INSO
21184-2
1st.Edition
2016

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

استاندارد ملی ایران
۲-۲۱۱۸۴
چاپ اول
۱۳۹۵

راه‌آهن- خط - کیفیت هندسه خط
قسمت ۲: سیستم های اندازه گیری - وسایل نقلیه ثبت وضعیت خط

Railway - Track - Track geometry quality
Part 2: Measuring systems - Track recording vehicles

ICS: 93.100

سازمان ملی استاندارد ایران

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

صندوق‌پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج ، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸- ۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.org.ir

وبگاه: http://www.isiri.org

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No.1294 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.org.ir

Website: http://www.isiri.org

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

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

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

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

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

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

«راه‌آهن- خط - کیفیت هندسه خط

قسمت ۲: سیستم های اندازه گیری - وسایل نقلیه ثبت وضعیت خط »

رییس:	**سمت / یا نمایندگی**
اکرام نصرتیان، بهرنگ (کارشناسی مهندسی مکانیک)	شرکت بازرسی مهندسی ایران IEI
دبیر:	
امینی، مصطفی (کارشناسی مهندسی مکانیک)	شرکت بهبود کیفیت کاوه
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
اکرام نصرتیان، بنفشه (کارشناسی مهندسی برق و الکترونیک)	شرکت بهساز صنعت تاوا
امینی، فاطمه (کارشناسی مهندسی مکانیک)	شرکت بهبود کیفیت کاوه
حسینی، سیدپرویز (کارشناسی ارشد مهندسی متالوژی)	دانشگاه تهران
رشید داداش، شیدوخت (کارشناسی مهندسی مکانیک)	شرکت واگن سازی پارس
سلطانی، فرناز (کارشناسی مهندسی مکانیک)	شرکت بهبود کیفیت کاوه
سیاحی سحرخیز، سیروس (کارشناس ارشد مهندسی متالوژی)	مرکز تحقیقات راه آهن جمهوری اسلامی ایران

قرخی نیا ، محسن — مرکز آموزش فنی و حرفه ای
(کارشناسی مهندسی صنایع)

ویراستار:
امینی، فاطمه — شرکت بهبود کیفیت کاوه
(کارشناسی مهندسی مکانیک)

فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
پیش گفتار	ز
۱ هدف و دامنه کاربرد	۱
۲ مراجع الزامی	۱
۳ اصطلاحات و تعاریف	۱
۴ علائم و حروف اختصاری	۳
۵ وسیله نقلیه ثبت وضعیت خط	۳
۵-۱ توصیف کلی	۳
۵-۲ شرایط محیطی	۵
۵-۳ ورودی وسایل مستقر در خط	۶
۵-۴ تخصیص محل برای داده	۶
۵-۵ سیستم / وسیله اندازه گیری	۷
۵-۶ پردازش داده	۹
۵-۷ خروجی داده	۱۰
۵-۸ ذخیره سازی داده	۱۱
۶ آزمون (مطلوبیت) سیستم اندازه گیری هندسه خط	۱۱
۶-۱ مقدمه	۱۱
۶-۲ انطباق با استاندارد EN 13848-1	۱۳
۶-۳ کالیبراسیون	۱۳
۶-۴ معتبرسازی توسط آزمون‌های کارگاهی (میدانی)	۱۳
پیوست الف(الزامی)توابع انتقال و وابستگی	۱۷
پیوست ب(الزامی)اصول اندازه گیری	۲۲
پیوست پ(الزامی)توصیف آزمون‌های کارگاهی (میدانی): مقادیر مورد انتظار	۲۴
کتابنامه	۳۰

پیش گفتار

استاندارد« **راه‌آهن- خط - کیفیت هندسه خط- قسمت ۲: سیستم های اندازه گیری - وسایل نقلیه ثبت وضعیت خط** » که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط تهیه و تدوین شده است، در بیست و پنجمین اجلاسیه کمیتهٔ ملی استاندارد حمل و نقل مورخ ۱۳۹۵/۰۸/۲۶ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

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

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

BS EN 13848-2: 2006, Railway applications - Track - Track geometry quality - Part 2: Measuring systems - Track recording vehicles

راه‌آهن- خط - کیفیت هندسه خط- قسمت ۲: سیستم های اندازه گیری - وسایل نقلیه ثبت وضعیت خط

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تعیین حداقل الزامات برای اصول و سیستم‌های اندازه‌گیری به منظور ایجاد نتایج قابل مقایسه می‌باشد.

این استاندارد در مورد تمام تجهیزات اندازه‌گیری نصب شده روی وسایل نقلیه ثبت وضعیت خط یا به خصوص وسایل نقلیه اصلاح شده برای همین منظور (پس از به اجرا در آمدن این استاندارد) کاربرد دارد. این استاندارد همچنین الزامات اندازه‌گیری را نیز تعریف می‌نماید.

۲ مراجع الزامی

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

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

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

2-1 EN 13848-1, Railway applications-Track-Track geometry quality- Part 1: Characterisation of track geometry

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

۱-۳

وسیله نقلیه ثبت وضعیت خط

Track recording vehicle

عبارت است از وسیله نقلیه موتوری یا وسیله نقلیه کشیده شونده با سیستم و تجهیزات انداره گیری ثابت و اختصاصی، مورد استفاده برای اندازه‌گیری، ارزیابی و ثبت پارامترهای تحت شرایط بارگذاری، که مقادیر و نتایج سازگار با الزامات قید شده در استاندارد EN 13848-1 را ارائه می‌دهد.

۲-۳

حسگر

Sensor

عبارت است از وسیله ای که ویژگی‌های هندسه خط را شناسایی و اندازه گیری نموده و این ویژگی‌ها را به مقادیر مورد استفاده در مرحله بعدی (پردازش داده‌ها) تبدیل می‌نماید.

۳-۳

تکرارپذیری

Repeatability

عبارت است از درجه سازگاری بین مقادیر اندازه گیری‌های پی در پی پارامتر مشابه تحت شرایط یکسان (سرعت، جهت اندازه گیری)، که اندازه گیری‌های منفرد بر روی بخش مشابهی از خط با در نظرگرفتن شرایط زیر انجام گرفته است:

- روش اندازه گیری مشابه
- جهت گیری وسیله نقلیه مشابه
- روش تفسیر مشابه
- شرایط محیطی مشابه
- پریود کوتاه زمانی بین اجراهای پی در پی

۴-۳

تکثیرپذیری (قابلیت تولید مجدد داده‌ها)

Reproducibility

عبارت است از درجه سازگاری بین مقادیر اندازه گیری‌های پی در پی پارامتر مشابه تحت شرایط متفاوت، که اندازه گیری‌های منفرد بر روی بخش مشابهی از خط با استفاده از روش تفسیر و اندازه گیری مشابه، با در نظر گرفتن یک یا چند مورد زیر انجام گرفته است.

- تغییر سرعت
- جهت‌های مختلف اندازه‌گیری
- جهت گیری مختلف وسیله نقلیه
- شرایط مختلف محیطی
- دامنه کوتاه زمانی بین اجراهای اندازه‌گیری‌های پی در پی

۵-۳

مقایسه پذیری

Comparability

عبارت است از درجه سازگاری وسایل نقلیه ثبت وضعیت خط مختلف تحت شرایط یکسان

۶-۳

معتبرسازی

Validation

عبارت از مجموعه آزمون‌هایی است که مطابقت وسیله نقلیه ثبت وضعیت خط را با الزامات این استاندارد، مشخص می‌نماید.

۳-۷

کالیبراسیون

Calibration

عبارت است از مجموعه روش‌های تنظیم وسایل اندازه‌گیری وسیله نقلیه ثبت وضعیت خط، به منظور رعایت الزامات این استاندارد

۳-۸

رویداد

Event

عبارت است از ثبت یک خط یا وسیله کنار خطی که می‌تواند جنبه فنی، فیزیکی یا طبیعی داشته باشد.

۳-۹

تخصیص محل

Localisation

عبارت است از اطلاعات لازم برای تعیین محل رویدادها و پارامترهای هندسی اندازه گیری شده

۳-۱۰

خط مرجع

Reference track

عبارت است از خط با ویژگی‌های شناخته شده، که جهت انجام آزمون‌های کافی بر روی سیستم ثبت هندسه خط ضروری می‌باشد.

۴ علائم و حروف اختصاری

برای اهداف این استاندارد، علائم و حروف اختصاصی طبق جدول ۱ می‌باشد.

