بررسی تاثیر دما بر عملکرد دستگاه‌های چگالی سنج گاما

رضا قلی‌پور پیوندی[۱]، مجتبی عسکری له داربنی[۱*]، سیده زهرا اسلامی‌راد[۲]

۱- سازمان انرژی اتمی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای

۲- دانشگاه قم، دانشکده علوم پایه، گروه فیزیک

چکیده:

مولفه‌های بسیاری بروی عملکرد سیستم‌های چگالی سنج گاما تاثیر می‌گذارند که مهمترین آنها فاصله‌ی بین ماده‌ی رادیواکتیو و آشکارساز، زمان اندازه‌گیری و دما می‌باشد. در این بین دما یکی از پارامترهایی بوده که تغییرات آن می‌تواند عملکرد دستگاه‌های چگالی سنج را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش دهد. برای سنجش تاثیرات دمایی، یک سیستم چگالی‌سنج گاما مبتنی بر کریستال سدیم یدید، لامپ آشکارسازی، ماژول ولتاژ بالا، مدار تحلیل‌گر یک کاناله و ماده‌ی رادیواکتیو ساخته شد. در این تحقیق به بررسی تاثیرات دمایی بروی بلور یدور سدیم، لامپ آشکارسازی، ماژول ولتاژ بالا به صورت جداگانه و سیستم چگالی سنج گاما به صورت یکپارچه پرداخته می‌شود. سپس به کمک یک روش ابداعی ، اثر دما بر روی دقت سیستم تا ۳ برابر کاهش می‌باشد.

کلمات کلیدی : *دما، سیستم‌های چگالی‌سنج گاما، دقت دستگاه*

مقدمه:

چگالی‌سنج پرتو گاما برای سنجش چگالی مایعات، گازها و جامداتی که به صورت خمیری یا حجیم هستند به‌کار می‌رود. این سیستم در صنایعی که در آن تعیین میزان ماده‌ی عبوری ارزشمند می‌باشد، از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است.

چگالی‌سنج از تجهیزات الکتریکی و آرایه‌ای از سیستم‌های مکانیکی همچون لوله و کولیماتور سربی که چشمه رادیواکتیو در داخل آن قرار می‌گیرد، جهت تولید پرتو باریک و همچنین محفظه‌ی نگهدارنده جهت اندازه‌گیری چگالی سیالاتی که از لوله می‌گذرند، استفاده می‌نماید. چگالی‌سنج سیگنال الکتریکی که مشخصه چگالی اندازه گرفته شده می‌باشد را به یک وسیله جانبی همچون یک سیستم کنترلی نظیر کامپیوتر و یا یک گیرنده جهت استفاده‌های بعدی می‌فرستد[۴-۱].

برخی طراحی‌های چگالی سنج نسبت به تغییرات دما هوشمند بوده و تصمیماتی را جهت تغییرات دمایی اعمال می‌نمایند. در تحقیقات انجام شده توسط شرکت‌ها و محققان، تاثیر دمایی در داده‌های خروجی از چگالی سنج در نظر گرفته شده است ولی در این تحقیق، تأثیر دما بر هر جزء سیستم الکترونیک هسته‌ای همچون بلور، لامپ آشکارسازی، ماژول ولتاژ بالا و مدار تحلیل‌گر تک کاناله به صورت مجزا بررسی می‌شود. در همین زمینه آقای لناکی و همکارانش تاثیر غیر خطی دمایی را در یک کریستال سوسوزن سدیم یدید بررسی کردند[۵]. همچنین آقای ارلین و همکارش نیز تأثیر بهره در مقابل دما را در یک کریستال آشکارساز سوسوزن سدیم یدید با تیوب ۱۰و

۱۴ مرحله‌ای در محیطی که دمای آن از ۰ تا ۵۰ درجه سانتی گراد تغییر می‌کند، بررسی کرده‌اند. نمودار بهره و دما به صورت منحنی‌هایی نمایش داده شد و دمایی که در آن تغییرات بهره کمینه بود مشخص گردید[۶]. در این مقاله، چگالی‌سنجی که از کریستال سدیم یدید، لامپ آشکارسازی، ماژول ولتاژ بالا و مدار تحلیل‌گر تک کاناله تشکیل شده است طراحی و بهبود داده شده است. سپس تأثیر تغییرات دمایی نرمال در طول یک روز ((۲۵-۱۰) درجه سانتی گراد) بر روش سیستم چگالی‌سنج گاما بررسی شد. نهایتاً داده‌های بدست آمده ناشی از تأثیر دما بوسیله روش پیشنهادی تصحیح گردیدند.

