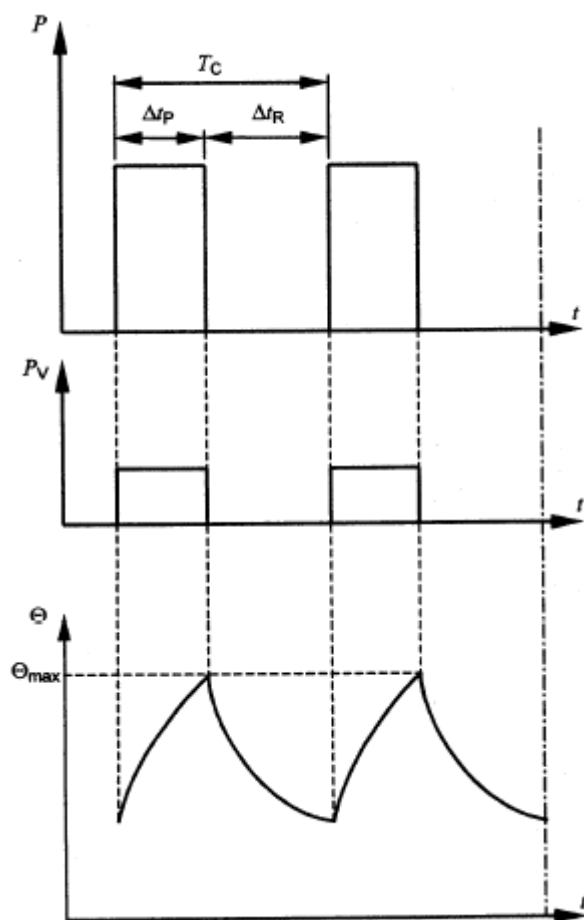
۳-۲-۴ کاردهی نوع S3 - کاردهی دوره‌ای متناوب

یادآوری - منظور از کاردهی دوره‌ای آن است که تعادل حرارتی در زمان روشن بودن و تحت بار بدست نمی‌آید.

ترتیبی از چرخه‌های با کاردهی یکسان، که هر کدام شامل یک زمان کارکرد با بار ثابت و یک زمان بدون تغذیه و سکون می‌باشد (به شکل ۳ مراجعه شود) در این نوع کاردهی چرخه به صورتی است که در آن جریان راه‌اندازی تأثیر چندانی بر افزایش دما ندارد.

علامت اختصاری آن S3 است که به دنبال آن ضریب مدت دوره نیز بیان می‌شود.

مثال: 25% S3



راهنما:

P	بار	T_C	زمان یک چرخه بار
P_V	تلفات الکتریکی	Δt_P	زمان کارکرد در بار ثابت
Θ	دما	Δt_R	زمان بدون تغذیه و سکون
Θ_{max}	بیشینه دمای ایجاد شده	$\Delta t_P / T_C =$ ضریب زمانی چرخه	
t	زمان		

شکل ۳ - کاردهی متناوب دوره‌ای - کاردهی نوع S3

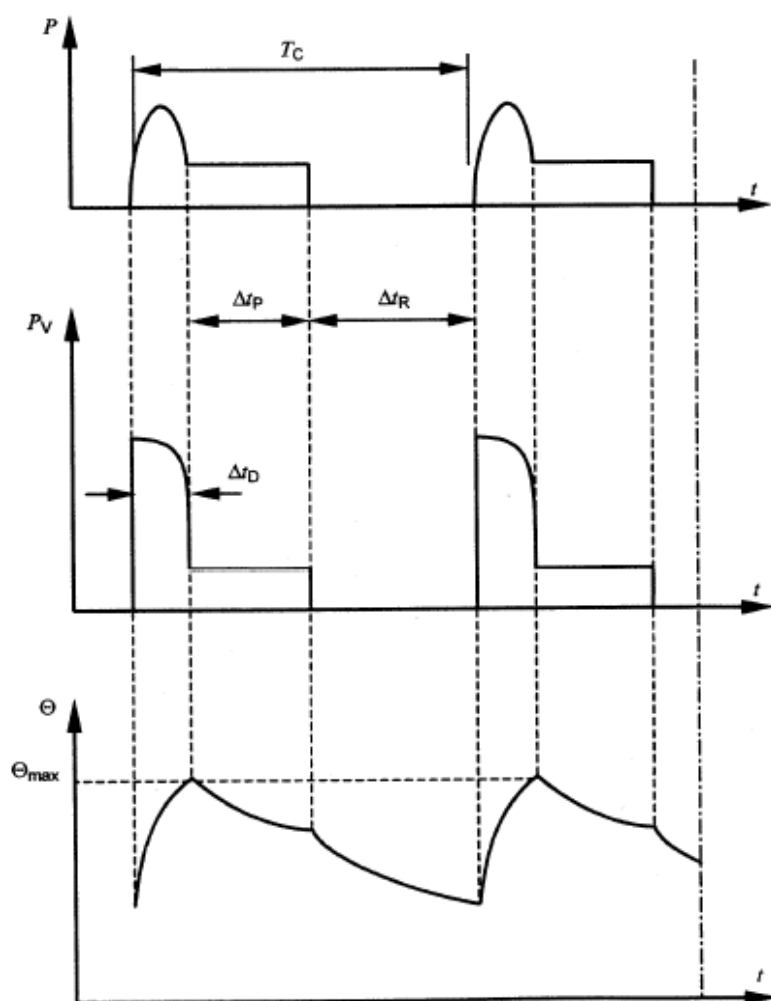
۴-۲-۴ کاردهی نوع S4- کاردهی دوره‌ای متناوب با راه‌اندازی

یادآوری- منظور از کاردهی دوره‌ای آن است که تعادل حرارتی در زمان روشن بودن و تحت بار بدست نمی‌آید.

ترتیبی از چرخه‌های با کاردهی یکسان که هر کدام شامل یک زمان راه‌اندازی قابل ملاحظه، یک زمان کارکرد با بار ثابت و یک زمان بدون تغذیه و سکون می‌باشد (به شکل ۴ مراجعه شود).

علامت اختصاری آن S4 است که به دنبال آن ضریب مدت دوره، گشتاور ماند موتور (J_M) و گشتاور ماند بار (J_{ext}) بیان می‌شود که هر دو از دید محور موتور هستند.

مثال: $S4 \quad 25\% \quad J_M = 0.15 \text{ kg} \times \text{m}^2 \quad J_{ext} = 0.7 \text{ kg} \times \text{m}^2$



راهنما:

P	بار	t	زمان
P_V	تلفات الکتریکی	T_C	زمان یک چرخه بار
Θ	دما	Δt_D	زمان شروع/شتاب گیری
Θ_{max}	پیشینه دمای ایجاد شده	Δt_P	زمان کارکرد در بار ثابت
ضریب دوره $(\Delta t_D + \Delta t_P) / T_C$		Δt_R	زمان بدون تغذیه و سکون

شکل ۴- کاردهی متناوب با راه‌اندازی- کاردهی نوع S4

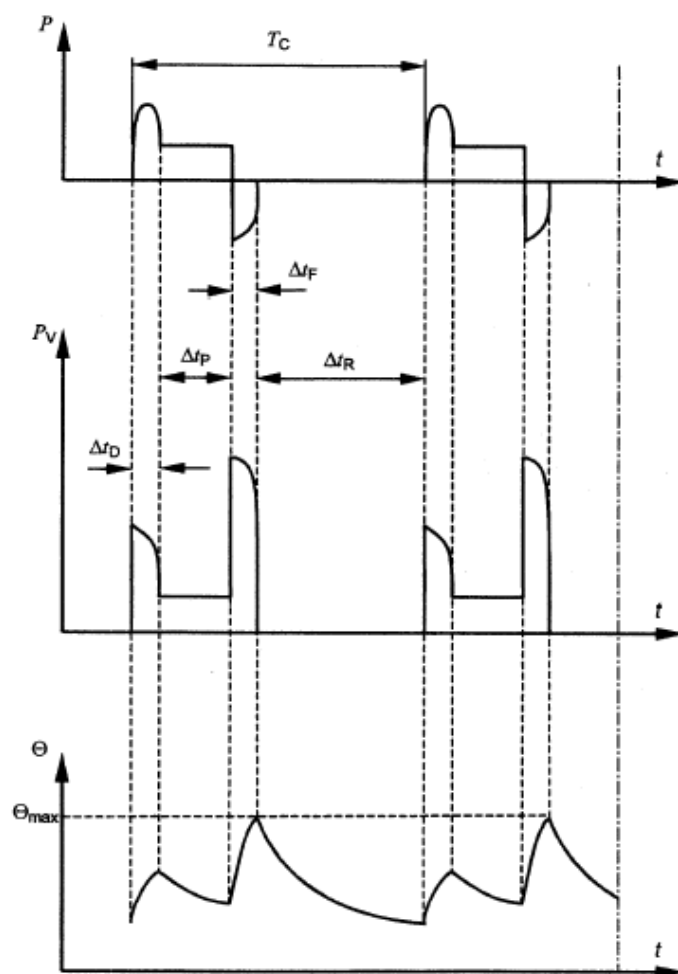
۵-۲-۴ کاردهی نوع S5 - کاردهی دوره‌ای متناوب با ترمز الکتریکی

یادآوری - منظور از کاردهی دوره‌ای آن است که تعادل حرارتی در زمان روشن بودن و تحت بار بدست نمی‌آید.

ترتیبی از چرخه‌های با کاردهی یکسان که هر کدام شامل یک زمان راه‌اندازی، یک زمان کارکرد با بار ثابت، یک زمان ترمز و یک زمان بدون تغذیه و سکون می‌باشد (به شکل ۵ مراجعه شود).

علامت اختصاری آن S5 است که به دنبال آن ضریب مدت دوره، گشتاور ماند موتور (J_M) و گشتاور ماند بار (J_{ext}) بیان می‌شود که هر دو از دید محور موتور می‌باشند.

مثال: S5 25% $J_M = 0.15 \text{ kg} \times \text{m}^2$ $J_{ext} = 0.7 \text{ kg} \times \text{m}^2$



راهنما:

زمان یک چرخه بار	T_C	بار	P
زمان شروع/شتاب‌گیری	Δt_D	تلفات الکتریکی	P_V
زمان کارکرد در بار ثابت	Δt_P	دما	Θ
زمان ترمز الکتریکی	Δt_F	بیشینه دمای ایجاد شده	Θ_{max}
زمان بدون تغذیه و سکون	Δt_R	زمان	t
ضریب دوره $(\Delta t_D + \Delta t_P + \Delta t_F) / T_C =$			

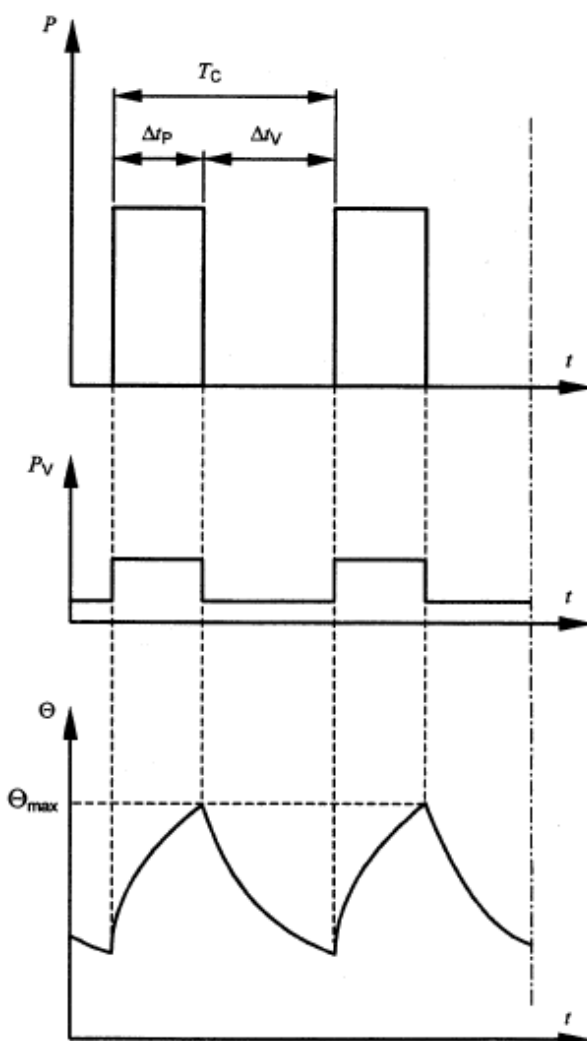
شکل ۵- کاردهی دوره‌ای متناوب با ترمز الکتریکی - کاردهی نوع S5

۶-۲-۴ کاردهی نوع S6 - کارکرد پیوسته

یادآوری - منظور از کاردهی دوره‌ای آن است که تعادل حرارتی در زمان روشن بودن و تحت بار بدست نمی‌آید.

ترتیبی از چرخه‌های با کاردهی یکسان که هر یک شامل یک زمان کارکرد با بار ثابت و یک زمان کارکرد در بی‌باری است و هیچ زمان بدون تغذیه و سکون وجود ندارد (به شکل ۶ مراجعه شود). علامت اختصاری آن S6 است که به دنبال آن ضریب مدت دوره نیز بیان می‌شود.

مثال: S6 40%



راهنما:

T_C زمان یک چرخه بار
 Δt_P زمان کارکرد در بار ثابت
 Δt_V زمان کارکرد در بی‌باری

P بار
 P_V تلفات الکتریکی
 Θ دما
 Θ_{max} بیشینه دمای ایجاد شده
 t زمان
 $\Delta t_P / T_C =$ ضریب دوره

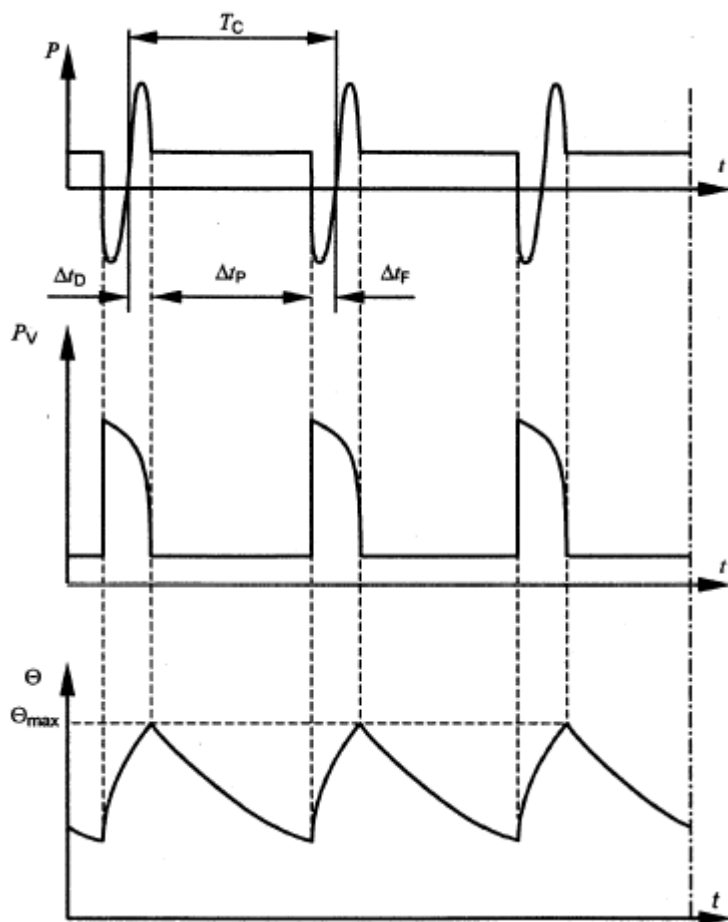
شکل ۶- کاردهی دوره‌ای با کارکرد پیوسته- کاردهی نوع S6

۷-۲-۴ کاردهی S7- کاردهی دوره‌ای با کارکرد پیوسته و ترمز الکتریکی

یادآوری- منظور از کاردهی دوره‌ای آن است که تعادل حرارتی در زمان روشن بودن و تحت بار بدست نمی‌آید.

توالی از چرخه‌های با کاردهی یکسان که هر یک شامل یک زمان راه‌اندازی، یک زمان کارکرد با بار ثابت و یک زمان ترمز الکتریکی می‌باشد. هیچ‌گونه زمان سکون و بدون تغذیه وجود ندارد (به شکل ۷ مراجعه شود). علامت اختصاری آن S7 است که به دنبال آن ضریب مدت دوره، گشتاور ماند موتور (J_M) و گشتاور ماند بار (J_{ext}) بیان می‌شود که هر دو از دید محور موتور است.

مثال: $S7 \quad J_M = 0.4 \text{ kg} \times \text{m}^2 \quad J_{ext} = 7.5 \text{ kg} \times \text{m}^2$



راهنما:

P	بار	T_C	زمان یک چرخه بار
P_V	تلفات الکتریکی	Δt_D	زمان شروع/شتاب گیری
Θ	دما	Δt_p	زمان کارکرد در بار ثابت
Θ_{max}	بیشینه دمای ایجاد شده	Δt_F	زمان ترمز الکتریکی
t	زمان		
	ضریب دوره = ۱		

شکل ۷- کاردهی دوره‌ای با کارکرد پیوسته و ترمز الکتریکی- کاردهی نوع S7

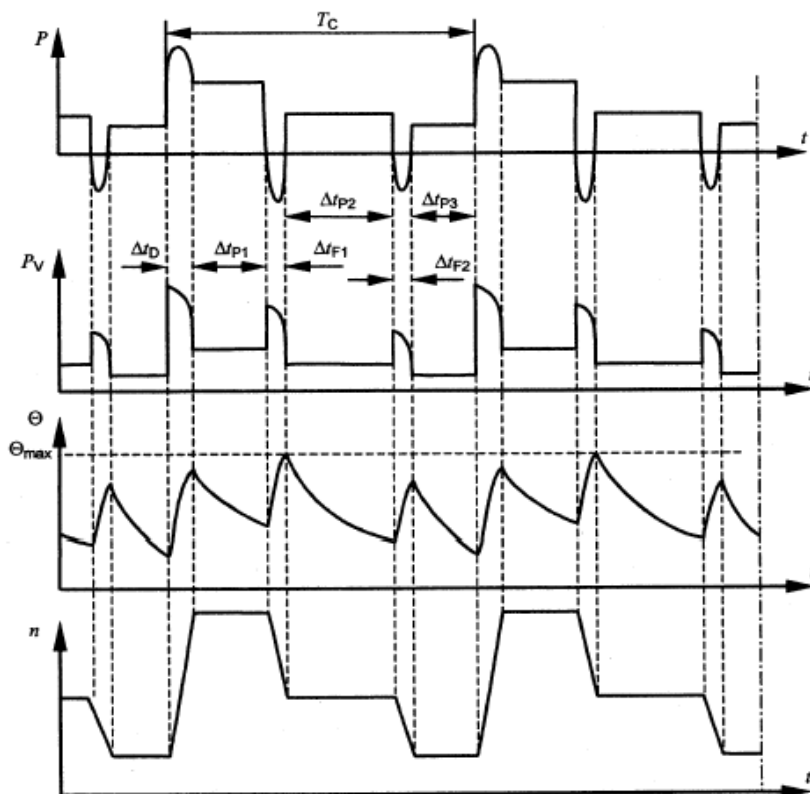
۸-۲-۴ کاردهی نوع S8 - کارکرد پیوسته با تغییرات بار / سرعت مرتبط

یادآوری - منظور از کاردهی دوره‌ای آن است که تعادل حرارتی در زمان روشن بودن و تحت بار بدست نمی‌آید.

ترتیبی از چرخه‌های با کاردهی یکسان که هر یک شامل یک زمان کارکرد با بار ثابت متناظر با سرعت دورانی از پیش تعیین شده که به دنبال آن یک یا چند زمان کارکرد دیگر با بارهای ثابت و سرعت‌های دورانی متفاوت متناظر با آن‌ها بیان می‌شود. (به عنوان مثال با تغییر تعداد قطب‌ها در موتور القایی) هیچ زمان بدون تغذیه و سکونی وجود ندارد (به شکل ۸ مراجعه شود).

علامت اختصاری آن S8 است که به دنبال آن گشتاور ماند موتور (J_M) و گشتاور ماند بار (J_{ext}) هر دو از دید محور موتور به همراه بار، سرعت و ضریب مدت دوره در هر یک از سرعت‌ها بیان می‌شود.

مثال:	30%	740 min^{-1}	16kW	$J_{ext}=6\text{kg} \times \text{m}^2$	$J_M=0.5 \text{ kg} \times \text{m}^2$	S8
	30%	1460 min^{-1}	40kW			
	40%	980 min^{-1}	25kW			



راهنما:

زمان یک چرخه بار	T_C	بار	P
زمان شروع/شتاب گیری	Δt_D	تلفات الکتریکی	P_V
زمان کارکرد در بار ثابت (P_3, P_2, P_1)	Δt_P	دما	Θ
زمان ترمز الکتریکی (F_2, F_1)	Δt_F	بیشینه دمای ایجاد شده	Θ_{max}
سرعت	n	زمان	t

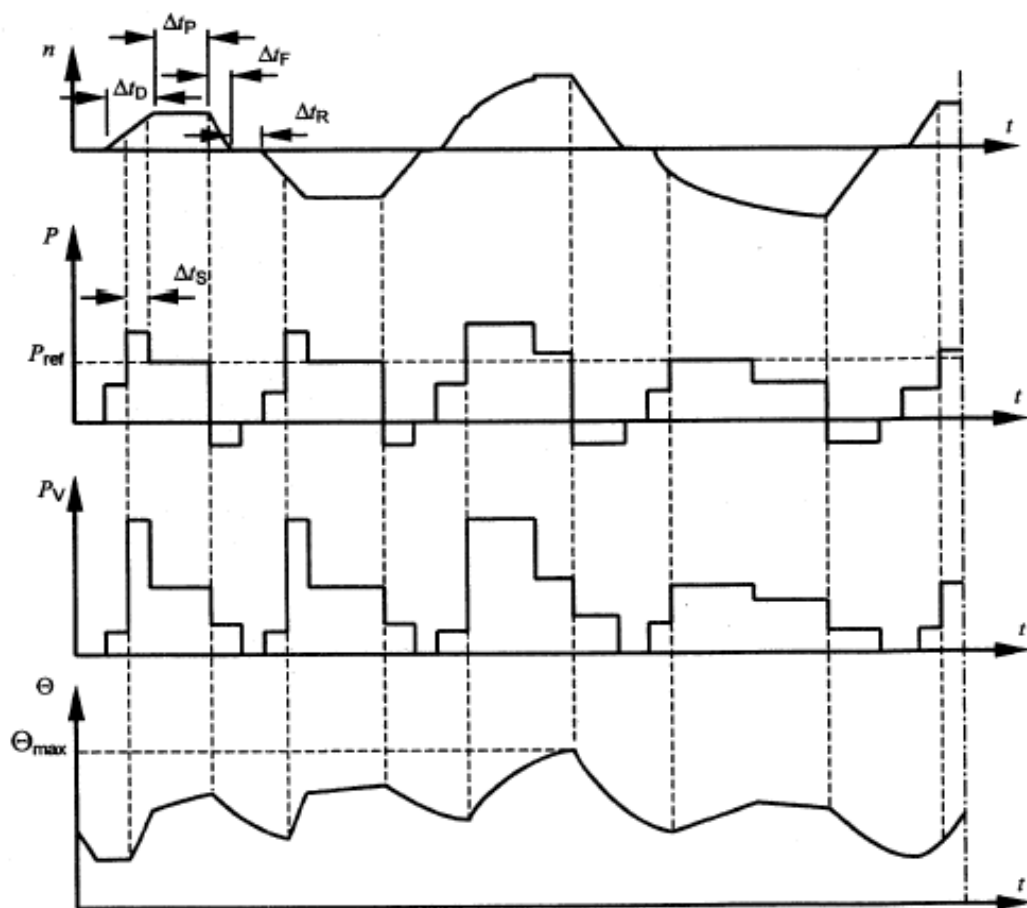
ضریب مدت دوره $= (\Delta t_D + \Delta t_{P1}) / T_C ; (\Delta t_{F1} + \Delta t_{P2}) / T_C ; (\Delta t_{F2} + \Delta t_{P3}) / T_C$

شکل ۸ - کاردهی دوره‌ای با کارکرد پیوسته با تغییرات بار / سرعت مرتبط - کاردهی نوع S8

۹-۲-۴ کاردهی نوع S9- کاردهی با بار و تغییرات سرعت غیردوره‌ای

کاردهی که در آن بار و سرعت به صورت غیردوره‌ای در محدوده مجاز کاری تغییر می‌کند. این نوع کاردهی مرتباً اضافه بارهایی که ممکن است خیلی از بار مرجع بیشتر باشد را اعمال می‌کند (به شکل ۹ مراجعه شود). علامت اختصاری آن S9 است.