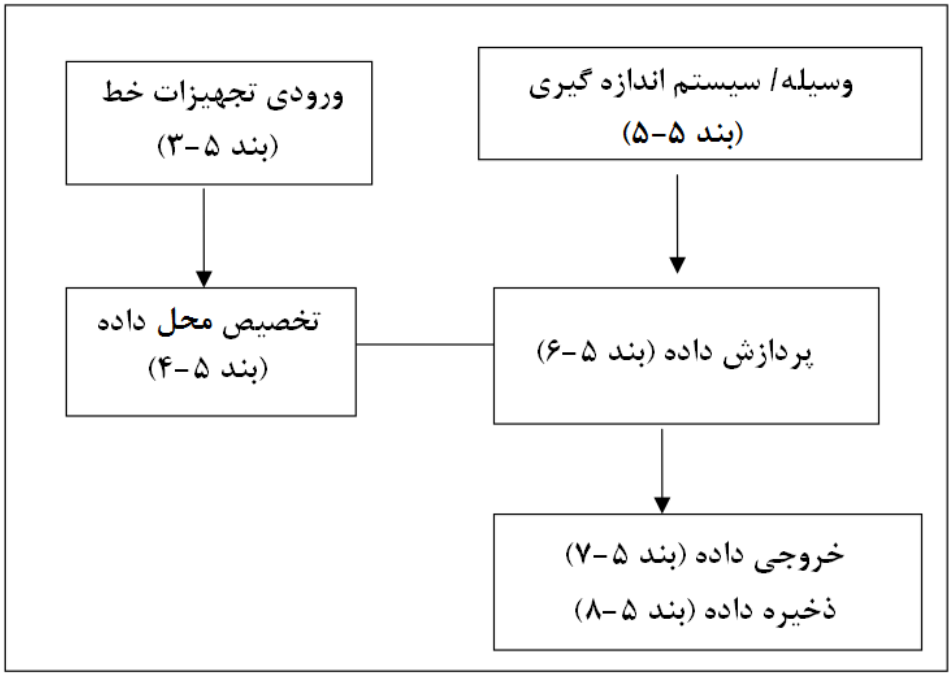
جدول۱- علائم و حروف اختصاری

شماره	نماد		واحد
1	*D1*	محدوده طول موج $3m<\lambda \leq 25m$	m
2	*D2*	محدوده طول موج $25m<\lambda \leq 70m$	m
3	*D3*	محدوده طول موج $70m<\lambda \leq 150m$ برای تراز طولی محدوده طول موج $70m<\lambda \leq 200m$ برای تراز طولی	m
4	*Lo*	حد پایین‌تر محدوده طول موج D1,D2وD3	m
5	*Lu*	حد بالاتر محدوده طول موج D1,D2وD3	m
6	λ	طول موج	m
7	ℓ	طول مبداء برای پیچش	m

۵ وسیله نقلیه ثبت وضعیت خط

۵-۱ توصیف کلی

برای اهداف این استاندارد، سیستم ثبت هندسه خط به چندین واحد طبق شکل ۱ زیر تقسیم شده است.



شکل ۱- سیستم اندازه‌گیری هندسه خط

وسیله نقلیه ثبت وضعیت خط صرفنظر از سرعت اندازه گیری و جهت سیر باید نتایج پایداری را ارائه دهد. این نتایج می‌تواند برای نظارت کیفیت خط، برنامه‌ریزی تعمیر و نگهداری و اطمینان از ایمنی در رابطه با هندسه خط مورد استفاده قرار گیرد.

سیستم ثبت هندسه خط کلیه تجهیزاتی که به صورت دائمی روی وسیله نقلیه ثبت وضعیت خط نصب گردیده و برای موارد زیر در نظرگرفته شده است، را نشان می‌دهد.

- اندازه‌گیری کمیت‌های هندسه خط
- اندازه‌گیری فاصله اجرا توسط وسیله نقلیه در طول عملیات اندازه‌گیری
- ارتباط این دو وسیله اندازه‌گیری به منظور تخصیص محل دقیقاً روی مقادیر خط بیشتر از آستانه توصیف شده یا سایر عوامل مشخصه خط
- ثبت پارامترها بر روی کاغذ یا محیط قابل خواندن کامپیوتر
- ثبت محاسبه بر مبناء پارامترهای اندازه گیری شده مستقیم، سایر پارامترها هندسه خط (انحناء پیچش)

- پردازش داده اندازه گیری شده، ترجیحاً روی وسیله نقلیه، به منظور تحلیل پارامترهای هندسه خط
- ذخیره تحلیلی نتایج، ترجیحاً روی وسیله نقلیه، به شکل قابل انتقال به پایگاه داده
- خروجی سیستم ثبت هندسه خط باید الزامات پارامتر منفرد قید شده در استاندارد EN 13848-1 را رعایت نماید. تمامی اندازه گیری‌های مشخص شده در استاندارد EN 13848-1 باید در طول اجرا در نظر گرفته شده و ذخیره گردد. آنها باید به شدت در رابطه با تطابق فاصله محل به طور گرافیکی ثبت و تحلیل شوند.

سیستم ثبت هندسه خط یا باید توسط حسگرهای نوع تماسی یا غیرتماسی که برای اندازه‌گیری‌های هندسی خط طبق استاندارد EN 13848-1 در شرایط بارگذاری خط، مجاز می‌باشند، کنترل شوند.

در صورتی که از سیستم اندازه گیری قاب مرجع متحرک استفاده می‌شود، محدوده سرعت باید از صفر (بدون حرکت) تا حداکثر سرعت اندازه‌گیری مجاز وسیله نقلیه باشد، در صورتی که اندازه گیری نوع حرکتی مورد استفاده قرار می‌گیرد، یک حداقل سرعت ممکن است برای اندازه‌گیری برخی از کمیت ها مورد نیاز باشد (5km/h پیشنهاد می‌شود)

سیستم کامپیوتری باید نوع مناسب برای کاربردهای موجود وسیله نقلیه ریلی بوده و باید نشان دهد که به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد و دارای تکنولوژی پشتیبانی شده می‌باشد.

جهت جلوگیری از قطع اندازه‌گیری هندسه خط و از دست دادن داده ثبت شده (در صورتی که منبع تغذیه سخت افزار اندازه گیری دچار مشکل گردد)، پیشنهاد می‌شود که منبع تغذیه غیرقابل قطع مناسب تهیه گردد.

۵-۲ شرایط محیطی

۵-۲-۱ مقدمه

تمامی وسایل اندازه گیری نصب شده بر روی وسیله نقلیه ثبت وضعیت خط باید، مطابق شرایط محیطی مشخص شده در زیر باشد.

۵-۲-۲ شرایط آب و هوایی

برای اجزاء خارجی و داخلی عوامل مشخص شده در زیر باید به ترتیب در نظرگرفته شود.

الف-اجزاء خارجی

- دمای محیط
- تراکم (چگالش) به خصوص با تغییر ناگهانی دما در ورودی و یا در خروجی تونل
- احتمال برف
- رطوبت نسبی محیط

ب- اجزاء داخلی

- دمای محیط برای شرایط بهره برداری و ذخیره کردن
- رطوبت نسبی محیط

۵-۲-۳ شرایط بهره برداری

عوامل زیر باید در نظرگرفته شود.

- بالاست یا ضربه های قطعات آهنی
- گریس بر روی ریل
- شرایط بازتابشی ریل
- ویژگی شرایط نوری
- گرد و غبار، آب و برق در ارتباط با شرایط ایرودینامیکی
- الزامات ایمنی(برای مثال، ریل‌های پرتو لیزر)
- عدم سهولت کار توسط مصرف کننده
- لرزش و ضربه
- محیط الکترومغناطیسی
- انطباق با سیستم‌های علائم و ارتباطات

۵-۳ ورودی وسایل مستقر در خط

ورودی وسایل مستقر در خط، تأمین کننده اطلاعات لازم برای تخصیص محل برای داده‌ها می‌باشد و باید حداقل شامل موارد زیر باشد:

- مشخصه مسیر
- مشخصه خط
- کیلومتراژ
- کیلومتراژ افزایشی/ کاهشی
- رویدادها مانند سوزن‌ها، تقاطع‌های هم سطح، پل‌ها و تونل‌ها

سایر ورودی‌ها ممکن است مورد نیاز باشد، برای مثال ارتفاع برای وسایل حرکتی.

تمام این داده‌ها باید قادر به وارد شدن به طور دستی و اتوماتیک باشند.

۵-۴ تخصیص محل برای داده

نقطه مرجع برای سیستم تخصیص محل برای داده‌ها ممکن است به صورت پست‌های با فاصله کیلومتری یا سایر نقاط ثابت در نظر گرفته شوند.

سیستم تخصیص محل برای داده‌ها، موقعیت وسیله نقلیه ثبت وضعیت خط را در طول خط مشخص نموده و باید از عهده وظایف زیر برآید:

الف- همگام نمودن موقعیت وسیله نقلیه به کمک نقطه مرجع، توسط روش‌های مختلف، برای مثال با استفاده از سیستم موقعیت یابی ماهواره‌ای، علائم راهنمایی فعال یا غیرفعال یا سایر نقاط منفرد

ب- اندازه گیری فاصله تحت پوشش توسط وسیله نقلیه ثبت وضعیت خط، جبران شده برای جهت "معکوس" که عموما بر مبناء سیگنال همگامی می باشد، و می تواند توسط سیستم ثبت مسافت که بر روی چرخ نصب می‌شود، یا سایر روش‌های معادل انجام پذیرد.

