



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۴۱۵-۸

چاپ اول

اردیبهشت ۱۳۹۲

INSO

14115-8

1st. Edition

Apr.2013

افزارهای فتوولتائیک –
قسمت ۸: اندازه‌گیری پاسخ طیفی افزار
فتوولتائیک (PV)

Photovoltaic devices –
Part 8:
Measurement of spectral response of a
photovoltaic (PV) device

ICS: 27.160

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد 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.

نام مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۰۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران 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 منصفانه‌ی صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیر دولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادات در کمیته‌ی ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به‌عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته‌ی ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به‌عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته‌ی ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد 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 به‌عنوان 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 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. سازمان می‌تواند به‌منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استانداردهای کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه‌ی مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را براساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهی‌نامه‌ی تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، کالیبراسیون (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 of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«افزارهای فتوولتائیک -

قسمت ۸: اندازه‌گیری پاسخ طیفی افزار فتوولتائیک (PV)»

رئیس:

عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی - واحد نراق

شریعتمدار، سید محمد
(دکترای مهندسی برق، قدرت)

دبیر:

کارشناس مؤسسه ارتباط پژوهان البرز

عبدی، جواد
(دکترای مهندسی برق، کنترل)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

کارشناس قرارگاه خاتم الانبیاء

ابراهیم‌پور، سید مجید
(لیسانس مهندسی برق الکترونیک)

کارشناس شرکت کیاتل (سهامی خاص)

جزواحدی، محمدرضا
(لیسانس مهندسی برق، کنترل)

مسئول آزمایشگاه مرجع مخابرات پژوهشگاه نیرو (سهامی عام)

حافظ عقیلی، حمیدرضا
(فوق لیسانس مهندسی برق، مخابرات-سیستم)

شرکت مشاوران راه انرژی دنیا (سهامی خاص)

حقدادی، نوید
(فوق لیسانس مهندسی برق، قدرت)

مدیر پروژه‌های مخابراتی شرکت بهین ارتباط مهر (سهامی خاص)

عابدی، سعید
(لیسانس مهندسی برق، مخابرات)

عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی - واحد کرج

عرفانی، علی
(فوق لیسانس مهندسی برق، مهندسی پزشکی)

کارشناس پژوهشکده برق پژوهشگاه نیرو (سهامی عام)

کمانکش، سیما
(فوق لیسانس مهندسی برق، قدرت)

فامیل خلیلی، اعظم

(فوق لیسانس مهندسی کامپیوتر، فناوری اطلاعات)

کارشناس مؤسسه ارتباط پژوهان البرز

مسرور تهرانی، حسین

(فوق لیسانس مهندسی برق، قدرت)

کارشناس ارشد تحقیق، شرکت برق منطقه‌ای استان تهران

مظفری، بهروز

(فوق لیسانس مکترونیک)

مدیر تحقیق و توسعه شرکت نیمه هادی عماد (سهامی خاص)

یوسفزاده فعال دقتی، بهاره

(لیسانس مهندسی برق، الکترونیک)

کارشناس سازمان ملی استاندارد ایران

فهرست مندرجات

| صفحه | عنوان |
|------|--|
| ب | آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران |
| ج | کمیسیون فنی تدوین استاندارد |
| و | پیش‌گفتار |
| ۱ | هدف و دامنه کاربرد ۱ |
| ۱ | مراجع الزامی ۲ |
| ۱ | الزامات خاص برای افزارهای با لایه نازک ۳ |
| ۲ | اندازه‌گیری پاسخ طیفی نسبی ۴ |

پیش‌گفتار

استاندارد "افزارهای فتوولتائیک - قسمت ۸: اندازه‌گیری پاسخ طیفی افزار فتوولتائیک (PV)"، که توسط کمیسیون‌های مربوط تهیه و تدوین شده و در ششصد و پنجاه و پنجمین اجلاس کمیته ملی استاندارد برق و الکترونیک مورخ ۱۳۹۱/۱۲/۰۶ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات سازمان ملی استاندارد ایران مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ بعنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر گونه پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، در هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین برای مراجعه به استانداردهای ایران باید همواره از آخرین تجدید نظر آنها استفاده گردد. در تهیه و تدوین این استاندارد سعی شده است که ضمن توجه به شرایط موجود و نیازهای جامعه، در حد امکان بین این استاندارد و استاندارد ملی کشورهای صنعتی و پیشرفته هماهنگی ایجاد شود. منبع و مأخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