روش کار:

چگالی اندازه گیری شده بر پایه روش پرتودهی استوار است. این روش از قانون فیزیکی تضعیف پرتو گاما عبوری از خلال ماده مورد آزمایش پیروی می‌کند. تاثیر نتایج اندازه‌گیری شده نسبت $\frac{I}{I_0}$ می‌باشد که نسبت تابش تضعیف شده I بر تابش تضعیف نشده I_0 می‌باشد. تابش توسط رابطه زیر تضعیف می‌شود:

$$I = I_0 \times exp\,(-\mu' \times \rho \times d) \qquad (۱)$$

که در آن I مقدار تابشی است که بوسیله آشکارساز، آشکار شده و I_0 میزان تابش فرودی می‌باشد. μ' ضریب تضعیف وزنی (ضریب جذب) در واحد سانتی‌متر مربع بر گرم بوده و همچنین ρ چگالی ماده جاذب بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد. d نیز ضخامت ماده جاذب بر حسب سانتی‌متر است. ما در این مقاله از دو ماده با چگالی‌های متفاوت استفاده کردیم (هوا و آب) تا بوسیله آنها چگالی ماده‌های ناشناس را بدست آوریم. در آزمایش انجام شده دستگاه چگالی‌سنج گاما توسط یک لوله تست (فولاد ضد زنگ با قطر داخلی ۴,۵۸ سانتی متر و شعاع خارجی ۵,۰۸ سانتی متر) که توسط ماده ای با چگالی معلوم پر شده بود، کالیبره شد. در ابتدا لوله توسط آب (چگالی ۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب) پر شد و شدتهای تضعیف شده اندازه‌گیری گردید. سپس آب لوله تخلیه شد و شدت‌های تضعیف شده در این حالت بدست آمد و داده‌های بدست آمده در معادله ۲ قرار داده شدند و سیستم کالیبره گردید. جهت بهبود نتایج این سیستم می‌تواند به جای هوا توسط یک ماده‌ی دیگر با چگالی معلوم نیز کالیبره شود. در آزمایش انجام شده، به این نکته پی برده شد که تعداد شمارش ثبت شده (متناسب با چگالی اندازه گیری شده) به دمای محیط بستگی دارد. آزمایشهایی در دمای مختلف انجام شد که نتایج یک رابطه خطی بین دما و شمارش ثبت شده را نشان می‌دهد. این وابستگی باعث می‌شود تا داده‌های بدست آمده از دقت مناسبی برخوردار نباشند. در نتیجه سعی شد تا شمارش با کمک رابطه ۳ بر اساس دما اصلاح شود.

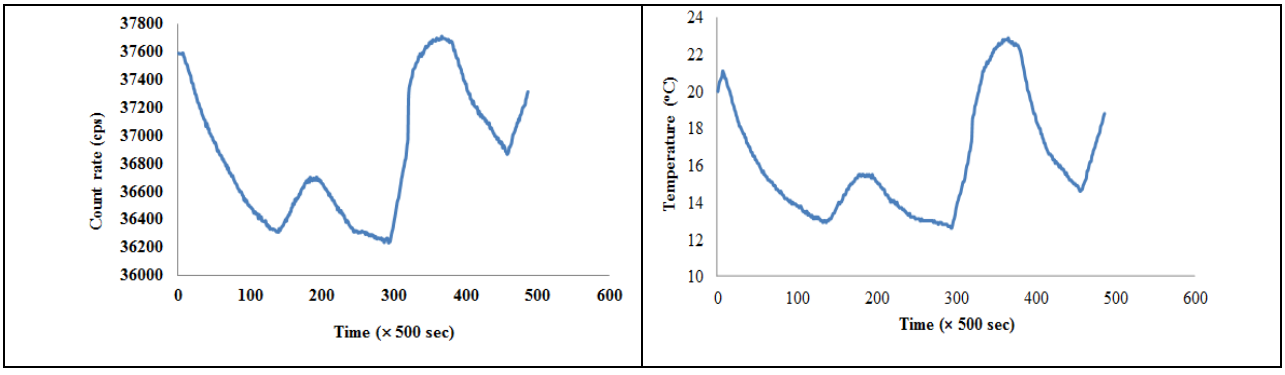
$$I_{\text{corrected}} = I_{\text{output}}\,(T_{\text{present}} - T_{\text{calibration}}) \times \mu_{\text{Correction}} \qquad (۲)$$

