Archive of SID

مجله سنجش و ایمنی پرتو، جلد ۸، شمارهٔ ٤، ویژه‌نامه پرتوهای یون‌ساز، ۱۳۹۸، صفحه ۸۵-۹۲
پنجمین کنفرانس ملی سنجش و ایمنی پرتوهای یون‌ساز و غیریون‌ساز (مهرماه ۱۳۹۷)
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰٦/۰۱، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۷/۰۱

گذار از الکترونیک هسته‌ای آنالوگ به دیجیتال در طیف‌سنجی دقیق تابش گاما: مزایا و محدودیت‌ها

علی بیگانه، امیدرضا کاکوئی*، حسین رفیع خیری و محمد لامعی رشتی

پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، تهران، ایران.
*تهران، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، کدپستی: ۱۴۳۹۵-۸۳۶
پست‌الکترونیکی :okakuee@aeoi.org.ir

چکیده

در این مقاله، سیستم پردازش دیجیتال سیگنال برای انجام طیف‌سنجی دقیق تابش گاما ارائه شده‌است. اساس این سیستم، یک دیجیتایزر ١٤ بیتی است که به صورت مستقیم از سیگنال خروجی از پیش‌تقویت‌کننده نمونه‌برداری می‌کند. مزایا و محدودیت‌های استفاده از این سیستم در مقایسه با سیستم طیف‌سنجی آنالوگ، از دیدگاه طیف‌سنجی تابش گاما به صورت کیفی و کمی مورد آزمایش و تحلیل قرارگرفته‌است. نتایج نشان می‌دهد که پردازش دیجیتال در مقایسه با آنالوگ، قدرت تفکیک انرژی بهتر، پایداری طولانی‌تر، نسبت قله به کامپتون زیادتر، تقارن قله بهتر، بازدهی شمارش بیشتر و حذف موثر اثر کسر بالستیک را در اختیار قرار می‌دهد.

کلیدواژگان : آشکارساز، الکترونیک هسته‌ای، پردازش دیجیتال سیگنال، طیف سنجی، تابش گاما.

۱. مقدمه

اندازه‌گیری را تا حد زیادی بهبود بخشیده‌است[۱]. این گذار، فرصت‌های جدیدی را در طیف‌سنجی تابش‌های هسته‌ای ایجاد کرده که تا قبل از آن، دست‌یابی به آنها غیر ممکن و یا بسیار دشوار بوده است.

سیستم‌های پردازش سیگنال دیجیتال و آنالوگ هر دو اهداف مشترکی را دنبال می‌کنند. این اهداف شامل کاهش نرخ داده‌های ورودی به سطح قابل مدیریت برای پردازش، حذف اطلاعات غیرضروری (نوفه‌ها) و در نهایت شکل‌دهی به سیگنال و ارزیابی دقیق زمان رسیدن سیگنال و ارتفاع آن است. این فرآیندها عمدتا تحت تاثیر نوفه‌های آشکارساز و

در اغلب تاسیسات هسته‌ای از آشکارسازها و سیستم‌های اندازه‌گیری هسته‌ای برای انجام تحقیقات فیزیک هسته‌ای و پایش محیطی استفاده می‌شود. به منظور دست‌یابی به عملکرد بهینه آشکارساز، لازم است سیستم الکترونیک هسته‌ای تا حد ممکن با ویژگی‌های آشکارساز سازگار باشد. در سال‌های اخیر، توسعه و استفاده از تبدیل‌گرهای آنالوگ به دیجیتال[1]، مدارهای مجتمع برنامه پذیر[2] و پردازشگرهای دیجیتال در طیف‌سنجی تابش‌های هسته‌ای، عملکرد سیستم‌های

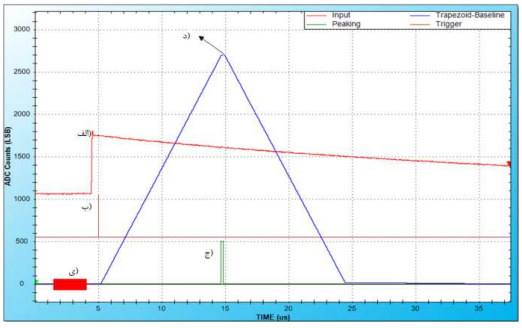
[1]Analog to Digital Converter (ADC)
[2]Field Programmable Gate Arrays(FPGA)

