



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

Institute of Standards and Industrial Research of Iran



استاندارد ملی ایران

۱۴۱۱۷

چاپ اول

**ISIRI**

14117

1st. Edition

مدول فتوولتاییک - تعیین مقاومت  
مدول های فتوولتاییک در برابر تگرگ به  
وسیله اصابت گلوله های یخی پرتاب شونده

**Photovoltaic modules- Determining  
Resistance of Photovoltaic Modules to Hail  
by Impact with Propelled Ice Balls**

ICS:27.160

أ

## نام خدا

### آشنایی با مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی 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 حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان مؤسسه\* صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود 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، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود 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 می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذیصلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شود که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که مؤسسه استاندارد تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup> کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفتهای علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بینالمللی بهره گیری می شود.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و / یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. مؤسسه می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمانها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، مؤسسه استاندارد این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آنها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این مؤسسه است.

\* مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

- 1- International organization for Standardization
- 2 - International Electro technical Commission
- 3- International Organization for Legal Metrology (Organization International de Metrology Legal)
- 4 - Contact point
- 5 - Codex Alimentarius Commission

## کمیسیون فنی تدوین استاندارد

« مدول فتوولتاییک - تعیین مقاومت مدول های فتوولتاییک در برابر تگرگ به وسیله اصابت گلوله های یخی پرتاب شونده »

### رئیس:

پویان، محمدرضا  
(کارشناس ارشد مخابرات)

### سمت و/یا نمایندگی

عضو هیات مدیره شرکت ساختمانی تاسیساتی بیرجند  
آرک

### دبیران:

اکبری، مریم  
(لیسانس مهندسی برق مخابرات)

ناظر کیفی کارخانه پانل های خورشیدی آریا سولار

کارشناس اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی خراسان  
جنوبی

بذری، مصطفی  
(لیسانس مهندسی صنایع)

### اعضا: ( اسامی به ترتیب حروف الفبا)

احمدی بروغنی، سید یوسف  
(دکترای مکانیک)

عضو هیات علمی دانشگاه بیرجند

اکبری، براتعلی  
(فوق دیپلم مهندسی برق)

عضو هیات مدیره شرکت ساختمانی تاسیساتی بیرجند  
آرک

حسین آبادی، بهروز  
(لیسانس مهندسی برق)

عضو هیات علمی دانشگاه آزاد واحد بیرجند

دیانی، مهدی  
(لیسانس مهندسی برق)

سرپرست آزمایشگاه شرکت کویر تایر بیرجند

سعادت، علی  
(کارشناس ارشد مهندسی برق)

مدیر کل استاندارد و تحقیقات صنعتی خراسان جنوبی

عضو هیات علمی دانشگاه ملی بیرجند

فرهادی، مهدی  
(کارشناس ارشد مهندسی برق)

عضوهیات علمی دانشگاه پیام نور واحد بیرجند

قاضی زاده، علی  
(کارشناس ارشد مهندسی شیمی)

عضو هیات علمی دانشگاه شهید باهنر کرمان

مرتضی پور، حمید  
(دکترای مکانیک ماشین آلات کشاورزی)

کارشناس ارشد تحقیقات شرکت توزیع برق خراسان  
جنوبی

وحیدی، تقی  
(لیسانس مهندسی برق)

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با مؤسسه استاندارد
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
و	پیش گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف
۲	۴ اهمیت استفاده
۴	۵ ابزار
۵	۶ خطرات
۵	۷ روش
۸	۸ گزارش
۸	۹ توصیف و پیش داوری
۹	۱۰ گزارش

## پیش گفتار

استاندارد "مدول فتوولتاییک - تعیین مقاومت مدول های فتوولتاییک در برابر تگرگ به وسیله اصابت گلوله های یخی پرتاب شونده" که پیش نویس آن در کمیسیون های مربوط توسط مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران تهیه و تدوین شده و در ششصد و چهل و ششمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مکانیک و فلزشناسی مورخ ۸۹/۱۲/۲۲ مورد تصویب قرار گرفته است .

اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می شود.

