



دستورالعمل آزمون مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای با نانو پوشش

دریافت کنندگان سند جهت اجراء:

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

تهیه کننده: معاونت انتقال و تجارت خارجی - دفتر فنی و نظارت شبکه انتقال

سایت دفتر فنی و نظارت شبکه انتقال: <https://www.tavanir.org.ir/transmission/nezarat/pages/rule.php>

مهر ماه ۱۴۰۱

تصویب کننده: آرش کردی امضاء	تائید کننده: محمد اله داد امضاء	تهیه کننده: مجتبی علیزاده امضاء
--------------------------------	------------------------------------	------------------------------------



فهرست مطالب

۱- مقدمه	۳
۲- ضوابط و مقررات	۴
۳- هدف	۵
۴- دامنه کاربرد	۵
۵- محدوده اجرا	۶
۶- مراجع اصلی	۶
۷- شناسنامه نانو پوشش	۶
۸- آزمون های جاری (Routine) مقره های سرامیکی و شیشه ای با نانو پوشش	۸
۹- آزمون های نوعی (Type) مقره های سرامیکی و شیشه ای با نانو پوشش	۸
۱۰- آزمون های نمونه ای (Sample) مقره های سرامیکی و شیشه ای با نانو پوشش	۱۰
۱۱- آزمون های تکمیلی نمونه ای مقره های سرامیکی و شیشه ای با نانو پوشش	۱۲

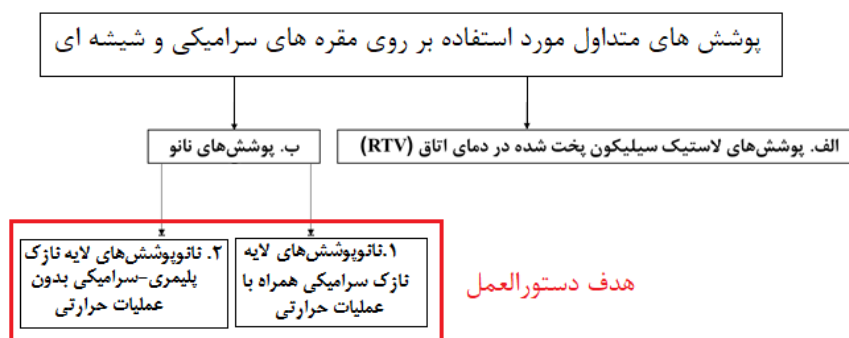


۱- مقدمه

یکی از بزرگترین مشکلات عایقی خطوط انتقال و فوق توزیع مساله آلودگی می‌باشد. تخلیه الکتریکی بر روی مقره‌های آلوده در شرایط مرطوب، تهدیدی برای قابلیت اطمینان شبکه بوده که می‌تواند منجر به قطع برق‌رسانی و خاموشی شبکه برق گردد.

یکی از جدیدترین راه‌حل‌ها، استفاده از نانو پوشش‌ها بر روی سطح مقره می‌باشد. نانو پوشش‌های آبگریز با ایجاد تغییرات در خواص سطحی نظیر زاویه تماس، باعث بهبود عملکرد مقره در برابر عوامل محیطی نظیر آلودگی‌ها، رطوبت و ... می‌شود. استفاده از این نانو پوشش‌ها می‌تواند جهت رفع یکی از عمده‌ترین نقاط ضعف مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای که عملکرد ضعیف در حضور آلودگی و رطوبت است، مفید و موثر باشد. اگر سطح مقره با استفاده از نانو پوشش‌ها، آبگریز یا فوق آبگریز گردد، از وقوع جرقه‌های خشک در سطح مقره در اثر آلودگی جلوگیری خواهد شد.

دسته‌بندی پوشش‌های متداول مورد استفاده بر روی مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای در شکل ۱ آورده شده است.



شکل ۱: دسته بندی پوشش‌های متداول مورد استفاده بر روی مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای

الف) پوشش‌های لاستیک سیلیکون پخت شده در دمای اتاق (RTV):

پوشش‌های RTV پوشش‌های سیلیکونی هستند که به سبب ویژگی‌های منحصر به فرد خود مانع از تشکیل رطوبت و آلودگی بر روی سطوح می‌شوند. این پوشش‌ها چسبندگی مطلوبی به سطح زیرین خود داشته و موجب افزایش زاویه آبگریزی مقره می‌گردند.