Downloaded from rsm.kashanu.ac.ir at 12:57 +0330 on Wednesday December 9th 2020
www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from rsm.kashanu.ac.ir at 12:57 +0330 on Wednesday December 9th 2020

یک دیجیتایزر ۱٤بیتی(CAEN DT5724B) جایگزین آن‌ها شده‌است. این دیجیتایزر که دارای ٤ کانال ورودی است، به صورت مستقیم و با فرکانس ۱۰۰MHz از سیگنال پیش‌تقویت‌کننده نمونه‌برداری می‌کند. این عدد با استفاده از سفت افزار[۲] دیجیتایزر به یک سیگنال تبدیل می‌شود و در مرحله‌ی بعد یک الگوریتم بازگشتی این سیگنال را به یک سیگنال ذوزنقه‌ای تبدیل می‌کند که ارتفاع آن متناسب با انرژی تابش است. از آن‌جا که در فرآیند شکل‌دهی به سیگنال، خروجی پیش‌تقویت‌کننده به سرعت به عدد تبدیل می‌شود، این سیگنال دستخوش نوفه‌های الکترونیک هسته‌ای آنالوگ نخواهد شد و ناپایداری به شدت کاهش می‌یابد. فرآیند بهینه-سازی شکل پالس با استفاده از فیلتر ذوزنقه‌ای و با محاسبات ریاضی انجام می‌شود. برای دست‌یابی به طیف مطلوب، لازم است پارامترهای فیلتر ذوزنقه‌ای بهینه شوند. مزایای استفاده از فیلتر ذوزنقه‌ای در مقایسه با فیلترهای مثلثی و گاوسی به صورت تحلیلی در مرجع [۳] ارائه شده‌است. شکل۲ پایش پردازش دیجیتال سیگنال را نشان می‌دهد که با استفاده از نرم افزار MC2 Analyzer ثبت شده‌است[٤].

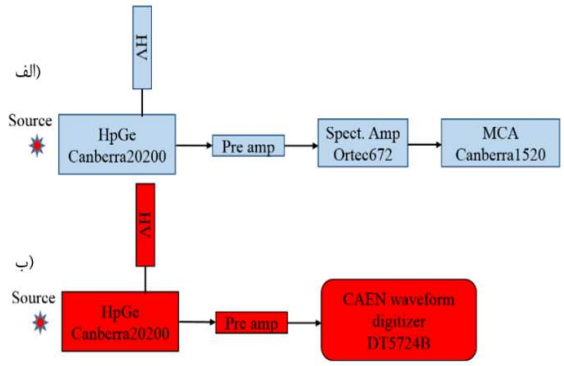


شکل (۲): پایش پردازش دیجیتال سیگنال: الف)سیگنال پیش‌تقویت کننده، ب)سطح تریگر، ج)زمان اندازه‌گیری ارتفاع سیگنال، د)زمان ناحیه تخت و ی)پنجره متحرک برای تعیین خط پایه.

ماژول‌های الکترونیک هسته‌ای و فاکتورهای محیطی مثل تغییرات دمایی قرار می‌گیرند و عملکرد سیستم اندازه‌گیری را با خطا مواجه می‌کنند. مطالعات نشان می‌دهد که سیستم‌های پردازش دیجیتال در مقایسه با آنالوگ در کاربردهای اندازه-گیری تابش با استفاده از آشکارسازهای سوسوزن، HPGe و شمارنده‌های تناسبی عملکرد بهتری دارند[۲]. در این پژوهش، مزیت‌های سیستم پردازش دیجیتال نسبت به آنالوگ از دیدگاه طیف‌سنجی دقیق تابش گاما به صورت کیفی و کمی مورد بررسی قرارگرفته است.

۲. پردازش دیجیتال در مقایسه با آنالوگ

پیکربندی سیستم طیف‌سنجی آنالوگ در شکل۱-الف نشان‌داده شده‌است. در این مجموعه، سیگنال خروجی از پیش-تقویت‌کننده با استفاده از تقویت‌کننده به یک سیگنال گاوسی تبدیل می‌شود. سپس ارتفاع سیگنال که متناسب با انرژی تابش است، توسط تبدیل‌گر آنالوگ به دیجیتال به یک عدد تبدیل و پس از ارسال به تحلیل‌گر بس‌کاناله[۱]، به طیف انرژی تبدیل می‌شود.