IEC 60904-8: 1998, Photovoltaic devices - Part 8: Measurement of spectral response of a photovoltaic (PV) device

افزارهای فتوولتائیک -

قسمت ۸: اندازه‌گیری پاسخ طیفی افزار فتوولتائیک (PV)

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ارائه راهنمایی برای اندازه‌گیری پاسخ طیفی نسبی هر دو افزار فتوولتائیک خطی و غیرخطی می‌باشد. این استاندارد، تنها برای افزارهای تک‌پیوندی کاربرد دارد.

۲ 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 محسوب می‌شود. در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدید نظرهای 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 تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است. استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

- 2-1 IEC 60904-1:1987, Photovoltaic devices – Part 1: Measurement of photovoltaic current-voltage characteristics
- 2-3 IEC 60904-3:1989, Photovoltaic devices – Part 3: Measurement principles for terrestrial photovoltaic (PV) solar devices with reference spectral irradiance data
- 2-4 IEC 61646: 1996¹, Thin-film terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval

۳ الزامات خاص برای افزارهای با لایه نازک

۱-۳ ارزیابی اولیه پایداری

قبل از اندازه‌گیری پاسخ طیفی افزارهای با لایه نازک، افزار تحت آزمون باید (در صورت لزوم) به شرایط پایداری برسد، همان‌گونه که در رویه آزمون اشباع نوری^۲ مشخص شده است (به استاندارد بین‌المللی IEC 61646 مراجعه شود).

۲-۳ اندازه‌گیری تحت نور بایاس سفید

اندازه‌گیری پاسخ طیفی باید تحت نور بایاس سفید، مشابه توزیع طیفی نسبی AM 1.5، در چنان سطحی انجام شود که پاسخ طیفی هنگام کاهش حدود ۵۰٪ سطح بایاس، زیاد تغییر نکند.

۱- استاندارد ملی ایران-آی اس سی شماره ۶۱۶۴۶: ۱۳۹۰، مدول‌های فتوولتائیک (PV) زمینی غشای نازک - صلاحیت طرح و تأیید نوع. مرجع این استاندارد ملی ایران، استاندارد بین‌المللی IEC 61646: 2008 است.

2- Light soaking test procedure

۳-۳ اثر ولتاژ

به دلیل اثر ولتاژ، تعریف اصطلاحات زیر ضروری می باشد:

- پاسخ طیفی تحت بار ($S_{V\lambda}$): چگالی جریان در یک ولتاژ بار ویژه ای که با تابش واحد در یک طول موج خاص ($A.W^{-1}$) ایجاد می شود و به صورت تابعی از طول موج رسم می شود؛
- پاسخ طیفی نسبی تحت بار ($K_1.S_{V\lambda}$): پاسخ طیفی تحت بار نرمال شده جهت یکپارچگی در طول موج بیشینه پاسخ می باشد:

$$K_1.S_{V\lambda} = \frac{S_{V\lambda}}{S_{V\lambda \max}} \quad (1)$$

برای افزارهای با لایه نازک، اندازه گیری پاسخ طیفی باید تحت ولتاژی انجام شود که برای استفاده مورد نظر داده های پاسخ طیفی مناسب باشد. حالت ولتاژ باید بنابراین با داده ها مشخص شود.

۴ اندازه گیری پاسخ طیفی نسبی

پاسخ طیفی نسبی یک افزار فتوولتائیک (PV) با تاباندن به آن به وسیله یک منبع نور با پهنای باند باریک در یک سری از طول موج های متفاوت که گستره پاسخ آن را پوشش می دهند، و اندازه گیری چگالی جریان اتصال کوتاه و تابش در هر یک از این طول موج ها، اندازه گیری می شود.

یادآوری - در این استاندارد، کلمات "نور" و "نور آفتاب" در مفهوم وسیع تر خود برای در برگرفتن طیف فرابنفش و مادون قرمز و نیز طیف مرئی مورد استفاده قرار می گیرند.

