

طراحی و ساخت پایشگر محیطی پرتو گاما

نوید حسن پور* ، فریدون عباسی دوانی

دانشگاه شهید بهشتی - دانشکده مهندسی هسته ای - گروه کاربرد پرتوها

چکیده :

دستگاه طراحی شده به منظور بررسی و اندازه گیری پرتو گامای محیط های آزمایشگاهی و صنعتی، طراحی و ساخته شده است. در ساخت این دستگاه از شمارشگر گایگر مولر ZP1201 و میکرو کنترلر AVR استفاده گردیده است. دستگاه طراحی شده با دارا بودن نمایشگر بزرگ (7segment) قابلیت استفاده ایستگاهی در محیط های آزمایشگاهی و صنعتی را داشته و به گونه ای طراحی شده است که بتواند مقدار پرتو گامای محیط را اندازه گیری نموده و در صورت بیشتر بودن مقدار اندازه گیری شده از مقدار تعیین شده، سیستم اعلام خطر صوتی یا نوری را فعال نماید.

ضمنا دستگاه در فاصله ۱ تا ۲۰ متر از چشمه سزیم ۱۳۷ با فعالیت ۱۰۰ میلی کوری مورد بررسی قرار گرفته و نتایج حاصل از آزمایش تجربی با نتایج شبیه سازی با کد MCNP4c مقایسه گردیده است.

کلید واژه : پایشگر محیطی، گاما، دزیمتری، کالیبراسیون پویا

مقدمه :

ویلاارد دیسکاور^۱ در سال ۱۹۰۰ با مشاهده تاثیر رادیوم قرار گرفته در شیلد، بر روی فیلم عکاسی پی به وجود پرتو گاما برد. از آن پس یکی از متداولترین روش های بررسی میزان پرتو گیری کاربران هسته ای استفاده از امولوسیون های عکاسی و بررسی دوره ای این امولوسیون ها بوده است. که این روش به طور کلی به روش غیر فعال معروف می باشد [۱و۲].

توسعه روز افزون استفاده از فناوری هسته ای و توسعه مراکز به کار گیرنده این فناوری ها، سبب افزایش مصرف مواد پرتوزا و در نتیجه افزایش خطر گسترش این مواد در محیط زیست به عنوان یک آلاینده محیطی گردیده است. از این رو علاوه بر خطر پرتوگیری کارکنان این مراکز، خطر آلودگی محیطی و همچنین نشت آلودگی به محیط خارج از مرکز هسته ای نیز وجود دارد. از این رو دزیمترهای غیر فعال مانند فیلم بچها نمی توانند به تنهایی ضامن ایمنی در مقابل پرتوها باشند و برای حفظ ایمنی هسته ای نیاز به دستگاه های اندازه گیری و هشدار دهنده فعال وجود دارد [۱و۳].

^۱ Villard discovered

هانس گایگر^۲ در سال ۱۹۲۸ با توسعه آشکارساز گازی معروف خود، آن آشکارساز را به عنوان یک شمارنده گازی قابل قبول توسعه داد و با توجه به کارآمدی این آشکارساز، امروزه نیز بسیاری از دستگاه های تشخیص گر پرتو، بر پایه این آشکارساز کار می کنند. [۴]

امروزه دستگاه های فراوانی به منظور اندازه گیری گامای محیط و با قابلیت نمایش مستقیم مقدار پرتوهای موجود (نمایش فعال)^۳، ساخته شده اند و همگام با توسعه فناوری الکترونیک، تلاش های فراوانی در راستای سهولت استفاده از این دستگاه ها صورت گرفته است. اما همواره مشکل کالیبراسیون و اعمال تغییرات در نوع نمایش نتایج، یکی از موانع موجود در راه استفاده آسان از این دستگاه ها می باشد. از این رو در دستگاه ساخته شده سعی گردیده است تا حد ممکن قابلیت انطباق پذیری با محیط و انعطاف پذیری در تنظیمات، در طراحی دستگاه لحاظ گردد.