برای این نوع کاردهی یک بار ثابت که به طور مناسبی انتخاب شده و براساس کاردهی نوع S1 تعیین می‌شود به عنوان مقدار مرجع (P_{ref} در شکل ۹) برای مفهوم اضافه بار داده می‌شود.



راهنما:

P	بار	Δt_D	زمان شروع/شتاب گیری
P_{ref}	بار مرجع	Δt_p	زمان کارکرد در بار ثابت
P_v	تلفات الکتریکی	Δt_F	زمان ترمز الکتریکی
Θ	دما	Δt_R	زمان بدون تغذیه و سکون
Θ_{max}	بیشینه دمای ایجاد شده	Δt_S	زمان زیر اضافه بار
t	زمان	n	سرعت

شکل ۹- کاردهی با بار غیر دوره‌ای و سرعت‌های متغیر - کاردهی نوع S9

۴-۲-۱۰ کاردهی نوع S10 - کاردهی با سرعت‌ها و بارهای ناپیوسته ثابت

کاردهی شامل تعداد خاصی از مقادیر ناپیوسته بار (یا بارهای معادل) و در صورت کاربرد سرعت است که هر ترکیب بار/ سرعت به مدت کافی تا رسیدن به تعادل حرارتی باقی بماند (به شکل ۱۰ مراجعه شود). کمترین بار چرخه کاردهی ممکن است صفر باشد (بی‌باری یا بدون تغذیه و سکون).

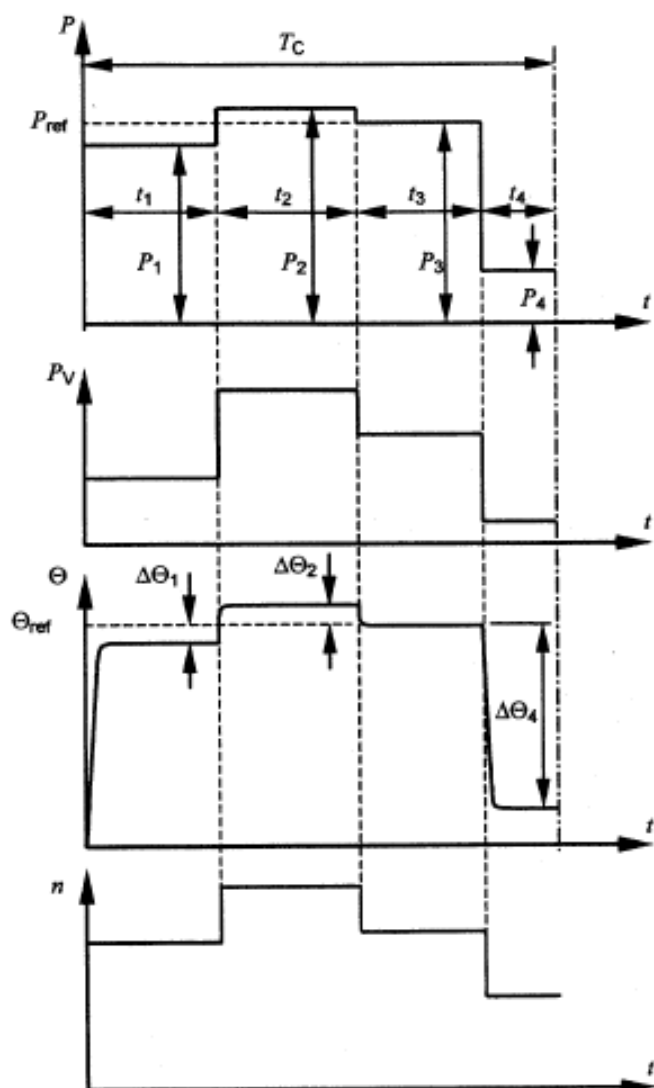
علامت اختصاری آن S10 است که به دنبال آن مقادیر بر واحد $p/\Delta t$ برای بار مربوط به خود و مدت زمان آن و مقدار بر واحد TL برای عمر حرارتی مربوطه مورد انتظار در سیستم عایقی بیان می‌شود. مقدار مرجع برای عمر حرارتی مورد انتظار، مقدار آن در شرایط اسمی در کاردهی پیوسته و محدوده مجاز افزایش دما براساس کاردهی نوع S1 است. در حالت بدون تغذیه و سکون بار با حرف r نمایش داده می‌شود.

مثال: $TL = 0,6$ $S10 \ p/\Delta t = 1,1/0,4; 1/0,3; 0,9/0,2, r/0,1$

مقدار TL باید به نزدیک ترین ضریب ۰/۵ گرد شود. توصیه‌های مربوط به اهمیت این پارامتر و بدست آوردن مقدار آن در پیوست الف داده شده است.

در این نوع کاردهی یک بار تقریباً ثابت براساس کاردهی نوع S1 انتخاب شده و به عنوان مقدار مرجع (P_{ref}) در شکل ۱۰) در بارهای ناپیوسته در نظر گرفته می‌شود.

معمولاً مقادیر ناپیوسته بار معادل بارگذاری است که از انتگرال بار بر روی یک دوره زمانی به دست می‌آید. ضرورتی ندارد که چرخه بارها دقیقاً با هم یکسان باشند، فقط کافی است بار در طول یک چرخه به اندازه‌ای که به تعادل دمایی برسد، ثابت باشد و برآیند هر چرخه بار همان عمر حرارتی نسبی مورد انتظار را ایجاد نماید.



راهنما:

P	بار	t_i	زمان در بار ثابت در یک چرخه
P_i	بار ثابت در یک چرخه بار	T_C	زمان در یک چرخه
P_{ref}	بار مرجع بر اساس کاردهی نوع S1	$\Delta\Theta_i$	اختلاف بین افزایش دمای سیم پیچ در هر یک از بارهای متغیر و افزایش
P_V	تلفات الکتریکی	Θ	دما
Θ	دما	n	سرعت
Θ_{ref}	دما در بار مرجع بر اساس کاردهی نوع S1		
t	زمان		

شکل ۱۰- کاردهی با بارهای ناپیوسته ثابت - کاردهی نوع S10

۵ مشخصات اسمی

۱-۵ تعیین مشخصات اسمی

مشخصات اسمی آنچنان که در زیربند ۲-۳ تعریف شد، باید توسط سازنده تعیین شود. در تعیین مشخصات اسمی، سازنده باید یکی از طبقه‌های مشخصات اسمی را که در زیربندهای ۱-۲-۵ تا ۶-۲-۵ تعریف شده است، انتخاب

کند. شناسه نوع کاردهی باید بعد از توان اسمی نوشته شود. چنانچه هیچ شناسه‌ای بیان نشده باشد، شناسه مربوط به کاردهی پیوسته منظور می‌شود.

اگر اجزاء جانبی (مانند راکتورها، خازن‌ها و غیره) توسط سازنده به عنوان قسمتی از ماشین نصب شوند، مقادیر اسمی باید بر اساس ترمینال‌های تغذیه کل ترکیب باشد.

یادآوری - این نکته در مورد ترانسفورماتورهای قدرت متصل شده بین ماشین و تغذیه به کار نمی‌رود.

در مورد تعیین مشخصات اسمی ماشین‌هایی که از مبدل‌های ایستگاه^۱ تغذیه می‌شوند یا آن‌ها را تغذیه می‌کنند، ملاحظات ویژه‌ای لازم است. استاندارد IEC TS 60034-25 راهنمایی برای این منظور است.

۲-۵ طبقه‌های مشخصات اسمی

۱-۲-۵ مشخصات اسمی مربوط به کاردهی پیوسته

مشخصات اسمی است که در آن ماشین می‌تواند در دوره زمانی نامحدودی کار کند، به شرطی که با الزامات این استاندارد مطابقت داشته باشد.

این طبقه از مشخصات اسمی متناظر با نوع کاردهی S1 است و مطابق با S1 مشخص می‌شود.

۲-۲-۵ مشخصات اسمی مربوط به کاردهی کوتاه‌مدت

مشخصات اسمی که در آن ماشین ممکن است در دوره زمانی محدودی که در دمای محیط راه‌اندازی می‌شود، کار کند، به شرطی که با الزامات این استاندارد مطابقت داشته باشد.

این طبقه از مشخصات اسمی متناظر با نوع کاردهی S2 است و مطابق با S2 مشخص می‌شود.

۳-۲-۵ مشخصات اسمی مربوط به کاردهی دوره‌ای

مشخصات اسمی است که در آن ماشین در چرخه‌های کاردهی کار کند، به طوری که با الزامات این استاندارد مطابقت داشته باشد. این طبقه از مشخصات اسمی متناظر با یکی از انواع کاردهی‌های نوع S3 تا S8 است و با شناسه مطابق با نوع کاردهی نشان داده می‌شود.

غیر از موارد مشخص شده، مدت یک چرخه کاردهی باید ۱۰ min باشد و ضریب مدت دوره باید یکی از مقادیر زیر باشد:

۱۵٪، ۲۵٪، ۴۰٪، ۶۰٪

۴-۲-۵ مشخصات اسمی مربوط به کاردهی غیر دوره‌ای

مشخصات اسمی است که در آن ماشین می‌تواند به صورت غیر دوره‌ای کار کند به طوری که با الزامات این استاندارد مطابقت داشته باشد.

این طبقه از مشخصات اسمی متناظر با نوع کاردهی S9 است و مطابق با S9 مشخص می‌شود.

۵-۲-۵ مشخصات اسمی مربوط به کاردهی ناپیوسته با بارها و سرعت ثابت

مشخصات اسمی است که در آن ماشین می‌تواند با بارها و سرعت‌های مربوط به کاردهی S10 برای مدت زمان نامشخص کار کند به طوری که با الزامات این استاندارد مطابقت داشته باشد. بیشینه بار مجاز در یک چرخه باید با بررسی همه بخش‌های ماشین درنظر گرفته شود، به عنوان مثال بررسی سیستم عایق بندی با توجه به معتبر بودن رابطه نمایی برای عمر حرارتی نسبی مورد انتظار، یاتاقان‌ها با توجه به درجه حرارت و سایر قسمت‌ها با توجه به انبساط دمایی. به جز در موارد تعیین شده در دیگر استانداردهای IEC مرتبط، بیشینه بار نباید بیش از ۱/۱۵ برابر مقدار بار براساس کاردهی S1 باشد. کمینه بار ممکن است صفر بوده و ماشین در حالت بی‌بار یا حالت بدون تغذیه و سکون باشد. ملاحظات مربوط به کاربرد این طبقه از مشخصات اسمی در پیوست الف آمده است.

این طبقه از مشخصات اسمی متناظر با نوع کاردهی S10 است و مطابق با S10 مشخص می‌شود.

یادآوری - در دیگر استانداردهای مرتبط، بیشینه بار برحسب دمای مجاز سیم‌پیچ (یا افزایش دمای مجاز) می‌تواند به جای بار بر واحد براساس کاردهی S1 تعیین شود.

۵-۲-۶ مشخصات اسمی مربوط به بارگذاری معادل ماشین

مشخصات اسمی است که برای آزمون کردن به کار می‌رود و در آن ماشین با بار ثابت تا رسیدن به تعادل حرارتی کار می‌کند. در این حالت افزایش دمای سیم‌پیچ استاتور به اندازه میانگین افزایش دمایی خواهد بود که در حین یکی از چرخه‌های بارگذاری نوع کاردهی مشخص شده ایجاد می‌شود.

توصیه می‌شود در تعیین مشخصات اسمی معادل، بار متغیر، سرعت و خنک‌سازی چرخه کاردهی را به حساب آورده شود.

اگر این طبقه از مشخصات اسمی به کار رود با (equ) مشخص می‌شود.

۵-۳ انتخاب یک طبقه از مشخصات اسمی

ماشینی که برای اهداف عمومی ساخته شده، باید مشخصات اسمی کاردهی پیوسته را داشته باشد و قادر به کارکرد با کاردهی نوع S1 باشد.

چنانچه خریدار کاردهی را مشخص نکرده باشد، کاردهی S1 به کار می‌رود و مشخصات اسمی تعیین شده، مشخصات اسمی در کاردهی پیوسته است.

اگر ماشینی برای داشتن مشخصات اسمی در کاردهی کوتاه مدت درنظر گرفته شود باید مشخصات اسمی آن براساس کاردهی نوع S2 باشد (به زیربند ۴-۲-۲ مراجعه شود).

اگر ماشینی برای تغذیه بارهای متغیر یا بارهایی شامل یک زمان بی‌باری و یا زمان‌هایی که ماشین به صورت بدون تغذیه و ساکن است درنظر گرفته شود، مشخصات اسمی باید مشخصات اسمی برای کاردهی دوره‌ای باشد و براساس انواع کاردهی از میان کاردهی‌های S3 تا S8 انتخاب شود (به زیربندهای ۴-۲-۳ تا ۴-۲-۸ مراجعه شود).

اگر ماشینی برای تغذیه غیر دوره‌ای بارهای متغیر در سرعت‌های متغیر و شامل اضافه بار درنظر گرفته شود، باید مشخصات اسمی آن براساس کاردهی دوره‌ای نوع S9 باشد (به زیربند ۴-۲-۹ مراجعه شود).

اگر ماشینی برای تغذیه بارهای ثابت ناپیوسته شامل اضافه بار یا بی‌باری (یا بدون تغذیه و سکون) در نظر گرفته شود، باید مشخصات آن براساس کاردهی با بارهای ثابت ناپیوسته و نوع S10 باشد (به زیربند ۴-۲-۱۰ مراجعه شود).

۴-۵ تخصیص توان‌های خروجی در هر طبقه از مشخصات اسمی

در تعیین طبقه مشخصات اسمی :

برای کاردهی نوع S1 تا S8 مقدار (مقادیر) تعیین شده برای بار (های) ثابت، باید مقدار (مقادیر) توان خروجی اسمی باشد (به زیربند ۴-۲-۱ تا ۴-۲-۸ مراجعه شود).
برای کاردهی نوع S9 و S10 مقدار بار مرجع براساس کاردهی S1 باید به عنوان توان خروجی اسمی در نظر گرفته شود (به زیربند ۴-۲-۹ و ۴-۲-۱۰ مراجعه شود).

۵-۵ توان خروجی اسمی

۱-۵-۵ مولدهای جریان مستقیم

توان خروجی اسمی، توان خروجی سرترمینال‌ها است که باید برحسب وات (W) بیان شود.

۲-۵-۵ مولدهای جریان متناوب

توان خروجی اسمی، توان ظاهری در ترمینال‌ها است و باید برحسب ولت - آمپر (VA)^۲ به همراه ضریب توان بیان شود.

ضریب توان اسمی برای مولدهای سنکرون باید ۰/۸ پس فاز (فوق تحریک)^۳ باشد مگر مقدار دیگری توسط خریدار تعیین شده باشد.

یادآوری - نمودار قابلیت P-Q (نمودار قدرت) گستره‌های عملکرد مولد را مشخص و جزئیات بیشتری در مورد عملکرد آن ارائه می‌دهد.

۳-۵-۵ موتورها

توان خروجی اسمی، توان مکانیکی در دسترس روی محور است و باید بر حسب وات (W) بیان شود.

یادآوری - در برخی از کشورها متداول است که توان مکانیکی در دسترس روی محور بر حسب اسب بخار (یک اسب بخار (hp)^۴ معادل ۷۴۵/۷ وات و یک چوال (ch)^۵ یا اسب بخار متری معادل ۷۳۶ وات است) بیان می‌شود.

۴-۵-۵ جبران‌کننده‌های سنکرون

توان خروجی اسمی، توان راکتیو در ترمینال‌ها است و باید به صورت ولت - آمپر راکتیو (VAR)^۶ به صورت پیش‌فاز (زیر تحریک) یا پس‌فاز (فوق تحریک) بیان شود.

1- Watts
2- Volt-amperes
3- Over-excited
4- Horsepower
5- Cheval
6- Volt-amperes reactive

۵-۶ ولتاژ اسمی

۵-۶-۱ مولدهای جریان مستقیم

در مولدهای جریان مستقیم که جهت کار در محدوده‌های نسبتاً کوچک ولتاژ در نظر گرفته می‌شوند، توان خروجی و جریان اسمی باید براساس حد بالای محدوده ولتاژ به کار گرفته شود، مگر اینکه مقدار دیگری تعیین شده باشد (به زیربند ۷-۳ مراجعه شود).

۵-۶-۲ مولدهای جریان متناوب

در مولدهای جریان متناوب که جهت کار در محدوده‌های نسبتاً کوچک ولتاژ در نظر گرفته می‌شوند، توان خروجی اسمی و ضریب توان باید به هر یک از مقادیر داخل این محدوده قابل اعمال باشد، مگر این‌که مقدار دیگری تعیین شده باشد (به زیربند ۷-۳ مراجعه شود).

۵-۷ هماهنگی ولتاژها و توان‌های خروجی

ساخت ماشین‌هایی از همه نوع مشخصات اسمی برای همه ولتاژهای اسمی عملی نیست. به طور کلی در ماشین‌های جریان متناوب براساس ملاحظات ساخت و طراحی، مقادیر ولتاژهای ترجیحی بیش از یک کیلوولت براساس توان‌های خروجی اسمی به صورت جدول ۱ است.

جدول ۱- ولتاژهای ترجیحی اسمی

ولتاژ اسمی (kV)	کمینه توان خروجی اسمی kW یا kVA
$1,0 < U_N \leq 3,0$	100
$3,0 < U_N \leq 6,0$	150
$6,0 < U_N \leq 11,0$	800
$11,0 < U_N \leq 15,0$	2500

۵-۸ ماشین‌های با بیش از یک مقدار اسمی

ماشین‌هایی که بیش از یک سری مشخصات اسمی دارند باید در کلیه موارد، در هر سری از مشخصات خود با الزامات این استاندارد مطابقت داشته باشند.

در ماشین‌های چند سرعتی باید برای هر سرعت یک سری مشخصات تعیین شود.

وقتی یک کمیت اسمی (توان خروجی، ولتاژ، سرعت و غیره) چندین مقدار داشته باشد یا در بین دو حد به طور پیوسته تغییر کند، مشخصات اسمی باید در این مقادیر یا محدوده‌ها بیان شود. این شرط در مورد تغییرات ولتاژ و فرکانس در حین کار براساس زیربند ۷-۳ و یا در اتصال ستاره / مثلث که جهت راه‌اندازی در نظر گرفته شده است، به کار نمی‌رود.

۶ شرایط محل

۱-۶ کلیات

محل ماشین‌ها، به غیر از موارد خاص، فارغ از حالت‌های در حین کار، توقف، انبارش و حمل و نقل باید شرایط محل زیر را داشته باشد. دماهای ورودی مایع خنک‌کننده برای انواع مختلف خنک‌سازی در جدول ۵ مشخص شده است. اگر شرایط محل کار از این مقادیر انحراف داشته باشد، به مقادیر اصلاحی داده شده در بند ۸ مراجعه کنید.

ماشین‌هایی که خارج از گستره شرایط محل این استاندارد کار می‌کنند، به شرایط ویژه نیاز خواهند داشت.

۲-۶ ارتفاع

ارتفاع نباید بیش از ۱۰۰۰ m بالاتر از سطح دریا باشد.

۳-۶ بیشینه دمای محیط

دمای محیط نباید بیش از 40°C باشد.

۴-۶ کمینه دمای محیط

به غیر از مواردی که بین مشتری و سازنده توافق شده باشد، دمای محیط نباید کمتر از 15°C باشد، مگر ماشین‌هایی که یکی از شرایط زیر را داشته باشند که در این صورت، دمای محیط نباید از صفر درجه سلسیوس کمتر باشد.

الف- توان خروجی اسمی بیشتر از (یا kVA) 3300 kW در هر 1000 min^{-1} ؛

ب- توان خروجی اسمی کمتر از (یا kVA) 600 W ؛

پ- کموتاتوری؛

ت- یاتاقان لغزشی^۱؛

ث- آب به عنوان ماده خنک‌کننده اولیه یا ثانویه.

۵-۶ دمای آب خنک‌کننده

برای دمای آب خنک‌کننده مرجع به جدول ۴ مراجعه کنید. برای سایر دماهای آب خنک‌کننده به جدول ۹ مراجعه کنید. دمای آب خنک‌کننده نباید کمتر از 5°C باشد.

۶-۶ توقف^۲، انبارش و حمل و نقل

هرگاه دما در حین حمل و نقل، انبارش یا بعد از نصب در توقف، کمتر از مقادیر مشخص شده در زیربند ۴-۶ باشد، خریدار باید کمینه دمای مورد نیاز را به سازنده اعلام کند.

یادآوری - ممکن است اندازه‌گیری‌های خاصی قبل از برق‌دار کردن ماشین، بعد از دوره‌های زمانی طولانی توقف، انبارش و حمل و

1- Sleeve bearing

2- Standstill

نقل لازم باشد. ممکن است اندازه‌گیری‌های خاصی در طی دوره‌های غیرکاری هم مورد نیاز باشد. به دستورالعمل سازنده مراجعه شود.

۶-۷ خلوص خنک‌کننده هیدروژنی

ماشین‌هایی که با هیدروژن خنک می‌شوند، باید توانایی کار در توان خروجی اسمی تحت شرایط اسمی با یک ماده خنک‌کننده که حداقل ۹۵٪ حجم آن هیدروژن است را داشته باشد.

یادآوری - بنابه ملاحظات ایمنی، حجم هیدروژن باید همیشه در مقدار ۹۰٪ یا بیشتر نگه داشته شود، فرض براین است که سایر گازهای موجود در مخلوط، هوا است.

به منظور محاسبه راندمان براساس استاندارد IEC 60034-2 (همه قسمت‌ها) ترکیب حجمی استاندارد مخلوط گاز خنک‌کننده باید ۹۸٪ هیدروژن و ۲٪ هوا، در مقادیر مشخصی از فشار و دمای گاز دوباره خنک شده باشد، مگر غیر از این توافق شده باشد. تلفات باد باید متناسب با چگالی گاز محاسبه شود.

۷ شرایط کارکرد الکتریکی

۱-۷ تغذیه الکتریکی

برای ماشین‌های جریان متناوب سه فاز، ۵۰ Hz یا ۶۰ Hz که مستقیماً به سیستم‌های توزیع یا مصرف وصل می‌شوند، ولتاژها باید مطابق با ولتاژهای اسمی استاندارد IEC 60038 باشند.

یادآوری - برای ماشین‌های بزرگ جریان متناوب ولتاژ بالا، ولتاژها را می‌توان با در نظر گرفتن عملکرد بهینه انتخاب کرد.

برای ماشین‌های جریان متناوب که به مبدل‌های ایستا متصل می‌شوند، این گونه محدودیت‌ها در مورد ولتاژ و فرکانس و شکل موج اعمال نمی‌شود. در این گونه موارد ولتاژهای اسمی براساس توافق انتخاب می‌شود.

برای ماشین‌های الکتریکی دارای سیستم‌های عایق‌بندی نوع I مطابق با استاندارد IEC 60034-18-41، که به طور خاص برای تغذیه با مبدل‌های منبع ولتاژ طراحی شده‌اند، سازنده می‌تواند کلاس عایقی ولتاژ ضربه (IVIC)^۱ را مطابق استاندارد IEC 60034-18-41 برای این سیستم عایق‌بندی تعیین کند. در این حالت، سیستم عایق‌بندی مناسب، کلاس عایقی ولتاژ ضربه C برای فاز به فاز و کلاس عایقی ولتاژ ضربه B برای فاز به زمین یا هر طور دیگری که بین کاربر و سازنده توافق شده باشد، توصیه می‌شود. سطح کلاس عایقی ولتاژ ضربه باید در اسناد و ترجیحاً در پلاک مشخصات آورده شود (به زیربند ۱۰-۲ مراجعه شود).

یادآوری - برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد ملاحظات ویژه برای ماشین‌های تغذیه شونده از طریق مبدل، به استاندارد IEC TS 60034-25 مراجعه شود.