بهتر است منبع نور به طور یکنواخت به افزار بتابد و دمای افزار کنترل شود. سپس، چگالی های جریان بر تابش ها یا پارامتر تناسبی تقسیم شده و به صورت تابعی از طول موج رسم شود. متناوباً، تابش می تواند ثابت نگه داشته شود (برای مثال، با تغییر دادن طول شکاف خروجی تکفام ساز^۱) که در این حالت، پاسخ طیفی نسبی به طور مستقیم از مقادیر خوانده شده چگالی جریان به دست می آید. پایش گر تابش ممکن است یک ترموکوپل خلاء، رادیومتر پیروالکترونیک^۲ یا دیگر آشکارساز مناسبی باشد. جایگزین دیگر، یک افزار فتوولتائیک مرجع از قبل کالیبره شده است که پاسخ طیفی نسبی آن، گستره مورد نیاز را پوشش می دهد. در این حالت، پاسخ طیفی نسبی آزمون به صورت زیر محاسبه می شود:

$$K_2.S_{2\lambda} = K_1.S_{1\lambda} \frac{J_{mt\lambda}}{J_{mr\lambda}} \quad (2)$$

که در آن

| | |
|---|--------------------|
| پاسخ طیفی نسبی افزار فتوولتائیک مرجع در طول موج λ است؛ | $K_1.S_{1\lambda}$ |
| پاسخ طیفی نسبی آزمون در همان طول موج است؛ | $K_2.S_{2\lambda}$ |
| چگالی جریان اتصال کوتاه اندازه گیری شده افزار فتوولتائیک مرجع در طول موج λ است. | $J_{mr\lambda}$ |

1- Monochromator

2- Pyroelectric

چگالی جریان اتصال کوتاه اندازه‌گیری شده آزمون در همان طول موج است؛

در مونتاژ چیدمان آزمون و انجام اندازه‌گیری، باید به موارد زیر توجه خاص داشت:

- یکنواختی تابش در صفحه آزمون (تابش یکنواخت زمانی بسیار مهم است که افزارهای فتوولتائیک مرجع و آزمون دارای ابعاد متفاوتی باشند)؛

- بهتر است منحنی‌های انتقال صافی به‌طور دوره‌ای برای آشکار کردن هرگونه انتقال "هارمونیک" بررسی شوند؛

- بهتر است کالیبره کردن مقاومت بار و مقاومت کنتاکت بررسی شود؛

- خطی بودن پاسخ جریان اتصال کوتاه افزار در مقابل شدت نور در تمام سطوح روشنایی و تمام طول موج‌ها؛

- به‌منظور تا حد امکان نزدیک نگه داشتن به شرایط اتصال کوتاه واقعی، بهتر است مقاومت بار در یک مقدار تجربی کمینه نگه داشته شود.

شکل‌های ۱ و ۲، دو نمونه از چیدمان‌های آزمون را نشان می‌دهند، که اولی شامل تکفام‌ساز منشور کوارتز و دومی شامل چرخ پاله^۱ به‌عنوان منبع تکفام‌ساز می‌باشد.

یادآوری- در این استاندارد، کلمه "تکفام‌ساز" به‌معنی پهنای باند باریک به‌کار برده شده است.

- در هر دو حالت، منبع نور یک لامپ هالوژن تنگستن W ۱۰۰۰ است که از یک منبع تغذیه پایدار در دمای رنگ K ۳۲۰۰ کار می‌کند. سلول آزمون و پایش‌گر تابش روی قسمت‌های مخالف یک بلوک قابل چرخش با دمای کنترل شده، به‌گونه‌ای نصب می‌شوند که هر یک بتوانند به پرتوی تکفام‌ساز دقیقاً در همان مکان، ارائه شوند. متناوباً، ممکن است روی یک لغزنده با توقف‌های موقعیت مناسب نصب شوند، یا به‌طور همزمان به‌وسیله یک شکاف‌دهنده پرتو روشن شوند.