پ- تصحیح خودکار یا دستی موارد عدم صحت یا نادرستی که به واسطه موارد زیر رخ می‌دهد:

- سایش، لغزش، مخروطی چرخ‌های وسیله نقلیه ثبت وضعیت خط
- اختلاف در طول فواصل کیلومتری نقاط
- عدم قطعیت در ترانسدیوسر فاصله طی شده

۵-۵ سیستم / وسیله اندازه گیری

۵-۵-۱ کلیات

اندازه گیری هندسه خط مشتمل بر به کارگیری حسگرها، انتقال سیگنال و پردازش سیگنال پیر و اصول مختلف اندازه‌گیری می‌باشد که در پیوست ب تشریح شده اند.

۵-۵-۲ حسگرها

حسگرها باید زمان واقعی پارامترهای هندسه خط یا اجزاء آنها را اندازه گیری نماید. به منظور اندازه‌گیری پارامترهای تحت شرایط بارگذاری خط، حسگرها باید زیرشاسی وسیله نقلیه تا آنجا که ممکن است نزدیک یکی از محورهای بارگذاری شده وسیله نقلیه جهت پذیرش شرایط اندازه گیری نشان داده شده در استاندارد EN 13848-1 قرار گیرد.

ویژگی‌های مکانیکی و الکتریکی حسگرها(پاسخ فرکانس، نسبت سیگنال به اغتشاش، میزان توان و غیره)، باید به گونه‌ای باشند که پارامترهای هندسه خط در حد مطلوب تولید شوند و مستقل از شرایط محیطی شبکه ریلی عمل نماید.

۵-۵-۳ انتقال سیگنال

انتقال سیگنال باید مطابق با کلیه عواملی که جهت تبادل داده بین حسگرها و واحد پردازش سیگنال مورد نیاز است، باشد.

انتقال سیگنال باید طبق الزامات قید شده در زیر باشد:

- تصحیح تغییر مکان فاز

- بدون اعوجاج داده نتایج
- مطابق با استانداردهای تبادل داده پذیرفته شده صنعتی مناسب

ویژگی‌های انتقال باید مناسب جهت حداکثر سرعت اندازه گیری وسیله نقلیه ثبت وضعیت خط و حجم داده باشد.

۵-۵-۴ پردازش سیگنال

۵-۵-۴-۱ مقدمه

پارامتر هندسه خط از سیگنال‌هایی که از یک یا چند حسگر می‌آیند به دست می‌آید، پردازش سیگنال (فیلتر کردن سیگنال، نمونه‌برداری، تقویت و محاسبه) به شکل کمیتهای هندسه خط از سیگنال‌های حسگرها می‌باشد.

وسایل نقلیه ثبت وضعیت خط، در هنگام اندازه گیری خط مشابه باید نتایج قابل مقایسه ارائه دهد. جهت انجام این مورد، لازم است اطمینان حاصل شود که نتایج اندازه گیری معادل و فرمت‌های خروجی سازگار می‌باشند. این موارد به شرح زیر در نظر گرفته شده است.

۵-۵-۴-۲ نمونه‌برداری

نمونه‌برداری برای سیگنال‌های هندسه خط توسط رویدادی که مبنای آن فاصله است، انجام می‌شود. بدین ترتیب، اندازه‌گیری‌ها بر اساس فاصله، در فاصله‌های طولی یکسان در خط، جهت داده می‌شود.

نمونه‌برداری برای تمامی اندازه‌گیری‌ها باید در فاصله طولی ثابت، کمتر از ۰٫۵ متر انجام شود.

۵-۵-۴-۳ فیلتر کردن

ویژگی‌های فیلتر باید شناسایی شود، بنابراین طول موج انتقال (قطع)، نوع فیلتر و نرخ تفرق (تعداد قطب‌ها) باید مشخص شود.

برای پیشگیری از تخصیص نام اشتباه برای داده‌ها، لازم است سیگنال آنالوگ مطابق با قاعده نمونه‌برداری، فیلتر شود.

به منظور نشان دادن واقعی تغییر در هندسه خط و مقایسه نتایج به دست آمده از روش‌های مختلف اندازه‌گیری خط، سیگنال‌ها باید تصحیح و فیلتر شوند، طوری که شکل واقعی تغییر هندسه خط نشان دهد که طول موج ثبت شده خط در نظر گرفته شده است.

در صورت اعمال فیلتر بر روی داده‌های ثبت شده خط، باید داده‌های مذکور ویژگی‌های قید شده در زیر را داشته باشند.

- طول موج قطع پایین تر، تعریف شده در 3dB-، L_0 مساوی است یا حد پایین‌تر محدوده طول موج D2,D1 و D3 (برای فیلترهای بالا گذر و میان گذر)

- طول موج قطع بالاتر، تعریف شده در 3dB-، L_u مساوی است یا حد بالاتر محدوده طول موج D2,D1 و D3(برای فیلترهای پایین گذر و میان گذر)
- شیب حداقل باید 24 dB/octave، باشد.

۵-۶ پردازش داده

۵-۶-۱ الزامات کلی

سخت افزار سیستم پردازش داده باید مناسب جهت استفاده در وسیله نقلیه ثبت وضعیت خط باشد.
نرم افزار باید به منظور تسهیل در مقایسه، انعطاف پذیر و مودولار باشد.
افزایش تعداد سیگنال‌های ورودی و نیز افزایش تعداد محاسبات مربوطه باید در طراحی سیستم پیش بینی شود.

۵-۶-۲ تولید پارامتر

سیگنال‌های پردازش شده در بند ۵-۵-۳ باید جهت به دست آوردن پارامترهای مطابق با الزامات قید شده در استاندارد EN13848-1 محاسبه شوند.

۵-۶-۳ تحلیل پارامتر

تحلیل پارامتر باید شامل روش‌های قید شده در زیر باشد:

- محاسبه معیار استاندارد و مقدار میانگین
- تعیین مقادیری که بیش از آستانه توصیف شده (به عنوان مثال، پذیرش، هشدار، مداخله و سطوح ایمنی) طبق موارد زیر می باشد:

الف- تخصیص محل
ب- پارامترهای درگیر (موجود)
پ-سطح تشخیص و طول عیب

یادآوری- سایر روش پردازش مفید، تحلیل فرکانس می‌باشد.

اگر پردازش در وسیله نقلیه ثبت وضعیت خط انجام می‌گردد، باید امکان اصلاح کمیتهای محاسبه به عنوان مثال طول‌های بخش آستانه‌ها، در طول اجرای اندازه‌گیری وجود داشته باشد.

۵-۶-۴ برای رابط‌های خروجی

سیستم پردازش داده باید شرایط سیگنال‌ها و اطلاعات همراه آنها را برای خروجی‌های مختلف در موارد زیر داشته باشد.

- ذخیره داده

- مشاهده پارامترها
- چارت هندسه خط
- تشخیص مقادیر بیش از آستانه
- محاسبه معیار استاندارد و مقادیر میانگین
- کالیبراسیون روی خط
- معتبر سازی روی خط

۵-۷ خروجی داده

۵-۷-۱ مشاهده

دو نوع مشاهده باید در طول اجرای ثبت به قرار زیر وجود داشته باشد:

الف- یکی برای کاربر که جهت نظارت سیستم ثبت هندسه خط [به شکل اطلاعات متنی (نوشتاری) و گرافیکی] به آن نیاز دارد.

ویژگی‌های کلی برای رابط، بر طبق موارد زیر می‌باشد.

- با پنجره گرافیکی:
  - انتخاب حسگرها و / یا پارامترهای اندازه گیری شده به منظور نظارت برسیستم ثبت هندسه خط
  - اطلاعات در فرمت متنی
- رابطه با منوهای کشویی و ایکون‌ها مناسب
- کمک بر خط، که به مفهوم متن حساس است.
- منوی ساختار درختی با کلیدهای توابع مهم برای انتخاب سریع توابعی که بیشتر استفاده می‌شود.

ب- یکی برای مصرف کننده‌های داده اندازه گیری شده برای مثال، مهندسین راه دائمی، به خصوص کسی که به شرایط هندسه خط بیشتر علاقمند می‌باشد.

ویژگی‌های کلی برای رابط مصرف کننده به قرار زیر می‌باشد.

- نمایش تمام پارامترها، یا روی چارت ورودی یا روی یک یا چندین مانیتور، چارت پیشرفت یا نرخ چرخش صفحه نمایش باید متناسب با فاصله حرکت، صرفنظر از سرعت وسیله نقلیه باشد.
- اطلاعات تخصیص محل ارائه شده روی هر چارت و خروجی‌های مانیتور
- احتمال داشتن هر لحظه، تمام قسمت‌های صفحه نمایش به شکل گرافیکی
- نرم افزار اجازه دهنده تنظیم خروجی گرافیکی

۵-۷-۲ خروجی نتایج تحلیل

خروجی‌ها باید طبق الزامات قید شده در استاندارد EN 13848-1 و بند ۵-۶-۳ باشند.