هرگونه انتقال شینه^۲ یا اتصال مجدد سریع^۳ یک ماشین جریان متناوب که به عنوان مثال ممکن است بر اثر الزامات

1- Impulse voltage insulation class

2- Bus transfer

3- Fast reclosing

کدهای رفع افت ولتاژ کوتاه مدت^۱ شبکه رخ دهد، می‌تواند به قله‌های جریانی بسیار بزرگ منجر شود که قسمت انتهایی سیم‌پیچی استاتور را به خطر اندازد و می‌تواند قله گشتاور بسیار زیاد تا ۲۰ برابر گشتاور اسمی ایجاد کند که ساختار مکانیکی شامل کوپلینگ و راه‌انداز و تجهیزات راه‌اندازی را با خطر مواجه نماید. بنابراین انتقال شینه یا اتصال مجدد سریع فقط در صورتی که توسط سازندگان ماشین الکتریکی و تجهیزات راه‌اندازی تعیین و پذیرفته شده باشد، مجاز است. در خصوص توان‌های اسمی کوچکتر یا مساوی ۱۰ MW یا ۱۰ MVA، وصل مجدد آهسته بیش از ۱/۵ برابر ثابت زمانی مدار باز در صورتی که توسط سازندگان ماشین الکتریکی و تجهیزات محرکه تایید و پذیرفته شده باشد، مجاز است. در خصوص توان‌های اسمی بزرگتر از ۱۰ MW یا ۱۰ MVA، توصیه می‌شود کمینه زمان مجاز برای اتصال مجدد آهسته با استفاده از تحلیل گذرای سیستم کامل توسط یکپارچه‌ساز سیستم مشخص شود و در صورتی که توسط سازندگان ماشین الکتریکی و تجهیزات محرکه تایید و پذیرفته شده باشد، مجاز باشد.

۲-۷ شکل و تقارن ولتاژها و جریان‌ها

۱-۲-۷ موتورهای جریان متناوب

۱-۱-۲-۷ موتورهای جریان متناوبی که مشخصات اسمی آن‌ها برای استفاده از یک منبع تغذیه فرکانس ثابت تعیین شده‌اند، چنانچه از یک مولد جریان متناوب (خواه محلی و خواه به صورت شبکه) تغذیه شوند، باید مناسب برای کار با ولتاژ تغذیه‌ای باشند که ضریب هارمونیکی ولتاژ (HVF)^۲ آن بیش از مقادیر زیر نباشد:

- در موتورهای تک فاز و سه فاز که شامل موتورهای سنکرون می‌باشد و موتورهای طرح N (استاندارد IEC 60034-12) را در بر نمی‌گیرد، ۰/۰۲ (مگر در مواردی که سازنده غیر از این تعیین کرده باشد).
- برای موتورهای طرح N، ۰/۰۳

HVF از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$HVF = \sqrt{\sum_{n=2}^k \frac{u_n^2}{n}} \quad (۴)$$

که در آن:

u_n عبارتست از نسبت هارمونیک ولتاژ U_n به ولتاژ اسمی U_N ؛

n عبارتست از مرتبه هارمونیک (در موتورهای جریان متناوب هارمونیک سوم حذف می‌شود)؛
 $k = 13$.

موتورهای جریان متناوب سه‌فاز باید برای کار در سیستم ولتاژ سه فاز که مولفه توالی منفی آن در بلند مدت بیشتر از ۱٪ مولفه توالی مثبت نباشد و یا در کوتاه مدت کمتر از چند دقیقه بیش از ۱/۵٪ نباشد و مولفه توالی صفر آن بیش از ۱٪ مولفه توالی مثبت نباشد، مناسب باشند.

1- Voltage ride
 2- Harmonic Voltage Factor

چنانچه مقادیر محدود شده HVF و مؤلفه توالی منفی و صفر به طور همزمان در هنگام کار در بار اسمی اتفاق بیفتد، نباید باعث ایجاد هیچ دمای زیان آوری در موتور شود و توصیه می شود افزایش دمای حاصله یا دمای مربوط به حدود مشخص شده در این استاندارد نباید بیش از تقریباً 10 K باشد.

یادآوری - در مجاورت بارهای بزرگ تک فاز (مانند کوره های القایی) و در مناطق روستایی به ویژه در سیستم های مرکب از صنعتی و خانگی که ممکن است منابع تغذیه تولید اعوجاج بیش از حدود مجاز کنند، تمهیدات ویژه ای مورد نیاز است.

۲-۱-۲-۷ موتورهای جریان متناوب که توسط مبدل های ایستایی تغذیه می شوند باید مؤلفه های هارمونیکی بالاتر ولتاژ تغذیه را تحمل کنند. به استاندارد IEC TS 60034-25 مراجعه شود.

یادآوری - هرگاه ولتاژ تغذیه به صورت قابل ملاحظه ای غیر سینوسی باشد، مثلاً در تغذیه از مبدل های ایستایی، مقدار مؤثر شکل موج کامل و مؤلفه اصلی آن، هر دو در تعیین عملکرد ماشین جریان متناوب مؤثرند.

۲-۲-۷ مولدهای جریان متناوب

مولدهای جریان متناوب سه فاز باید برای تغذیه مدارهایی مناسب باشند که وقتی به وسیله ولتاژ سینوسی متعادل تغذیه می شوند :

الف- منجر به جریان هایی با ضریب هارمونیکی جریان (HCF)^۱ بیش از ۰٫۰۵ نشوند.

ب- منجر به جریان هایی دارای مولفه توالی منفی یا توالی صفر بیش از ۵٪ مولفه توالی مثبت نشود.

HCF از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$HCF = \sqrt{\frac{k}{\sum_{n=2}^k i_n^2}} \quad (5)$$

که در آن:

i_n عبارت است از نسبت هارمونیک جریان I_n به جریان اسمی I_N ،

n عبارتست از مرتبه هارمونیک،

$k=13$.

چنانچه محدودیت های مربوط به اعوجاج در شکل موج و عدم تعادل به طور همزمان هنگام کار در بار اسمی اتفاق افتد نباید در مولد هیچ گونه حرارت زیان آوری ایجاد شود و توصیه می شود که اضافه افزایش دمای حاصله و یا دمای مرتبط با حدود مجاز مشخص شده در این استاندارد تقریباً از 10 K بیشتر نشود.

۳-۲-۷ ماشین های سنکرون

غیر از موارد تعیین شده دیگر، ماشین های سنکرون سه فاز باید به صورت پیوسته در سیستم های نامتعادل قادر به کار باشند، به صورتی که هیچ یک از جریان های فازی، از جریان اسمی بیشتر نشود و نسبت جریان مؤلفه توالی منفی (I_2) به جریان اسمی (I_N) از مقادیر جدول ۲ بیشتر نشود. در حالت خطا نیز در صورتی که حاصل ضرب $(I_2/I_N)^2$ در زمان (t) از مقادیر جدول ۲ بیشتر نشود ماشین باید قادر به کار باشد.

جدول ۲- شرایط کارکردی در حالت عدم تعادل در ماشین‌های سنکرون

ردیف	نوع ماشین	بیشینه مقدار I_2/I_N در عملکرد پیوسته	بیشینه $(I_2/I_N)^2 \times t$ در حالت خطا بر حسب ثانیه
ماشین‌های قطب برجسته و ماشین‌های با تحریک آهنربای دائم			
۱	سیم‌پیچ‌های خنک‌شونده به طور غیرمستقیم موتورها مولدها جبران کننده های سنکرون	0,1 0,08 0,1	20 20 20
۲	سیم‌پیچ‌های استاتور و / یا میدان خنک‌شونده بطور مستقیم موتورها مولدها جبران کننده‌های سنکرون	0,08 0,05 0,08	15 15 15
ماشین‌های سنکرون روتور قطب صاف			
۳	سیم‌پیچ‌های روتور خنک‌شونده بطور غیرمستقیم : خنک‌شونده توسط هوا خنک‌شونده توسط هیدروژن	0,1 0,1	15 10
۴	سیم‌پیچ‌های روتور خنک‌شونده به طور مستقیم (خنک‌کنندگی داخلی) $350 \text{ MVA} \geq$ $900 \text{ MVA} \geq > 350 \text{ MVA}$ $1250 \text{ MVA} \geq > 900 \text{ MVA}$ $1600 \text{ MVA} \geq > 1250 \text{ MVA}$	0,08 به یادآوری ۱ مراجعه شود. به یادآوری ۱ مراجعه شود. 0,05	8 به یادآوری ۲ مراجعه شود. 5 5
یادآوری ۱- برای این گونه ماشین‌ها، مقدار I_2/I_N به صورت زیر محاسبه می شود			
$\frac{I_2}{I_N} = 0,08 - \frac{S_N - 350}{3 \times 10^4}$			
یادآوری ۲- برای این ماشین‌ها $t \times (I_2/I_N)^2$ ، بر حسب ثانیه به صورت زیر محاسبه می‌شود :			
$\left(\frac{I_2}{I_N}\right)^2 \times t = 8 - 0,00545(S_N - 350)$			
در این دو یادآوری ، S_N عبارتست از توان اسمی ظاهری برحسب مگاوات آمپر.			

۴-۲-۷ موتورهای جریان مستقیم تغذیه شونده با مبدل‌های توان ایستایی

در صورتی که یک موتور جریان مستقیم از طریق یک مبدل توان ایستایی تغذیه شود، ولتاژ و جریان ضربانی بر عملکرد ماشین مؤثر خواهد بود، تلفات و افزایش دما بالا خواهد رفت و کموتاسیون در مقایسه با موتورهای که توسط یک منبع تغذیه جریان مستقیم خالص تغذیه می‌شود، مشکل‌تر خواهد بود.

لذا ضرورت دارد موتورهایی که دارای توان خروجی اسمی بیش از ۵ kW هستند و برای تغذیه آن‌ها مبدل توان ایستایی در نظر گرفته شده است، برای کار با یک منبع تغذیه با مشخصات خاص طراحی شوند و اگر سازنده موتور ضروری دانست یک اندوکتانس خارجی جهت کاهش اعوجاج در نظر گرفته شود.

منبع تغذیه مبدل توان ایستایی باید به وسیله یک کد شناسایی بشرح زیر مشخص شود :

$$[CCC - U_{aN} - f - L]$$

که در آن:

CCC عبارتست از کد شناسایی از جدول ۳، براساس استاندارد IEC 61148 ؛
 U_{aN} شامل سه یا چهار رقم که مشخص‌کننده ولتاژ اسمی متناوب در ترمینال‌های ورودی مبدل برحسب ولت است.

f شامل دو رقم که مشخص‌کننده فرکانس اسمی ورودی برحسب هرتز است.
 L شامل یک، دو یا سه رقم که مشخص‌کننده اندوکتانس سری برحسب میلی‌هانری است که باید به مدار آرمیچر موتور اضافه شود. اگر این رقم صفر باشد، اندوکتانس سری حذف شده است.

جدول ۳- تعیین نماد CCC

کد شناسایی CCC	پیکربندی ۱ جفت (نام پیکربندی)	شماره جفت «m» برای بازوها در استاندارد IEC 61148	شماره زیربند و عنوان در استاندارد IEC 61148
نوع A	تریستور + تریستور (پل کامل)	$m = 3$	۵-۳-۲ اتصال پل
نوع B	تریستور + دیود (پل مختلط)	$m = 3$	مشابه بالا
نوع C	تریستور + تریستور (پل کامل)	$m = 2$	مشابه بالا
نوع D	تریستور + دیود (پل مختلط)	$m = 2$	مشابه بالا

موتورهایی که دارای توان خروجی اسمی کمتر از ۵ kW هستند، به جای اینکه به یک نوع مشخصی از مبدل توان ایستایی متصل گردند، ممکن است برای کار با هر مبدل توان ایستایی، با و یا بدون اندوکتانس خارجی طراحی شوند مشروط بر آن که ضریب شکلی اسمی که موتور براساس آن طراحی شده است از حد

مجاز بیشتر نشود و سطح عایقی مدار آرمیچر موتور با ولتاژ اسمی متناوب در ترمینال‌های ورودی مبدل توان ایستایی متناسب باشد.

در کلیه حالت‌ها، نوسانات جریان خروجی مبدل توان ایستایی به اندازه‌ای کوچک فرض می‌شود تا ضریب ریزل جریان بیشتر از ۰/۱ شرایط اسمی نشود.

۳-۷ تغییرات ولتاژ و فرکانس در هنگام کار

برای ماشین‌های جریان متناوبی که با یک منبع تغذیه فرکانس ثابت (مولد محلی یا شبکه) کار می‌کنند، ترکیب تغییرات ولتاژ و فرکانس براساس ناحیه A یا B شکل ۱۱ برای مولدها و کندانسورهای سنکرون و شکل ۱۲ برای موتورهای طبقه‌بندی می‌شود.

در مورد ماشین‌های جریان مستقیم، هنگامی که مستقیماً به یک شینه جریان مستقیم معمولاً ثابت متصل شده‌اند، ناحیه A و B فقط برای ولتاژها به کار می‌روند.

هر ماشین باید قادر به تأمین عملکرد اولیه به صورت پیوسته داخل ناحیه A طبق جدول ۳ باشد، اما ضرورتی ندارد که با عملکردش در ولتاژ و فرکانس اسمی (نقطه اسمی در شکل‌های ۱۱ و ۱۲ ملاحظه شود) کاملاً منطبق باشد و ممکن است انحراف‌هایی نشان دهد. افزایش دما ممکن است از افزایش دما در ولتاژ و فرکانس اسمی، بیشتر شود.

هر ماشین باید قادر به تأمین عملکرد اولیه خود در ناحیه B باشد، اما ممکن است انحراف‌های بیشتری از عملکردش در ولتاژ و فرکانس اسمی در ناحیه A نشان دهد. افزایش دما ممکن است از افزایش دما در ولتاژ و فرکانس اسمی بیشتر شود و به احتمال زیاد بالاتر از مقادیر آن در ناحیه A خواهد بود. گسترش عملکرد به مرز ناحیه B توصیه نمی‌شود.

در کاربردهای عملی و شرایط کاری مختلف گاهی نیاز است که یک ماشین خارج از ناحیه A کار کند. چنین انحرافی باید از نظر مقدار، مدت عمل و تعداد دفعاتی که اتفاق افتاده محدود شود. در صورتی که عملی باشد، در یک زمان معقول باید مقادیر اصلاحی، مثل کاهش در توان خروجی، در نظر گرفته شود. چنین عملی ممکن است از کاهش عمر ماشین به دلیل اثرات دمایی جلوگیری کند.

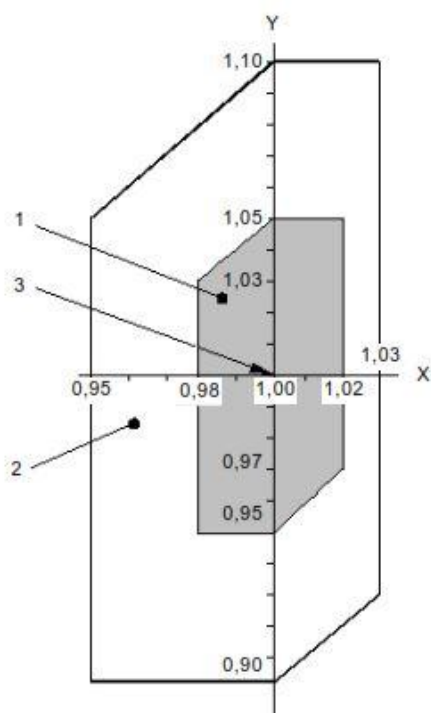
یادآوری ۱ - مطابق با این استاندارد، حدود مجاز افزایش دما یا دما، در نقطه اسمی کاربرد دارد و ممکن است هنگامی که نقطه کار از نقطه اسمی فاصله می‌گیرد، آن حدود به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یابد. برای شرایط مرزی خارج از ناحیه A، افزایش دما و دماها عموماً از مقادیر مجاز در این استاندارد تقریباً $K \pm 10$ بیشتر می‌شود.

یادآوری ۲ - یک موتور جریان متناوب فقط هنگامی با کمترین حد از ولتاژ راه‌اندازی می‌شود که گشتاور راه‌اندازی دقیقاً با گشتاور مخالف بار یکسان باشد ولی این مورد از ملزومات این بند نیست. برای بررسی عملکرد در حین راه‌اندازی موتورهای طرح N به استاندارد IEC 60034-12 مراجعه شود.

یادآوری ۳ - برای ماشین‌های در دامنه کاربرد استاندارد IEC 60034-3 حدود ولتاژ و فرکانس متفاوتی کاربرد دارد.

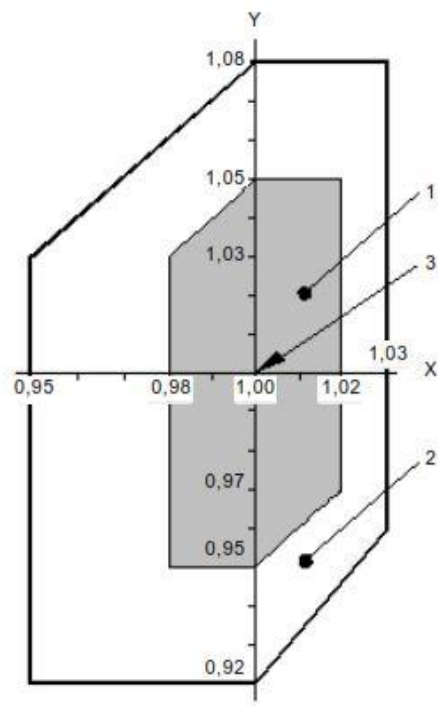
جدول ۴- عملکردهای اولیه ماشین‌ها

ردیف	نوع ماشین	مشخصه اصلی
۱	مولد جریان متناوب به استثناء ردیف ۵	توان ظاهری اسمی (kVA) در ضریب توان اسمی که به صورت مجزا قابل کنترل است.
۲	موتورهای جریان متناوب به استثناء ردیف ۳	گشتاور اسمی (Nm)
۳	موتور سنکرون	گشتاور اسمی (Nm). با سیستم تحریکی که جریان میدان یا ضریب توان را در مقادیر اسمی نگه می‌دارد و به صورت مجزا قابل کنترل است
۴	کندانسورهای سنکرون	توان راکتیو اسمی (kVar) در داخل ناحیه کار مولد، (به شکل ۱۱ مراجعه شود) مگر توافق دیگری شده باشد.
۵	مولد سنکرون با محرک توربین‌های بخار یا توربین‌های گازی احتراقی با توان خروجی اسمی $\leq 10 \text{ MVA}$	به استاندارد IEC 60034-3 مراجعه شود
۶	مولد جریان مستقیم	توان خروجی اسمی (kW)
۷	موتور جریان مستقیم	گشتاور اسمی (Nm)، در موتور با تحریک موازی، تحریک برابر مقدار سرعت اسمی است که به صورت جداگانه کنترل می‌شود.



محور X فرکانس بر واحد
محور Y ولتاژ بر واحد

شکل ۱۲- محدوده‌های فرکانس و ولتاژ در موتورهای



راهنما:
1 ناحیه A
2 ناحیه B (خارج ناحیه A)
3 نقطه مشخصات اسمی

شکل ۱۱- محدوده‌های فرکانس و ولتاژ در مولدها

۴-۷ کارکرد ماشین‌های جریان متناوب سه فاز در سیستم‌های زمین نشده

ماشین‌های جریان متناوب سه فاز باید برای کارکرد پیوسته در سیستمی که نقطه خنثی آن پتانسیل زمین و یا نزدیک به آن است، مناسب باشند. همچنین باید برای کار در سیستم‌های زمین نشده دارای یک خط هم پتانسیل زمین برای زمان‌های کوتاه که به ندرت اتفاق می‌افتد، مثلاً در طول زمان مورد نیاز جهت رفع خطا مناسب باشند. در این حالت چنانچه کار مداوم ماشین یا کار در دوره‌های طولانی مدت مورد نظر باشد، ماشینی با یک سطح عایقی مناسب مورد نیاز خواهد بود.

اگر سیم‌پیچ دارای عایقی مشابه ترمینال خط و خنثی نباشد باید توسط سازنده اعلام شود.

زمین کردن یا متصل کردن نقاط خنثی در ماشین، نباید بدون مشورت با سازنده ماشین صورت گیرد، زیرا خطر مولفه توالی صفر جریان در همه فرکانس‌ها و در برخی شرایط کاری وجود داشته و خطر صدمات مکانیکی به سیم‌پیچی نیز در صورت خطای اتصال فاز به نقطه خنثی وجود دارد.

۵-۷ سطوح تحمل ولتاژ (قله و گرادیان)

برای ماشین‌های جریان متناوب، سازنده باید در صورت درخواست مشتری مقدار مجاز قله ولتاژ و گرادیان ولتاژ در کارکرد پیوسته را اعلام نماید.

برای ماشین‌های مورد استفاده در سیستم‌های محرک قدرت (PDS)، به استاندارد IEC TS 60034-25 هم مراجعه شود.

برای ماشین‌های دارای کلاس عایقی ولتاژ ضربه معین، به استاندارد IEC 60034-18-41، در حالتی که ماشین برای کار بدون تخلیه‌های جزئی طراحی شده مراجعه شود.

برای ماشین‌های جریان متناوب ولتاژ بالا به استاندارد IEC 60034-15 هم مراجعه شود.

برای فواصل هوایی و خزشی سیم‌های مسی بدون روکش به استاندارد IEC 60664-1 مراجعه شود.

۸ عملکرد و آزمون‌های حرارتی

۱-۸ طبقه حرارتی

برای سیستم‌های عایق‌بندی ماشین‌ها باید براساس استاندارد IEC 60085 یک طبقه حرارتی تعیین شود.

سازنده ماشین مسئول است نتایج حاصله از آزمون طول عمر حرارتی را برحسب قسمت مناسب از استاندارد IEC 60034-18 تفسیر کند.

یادآوری ۱ - طبقه حرارتی یک سیستم عایق‌بندی جدید نباید مستقیماً با در نظر گرفتن توانایی حرارتی هر یک از مواد به کار رفته در آن تعیین شود.

یادآوری ۲ - استفاده از سیستم عایقی موجود تا زمانی که به واسطه تجربه خدمتی مناسب صحت آن مورد تأیید باشد، مجاز است.

۲-۸ ماده خنک‌کننده مرجع

ماده خنک‌کننده مرجع برای هر روش خنک‌سازی ماشین در جدول ۵ داده شده است.

جدول ۵- ماده خنک‌کننده مرجع (به جدول ۱۱ مراجعه شود)

ردیف	ماده خنک کننده اولیه	روش خنک سازی	ماده خنک کننده ثانویه	شماره جدول	جدول اشاره شده در ستون ۵ مشخص کننده حدود مجاز متغیرهای زیر می باشد	ماده خنک کننده مرجع
۱	هوا	غیر مستقیم	---	۷	افزایش دما	هوای محیط دمای مرجع: ۴۰° C
۲	هوا		هوا	۷		
۳	هوا		آب	۷		ماده خنک کننده در ورودی ماشین یا آب محیطی دمای مرجع گاز خنک کننده در ورودی ماشین: ۴۰° C دمای مرجع آب محیطی: ۲۵° C
۴	هیدروژن		آب	۸		
۵	هوا	مستقیم	—	۱۲	دما	هوای محیط دمای مرجع: ۴۰° C
۶	هوا		هوا	۱۲		
۷	هوا		آب	۱۲		گاز در ورودی ماشین یا مایع در ورودی سیم پیچ ها دمای مرجع: ۴۰° C
۸	هیدروژن یا مایع		آب	۱۲		
یادآوری- توان ماشین با سیم پیچ های خنک شونده به طور غیرمستقیم و یک مبدل حرارتی خنک شونده با آب ممکن است با استفاده از خنک کننده اولیه یا ثانویه به عنوان خنک کننده مرجع تعیین شود. (همچنین جهت اطلاع به زیربند ۱۰-۲ پلاک مشخصات مراجعه شود). توان ماشین غوطه ور با خنک سازی به روش پوشش آب باید با استفاده از خنک کننده ثانویه به عنوان خنک کننده مرجع تعیین شود.						

اگر ماده خنک‌کننده سومی به کار رود، میزان افزایش دمای اشاره شده در جدول ۵، باید بر مبنای میزان افزایش دمای ماده خنک‌کننده اولیه یا ثانویه اندازه‌گیری شود.