ب) نانو پوشش‌ها:

با توجه به تحقیقات انجام گرفته، نانو پوشش‌ها را می‌توان به دو دسته کلی ذیل تقسیم‌بندی نمود:

۱) نانو پوشش‌های لایه نازک سرامیکی همراه با عملیات حرارتی بالاتر از ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به منظور از بین بردن حلال، چسب پلیمری و اتصال مستقیم سرامیک نانو ساختار به مقره سرامیکی و شیشه‌ای (این نوع پوشش عموماً ضخامت نانومتری دارد) که در این حالت به علت اعمال درجه حرارت، مقره قبل و یا بعد از اتصال یراق آلات پوشش داده می‌شود.

۲) نانو پوشش‌های لایه نازک پلیمری-سرامیکی بدون عملیات حرارتی (یا دمای عملیات حرارتی کمتر از ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد) که در این حالت بخاطر اعمال درجه حرارت پایین یا بدون اعمال درجه حرارت، پوشش می‌تواند بر روی مقره همراه با یراق آلات پوشش داده شود و ذرات نانو ساختار در بافت پلیمر حضور داشته و پلیمر به سطح مقره سرامیکی و شیشه‌ای اتصال می‌یابد.

هدف این دستورالعمل ارائه آزمون نانو پوشش‌های بیان شده در بند ب می‌باشد.

۲- ضوابط و مقررات

با توجه به اتخاذ برنامه‌ریزی کلان جهت کنترل و بهره‌برداری از خطوط انتقال و فوق‌توزیع تحت پوشش، این دستورالعمل از تاریخ ابلاغ جایگزین کلیه دستورالعمل‌های قبلی می‌گردد. از تاریخ صدور و ابلاغ این دستورالعمل، کلیه واحدهای ذیربط موظف به اجرای دقیق مفاد این دستورالعمل می‌باشند. در این ارتباط رعایت موارد ذیل حائز اهمیت می‌باشد:

۱) کلیه دستورالعمل‌های مرتبط با مقره سرامیکی و شیشه‌ای با نانو پوشش که تا قبل از تاریخ ابلاغ این دستورالعمل صادر شده‌اند از درجه اعتبار ساقط و رعایت این دستورالعمل لازم الاجرا می‌باشد. در این ارتباط مدیران عامل و معاونین بهره‌برداری و طرح و توسعه شرکت‌های دریافت کننده این دستورالعمل باید در اسرع وقت دستور مقتضی نسبت به جمع‌آوری دستورالعمل‌های قبلی و جایگزینی دستورالعمل جدید در کلیه مراکز و واحدهای تحت پوشش را صادر نمایند.



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

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

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

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

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

۳- هدف

این دستورالعمل با هدف ارائه آزمون مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای با نانو پوشش مورد استفاده در خطوط انتقال و فوق توزیع تدوین شده است.

۴- دامنه کاربرد

محدوده اجرای این دستورالعمل دربرگیرنده کلیه شرکت‌های برق منطقه‌ای، شرکت‌های مشاور و آزمایشگاه‌های مرجع و معتبر شرکت توانیر می‌باشد.



۵- محدوده اجرا

این دستورالعمل شامل خطوط انتقال و فوق‌توزیع تحت پوشش شرکت‌های برق منطقه‌ای می‌باشد.

۶- مراجع اصلی

مبنای مشخصات فنی در این دستورالعمل و رویه‌های انجام آزمایش‌ها برای کنترل شاخص‌های موردنظر، به ترتیب دستورالعمل‌های صنعت برق، استانداردهای ملی کشور، استانداردهای بین‌المللی (با تاکید بر استانداردهای IEC) و استانداردهای کشورهای صنعتی پیشرفته است. در تدوین این دستورالعمل، به مراجع ذیل استناد شده است:

۱- استاندارد ملی ایران ISIR 2480-1: مقره‌های خطوط هوایی با ولتاژ اسمی بیشتر از ۱۰۰۰

ولت-قسمت اول: واحدهای مقره‌های سرامیکی یا شیشه‌ای برای سیستم‌های a.c. -

اصطلاحات و تعاریف، روش‌های آزمون و معیارهای پذیرش، تجدیدنظر اول ۱۳۹۹.

۲- استاندارد ملی ایران INSO 18232: مقره‌های پلیمری (بسپاری) فشار قوی (HV) برای استفاده

داخلی و بیرونی - تعاریف کلی، روش‌های آزمون و معیارهای پذیرش، چاپ اول ۱۳۹۳.