برای حفظ و هماهنگی با تحولات و پیشرفت های ملی و جهانی در زمینه صنایع ، علوم و خدمات، استاندارد های ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارایه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت . بنابراین، باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

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

ASTM E1038:2009, Standard Test Method for Determining Resistance of Photovoltaic Modules to Hail by Impact with Propelled Ice Ball

## مدول فتوولتاییک - تعیین مقاومت مدول های فتوولتاییک در برابر تگرگ به وسیله اصابت گلوله های یخی پرتاب شونده

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روشی برای اندازه گیری قدرت مدول های فتوولتاییک برای مقاومت آنها در برابر نیروهای ضربه دانه های تگرگ می باشد. از گلوله های یخی پرتاب شونده برای شبیه سازی بارش دانه های تگرگ استفاده می شود .

این روش آزمون، نمونه ها و روش های آزمون را برای سوار کردن نمونه ها تعیین کرده، مکان های اصابت بر روی هر نمونه آزمون را مشخص ساخته، معادله ای برای تعیین سرعت هر اندازه ی گلوله ی یخی ارائه نموده، روشی برای مورد اصابت قراردادن نمونه های آزمون با گلوله های یخی تعیین کرده، روشی برای تعیین تغییرات عملکرد الکتریکی ارائه کرده و پارامتر هایی را که باید ثبت و گزارش شوند مشخص می کند. این روش آزمون ، معیاری را برای قبول یا مردود شدن اعلام نمی کند. تعیین معیار قابل قبول یا غیر قابل قبول بودن مقاومت در مقابل اصابت گلوله یخی، از هدف این روش آزمون فراتر است. اندازه ی گلوله ی یخی که باید در انجام این آزمون مورد استفاده قرار گیرد، مشخص نشده است. این روش آزمون می تواند با گلوله های یخی در اندازه های مختلف مورد استفاده قرار گیرد. این روش آزمون می تواند برای مدول های متمرکز کننده و غیر متمرکز کننده بکار رود .

این استاندارد، در خصوص مطرح کردن تمام مسائل ایمنی که ممکن است در ارتباط با استفاده اش وجود داشته باشد ادعائی ندارد. این مسئولیت کاربر این استاندارد است که عملیات لازم برای ایمنی و سلامت را فراهم آورده و عملی بودن محدودیتهای نظارتی را قبل از استفاده مشخص نماید. بخصوص برای قوانین پیشگیرانه به بند ۱.۵، بند ۶، یادآوری ۸ و یادآوری ۹ رجوع شود.

### ۱ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آنها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می شود. در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه ها و تجدید نظر های بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آنها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه های بعدی آن ها مورد نظر است. استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

2-1 ASTM E 772 : Terminology Relating to Solar Energy Conversion

- 2-2 ASTM E 822 : Practice for Determining Resistance of Solar Collector Covers to Hail by Impact with Propelled Ice Balls
- 2-3 ASTM E 1036 : Test Methods for Electrical Performance of Nonconcentrator Terrestrial Photovoltaic Modules and Arrays Using Reference Cells
- 2-4 ASTM E 1328 : Terminology Relating to Photovoltaic Solar Energy Conversion
- 2-5 ASTM E 1462 : Test Methods for Insulation Integrity and Ground Path Continuity of Photovoltaic Modules

### ۳ اصطلاحات و تعاریف و نمادها

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف به کار رفته در استاندارد ASTM E 772 و ASTM E 1328 به کار می رود.

۱.۱ نمادها - نماد های زیر در این روش آزمون مورد استفاده قرار می گیرند.

$m$ : جرم گوی یخی،  $g$ ,

$d$ : قطر گوی یخی،  $mm$ ,

$r$ : شعاع گوی یخی،  $mm$ ,

$V_t$ : سرعت نهایی گلوله یخی،  $ms^{-1}$ ,

$V_w$ : سرعت باد،  $ms^{-1}$ ,

$V_r$ : سرعت برآیند گلوله یخی،  $ms^{-1}$ ,

### ۴ اهمیت و استفاده

۴-۱ در بسیاری از مناطق جغرافیایی، در مورد تاثیر بارش تگرگ بر روی مدول های فتوولتاییک نگرانی وجود دارد. این روش آزمون ممکن است برای تعیین توانائی مدول های فتوولتاییک جهت تحمل نیروهای اصابت دانه های تگرگ استفاده شود. در این روش آزمون، توانایی مدول فتوولتاییک برای تحمل اصابت تگرگ را به توانایی آزمایش شده اش برای تحمل اصابت گلوله های یخی مرتبط می سازد. اثرات برخورد ممکن است باعث کاهش خواص الکتریکی یا فیزیکی مدول گردد.

۴-۲ این روش آزمون، رویه استاندارد را برای قرار دادن نمونه آزمون، انجام آزمون اصابت و گزارش آثار را تشریح می کند.