شکل (۱): پیکربندی سیستم طیف سنجی آنالوگ(الف) در مقایسه با سیستم طیف‌سنجی دیجیتال(ب).

در سیستم پردازش دیجیتال که در شکل ۱-ب نشان داده شده‌است، تقویت‌کننده و تبدیل‌گر آنالوگ به دیجیتال حذف و

[1]Multi-Channel Analyzer(MCA)

[2]Firmware

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from rsm.kashanu.ac.ir at 12:57 +0330 on Wednesday December 9th 2020

مقایسه شده است. در این نمودار، انحراف در موقعیت قله تابش در انرژی۵۱۱keV در بازه‌های زمانی۳۰ دقیقه‌ای رسم شده‌است. با توجه به این نمودار، سیستم اندازه‌گیری دیجیتال در طول زمان، پایداری بیش‌تری را در اختیار قرارمی‌دهد. این واقعیت را می‌توان از دو دیدگاه بررسی کرد:

اول این‌که در سیستم دیجیتال، خروجی پیش تقویت‌کننده به طور مستقیم توسط دیجیتایزر پردازش می‌شود و سیگنال‌ها تحت تاثیر تغییرات بهره‌ی تقویت‌کننده قرار نمی‌گیرند.

دوم اینکه در سیستم آنالوگ، خروجی تک‌قطبی سیگنال تقویت‌کننده، به دلیل وجود جریان نشتی در آشکارساز، با اندکی جابه‌جایی در ولتاژ، با ولتاژ خط پایه ناپایدار، هم‌پوشانی می‌کند. این درحالی است که برای ارزیابی دقیق ارتفاع سیگنال، خط پایه آن باید با دقت تخمین زده‌شود. این مشکل با استفاده از مدار بازسازی خط پایه[۲] در پردازش دیجیتال، تا حد زیادی رفع شده‌است. این مدار همان‌گونه که در شکل۱-ی نشان داده شده‌است، به صورت مداوم، سطح خط پایه را با میانگین‌گیری ازN رویداد در یک دوره زمانی، ارزیابی می‌کند و آن را از دامنه‌ی سیگنال اندازه‌گیری شده کم می‌کند. لازم به ذکر است که، اگرچه مدار احیاکننده خط پایه می‌تواند باعث بهبود پایداری موقعیت قله‌ی انرژی تابش شود، انجام این محاسبات باعث افزایش حدود ۱۰ درصدی زمان مرده سیستم اندازه‌گیری می‌شود.

پایداری موقعیت قله در سیستم آنالوگ می‌تواند با استفاده از تثبیت‌کننده دیجیتال[۳]، تا حد زیادی بهبود یابد. این تثبیت‌کننده، به صورت پویا تعداد کل کانال‌های قرارگرفته در زیر قله انرژی را از طریق تصحیح بهره‌ی تقویت‌کننده متوازن کرده و موقعیت قله را مجبور به پایداری در طول زمان می‌کند[۵].

[2]Base Line Restorer
[3]Digital Stabilizer

۳. مزیت‌های سیستم پردازش دیجیتال سیگنال

سیستم‌های پردازش دیجیتال در مقایسه با آنالوگ مزیت‌هایی دارند که به صورت خلاصه موارد زیر را شامل می‌شود:

۱-حذف نوفه‌های الکترونیک هسته‌ای آنالوگ با نمونه‌برداری مستقیم از سیگنال پیش‌تقویت‌کننده.

۲-ثبت شکل خام سیگنال پیش‌تقویت‌کننده و پردازش پی‌درپی آن برای دست‌یابی به بهترین قدرت تفکیک انرژی در کنار بیشترین بازدهی شمارش.

۳-پایداری طولانی مدت قله تابش به دلیل حذف تقویت‌کننده.

٤-حذف اثر کسر بالستیک[۱] با استفاده از فیلتر ذوزنقه‌ای.

۵-بهبود بازدهی شمارش با استفاده از مدار تبعیض‌گر زمان خیزش پالس.