۵-۷-۳ انتقال داده

باید امکان انتقال داده با استفاده از محیط ذخیره سازی جداشدنی، شبکه کامپیوتری یا رابط رادیویی (طبق یکی از استانداردهای صنعتی) وجود داشته باشد.

۵-۸ ذخیره سازی داده

داده‌های زیر، حداقل داده‌هایی است که باید، بر طبق الگویی که قبلاً تعریف شده است، ذخیره گردند:

- پارامترهای اندازه گیری شده طبق استاندارد EN 13848-1
- نتایج تحلیل پارامترهای توصیف شده در بالا، شامل تنظیمات، (اگر پردازش روی وسیله نقلیه انجام شده باشد)
- اطلاعات تخصیص حمل متصل به پارامترهای اندازه گیری
- تاریخ و زمان اجرای اندازه گیری
- شناسایی وسیله نقلیه اندازه گیری
- ملاحظات و عملکرد استفاده کنند
- اطلاعات اعتبار اندازه گیری

۶ آزمون (مطلوبیت) سیستم اندازه گیری هندسه خط

۶-۱ مقدمه

این بخش به عملیات و روش‌هایی می‌پردازد که برای اطمنیان از عملکرد موثر هر دو وسیله اندازه گیری و سیستم پردازش مورد نیاز می باشد.

با این حال، باید توجه داشت که این بخش با استاتیک و دینامیک پذیرش وسیله نقلیه سر و کار ندارد.

انطباق باید توسط کالیبراسیون و آزمون‌های کارگاهی (میدانی) مشخص شود.

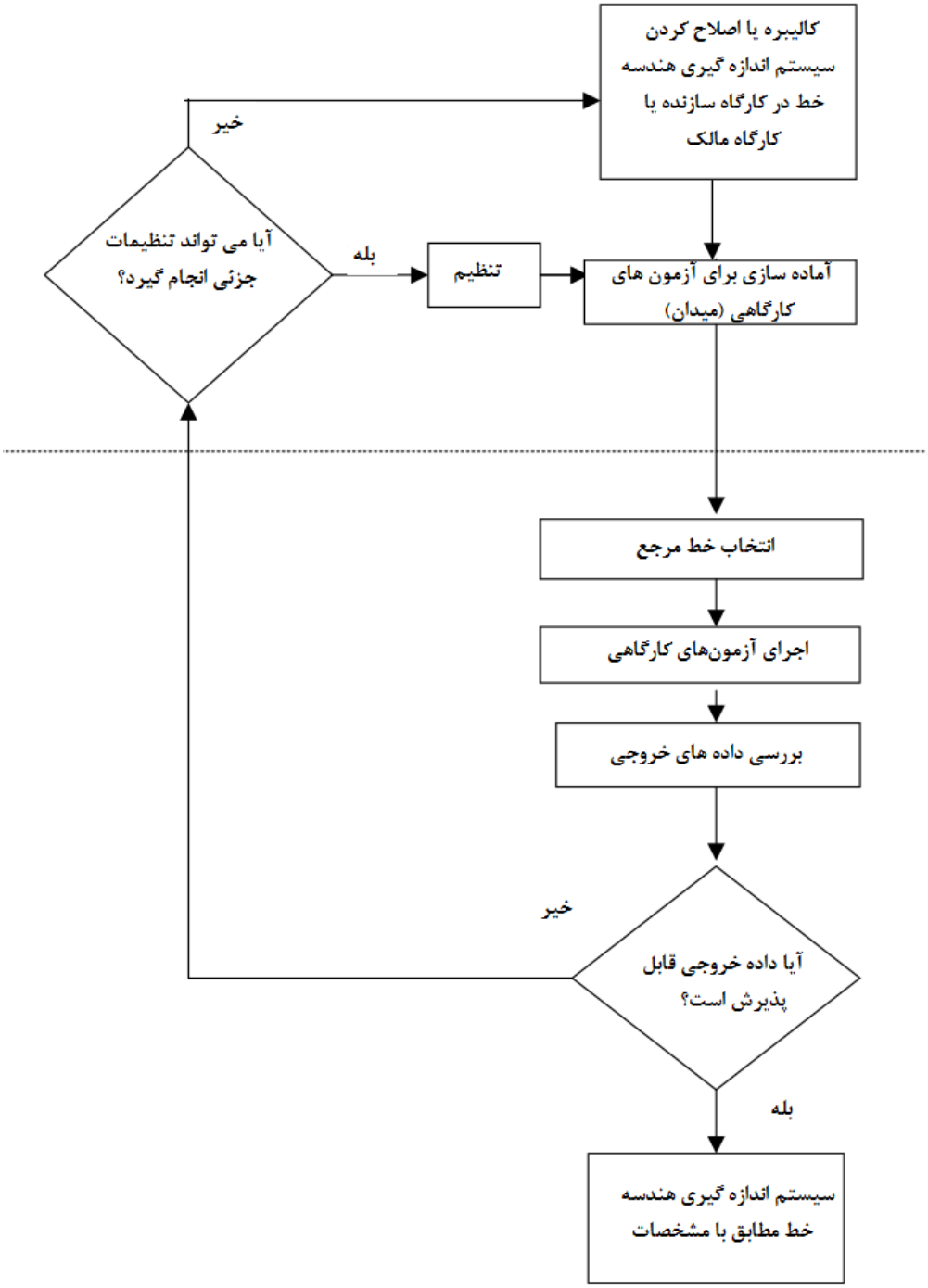
الف- کالیبراسیون

جهت اطمینان از تنظیمات دقیق حسگرها و سیستم ثبت هندسه خط

ب- آزمون‌معتبرسازی و کارگاهی (میدانی)

این آزمون‌ها مشخص می‌نماید که کل سیستم مطابق با استاندارد EN 13848-1 می‌باشد.

به علاوه آزمون‌های تکرارپذیری و تکثیرپذیری (قابلیت تولید مجدد داده) باید در نظر گرفته شود به طور کلی آزمون‌های کالیبراسیون و کارگاهی (میدانی) باید گام‌های مبنای مشخص شده در شکل ۲ را نشان دهد.



شکل ۲- آزمون سیستم اندازه گیری خط

۶-۲ انطباق با استاندارد EN 13848-1

سیستم‌های ثبت هندسه خط باید با الزامات قید شده در استاندارد EN 13848-1 مطابقت داشته باشد. این انطباق قابلیت مقایسه پذیری نتایج را تضمین می‌نماید.

۶-۳ کالیبراسیون

وسیله اندازه گیری باید کالیبره شود تا از استمرار صحت اندازه گیری ها اطمینان حاصل گردد.
یک کتابچه راهنما برای توصیف الزامات کالیبراسیون برای وسیله اندازه گیری و سیستم پردازش باید توسط تولیدکننده مربوطه تهیه شود.
الزامات کالیبراسیون باید در برگیرنده روش بررسی و تنظیم سیستم باشد.
کالیبراسیون باید در مراحل مشخص شده انجام شود. کالیبراسیون باید حداقل در زمان‌های زیر انجام شود.
الف- بعد از نصب تجهیزات اندازه گیری روی وسیله نقلیه
ب- بعد از تغییرات (دستگاه نو یا تازه تعمیر) در نرم افزار یا سخت افزار سیستم‌ها یا تجهیزات اندازه گیری و یا وسیله نقلیه‌ای که ممکن است بر سیستم اندازه‌گیری هندسه خط تأثیر بگذارد.
پ- بعد از نگهداری یا تعمیرات دوره‌ای وسیله نقلیه یا سیستم‌های ثبت هندسه خط که در کتابچه راهنمای مربوطه توصیف شده است.

۶-۴ معتبرسازی توسط آزمون‌های کارگاهی (میدانی)

۶-۴-۱ کلیات

به علاوه جهت معتبرسازی استاتیکی دقت سیستم ثبت هندسه خط، یک روش بر مبنای مقایسه بین اندازه گیری های بخش مشابه (تکرارپذیری و تکثیرپذیری) جهت ارزیابی اندازه گیری باید مورد استفاده قرار گیرد.
روش‌های معتبرسازی باید طبق موارد زیر باشند.

- آزمون‌های اولیه سیستم ثبت هندسه خط جدید یا اصلاح شده

یادآوری۱- معتبرسازی داده خروجی را می‌توان با اندازه‌گیری ویژگی‌های هندسه خط شناخته شده که به طور طبیعی رخ می‌دهد، به دست آورد.