بهتر است چرخ پاله حاوی تعداد کافی صافی‌های باریک‌باند به‌منظور پوشش گسترده پاسخ سلول در گام‌های طول موج که از ۵۰ nm بیشتر نشود، باشد. صافی‌ها به‌گونه‌ای چیده می‌شوند که هر یک بتوانند به نوبه خود بین منبع نور و سلول آزمون یا پایش‌گر تابش نمایه شوند. این که فیلترها بهتر است دارای باندهای کناری ناچیز (زیر ۰٫۲٪) باشند حائز اهمیت است. تکفام‌ساز به‌طور معمول با شکاف‌های ثابت به‌کار برده می‌شود و به‌طور دستی روی گام‌های طول موج یکسان تنظیم می‌شود.

با کریستالی سیلیکونی و سلول‌های دیگری که در آن‌ها نشان داده شده که پاسخ به‌طور خطی با تابش تغییر می‌کند، جریان اتصال کوتاه سلول‌ها (افت ولتاژ سراسر مقاومت ثابت چهار ترمیناله استاندارد) و ولتاژ مدار باز ترموکوپل خلاء یا رادیومتر می‌تواند به‌طور مستقیم با یک مقاومت متغیر یا ولت‌متر دیجیتالی DC اندازه‌گیری شود. الزامات مربوط به دقت تجهیزات و اندازه‌گیری جریان‌های اتصال کوتاه که در استانداردهای بین‌المللی IEC 60904-1 و IEC 60904-3 ارائه شده، کاربرد دارد. اگر از روش DC استفاده می‌شود، بهتر است پرتوی خروجی، آزمون آزمون و پایش‌گر تابش کاملاً درون یک جعبه نوربندی شده^۲ محصور شوند و

1- Filter wheel

2- Light-tight box

بهتر است اقدامات احتیاطی خیلی دقیقی برای اجتناب از میدان‌های الکترومغناطیسی تصادفی و حرارتی که باعث خطا خواهند شد، اتخاذ شود. متناوباً، پرتوی خروجی ممکن است در فرکانس پایین بریده شود و ولتاژهای خروجی تقویت و یکسو شوند. در این حالت، اطمینان از این که تقویت‌کننده‌ها، خطی و بدون رانش^۱ هستند، حائز اهمیت است.

با افزارهای غیرخطی، استفاده از یک پرتوی تک‌فام‌ساز بریده شده و افزایش تابش تا سطح کاری دلخواه (مثلاً 1000 W.m^{-2}) با استفاده از نور بایاس غیرمدوله شده از یک شبیه‌ساز حالت پایدار مناسب که در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده، ضروری است. برای افزارهای خطی، نور بایاس نیز ضروری است، مگر این که مدرکی وجود داشته باشد که پاسخ طیفی به‌دست آمده، هنگام عدم استفاده از نور بایاس، زیاد تغییر نخواهد کرد. یک روش برای اندازه‌گیری‌های پاسخ طیفی خورشیدی پالس‌دار در شکل ۳ نشان داده شده است. جدا از تغییر منبع نور، روش اندازه‌گیری یکسان باقی می‌ماند و براساس مقایسه جریان‌های اتصال کوتاه ایجاد شده توسط سلولی که باید اندازه‌گیری شود و افزار مرجعی که به‌طور طیفی کالیبره شده، می‌باشد. چیدمان آزمون شامل موارد زیر می‌باشد:

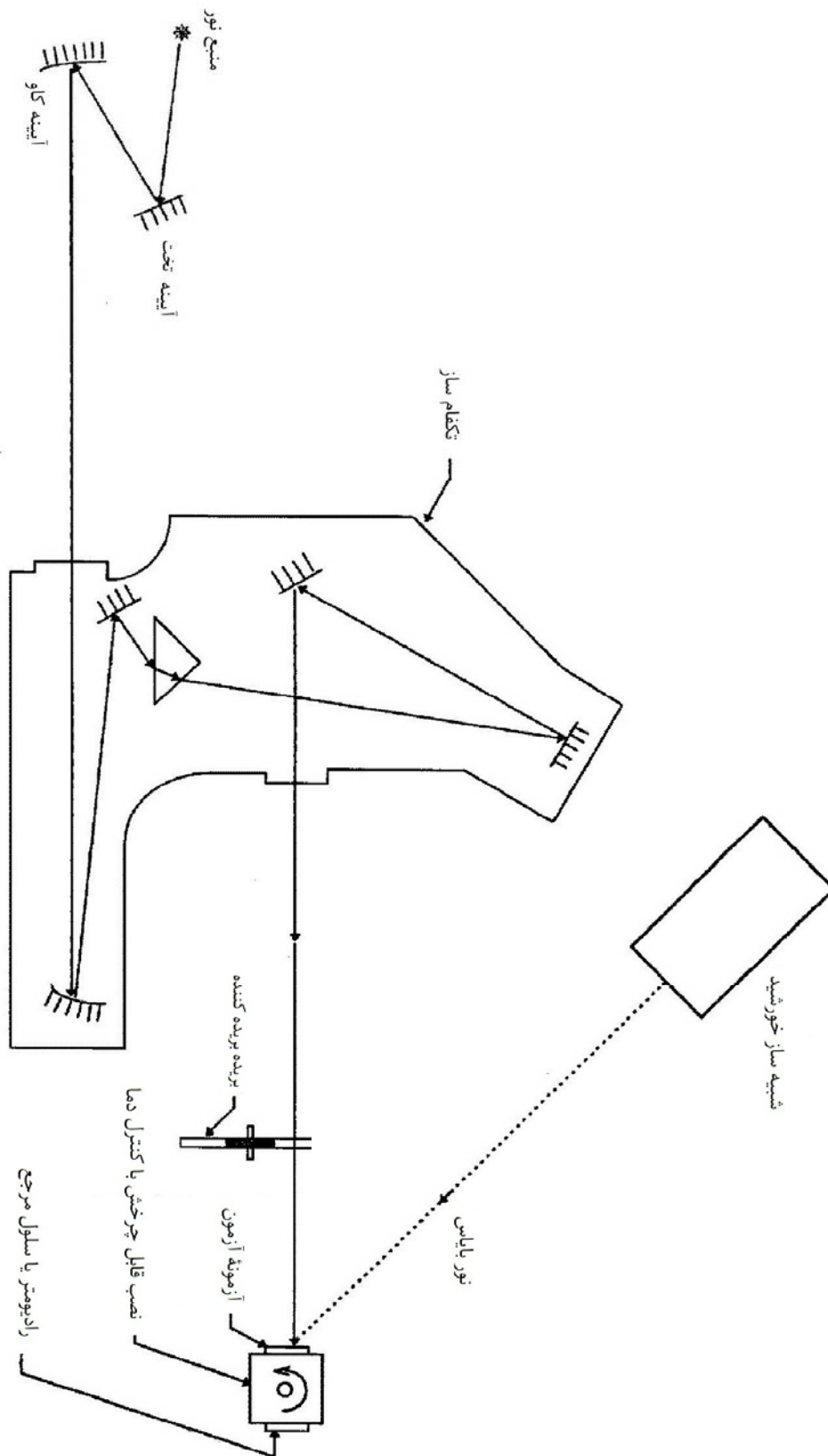
- یک لامپ چشمک نور^۲ قوی که پالس‌های نوری با شدت بالا ایجاد می‌کند؛
- یک چرخ پاله و جعبه نوربندی شده همان‌گونه که قبلاً شرح داده شد؛
- یک نگهدارنده نمونه که قرارگیری در شرایط قابل تکرار آزمون^۳ آزمون و افزار فتوولتائیک مرجع را تضمین نماید؛
- افزار(های) فتوولتائیک مرجع که به‌طور طیفی کالیبره شده‌اند، مطابق با استاندارد بین‌المللی IEC 60904-2 (آزمایشگاه‌های رادیومتری خاصی به بهترین شکلی تجهیز شده‌اند تا این کالیبره کردن را انجام دهند)؛
- یک مقاومت بار دهنده؛
- یک "آشکار ساز-قله" الکترونیکی؛
- یک ولت‌متر دیجیتالی.

یادآوری - از روش نور پالس‌دار نمی‌تواند برای آزمون‌های آزمون که زمان پاسخ آن‌ها بسیار کند است، استفاده شود. بنابراین بررسی شود که چگالی جریان اتصال کوتاه از منابع نور حالت پایدار و پالس‌دار دارای شدت یکسانی حاصل شود. این الزامات باید همچنین برای افزار مرجع نیز به‌کار می‌رود.