3- IEC TS 62073: Guidance on the measurement of hydrophobicity of insulator surfaces, 2016.

4- IEC 60383-1: Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000 V - Part 1: Ceramic or glass insulator units for A.C. systems - Definitions, test methods and acceptance criteria, 1993.

5- IEC 62217: Polymeric HV insulators for indoor and outdoor use - General definitions, test methods and acceptance criteria, 2012.

6- ISO 9227:2017 Corrosion tests in artificial atmospheres — Salt spray tests.

7- IEEE 1523-2018: IEEE Guide for the Application, Maintenance, and Evaluation of Room-Temperature Vulcanizing (RTV) Silicone Rubber Coatings for Outdoor Ceramic

۷- شناسنامه نانو پوشش

پیشنهاد دهندگان باید شناسنامه نانو پوشش (جدول ۱) را تکمیل و همراه با سایر مدارک (گواهی انجام تایپ تست معتبر و ...) در اسناد فنی مناقصات ارائه دهند.



جدول (۱) شناسنامه نانو پوشش

ردیف	عنوان مشخصه	واحد	استاندارد	مقدار/مشخصه	مستندات و توضیحات مربوطه
۱	نام تولید کننده نانو پوشش	-			
۲	نام اجرا کننده نانو پوشش	-			
۳	ضریب هدایت حرارتی نانو پوشش	-			
۴	قابلیت پوشش دهی مجدد	-			
۵	مدت زمان مجاز نگهداری از تولید تا مصرف ^۱	months			حداقل نیاز کارفرما را تامین کند
۶	عمر مفید	years			
۷	برگه اطلاعات ایمنی ماده ^۲	-			
۸	محدوده دمای محیطی اعمال ^۳	°C			
۹	محدوده دمای محیط انبارداری	°C			
۱۰	رنگ قبل از اعمال	-			
۱۱	رنگ بعد از اعمال	-			
۱۲	رژیم عملیات حرارتی مورد نیاز جهت اعمال	-			
۱۳	نوع نانو مواد	-			
۱۴	درصد نانو مواد	-			
۱۵	اندازه نانو	nm			
۱۶	ضخامت پوشش	μm			
۱۷	زاویه تماس استاتیکی	deg			
۱۸	زاویه تماس دینامیکی (پس رونده و پیش رونده)	deg			

^۱-Shelf Life^۲-Material Safety Data Sheet (MSDS)^۳-Application Temperature Range



۸- آزمون‌های جاری (Routine) مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای با نانو پوشش

آزمون‌های جاری مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای با نانو پوشش باید مطابق با جداول ۲ و ۳ انجام گردد.

جدول ۲) آزمون‌های جاری مقره سرامیکی با نانو پوشش

ردیف	مشخصه/آزمون	مرجع بررسی/ روش آزمون	معیار پذیرش	مقدار
۱	بازدید ظاهری	IEC 60383-1	مطابقت با مرجع	
۲	آزمون مکانیکی	IEC 60383-1	مطابقت با مرجع	
۳	آزمون الکتریکی	IEC 60383-1	مطابقت با مرجع	
۴	تعیین کلاس آبگریزی به روش اسپری آب	IEC TS 62073	HC1	

آزمون‌های ردیف‌های ۱ تا ۳ آزمون‌های جاری مقره سرامیکی بیان شده در استاندارد IEC 60383-1 می‌باشند که تست‌ها باید بر اساس استاندارد مذکور انجام گردند.

آزمون ردیف ۴ آزمون جاری به منظور ارزیابی وضعیت آبگریزی سطح با اعمال نانو پوشش می‌باشد.

جدول ۳) آزمون‌های جاری مقره شیشه‌ای با نانو پوشش

ردیف	مشخصه/آزمون	مرجع بررسی/ روش آزمون	معیار پذیرش	مقدار
۱	بازدید ظاهری	IEC 60383-1	مطابقت با مرجع	
۲	آزمون مکانیکی	IEC 60383-1	مطابقت با مرجع	
۳	تعیین کلاس آبگریزی به روش اسپری آب	IEC TS 62073	HC1	

آزمون‌های ردیف‌های ۱ تا ۲ آزمون‌های جاری مقره شیشه‌ای بیان شده در استاندارد IEC 60383-1 می‌باشند که تست‌ها باید بر اساس استاندارد مذکور انجام گردند.