پارامترهای خاصی را می‌توان با شبیه سازی یا بستر آزمون تأیید نمود (معتبر ساخت)

یادآوری۲- به علاوه به طور خاصی در طول اجراهای ثبت، یک روش بررسی متقابل برای پارامترهای ارتباط داده شده (برای مثال هم ترازی هر ریل و عرضی خط یا تراز طولی ریل و تراز عرض) ممکن است مورد استفاده قرار گیرد.

۶-۴-۲ شرایط آزمون

سیستم ثبت هندسه خط باید الزامات قید شده در استاندارد EN 13848-1 را در تمام شرایط آزمون زیر برآورده نماید.

- عملیات وسیله نقلیه معمولی
- سرعت‌های اندازه گیری مختلف که شامل حداقل و حداکثر سرعت‌های اندازه گیری ممکن با در نظر گرفتن شرایط عملکرد مسیر و سرعت وسیله نقلیه ثبت کننده می‌باشد.
- هر دو جهت اندازه‌گیری
- هر دو جهت‌گیری‌های اندازه‌گیری وسیله نقلیه

سیستم ثبت هندسه خط باید در محدوده با گسترده زیر تحت آزمون قرار گیرد:

- ویژگی‌های طراحی خط: شعاع‌های مختلف قوس‌ها و جهت‌ها، کمبود شیب عرضی قابل توجه، تناوب مکرر، قوس‌ها و خطوط مستقیم و غیره
- کیفیت هندسه خط: بخش‌های خط خوب و بد

یادآوری۱- کیفیت هندسه خط، حداقل انحناء و حداقل سرعت اندازه گیری باید توسط کسانی که مسئول زیرساخت مقررات تعمیر ونگهداری خود می باشند، تعریف گردد.

یادآوری۲- بخش بد خط باید به عنوان بخش دارای عیوب منفرد مکرر نزدیک به قسمت‌هایی که تعمیر و نگهداری انجام شده به ترتیب در حداکثر سرعت بخش درنظر گرفته شده، تعریف گردد.

مرجع خط باید مورد استفاده قرار گرفته و طول اجرای آزمون نباید کمتر از ۵km (طول نوعی: ۱۰km) باشد. داده تعریف مشخصات، مانند شعاع قوس و کیفیت هندسه خط مورد استفاده برای اجرای آزمون باید همراه با گزارش آزمون باشد.

۶-۴-۳ مقایسه بین اندازه گیری‌های مختلف

۶-۴-۳-۱ کلیات

حداقل یکی از سه روش باید جهت مقایسه اندازه گیری‌های ثبت شده، مورد استفاده قرار گیرد.

- تحلیل آماری داده کمیت
- تحلیل فرکانس داده کمیت

۶-۴-۳-۲ تحلیل آماری داده کمیت

مقایسه داده کمیت نیاز به همگامی دقیق دو سیگنال قبل از محاسبه معتبرسازی دارد. برای هر کمیت جهت معتبرسازی، محاسبه باید انجام شود و برای هر اندازه گیری جهت مقایسه مورد استفاده قرارگیرد.

- محاسبه اختلاف بین مقادیر
- ارزیابی توزیع تفاوت‌ها

۶-۴-۳-۳ تحلیل آماری معیارهای استاندارد

معیار استاندارد باید روی یک طول ثابت محاسبه گردد (معمولاً ۲۰۰m)

اگر روش مقایسه مورد استفاده قرار می‌گیرد، این محاسبه باید برای هر پارامتر جهت معتبرسازی انجام شود و روی هر اندازه گیری جهت مقایسه مورد استفاده قرار گیرد.
مقایسه شامل دو مرحله زیر می‌باشد:

- محاسبه تفاوت بین معیارهای استاندارد
- ارزیابی توزیع اختلاف‌ها

۶-۴-۳-۴ تحلیل فرکانس داده کمیت

روش دیگر جهت مقایسه بین دو اندازه‌گیری، استفاده تحلیل فرکانس مانندتوابع انتقال و وابستگی می‌باشد. شرح مختصری از این توابع در پیوست الف قید گردیده است .
با این روش ممکن است ،مشخص شود که دو رکورد (ثبت) از یک منطقه مشابه چقدر شبیه به هم هستند و درجه محدوده فرکانس آنها قابل مقایسه می‌باشند.
تابع انتقال، اعوجاج موجود در دامنه فرکانس و تابع وابستگی، درجه اطمینان برای محاسبه تابع انتقال را نشان می‌دهد.
مدول تابع انتقال باید تا آنجا که ممکن است نزدیک به یک پارچگی و فاز تا آنجا که ممکن است نزدیک به صفر برای محدوده‌های طول موج مشخص شده در استاندارد EN 13848-7 باشد.
رابطه ثابت بین تفکیک فرکانس و محدوده طول موج که تحلیل فرکانس انجام می گردد. باید جهت تعیین طول بخش تحلیل در نظر گرفته شود. (به پیوست الف مراجعه گردد).
یادآوری۱- همچنین این روش را باید بتوان جهت مقایسه دو سیستم ثبت هندسه خط مختلف اعمال نمود.
یادآوری۲- توابع انتقال و وابستگی بسیار حساس به تغییر (که می‌تواند بین ورودی و خروجی وجود داشته باشد)، هستند این سیگنال‌ها باید تا آنجا که ممکن است تنظیم شود.

۶-۴-۴ بررسی متقابل

برخی از کمیتها (برای مثال، همترازی هر ریل و عرض خط، یا تراز طولی هر ریل و تراز عرضی) مرتبط هستند. هنگامی که دو پارامتر مرتبط با مجموعه‌ای متفاوت از وسایل اندازه‌گیری شناسایی می‌شوند، عملکرد نادرست وسیله را می‌توان توسط بررسی متقابل، پیدا نمود. این روش می‌تواند موثر بر اجرای (اندازه گیری) تکی باشد (به پیوست الف مراجعه گردد).

۶-۴-۵ آزمون‌های کارگاهی (میدانی)

۶-۴-۵-۱ سیستم جدید

دو نوع آزمون باید انجام گیرد.
تکرار پذیری و تکثیرپذیری (قابلیت تولید مجدد)

یادآوری۱- به علاوه مقایسه می‌تواند با یک سیستم شناخته شده خوب انجام گیرد. در این صورت توابع انتقال مطابق با سیستم‌های ثبت هندسه خط باید در نظر گرفته شود. (به پیوست الف مراجعه گردد).

یادآوری۲-همچنین بررسی متقابل مفید خواهد بود

آزمون‌های سیستم جدید باید طبق الزامات قید شده در پیوست پ انجام گیرد.

۶-۴-۵-۲ در طول اجراهای اندازه گیری (استفاده معمولی)

بررسی متناوب باید توسط کاربرها طبق بررسی متقابل یا سایر روش‌ها انجام گیرد.

۶-۴-۵-۳ بعد از عملیات تعمیر و نگهداری یا تعمیر

به علاوه کالیبراسیون مشخص شده در بند ۶-۳، آزمون‌های تکرارپذیری باید انجام گیرد.

یادآوری- بررسی متقابل و آزمون‌های تکثیرپذیری (قابلیت تولید مجدد) نیز باید انجام گیرد.

موارد قید شده در پیوست پ باید انجام گیرد.

پیوست الف
(الزامی)
توابع انتقال و وابستگی

الف-۱ توصیف عمومی

وسیله نقلیه ثبت خط، کمیت های هندسه خط اصلاح شده توسط فیلترها و اثرات فیلتر کردن سیستم ثبت هندسه خط را به خودی خود ارائه می‌دهد. این اصلاحات بستگی به محدوده طول موج پارامتر در نظر گرفته شده، دارد.

تابع انتقال $H(v)$ در فرکانس، اعوجاج‌های موجود بین یک سیگنال ورودی x و یک سیگنال خروجی منفرد y از یک سیستم را بیان می‌نماید.

$$Y(v) = H(v) \times X(v)$$

یا

$$H(v) = Y(v) / X(v)$$

که

λ = طول موج

v= فرکانس فضایی ($v=1/\lambda$)

X انتقال فوریه ورودی x

Y انتقال فوریه خروجی y

یادآوری۱- در زیر حروف کوچک، نشان می‌دهد که سیگنال به عنوان تابعی از فاصله ℓ میباشد. (به عنوان مثال: $x(\ell)$, $y(\ell)$ و حروف بزرگ نشان می‌دهد که تغییر شکل فوریه در دامنه فرکانس فضایی به عنوان تابعی از v است.

برای مثال : $x(v), y(v)$

یادآوری ۲- به منظور ساده سازی فرمول، متغیرهای ℓ یا v حذف می شوند.