٦-نسبت قله به کامپتون بیشتر با استفاده از حذف سیگنال‌های آسیب دیده در اثر انباشتگی.

به دلیل مزایای ذکرشده، تکنیک پردازش دیجیتال به سرعت درحال جایگزین‌شدن با روش‌های سنتی پردازش آنالوگ سیگنال است. در بخش آتی، مزیت‌های ذکر شده به صورت کیفی و کمی مورد آزمایش و تحلیل قرارگرفته‌است.

۱.۳. پایداری طولانی‌مدت

در بسیاری از کاربردهای اندازه‌گیری تابش، دست‌یابی به خطای اندازه‌گیری قابل قبول، نیازمند چندین ساعت جمع‌آوری طیف است. در چنین شرایطی، پایداری الکترونیک هسته‌ای نقش مهمی در صحت نتایج ایفا می‌کند. این در حالی است که پایداری طولانی‌مدت موقعیت قله انرژی، عمدتا تحت تاثیر تغییرات ولتاژ منبع تغذیه، تغییرات ناگهانی بهره تقویت‌کننده و تغییرات دمایی قرار می‌گیرد. در شکل۳ پایداری طولانی‌مدت سیستم طیف‌سنجی دیجیتال با سیستم آنالوگ

[3]Ballistic deficit

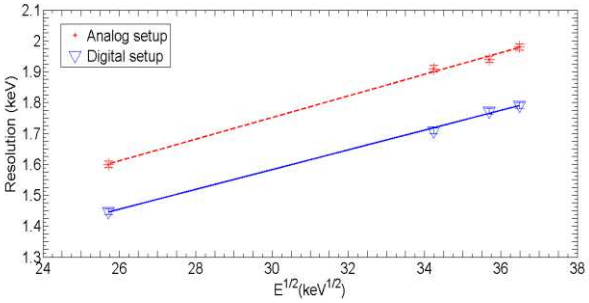
www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from rsm.kashanu.ac.ir at 12:57 +0330 on Wednesday December 9th 2020

از فیلتر ذوزنقه‌ای به جای فیلتر گاوسی برای تعیین ارتفاع سیگنال استفاده می‌شود. در این حالت، تعیین مقدار دقیق ارتفاع پالس بر روی ناحیه‌ی تخت بالایی ذوزنقه انجام می‌شود. در این ناحیه، ارتفاع سیگنال مستقل از افت و خیز زمان جمع‌آوری بار در داخل آشکارساز است و بنابراین اثر کسر بالستیک بر قدرت تفکیک انرژی تا حد زیادی حذف می‌شود.

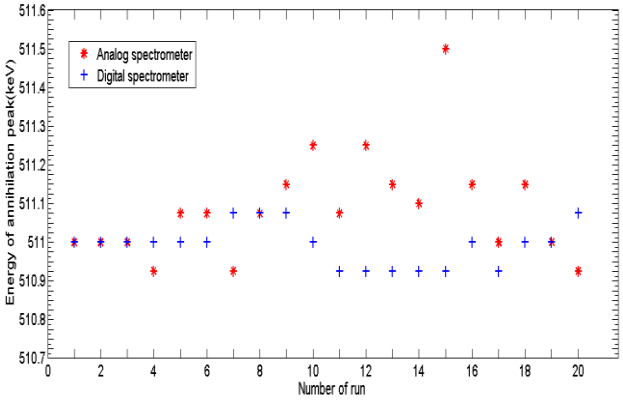
تغییرات قدرت تفکیک انرژی آشکارساز برای پیکربندی‌های نمایش داده شده در شکل ۱-الف وب بر حسب انرژی تابش گاما گسیل شده از چشمه‌های ^{22}Na(۱۲۷٤keV) ، ^{60}Co(۱۱۷۳و۱۳۳۲keV) و ^{137}Cs(٦٦۲keV) اندازه‌گیری و در شکل ٤ نشان داده شده‌است. برای انجام این اندازه‌گیری، زمان شکل‌دهی به پالس برای هر دو پیکربندی ۳ µs و زمان ناحیه تخت[۲] در پردازش دیجیتال ۰/٤ µs انتخاب شده‌است. در این اندازه‌گیری، استانداردهای IEEE[۳] برای اندازه‌گیری قدرت تفکیک انرژی آشکارساز رعایت شده‌است. در این استاندارد، تعداد کل کانال‌ها در ناحیه‌ی FWHM[٤] حداقل ٦ کانال و تعداد کل شمارش‌ها در این ناحیه حداقل ۵۰۰۰۰ شمارش، فاصله چشمه تا آشکارساز ۲۰cm و زمان مرده سیستم اندازه‌گیری کمتر از ٪ ٦ است[٦]. همان‌گونه که در شکل ٤ نشان داده شده‌است، در سیستم طیف‌سنجی دیجیتال، قدرت تفکیک انرژی در حدود ٪۱۰ درصد بهبود یافته است.