آزمون ردیف ۳ آزمون جاری به منظور ارزیابی وضعیت آبگریزی سطح با اعمال نانو پوشش می‌باشد.

تبصره: در خصوص پوشش‌دهی مجدد (Recoating) میدانی مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای بدون اعمال عملیات حرارتی، نیازی به انجام تست‌های جاری فوق (جداول ۲ و ۳) نمی‌باشد.

۹- آزمون‌های نوعی (Type) مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای با نانو پوشش

کلیه آزمون‌های نوعی مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای با نانو پوشش بایستی مطابق با جدول ۴ انجام گردد.



جدول ۴) آزمون‌های نوعی مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای با نانو پوشش

ردیف	مشخصه	آزمون	مرجع بررسی / روش آزمون	معیار پذیرش	مقدار
۱	مشخصات ابعادی	تحقیق ابعاد مقره	IEC 60383-1	مطابقت با مرجع	
۲	تست‌های الکتریکی	* آزمون ولتاژ تحمل در برابر موج ضربه صاعقه در شرایط خشک	IEC 60383-1	نتایج آزمون‌های الکتریکی مقره سرامیکی و شیشه‌ای <u>بدون پوشش نانو</u> نیز انجام و ارائه گردد (بدیهی است نتایج مقره با پوشش نانو بایستی عملکرد بالاتری در مقایسه با مقره بدون پوشش نانو داشته باشد).	
۳		* آزمون ولتاژ تحمل فرکانس قدرت در شرایط مرطوب	IEC 60383-1		
۴	تست‌های مکانیکی	آزمون نیروی شکست الکترومکانیکی (برای مقره‌های <u>سرامیکی</u>) آزمون نیروی شکست مکانیکی (برای مقره‌های <u>شیشه‌ای</u>)	IEC 60383-1	مطابقت با مرجع	
۵		آزمون عملکرد حرارتی - مکانیکی	IEC 60383-1	علاوه بر موفقیت آمیز بودن آزمون عملکرد حرارتی-مکانیکی، تفاوت میزان آبگریزی قبل و بعد از انجام تست حداکثر تا ۱۰ درجه مجاز است.	
۶	تست‌های آبگریزی	اندازه‌گیری زاویه تماس قطره آب	IEC TS 62073	$\geq 90^\circ$	
۷		تعیین کلاس آبگریزی	IEC TS 62073	HC1	
۸	تست بررسی چسبندگی	آزمون چسبندگی با فشار آب	IEEE 1523-2018	انجام این تست تنها برای مقره‌های نانوپوشش با اعمال حرارت ضروری است علاوه بر موفقیت آمیز بودن آزمون چسبندگی با فشار آب، تفاوت میزان آبگریزی قبل و بعد از انجام تست حداکثر تا ۱۰ درجه مجاز است.	
۹		آزمون چسبندگی با آب جوش ۱۰۰ ساعته ^۲	IEEE 1523-2018	علاوه بر موفقیت آمیز بودن آزمون چسبندگی با آب جوش ۱۰۰ ساعته، تفاوت میزان آبگریزی قبل و بعد از انجام تست حداکثر تا ۱۰ درجه مجاز	

۱- Water Blasting Adhesion

۲- ۱۰۰ hrs Boiling Water Adhesion Testing



	است.					
۱۰	تست‌های پیرسازی تسریع شده	تست مه نمکی ۱۰۰۰ ساعته	اندازه‌گیری زاویه تماس استاتیکی و دینامیکی بعد از آزمون مه نمکی	ISO 9227 IEC TS 62073	علاوه بر موفقیت آمیز بودن تست مه نمکی ۱۰۰۰ ساعته، تفاوت زاویه تماس استاتیکی و دینامیکی قبل و بعد از آزمون تا حداکثر ۱۰ درجه مجاز می- باشد.	
			تعیین کلاس آبگریزی بعد از آزمون مه نمکی	ISO 9227 IEC TS 62073	HC1 تا HC2	
۱۱		تست UV ۱۰۰۰ ساعته	اندازه‌گیری زاویه تماس استاتیکی و دینامیکی بعد از تست UV	IEC 62217 IEC TS 62073	علاوه بر موفقیت آمیز بودن تست UV ۱۰۰۰ ساعته، تفاوت زاویه تماس استاتیکی و دینامیکی قبل و بعد از آزمون تا حداکثر ۱۰ درجه مجاز می- باشد.	
			تعیین کلاس آبگریزی بعد از تست UV	IEC 62217 IEC TS 62073	HC1 تا HC2	

آزمون‌های ردیف‌های ۱ تا ۵ آزمون‌های نوعی مقره سرامیکی و شیشه‌ای بیان شده در استاندارد IEC 60383-1 می‌باشند که تست‌ها باید بر اساس استاندارد مذکور انجام گردند.
آزمون‌های ردیف‌های ۶ تا ۱۱ آزمون‌های نوعی به منظور ارزیابی وضعیت نانو پوشش می‌باشند.