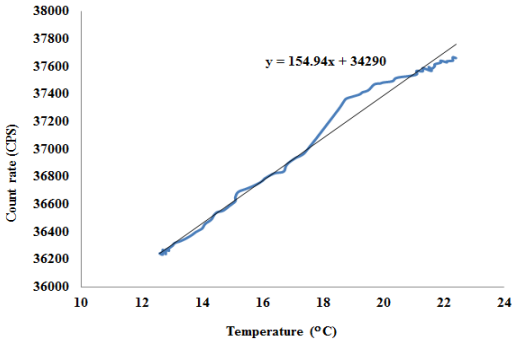
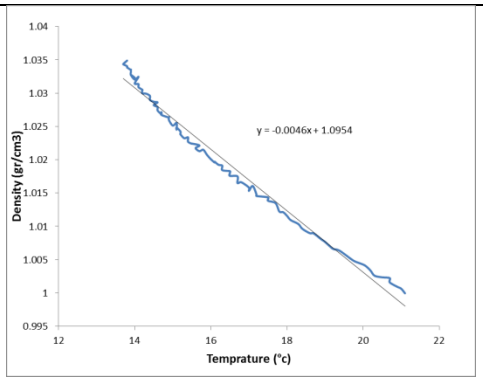
$I_{corrected}$ و I_{output} به ترتیب شمارشهای تصحیح شده و شمارشهای خروجی می‌باشند. $T_{calibration}$ و $T_{present}$ و $\mu_{Correction}$ به ترتیب دمای کالیبراسیون، دمای کنونی و ضریب تصحیح بوده که $\mu_{Correction}$ از شیب نمودار دما بر حسب شمارش بدست می‌آید. در چیدمان چگالی سنج گاما، آشکارساز در مقابل چشمه 137cs (40mci) و در فاصله ۵۰ سانتی متری قرار می‌گیرد. سیستم الکترونیک هسته ای شامل کریستال یدور سدیم با قطر ۵ سانتی‌متر (EPIC china)، لامپ آشکارسازی(Hamamatsu,china) ، ماژول ولتاژ بالا(cc228-01 Y Hamamatsu china) ، تقویت کننده، تحلیل گر یک کاناله (SCA) و یک گیرنده برای جمع آوری اطلاعات می‌باشد. پروتوکل‌های RS-232 و RS-485 جهت فرستادن داده‌ها از یک آشکارساز به گیرنده به صورت همزمان مورد استفاده قرار می‌گیرند. تبادل اطلاعات با ۱۰ بایت داده که شامل شمارش، H.V ، دما ، سطح بالا و سطح پایین بود، انجام می‌شود. دما بوسیله حسگر دمایی (LM35, Texas instrument USA) اندازه گیری شده و فرآیند نمونه گیری از H.V ، سطوح بالا و پایین توسط میکروکنترلر (ATmega8(L)- Atmel Company) صورت می‌پذیرد. داده‌ها هر ثانیه به گیرنده فرستاده شده و خروجی گیرنده 4-20mA و RS-232 به کامپیوتر متصل می‌شود. کلیه اجزاء الکترونیک هسته‌ای متاثر از تغییرات دمایی بوده و لازم است تغییرات چگالی محتویات لوله به دلیل تغییرات دمایی در نظر گرفته شود [۷].