۴-۲-۱ برای سوار کردن نمونه های آزمون، روش هایی ارائه می شوند تا اطمینان دهند که مدول ها در ترکیبی آزمون می شوند که به استفاده از آنها در یک آرایش فتوولتاییک مربوط می شود.



۲-۲-۴ تعداد ۶ یا بیشتر محل برخورد انتخاب می شوند تا مکان های آسیب پذیر بر روی مدول ها را ارائه کنند و مکان های کلی در جدول ۱ لیست شده اند. (پیوست الف) در هر محل برخورد ، فقط یک تک اصابت مشخص می شود .

سرعت برآیند برای شبیه سازی سرعتی بکار می رود که ممکن است با تگرگ توام با باد، همراه باشد. سرعت برآیند بکار رفته در این روش آزمون ، با افزودن بردار سرعت افقی به سرعت ترمینال عمودی تعیین می شود.

جدول ۱ - مکان های دلخواه و سفارش شده برای نقاط اصابت گلوله

شماره محل	توصیف
۱	مرکز سلول ها
۲	لبه های سلول ها به ویژه نزدیک اتصالات الکتریکی
۳	نقاط مینی مم فاصله گذاری شده بین سلول ها
۴	نقاط ماکسیمم فاصله از نقاط تکیه گاه در ۶
۵	گوشه ها و لبه های مدول
۶	نقاط تکیه گاه برای هر ماده ی ساپرستیت
۷	پشت مدول ، اگر بدون حفاظ باشد
۸	ترمینال های الکتریکی و اتصالات
۹	مرکز عدسی ها تقریبا ۵۰mm از نقطه امن عدسی

۳-۲-۴ در این روش آزمون برای شبیه سازی دانه های تگرگ از گلوله های یخی استفاده شد. دانه های تگرگ در ویژگی هایی همچون شکل، دانسیته (چگالی)، و شکنندگی دارای تغییراتی (گونگون) هستند (برای خصوصیات شکست مرجع (۱۰) بخصوص E822 را ببینید). این ویژگی ها بر روی عواملی همچون مدت و مقدار نیروی ضربه ای که بر روی مدول عمل می کند و سطحی که ضربه توزیع می شود مؤثر می باشد.

۴-۲-۴ در حال حاضر گلوله های یخی (با دانسیته (چگالی)، شکنندگی و سرعت نهایی نزدیک به دانه های تگرگ) نزدیک ترین تقریب به دانه تگرگ شناخته شده است. گلوله های یخی عموماً سخت تر و متراکم تر از دانه های تگرگ هستند؛ بنابراین گلوله یخی، بدترین حالت دانه ی تگرگ را شبیه سازی می کند. شاید تفاوت عمده بین گلوله های یخی و دانه های تگرگ، آن باشد که دانه های تگرگ گوناگونی بیشتری نسبت به گلوله های یخی دارند. گلوله های یخی می توانند بصورت یکنواخت و مکرر ساخته شوند تا از پرتابه ای با خصوصیات معلوم مطمئن باشند.

۴-۳ داده های ایجاد شده با این روش آزمون ، ممکن است برای موارد زیر استفاده شوند :

الف- ارزیابی مقاومت برخورد یک مدول

ب- مقایسه مقاومت برخورد مدول های مختلف

پ- ارائه ی یک مبنای مشترک برای انتخاب مدول ها جهت استفاده در مناطق جغرافیایی مختلف ، یا

ث- ارزیابی تغییر در مقاومت به اصابت مدول ها بدلیل عوامل محیطی دیگری همچون فرسایش در

مقابل هوا

۴-۳-۱ این روش آزمون مستلزم آنالیز اثرات قابل مشاهده، و همچنین اندازه گیری های الکتریکی است.

عموماً اثرات بصری از اندازه گیری های الکتریکی حساس تر هستند: بنابراین مقدار مطلق برای ولتاژ و

جریان بحرانی نیستند، اما شرایط قابلیت تکرار برای قبل و بعد از آزمون ها، جهت تعیین تغییرات

الکتریکی لازم است.

۴-۳-۲ ممکن است گستره ی از اثرات قابل مشاهده، با ضربه زدن به انواع مختلف مدول های فتوولتاییک

تولید شود. اثرات فیزیکی بر روی مدول ها ، ممکن است از بدون تاثیر بودن تا نفوذ به بوسیله گلوله یخی

تغییر کند. ممکن است تغییراتی فیزیکی در مدول دیده شود درحالیکه هیچ کاهش خواص الکتریکی واضحی

در مدول وجود نداشته باشد.