طرح کلی دستگاه :

طرح کلی عملکرد دستگاه در شکل شماره ۱ قابل مشاهده می باشد. با توجه به طرح کلی ارائه شده در شکل شماره ۱ دستگاه ساخته شده را می توان به ۵ بخش عمده زیر تقسیم نمود:

- منبع تغذیه
- سامانه هسته ای
- آشکارساز
- سامانه شمارش، مدیریت و تصمیم گیری
- رابط کاربری (ورودی و خروجی دستگاه)

منبع تغذیه دستگاه از دو ترانسفورماتور و مدار تنظیم کننده جهت تامین ولتاژ و جریان مورد نیاز برای راه اندازی سامانه هسته ای، تشکیل شده است.

سامانه هسته ای وظیفه تامین ولتاژ بالای مورد نیاز آشکار ساز و همچنین جداسازی تپ های حاصل از آشکارساز و تبدیل آن ها به تپ های استاندارد دیجیتال هسته ای را بر عهده دارد.

آشکارساز ZP1201 به سامانه هسته ای دستگاه متصل است. اندرکنش پرتوهای گامای وارد شده در آشکارساز گایگرمولر^۴ با گاز داخل آشکارساز، به دلیل وجود میدان الکتریکی در داخل آشکارساز، سبب ایجاد یک بهمن یونی در داخل آشکارساز شده و این بهمن در اثر میدان الکتریکی داخل آشکارساز به سمت

² Hans Geiger

³ active

⁴ Geiger MÜller

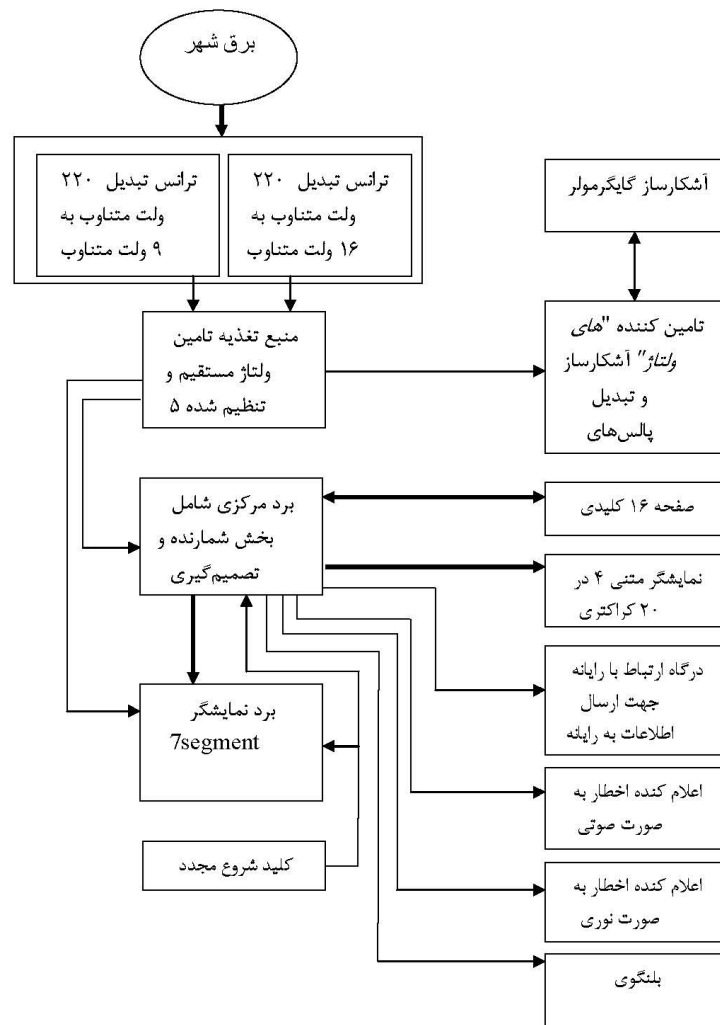
آند حرکت می نماید و سبب ایجاد یک تپ می شود. تپ حاصل وارد سامانه هسته ای متصل به آشکارساز گردیده و در آنجا از ولتاژ بالای اعمال شده به آشکارساز جدا می شود [۶].