نتایج:

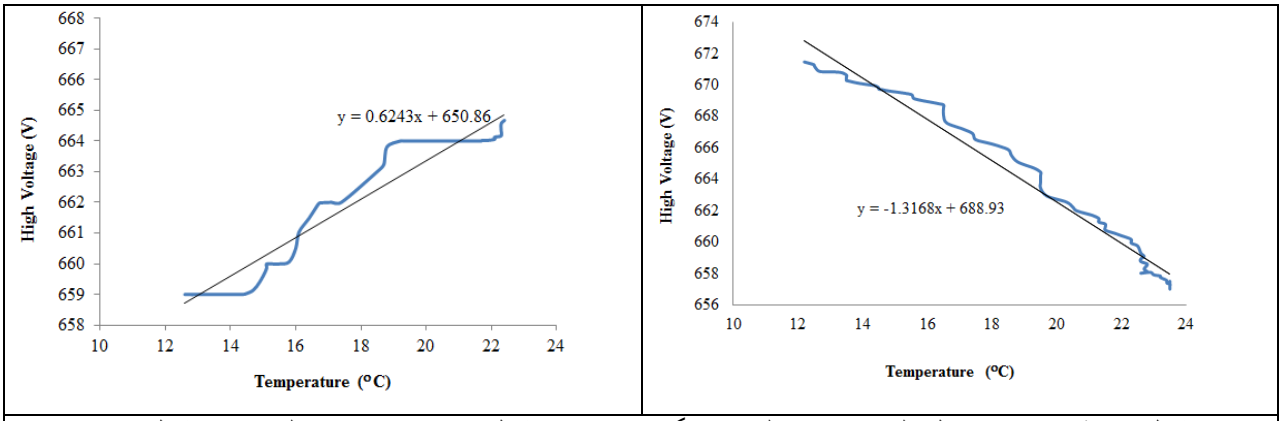
شکل ۱ تصویری از چگالی‌سنج نصب شده که شامل چشمه، موازی ساز، آشکارساز و سیستم نگهدارنده می‌باشد را نمایش می‌دهد. برای بررسی تاثیرات دمایی یکسری آزمایشات توسط دستگاه چگالی‌سنج گاما انجام شد. در اولین آزمایش تاثیر دما بر اجزاء الکترونیک هسته‌ای مورد بررسی قرار گرفت. برای رسیدن به این هدف ما چگالی ماده‌ی درون لوله را به مدت ۲۵۰۰۰۰ ثانیه اندازه گرفتیم. نتایج در اشکال ۲. الف- ب-ج- د نمایش داده شده‌اند (الف.دما بر حسب زمان ، ب. شمارش بر حسب زمان، ج. شمارش بر حسب دما، د. چگالی بر حسب دما) .نتایج نشان می‌دهند که دما با تعداد شمارش‌های ثبت شده نسبت مستقیم دارد و عامل دما، ۰,۴۲+ درصد خطا به ازای تغییر ۱ درجه سانتی‌گراد دما را در شمارش و در حدود ۰,۵۱+ درصد خطا به ازای تغییر ۱ درجه سانتی‌گراد دما در چگالی بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب بوجود می‌آورد. در آزمایش دوم تاثیر دما بر هر جزء از اجزاء الکترونیک هسته‌ای در نظر گرفته شد. شرایط اندازه‌گیری همانند آزمایش قبل قرار داده شد. تاثیر H.V در دو حالت قرار گرفته‌شده در مدار و حالت مجزا آزمایش شد (شکل ۳). که درحالت اول +0.09% H.V در حالت دوم -0.017% H.V خطا محاسبه شد. همچنین مدار تحلیل‌گر تک کاناله نیز هیچ تغییرات قابل ملاحظه‌ای با تغییرات دما نداشت (شکل ۴). برای اصلاح تاثیرات دمایی، روابطی به کار گرفته شد که سبب شد اندازه گیری چگالی آب از ۱,۰۴-۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب به ۱,۰۱۴-۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب در تغییرات نرمال دمایی شب و روز اصلاح گردد (۱۰ تا ۲۵ درجه سانتی گراد) (شکل ۵). این بدان معناست که با بکارگیری تصحیحات، دقت دستگاه تا ۱,۴ % کاهش می‌یابد. باید توجه داشت که حدود ۰,۳ % خطای دستگاه ناشی از تغییرات چگالی آب بر اثر تغییرات دمایی می‌باشد.

