

بررسی تغییر اثر میدان مغناطیسی زمین بر روی یک نمونه PMT فاقد حفاظ به کار برده شده در مقیاس گرهای صنعتی

رضا، قلی پور پیوندی؛ مجتبی، عسکری له داربنی*؛ سیده زهرا، اسلامی راد

سازمان انرژی اتمی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای، پژوهشگاه کاربردی پرتوها

چکیده:

امروزه فناوری هسته‌ای کاربرد وسیعی در پزشکی، صنعت و تحقیقات پیدا کرده است. از فواید سیستم های هسته ای این است که بدون هیچ تماسی با اشیاء کار می‌کنند، غیر مخرب هستند و می‌توانند اندازه‌گیریهای آنالین، با سرعت بالا و زمان واقعی انجام دهد. در کاربردهای صنعتی معمولاً از پرتو گاما و آشکارسازهای سوسوزن که برای تقویت نور به PMT نیاز دارند، استفاده می‌شود. در بسیاری از کاربردهای صنعتی از سازه متحرک آشکارسازها استفاده می‌شود و از آنجا که دقت در سیستم های هسته ای از پارامترهای بسیار مهم است، در این مقاله اثر میدان مغناطیسی زمین بر روی یک PMT فاقد حفاظ بررسی و مشخص گردید این اثر تا حدود ۱۰ درصد در میزان شمارش ها اثر می‌گذارد.

کلیدواژه: میدان مغناطیسی - PMT - مقیاس گرهای صنعتی

مقدمه

در دستگاه های صنعتی داشتن دقت مناسب برای اندازه گیری بسیار مهم است. داشتن ثبات در اندازه گیری با تغییر چرخش آشکارساز حول محور خود از پارامترهای مهم در سیستم های چاه پیمایی و تداخل سنج و اسکن برج های تقطیر است.

به عنوان مثال در یک سیستم تداخل سنج محلول های انحلال ناپذیر که سیستم آشکارسازی به صورت متحرک از کف مخازن عملیات اسکن و تعیین مرز لایه مختلف مواد را مشخص می‌کند اثر چرخش آشکارساز در طول مسیر اسکن و در نتیجه اثر تغییرات میدان مغناطیسی بر روی یک PMT فاقد حفاظ مغناطیسی موجب تغییر حدودی ۲۰-۱۰ درصد در شمارش ۱۰۰۰۰ پالس بر ثانیه می‌شود و به طور کلی لایه های مواد که از لحاظ تئوری اختلاف شمارش کمتری نسبت به این مقدار دارند تعیین نمی‌شوند.



عاملی که بر روی آشکارسازهای سوسوزن اثر می گذارد اثر میدان مغناطیسی زمین بر روی PMT است.

در PMT نور تولید شده توسط آشکارساز سوسوزن به فوتوکاتد برخورد کرده و الکترون تولید می شود و این الکترون ها با اعمال ولتاژ بین داینودها تکثیر می شوند تا در نهایت در آند جمع می شوند. [۱] چون این الکترون ها دارای انرژی پایینی هستند و در خلا حرکت می کنند، به شدت تحت تاثیر میدان مغناطیسی هستند. به ویژه در فواصل صفحه کاتد تا داینود اول و دوم که جمعیت الکترونی نیز بسیار پایین می باشد. [۲] این تغییر جهت لکترون ها باعث تغییرات اندک در گین PMT نیز می شود [۳]. بزرگی میدان مغناطیسی در سطح زمین بین ۲۵ تا ۶۵ میکروتسلا (۰,۲۵ تا ۰,۶۵ گاوس) است [۴] و این میدان مغناطیسی طبق قانون لورنتز بر روی الکترون هایی که داخل PMT در حرکت هستند می تواند اثر بگذارد.

روش کار

برای مشاهده تغییرات میدان مغناطیسی از دو PMT که یکی دارای حفاظ مغناطیسی و دیگری فاقد حفاظ مغناطیسی استفاده می شود.