سامانه شمارش، مدیریت و تصمیم گیری مهمترین قسمت دستگاه می باشد که تپ های رسیده از سامانه هسته ای دستگاه را مورد شمارش قرار می دهد، تعداد تپ های شمارش شده بر حسب ثانیه برای نمایش به نمایشگر بزرگ طراحی شده ارسال می شوند. همچنین مقدار حاصل را با حد آستانه خطر مقایسه کرده و در صورت بیشینه بودن مقدار اندازه گیری شده، خروجی های اخطارگر دستگاه را فعال می نماید. این بخش بر پایه میکروکنترلر AVR ساخته شده و به منظور دست یابی به سرعت شمارشی مناسب از یک نوسانگر ۱۶ مگا هرتزی استفاده شده است. میکروکنترلرهای AVR مورد استفاده در این دستگاه توسط زبان برنامه نویسی بسکام^۵ با طراحی و امکانات در نظر گرفته شده در دستگاه برنامه ریزی و تنظیم شده است. رابط کاربری دستگاه در حقیقت بخشی از سامانه مدیریت و تصمیم گیری دستگاه است که شامل نمایشگر LCD و صفحه کلید ۱۶ کلیدی برای ارتباط کاربر و دستگاه می باشد. کاربر توسط این رابط کاربری می تواند به سادگی نحوه نمایش مقدار اندازه گیری شده را تغییر دهد و مقدار آستانه واحد اخطار دهنده را تعیین نماید و یا هر یک از اخطار دهنده های صوتی یا نوری را فعال یا غیر فعال نماید.

دیگر مزیت عمده دستگاه ساخته شده قابلیت تغییر آسان آشکارساز و سامانه هسته ای می باشد که می توان هر آشکارساز و سامانه هسته ای متناسب با آشکارساز را به سادگی جایگزین آشکارساز و سامانه هسته ای حاضر نمود. این قابلیت در کنار قابلیت کالیبراسیون پویا این امکان را پدید می آورد تا دستگاه بتواند برای مصارف صنعتی و آزمایشگاهی تغییر کاربری داده و با تغییرات جزئی در آشکارساز و بخش تامین ولتاژ بالای آشکارساز، آشکارسازی بزرگتر و یا با ولتاژ کاری متفاوت و یا چند آشکارساز به صورت موازی را در دستگاه مورد استفاده قرار داد.

از آنجا که هدف از طراحی و ساخت این دستگاه، ساخت یک سامانه اعلام کننده و هشدار دهنده گامای محیطی بوده است، به منظور نمایش مقدار اندازه گیری شده باید از یک نمایشگر بزرگ استفاده شود. از این رو از نمایشگر 7segment به عنوان نمایشگر دستگاه استفاده شده و 7segment های مورد استفاده در دستگاه در ابعادی انتخاب شده که اعداد نمایش داده شده از فاصله بیش از ۱۰ متر قابل رویت باشند. همچنین این قابلیت در دستگاه وجود دارد که بدون تغییر در ساز و کار طراحی مدار دستگاه ابعاد این نمایشگرها به چند برابر افزایش داده شود.

⁵ Bascom



شکل شماره ۱- طرح کلی عملکرد دستگاه

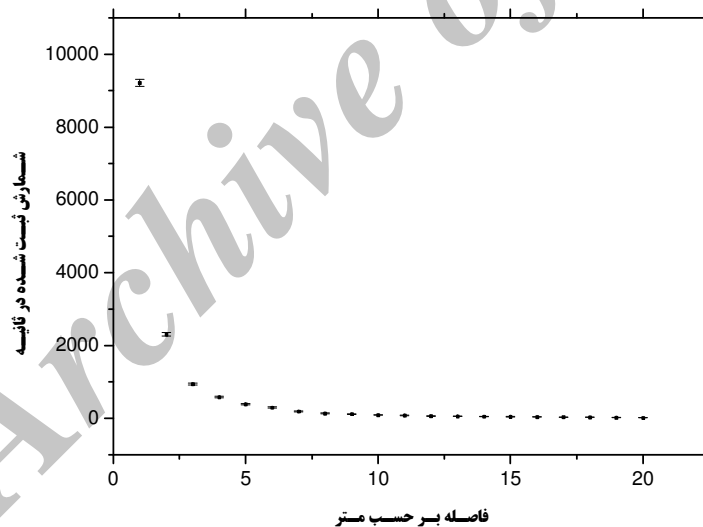
آزمایش اولیه :