۴-۳-۳ تغییرات الکتریکی ممکن است از بدون تاثیر تا بدون خروجی تغییر کنند. تمام اثرات تصادم ها

بایستی در گزارش توصیف شوند، به طوری که بتوان تخمینی از اهمیتشان ارائه کرد.

۴-۴ این روش آزمون اندازه یا سرعت گلوله های یخی یا تعداد حداکثر برخوردهایی که باید در انجام آزمون

به کار آیند را مشخص نمی کند . تعیین این ها بر مبنای فرکانس و شدت بارش تگرگ مورد انتظار و هدف

آزمون است.

۴-۴-۱ در صورتیکه آزمون برای ارزیابی مقاومت به اصابت یک یا چندین مدول انجام می شود، بهتر است

آزمون با استفاده از چندین اندازه و سرعت مختلف گلوله های یخی تکرار شود. در این شیوه، تاثیرهای

مختلف اندازه ها و سرعت های گوناگون گلوله های یخی را می توان تعیین نمود. هرچند هیچ نقطه ای نباید بیش از یکبار مورد اصابت قرار گیرد (به بند ۱۰-۷ مراجعه کنید).

۴-۴-۲ اندازه و فراوانی تگرگ در مناطق جغرافیایی مختلف به طور قابل ملاحظه ای تفاوت دارند. در صورتی که آزمون برای ارزیابی مدول هائی انجام می شود که قرار است در منطقه جغرافیائی خاصی بکار گرفته شوند، اندازه گلوله یخی باید منطبق بر سطح مورد نیاز مقاومت به اصابت تگرگ برای آن منطقه باشد. اطلاعات در خصوص اندازه و فراوانی تگرگ را می توان در ضمیمه الف تمرین استاندارد **Astm E822** و پاورقی های ۳ و ۴ این روش آزمون پیدا کرد، یا ممکن است از طریق تاریخچه هواشناسی محلی در دسترس قرار گیرد.

۴-۴-۳ زمانی که مدول هائی آزمایش می شوند که طراحی آنها به گونه ای است که هنگام طوفان تگرگ در یک موقعیت نزدیک به هم (فشرده) قرار می گیرند، بر طبق آن محل های اصابت اضافی باید انتخاب شوند.

۴-۵ مقاومت برخورد تگرگ مدول ها، هنگامی که مواد در معرض عوامل محیطی مختلف قرار داده می شوند، ممکن است تغییر کند. از این روش آزمون می توان برای برآورد میزان تنزل با مقایسه داده های مقاومت اصابت تگرگ که قبل از قرار گرفتن در معرض چنین عوامل محیطی اندازه گیری شده و پس از آن استفاده کرد.

## ۵ ابزار

۵-۱ پرتاب گر ، دارای قابلیت پرتاب یک گلوله ی یخی انتخاب شده با سرعت مشخص در چارچوب  $\pm 5\%$  دقت هدف پرتابگر ، بایستی برای گلوله ی یخی کافی باشد تا به سطح برخورد مشخص شده ، برخورد کند ، یا آنکه سطح اطراف بایستی برای حفاظت از برخورد های غیر عمدی با نقاب پوشیده شود .

یادآوری - پرتاب گرهایی که مناسب بودن آنها برای این کار اثبات شده است ، باید از یک منبع هوای متراکم ، یک مخزن اکومولاتور ، یک دریچه با قطر زیاد (سوپاپ) که قابلیت باز شدن سریع را دارد ، و مجرای قابل تغییر برای تهیه ی اندازه های مختلف گلوله های یخی تشکیل شده باشد .

پرتابگر دیگری که استفاده شده است ، یک تیر و کمان نصب شده بر روی میز است ، با یک تکیه گاه تنظیم شدنی .

۵-۲ سرعت سنج ، برای اندازه گیری سرعت گلوله ی یخی با دقت  $\pm 2\%$

۵-۳ مبنای آزمون - یک پایه محکم برای نگهداری مدول آزمون به مدلی که کاربرد های سوارسازی عملی را شبیه سازی کند .