تابع انتقال را همچنین می توان به فرمول زیر بیان نمود:

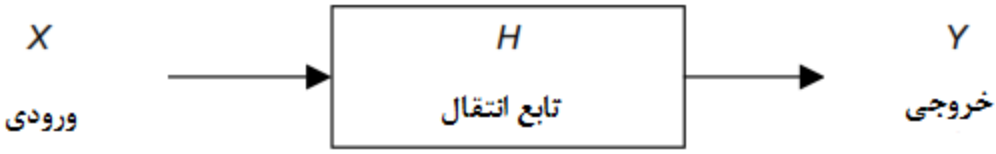
$$H = \frac{X \times \overline{Y}}{X \times \overline{X}} = \frac{S_{xy}}{S_{xx}}$$

که

$\overline{X}$ = مزدوج مختلط است.

S_{xy} = چگالی طیفی متقابل بین سیگنال‌های x و y است.

S_{xx} = چگالی طیفی x است.



شکل الف-۱، تابع انتقال

تابع انتقال شامل یک قسمت واقعی و یک قسمت فرضی می‌باشد. تابع انتقال توسط ماژول‌ها و فاز آن مشخص شده است.

مدول، روشی که در آن دامنه ورودی توسط سیستم با توجه به فرکانس، اصلاح شده است، را ارائه می‌دهد.

فاز نشان دهنده تأخیر است و از این‌رو، روشی که در آن شکل ورودی با توجه به فرکانس، اصلاح شده است، را نشان می‌دهد.

الف-۱-۲ تابع وابستگی

تابع وابستگی Γ در دامنه زمانی، مطابق یک تابع همبستگی می باشد. این نشان دهنده درجه خطی بودن بین ورودی و خروجی یعنی درجه اعتماد به نفس نتیجه به دست آمده از تابع انتقال می‌باشد.

آن می تواند با فرمول زیر نشان داده شود.

$$\Gamma = \frac{|S_{xy}|^2}{S_{xx} \times S_{yy}}$$

که :

S_{xy} = چگالی طیفی متقابل می باشد.

S_{xx} و S_{yy} به ترتیب چگالی های طبیعی x و y می بشاند.

تابع وابستگی همیشه $\geq$ ۱ و نزدیکتر به یکپارچی آن است.(سیستم بیشتر خطی می‌باشد).

وابستگی در عمل بین ۰٫۸۵ و ۱ را می توان به عنوان خوب در نظر گرفت.مقدار پایین تر می تواند مشکلات زیر را به وجود آورد.

- غیرخطی بودن موجود در سیستم اندازه گیری
- ورودی های چندگاه یعنی صدای، موجود در سیگنال‌ها

الف-۲ محاسبه عملی

با توجه به دو سیگنال x و y به نمایندگی به ترتیب، ورودی و خروجی سیستم، محاسبه عملی را می‌توان به شرح زیر انجام داد.

- میانگین تراکم (چگالی) طیفی محاسبه شده روی چند بخش پی در پی

یادآوری- در مورد بخش‌های خط، به طور معمول برای بخش‌های ۲۰ دامنه D1 از طول 500 متری برای هر سیگنال (x,y) در نظر گرفته می‌شود.

$$S_{xx} = X \times \overline{X} = |X|^2$$

$$S_{yy} = Y \times \overline{Y} = |Y|^2$$

که $\bar{x}, \bar{y}$ نشان دهنده مزدوج مختلط می باشد.

- میانگین چگالی طیفی متقابل بین دو پارامتر. چگالی طیفی متقابل دارای هر دو قسمت حقیقی و فرضی می‌باشد.

$$S_{xy} = X \times \overline{Y}$$

- محاسبه توابع انتقال و وابستگی به قرار زیر می‌باشد:

$$H = \frac{S_{xy}}{S_{xx}} \quad , \quad \Gamma = \frac{|S_{xy}|^2}{S_{xx} \times S_{yy}}$$

الف-۳ کاربردها در این استاندارد

الف-۳-۱ مقایسه بین دو اجرا (اندازه گیری)

مقایسه می‌تواند برای یک پارامتر داده شده در موارد زیر انجام گردد:

- آزمون تکرارپذیری
- آزمون تکثیرپذیری (قابلیت تولید مجدد)
- مقایسه بین دو سیستم ثبت هندسه خط

این مورد کلی‌تر می باشد، زیرا تابع انتقال اندازه‌گیری می‌تواند برای دو سیستم متفاوت باشد.

این مورد در زیر توضیح داده شده است.

هنگامی که یک خط مشابه، دوبار با دو سیستم اندازه گیری شود، تابع انتقال مورد نظر H1 و H2 هر سیستم می تواند طبق موارد زیر بیان گردد.

$H_1=Y_1/X$ و $H_2=Y_2/X$ که Y_1 و Y_2 به ترتیب داده خروجی از دو سیستم می‌باشد.

تابع انتقال H بین داده به دست آمده با دو اجزای (اندازه‌گیری) پی در پی طبق فرمول زیر می‌باشد.

$$H=Y_2/Y_1$$

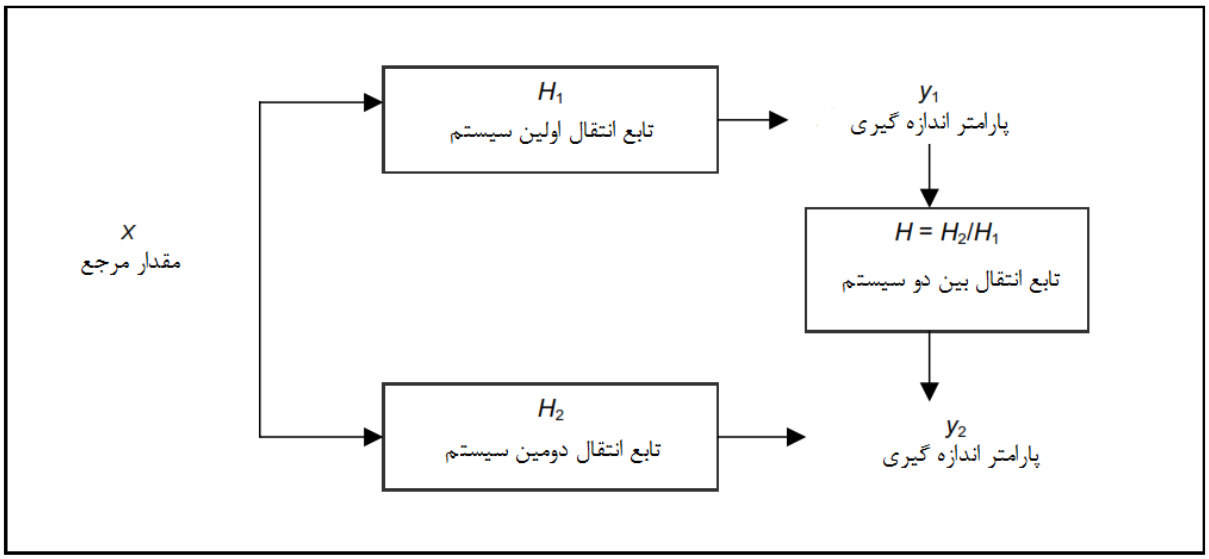
جایگزینی Y_1 و Y_2 توسط H، H_1 و H_2 طبق فرمول زیر بیان می‌گردد:

$$H=H_2/H_1$$

این نشان دهنده نسبت بین تابع انتقال H_1 و H_2 از هر سیستم ثبت هندسه خط می‌باشد بنابراین، هنگامی که اندازه‌گیری دوباره در همان بخش با دو سیستم ثبت هندسه خط‌های مختلف انجام می‌شود، تابع انتقال

بین خروجی‌های هر سیستم (y_1 و y_2) را می‌توان نسبت به تابع انتقال تئوری هر یک از سیستم‌ها مقایسه نمود.

این را می‌توان به شرح زیر خلاصه نمود.



شکل الف-۲، مقایسه دو سیستم ثبت هندسه خط

برای آزمون‌های تکرارپذیری و تکثیرپذیری (قابلییت تولید مجدد)، همان وسیله نقلیه مورد استفاده قرار می‌گیرد، بنابراین $H_2=H_1$ و تابع انتقال H بین دو اجرا (اندازه‌گیری) باید با عدد ۱ مقایسه شود. این مورد اجازه می‌دهد که ارزیابی به کمک وابستگی دامنه فرکانس که در آن تکرار و تکثیرپذیری انجام شده است، انجام گیرد.

الف-۳-۲ بررسی متقابل

عرض خط و تراز عرضی عموماً توسط سیستم ثبت هندسه خط اصلاح نمی گردد (تابع انتقال، برای تمام فرکانس‌های فضایی برابر با 1 می باشد) از طرف دیگر، هم ترازی و تراز طولی توسط تابع انتقال سیستم‌های اندازه‌گیری اصلاح می‌گردد.

یک ارزیابی تابع انتقال تئوری را می‌توان با استفاده به عنوان ورودی یک سیگنال منفرد، برای مثال عرض خط یا تراز عرضی، و به عنوان خروجی ترکیبی سیگنال‌های نماینده تفاوت هم ترازی هر ریل یا تفاوت تراز طولی هر ریل انجام داد.

این تطابق برای عرض خط و هم ترازی موارد زیر بیان می‌گردد.