به منظور آزمایش اولیه دستگاه، ابتدا میزان پرتوهای زمینه را اندازه گیری می نماییم و سپس از یک چشمه سزیم ۱۳۷ با فعالیت ۱۰۰ میلی کوری استفاده گردید که این چشمه در داخل یک حفاظ سربی قرار گرفته که دریچه جانبی آن به صورت باز و فاقد حفاظ می باشد. از آنجا که امکان جا به جا کردن چشمه وجود نداشت در آزمایش صورت گرفته با تغییر مکان دستگاه نسبت به چشمه، اثر فاصله چشمه از شمارشگر، در شمارش صورت گرفته مورد بررسی قرار گرفته است.

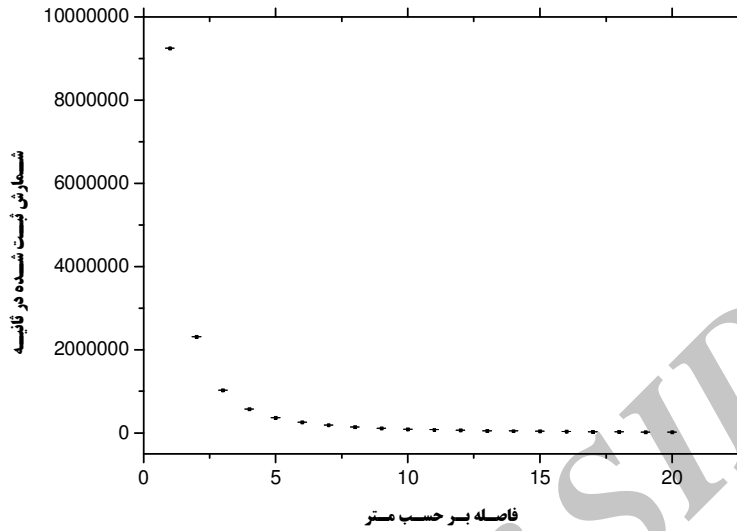
به منظور بررسی بهتر گامای پس پراکنده در محیط، نقاط قرارگیری دستگاه در آزمایش به گونه ای انتخاب شده که به صورت مستقیم در مقابل چشمه قرار نداشته باشد. نتایج آزمایش فوق در نمودار ارائه شده در شکل شماره ۲ قابل مشاهده می باشند.

همچنین این آزمایش با هندسه ای مشابه توسط کد MCNP4c با بهره گیری از تالی استار اف ۸ نسبت تعداد ذرات رسیده به آشکارساز به ذرات گسیل شده از چشمه را در فاصله ۱ تا ۲۰ متری محاسبه نمودیم. نتایج شبیه سازی انجام شده در شکل شماره ۳ قابل مشاهده می باشد.

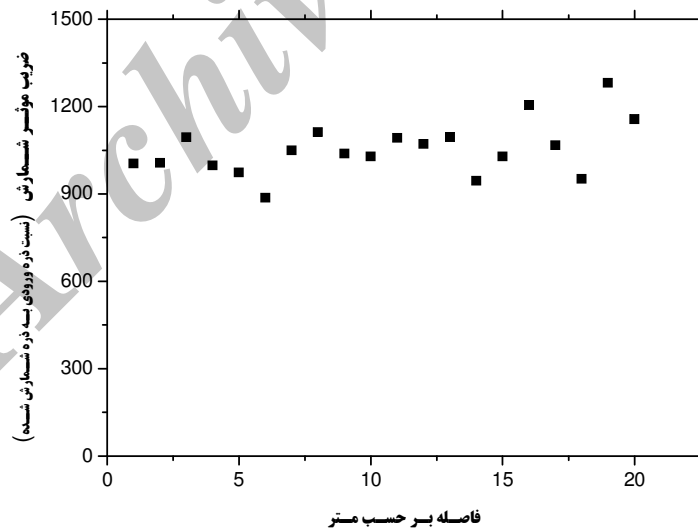
شکل شماره ۴ مقایسه نتایج حاصل از شبیه سازی و آنچه که در عمل بدست آمده است را نشان می دهد. برای این مقایسه ضریب موثر دستگاه در نقاط مختلف محاسبه شده است. منظور از ضریب موثر در اینجا نسبت ذرات وارد شده به آشکارساز (که از شبیه سازی بدست می آید) به شمارش بدست آمده از اندازه گیری تجربی است. همانطور که در این شکل مشخص است، اعداد بدست آمده برای نقاط مختلف نزدیک هم هستند و تقریباً بر روی یک خط قرار دارند.