یادآوری - ممکن است نوع خنک‌کنندگی ماشین به صورتی باشد که بیش از یکی از ردیف‌های جدول ۵ برای آن کاربرد داشته باشد، در چنین مواردی می‌توان از مواد خنک‌کننده مرجع مختلف برای سیم‌پیچ‌های متفاوت استفاده کرد.

۳-۸ شرایط آزمون‌های حرارتی

۱-۳-۸ منبع تغذیه الکتریکی

در طی آزمون حرارتی یک ماشین جریان متناوب ضریب هارمونیک ولتاژ (HVF) منبع تغذیه نباید بیش از ۰/۰۱۵ باشد و مؤلفه توالی منفی سیستم ولتاژ باید کمتر از ۰/۵٪ مؤلفه توالی مثبت باشد و اثر مؤلفه توالی صفر

حذف شده باشد.

با توافق، مؤلفه توالی منفی سیستم جریان‌ها می‌تواند به جای مؤلفه توالی منفی سیستم ولتاژها اندازه‌گیری شود. مؤلفه توالی منفی سیستم جریان‌ها نباید بیش از ۲٫۵٪ مؤلفه توالی مثبت باشد.

۸-۳-۲ دمای ماشین قبل از آزمون

چنانچه دمای سیم‌پیچ به روش افزایش مقاومت الکتریکی تعیین شود، اختلاف دمای سیم‌پیچ اولیه با دمای ماده خنک‌کننده نباید بیشتر از ۲ K باشد.

اختلاف دمای ماشینی که در مشخصات کار کوتاه مدت (کاردهی نوع S2) آزمون می‌شود با دمای ماده خنک‌کننده باید در آغاز آزمون‌های حرارتی کمتر از ۵ K باشد.

۸-۳-۳ دمای ماده خنک‌کننده

یک ماشین می‌تواند در هر مقدار مناسبی از دمای خنک‌کننده آزمون شود. به جدول ۱۱ (برای سیم‌پیچ‌های خنک‌شونده به طور غیرمستقیم) یا جدول ۱۴ (برای سیم‌پیچ‌های خنک‌شونده به طور مستقیم) مراجعه شود.

۸-۳-۴ اندازه‌گیری دمای ماده خنک‌کننده در طول آزمون

۸-۳-۴-۱ کلیات

مقدار پذیرفته شده به عنوان دمای خنک‌کننده در طول آزمون باید میانگین مقادیر خوانده شده از آشکارسازهای دما در فواصل زمانی مساوی در یک چهارم آخر مدت آزمون باشد. به منظور کاهش خطاهای ناشی از تأخیر زمانی بین تغییر دمای ماشین‌های بزرگ و به دنبال آن تغییرات دمایی ماده خنک‌کننده، کلیه احتیاط‌های منطقی جهت کاهش این گونه تغییرات باید به عمل آید.

۸-۳-۴-۲ ماشین‌های بسته بدون مبدل‌های حرارتی (خنک‌شونده با هوای محیط یا گاز)

دمای هوای محیط و یا گاز باید توسط چندین آشکارساز دما که در نقاط مختلف اطراف و نیمه بالای ماشین که در فاصله ۱ m تا ۲ m از آن قرار دارد، اندازه‌گیری شود. هر آشکارساز باید در برابر تشعشعات حرارتی و جریان‌های هوا محافظت شده باشد.

۸-۳-۴-۳ ماشین‌های باز و ماشین‌های خنک‌شونده با هوا یا گاز از یک منبع دور از ماشین از طریق

مجاری تهویه و ماشین‌های خنک‌شونده با یک سیستم مجزای نصب شده مبدل حرارتی

دمای خنک‌کننده اولیه باید در محل ورود به ماشین اندازه‌گیری شود.

۸-۳-۴-۴ ماشین‌های بسته با مبدل حرارتی نصب شده یا با سیستم مبدل حرارتی داخلی

دمای خنک‌کننده اولیه باید در محل ورود به ماشین اندازه‌گیری شود. دمای خنک‌کننده ثانویه باید در محل ورود به سیستم مبدل حرارتی اندازه‌گیری شود.

۸-۴ افزایش دمای یک قسمت از ماشین

افزایش دمای $\Delta\theta$ مربوط به یک قسمت از ماشین برابر است با اختلاف دمای آن قسمت که با روشی مناسب مطابق

زیربند ۸-۵ اندازه‌گیری شده و دمای خنک‌کننده که مطابق زیربند ۸-۳-۴ اندازه‌گیری شده است. جهت مقایسه با حدود مجاز افزایش دما (جدول ۷ یا ۸) یا حدود مجاز دما (جدول ۱۲)، در صورت امکان دما باید بلافاصله قبل از خاموش شدن ماشین در پایان آزمون حرارتی براساس زیربند ۸-۷ اندازه‌گیری شود. اگر این روش امکان‌پذیر نباشد، برای مثال وقتی از روش اندازه‌گیری مستقیم مقاومت استفاده می‌شود به زیربند ۸-۶-۳ مراجعه شود. برای ماشین‌هایی که با کاردهی دوره‌ای (کاردهی S3 تا S8) آزمون می‌شوند، دما باید در پایان آزمون و در وسط دوره‌ای که باعث بیشترین گرما در آخرین چرخه کاری می‌شود، گرفته شود (به زیربند ۸-۷-۳ مراجعه شود).

۸-۵ روش‌های اندازه‌گیری دما

۸-۵-۱ کلیات

سه روش برای اندازه‌گیری دمای سیم‌پیچ‌ها و دیگر قسمت‌ها شناخته شده است.

- روش مقاومتی؛
- روش استفاده از آشکارسازهای دما، تعبیه شده در داخل ماشین ETD^۱؛
- روش دماسنجی.

روش‌های متفاوت فوق نباید برای سنجش یکدیگر به کار روند. برای آزمون غیر مستقیم به استاندارد IEC 60034-29 مراجعه شود.

۸-۵-۲ روش مقاومتی

در این روش، دمای سیم‌پیچ‌ها براساس افزایش مقاومت آن‌ها تعیین می‌شود.

۸-۵-۳ روش استفاده از آشکارسازهای دما، تعبیه شده در داخل ماشین (ETD)

دما به وسیله آشکارسازهای دما (به عنوان مثال دماسنج‌های مقاومتی، ترموکوپل‌ها و یا سنجش‌گرهای نیمه هادی با ضریب منفی) تعیین می‌شود. این آشکارسازها به هنگام ساخت در داخل ماشین (در نقاطی که پس از ساخت کامل ماشین، در دسترس نیستند) قرار داده می‌شود.

۸-۵-۴ روش دماسنجی

دما به وسیله دماسنج‌هایی که در سطوح قابل دسترس یک ماشین کامل قرار گرفته، تعیین می‌شود. واژه دماسنج نه تنها شامل دماسنج‌های حبابی است، بلکه ترموکوپل‌های بیرونی ماشین و دماسنج‌های مقاومتی را نیز در برمی‌گیرد. وقتی از دماسنج حبابی در جایی که میدان مغناطیسی متغیر یا متحرک قوی وجود دارد، استفاده می‌شود باید به جای دماسنج‌های جیوه‌ای، از دماسنج‌های الکلی استفاده شود.

۸-۶ تعیین دمای سیم پیچ

۸-۶-۱ انتخاب روش

به طور کلی برای اندازه گیری دمای سیم پیچ های یک ماشین باید از روش مقاومتی براساس زیربند ۸-۵-۱ استفاده شود (به زیربند ۸-۶-۲-۳-۳ مراجعه شود).

برای سیم پیچ های استاتور ماشین های جریان متناوبی که توان خروجی اسمی 5000 kW (یا kVA) یا بیشتر دارند، باید روش ETD را به کار برد.

برای سیم پیچ های استاتور ماشین های جریان متناوبی که توان خروجی کمتر از 5000 kW (یا kVA) و بیشتر از 200 kW (یا kVA) دارند، سازنده باید یکی از دو روش مقاومتی یا ETD را انتخاب کند مگر آنکه توافق دیگری حاصل شده باشد.

در سیم پیچ های استاتور ماشین های جریان متناوبی که توان خروجی اسمی کمتر یا مساوی 200 kW (یا kVA) داشته باشند، سازنده باید شیوه اندازه گیری مستقیم یا روش مقاومتی به شیوه جمع آثار را انتخاب کند (به زیربند ۸-۶-۲-۱ مراجعه کنید) مگر آنکه توافق دیگری حاصل شده باشد (موارد زیر را در نظر بگیرید).

برای ماشین هایی که توان خروجی اسمی کمتر یا مساوی 600 W (یا VA) دارند، چنانچه سیم پیچ ها غیریکنواخت بوده یا در اثر انجام اتصالات لازم ایجاد پیچیدگی کند ممکن است دما به وسیله دماسنج ها تعیین شود. باید حدود افزایش دمای مجاز مطابق جدول ۸، ردیف ۱-ت برای روش مقاومتی اعمال شود. روش دماسنجی برای موارد زیر پذیرفته شده است :

الف- هنگامی که تعیین افزایش دما به روش مقاومتی عملی نباشد. برای مثال در مورد سیم پیچ های کم مقاومت قطب های کمکی و سیم پیچ های جبران کننده و به طور کلی در مواردی که سیم پیچ ها کم مقاومت باشند، به ویژه هنگامی که مقاومت اتصالات بخش مهمی از کل مقاومت را تشکیل می دهد؛

ب- سیم پیچ های یک لایه، گردان و یا ساکن؛

پ- در طول آزمون های تک تک بر روی ماشین هایی که به صورت انبوه تولید شده اند.

برای سیم پیچ های استاتور در ماشین های جریان متناوب که در هر شیار تنها یک بازوی کلاف^۱ دارند، جهت مطابقت با این استاندارد نباید از روش ETD استفاده شود. در این موارد از روش مقاومتی استفاده می شود.

یادآوری - به منظور بررسی دمای چنین سیم پیچ هایی در حین کار، آشکارساز دمای تعبیه شده در انتهای شیار، دارای اهمیت کمی است زیرا عمدتاً دمای هسته آهنی را نشان می دهد. آشکارساز دمایی که بین سیم پیچ و گوه قرار دارد با دقت بیشتری دمای سیم پیچ را نشان می دهد و لذا برای بررسی در حین کار بهتر است. از آنجا که دما در آن قسمت ممکن است نسبتاً کم باشد ارتباط بین آن و دمایی که با روش مقاومتی اندازه گیری می شود، باید با آزمون حرارتی تعیین شود.

برای سیم پیچ های دیگر که در هر شیار تنها یک بازوی کلاف دارند و برای قسمت های انتهای سیم پیچی جهت مطابقت با این استاندارد نباید از روش ETD استفاده شود.

برای سیم پیچی آرمیچرهای کموتاتوردار و سیم پیچ های تحریک، روش مقاومتی مورد قبول است. در مورد

1- Coil-side

سیم‌پیچ‌های تحریک ثابت در ماشین‌های جریان مستقیم که بیش از یک لایه دارند، از روش ETD می‌توان استفاده کرد.

۸-۶-۲ تعیین افزایش دما به روش مقاومتی

۸-۶-۲-۱ اندازه‌گیری

یکی از روش‌های زیر باید به کار رود:

- اندازه‌گیری مستقیم با استفاده از یک وسیله اندازه‌گیری با گستره مناسب در ابتدا و انتهای آزمون؛
- اندازه‌گیری به وسیله ولتاژ یا جریان مستقیم در سیم‌پیچ‌های جریان مستقیم، با اندازه‌گیری جریان درون سیم‌پیچ و ولتاژ دو سر آن با وسایل اندازه‌گیری با گستره‌های مناسب؛
- اندازه‌گیری به وسیله ولتاژ یا جریان مستقیم در سیم‌پیچ‌های جریان متناوب، با اعمال سریع جریان مستقیم در سیم‌پیچ‌ها هنگام قطع تغذیه؛
- اندازه‌گیری به وسیله ولتاژ یا جریان مستقیم در سیم‌پیچ‌های جریان متناوب، با قراردادن مقدار ناچیزی جریان مستقیم در سیم‌پیچ‌ها هنگام تغذیه.

۸-۶-۲-۲ محاسبه

افزایش دما $(\theta_2 - \theta_a)$ را می‌توان از رابطه زیر به دست آورد :

$$\frac{\theta_2 + k}{\theta_1 + k} = \frac{R_2}{R_1} \quad (۶)$$

که در آن:

θ_1 دمای سیم‌پیچ (سرد) در لحظه آغازین اندازه‌گیری مقاومت $(^{\circ}\text{C})$ ؛

θ_2 دمای سیم‌پیچ در پایان آزمون حرارتی $(^{\circ}\text{C})$ ؛

θ_a دمای ماده خنک‌کننده در پایان آزمون حرارتی $(^{\circ}\text{C})$ ؛

R_1 مقاومت سیم‌پیچ در دمای θ_1 (سرد)؛

R_2 مقاومت سیم‌پیچ در پایان آزمون حرارتی؛

k معکوس ضریب حرارتی مقاومت ماده رسانا در صفر درجه سلسیوس می‌باشد.

برای مس $k = ۲۳۵$

برای آلومینیوم $k = ۲۲۵$ مگر مقدار دیگری مشخص شده باشد.

در عمل، استفاده از فرمول جایگزین زیر ممکن است آسان‌تر باشد:

$$\theta_2 - \theta_a = \frac{R_2 - R_1}{R_1} (k + \theta_1) + \theta_1 - \theta_a \quad (۷)$$

۸-۶-۲-۳ تصحیح زمان توقف

۸-۶-۲-۳-۱ کلیات

اندازه‌گیری دماها در پایان آزمون حرارتی به روش اندازه‌گیری مستقیم مقاومت نیاز به توقف و قطع سریع تغذیه دارد. برای این منظور یک روش آزمون دقیق و تعداد کافی افراد مورد نیاز است.

۸-۶-۲-۳-۲ زمان توقف کوتاه

در صورتی که اولین قرائت مقاومت در بازه زمانی تعیین شده در جدول ۶ حاصل شود، مقدار قرائت شده برای اندازه‌گیری دما مورد قبول می‌باشد.

جدول ۶- فاصله زمانی

توان خروجی اسمی (P_N) kW یا kVA	فاصله زمانی بعد از قطع تغذیه s
$P_N \leq 50$	30
$50 < P_N \leq 200$	90
$200 < P_N \leq 5000$	120
$5000 < P_N$	با توافق

۸-۶-۲-۳-۳ زمان توقف طولانی

چنانچه قرائت مقاومت در فاصله‌های زمانی مشخص شده در جدول ۶ امکان‌پذیر نبود، این قرائت باید تا حد امکان سریع انجام شود و زمان آن نباید بیش از دو برابر بازه زمانی تعیین شده در جدول ۶ شود و اندازه‌گیری‌های مجدد باید در فواصل زمانی تقریباً ۱ min انجام پذیرد، تا اینکه در مقادیر قرائت شده کاهش قابل توجهی نسبت به بیشینه آن‌ها ایجاد شود. یک منحنی از این مقادیر باید نسبت به زمان رسم شده و نسبت به بازه مناسب زمان طبق جدول ۶ به ازای توان اسمی خروجی ماشین، برون‌یابی شود. منحنی نیمه لگاریتمی هنگامی که در آن دما در مقیاس لگاریتمی رسم شده توصیه می‌شود. دما یا مقاومتی که بدین ترتیب بدست می‌آید به عنوان دما به هنگام قطع کامل تغذیه ماشین الکتریکی محسوب می‌شود.

اگر اندازه‌گیری‌های متوالی نشان دهنده افزایش دما پس از قطع تغذیه باشند، بیشترین مقدار منظور می‌شود، چنانچه اندازه‌گیری بعد از بازه زمانی دو برابر مقادیر مشخص شده در جدول ۶ انجام شود، این روش تصحیح تنها در صورت توافق قابل استفاده است.

۸-۶-۲-۳-۴ سیم‌پیچ‌های با یک بازوی کلاف در هر شیار

در ماشین‌هایی با یک بازوی کلاف در هر شیار، روش مقاومتی با اندازه‌گیری مستقیم در صورتی که در طول بازه زمانی مشخص شده در جدول ۶، ماشین به حالت سکون برسد را می‌توان به کار برد. چنانچه رسیدن ماشین به

حالت سکون بیش از ۹۰ s طول بکشد، روش جمع آثار (به زیربند ۸-۶-۲-۱ مراجعه شود) را در صورت توافق می‌توان به کار برد.

۸-۶-۳ تعیین افزایش دما با روش ETD

۸-۶-۳-۱ کلیات

آشکارسازهای دما باید توزیع مناسبی در سراسر سیم‌پیچ داشته باشند و تعداد آن‌ها نباید کمتر از ۶ باشد. به منظور قراردادن آشکارسازهای دما در نقاطی که احتمالاً بالاترین دما را خواهند داشت، هر کوشش منطقی با درنظر گرفتن ایمنی باید انجام گیرد به نحوی که آن‌ها به طور مؤثری در برابر تماس با ماده خنک‌کننده اولیه محافظت گردند.

بالاترین مقدار قرائت شده از ETD باید در تعیین دمای سیم‌پیچ به کار رود. هر کدام از ETD ها و یا اتصالات آن‌ها ممکن است دچار آسیب شده و مقادیر نادرستی را بدهد. لذا چنانچه یکی یا تعدادی از مقادیر قرائت شده به نظر غیرعادی بیایند، پس از بررسی باید حذف شوند.

۸-۶-۳-۲ دو بازوی کلاف یا بیشتر در هر شیار

آشکارسازهای دما باید بین بازوهای کلاف مجزا در داخل شیار و در نقاطی که احتمالاً بالاترین دما را خواهند داشت، قرار گیرند.

۸-۶-۳-۳ یک بازوی کلاف در هر شیار

آشکارسازهای دما باید بین گوه و سطح خارجی عایق سیم‌پیچ در نقاطی که احتمالاً بالاترین دما را خواهند داشت قرار گیرند. به زیربند ۸-۶-۱ نیز توجه شود.

۸-۶-۳-۴ قسمت‌های انتهایی سیم‌پیچی^۱

آشکارسازهای دما باید بین دو بازوی کلاف مجاور در قسمت انتهایی سیم‌پیچی در نقاطی که احتمالاً بالاترین دما را خواهند داشت قرار گیرند، نقطه حس‌کننده هر آشکارساز دما باید در تماس مستقیم با سطح یک بازوی کلاف بوده و تا حد لزوم در مقابل تأثیرات ماده خنک‌کننده محافظت شده باشد، به زیربند ۸-۶-۱ نیز مراجعه شود. در هنگام قرار دادن آشکارساز دما در قسمت انتهایی سیم‌پیچی ماشین‌های ولتاژ بالا، باید دقت شود که لایه تحت تنش عایقی به خطر نیفتد و این که اختلاف پتانسیل در طول قسمت انتهایی سیم‌پیچی مشکلی ایجاد نکند. بنابراین علاوه بر این، زمین سیستم اندازه‌گیری به طور مستقیم و با خازن به زمین سیستم ولتاژ بالا متصل می‌شود. در این حالت قطع زمین اندازه‌گیری، بلافاصله منجر به افزایش ولتاژ بر روی سیستم اندازه‌گیری می‌شود. اندازه‌گیری‌ها باید به گونه‌ای باشد تا از آسیب‌های احتمالی منجر به صدمات مرگ‌آور جلوگیری شود.

یادآوری - اگر سیم پیچ استاتور از نوع میله‌ای خنک‌شونده مستقیم با مایع است، یک آشکارساز دما در محل نازل هر میله که دمای دمای خروجی آب را نشان می‌دهد، نصب می‌شود که می‌تواند علائم وجود گرفتگی در مسیر عبور آب در هادی‌ها را در اختیار قرار دهد.

1- End windings

۸-۶-۴ تعیین افزایش دما به روش دماسنجی

به منظور قراردادن دماسنج‌های دما در نقطه یا نقاطی که احتمالاً بالاترین دما را خواهند داشت (به عنوان مثال: در انتهای سیم پیچ نزدیک آهن هسته)، هر کوشش منطقی با در نظر گرفتن ایمنی باید انجام گیرد به نحوی که آن‌ها به طور مؤثری در برابر تماس با ماده خنک‌کننده اولیه محافظت گردند و تماس حرارتی مناسبی با سیم‌پیچ یا قسمت دیگر ماشین داشته باشد.

بیشترین مقدار خوانده شده از هر دماسنج به عنوان دمای سیم‌پیچ یا قسمت دیگر ماشین در نظر گرفته می‌شود.

۸-۷-۷ مدت زمان آزمون‌های حرارتی

۸-۷-۱-۱ مشخصات برای کاردهی پیوسته

باید آزمون تا رسیدن به تعادل حرارتی ادامه یابد.

۸-۷-۲-۱ مشخصات برای کاردهی کوتاه‌مدت

مدت زمان آزمون باید زمان داده شده در مشخصات اسمی باشد.

۸-۷-۳ مشخصات برای کاردهی دوره‌ای

معمولاً مشخصات بارگذاری معادلی که توسط سازنده تعیین شده است (به زیربند ۵-۲-۶ مراجعه شود)، باید تا رسیدن به تعادل حرارتی به کار رود. چنانچه آزمون با کاردهی واقعی مورد توافق باشد، چرخه بار مشخص شده باید به کار رود و تا بدست آمدن چرخه‌های حرارتی عملاً یکسان ادامه یابد. معیار یکسان بودن چرخه‌ها (در حالت فوق) آن است که خط مستقیم بین نقاط متناظر در منحنی دما و در چرخه‌های کاری متوالی، شیبی کمتر از یک کلوین در نیم ساعت داشته باشد. در صورت لزوم، اندازه‌گیری‌ها باید در فاصله‌های زمانی منطقی در طی یک دوره زمانی انجام گیرد (به زیربند ۳-۲۵ مراجعه شود).

۸-۷-۴ مشخصات برای کاردهی غیر دوره‌ای و بارهای ثابت ناپیوسته

مشخصات بارگذاری معادل تعیین شده توسط سازنده (به زیربند ۵-۲-۶ مراجعه شود) باید به کار رود و تا رسیدن به تعادل حرارتی ادامه یابد.

۸-۸ تعیین ثابت زمانی معادل حرارتی در ماشین‌هایی با کاردهی S9

ثابت زمانی معادل حرارتی با شرایط تهویه‌ای مشابه به کارکرد عادی که مناسب برای تعیین تقریبی بازه دما است را می‌توان از روی منحنی خنک‌کنندگی که با همان روش زیربند ۸-۶-۲-۳ ترسیم شده است، به دست آورد. این ثابت زمانی $1/44$ برابر (یعنی $1/\ln(2)$ برابر) زمان لازم برای سرد شدن ماشین بعد از قطع تغذیه برای رسیدن به نصف مقدار افزایش دما در بار کامل است.

۸-۹ اندازه‌گیری دمای یاتاقان

از روش دماسنجی یا ETD می‌توان استفاده کرد.

نقطه اندازه‌گیری باید تا حد امکان به یکی از دو محل تعیین شده در جدول ۷ نزدیک باشد.

جدول ۷- نقاط اندازه گیری

نوع یاتاقان	نقطه اندازه گیری	محل نقطه اندازه گیری
ساجمه ای یا غلتکی	A	در محفظه یاتاقان ترجیحا در تماس با حلقه بیرونی یاتاقان اما نه بیشتر از 10 mm ^۱ از آن ^۲
	B	سطح خارجی محفظه یاتاقان تا حد ممکن نزدیک به حلقه بیرونی یاتاقان
لغزشی یا لایه شیب دار (کج شونده)	A	در ناحیه فشار پوسته یاتاقان ^۳ و در فاصله ای به مقدار حداکثر 10 mm از لایه روغنی ^۲
	B	هر محل دیگری از پوسته یاتاقان

۱- فاصله اندازه گیری شده ، فاصله تا نزدیکترین نقطه ETD یا حباب دماسنج است.

۲- در مورد ماشین های روتور بیرون ^۱، نقطه A در قسمت ساکن و در فاصله ای به مقدار حداکثر 10 mm از حلقه داخلی یاتاقان و نقطه B روی سطح خارجی بخش های ثابت تا حد امکان نزدیک به حلقه داخلی قرار دارد.

۳- پوسته یاتاقان، قسمت نگهدارنده مواد یاتاقان است که در محفظه یاتاقان محفوظ می شود. ناحیه فشار قسمتی از محیطی است که نگهدارنده ترکیب نیروهای وزنی روتور و بارهای شعاعی است.

مقاومت حرارتی بین آشکارسازهای دما و جزء مورد اندازه گیری باید کمینه باشد. به عنوان مثال فواصل هوایی لازم است که با خمیرهای هادی حرارتی پر شده باشد.