۱۰- آزمون‌های نمونه‌ای (Sample) مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای با نانو پوشش

تعداد مقره‌های لازم برای انجام آزمون‌های نمونه‌ای بر حسب دو دسته E1 و E2 در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵) تعداد مقره‌های لازم برای انجام آزمون‌های نمونه‌ای

تعداد مقره‌های موجود در مجموعه (N)		تعداد مقره‌های لازم برای هر دسته نمونه
E2	E1	
بر اساس توافق بین سازنده و خریدار		$N \leq 300$
۳	۴	$300 < N \leq 2000$
۴	۸	$2000 < N \leq 5000$
۶	۱۲	$5000 < N \leq 10000$



در صورتی که تعداد مقره‌ها بیش از ۱۰۰۰۰ عدد باشد، لازم است مقره‌ها به مجموعه‌هایی یکسان از مقره‌ها به تعداد ۲۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ مقره تقسیم گردیده و سپس مطابق جدول فوق نمونه برداری صورت گیرد.

آزمون‌های نمونه‌ای مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای با نانو پوشش باید مطابق با جداول ۶ و ۷ انجام گردد.

جدول ۶) آزمون‌های نمونه‌ای مقره سرامیکی با نانو پوشش

ردیف	مشخصه/آزمون	مرجع بررسی / روش آزمون	معیار پذیرش	مقدار
۱	تحقیق ابعاد مقره (E1 & E2)	IEC 60383-1	مطابقت با مرجع	
۲	تحقیق تغییر مکان زاویه‌ای و محوری (E1 & E2)	IEC 60383-1	مطابقت با مرجع	
۳	آزمون تحقیق سیستم قفل‌کننده (E2) (در خصوص این تست رعایت موارد مطرح شده در نامه شماره ۹۹/۲۶/۱۵۲ مورخ ۱۳۹۹/۰۲/۱۷ ضروری است)	IEC 60383-1	مطابقت با مرجع	
۴	آزمون دوره حرارتی (E1 & E2) اندازه‌گیری زاویه تماس استاتیکی و دینامیکی بعد از آزمون دوره حرارتی	IEC 60383-1	علاوه بر موفقیت آمیز بودن آزمون دوره حرارتی، تفاوت میزان آبگریزی قبل و بعد از انجام تست حداکثر تا ۱۰ درجه مجاز است.	
۵	آزمون نیروی شکست الکترومکانیکی (E1)	IEC 60383-1	مطابقت با مرجع	
۶	آزمون استقامت در مقابل سوراخ شدن (E2)	IEC 60383-1	مطابقت با مرجع	
۷	آزمون تخلخل (E1)	IEC 60383-1	مطابقت با مرجع	
۸	آزمون روکش روی (E2)	IEC 60383-1	مطابقت با مرجع	
۹	تعیین کلاس آبگریزی به روش پاشش (E2)	IEC TS 62073	HC1	
۱۰	اندازه‌گیری زاویه تماس قطره آب (E2)	IEC TS 62073	$\geq 90^\circ$	
۱۱	تست بررسی نانو پوشش بودن (E1)	-	$< 100 \text{ nm}$	

آزمون‌های ردیف‌های ۱ تا ۸ آزمون‌های نمونه‌ای مقره سرامیکی بیان شده در استاندارد IEC 60383-1 می‌باشد.

باشند که تست‌ها باید بر اساس استاندارد مذکور انجام گردند.

آزمون‌های ردیف‌های ۹ تا ۱۱ آزمون‌های نمونه‌ای به منظور ارزیابی وضعیت نانو پوشش می‌باشند.