PMT استفاده شده در این مقاله که فاقد حفاظ مغناطیسی است، مدل CR-۱۶۹ ساخت شرکت BEIJING Hamamatsu, China می باشد که یک کریستال یدور سدیم ۲×۲ اینچ به آن کوپل شده است و مشخصات آن در جدول ۱ آمده است.

PMT دارای حفاظ مغناطیسی که در این آزمایش استفاده شد، ساخت شرکت Hamamatsu, Japan مدل R۱۳۰۷ است.



جدول ۱ مشخصات PMT های استفاده شده

model	CR-۱۶۹	R۱۳۰۷
Spectral response range	۳۰۰ ~ ۶۵۰nm (S-۴)	۳۰۰ ~ ۶۵۰nm
Wavelength of Maximum Response	۴۲۰nm	۴۲۰±۲۰nm
Side of the tube and window materials	Borosilicate glass	Borosilicate glass
Doubling system architecture	Box-gate (۱۰)	Box and grid
Anode pulse rise time	۷,۰ns	۸ns
Electron transit time	۷۰ns	۶۴ns
Applicable tube socket	E۶۷۸-۱۰B/CR۱۰۰	E۶۷۸-۱۴A

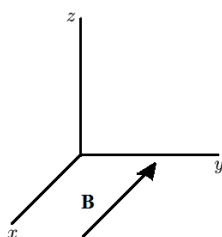
روش کار

برای اندازه گیری در ابتدا باید توجه داشته باشیم موقعیت چشمه نسبت به آشکارساز در تمام جهت های مورد تست ثابت باشد بدین منظور در ابتدا چشمه توسط یک پایه نگهدارنده به بدنه آشکارساز ثابت می شود. با توجه به اشباع شدن آشکارساز در شمارش های بالا فاصله چشمه از آشکارساز و اکتیویته چشمه طوری انتخاب می شود که آشکارساز به حالت اشباع نرود. در تمام موارد از یک چشمه سزیم ۱۳۷ با اکتیویته حدود ۱۰ میکروکوری در فاصله ۵ سانتی متری از آشکارساز استفاده شده است. مدار الکترونیک به کار رفته پس از PMT به ترتیب شامل یک پیش تقویت کننده با قابلیت تقویت، دو مقایسه گر LL و UL، یک مولد پالس مربعی، یک شمارنده و یک ارسال کننده آرایه داده ها در قالب یک رشته ده بیتی با پروتکل RS-۲۳۲ به کامپیوتر می باشد. میزان تقویت برای فوتون های ۶۶۲ keV چشمه سزیم ۱۳۷، ۴ ولت و حد پایین و بالای مقایسه گر به ترتیب ۱,۵ و ۵ ولت برای تمام موارد می باشد.

در انجام آزمایشات مربوط به هر دو PMT تمام مدارات و روش کار یکسان و ثابت بوده است.



به منظور یک جهت بندی اولیه با استفاده از یک قطب نما در محیط آزمایشگاه راستای جنوب به شمال میدان مغناطیسی ($S \rightarrow N$) تعیین و به طور قراردادی راستای محور X مختصات دکارتی آزمایشگاه همراستا با آن تعیین گردید.



شکل ۱. جهت قرار دادن آشکارساز با میدان مغناطیسی

با توجه به استوانه ای شکل بودن کل آشکارساز به ترتیب محور استوانه منطبق بر سه راستای X و Y و Z قرار گرفته و در زمان انطباق در هر کدام از راستاها به میزان 360° درجه با گام های یکسان سی درجه چرخیده و میزان شمارش در هر زاویه به مدت 60 ثانیه ذخیره ، میانگیری و ثبت می گردد.