یادآوری- بین نقاط اندازه گیری A و B همچنین بین این نقاط و گرم ترین نقطه یاتاقان، اختلاف دماهایی وجود دارد که در کنار دیگر موارد بستگی به اندازه یاتاقان دارد. برای یاتاقان های لغزشی یا بوش پرسی و برای یاتاقان های ساجمه ای یا غلتکی با قطر داخلی تا حداکثر 150 mm ، اختلاف دمای بین نقاط اندازه گیری A و B ممکن است ناچیز فرض شود. در مورد یاتاقان های بزرگ، اختلاف دمای بین نقاط اندازه گیری A و B در حدود 15 K باشد.

۸-۱۰ حدود مجاز دما و افزایش دما

۸-۱۰-۱ کلیات

حدود مجاز جهت عملکرد یک ماشین با توجه به شرایط محل کار (مشخص شده در بند ۶) و براساس مشخصات اسمی برای کاردهی پیوسته (شرایط مرجع) داده می شود که به دنبال آن قواعدی برای تصحیح حدود هنگام به کارگیری ماشین در محل کار با شرایط کاری و مقادیر اسمی دیگر داده می شود. در صورتی که شرایط محل آزمون با شرایط محل کار تفاوت داشته باشد، مقدار دیگری جهت تصحیح حدود مجاز در طول آزمون های حرارتی به کار می رود.

واضح است که به طور کلی دمای گرمترین نقطه هر سیم پیچ تحت شرایط مرجع، به عنوان مثال، شرایط اسمی، از دمای کلاس حرارتی توافق شده برای سیستم عایق بندی تجاوز نمی کند. حدود مجاز به تناسب ماده خنک کننده مرجع در جدول ۵ مشخص شده است.

قاعده‌ای برای خلوص مجاز هیدروژن خنک‌کننده داده می‌شود.

۸-۱۰-۲ سیم‌پیچ‌های خنک‌شونده به صورت غیرمستقیم

افزایش دماها تحت شرایط مرجع نباید بیش از حدود تعیین شده در جدول ۸ (خنک‌کننده هوا) یا جدول ۹ (خنک‌کننده هیدروژن) در صورتی که برای هر دو متناسب است و روش ETD و مقاومتی اگر کاربرد داشته باشد. **یادآوری** - ممکن است اختلاف دمای اندازه‌گیری شده بین روش ETD و روش R بطور چشمگیری بیشتر یا کمتر از حدود دمای تعیین شده در جدول ۸ یا جدول ۹ بسته به نوع طراحی ماشین و سیستم خنک‌کننده باشد. مقایسه روش ETD و R نسبت به یکدیگر مورد نظر نیست.

در دیگر شرایط کارکردی در مشخصات اسمی غیر از کاردهی پیوسته و در ولتاژ اسمی بیش از ۷۱۲۰۰۰ V، حدود باید براساس جدول ۱۰ تصحیح شود (همچنین به جدول ۱۱ جهت حدود مجاز دمای ماده خنک‌کننده که در جدول ۱۰ فرض شده، مراجعه شود).

در مورد قرائت دماسنج براساس زیربند ۸-۶-۱، حدود مجاز دما باید مطابق با جدول ۸ باشد. چنانچه شرایط محل آزمون متفاوت از شرایط محل کار باشد، در مورد سیم‌پیچ‌های خنک‌شونده با هوا به صورت غیرمستقیم، حدود تصحیح شده در جدول ۱۲ باید در محل آزمون به کار رود. چنانچه حدود مجاز تصحیح شده در جدول ۱۲ منجر به دمای قابل قبول در محل آزمون شود که از نظر سازنده بیش از اندازه است، روش آزمون و حدود مجاز باید مورد توافق قرار گیرد. هیچ تصحیحی در محل آزمون‌های سیم‌پیچ‌های خنک‌شونده به طور غیرمستقیم به وسیله هیدروژن، داده نمی‌شود، زیرا بعید است که بتوان آن‌ها را در شرایطی غیر از شرایط محل کار آزمون کرد.

جدول ۸- حدود مجاز افزایش دما در سیم‌پیچ‌های خنک‌شونده به طور غیر مستقیم با هوا

200(N)			180(H)			155(F)			130(B)			طبقه حرارتی		روش اندازه‌گیری
ETD K	R K	Th K	ETD K	R K	Th K	ETD K	R K	Th K	ETD K	R K	Th K	R=مقاومتی ، Th=دماسنجی آشکارساز دمای تعبیه شده در ماشین=ETD		
												ردیف	قسمت‌های ماشین	
150	145	-	130	125	-	110	105	-	85	80	-	سیم‌پیچ‌های جریان متناوب ماشین‌هایی با توان خروجی ۵۰۰۰ kW (یا kVA) یا بیشتر		۱-الف
160	145	-	140	125	-	115	105	-	90	80	-	سیم‌پیچ‌های جریان متناوب ماشین‌هایی با توان خروجی بیش از ۲۰۰ kW (یا kVA) و کمتر از ۵۰۰۰ kW (یا kVA)		۱-ب
-	145	-	-	125	-	-	105	-	-	80	-	سیم‌پیچ‌های جریان متناوب ماشین‌هایی با توان خروجی ۲۰۰ kW (یا kVA) یا کمتر غیر از موارد ذکر شده در ردیف های ۱-ت و ۱-ث ^۲		۱-پ
-	150	-	-	130	-	-	110	-	-	85	-	سیم‌پیچ‌های جریان متناوب ماشین با توان خروجی کمتر از ۶۰۰ W (یا VA) ^۲		۱-ت
-	150	-	-	130	-	-	110	-	-	85	-	سیم‌پیچ‌های جریان متناوب ماشین خود خنک‌شونده بدون دمنده (IC۴۰) و یا با سیم‌پیچ‌های محصور ^۲		۱-ث
-	145	125	-	125	105	-	105	85	-	80	70	سیم‌پیچ‌های آرمیچر کموتاتوردار		۲
-	145	125	-	125	105	-	105	85	-	80	70	سیم‌پیچ میدان ماشین‌های جریان متناوب و جریان مستقیم غیر از موارد ذکر شده در ردیف ۴		۳
-	155	-	-	135	-	-	115	-	-	90	-	سیم‌پیچ‌های میدان ماشین‌های سنکرون دارای روتورهای قطب صاف که دارای سیم‌پیچ تحریک تعبیه شده در شیار هستند غیر از موتورهای سنکرون القایی		۴-الف
160	145	125	140	125	105	115	105	85	90	80	70	سیم‌پیچ‌های دارای میدان ثابت عایق شده در ماشین‌های جریان مستقیم بیش از یک لایه		۴-ب
-	145	145	-	125	125	-	105	100	-	80	80	سیم‌پیچ‌های میدان با مقاومت کم در ماشین‌های با بیش از یک لایه و سیم‌پیچ‌های جبران‌کننده در ماشین‌های جریان مستقیم		۴-پ
-	155	155	-	135	135	-	115	110	-	90	90	سیم‌پیچ‌های یک لایه ماشین‌های جریان متناوب و مستقیم با سطوح فلزی لاکه یا بدون پوشش ^۳		۴-ت

۱- برای تصحیح جهت سیم پیچ‌های فشار قوی جریان متناوب، به ردیف ۴ جدول ۹ مراجعه شود.

۲- با به کارگیری روش جمع آثار در سیم‌پیچ ماشین‌هایی با توان خروجی اسمی kW ۲۰۰ (یا kVA) ، با طبقه حرارتی (B) ۱۳۰ و (F) ۱۵۵، حدود مجاز افزایش دما که جهت روش مقاومتی داده شده است را می‌توان K ۵ بیشتر کرد.

۳- همچنین شامل سیم‌پیچ‌های چند لایه به شرط آن که در هر یک از لایه‌های زیرین در تماس با ماده خنک‌کننده اولیه در گردش باشند.

جدول ۹ - حدود مجاز افزایش دما در سیم‌پیچ‌های خنک‌شونده غیر مستقیم با هیدروژن

155 (F)		130 (B)		طبقه حرارتی	
ETD K	مقاومتی K	ETD K	مقاومتی K	روش اندازه گیری	
				آشکارساز دمای تعبیه شده در ماشین= ETD	
					ردیف
				سیم‌پیچ‌های جریان متناوب ماشین با توان خروجی ۵۰۰۰ kW (یا kVA) یا بیشتر یا دارای هسته‌ای به طول ۱ m یا بیشتر	۱
' 105	-	' 85	-	فشار مطلق هیدروژن ^۲ ≤ 150 kPa (1,5 bar)	
' 100	-	' 80	-	> 150 kPa ≤ 200 kPa (2,0 bar)	
' 98	-	' 78	-	> 200 kPa ≤ 300 kPa (3,0 bar)	
' 93	-	' 73	-	> 300 kPa ≤ 400 kPa (4,0 bar)	
' 90	-	' 70	-	> 400 kPa	
' 110	100	' 85	80	سیم‌پیچ‌های جریان متناوب ماشین‌هایی با توان خروجی کمتر از ۵۰۰۰ kW (یا kVA) یا دارای هسته‌ای با طول کمتر از ۱ m	۲-الف
-	105	-	80	سیم‌پیچ میدان جریان مستقیم در ماشین‌های جریان متناوب و جریان مستقیم به جز موارد ردیف ۳ و ۴	۲-ب
-	105	-	85	سیم‌پیچ میدان در توربو ماشین‌های با تحریک جریان مستقیم	۳
-	100	-	80	سیم‌پیچ‌های کم مقاومت میدان با بیش از یک لایه و سیم‌پیچ‌های جبران‌کننده	۴-الف
-	110	-	90	سیم‌پیچ‌های یک لایه با سطوح فلزی بدون پوشش و یا لاک‌دار	۴-ب
۱- برای تصحیح جهت سیم‌پیچ‌های جریان متناوب ولتاژ بالا به ردیف ۴ جدول ۹ مراجعه شود.					
۲- این تنها موردی است که در آن حدود مجاز افزایش دما بستگی به فشار هیدروژن دارد.					
۳- همچنین شامل سیم‌پیچ‌های چند لایه به شرط آن که در هر یک از لایه‌های زیرین در تماس با ماده خنک‌کننده اولیه در گردش باشند.					

جدول ۱۰- تصحیح حدود مجاز افزایش دما در محل کار برای سیم‌پیچ‌های خنک‌شونده به طور غیرمستقیم برای در نظر گرفتن شرایط غیرمرجع و مشخصات غیر اسمی

ردیف	شرایط کارکردی یا مشخصات اسمی	تصحیح حدود مجاز افزایش دما ($\Delta\theta$) در جداول ۸ و ۹	بخش
۱- الف	بیشینه دمای هوای محیط یا گاز خنک‌کننده در ورودی ماشین (θ_c) و برای ارتفاع تا 1000 m. اگر اختلاف بین طبقه حرارتی و حدود قابل مشاهده دما، شامل مجموع دمای سرد ماده خنک‌کننده مرجع ورودی در 40°C و محدوده افزایش دما بر اساس جدول‌های ۸ و ۹ کمتر یا مساوی 5 K باشد: برای ارتفاع بیشتر، 40°C را با مقدار داده شده در جدول ۱۱ جایگزین کنید.	$0^\circ\text{C} \leq \theta_c \leq 40^\circ\text{C}$	به اندازه‌ای که دمای ماده خنک‌کننده کمتر از 40°C است، افزایش می‌یابد.
۱- ب	بیشینه دمای هوای محیط یا گاز خنک‌کننده در ورودی ماشین (θ_c) و برای ارتفاع تا 1000 m. اگر اختلاف بین طبقه حرارتی و حدود قابل مشاهده دما، شامل مجموع دمای سرد ماده خنک‌کننده مرجع ورودی در 40°C و محدوده افزایش دما بر اساس جدول‌های ۸ و ۹ بیشتر از 5 K باشد: برای ارتفاع بیشتر 40°C را با مقدار داده شده در جدول ۱۱ جایگزین کنید.	$0^\circ\text{C} \leq \theta_c \leq 40^\circ\text{C}$	که در آن: thermal class: طبقه حرارتی lim.tmp.: دمای حد و حد افزایش دمای ($\Delta\theta$) برای دمای گاز خنک θ_c باید به شرح زیر باشد: $\Delta\theta = \Delta\theta_{\text{ref}} \frac{\theta_{\text{ThCI}} - \theta_c}{\theta_{\text{ThCI}} - \theta_{\text{C-ref}}}$ که در آن: $\Delta\theta_{\text{ref}}$ حد مجاز افزایش دما طبق جداول ۸ و ۹ در 40°C θ_{ThCI} دمای طبقه حرارتی (به عنوان مثال 130°C یا 155°C) $\theta_{\text{C-ref}}$ دمای خنک‌کننده خنک مرجع (40°C) به اندازه‌ای که دمای ماده خنک‌کننده بیش از 40°C است، کاهش می‌یابد.
۱- پ		$40^\circ\text{C} < \theta_c \leq 60^\circ\text{C}$	
۱- ت		$\theta_c < 0^\circ\text{C}$ یا $\theta_c > 60^\circ\text{C}$	با توافق

ردیف	شرایط کارکردی یا مشخصات اسمی	تصحیح حدود مجاز افزایش دما ($\Delta\theta$) در جداول ۸ و ۹	بخش
۲	بیشینه دمای آب در ورودی مبدل حرارتی با آب خنک‌شونده یا بیشینه دمای آب محیط برای ماشین‌های شناور با خنک‌شوندگی سطحی یا ماشین‌های دارای پوشش خنک‌کننده آب (θ_w)	$5^{\circ}\text{C} \leq \theta_w \leq 25^{\circ}\text{C}$ $\theta_w > 25^{\circ}\text{C}$	به اندازه 15 K و اختلاف بین 25°C و θ_w افزایش می‌یابد. به اندازه 15 K افزایش می‌یابد و به اندازه اختلاف بین θ_w و 25°C کاهش می‌یابد.
۳-الف	ارتفاع (H) - قانون کلی	$1000\text{ m} < H \leq 4000\text{ m}$ و بیشینه دمای هوای محیط تعیین نشده است. $H > 4000\text{ m}$	تصحیحی لازم نیست. باید فرض شود که کاهش حد مجاز افزایش ارتفاع، با افزایش حد مجاز ناشی از خنک شدن محیط جبران می‌شود و دمای کل از 40°C به اضافه میزان افزایش مجاز جدول ۸ و ۹ بیشتر نخواهد شد.^۱ با توافق
۳-ب	ارتفاع (H) - مولد ویژه نیروگاه	طبق مشخصات خریدار	توصیه می‌شود آن قابلیت از مولدهای نیروگاه تنظیم شود که تابعی از ارتفاع (فشار هوا) است. هیچ تنظیمی برای قابلیت مولدهای نیروگاه مورد نیاز نیست اگر فشار مطلق خنک‌کننده بدون در نظر گرفتن ارتفاع، ثابت نگه داشته شود.
۴	ولتاژ اسمی سیم‌پیچ استاتور (U_N)	$12\text{ kV} < U_N \leq 24\text{ kV}$ $U_N > 24\text{ kV}$	$\Delta\theta$ برای آشکارسازهای دمای تعبیه شده در داخل ماشین باید به اندازه 1 K به ازاء هر 1 kV یا کسری از آن از 12 kV تا 24 kV کاهش یابد. با توافق
۵	مشخصات اسمی برای کاردهی کوتاه‌مدت (S2) با توان خروجی اسمی کمتر از 5000 kW(kVA).	به اندازه 10 K افزایش می‌یابد.	
۶	مشخصات اسمی برای کاردهی غیر دوره‌ای (S9)	$\Delta\theta$ برای دوره‌های کوتاه‌مدت در طول کارکرد ماشین می‌تواند افزایش یابد.	
۷	مشخصات اسمی برای کاردهی با بارهای ناپیوسته (S10)	$\Delta\theta$ برای دوره‌های ناپیوسته در طول کارکرد ماشین می‌تواند افزایش یابد.	
۱- با فرض این که دمای محیط در ارتفاع بیشتر از 1000 m به ازای هر 100 m، یک درصد حدود مجاز افزایش دما کاهش می‌یابد. بیشینه دمای هوای محیط در محل کار می‌تواند مطابق جدول ۱۱ باشد. ۲- تنها برای سیم‌پیچ‌های خنک‌شونده با هوا.			

جدول ۱۱- بیشینه دمای مفروض محیط

طبقه حرارتی				ارتفاع (m)
200(N)	180(H)	155(F)	130(B)	
دما (°C)				
40	40	40	40	1000
26	28	30	32	2000
12	15	19	24	3000
0	3	9	16	4000

۸-۱۰-۳ سیم‌پیچ‌های خنک‌شونده به طور مستقیم

دما در شرایط مرجع نباید از حدود داده شده در جدول ۱۳ بیشتر شود. برای دیگر شرایط محل کار، حدود باید براساس جدول ۱۴ تصحیح شود. چنانچه شرایط محل آزمون با شرایط محل کار متفاوت باشد، حدود تصحیح شده که در جدول ۱۵ آمده است، باید در محل آزمون به کار روند. چنانچه حدود تصحیح شده جدول ۱۴ منجر به دماهایی در محل آزمون شوند که از نظر سازنده بیش از حد مجاز است، روش آزمون و حدود مجاز باید مورد توافق قرار گیرد.

۸-۱۰-۴ تصحیح‌ها با در نظر گرفتن مقدار خلوص هیدروژن در آزمون

برای سیم‌پیچ‌هایی که به طور مستقیم یا غیرمستقیم با هیدروژن خنک می‌شوند، چنانچه نسبت هیدروژن در خنک‌کننده بین ۹۵٪ تا ۱۰۰٪ باشد، هیچ تصحیحی برای حدود افزایش دما یا دمای کلی لازم نیست.

۸-۱۰-۵ سیم‌پیچ‌های اتصال کوتاه شده دائمی، هسته‌های مغناطیسی و همه قطعات ساختمانی (به جز یاتاقان‌ها) در تماس یا بدون تماس با عایق‌بندی

افزایش دما یا دما نباید به عایق‌بندی آن قسمت یا هر قسمت مجاور دیگری لطمه‌ای وارد سازد.

۸-۱۰-۶ کموتاتور و حلقه‌های لغزان باز یا پوشیده و جاروبک‌ها و متعلقات آن‌ها^۱

افزایش دما یا دمای کموتاتور، حلقه‌های لغزان، جاروبک و یا متعلقات آن نباید به عایق‌بندی آن قسمت یا هر قسمت مجاور دیگر لطمه‌ای وارد سازد.

افزایش دما یا دمای یک کموتاتور یا حلقه لغزان نباید از حدی که مجموعه جاروبک، جنس مواد کموتاتور یا حلقه لغزان در جریان کامل برای تمام محدوده عملکرد بتوانند عبور دهند، بیشتر باشد.

جدول ۱۲- حدود تصحیح شده افزایش دما در محل آزمون ($\Delta\theta_T$) برای سیم‌پیچ‌های خنک‌شونده با هوا به طور غیرمستقیم برای در نظر گرفتن شرایط کارکرد در محل آزمون

ردیف	شرایط آزمون	حدود تصحیح در محل آزمون ($\Delta\theta_T$)
۱	تفاوت دمای ماده خنک‌کننده مرجع در محل آزمون (θ_{CT}) و محل کاربرد (θ_C)	$\Delta\theta_T = \Delta\theta$
	قدر مطلق $ \theta_C - \theta_{CT} \leq 30 \text{ K}$	با توافق
۲	تفاوت در ارتفاع محل آزمون (H_T) و محل کاربرد (H)	$1000 \text{ m} < H \leq 4000 \text{ m}$ $H_T \leq 1000 \text{ m}$
		$\Delta\theta_T = \Delta\theta \left[1 - \frac{(H - 1000 \text{ m})}{10000 \text{ m}} \right]$
		$H \leq 1000 \text{ m}$ $1000 \text{ m} < H_T \leq 4000 \text{ m}$
		$\Delta\theta_T = \Delta\theta \left[1 + \frac{(H_T - 1000 \text{ m})}{10000 \text{ m}} \right]$
		$1000 \text{ m} < H \leq 4000 \text{ m}$ $1000 \text{ m} < H_T \leq 4000 \text{ m}$
		$\Delta\theta_T = \Delta\theta \left[1 + \frac{(H_T - H)}{10000 \text{ m}} \right]$
	$H > 4000 \text{ m}$ یا $H_T > 4000 \text{ m}$	با توافق
یادآوری ۱- $\Delta\theta$ در جدول ۸ داده شده است و در صورت لزوم براساس جدول ۱۰ تصحیح می‌شود. یادآوری ۲- اگر افزایش دما براساس دمای آب ورودی خنک‌کننده اندازه‌گیری شده باشد، تأثیر ارتفاع روی اختلاف دمای بین هوا و آب باید صریحاً منظور شود. هرچند در بیشتر طراحی‌های خنک‌کننده‌ها، این تأثیر کوچک است، این اختلاف با افزایش ارتفاع به اندازه تقریبی ۲ K به ازای هر ۱۰۰۰ m افزایش می‌یابد. چنانچه تصحیحی لازم باشد باید با توافق انجام شود.		

جدول ۱۳- حدود مجاز دما در سیم‌پیچ‌های خنک‌شونده به طریق مستقیم و خنک‌کننده‌های آن‌ها

155(F)			130(B)			طبقه حرارتی	
ETD °C	مقاومتی °C	دماسنجی °C	ETD °C	مقاومتی °C	دماسنجی °C	روش اندازه‌گیری	
						اجزاء ماشین	ردیف
—	—	130 90	—	—	110 90	خنک‌کننده در خروجی، برای سیم‌پیچ‌های جریان متناوب خنک‌شونده به طریق مستقیم. این دماها به مقادیر داده شده در ردیف ۲ با در نظر گرفتن مشخصات اسمی ارجحیت دارد. گاز (هوا، هیدروژن، هلیوم و غیره) آب	۱ الف-۱ ب-۱
145 ^۱	--	--	120 ^۱	--	--	سیم‌پیچ‌های جریان متناوب خنک‌شونده با گاز خنک‌شونده با مایع	۲ الف-۲ ب-۲
--	115	--	--	100	--	سیم‌پیچ‌های میدان در ماشین‌های نوع توربینی خنک‌شونده با جریان گازی که از روتور و از نواحی خروجی به تعداد زیر خارج می‌شود: ۱ و ۲ ۳ و ۴ ۵ و ۶ ۷ تا ۱۴ بالای ۱۴	۳ الف-۳ ب-۳
با پایش بیشینه دمای خنک‌کننده که در ردیف ۱- ب داده شده می‌توان اطمینان حاصل کرد که دمای داغ‌ترین نقطه سیم‌پیچ بیش از حد نشود.						خنک‌شونده با مایع	
--	150	--	--	130	--	سیم‌پیچ‌های میدان در ماشین‌های جریان متناوب و جریان مستقیم با تحریک جریان مستقیم غیر از ردیف ۳ خنک‌شونده با گاز خنک‌شونده با مایع	۴ الف-۴ ب-۴
با پایش بیشینه دمای خنک‌کننده که در ردیف ۱- ب داده شده است می‌توان اطمینان حاصل کرد که دمای داغ‌ترین نقطه سیم‌پیچ بیش از حد نشود.							

۱- هیچ تصحیحی برای ردیف‌های فوق در مورد سیم‌پیچ‌های ولتاژ بالای متناوب به کار نمی‌رود. به جدول ۱۳ ردیف ۲ مراجعه شود.

۲- طبقه‌بندی تهویه روتور براساس تعداد نواحی خروجی شعاعی بر روی طول کلی روتور است. نواحی خروجی ویژه برای خنک‌کردن قسمت انتهایی سیم‌پیچی (شامل یک ناحیه برای هر قسمت انتهایی سیم‌پیچی) انجام می‌شود. ناحیه خروجی مشترک بین دو مسیر مقابل هم به عنوان دو ناحیه شمرده می‌شود.