جدول ۷) آزمون‌های نمونه‌ای مقره شیشه‌ای با نانو پوشش

ردیف	مشخصه/آزمون	مرجع بررسی / روش آزمون	معیار پذیرش	مقدار
۱	تحقیق ابعاد مقره (E1 & E2)	IEC 60383-1	مطابقت با مرجع	
۲	تحقیق تغییر مکان زاویه‌ای و محوری (E1 & E2)	IEC 60383-1	مطابقت با مرجع	
۳	آزمون تحقیق سیستم قفل‌کننده (E2) (در خصوص این تست رعایت موارد مطرح شده در نامه شماره ۹۹/۲۶/۱۵۲ مورخ ۱۳۹۹/۰۲/۱۷ ضروری است)	IEC 60383-1	مطابقت با مرجع	
۴	آزمون نیروی شکست مکانیکی (E1)	IEC 60383-1	مطابقت با مرجع	
۵	آزمون شوک حرارتی (E2)	اندازه‌گیری زاویه تماس استاتیکی و دینامیکی بعد از آزمون شوک حرارتی	IEC 60383-1	علاوه بر موفقیت آمیز بودن آزمون شوک حرارتی، تفاوت میزان آبگریزی قبل و بعد از انجام تست حداکثر تا ۱۰ درجه مجاز است.
۶	آزمون استقامت در مقابل سوراخ شدن (E2)	IEC 60383-1	مطابقت با مرجع	
۷	آزمون روکش روی (E2)	IEC 60383-1	مطابقت با مرجع	
۸	تعیین کلاس آبگریزی به روش پاشش (E2)	IEC TS 62073	HC1	
۹	اندازه‌گیری زاویه تماس قطره آب (E2)	IEC TS 62073	$\geq 90^\circ$	
۱۰	تست بررسی نانو پوشش بودن (E1)	-	$< 100 \text{ nm}$	

آزمون‌های ردیف‌های ۱ تا ۷ آزمون‌های نمونه‌ای مقره شیشه‌ای بیان شده در استاندارد IEC 60383-1 می‌باشد.

باشند که تست‌ها باید بر اساس استاندارد مذکور انجام گردند.

آزمون‌های ردیف‌های ۸ تا ۱۰ آزمون‌های نمونه‌ای به منظور ارزیابی وضعیت نانو پوشش می‌باشند.

۱۱- آزمون‌های تکمیلی نمونه‌ای مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای با نانو پوشش

آزمون‌های تکمیلی نمونه‌ای مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای با نانو پوشش باید مطابق زیر

انجام گردد.

الف) دستک فولادی (پین مقره) برای مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای تا ۱۲۰ کیلونیوتن از فولاد C45E (با ضخامت حداقل ۱۶ میلی‌متر) و برای مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای شامل و بالای ۱۶۰ کیلونیوتن از فولاد C45E (با ضخامت ۲۰ میلی‌متر) با روش Forged Steel استفاده گردد.



ب) آزمون تکمیلی نمونه‌ای (قبل از تحویل‌گیری و نصب مقره) و معیار پذیرش دستک فولادی (پین مقره) مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای تا ۲۱۰ کیلونیوتن با فولاد C45E بر اساس استاندارد BS EN ISO 683-1:2018 مطابق جدول ۸ انجام گردد:

جدول ۸) آزمون تکمیلی نمونه‌ای (قبل از نصب مقره) و معیار پذیرش دستک فولادی (پین مقره) مقره-های سرامیکی و شیشه‌ای تا ۲۱۰ کیلونیوتن با فولاد C45E بر اساس استاندارد BS EN ISO 683-1:2018

عنوان آزمون	استاندارد پذیرشی متریک	معیار پذیرش آزمون
آنالیز شیمیایی فولاد به روش کوانتومتری	جدول ۳ استاندارد BS EN ISO 683-1:2018	فولاد C45E
آزمون کشش	جدول ۹ استاندارد BS EN ISO 683-1:2018	استحکام تسلیم نهایی باید حداقل ۴۳۰ مگاپاسکال باشد. استحکام کشش باید بین ۶۵۰ تا ۸۰۰ مگاپاسکال باشد. ازدیاد طول باید حداقل ۱۶ درصد باشد. کاهش سطح مقطع باید حداقل ۴۰ درصد باشد.
آزمون سختی سنجی	۱*	آزمون سختی باید بین ۱۶ تا ۲۴ HRC باشد.
آزمون ضربه	جدول ۹ استاندارد BS EN ISO 683-1:2018	انرژی ضربه باید حداقل ۱۵ ژول باشد.
آزمون متالوگرافی و بررسی ریزساختار (جهت بررسی فرآیند تولید فورج)	BS EN ISO 683-1:2018	ساختار فریت و پرلیت دانه ریز یا مارتنزیت تمپر شده

* از آنجایی که سختی فولاد خام HRC ۱۴,۵ است و دستک فولادی تحت عملیات forging و عملیات حرارتی قرار می‌گیرد، همچنین مطابق با آزمون‌های انجام شده بر روی دستک فولادی ساخت شرکت NGK سختی برابر HRC ۲۰ است، لذا بازه ۱۶ تا ۲۴ HRC برای سختی در نظر گرفته شده است.