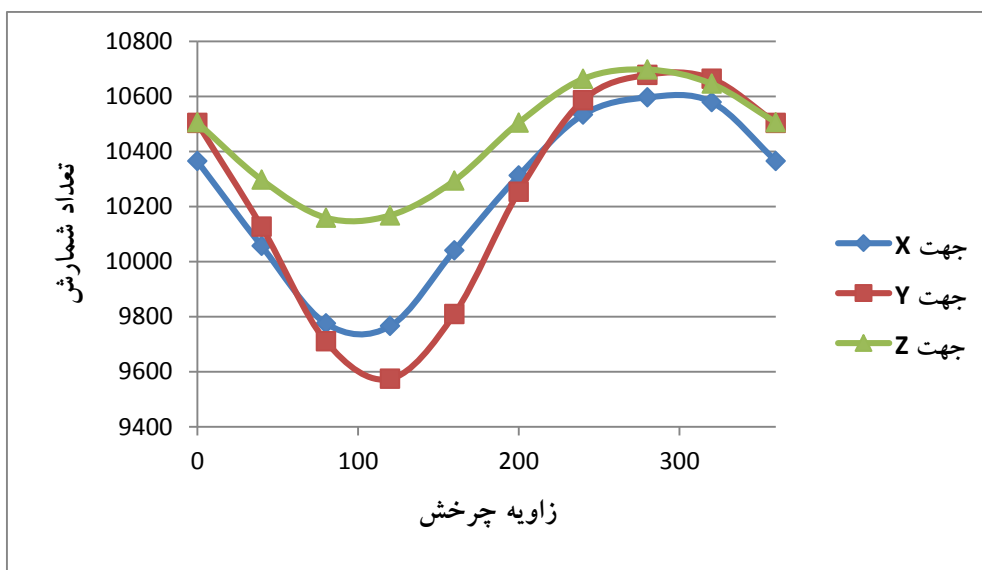
شکل ۲. چیدمان اندازه گیری

نتایج



در شکل ۳ نتایج مربوط به چرخش ۳۶۰ درجه ای آشکارساز فاقد حفاظ مغناطیسی در سه راستای X و Y و Z در میانگین حدود ۱۰۰۰۰ شمارش نشان داده شده است. بیشترین تغییر در راستای محور Y بوده که اختلاف حدود ۱۱۰۰ شمارش در ۱۰۰۰۰ شمارش معادل با ۱۱ درصد تغییر را نشان می دهد.

علت سینوسی بودن تغییرات ناشی از حرکت ذره باردار در میدان مغناطیسی مطابق با روابط نیروی لورنتس می باشد.



شکل ۳. نتایج مربوط به PMT استفاده شده بدون حفاظ مغناطیسی

در شکل ۴ نتایج مربوط به چرخش ۳۶۰ درجه ای آشکارساز دارای حفاظ مغناطیسی در سه راستای X و Y و Z در میانگین حدود ۱۰۰۰۰ شمارش نشان داده شده است. بیشترین تغییرات در هر سه راستا در محدوده میزان تغییرات نوسانات آماری چشمه می باشد که نشان دهنده حفاظ گذاری بسیار مناسب PMT دارای حفاظ می باشد.



شکل ۴. نتایج مربوط به PMT استفاده شده با حفاظ مغناطیسی

بحث و نتیجه گیری

PMT فاقد حفاظ مغناطیسی در مقایسه با نمونه حفاظ دار در شرایط یکسان به شدت تحت تاثیر تغییرات میدان مغناطیسی زمین در راستاهای مختلف بوده و تا حدود ۱۱ درصد تغییر در راستای محور Y در آزمایشات بوده است. این میزان تغییر موجب تغییرات زیاد در خروجی دستگاه های اندازه گیری هسته ای می شود و موجب اختلال و نا مطلوب بودن نتایج می گردد.

بدین منظور حتما باید در دستگاه های متحرک، از PMT دارای حفاظ مغناطیسی استفاده شود و یا سازه مکانیکی طوری طراحی گردد تا چرخش آشکارساز در آن حذف گردد.

مراجع

- [۱] Glenn E Knoll Radiation Detection and Measurement Third Edition John Wiley & Sons, Inc. ۲۰۰۰ - ۲۶۶
- [۲] Leonora, E - Terrestrial magnetic field effects on large photomultipliers - Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment - Volume: ۲۲۵ - First page: ۱۴۸ - Last page: ۱۵۰ - Year: ۲۰۱۳
- [۳] Vahe Ghazikhanian , Kirk T. McDonald - μ -Metal Wire Magnetic Shields for Large PMTs - February ۲۴, ۲۰۰۷
- [۴] <http://fa.wikipedia.org>