جدول ۱۴ - تصحیح حدود مجاز در محل کار برای سیم‌پیچ‌هایی که مستقیماً با هوا یا هیدروژن خنک می‌شوند،
برای شرایط و مشخصات اسمی و غیرمرجع

ردیف	شرایط کار کردی یا مشخصات اسمی	تصحیح حدود دمای جدول ۱۲
۱	دمای θ_C ماده خنک کننده مرجع	به اندازه اختلاف θ_C تا 40°C کم می‌شود. هرچند با توافق کاهش کمتری ممکن است به کار رود به شرطی که برای مقادیر $\theta_C < 10^\circ\text{C}$ کاهش حداقل به اندازه اختلاف θ_C و 10°C می‌باشد.
		$0^\circ\text{C} \leq \theta_C < 40^\circ\text{C}$
		تصحیحی وجود ندارد
۲	ولتاژ اسمی سیم‌پیچ استاتور U_N	با توافق
		$40^\circ\text{C} \leq \theta_C < 60^\circ\text{C}$
		تصحیحی وجود ندارد.
		گرما عمدتاً به جای عبور از درون عایق‌بندی سیم‌پیچ، از میان خنک‌کننده درون هادی‌ها جریان می‌یابد.

جدول ۱۵ - حدود تصحیح شده دما در محل آزمون θ_T برای سیم‌پیچ‌هایی که مستقیماً با هوا خنک می‌شوند برای شرایط کار کردی در محل آزمون

ردیف	شرایط آزمون	حدود تصحیح شده دما در محل آزمون θ_T
۱	اختلاف دمای خنک‌کننده مرجع در محل آزمون (θ_{CT}) و محل کار (θ_C)	قدر مطلق
		$(\theta_C - \theta_{CT}) \leq 30\text{ K}$
۲	اختلاف ارتفاع محل آزمون (H_T) و محل کار (H)	با توافق
		قدر مطلق
		$(\theta_C - \theta_{CT}) > 30\text{ K}$
		$1000\text{ m} < H \leq 4000\text{ m}$ $H_T \leq 1000\text{ m}$
		$H \leq 1000\text{ m}$ $1000\text{ m} < H_T \leq 4000\text{ m}$
		$\theta_T = (\theta - \theta_C) \left[1 - \frac{H - 1000\text{ m}}{10000\text{ m}} \right] + \theta_{CT}$
		$\theta_T = (\theta - \theta_C) \left[1 + \frac{H_T - 1000\text{ m}}{10000\text{ m}} \right] + \theta_{CT}$
		$\theta_T = (\theta - \theta_C) \left[1 + \frac{H_T - H}{10000\text{ m}} \right] + \theta_{CT}$
		$1000\text{ m} < H \leq 4000\text{ m}$ $1000\text{ m} < H_T \leq 4000\text{ m}$
		با توافق
		$H > 4000\text{ m}$ یا $H_T > 4000\text{ m}$

یادآوری - θ در جدول ۱۳ داده شده و در صورت نیاز براساس جدول ۱۴ تصحیح می‌شود.

۹ سایر عملکردها و آزمون‌ها

۹-۱ آزمون‌های تک به تک

آزمون‌های تک به تک همیشه آزمون‌های کارخانه‌ای هستند و باید روی تمام ماشین‌هایی که توسط سازنده در کارخانه مونتاژ می‌شوند انجام شوند. لازم نیست ماشین کاملاً مونتاژ شده باشد. اجزایی که برای آزمون مهم نیستند می‌تواند وجود نداشته باشد. در آزمون‌های تک به تک لازم نیست ماشین کوپل شود به جز در آزمون مدار باز در ماشین‌های سنکرون.

کمیته برنامه آزمون در جدول ۱۶ آورده شده است و برای ماشین‌های با توان خروجی کمتر مساوی ۲۰ MW (یا MVA) که در کارخانه مونتاژ و آزمون شده‌اند، کاربرد دارد. آزمون‌های تک به تک تکمیلی به خصوص ممکن است روی ماشین‌هایی با توان خروجی بالای ۲۰۰ MW (یا MVA) انجام شود. اصطلاح ماشین‌های سنکرون شامل ماشین‌های آهنربای دائم بدون جاروبک می‌شود. برای ماشین‌های جریان مستقیم با توجه به اندازه و طرح، آزمون کموتاسیون تحت بار ممکن است به عنوان آزمون تک به تک انجام شود.

جدول ۱۶- کمیته آزمون‌های تک به تک برای ماشین‌هایی که در کارخانه سازنده مونتاژ و آزمون شده‌اند

شماره	آزمون	ماشین‌های القایی (شامل موتورهای القایی سنکرون) ^۱	ماشین‌های سنکرون		ماشین‌های جریان مستقیم با تحریک جداگانه یا موازی
			موتورها	مولدها	
۱	مقاومت سیم‌پیچ‌ها (سرد)	بله	بله	بله	بله
۲	جریان و تلفات بی‌باری ^۵	بله	-	-	-
۳-الف	تلفات بی‌باری در ضریب توان یک ^۲	-	بله ^۴	-	-
۳-ب	جریان تحریک بی‌باری در ولتاژ اسمی در آزمون مدار باز ^۲	-	بله ^۴	-	-
۴	جریان تحریک در سرعت اسمی و ولتاژ اسمی آرمیچر	-	-	-	بله
۵	ولتاژ القایی ثانویه مدار باز در حالت سکون (روتور سیم‌پیچی شده) ^۳	بله	-	-	-
۶-الف	جهت چرخش	بله	بله	-	بله
۶-ب	ترتیب فاز	-	-	بله	-
۷	آزمون تحمل ولتاژ بر اساس زیربند ۹-۲	بله	بله	بله	بله

۱- IEC 60050-411:1996, 411-33-04.

۲- به استثنای ماشین‌های مغناطیس دائم.

۳- این آزمون به علت ملاحظات ایمنی ممکن است در ولتاژ کاهش یافته انجام شود.

۴- تنها یکی از آزمون‌های ۳-الف یا ۳-ب الزامی است.

۵- هیچ پایداری حرارتی برای اندازه‌گیری تلفات بی‌باری لازم نیست.

۹-۲ آزمون تحمل ولتاژ

ولتاژ آزمون همان‌طور که در زیر مشخص شده باید بین سیم‌پیچ‌های تحت آزمون و بدنه ماشین انجام شود، در حالی که هسته و سیم‌پیچ‌هایی که تحت آزمون نیستند به بدنه متصل شده باشند. این آزمون باید فقط روی یک ماشین نو و کامل که کلیه قطعات آن تحت شرایطی معادل شرایط کار عادی در جای خود قرار گرفته‌اند، اعمال شود و باید در کارخانه سازنده یا بعد از نصب در محل کار انجام شود. یک آزمون تحمل ولتاژ باید پس از کامل شدن همه گام‌های آزمون انجام شود.

یادآوری ۱- برای ماشین‌های ولتاژ بالا، روش‌های دیگری همان‌گونه که در قسمت‌های IEC 60034-27 شرح داده شده می‌تواند برای اطمینان از مناسب بودن سیستم عایق‌بندی سیم‌پیچ ماشین مورد استفاده قرار گیرد.

به جز موارد مطرح شده در زیر، فرکانس ولتاژ آزمون باید فرکانس شبکه در کارخانه سازنده بوده و شکل موج ولتاژ تا حد امکان دارای شکل موج سینوسی باشد.

مقدار نهایی ولتاژ باید طبق جدول ۱۷ باشد. هرچند برای ماشین‌های با ولتاژ اسمی ۶ kV یا بزرگ‌تر هنگامی که تجهیزات فرکانس شبکه در دسترس نیست با توافق ممکن است آزمون d.c. در ۱/۷ برابر ولتاژ موثر داده شده در جدول ۱۷ انجام شود.

یادآوری ۲- مشخص شده که در مدت آزمون d.c.، توزیع پتانسیل سطح در امتداد انتهای عایق سیم‌پیچ و سازوکارهای پیرسازی با آنچه در آزمون a.c. رخ می‌دهد، متفاوت است.

در ماشین‌های چند فازه با ولتاژ اسمی بیش از ۱ kV که دو سر هر فاز به طور جداگانه قابل دسترسی است، ولتاژ آزمون باید بین هر فاز و بدنه اعمال شود در حالی که هسته و سایر فازها و سیم‌پیچ‌هایی که تحت آزمون نیستند به بدنه متصل شده باشند. این آزمون باید با ولتاژی حداکثر برابر با نصف ولتاژ کامل آزمون شروع شود. سپس ولتاژ باید تا رسیدن به مقدار کامل به طور یکنواخت اضافه شود و یا به صورت پله‌ای با میزان افزایش در هر مرحله حداکثر به اندازه ۵٪ مقدار کامل ولتاژ آزمون انجام شود، زمان مجاز جهت افزایش ولتاژ از نصف تا مقدار کامل آن نباید از ۱۰ s کمتر باشد. سپس ولتاژ کامل آزمون باید به مدت ۱ min مطابق با مقدار مشخص شده در جدول ۱۶ اعمال شود. در طول مدت این آزمون نباید خرابی (به استاندارد IEC 60060-1 مراجعه شود) رخ دهد.

در آزمون تک به تک ماشین‌های تولید انبوه تا ۲۰۰ kW (kVA) و مقدار اسمی $U_N \leq 1 \text{ kV}$ ، آزمون min ۱ را می‌توان با یک آزمون ۱ s در ۱۲۰٪ ولتاژ آزمون مطابق جدول ۱۷ جایگزین نمود.

آزمون تحمل ولتاژ بالا در صورت اعمال ولتاژ کامل به سیم‌پیچ‌ها و مورد قبول واقع شدن آن نباید تکرار شود. هرچند آزمون دیگری به تقاضای خریدار صورت گیرد، پس از خشک کردن ماشین در صورت لزوم، ولتاژ آزمون باید ۸۰٪ ولتاژ مشخص شده در جدول ۱۷ باشد.

به منظور تعیین ولتاژ آزمون از جدول ۱۷ برای موتورهای جریان مستقیمی که توسط مبدل‌های توان ایستایی تغذیه می‌شوند، ولتاژ مستقیم موتور یا مقدار مؤثر فاز به فاز ولتاژ متناوب اسمی در ترمینال‌های ورودی مبدل توان ایستایی، هر کدام بزرگتر باشد، باید مورد استفاده قرار گیرد.

توصیه می‌شود انحراف ولتاژ طبق زیربند ۷-۳ هنگام تعیین ولتاژ آزمون بررسی نشود.

سیم‌پیچ‌هایی که به صورت کامل بازپیچی شده‌اند، باید مانند ماشین‌های نو در ولتاژ آزمون کامل مورد آزمایش واقع شوند.

در صورت توافق بین کاربر و یک پیمانکار تعمیر برای انجام آزمون‌های تحمل ولتاژ در ماشین‌هایی که قسمتی از سیم‌پیچ‌ها باز پیچی شده و یا ماشین تعمیرات اساسی گردیده، روند زیر توصیه می‌شود:

الف- سیم‌پیچ‌هایی که قسمتی از آن بازپیچی شده است در ٪ ۷۵ از ولتاژ آزمون مربوط به ماشین نو، آزمایش شوند. قبل از آزمون، قسمت کهنه سیم‌پیچ باید با دقت تمیز و خشک شود؛

ب- ماشین‌هایی که تعمیر اساسی شده‌اند، پس از تمیز و خشک شدن، با ولتاژی معادل ۱٫۵ برابر ولتاژ اسمی با کمینه ۱۰۰۰ V برای ولتاژ اسمی برابر یا بیشتر از ۱۰۰ V و کمینه ۵۰۰ V برای ولتاژ اسمی کمتر از ۱۰۰ V، آزمایش شوند.

جدول ۱۷- آزمون‌های تحمل ولتاژ

ردیف	ماشین یا بخشی از آن	ولتاژ آزمون (مؤثر)
۱	سیم‌پیچ‌های عایق‌بندی شده ماشین‌های گردان با توان خروجی اسمی کمتر از ۱ kW (kVA) و با ولتاژ اسمی کمتر از ۱۰۰ V به استثناء موارد ردیف‌های ۴ تا ۸.	۵۰۰ V + دو برابر ولتاژ اسمی
۲	سیم‌پیچ‌های عایق‌بندی شده ماشین‌های گردان با توان خروجی اسمی کمتر از ۱۰۰۰۰ kW (kVA) به استثناء موارد ردیف ۱ و ۴ تا ۸ (یادآوری ۲).	۱۰۰۰ V + دو برابر ولتاژ اسمی با کمینه مجموع ۱۵۰۰ V (یادآوری ۱)
۳	سیم‌پیچ‌های عایق‌بندی شده ماشین‌های گردان با توان خروجی اسمی ۱۰۰۰۰ kW (kVA) یا بیشتر به استثناء موارد ردیف‌های ۴ تا ۸ (یادآوری ۲). ولتاژ اسمی (یادآوری ۱) - تا و شامل ۲۴۰۰۰ V - بیش از ۲۴۰۰۰ V	۱۰۰۰ V + دو برابر ولتاژ اسمی طبق توافق
۴	سیم‌پیچ‌های میدان با تحریک جداگانه ماشین‌های جریان مستقیم	۱۰۰۰ V + دو برابر بیشینه ولتاژ اسمی مدار با کمینه مجموع ۱۵۰۰ V.
۵	سیم‌پیچ‌های میدان مولدهای سنکرون، موتورهای سنکرون و جبران کننده‌های سنکرون.	

ردیف	ماشین یا بخشی از آن	ولتاژ آزمون (مؤثر)
۵- الف	ولتاژ اسمی میدان - تا و شامل $V 500$ - بیش از $V 500$	۱۰ برابر ولتاژ اسمی میدان با کمینه مجموع $V 1500$ $V 4000 +$ دو برابر ولتاژ اسمی میدان
۵- ب	هنگامی که قرار است ماشین با سیم‌پیچ میدان اتصال کوتاه شده یا در حالتی که دو سر آن به مقاومتی کمتر از ۱۰ برابر مقاومت سیم‌پیچ متصل باشد، راه‌اندازی شود.	۱۰ برابر ولتاژ اسمی میدان با کمینه مجموع $V 1500$ و بیشینه مجموع $V 3500$.
۵- پ	هنگامی که قرار است ماشین با مقاومت متصل شده به دو سر سیم‌پیچ میدان با مقدار ۱۰ برابر مقاومت سیم‌پیچ میدان یا با سیم‌پیچ‌های میدان مدار باز با و بدون کلید مقسم میدان راه‌اندازی شود.	$V 1000 +$ دو برابر بیشینه ولتاژ مؤثر که می‌تواند در شرایط مشخص شده راه‌اندازی، بین ترمینال‌های سیم‌پیچ میدان اتفاق بیفتد یا در صورتی که سیم‌پیچ میدان به بخش‌هایی تقسیم شده، بین ترمینال‌های هر بخش وجود داشته باشد، با کمینه مجموع $V 1500$ (یادآوری ۳).
۶	سیم‌پیچ‌های ثانویه (معمولاً روتور) موتورهای القایی یا ماشین‌های القایی سنکرون، در صورتی که به صورت دائم اتصال کوتاه نگردیده باشند (مثلاً به منظور راه‌اندازی رئوستایی).	
۶- الف	برای موتورهایی که دارای یک جهت گردش هستند و یا موتورهایی که از حالت توقف قابل معکوس شدن هستند.	$V 1000 +$ دو برابر ولتاژ مدار باز در حالت سکون که بین حلقه‌های لغزان و یا ترمینال‌های ثانویه وقتی که ولتاژ اسمی در سیم‌پیچ اولیه اعمال شده، اندازه‌گیری می‌شود.
۶- ب	برای موتورهایی که در هنگام کار با معکوس کردن تغذیه تغییر جهت داده یا ترمز می‌شوند.	$V 1000 +$ چهار برابر ولتاژ ثانویه مدار باز همان‌گونه که در بخش ۶- الف عنوان شده است.
۷	سیستم‌های تحریک (به استثناء موارد زیر)	مطابق با سیم‌پیچ‌هایی که به آن متصل شده است.
	استثناء اول: سیستم‌های تحریک موتورهای سنکرون (شامل موتورهای القایی سنکرون)، در صورتی که به زمین متصل و یا هنگام راه‌اندازی از سیم‌پیچ‌های میدان جدا شوند.	$V 1000 +$ دو برابر ولتاژ اسمی سیستم تحریک با کمینه مجموع $V 1500$
	استثناء دوم: سیم‌پیچ‌های میدان تحریک‌کننده‌ها از نوع تحریک جداگانه (به ردیف ۴ مراجعه شود).	

ردیف	ماشین یا بخشی از آن	ولتاژ آزمون (مؤثر)
۸	ماشین‌ها و دستگاه‌هایی که از نظر الکتریکی از داخل به هم متصل هستند.	حتی‌الامکان از تکرار آزمون‌های مندرج در ردیف‌های ۱ تا ۷ فوق اجتناب شود اما چنانچه آزمون بر روی گروهی از ماشین‌ها و دستگاه‌ها صورت گیرد و هر کدام قبلاً در آزمون تحمل ولتاژ خود قبول شده‌اند، ولتاژ آزمون اعمال شده به چنین مجموعه متصل شده از نظر الکتریکی باید معادل ۸۰٪ کمترین ولتاژ آزمون مناسب برای هر قطعه مجموعه به تنهایی باشد.
۹	قطعاتی که اتصال فیزیکی با سیم‌پیچ‌ها دارند، به عنوان مثال: آشکارسازهای حرارتی باید در قاب ماشین آزمون شوند. در طول آزمون تحمل ولتاژ روی ماشین تمام قطعاتی که اتصال فیزیکی به سیم‌پیچ دارند، باید به قاب ماشین متصل شوند.	۱۵۰۰ V
یادآوری ۱ - ولتاژ در سیم‌پیچ‌های دو فاز با یک ترمینال مشترک، در فرمول باید بیشترین ولتاژ موثر موجود بین هر دو ترمینال در حین کار باشد. یادآوری ۲ - آزمون‌های تحمل ولتاژ بر روی ماشین‌هایی که دارای عایق‌بندی درجه‌بندی شده هستند باید براساس توافق صورت گیرد. یادآوری ۳ - اختلاف ولتاژ بین ترمینال‌های سیم‌پیچ میدان یا بخش‌هایی از آن‌ها تحت یک شرایط راه‌اندازی معین را می‌توان در هر ولتاژ تغذیه کاهش یافته اندازه‌گیری نمود و ولتاژی که به این ترتیب اندازه‌گیری شده است باید به نسبت ولتاژ تغذیه راه‌اندازی به ولتاژ تغذیه آزمون، افزایش داده شود. یادآوری ۴ - برای سیم‌پیچ‌های یک یا چند ماشین که از نظر الکتریکی به هم متصل شده‌اند، ولتاژ مورد نظر بیشینه ولتاژی است که نسبت به زمین وجود دارد. یادآوری ۵ - جریان نشی که در هنگام آزمون تحمل ولتاژ توسط ماشین کشیده می‌شود، بسته به اندازه ماشین متفاوت خواهد بود.		

۳-۹ جریان اضافی اتفاقی

۱-۳-۹ کلیات

توانایی تحمل جریان اضافی ماشین‌های الکتریکی گردان، به منظور هماهنگی این ماشین‌ها با وسایل کنترل و حفاظت ارائه شده است. آزمون‌هایی که نشان دهنده این توانایی‌ها هستند جزء مقررات الزامی این استاندارد نیست. اثر گرمایی در سیم‌پیچ‌های ماشین تقریباً به صورت حاصل ضرب زمان در مربع جریان تغییر می‌کند. هر جریانی بیشتر از جریان اسمی، باعث افزایش دمای بیشتر خواهد شد.

می‌توان فرض کرد که ماشین برای بیش از چندین دوره کوتاه مدت در طول عمرش با جریان اضافی مشخص شده عمل نخواهد کرد، مگر اینکه توافق دیگری صورت گرفته باشد. هرگاه ماشین جریان متناوبی، هم به عنوان مولد و هم به عنوان موتور به کار گرفته شود، توانایی تحمل جریان اضافی باید طبق توافق باشد.

یادآوری - به منظور بررسی توانایی ماشین‌های سنکرون با توجه به مؤلفه توالی منفی جریان اتفاقی در شرایط خطا، به زیربند ۳-۲-۷ مراجعه شود.

۹-۳-۲ مولدها

مولدهای جریان متناوبی که دارای بیشینه توان خروجی اسمی ۱۲۰۰ MVA هستند باید قادر به تحمل جریانی معادل ۱/۵ برابر جریان اسمی به مدت حداقل ۳۰ s باشند.

مولدهای جریان متناوبی که دارای توان خروجی اسمی بیش از ۱۲۰۰ MVA هستند باید قادر به تحمل جریانی معادل ۱/۵ برابر جریان اسمی در مدت مورد توافق باشند که این مدت نباید کمتر از ۱۵ s باشد.

۹-۳-۳ موتورهای کموتاتوردار و موتورهای مغناطیس دائم

موتورهای چند فاز که دارای بیشینه توان خروجی اسمی ۳۱۵ kW و بیشینه ولتاژ اسمی ۱ kV هستند، باید قادر به تحمل :

- جریانی معادل ۱/۵ برابر جریان اسمی به مدت حداقل ۲ min باشند.

یادآوری - برای موتورهای چندفازی که دارای توان خروجی اسمی بیش از ۳۱۵ kW هستند و همچنین برای کلیه موتورهای تکفاز، هیچ جریان اضافی اتفاقی مشخص نشده است.

۹-۳-۴ ماشین های کموتاتوردار

ماشین کموتاتوردار باید قادر به تحمل ۱/۵ برابر جریان اسمی به مدت ۶۰ s براساس ترکیب مناسبی از حالات زیر باشد :

الف - سرعت

- | | |
|-----------------------------------|----------------------------|
| ۱- موتور جریان مستقیم | بیشترین سرعت با میدان کامل |
| ۲- مولد جریان مستقیم | سرعت اسمی |
| ۳- موتور کموتاتوردار جریان متناوب | بیشترین سرعت با میدان کامل |
| ب- ولتاژ آرمیچر | مطابق با سرعت مشخص شده |

یادآوری - محدودیت‌های توانایی کموتاسیون باید مورد توجه قرار گیرد.

۹-۴ گشتاور اضافی لحظه‌ای برای موتورهای

۹-۴-۱ موتورهای القایی چندفاز و موتورهای جریان مستقیم

موتورها صرفنظر از کاردهی و ساختمان، باید قادر به تحمل گشتاور اضافی معادل ۶۰٪ گشتاور اسمی به مدت ۱۵ s باشند، به صورتی که هیچ‌گونه توقف و یا تغییرات تند سرعت (تحت افزایش تدریجی گشتاور) رخ ندهد. ولتاژ و فرکانس (برای موتورهای القایی) باید در مقادیر اسمی آنها نگه داشته شوند . مقادیر بزرگتری از گشتاور اضافی برای بعضی از موتورهایی که بر اساس استاندارد IEC 60034-12 ساخته شده‌اند، نیاز است.

برای موتورهای جریان مستقیم ممکن است گشتاور اضافی برحسب جریان اضافه بار بیان شود. مولدهای با کاردهی نوع S9 باید قادر به تحمل گشتاور اضافی لحظه‌ای باشند که براساس نوع کاردهی تعیین شده است.

برای تعیین تقریبی تغییرات دمای حاصل از تلفات مرتبط با جریان، می‌توان از ثابت زمانی معادل حرارتی براساس زیربند ۸-۸ استفاده کرد.

در مورد موتورهای که جهت کاربردهای ویژه نیاز به گشتاور بالا دارند (به عنوان مثال: برای بالابر) باید توافق حاصل شود.

در موتورهای القایی قفسی که به طور ویژه جهت جریان راه‌اندازی کمتر از ۴/۵ برابر جریان اسمی طراحی شده‌اند، گشتاور اضافی می‌تواند کمتر از مقدار ۶۰٪ مشخص شده در پاراگراف ۱ باشد، اما نباید کمتر از ۵۰٪ یا مقدار این گشتاور اضافی باید بر اساس توافق باشد.

در انواع خاصی از موتورهای القایی با خواص راه‌اندازی ویژه ذاتی، مثلاً موتورهایی که برای کار در فرکانس متغیر در نظر گرفته شده یا موتورهای القایی که از مبدل‌های ایستایی تغذیه می‌شوند، مقدار گشتاور اضافی باید مورد توافق واقع شده باشد.

۹-۴-۲ موتورهای سنکرون چند فاز

به جز موارد توافق شده دیگر، یک موتور سنکرون چندفاز صرفنظر از نوع کاردهی باید قادر به تحمل گشتاور اضافی به مدت ۱۵ s بدون خروج از حالت سنکرون به شرح زیر بوده، ضمن اینکه تحریک در مقداری مطابق با بار اسمی تنظیم شده باشد. چنانچه از تحریک خودکار استفاده شود، حدود گشتاور باید همان مقادیر مربوط به عملکرد سیستم تحریک در شرایط عادی باشد.