ج) کلاhek چدنی (کپ) کلیه مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای با چدن EN-GJS-500-7 بر اساس استاندارد BS EN 1563:2018 تولید گردد و آزمون تکمیلی نمونه‌ای (قبل از تحویل‌گیری و نصب مقره) و معیار پذیرش کلاhek چدنی (کپ) مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای با چدن EN-GJS-500-7 بر اساس استاندارد BS EN 1563:2018 مطابق جدول ۹ انجام گردد:

جدول ۹) آزمون تکمیلی نمونه‌ای (قبل از نصب مقره) و معیار پذیرش کلاhek چدنی (کپ) مقره‌های

سرامیکی و شیشه‌ای با چدن EN-GJS-500-7 بر اساس استاندارد BS EN 1563:2018

عنوان آزمون	استاندارد پذیرشی متریک	معیار پذیرش آزمون
آنالیز شیمیایی چدن به روش کوانتومتری	BS EN 1563:2018	EN-GJS-500-7
آزمون سختی	جدول ۱ استاندارد BS EN 1563:2018	آزمون سختی باید بین ۱۷۰ تا ۲۳۰ HBW باشد.
آزمون متالوگرافی و بررسی ریزساختار (جهت بررسی نوع گرافیت‌ها و ریزساختار زمینه)	ASTM A247-10 ISO 945-1	چدن داکتیل با گرافیت کروی و زمینه فریتی پرلیتی

د) بشقاب و متعلقات مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای:

۱. در مقره‌های سرامیکی، سیمان مورد استفاده برای اتصال کپ و پین به سرامیک از نوع پرتلند تیپ ۲ از برند معتبر باشد (از سیمان فله به هیچ وجه استفاده نگردد).

جدول ۱۰) مشخصات سیمان پرتلند تیپ ۲ استفاده شده برای مقره‌های سرامیکی

محدودیت ترکیبات	محدوده متداول	ترکیبات
>۲۰	—	SiO ₂
<۶	—	Al ₂ O ₃
<۶	—	Fe ₂ O ₃
—	—	CaO
<۵	—	MgO
<۳	—	SO ₃
—	—	K ₂ O
—	—	Na ₂ O



۲. در مقره‌های شیشه‌ای، سیمان مورد استفاده برای اتصال کپ و پین به شیشه از نوع فوندو با مشخصات بیان شده در زیر باشد.

جدول (۱۱) مشخصات سیمان فوندو استفاده شده برای مقره‌های شیشه‌ای

ترکیبات		محدوده متداول	محدودیت ترکیبات
ترکیبات عمده	Al_2O_3	۳۷,۵-۴۱	>37
	CaO	۳۵,۵-۳۹	<41
	SiO_2	۳,۵-۵,۵	<6
	Fe_2O_3	۱۳-۱۷,۵	$<18,5$
	MgO	-	$<1,5$
	TiO_2	-	<4
دیگر ترکیبات	S (as sulphide ions)	-	$\leq 0,1$
	Cl (as chloride ions)	-	$\leq 0,1$
	$Na_2O+0.659 K_2O$	-	$\leq 0,4$
	SO_3	-	$\leq 0,5$

۳. در مناطق دارای خوردگی بالا، از پوشش عایقی به ضخامت حداقل ۲۰۰ میکرون بر روی سیمان مقره‌های سرامیکی و ضخامت حداقل ۴۰ میکرون بر روی سیمان مقره‌های شیشه‌ای جهت جلوگیری از تخریب و ترک سیمان استفاده گردد.

۴. در مناطق دارای آلودگی زیاد و با درخواست کارفرما، از پوشش زینک (Zinc Sleeve) در محل اتصال دستک فولادی به سیمان مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای استفاده گردد.