$H_{AL}=(Y_{AL1}-Y_{AL2})/X_G$ ، تابع انتقال اندازه‌گیری هم ترازی اعمال شده به تفاوت هم ترازی هر ریل

$X_G=X_{AL1}-X_{AL2}$،

$H_G=Y_G/X_G=1$، تابع انتقال اندازه‌گیری عرض خط (مساوی با1)

که :

- Y_{AL2},Y_{AL1} : تغییر شکل فوریه هم ترازی خروجی هر ریل
- X_{AL1},X_{AL2} : تغییر شکل فوریه هم ترازی ورودی هر ریل
- X_G: تغییر شکل فوریه عرض خط ورودی
- Y_G: تغییر شکل عرض خط خروجی

ترکیب این عبارات منجربه $H_{AL}=(Y_{AL1}-Y_{AL2})/Y_G$ می گردد.

یک محاسبه مشابه برای تراز عرضی منجر به $H_{LL}=(Y_{LL2}-Y_{LL2})/Y_{CL}$ می گردد.

که

- Y_{LL1} و Y_{LL2}: تغییر شکل تراز طولی خروجی هر ریل می باشد.
- Y_{CL} : تغییر شکل فوریه تراز عرضی خروجی می باشد.

پیوست ب
(الزامی)
اصول اندازه گیری

ب-۱ توصیف کلی

اصول اندازه‌گیری پارامترهای توصیف شده در استاندارد EN 13848-1 به شرح زیر می‌باشد. تا کنون دو اصول اصلی در نظر گرفته شده است.

- سیستم اندازه گیری با استفاده از قاب مرجع متحرک
- سیستم اندازه گیری حرکتی

این مقررات در مورد اندازه گیری تراز طولی و هم ترازی، که در بند ب-۲ توصیف شده اند، اعمال می گردند. اندازه گیری سایر پارامترها، به طور خلاصه، در بخش‌های ب-۳ تا ب-۵ توصیف گردیده است.

ب-۲ تراز طولی و هم ترازی

ب-۲-۱ سیستم اندازه‌گیری با استفاده از قاب مرجع متحرک

(در این سیستم) هندسه خط با اندازه گیری میزان خارج از تنظیم بودن یک نقطه میانی از قاب مرجع خط مستقیم بدست می آید.

اندازه گیری میزان خارج از تنظیم بودن در هر صورت نیاز به یک مرجع دارد، اگر بدنه وسیله نقلیه به اندازه کافی سفت باشد، توسط بدنه وسیله نقلیه انجام می‌گیرد و گرنه توسط جبران حرکت انجام می‌شود. در این مورد جبران را می توان با اندازه گیری رفتار بدنه وسیله نقلیه در مقابل خم شدن و پیچش نسبت به یک مرجع خارجی و مطلق (به عنوان مثال پرتولیزر) به دست آورد.

این حسگرها می تواند از نوع تماسی یا غیرتماسی باشند، معمولاً، حسگرهای اندازه گیری تماسی، برای چرخ‌ها در جهت عمودی و حسگرهای خاص مانند چرخ‌های دستی یا غلتک‌ها برای جهت جانبی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

با در نظر گرفتن اندازه‌گیری به خودی خود، یکی از ویژگی‌های اصلی روش استفاده از قاب مرجع متحرک، تابع انتقال پیچیده می‌باشد. این مسئله را می‌توان به خوبی با استفاده از روش‌های تحلیلی، در جهت انطباق با الزامات استاندارد EN 13848-1: 2003+A1:2008 از نظر محدوده‌ی طول موج، اصلاح نمود. البته این امر مستلزم یک مبنای نامتقارن می‌باشد تا در طول موج‌های خاص عدد صفر وجود نداشته باشد.

در سیستم اندازه‌گیری با استفاده از قاب مرجع متحرک نیازی به در نظر گرفتن حداقل سرعت بهره‌برداری نمی‌باشد.

ب-۲-۲ سیستم اندازه‌گیری حرکتی

در این سیستم هندسه خط با توجه به موقعیت ریل در جهت عمودی و جانبی نسبت به یک مرجع حرکتی بدست می‌آید. در این رابطه از شتاب سنج‌ها یا ژیروسکوب‌ها استفاده می‌شود.
بسته به جایی که سیستم حرکتی نصب گردیده است، (برای مثال بدنه وسیله نقلیه و یا بوژی)، حسگرهای اضافی برای اندازه‌گیری فاصله بین ریل‌ها و سیستم مرجع حرکتی مورد استفاده قرار می‌گیرد.
در مورد سیستم‌های حرکتی، برای کسب نتایج قابل اعتماد لازم است، حداقل سرعت اندازه‌گیری مشخص شود.

ب-۳ عرض خط

عرض خط یا با استفاده از سنسورهای مکانیکی (ترولی ها یا غلتک‌ها) یا سنسورهای غیرتماسی(عموما" سنسورهای نوری) که ممکن است روی یک بوژی یا روی بدنه وسیله نقلیه نصب شده باشد، اندازه‌گیری شده است.

ب-۴ کمبود شیب عرضی

شیب عرضی معمولاً با استفاده از سیستم اندازه‌گیری حرکتی(اینرسی)، اندازه گیری می‌شود. به علاوه سنسورها ممکن است به منظور جبران برای حرکت سیستم اینرسی (حرکتی) نسبت به ریل‌ها ، مورد نیاز باشند.

ب-۵ پیچش

طبق استاندارد EN 13648-1، پیچش می‌تواند یا از اندازه‌گیری شیب عرضی یا از اندازه‌گیری مستقیم با سنسورهای نوع تماسی یا غیرتماسی بدست آید.

پیوست پ
(الزامی)
توصیف آزمون‌های کارگاهی (میدانی): مقادیر مورد انتظار

پ-۱ کلیات

در جداول قید شده در زیر، مقادیر محدوده‌های طول موج D2 و D3 ممکن است جهت اطلاع در نظر گرفته شود.

پ-۲ تکرارپذیری

پ-۲-۱ تحلیل آماری داده کمیت

توزیع اختلاف بین داده‌ها کمیت به دست آمده در هر اجرا (اندازه‌گیری) باید برای هر کمیت ارزیابی شود. صدک 95 از توزیع داده‌ها، باید بین مقادیر قید شده در جداول پ-۱ تا پ-۳ قرار گیرد.

جدول پ-۱، تکرارپذیری- داده کمیت- تراز طولی و همترازی صدک 95

پارامتر	ابعاد برحسب میلی متر		
	محدوده طول موج		
	D1	D2	D3
تراز طولی	± ۰٫۵	± ۱	± ۳
همترازی	±۰٫۷	± ۲	± ۴

جدول پ-۲- تکرارپذیری – داده کمیت- عرض خط و تراز عرضی – صدک 95

پارامتر	ابعاد به میلی متر
عرض خط	± ۰٫۵
تراز عرضی	± ۱٫۵

جدول پ-۳- تکرارپذیری- داده کمیت- پیچش – صدک 95

پارامتر	ابعاد برحسب میلی‌متر	
	$\ell \leq$ ۵٫۵m	۵٫۵m $< l \leq$ ۲۰m
پیچش اندازه‌گیری مستقیم	$\pm$۰٫۷/ℓ	$\pm$۰٫۸/ℓ
پیچش محاسبه شده از تراز عرضی	$\pm$۲/ℓ	$\pm$۱/ℓ
ℓ: طول مبناء پیچش		

پ-۲-۲ تحلیل آماری معیار استاندارد

توزیع اختلاف بین معیار استاندارد به دست آمده در هر اجرا (اندازه گیری) باید برای هر کمیتی که محاسبه معیار استاندارد برای استاندارد EN 13848-1 مورد نیاز می‌باشد، باید ارزیابی گردد. صدک 95 از توزیع داده‌ها باید زیر مقادیر قید شده در جداول پ-۴ و پ-۵ باشد.

جدول پ-۴- تکرارپذیری- معیار استاندارد- تراز طولی و همترازی- صدک 95

پارامتر	ابعاد برحسب میلی متر		
	محدوده طول موج		
	D1	D2	D3
تراز طولی	۰٫۰۴	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد
همترازی	۰٫۰۶	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد

جدول پ-۵- تکرار پذیری – معیار استاندارد – پیچش – صدک 95

پارامتر	ابعاد برحسب میلی‌متر	
	$\ell \leq$ ۵٫۵m	۵٫۵m $< l \leq$ ۲۰m
پیچش اندازه‌گیری مستقیم	$۰٫۰۴/\ell$	$۰٫۰۴/\ell$
پیچش محاسبه شده از تراز عرضی	$۰٫۱/\ell$	$۰٫۲/\ell$
ℓ: طول مبناء پیچش		

پ-۲-۳ تحلیل فرکانس

توابع انتقال و وابستگی به دست آمده در دو اجرا (اندازه گیری)تحت شرایط یکسان باید برای هر پارامتر ارزیابی گردد.