۴-۵ قالب ها ، برای قالب ریزی گلوله های یخی کروی با قطر مناسب  
یادآوری - قالب های ساخته شده از لاستیک سیلیکون یا پلی استایرن<sup>۱</sup> منبسط شده ، مناسب دیده شده اند

- ۵-۵ فریزر - برای تولید گلوله های یخی در قالب ها ، کنترل شده در  $5 \pm 10^{\circ}\text{C}$  -  
۶-۵ ظرف ذخیره سازی - یک قفسه ی یخی یا ترکیبی از آب یا نمک یخی و کیسه ای برای گلوله های  
یخی قابل نگهداری دمای  $2^{\circ}\text{C} \pm 4$  -  
۷-۵ ترازو برای تعیین جرم گلوله یخی با دقت  $1\% \pm$   
۸-۵ اندازه گیری های حلقوی یا هم ارز برای تعیین اندازه ی گلوله ی یخی

## ۶ خطرات

عملیات تجهیزات توصیف شده در بند ۵ ، ممکن است پرسنل را در معرض خطر آسیب حاصل از گلوله های  
یخی پرتاب شده یا برگشت داده شده ، اجزای نمونه های آزمایشی خرد شده ، سرو صدایی که ممکن است  
ایجاد گردد ، قرار دهد . حفاظت چشم و گوش ، حداقل حفاظت برای متصدی منظور میشود .

## ۷ روش اجرایی

۷-۱ اندازه گلوله یخی را که بایستی در آزمایش استفاده شود ، تعیین کنید .  
یادآوری - اندازه ی گلوله یخی ، با افزایش های  $10\text{mm}$  به وسیله سنسور آزمون یا راهنمای آزمون مشخص  
خواهد شد .

d, mm	m, g
15	1.60
25	7.50
35	20.6
45	43.9
55	80.1
65	132.2
75	203.0
85	296.0

$$m = 0.00385 r^3$$

۲-۷ با استفاده از قالب های یخی ، مقادیر کافی گلوله های یخی با اندازه های تجویز شده را بسازید . از لحاظ ترک ها ، اندازه و وزن بررسی کنید . یک گلوله قابل قبول ، معیارهای زیر را تامین خواهد کرد :

۱-۲-۷ ترک ها - هیچ ترک مرئی با چشم غیر مسلح

۲-۲-۷ اندازه - حدود  $\pm 5\%$  از قطر دایره مشخص شده ، و

۳-۲-۷ جرم - حدود  $\pm 5\%$  ارزش عددی لیست شده

۳-۷ محاسبه سرعت برآیند مطابق با قطر گلوله یخی و سرعت باد انتخابی . سرعت برآیند با کمک معادله ی زیر تعیین خواهد شد :

$$V_r = \sqrt{V_t^2 + V_w^2} \quad (1)$$

$$V_t = 4.44 \sqrt{d} \quad (2)$$

۱-۳-۷ سرعت باد از جدول زیر به کمک اسپانسر یا هدایت کننده آزمون انتخاب می شود .

m.s<sup>-1</sup>

0

15

20

γ

یادآوری- ملاحظاتی برای سرعت های باد مناسب، ممکن است در یادآوری یافت شود .

۴-۷ آزمون های الکتریکی

۱-۴-۷ مطابق با معادله ی ۷-۱ روش های آزمون E1462، یک آزمون نشت جریان عایق بر روی مدول آزمایش انجام دهید .

۲-۴-۷ اندازه گیری ولتاژ مدار باز و جریان مدار کوتاه مدول . به عنوان روشی قابل قبول در روش های E1036 ارائه می شود .

یادآوری- چون آسیب به یک مدول که در اثر برخورد گلوله ی یخی حاصل می شود معمولا فاجعه آمیز است ، فقط ضروری است تعیین شود که آیا  $V_{oc}$  و  $I_{sc}$  آزمون برخورد را زنده می کنند یا نه . در نتیجه ، یک اندازه گیری ساده  $V_{oc}$  و  $I_{sc}$  با استفاده از یک ولت سنچ و یک آمپرسنچ ضمن آنکه مدول روشن است ، مجاز است .

۵-۷

۶-۷ مستند ساختن ویژگی های بصری در مناطق برخورد که ممکن است به وسیله ی گلوله های یخی متاثر شده باشند .

۷-۷ نصب مدول آزمایش بر یک پائد مناسب برای شبیه سازی یک نصب عملی مدول . نقاط برخورد مشخص شده نبایستی با نصب تصبیت کننده ها ممانعت گردند .

۸-۷ دمای آزمون مدول باید ثابت باشد و دمای محیط بایستی  $10 \pm 20^{\circ}C$  باشد .

۹-۷ مدول را مستقر کنید تا تضمین کنید که مسیر گلوله یخی در هر زاویه ای باشد ، مثلا ، افقی یا عمودی، مادامیکه نیازمندی های آزمون تامین شود .