- موتورهای القایی سنکرون (روتور سیم‌پیچی شده) گشتاور اضافی ٪ ۳۵
- موتورهای سنکرون (روتور قطب صاف) گشتاور اضافی ٪ ۳۵
- موتورهای سنکرون (قطب برجسته) گشتاور اضافی ٪ ۵۰

۹-۴-۳ سایر موتورها

گشتاور اضافی لحظه‌ای و زمان موتورهای تکفاز، کموتاتوردار و غیره باید مورد توافق قرار گیرد.

۹-۵ گشتاور بالابرنده

به غیر از موارد مشخص شده (به عنوان مثال ماشین‌ها بر اساس استاندارد IEC 60034-12) گشتاور بالابرنده موتورهای القایی روتور قفسی در ولتاژ کامل نباید کمتر از ۰/۳ برابر مقدار اسمی باشد.

۹-۶ سرعت کار ایمن برای موتورهای القایی قفسی

تمامی موتورهای القایی قفسی تک سرعت سه‌فاز با شماره قاب تا و شامل ۳۱۵ و برای ولتاژهای تا و شامل V ۱۰۰۰ باید قادر به عملکرد پیوسته در سرعت‌هایی تا سرعت‌های مناسب داده شده در جدول ۱۷ باشند، مگر غیر از آن در پلاک مشخصات بیان شده باشد.

جدول ۱۸ - بیشینه سرعت کار ایمن (min^{-1}) موتورهای القایی تک سرعت سه فاز
برای ولتاژهای تا و شامل ۱۰۰۰ V

شماره قاب	۲ قطب	۴ قطب	۶ قطب
≤ 100	5200	3600	2400
112	5200	3600	2400
132	4500	2700	2400
160	4500	2700	2400
180	4500	2700	2400
200	4500	2300	1800
225	3600	2300	1800
250	3600	2300	1800
280	3600	2300	1800
315	3600	2300	1800

یادآوری - ممکن است لازم باشد مقادیر بالا کاهش یابد تا الزامات استاندارد IEC 60079 را برآورده سازد.

هنگام عملکرد در سرعت‌های بیش از سرعت اسمی، به عنوان مثال: هنگام استفاده از کنترل‌های سرعت قابل تنظیم، سطوح نوفه ۱ و ارتعاش افزایش می‌یابد. استفاده کننده ممکن است سازنده را مجبور به بالانس دقیق روتور موتور برای عملکرد قابل قبول در سرعت‌های بیشتر از سرعت اسمی باشد. ممکن است عمر یاتاقان کم شود. فاصله زمانی گریس‌کاری مجدد و طول عمر خدمتی گریس باید مورد توجه قرار گیرد.

۷-۹ اضافه سرعت

طراحی ماشین‌ها باید به گونه‌ای باشد که سرعت‌های مشخص شده در جدول ۱۸ را تحمل کنند. معمولاً انجام آزمون اضافه سرعت لازم تشخیص داده نمی‌شود، اما چنانچه مشخص شده و مورد توافق باشد، می‌تواند صورت گیرد (برای مولدهای جریان متناوب توربینی به استاندارد IEC 60034-3 مراجعه شود). چنانچه بعد از آزمون اضافه سرعت هیچ تغییر شکل غیرطبیعی دائمی به وجود نیاید و هیچ نوع کاستی که از عملکرد طبیعی ماشین جلوگیری کند، رخ ندهد و سیم‌پیچ‌های روتور پس از این آزمون توانایی تحمل آزمون‌های دی‌الکتریک مورد نیاز را داشته باشند، این آزمون مورد قبول واقع خواهد شد. مدت زمان هر آزمون اضافه سرعت باید ۲ min باشد.

به واسطه نحوه قرارگیری لبه‌های روتور ورقه‌ای که قطب‌های آن به وسیله گوه یا مهره و غیره محکم شده‌اند، افزایش جزئی دائمی ایجاد شده در قطر طبیعی است و این افزایش، به عنوان یک تغییر شکل غیرطبیعی که نشان دهنده نامناسب بودن ماشین جهت کار عادی است، قلمداد نمی‌شود.

در طی راه‌اندازی^۲ یک توربین آبی که مولد سنکرون را به حرکت در می‌آورد، ماشین باید به سرعتی برسد که محافظ اضافه سرعت عمل کند به طوری که اطمینان حاصل شود بالانس تا آن سرعت رضایت‌بخش است.

1- Noise

2- Commissioning

جدول ۱۹- اضافه سرعت

ردیف	نوع ماشین	اضافه سرعت
۱	ماشین‌های جریان متناوب کلیه ماشین‌ها به استثناء آن‌هایی که در زیر مشخص شده اند :	۱/۲ برابر بیشینه سرعت اسمی
۱- الف	مولدهایی که محرک آن‌ها توربین آبی است و هر ماشین کمکی که به طور مستقیم (از نظر الکتریکی یا مکانیکی) به ماشین اصلی متصل شده است.	سرعت فرار مجموعه، اما نباید کمتر از ۱/۲ برابر بیشینه سرعت اسمی باشد مگر اینکه غیر از این مشخص شده باشد.
۱- ب	ماشین‌هایی که ممکن است تحت محدودیت‌های خاصی توسط بار به حرکت درآیند.	سرعت فرار مجموعه، اما نباید کمتر از ۱/۲ برابر بیشینه سرعت اسمی باشد.
۱- پ	موتورهای سری و یونیورسال	۱/۱ برابر سرعت در حالت بی‌باری در ولتاژ اسمی. برای موتورهایی که به طور دائم به بار متصل شده‌اند و امکان جدا شدن آن‌ها به طور تصادفی وجود ندارد، واژه «سرعت در حالت بی‌باری» باید به معنی حالت کمترین بار ممکنه در بارگذاری تعبیر شود.
۱- ت	موتورهای القایی قفسی تک‌سرعت سه فاز بر اساس زیربند ۹-۶	۱/۲ برابر بیشینه سرعت کار ایمن
۲	ماشین‌های جریان مستقیم	
۲- الف	موتور با تحریک موازی و جداگانه	۱/۲ برابر بیشترین سرعت اسمی یا ۱/۵ برابر سرعت در حالت بی‌باری، هر کدام بزرگ‌تر باشد.
۲- ب	موتورهای با تحریک کمپوند که دارای تنظیم سرعتی معادل ۳۵٪ یا کمتر هستند.	۱/۲ برابر بیشینه سرعت اسمی یا ۱/۱۵ برابر سرعت در حالت بی‌باری، هر کدام بزرگ‌تر باشد، اما بیشتر از ۱/۵ برابر بالاترین سرعت اسمی نشود.
۲- پ	موتورهای با تحریک کمپوند که دارای تنظیم سرعتی بیش از ۳۵٪ هستند و موتورهای سری	سازنده باید بیشینه سرعت در کارکرد ایمن را تعیین و برروی پلاک مشخصات درج نماید. اضافه سرعت برای این گونه موتورها باید ۱/۱ برابر بیشینه سرعت کارکرد ایمن باشد. نشانه سرعت کارکرد ایمن برروی موتورهایی که قادر به افزایش سرعتی معادل ۱/۱ برابر سرعت در حالت بی‌باری در ولتاژ اسمی هستند، الزامی نیست.
۲- ت	موتورها با تحریک مغناطیس دائم	اضافه سرعت مطابق آنچه در ردیف ۲- الف مشخص شده، مگر اینکه موتور سیم‌پیچ سری داشته باشد و در این صورت باید تحمل اضافه سرعت مشخص شده در ردیف ۲- ب یا ۲- ج هر کدام مناسب است را داشته باشد.
۲- ث	مولدها	۱/۲ برابر سرعت اسمی

۸-۹ جریان اتصال کوتاه ماشین‌های سنکرون

برای ماشین‌های سنکرون، شامل ماشین‌های توربینی که خارج از محدوده استاندارد IEC 60034-3 هستند، در حالتی که اتصال کوتاه روی کلیه فازها در حین کار در ولتاژ اسمی واقع شود، مقدار قله جریان اتصال کوتاه نباید از ۱۵ برابر مقدار قله یا ۲۱ برابر مقدار مؤثر جریان اسمی بیشتر شود، مگر غیر از این مشخص شده باشد. از طریق محاسبه یا توسط یک آزمون در ۰.۵ برابر ولتاژ اسمی یا بالاتر امکان تایید جریان اتصال کوتاه وجود دارد.

۹-۹ آزمون تحمل اتصال کوتاه برای ماشین‌های سنکرون

آزمون اتصال کوتاه سه فاز برای ماشین‌های سنکرون باید فقط در صورت درخواست خریدار انجام شود. در این حالت، آزمون باید روی ماشین در حین کار در حالت بی‌باری با تحریکی متناظر با ولتاژ اسمی صورت گیرد مگر غیر از این توافق شده باشد. آزمون نباید با تحریکی بیش از آنچه که منطبق با ۱/۰۵ برابر ولتاژ اسمی در بی‌باری است، انجام گیرد.

به منظور در نظر گرفتن امپدانس ترانسفورماتوری که ممکن است بین ماشین‌ها و سیستم واقع شده باشد، تحریک آزمون در صورت توافق می‌تواند کاهش یابد. در حالت اخیر، همچنین ممکن است آزمون در محل کار با کارکرد در حالت فوق تحریک انجام پذیرد. اتصال کوتاه باید به مدت ۳ s نگه داشته شود.

چنانچه هیچ تغییر شکل زیان‌آوری اتفاق نیفتاده باشد و شرایط آزمون ولتاژ دی‌الکتریک (به جدول ۱۷ مراجعه شود) پس از آزمون اتصال کوتاه فراهم باشد، آزمون مورد قبول واقع خواهد شد. برای ماشین‌های توربینی سه فاز به استاندارد IEC 60034-3 مراجعه شود.

۱۰-۹ آزمون کموتاسیون برای ماشین‌های کموتاتوردار

یک ماشین کموتاتوردار جریان مستقیم یا متناوب باید قادر به کارکرد از بی‌باری تا کار با جریان یا گشتاور اضافی به ترتیب مشخص شده در زیربندهای ۳-۹ و ۴-۹ بدون آسیب دائمی به سطح کموتاتور یا جاروبک‌ها باشد و هیچ‌گونه جرقه زیان‌آوری در آن بوجود نیاید. در این حالت جاروبک‌ها باید در همان موقعیت تنظیم شده باقی بمانند. در صورت امکان آزمون کموتاسیون باید در حالت گرم انجام شود.

۱۱-۹ اعوجاج هارمونیکی کل (THD)^۱ برای ماشین‌های سنکرون

۱-۱۱-۹ کلیات

الزامات این زیربند صرفاً برای ماشین‌های سنکرون با توان خروجی اسمی (kVA) ۳۰۰ kW یا بیشتر که به منظور اتصال به شبکه‌های قدرتی که در فرکانس نامی $16\frac{2}{3}$ Hz تا 100 Hz کار می‌کند، به منظور کمینه کردن تداخل ایجاد شده توسط ماشین‌ها به کار می‌روند.

۲-۱۱-۹ حدود مجاز

هنگامی که آزمون در حالت مدار باز و در ولتاژ و سرعت اسمی صورت گرفته باشد، اعوجاج هارمونیکی کل

1- Total harmonic distortion

(THD) ولتاژ ترمینال خط به خط که براساس روش‌های مذکور در زیربند ۹-۱۱-۳ اندازه‌گیری شده، نباید از ۵٪ بیشتر شود.

یادآوری - مقادیر حدی برای هر هارمونیک به گونه‌ای تعیین نشده که بیانگر کار رضایت‌بخش ماشین‌هایی که شرایط فوق را برآورده می‌کنند، باشد.

۹-۱۱-۳ آزمون‌ها

آزمون‌های نوعی باید بر روی ماشین‌ها جهت تأیید تطابق با زیربند ۹-۱۱-۲ انجام شود. حدود فرکانس‌های اندازه‌گیری شده باید شامل کلیه هارمونیک‌ها از فرکانس اسمی تا صدمین هارمونیک باشد.

THD را می‌توان به طور مستقیم توسط یک وسیله اندازه‌گیری و شبکه مربوطه که به طور ویژه برای این منظور طراحی شده، اندازه‌گیری کرد و یا هر هارمونیک به صورت جداگانه باید اندازه‌گیری شده و سپس THD با استفاده از رابطه زیر و مقادیر اندازه‌گیری شده محاسبه شود:

$$THD = \sqrt{\sum_{n=2}^k u_n^2} \quad (8)$$

که در آن:

u_n نسبت ولتاژ خط به خط هارمونیک n ترمینال ماشین (U_n) به ولتاژ هارمونیک اصلی خط به خط ترمینال ماشین (U_1).

n مرتبه هارمونیک

$k = 100$.

۱۰ پلاک مشخصات

۱-۱۰ کلیات

برای هر ماشین الکتریکی باید یک یا چند پلاک مشخصات تهیه شود. پلاک باید از مواد با دوام ساخته شده و به طور مطمئن نصب شود.

پلاک(های) مشخصات باید ترجیحاً بر روی بدنه ماشین نصب شود و محل نصب آن باید به گونه‌ای باشد که برحسب نوع ساختمان و چگونگی نصب به آسانی قابل خواندن باشد. چنانچه ماشین الکتریکی به نوعی محصور شده یا در ترکیب با تجهیزاتی قرار گرفته که پلاک مشخصات آن به آسانی قابل خواندن نباشد، سازنده بنابه درخواست باید پلاک دومی برای نصب روی تجهیزات تهیه کند.

۱۰-۲ نشانه‌گذاری

برای ماشین‌های با توان خروجی اسمی کوچک‌تر یا مساوی (VA) ۷۵۰ W و دارای ابعادی که در دامنه کاربرد استاندارد IEC 60072 قرار ندارند، دست کم باید با اطلاعات داده شده در ردیف‌های ۱، ۲، ۱۱، ۱۲، ۲۶ و ۲۷ علامت‌گذاری شود. برای ماشین‌هایی که جهت استفاده خاص و ماشین‌های توکار با توان خروجی اسمی تا و شامل (kVA) ۳ kW دست کم باید ردیف‌های ۱، ۲، ۱۱ و ۱۲ علامت‌گذاری شوند و ردیف ۲۸

مجاز است به شکل دیگری ارائه شود.

در سایر حالت‌ها پلاک(های) مشخصات باید به طور با دوامی بر اساس موارد زیر تا آنجا که کاربرد دارد علامت‌گذاری شود. این موارد لزوماً نباید همه بر روی یک پلاک مشخصات باشند. نشانه‌های حرفی برای واحدها و مقادیر باید بر اساس استاندارد IEC 60027-1 و استاندارد IEC 60027-4 باشد. چنانچه سازنده بخواهد اطلاعات بیشتری بدهد، این اطلاعات نباید الزاماً بر روی پلاک(های) مشخصات باشد. جهت ایجاد یک مرجع مناسب، موارد زیر شماره‌بندی شده‌اند، اما نحوه درج آن‌ها در پلاک مشخصات استاندارد خاصی ندارد. موارد ممکن است به طریق مناسبی ترکیب شوند.

۱- نام سازنده یا علامت آن؛

۲- شماره سریال سازنده یا علامت شناسایی آن؛

یادآوری ۱ - می‌توان از یک علامت شناسایی منفرد جهت معرفی آن دسته از ماشین‌های الکتریکی که طراحی الکتریکی و مکانیکی آن‌ها مشابه بوده و در یک سری ساخت از فن‌آوری مشابه برخوردارند، استفاده کرد.

۳- اطلاعاتی در مورد سال تولید. این اطلاعات می‌تواند بر روی پلاک مشخصات علامت‌گذاری شده و یا بر روی برگه مشخصات مجزا که به همراه ماشین تهیه شده، داده شود؛

یادآوری ۲ - چنانچه این اطلاعات از مورد ۲ استنباط شود، می‌توان آن را هم از پلاک مشخصات و هم از برگه مشخصات مجزا حذف نمود.

۴- کد سازنده برای ماشین؛

۵- تعداد فازها در ماشین‌های جریان متناوب؛

۶- شماره استانداردهای مربوط به مشخصات اسمی و عملکرد (استاندارد IEC 60034-X و یا استانداردهای ملی معادل). چنانچه IEC 60034 درج شده باشد، منظور مطابقت با همه استانداردهای مربوط به سری آن استاندارد است. اگر استاندارد IEC 60034-1 نشانه‌گذاری شود، این مطلب دلالت بر رعایت خود این استاندارد دارد، نه با مراجع؛

۷- درجه حفاظت بر اساس طرح کامل ماشین الکتریکی گردان (کد IP) مطابق با استاندارد IEC 60034-5؛

۸- روش خنک‌سازی (کد IC) مطابق با استاندارد IEC 60034-6؛

۹- برای موتورهای در دامنه کاربرد استاندارد IEC 60034-30، طبقه بازدهی (کد IE) و بازدهی اسمی همانگونه که در استاندارد IEC 60034-30 مشخص شده است؛

۱۰- طبقه حرارتی و حدود مجاز دما یا افزایش دما (وقتی کمتر از مقدار طبقه حرارتی است) و در صورت لزوم روش اندازه‌گیری آن و به دنبال آن در مواردی که ماشین‌ها مبدل حرارتی خنک‌شونده با آب دارند، حرف (P) یا (S) بسته به اینکه افزایش دما نسبت به خنک‌کننده اولیه یا ثانویه سنجیده می‌شود(به

زیربند ۸-۲ مراجعه شود). هنگامی که طبقه حرارتی استاتور و روتور متفاوت است، این اطلاعات باید هم برای استاتور و هم روتور (که با خط مورب جدا شده‌اند) داده شود؛

۱۱- کلاس(های) مشخصات اسمی چنانچه ماشین برای استفاده غیر از نوع S1 کاردهی پیوسته طراحی شده باشد (به زیربند ۵-۲ مراجعه شود)؛

۱۲- توان(های) خروجی اسمی یا گستره توان خروجی اسمی؛

۱۳- ولتاژ(های) اسمی یا گستره ولتاژ اسمی؛

۱۴- برای ماشین‌های جریان متناوب فرکانس اسمی یا گستره فرکانس‌های اسمی؛
برای موتورهای یونیورسال فرکانس اسمی باید با علامت مناسبی درج شود:
مثال:

a.c. 50 Hz / DC یا (IEC 60417-5031) $\overline{\text{---}}$ / 50 Hz ~

۱۵- ولتاژ مدار باز در سرعت اسمی برای ماشین‌های سنکرون تحریک شده با مغناطیس دائم؛

۱۶- جریان(های) اسمی یا گستره جریان اسمی؛

۱۷- سرعت(های) اسمی یا گستره سرعت اسمی؛

۱۸- مقدار مجاز افزایش سرعت اگر غیر از مقدار مشخص شده در زیربند ۹-۷ باشد؛
یا

بیشینه سرعت عملکرد ایمن اگر کمتر از مقدار بیان شده در زیربند ۹-۶ باشد یا اگر ماشین مخصوص کار با سرعت متغیر طراحی شده باشد؛

۱۹- برای ماشین‌های جریان مستقیم با تحریک مستقل یا موازی و برای ماشین‌های سنکرون ولتاژ اسمی میدان و جریان اسمی میدان؛

۲۰- برای ماشین‌های جریان متناوب، ضریب(های) توان اسمی؛

۲۱- برای ماشین‌های القایی روتور سیم‌پیچی شده، ولتاژ اسمی مدار باز بین حلقه‌های لغزان و جریان اسمی حلقه لغزان؛

۲۲- ضریب شکل اسمی و ولتاژ متناوب اسمی در ترمینال‌های ورودی مبدل توان ایستا، چنانچه بیش از ولتاژ مستقیم اسمی مدار آرمیچر موتور باشد؛

۲۳- بیشینه دمای محیط اگر غیر از 40°C باشد؛

بیشینه دمای آب خنک‌کننده اگر غیر از 25°C باشد.

۲۴- کمینه دمای محیط اگر غیر از آنچه در زیربند ۶-۴ آمده است باشد؛

۲۵- ارتفاع مورد نظر در طراحی ماشین (اگر بیش از ۱۰۰۰ m بالاتر از سطح دریا باشد)؛

- ۲۶- برای ماشین‌های با خنک‌کننده هیدروژنی، فشار هیدروژن در توان خروجی اسمی؛
- ۲۷- وزن تقریبی ماشین چنانچه بیش از ۳۰ kg بوده و تعیین شده باشد؛
- ۲۸- برای ماشین‌هایی که تنها در یک جهت کار می‌کنند، جهت چرخش با یک پیکان نشان داده می‌شود. نیازی نیست که این پیکان بر روی پلاک مشخصات اسمی باشد، اما باید به راحتی قابل رؤیت باشد؛
- ۲۹- دستورالعمل‌های اتصال بر اساس استاندارد IEC 60034-8 به صورت نقشه یا نوشتار در نزدیکی ترمینال‌ها؛
- ۳۰- برای موتورهای در دامنه کاربرد استاندارد IEC 60034-12، حرف(های) طراحی شده همانگونه که در بند ۵ استاندارد IEC 60034-12: 2016 مشخص شده، الزامات راه‌اندازی را نشان می‌دهد. دو مقدار اسمی مختلف باید به صورت X/Y و گستره مقادیر اسمی به صورت X-Y نشان داده شوند (به استاندارد IEC 61293 مراجعه شود).
- برای ماشین‌های تعیین شده با کلاس عایقی ولتاژ ضربه (IVIC)، باید این کلاس عایقی ولتاژ ضربه مطابق استاندارد IEC 60034-18-41، در اسناد ماشین ذکر شده و توصیه می‌شود در پلاک مشخصات نشانه‌گذاری شود.
- به جز برای نگهداری عادی، هنگامی که ماشین تعمیر می‌شود پلاک اضافی باید نصب شده و اسم شرکتی را که کار را انجام داده، سال تعمیر و تغییرات انجام گرفته را نشان دهد.

۱۱ الزامات متفرقه

۱-۱۱ زمین کردن حفاظتی ماشین‌ها

- ماشین‌ها باید به ترمینال زمین یا وسیله دیگری جهت اتصال هادی حفاظتی یا هادی زمین مجهز باشد. علامت $\oplus$ (IEC 60417-5019) یا شرحی باید اتصال زمین را مشخص کند. اگرچه در موارد زیر ماشین‌ها نباید زمین شده و یا به ترمینال زمین مجهز باشند:
- ۱- هنگامی که دارای عایق‌بندی تکمیلی باشند، یا
 - ۲- ماشین‌هایی که برای نصب در تجهیزاتی که دارای عایق‌بندی تکمیلی هستند، قرار می‌گیرند، یا
 - ۳- ماشین‌هایی که ولتاژ اسمی آن‌ها تا ۵۰ V a.c. یا ۱۲۰ V d.c. باشد و برای استفاده در مدارهای SELV^۱ هستند.

یادآوری ۱- اصطلاح SELV در استاندارد IEC 60884-2-4 تعریف شده است.

در مورد ماشین‌هایی که ولتاژ اسمی بیش از ۵۰ V a.c. یا ۱۲۰ V d.c. داشته ولی ولتاژ آن‌ها بیشتر از ۱۵۰۰ V d.c. یا ۱۰۰۰ V a.c. نشود، ترمینال هادی زمین باید در مجاورت ترمینال‌های هادی خط و در

1- Safety extra low voltage

داخل جعبه ترمینال در صورت وجود قرار گیرد. در ماشین‌هایی که توان خروجی اسمی بیش از 100 kW(kVA) دارند، یک ترمینال زمین علاوه بر آن باید روی بدنه قرار گیرد.

ماشین‌هایی با ولتاژ اسمی بیش از 1000 V a.c یا 1500 V d.c باید یک ترمینال زمین روی بدنه داشته باشند، به عنوان مثال یک تسمه آهنی و علاوه بر آن وسیله‌ای در داخل جعبه ترمینال برای اتصال غلاف کابل (در صورت وجود) داشته باشد.

ترمینال زمین باید به گونه‌ای طراحی شده باشد که یک اتصال مناسب با هادی زمین بدون صدمه زدن به هادی یا ترمینال را به طور مطمئن فراهم کند. اجزاء هادی قابل دسترس که بخشی از مدار عمل کننده نیستند باید دارای یک اتصال الکتریکی مناسب نسبت به یکدیگر و ترمینال زمین باشند. چنانچه همه یاتاقان‌ها و سیم‌پیچی روتور یک ماشین، عایق‌بندی شده باشد، محور موتور باید اتصال الکتریکی به ترمینال زمین داشته باشد. مگر اینکه سازنده و خریدار بر وسایل حفاظتی جایگزین توافق کرده باشند.