شکل ۱.دستگاه چگالی‌سنج پرتوی گاما



شکل ۲- الف. نمودار دما بر حسب زمان	شکل ۲- ب. نمودار شمارش بر حسب زمان
	
شکل ۲- ج. نمودار شمارش بر حسب دما	شکل ۲- د. نمودار چگالی بر حسب دما

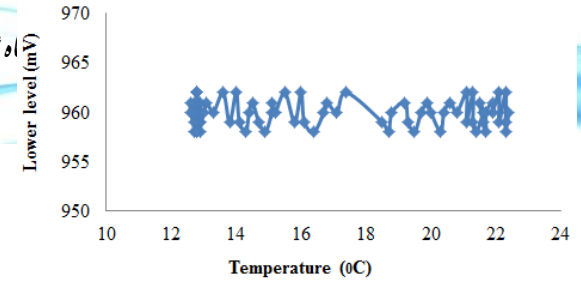
شکل۲. تاثیر دما بر دستگاه چگالی‌سنج هسته‌ای



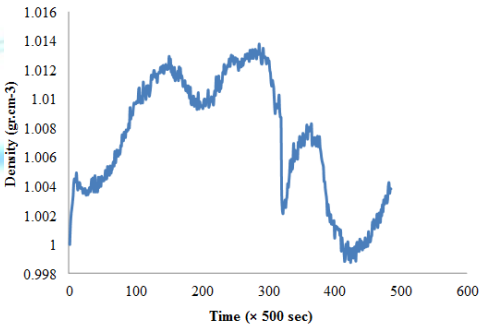
شکل ۳. تاثیر دما بر ماژول ولتاژ بالا در حالت قرار گرفته در مدار(شکل سمت چپ) و در حالت مجزا (شکل سمت راست)

بحث و نتیجه‌گیری:

در این مقاله، برای بررسی تاثیرات دما بر خروجی داده‌های چگالی‌سنج، آزمایشاتی ارائه گردید. نتایج نشان دادند که رابطه‌ی قابل ملاحظه‌ای بین تغییرات دمایی و میزان شمارش دریافت شده وجود دارد. در این آزمایشات اثر دما بر روی کریستال سدیم یدید، لامپ آشکارسازی، ماژول ولتاژ بالا و تحلیلگر تک کاناله مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به اینکه پایداری خروجی‌های یک دستگاه، یک ویژگی غیرقابل انکار هر دستگاهی می‌باشد. در نتیجه در این مقاله به کمک یک روش اصلاحی، اثر تغییرات دمایی بر شمارش ثبت شده حذف گردید. همچنین پیشنهاد می‌گردد که در تحقیقات آتی روشهایی نظیر استابلایزر نوری برای از بین بردن اثر دمایی ارائه گردد.



شکل ۴. نمودار چگالی بر حسب زمان بعد از تصحیحات دمایی



شکل ۵ . تاثیر دما بر مدار تحلیل‌گر تک کاناله

مراجع

1. Jiang, Y., Rezkallah, K. S., *Meas. Sci. Technol*., 1993, vol. 4, p. 496.
2. Chu, I. C., Song, C. H., *KAERI/TR-2045/2002*., 2002, KAERI.
3. Park, H. S., Chung, CH. H., *J. Nucl. Eng. Technol*., 2007, vol. 39, p. 349.
4. Knoll, G. F., *Radiation Detection and Measurement*. USA, Wiley, Inc, 1999.
5. Ianakiv, K. D., Abhold, M.E., Alexandrov, B.S., et al., *Nucl. Instrum. Meth (A)*, 2007, vol. 579, pp. 34.
6. R. R. Erline, Gain vs Temperature Effects in Nal(Tl) Photomultiplier Scintillation Detectors Using 10 and 14 Stage Tubes, *IEEE Trans. Nucl. Sci*, 12 (1965), pp. 16-23.
7. Weast R. C., *Handbook of Chemistry and Physics*, 53rd Edition, p. F4