مقادیر قید شده در جداول پ-۶ تا پ-۸ نشان دهنده محدوده ممکن تغییرات برای مدول‌های تابع انتقال و برای تابع وابستگی (به طور تئوری مساوی با یک) می‌باشد.

جدول پ-۶- تحلیل فرکانس – تکرارپذیری- تراز طولی و همترازی- رواداری‌ها

پارامتر	تابع	ابعاد برحسب میلی متر		
		محدوده طول موج		
		D1	D2	D3
تراز طولی	تابع انتقال	±۵٪	±۷٪	±۱۰٪
	تابع وابستگی	>۰٫۹۷	>۰٫۹۵	>۰٫۹۰
همترازی	تابع انتقال	±۷٪	±۱۰٪	±۱۵٪
	تابع وابستگی	>۰٫۹۵	>۰٫۹۰	>۰٫۸۵

جدول پ-۷- تحلیل فرکانس – تکرارپذیری- عرض خط و تراز عرضی- رواداری‌ها

پارامتر	تابع	رواداری
عرض خط	تابع انتقال	±۵٪
	تابع وابستگی	>۰٫۹۵
تراز عرضی	تابع انتقال	±۱۰٪
	تابع وابستگی	>۰٫۹۰

جدول پ-۸- تحلیل فرکانس- تکرارپذیری- پیچش – رواداری‌ها

پارامتر	تابع	ابعاد برحسب میلی‌متر	
		$\ell \leq$ ۵٫۵m	۵٫۵m $< l \leq$ ۲۰m
پیچش	تابع انتقال	±۵٪	±۵٪
اندازه‌گیری مستقیم	تابع وابستگی	>۰٫۹۷	>۰٫۹۷
پیچش	تابع انتقال	±۵٪	±۵٪
محاسبه شده از تراز عرضی	تابع وابستگی	>۰٫۹۷	>۰٫۹۷
ℓ: طول مبناء پیچش			

پ-۳ تکثیر پذیری (قابلیت تولید مجدد)

پ-۳-۱ تحلیل آماری داده پارامتر

توزیع اختلاف بین داده پارامتری به دست آمده در هر اجرا (اندازه گیری) باید برای هر کمیت ارزیابی شود. صدک 95 از توزیع داده باید بین مقادیر قید شده در جداول پ-۹ تا پ-۱۱ باشد.

جدول پ-۹- تکثیرپذیری- داده کمیت- تراز طولی و همترازی- صدک 95

پارامتر	ابعاد برحسب میلی متر		
	محدوده طول موج		
	D1	D2	D3
ترازطولی	± ۰٫۸	± ۲	± ۵
همترازی	±۱٫۱	± ۳	± ۷

جدول پ-۱۰- تکثیرپذیری – داده کمیت- عرض خط و تراز عرض – صدک 95

پارامتر	ابعاد به میلی متر
عرض خط	± ۱
تراز عرضی	± ۲٫۵

جدول پ-۱۱- تکثیرپذیری- داده کمیت- پیچش – صدک 95

پارامتر	ابعاد برحسب میلی‌متر	
	$\ell \leq$ ۵/۵m	۵/۵m $< l \leq$ ۲۰m
پیچش اندازه‌گیری مستقیم	$\pm$ ۱/ℓ	$\pm$ ۱/ℓ
پیچش محاسبه شده از تراز عرضی	$\pm$ ۳/ℓ	$\pm$ ۱٫۵/ℓ
ℓ: طول مبناء پیچش		

پ-۳-۲ تحلیل آماری معیار استاندارد

توزیع اختلاف بین معیار استاندارد به دست آمده در هر اجرا(اندازه‌گیری)باید برای هر پارامتر ارزیابی شود. صدک 95 توزیع داده باید زیر مقادیر داده شده در جدول پ-۱۲ و پ-۱۴ باشد.

جدول پ-۱۲- تکرارپذیری- معیار استاندارد- تراز طولی و همترازی- صدک 95

پارامتر	ابعاد برحسب میلی متر		
	محدوده طول موج		
	D1	D2	D3
تراز طولی	۰٫۰۸	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد
همترازی	۰٫۱	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد

جدول پ-۱۳- تکثیرپذیری – معیار استاندارد – پیچش – صدک 95

پارامتر	ابعاد برحسب میلی‌متر	
	$\ell \leq$ ۵/۵m	۵/۵m $< l \leq$ ۲۰m
پیچش اندازه‌گیری مستقیم	۰٫۰۸/ℓ	۰٫۰۸/ℓ
پیچش محاسبه شده از تراز عرضی	۰٫۲/ℓ	۰٫۳/ℓ
ℓ: طول مبناء پیچش		

پ-۳-۳ تحلیل فرکانس

توابع انتقال و وابستگی قید شده در جداول پ-۱۴ تا پ-۱۶ نشان دهنده محدوده ممکن تغییرات برای مدول‌های تابع انتقال و برای تابع وابستگی (به طور تئوری مساوی با یک) می باشد.

جدول پ-۱۴- تحلیل فرکانس – تکثیرپذیری- تراز طولی و همترازی- رواداری‌ها

پارامتر	تابع	ابعاد برحسب میلی متر		
		محدوده طول موج		
		D1	D2	D3
تراز طولی	تابع انتقال	±۷٪	±۱۰٪	±۱۵٪
	تابع وابستگی	>۰٫۹۵	>۰٫۹۰	>۰٫۸۵
همترازی	تابع انتقال	±۱۰٪	±۱۵٪	±۲۰٪
	تابع وابستگی	>۰٫۹۰	>۰٫۸۵	>۰٫۸۰

جدول پ-۱۵- تحلیل فرکانس – تکثیرپذیری- عرض خط و تراز عرضی- رواداری‌ها

پارامتر	تابع	رواداری
عرض خط	تابع انتقال	±۱۰٪
	تابع وابستگی	>۰٫۹۰
تراز طولی	تابع انتقال	±۱۵٪
	تابع وابستگی	>۰٫۸۵

جدول پ-۱۶- تحلیل فرکانس- تکثیرپذیری- پیچش – رواداری‌ها

پارامتر	تابع	ابعاد برحسب میلی‌متر	
		$\ell \leq$ ۵٫۵m	۵٫۵m $< l \leq$ ۲۰m
پیچش اندازه‌گیری مستقیم	تابع انتقال	±۷٪	±۷٪
	تابع وابستگی	>۰٫۹۵	>۰٫۹۵
پیچش محاسبه شده از تراز عرضی	تابع انتقال	±۷٪	±۷٪
	تابع وابستگی	>۰٫۹۵	>۰٫۹۵
ℓ: طول مبناء پیچش			

پ-۴ بررسی متقابل

پ-۴-۱ کلیات

محاسبات بررسی متقابل باید حداقل برای دو گروه زیر پارامترها انجام گیرد.

- اختلاف همترازی و عرض خط
- اختلاف تراز طولی و تراز عرض

پ-۴-۲ تابع انتقال

مقادیر قید شده در جداول پ-۱۷ و پ-۱۸ نشان دهنده محدوده مورد انتظار تغییرات (برحسب درصد) در مقایسه با مدول‌های تابع انتقال تئوری می‌باشد.

جدول پ-۱۷- بررسی متقابل- تابع انتقال – رواداری

کمیت	ابعاد برحسب میلی متر		
	محدوده طول موج		
	D1	D2	D3
عرض خط و اختلاف همتراز	± ۵٪	± ۷٪	± ۱۰٪
تراز عرضی و اختلاف تراز طولی	± ۵٪	± ۷٪	± ۱۰٪

پ-۴-۳ تابع وابستگی

مقادیر قید شده در جدول پ-۱۸ نشان دهنده حداقل مقادیر مورد انتظار برای تابع وابستگی می باشد.

جدول پ-۱۸- بررسی متقابل- تابع وابستگی – رواداری‌ها

کمیت	ابعاد برحسب میلی متر		
	محدوده طول موج		
	D1	D2	D3
عرض خط و تفاوت همترازی	>۰٫۹۷	>۰٫۹۵	>۰٫۹۰
تراز عرض و اختلاف تراز طولی	>۰٫۹۷	>۰٫۹۵	>۰٫۹۰

کتابنامه

[1] EN 50121 (series), Railway applications – Electromagnetic compatibility

[2] EN 50126:1999, Railway applications – The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS)

[3] EN 50155:2001 + A1:2002, Railway applications – Electronic equipment used on rolling stock

[4] EN 61373:1999, Railway applications – Rolling stock equipment – Shock and vibration tests (IEC 61373:1999)

[5] EN 50125-1:1999, Railway applications – Environmental conditions for equipment – Part 1: Equipment on board rolling stock

[6] ENV 13005:1999, Guide to the expression of uncertainty in measurement

[7] UIC 505-1 (9th issue, 2002-08), Railway transport stock – Rolling stock construction gauge