چنانچه یک ترمینال زمین در جعبه ترمینال تعبیه شده باشد، فرض بر آن است که جنس هادی زمین از همان فلزی است که هادی‌های برق‌دار هستند.

چنانچه یک ترمینال زمین روی بدنه تعبیه شود، هادی زمین با توافق می‌تواند از فلز دیگری مانند فولاد ساخته شود. در این گونه موارد باید در طراحی ترمینال، تمهیدات مناسبی در مورد رسانایی هادی منظور شود.

ترمینال زمین باید به گونه‌ای طراحی شود تا متناسب با سطح مقطع هادی زمین براساس جدول ۱۹ باشند. چنانچه هادی زمین بزرگ‌تر از اندازه داده شده در جدول به کار رود، توصیه می‌شود که تا حد امکان نزدیک به یکی دیگر از اندازه‌های داده شده در جدول باشد.

برای سایر سطح مقطع‌های هادی‌های برق‌دار، هادی زمین یا هادی حفاظتی باید سطح مقطعی حداقل معادل با مقادیر زیر داشته باشد:

- برابر سطح مقطع هادی برق‌دار برای سطح مقطع‌های کمتر از 25 mm^2 ؛
- 25 mm^2 برای سطح مقطع‌های بین 25 mm^2 تا 50 mm^2 ؛
- 50 mm^2 برای هادی برق‌دار برای سطح مقطع‌های بیش از 50 mm^2 .

برای مولدهای بزرگ‌تر یا مساوی 20 MVA ، توصیه می‌شود سطح مقطع هادی زمین در خارج از ماشین توسط یکپارچه‌ساز سیستم و سطح مقطع شینه نقطه خنثی توسط سازنده به گونه‌ای محاسبه شود تا جریان اتصال کوتاه در خطای زمین دابل در طی مدت زمان مورد نیاز برای قطع ماشین توسط سیستم حفاظت و تخلیه انرژی آن، به طور ایمن عبور دهد. ترمینال زمین باید براساس استاندارد IEC 60445 مشخص شود.

یادآوری ۲ - ممکن است زمین کردن مناسب برای ماشین‌های کوچک با اندازه قاب کمتر از 63 mm ، به تنهایی توسط فلنج تامین شود.

جدول ۲۰- سطح مقطع هادی‌های زمین

سطح مقطع هادی زمین یا هادی حفاظتی mm ²	سطح مقطع هادی فاز mm ²
4	4
6	6
10	10
16	16
25	25
25	35
25	50
35	70
50	95
70	120
70	150
95	185
120	240
150	300
185	400

۱۱-۲ خار(های) انتهای محور

چنانچه انتهای محور ماشینی با یک یا چند جای خار تهیه شده باشد، هر جای خار باید دارای یک خار کامل با شکل و طول معمولی باشد.

۱۲ رواداری‌ها

۱-۱۲ کلیات

رواداری بیشینه انحراف مجاز بین نتیجه آزمون یک کمیت از جدول ۲۱ و مقدار ادعا شده روی پلاک مشخصات یا داخل بروشور است. تا زمانی که روش‌های آزمون و تجهیزات آزمون مطابق با استانداردهای IEC یا ملی باشند، نتیجه آزمون مستقل از آزمایشگاه یا تجهیزات نباید بیش از انحراف مجاز باشد. رواداری عدم قطعیت روش آزمون را پوشش نمی‌دهد، به عنوان مثال انحراف بین نتیجه آزمون و مقدار واقعی.

یادآوری- در تولیدات سری، رواداری برای هر نمونه انتخاب شده به کار می‌رود، به عنوان مثال رواداری، انحراف در مشخصات مواد اولیه و روش تولید را پوشش می‌دهد.

۲-۱۲ رواداری‌های مقدار کمیت‌ها

رواداری‌ها مقادیر اظهار شده باید مطابق با مقادیر مشخص شده در جدول ۲۱ باشند، مگر غیر از آن بیان شده باشد.

جدول ۲۱- فهرست رواداری‌های مقادیر کمیت‌ها

ردیف	کمیت	رواداری
۱	بازدهی η	$-15\%(1-\eta)$ $-10\%(1-\eta)$
۲	جریان اسمی میدان ماشین‌های سنکرون	+15%
۳	ضریب توان، $\cos \phi$ ، در ماشین‌های القایی و ماشین‌های سنکرون مغناطیس دائم که به طور مستقیم بر روی خط کار می‌کنند	$-1/6 (1 - \cos \phi)$ حداقل قدر مطلق 0,02 حداکثر قدر مطلق 0,07
۴-الف	سرعت موتورهای جریان مستقیم (دربار کامل و دمای کار) ^۱ موتورهای موازی و تحریک جداگانه	$1000 P_N / n_N < 0,67 \pm 15\%$ $0,67 \leq 1000 P_N / n_N < 2,5 \pm 10\%$ $2,5 \leq 1000 P_N / n_N < 10 \pm 7,5\%$ $10 \leq 1000 P_N / n_N \pm 5\%$
۴-ب	موتورهای سری	$1000 P_N / n_N < 0,67 \pm 20\%$ $0,67 \leq 1000 P_N / n_N < 2,5 \pm 15\%$ $2,5 \leq 1000 P_N / n_N < 10 \pm 10\%$ $10 \leq 1000 P_N / n_N \pm 7,5\%$
۴-پ	موتورهای با تحریک کمپوند	همان رواداری‌های ۴-ب، مگر آنکه توافق دیگری شده باشد.
۵	تغییر سرعت در موتورهای جریان مستقیم تحریک موازی و کمپوند (از بی باری تا بار کامل)	$\pm 20\%$ تغییرات با حداقل $\pm 2\%$ سرعت اسمی
۶	تنظیم ولتاژ ذاتی در مولدهای جریان مستقیم با تحریک جداگانه در هر نقطه از منحنی مشخصه	$\pm 20\%$ تنظیم در آن نقطه
۷	تنظیم ولتاژ ذاتی در مولدهای تحریک کمپوند (در ضریب توان اسمی در حالی که جریان متناوب است)	$\pm 20\%$ تنظیم با حداقل $\pm 3\%$ ولتاژ اسمی (این رواداری بیشترین انحراف در هر باری بین ولتاژ آن بار و یک خط مستقیم مابین نقاط ولتاژ بی باری و بار کامل است).
۸-الف	لغزش در موتورهای القایی (در بار کامل و دمای کار)	$P_N < 1 \text{ kW}$ $\pm 30\%$ لغزش $P_N \geq 1 \text{ kW}$ $\pm 20\%$ لغزش

ردیف	کمیت	رواداری
۸-ب	سرعت در موتورهای کموتاتوردار جریان متناوب با مشخصه موازی (در بار کامل و در دمای کار)	- در بیشترین سرعت : -3% سرعت سنکرون - در کمترین سرعت : +3% سرعت سنکرون
۹	جریان روتور قفل شده در موتورهای القایی قفسی با هر نوع وسیله مشخص راه اندازی	$\pm 20\%$ جریان
۱۰	گشتاور روتور قفل شده در موتورهای القایی قفسی	+25% گشتاور -15% گشتاور (+25% می تواند با توافق بیشتر شود)
۱۱	گشتاور بالابرنده در موتورهای القایی قفسی	-15%
۱۲	گشتاور شکست موتورهای القایی	-10% گشتاور با در نظر گرفتن این نکته که با اعمال این رواداری گشتاور شکست نباید کمتر از 1.6 یا 1.5 برابر گشتاور اسمی باشد. (به زیربند ۹-۴-۱ مراجعه شود)
۱۳	جریان روتور قفل شده در موتورهای سنکرون	+20%
۱۴	گشتاور روتور قفل شده در موتورهای سنکرون	+25% -15% (+25% با توافق می تواند بیشتر شود)
۱۵	گشتاور برون بر در موتورهای سنکرون	-10% با در نظر گرفتن این نکته که با اعمال آن رواداری گشتاور پرتگاهی نباید کمتر از 1,35 یا 1,5 برابر گشتاور اسمی شود. (به زیربند ۹-۴-۲ مراجعه شود).
۱۶	مقدار قله جریان اتصال کوتاه در مولد جریان متناوب در شرایط تعیین شده	$\pm 30\%$
۱۷	جریان اتصال کوتاه ماندگار در مولد جریان متناوب در تحریک تعیین شده	$\pm 15\%$
۱۸	گشتاور ماند	$\pm 10\%$
یادآوری - وقتی رواداری در یک جهت تعیین شده است، مقادیر در جهت دیگر محدودیتی ندارد.		
۱- رواداری ها در ردیف ۴ بستگی به نسبت توان خروجی اسمی P_N بر حسب کیلو وات به سرعت اسمی بر حسب دور در دقیقه دارد.		

۱۳ سازگاری الکترومغناطیسی (EMC)^۱

۱-۱۳ کلیات

الزامات زیر برای ماشین‌های الکتریکی گردان با ولتاژهای اسمی تا ۱۰۰۰ V a.c یا ۱۵۰۰ V d.c که برای کار و استفاده در محیط‌های مسکونی، تجاری یا صنعتی در نظر گرفته شده‌اند، کاربرد دارد. اجزاء الکترونیکی نصب شده داخل ماشین‌الکتریکی گردان و آن‌هایی که برای کار ماشین ضروری هستند (برای مثال: تجهیزات تحریک گردان) قسمتی از ماشین هستند. الزاماتی که برای سیستم محرک نهایی و اجزاء آن کاربرد دارد به عنوان مثال: تجهیزات الکترونیکی کنترل و توان، ماشین‌های کوپل شده، تجهیزات پایش و غیره چه در داخل چه خارج ماشین نصب شده باشند، خارج از دامنه کاربرد این استاندارد هستند. الزامات این زیربند برای ماشین‌هایی که مستقیماً برای کاربر نهایی تامین می‌شوند کاربرد دارد. **یادآوری ۱-** هدف از این زیربند توصیه برای توافقنامه‌های قراردادی بین تامین‌کننده و کاربر نهایی است.

یادآوری ۲- ماشین‌هایی که قسمتی از اجزاء یک دستگاه هستند و پوشش و اجزاء آن‌ها بر روی گسیل EMC اثر می‌گذارد در دامنه کاربرد استاندارد EMC که مربوط به محصول نهایی است، قرار می‌گیرند.

در ماشین‌های سنکرون، منابع تغذیه الکترونیکی استاتور ماشین‌های تحریک بخشی از ماشین سنکرون هستند که باید الزامات EMC این استاندارد را رعایت کنند.

یادآوری ۳- از آنجایی که معمولاً در یک نیروگاه، مولد یک ماشین بسیار بزرگی است که دارای تعدادی میدان مغناطیسی بالاتری، خارج از محفظه خود دارد می‌توان مرزهایی را اطراف مولد در سالن محل استقرار ماشین^۲ تعریف کرد، در داخل آن محدوده که ممکن است میدان مغناطیسی بالاتر از الزامات استاندارد CISPR باشد، دسترسی به دستگاه‌های الکترونیکی ممنوع بوده و این منطقه فقط محدود به کارکنان مجاز می‌باشد.

این زیربند حالت‌های گذرا (مانند: راه‌اندازی) را شامل نمی‌شود.

۲-۱۳ مصونیت

۱-۲-۱۳ ماشین‌هایی که شامل مدارهای الکترونیکی نیستند

ماشین‌های بدون مدارهای الکترونیکی در شرایط خدمت عادی به گسیل‌های الکترومغناطیسی حساس نیستند، در نتیجه آزمون‌های مصونیت نیاز نیست.

۲-۲-۱۳ ماشین‌های شامل مدارهای الکترونیکی

از آنجا که مدارهای الکترونیکی که در ماشین‌ها استفاده می‌شوند عموماً از اجزایی که غیرفعال هستند (مانند دیودها، مقاومت‌ها، وریستورها، خازن‌ها، مقاومت ضد تداخل ضربه و القاگر) استفاده می‌کنند، آزمون‌های مصونیت نیاز نیست.

1- Electromagnetic compatibility

2- Machine hall

۱۳-۳ گسیل^۱

برای ماشین‌هایی که برای محیط‌های مسکونی در نظر گرفته شده‌اند، گسیل‌هایی که از طریق هدایت یا تابش

صورت می‌گیرد باید با الزامات استاندارد CISPR11، تجهیزات کلاس B، گروه ۱ مطابقت داشته باشد. به جدول ب-۱ مراجعه شود.

برای ماشین‌هایی که برای محیط‌های صنعتی در نظر گرفته شده‌اند، گسیل‌هایی که از طریق هدایت یا تابش صورت می‌گیرد (در صورت کاربرد) باید با الزامات استاندارد CISPR11، تجهیزات کلاس A، گروه ۱ با توان ورودی اسمی کوچکتر یا مساوی 20 kVA، مستقل از توان ورودی اسمی واقعی آنها مطابقت داشته باشد. به جدول ب-۲ مراجعه شود.

۱۳-۴ آزمون‌های مصونیت

آزمون‌های مصونیت الزامی نیستند.

۱۳-۵ اندازه‌گیری‌های گسیل

برای تامین اهداف کلی ماشین‌های الکتریکی گردان، آزمون‌های نوعی بسته به کاربرد باید مطابق با استاندارد CISPR 11 و در صورت کاربرد، قسمت‌های مرتبط به سری استانداردهای CISPR 16 انجام شود. آزمون‌های نوعی بر روی ماشین‌های الکتریکی گردانی که برای مونتاژ در محصولات نهایی در دامنه کاربرد استاندارد CISPR 14 در نظر گرفته شده، باید با رعایت توصیه‌های موجود در استاندارد CISPR 14 نیز انجام شود.

برای این اندازه‌گیری‌ها، الزامات مشخص شده در زیربند ۱۳-۳ کاربرد دارد.

ماشین‌های بدون جاروبک باید با محدوده‌های گسیل زیربند ۱۳-۳-۱ با هرگونه شرایط باردهی مطابقت داشته باشند.

ماشین‌های با جاروبک وقتی بدون بار آزمون می‌شوند، باید دست کم با محدوده‌های گسیل استاندارد CISPR 11 برای تجهیزات کلاس A، گروه ۱ با توان ورودی اسمی کوچکتر یا مساوی 20 kVA، مستقل از توان ورودی اسمی واقعی آنها، مطابقت داشته باشد. لازم است چنین ماشین‌هایی به عنوان تجهیزات کلاس A باشند.

ماشین‌های القایی قفسی نیازی به اندازه‌گیری ندارند.

گسیل در ترمینال‌هایی که به منظور زمین و ارت کردن در نظر گرفته شده‌اند، نیازی به اندازه‌گیری ندارند.

۱۴ ایمنی

ماشین‌های الکتریکی گردان تحت پوشش این استاندارد باید به صورت مناسب با الزامات استاندارد IEC 60204-1 یا IEC 60204-11 در صورتی که ماشین‌های گردان جزئی از لوازم‌خانگی یا وسایل برقی مشابه باشد با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۵۶۲ مطابقت داشته باشد (مگر غیر از آن در این استاندارد مشخص شده باشد). ماشین باید متناسب با کاربرد تا حد امکان مطابق با بهترین روش‌های طراحی پذیرفته شده ملی و طراحی و ساخته شده باشد.

یادآوری – سازنده یا مونتاژ کننده تجهیزات که ماشین‌های الکتریکی بخشی از آن وسیله هستند مسئولیت دارد از ایمنی کل تجهیز مطمئن شود.

این امر ممکن است شامل توجه به استانداردهای محصول مرتبط شود، مانند:

IEC 60079 (all parts) ,

و سایر قسمت‌های استاندارد IEC 60034 مانند:

و IEC 60034-12 , IEC 60034-11 , IEC 60034-9, IEC 60034-8, IEC 60034-7 , IEC 60034-6 , IEC 60034-5 , IEC 60034-14.

به علاوه ممکن است توجه به دمای سطح و مشخصه‌هایی از این قبیل لازم باشد، برای مثال به بند ۱۱ (گرمایش) استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۵۶۲، مراجعه شود.

پیوست الف (آگاهی‌دهنده)

راهنمایی برای کاربرد کاردهی نوع S10 و تعیین مقدار عمر حرارتی نسبی مورد انتظار TL

الف-۱ بار ماشین در هر لحظه برابر با کاردهی نوع S1 مطابق با زیربند ۴-۲-۱ است. هرچند چرخه بار ممکن است شامل بارهایی غیر از بار اسمی بر اساس کاردهی نوع S1 باشد. چرخه بار شامل ترکیبی از ۴ مشخصه بار/ سرعت ثابت و گسسته چنان که در شکل ۱۰ نشان داده شده است، می‌باشد.

الف-۲ بسته به مقدار و مدت زمان بارهای مختلف در یک چرخه، مقدار عمر حرارتی نسبی مورد انتظار ماشین بر اساس پیرسازی حرارتی سیستم عایقی می‌تواند با معادله زیر محاسبه شود:

$$\frac{1}{TL} = \sum_{i=1}^n \Delta t_i \times 2^{\frac{\Delta \Theta_i}{k}} \quad (\text{الف-۱})$$

که در آن:

TL مقدار عمر حرارتی نسبی مورد انتظار وابسته به عمر حرارتی مورد انتظار در حالت کاردهی نوع S1 با توان خروجی اسمی؛

$\Delta \Theta_i$ تفاوت بین افزایش دمای سیم‌پیچ در بارهای مختلف در یک چرخه و افزایش دما بر اساس کاردهی نوع S1 با بار مرجع؛

Δt_i زمان بر واحد بار ثابت در طول چرخه بار؛

k مقدار بالا رفتن دما در افزایش دما برحسب کلوین که باعث کاهش عمر حرارتی مورد انتظار سیستم عایقی تا ۵۰٪ می‌شود؛

n تعداد مقادیر گسسته بار.

الف-۳ کمیت TL قسمت جدایی‌ناپذیری از شناسایی واضح کلاس اسمی است.

الف-۴ مقدار کمیت TL تنها وقتی می‌تواند تعیین شود که علاوه بر اطلاعات با توجه به چرخه بار براساس شکل ۱۰، مقدار k برای سیستم عایقی نیز مشخص باشد. مقدار k باید بر اساس آزمایش‌هایی که با استانداردهای IEC 60034-18 مطابقت دارد برای تمامی گستره دمایی که در آن چرخه بار بر اساس شکل ۱۰ رخ می‌دهد، تعیین شود.

الف-۵ TL می‌تواند تنها به عنوان مقدار نسبی بیان شود. این مقدار با تقریب می‌تواند به منظور ارزیابی تغییرات واقعی در عمر حرارتی مورد انتظار ماشین هنگامی که با کاردهی نوع S1 با توان خروجی اسمی مقایسه می‌شود، استفاده شود. می‌توان فرض کرد که با در نظر گرفتن بارهای مختلف موجود در یک چرخه، اثرات باقی مانده در عمر ماشین (به عنوان مثال: تنش دی الکتریک، اثرات محیطی) تقریباً شبیه حالتی است که کاردهی نوع S1 با توان خروجی اسمی باشد.

الف-۶ سازنده ماشین مسئولیت دارد که اطلاعات صحیحی از پارامترهای مختلف برای تعیین مقدار TL ارائه دهد.

پیوست ب

(آگاهی‌دهنده)

حدود مجاز سازگاری الکترومغناطیسی

جدول ب-۱- حدود مجاز گسیل الکترومغناطیسی در استاندارد CISPR11، تجهیزات کلاس B، گروه ۱

حدود مجاز	گستره فرکانس	
30 dB(μV/m) شبه قله، اندازه‌گیری شده در فاصله 10 m (یادآوری ۱)	230 MHz تا 30 MHz	گسیل تابشی
37 dB(μV/m) شبه قله، اندازه‌گیری شده در فاصله 10 m (یادآوری ۱)	1000 MHz تا 230 MHz	
66 dB(μV/m) تا 56 dB(μV/m) شبه قله 56 dB(μV/m) تا 46 dB(μV/m) میانگین	0,15 MHz تا 0,50 MHz حدود مجاز به صورت خطی با لگاریتم فرکانس کاهش می یابد.	گسیل هدایتی در ترمینال‌های منبع تغذیه a.c. یا d.c.
56 dB(μV/m) شبه قله 46 dB(μV/m) میانگین	5 MHz تا 0,50 MHz	
60 dB(μV/m) شبه قله 50 dB(μV/m) میانگین	30 MHz تا 5 MHz	
یادآوری - ممکن است در فاصله ۳ m با استفاده از حدود مجازی که ۱۰ dB افزایش می‌یابد، اندازه‌گیری شود.		

جدول ب-۲- حدود مجاز گسیل الکترومغناطیسی در استاندارد CISPR11، تجهیزات کلاس A، گروه ۱

حدود مجاز	گستره فرکانس	
30 dB(μV/m) شبه قله، اندازه‌گیری شده در فاصله 30,m (یادآوری ۱)	230 MHz تا 30 MHz	گسیل تابشی
37 dB(μV/m) شبه قله، اندازه‌گیری شده در فاصله 30 m (یادآوری ۱)	1000 MHz تا 230 MHz	
79 dB(μV/m) شبه قله 66 dB(μV/m) میانگین	0,50 MHz تا 0,15 MHz	گسیل هدایتی در ترمینال‌های منبع تغذیه a.c. یا d.c.
73 dB(μV/m) شبه قله 60 dB(μV/m) میانگین	30 MHz تا 0,50 MHz	
یادآوری- ممکن است در فاصله ۱۰ m با استفاده از حدود مجازی که ۱۰ dB افزایش می‌یابد یا در فاصله ۳ m با استفاده از حدود مجازی که ۲۰ dB افزایش می‌یابد، اندازه‌گیری شود.		

کتابنامه

- [1] IEC 60034-7, Rotating electrical machines – Part 7: Classification of types of constructions and mounting arrangements (IM Code)
یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۷-۳۷۷۲، سال ۱۳۸۱، ماشین‌های الکتریکی دوار- قسمت هفتم- طبقه بندی انواع ساختمان، آرایشهای نصب و مکان جعبه ترمینال (کد IM)، با استفاده از استاندارد IEC 60034-7:2001 تدوین شده است.
- [2] IEC 60034-9, Rotating electrical machines – Part 9: Noise limits
یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۹-۳۷۷۲، سال ۱۳۸۶، ماشین‌های الکتریکی دوار- قسمت ۹- حدود نویز، با استفاده از استاندارد IEC 60034-9:2007 تدوین شده است.
- [3] IEC 60034-11, Rotating electrical machines – Part 11: Thermal protection
یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۱-۳۷۷۲، سال ۱۳۸۶، ماشین‌های الکتریکی دوار- قسمت ۱۱- حفاظت حرارتی، با استفاده از استاندارد IEC 60034-11:2004 تدوین شده است.
- [4] IEC 60034-14, Rotating electrical machines – Part 14: Mechanical vibration of certain machines with shaft heights 56 mm and higher – Measurement, evaluation and limits of vibration severity
یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۴-۳۷۷۲، سال ۱۳۸۹، ماشین‌های الکتریکی دوار- قسمت ۱۴- ارتعاش مکانیکی ماشین‌های خاص با کمینه ارتفاع محور ۵۶ mm - اندازه‌گیری، ارزیابی و حدود شدت ارتعاش، با استفاده از استاندارد IEC 60034-14:2007 تدوین شده است.
- [5] IEC 60034-27-1 2017, Rotating electrical machines - Part 27-1: Off-line partial discharge measurements on the winding insulation
- [6] IEC 60034-27-2 2012, Rotating electrical machines - Part 27-2: On-line partial discharge measurements on the stator winding insulation of rotating electrical machines
- [7] IEC 60034-27-3 2015, Rotating electrical machines - Part 27-3: Dielectric dissipation factor measurement on stator winding insulation of rotating electrical machines
- [8] IEC 60034-27-4 2018, Rotating electrical machines - Part 27-4: Measurement of insulation resistance and polarization index of winding insulation of rotating electrical machines
- [9] IEC 60050-811: 1991 , International Electrotechnical Vocabulary- Chapter 811: Electric traction
- [10] IEC 60079 (all parts), Explosive atmospheres
- [11] IEC 60092 (all parts), Electrical installations in ships

- [12] IEC 60349 (all parts), Electric traction – Rotating electrical machines for rail and road vehicles
-