شکل شماره ۲- اثر فاصله چشمه از دستگاه بر شمارش دستگاه



شکل شماره ۳- نتایج حاصل از شبیه سازی تعداد ذره وارد شده از چشمه ۱۰۰ میلی کوری به آشکارساز در فاصله ۱ تا ۲۰ متری، با استفاده از تالی استار اف ۸ کد MCNP4c



شکل شماره ۴- مقدار اندازه گیری شده توسط آزمایش تجربی با نتیجه حاصل از محاسبه صورت گرفته توسط کد MCNP4c مقایسه گردید و نتایج حاصل

جمع بندی و نتیجه گیری :

در آزمایش صورت گرفته در این پژوهش، میانگین نتیجه اندازه گیری پرتوهای زمینه در حالت عدم حضور چشمه پرتوزا، برابر با ۵ شمارش بر ثانیه می باشد.

همانطور که در شکل شماره ۴ مشاهده می شود نسبت ذرات شمارش شده در آزمایش تجربی به ذرات وارد شده به آشکارساز - که توسط شبیه سازی محاسبه شده است - در بازه ۸۸۰ تا ۱۲۸۰ قرار دارد که تغییرات آن در حدود ۳۰ درصد می باشد.

با توجه به نتایج حاصل و مقدار متوسط ۵ شمارش بر ثانیه برای پرتوهای زمینه و با توجه به استاندارد IEC 504 [V]، دستگاه برای تشخیص یک چشمه ۱ میلی کوری در شعاع ۲/۵ متری یا یک چشمه ۱۰ میلی کوری در فاصله ۷ متری و یا یک چشمه ۱۰۰ میلی کوری در فاصله ۲۰ متری مناسب می باشد.

طراحی انعطاف پذیر این دستگاه، آن را به عنوان یک دستگاه با قیمتی مناسب، دقت بالا و قابلیت استفاده در محیط های صنعتی، آزمایشگاهی و مراکز هسته ای بدل می سازد. قابلیت انعطاف در تغییر ابعادی و تعویض قطعات و قابلیت جایگزینی آشکارساز و سامانه هسته ای سبب تسهیل در روند نگهداری دستگاه می گردد. در صورت جایگزینی منبع تغذیه ولتاژ بالای دستگاه با یک منبع تغذیه پویاتر که دارای گستره تغییرات ولتاژ بیشتری باشد، می توان بدون تغییر در سامانه هسته ای دستگاه از هر نوع آشکارساز گازی تناسبی و یا گایگرمولر دیگری استفاده کرد.

مراجع :

- [1] Herman Cember & Thomas E. Johnson, *Introduction To Health Physics*, Fourth edition, New York, 2008
- [2] Commission on Engineering and Technical Systems, "Film Badge Dosimetry in Atmospheric Nuclear Tests", iaea, (1989)
- [3] Supratim Ray a, Ernst Niebur b, Steven S. Hsiao c, Alon Sinai d, Nathan E. Crone d, - High-frequency gamma activity (80–150 Hz) is increased in human cortex during selective attention - Accepted 23 September 2007
- [4] Chizuo Mori, Hironori Kumanomido, Tamaki Watanabe - Application of a background-compensated Geiger-Müller counter to a survey meter - Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated - Equipment, Volume 228, Issue 1, 15 December 1984, Pages 177-182
- [5] Datasheet of ZP1201 CENTRONIC LTD - Geiger MÜLLER Tubes
- [6] A. Nawijn, D. Mulder - The mechanism of the Geiger-Müller-counter III - Physica, Volume 10, Issue 7, July 1943, Pages 531-543
- [7] IEC 60092-504 Electrical Installations in Ships - Part 504: Special Features - Control and Instrumentation