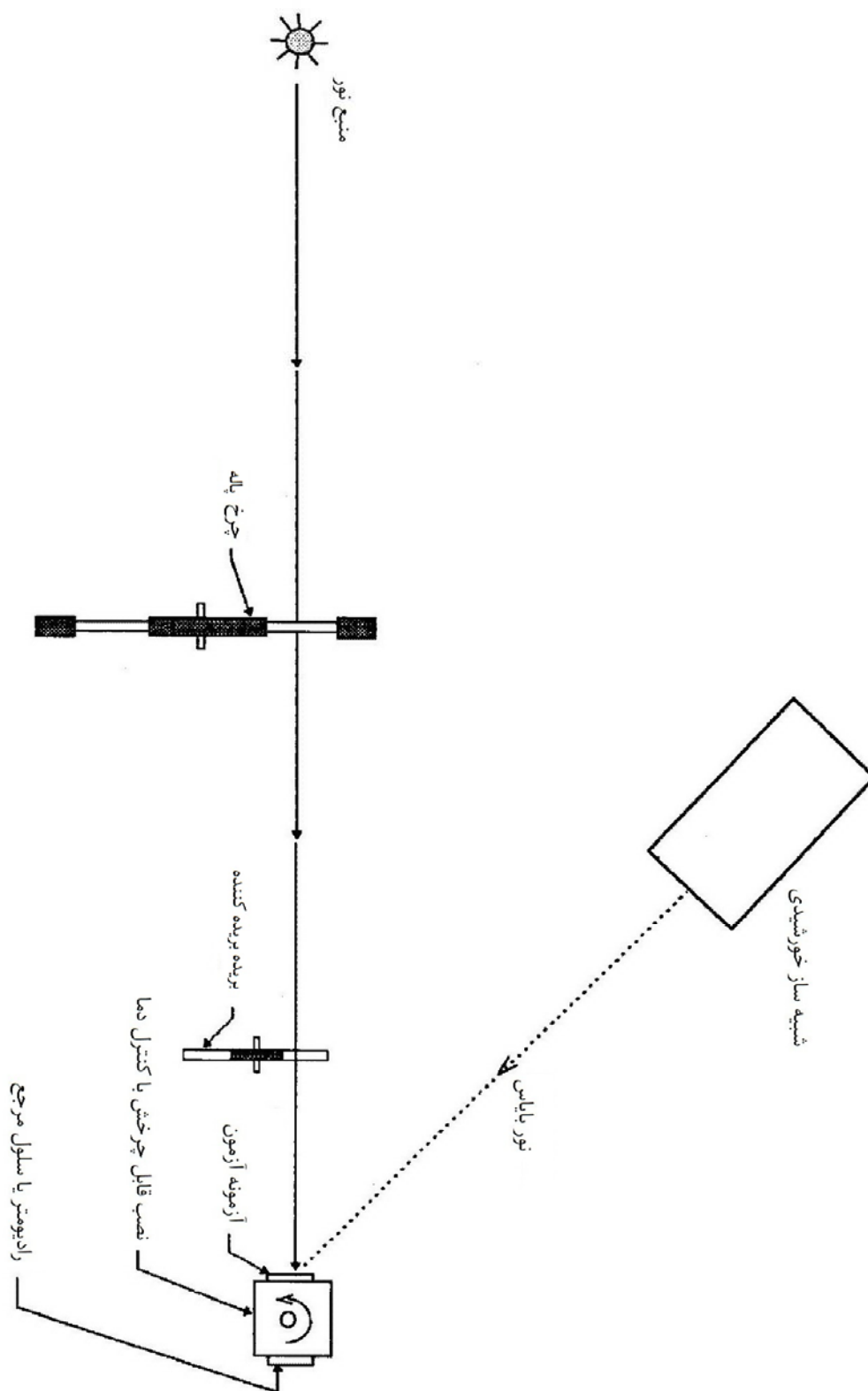
در مونتاژ چیدمان آزمون و در انجام اندازه‌گیری‌ها، بهتر است توجه خاصی به پایش شدت پالس نور و تصحیح مقدار خوانده شده متعاقب که ممکن است دستی، یا بهتر، خودکار باشد، مبذول گردد.