مدول را به گونه ای مستقر کنید تا مسیر گلوله یخی در لحظه برخورد با سطح مدول عمود بر آن (زاویه  $90 \pm 5$  درجه) باشد.

۱۰-۷ پرتابگر را در یک نقطه ی برخورد هدفی در نظر بگیرید که قبلا مورد اصابت قرار نگرفته است . هر نقطه فقط یکبار مورد اصابت قرار خواهد گرفت .

۱۱-۷ سرعت سنچ را طوری قرار دهید که سرعت گلوله ی یخی بین پرتابگر و نمونه ی آزمون اندازه گیری شود. در لحظه عبور از سرعت سنچ، فاصله گلوله ی یخی تا محل برخورد نباید بیشتر از ۱m (۳.۱ پا) باشد . سرعت سنچ را برای آزمون آماده کنید

یادآوری- آزمون کردن ابزار ممکن است با برخورد گلوله های یخی بر روی یک هدف شبیه سازی شده واقع در جلوی مدول انجام شود .

یادآوری- ممکن است در اطراف نقطه ی برخورد بمنظور حفاظت ، یک حفاظ گذاشته شود .

۱۲-۷ کنترل های پرتابگر را تنظیم کنید تا تضمین گردد که گلوله در همان سرعت تعیین شده در ۷-۳ به جلو کشانده خواهد شد.

۱۳-۷ برداشت یک گلوله ی یخی از ظرف ذخیره سازی

- ۷-۱۴ قرار دادن گلوله ی یخی در پرتابگر
- ۷-۱۵ پرتاب گلوله یخی .اندازه گیری و ثبت سرعت گلوله یخی .گلوله های یخی ،به نمونه ی آزمون ظرف ۶۰ ثانیه از برداشت از ظرف ذخیره سازی یادآوری- تجهیزات حفاظتی پرسنل ممکن است در طی این مرحله لازم باشند.
- ۷-۱۶ علامت گذاری محل برخورد گلوله
- ۷-۱۷ ثبت تمام اثرات بصری اصابت
- ۷-۱۸ تکرار مراحل ۷-۸ تا ۷-۱۶، تا یکی از وقایع زیر روی دهد .
- ۷-۱۸-۱ تمام نقاط هدف انتخابی مورد اصابت قرار گرفته باشند ، یا
- ۷-۱۸-۲ آسیب شدید مدول اتفاق بیافتد .
- ۷-۱۹ در تکمیل آزمون ،آزمون های الکتریکی را در بند ۷-۴ تکرار کنید .

## ۸ گزارش

- ۸-۱ گزارش شامل حداقل،اطلاعات زیر خواهد بود :
- ۸-۱-۱ تولیدکننده مدول و نوع آن
- ۸-۱-۲ توصیف مدولی که شامل موارد زیر است :
- ۸-۱-۲-۱ ابعاد بزرگ
- ۸-۱-۲-۲ ماده ی سوبسترا وضخامت
- ۸-۱-۲-۳ ماده سوپراسترا وضخامت ، و
- ۸-۱-۲-۴ ماده سلول
- ۸-۱-۳ ترسیم خط یا فتوگراف مدول با محل های برخورد علامت گذاری شده
- ۸-۱-۴ ترسیم یک خط یا تصویری از نصب مدول
- ۸-۱-۵ توصیف تجرید فیزیکی ،اگر باشد ،
- ۸-۱-۶ تغییرات بین نتایج قبل و پس از آزمایش الکتریکی ، اگر باشد ،
- ۸-۱-۷ اندازه جرم و سرعت گوی های یخی به کار رفته
- ۸-۱-۸ دمای مدول در طی برخوردها
- ۸-۱-۹ توصیف مختصری از ابزار به کاربرده شده برای به پرتاب گلوله های یخی و ابزار به کار رفته برای اندازه گیری سرعتش و
- ۸-۱-۱۰ هرگونه انحرافی از این روش آزمون .

## ۹ دقت و انحراف

با آزمون برخورد گلوله ی یخی توصیف شده در این روش آزمون ،نتایج عددی که مورد نظر روش های آزمون ASTM برای ارزیابی درستی وانحراف روش آزمون است،حاصل نمی شود.اما دقت و پیش داوری اندازه گیری های عملکردالکتریکی،وقتی که طبق روش های استاندارد E1036، انجام نشود، موضوع تمهیدات سند هستند.