۵. جهت همگن بودن اختلاط مواد بشقاب‌ها، اختلاف ماکزیمم و مینیمم درصد وزنی اختلاط مواد عمده بشقاب مقره‌های سرامیکی (شامل Al_2O_3 ، SiO_2 و Na_2O+K_2O) و شیشه‌ای (شامل SiO_2 ، Na_2CO_3 و $CaMg(CO_3)_2$) در یک محموله نبایستی بیشتر از ۱۰ درصد باشد.

به عنوان مثال بررسی میزان Al_2O_3 مقره‌های سرامیکی در پنج نمونه به صورت زیر گزارش شده است:

نمونه ۱	نمونه ۲	نمونه ۳	نمونه ۴	نمونه ۵	
۲۳	۳۵	۲۰	۲۵	۲۸	میزان Al_2O_3

اختلاف ماکزیمم و مینیمم میزان Al_2O_3 برابر ۱۵ درصد می‌باشد که مورد پذیرش نیست.



ه) آزمون‌های (الف تا د) جهت تکمیل آزمون‌های نمونه‌ای متداول مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای مطابق با استاندارد IEC 60383-1 می‌باشد که در زمان تحویل‌گیری مقره به عنوان آزمون-های تکمیلی نمونه‌ای (sample test) انجام گردد. همچنین نمونه‌برداری مطابق با استاندارد IEC 60383-1 اقدام گردد.

و) کلیه آزمون‌های (الف تا د) با هماهنگی آزمایشگاه پژوهشگاه نیرو و در محل آزمایشگاه شرکت گام اراک (دارای گواهی ۱۷۰۲۵ از سازمان ملی استاندارد) قابل انجام است.



تهیه کنندگان سند:

نام و نام خانوادگی	سمت
مجتبی علیرضاپور	مدیرکل دفتر فنی و نظارت شبکه انتقال
ایمان احمدی جنیدی	رئیس گروه نظارت بر خطوط
اسمعیل همتی	کارشناس نظارت بر شبکه برق
میثم حسینی	کارشناس دستیار ستادی گروه نظارت بر خطوط



کنترل سند:

۱- صدور سند

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

۲- دریافت سند و کنترل‌های لازم

نام سازمان: تاریخ دریافت سند:	مهر و امضاء دفتر (دریافت کننده)
☐ سند از نظر شکلی (تعداد اوراق، خوانایی و ...) کامل است. ☐ سند در فرم‌های مربوطه ثبت گردید. ☐ اسناد منسوخ و یا بی اعتبار مرتبط ابطال گردید. نام و نام خانوادگی کنترل کننده: سمت:	

۳- بهره‌برداری

نام واحد سازمانی:	مهر واحد دریافت کننده (استفاده کننده)
☐ دریافت سند ☐ خاتمه دوره اجرا تاریخ: تاریخ: نام و نام خانوادگی دریافت کننده: سمت:	

۴- ابطال سند

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

اسامی اعضای کارگروه تهیه کننده دستورالعمل:



شرکت توانیر
معاونت انتقال و تجارت خارجی - دفتر فنی و نظارت شبکه انتقال
دستورالعمل آزمون مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای با نانو پوشش

کد: ۱۰۱۶/۰۱۶/۱۴۰۱ - T/L

تاریخ تجدید نظر: ۱۴۰۱/۰۷/۱۹

ردیف	نام و نام خانوادگی	سازمان متبوع
۱	مجتبی علیرضاپور، ایمان احمدی جنیدی، اسمعیل همتی و میثم حسنی	توانیر
۲	یاشار نیکزاد	شرکت برق منطقه ای آذربایجان
۳	علی بیرانوند	شرکت برق منطقه ای باختر
۴	رضا حسنی	شرکت برق منطقه ای غرب
۵	سید طاهر همتی	شرکت برق منطقه ای زنجان
۶	حمید مهدوی نیک و حمیدرضا مهدیان	شرکت برق منطقه ای خراسان
۷	سعید شاهرضایی	شرکت برق منطقه ای تهران
۸	داود محمدی، بهنام علم دوست، علی مهدیخانی و حسام فلاح آرانی	پژوهشگاه نیرو
۹	محمد رضا قاسمی	شرکت مهندسی برق و انرژی لیان مهرگان صنعت
۱۰	زیبا فاخری و حامد حسین نژاد	شرکت مشانیر
۱۱	مرتضی آماده، حسین بلندی، مریم عباسی نژاد و علیرضا رضایی	شرکت منیران
۱۲	سید عبدالکریم سجادی	شرکت فن آوران پویا پاک رضوان