1- Drift free

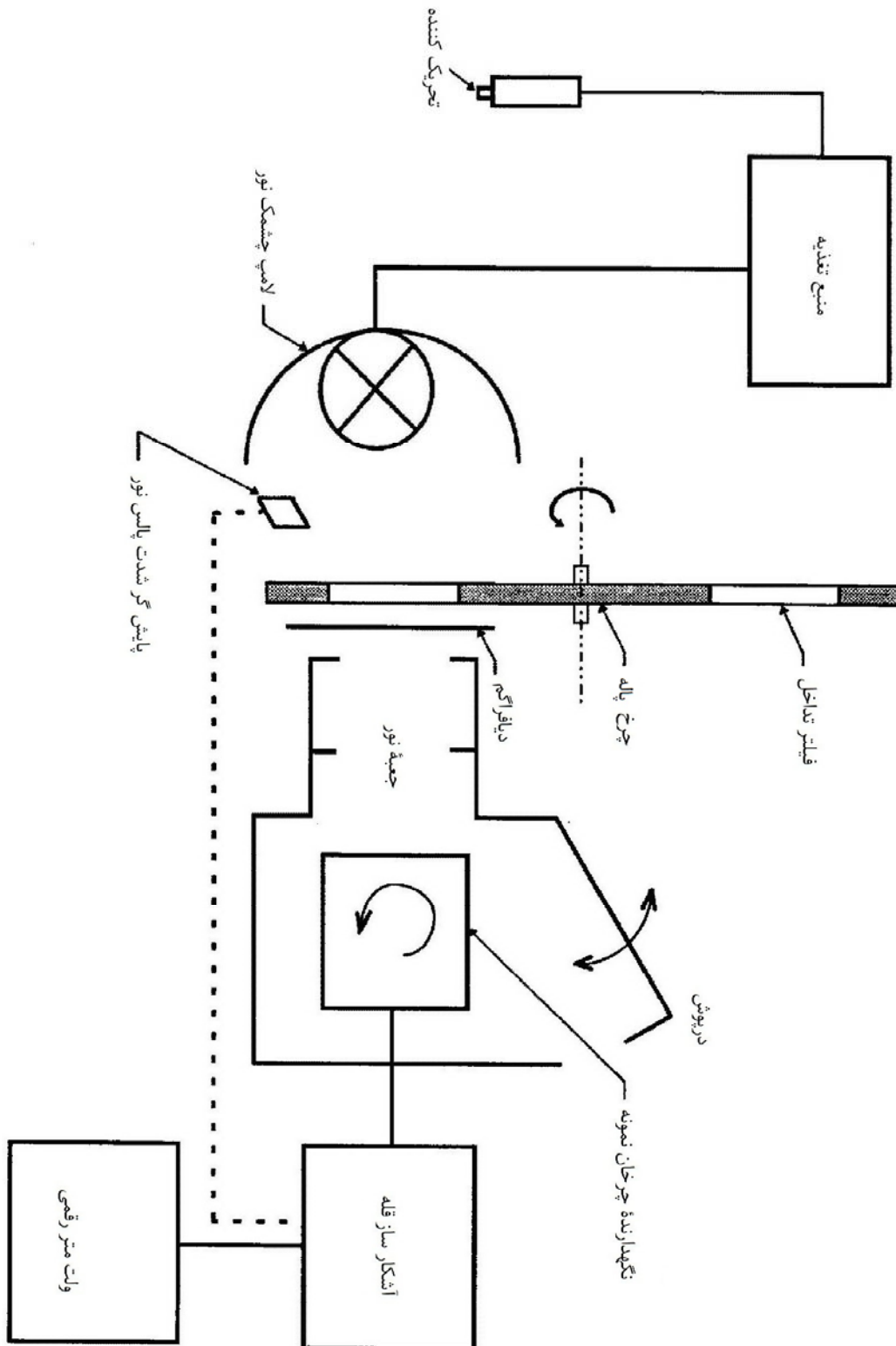
2- Flash



شکل ۱- اندازه گیری پاسخ طیفی با استفاده از یک تکفام ساز



شکل ۲- اندازه‌گیری پاسخ طیفی با استفاده از یک چرخ پاله



شکل ۳- چیدمان آزمون تجربی برای اندازه گیری پاسخ طیفی پالس دار