شکل (۴): قدرت تفکیک انرژی بر حسب ریشه انرژی برای دو پیکربندی دیجیتال و آنالوگ.

[2]Flat top time
[3]Institute of Electrical and Electronics Engineers.
[4]Full Width at Half Maximum.

علاوه‌براین، در صورتی که الکترونیک هسته‌ای آنالوگ همانند سیستم پردازش دیجیتال، امکان ثبت انرژی و زمان همه‌ی رویدادها را داشته باشد، می‌توان با آنالیز برون‌خطی[۱] داده‌ها، رویدادهای ثبت شده در یک بازه‌ی زمانی مشخص که در آن‌ها جابه‌جایی در قله انرژی بیش از یک مقدار قابل قبول باشد را حذف و یا کانال ثبت شده برای آن رویدادها را جابه‌جا کرد.



شکل (۳): نمایش تغییرات انرژی قله ۵۱۱keV بر حسب تعداد بازه‌های اندازه‌گیری شده.

۲.۳. قدرت تفکیک انرژی

قدرت تفکیک انرژی یک آشکارساز به ویژه در نرخ‌های شمارش زیاد، عمدتا تحت تاثیر مدت زمان جمع آوری بار در داخل آشکارساز قرارمی‌گیرد. حساسیت تکنیک پردازش سیگنال به تغییرات زمان جمع‌آوری پالس در داخل آشکارساز، تاثیر زیادی بر قدرت تفکیک انرژی قله تابش دارد. کسر بالستیک و جمع‌آوری ناقص بار در آشکارساز، به ویژه هنگامی که زمان شکل‌دهی به پالس کمتر از ۲ میکروثانیه باشد، سبب افزایش قدرت تفکیک انرژی می‌شوند.

هدف از تصحیح اثر کسر بالستیک، کاهش حساسیت سیگنال به تغییرات در زمان خیزش پالس است. در پردازش دیجیتال سیگنال، همان‌گونه که در شکل ۱ نشان داده شده‌است،

[3]Offline

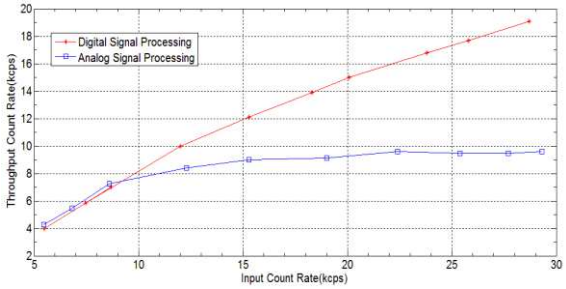
www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from rsm.kashanu.ac.ir at 12:57 +0330 on Wednesday December 9th 2020

خیزش طولانی‌تری دارند و تشخیص آن‌ها با استفاده از این مدار امکان‌پذیر است. برای جلوگیری از حذف رویدادهای عاری از اختلال انباشتگی توسط مدار تبعیض‌گر، لازم است در انتخاب مقدار مناسب برای بیشینه مقدار خیزش پالس دقت کافی شود.

شکل۵ نرخ سیگنال‌های پردازش شده برحسب نرخ سیگنال‌های ورودی به سیستم را نشان می‌دهد. در این اندازه-گیری، زمان شکل‌دهی به پالس برای هر دو سیستم آنالوگ و دیجیتال ۳ µs انتخاب شده است. از آن‌جا که الگوریتم حذف پالس‌های انباشته شده در پردازش دیجیتال پربازده‌تر است، بازدهی شمارش این سیستم در نرخ‌های شمارش بیشتر از ۱۰kHz، زیادتر از سیستم آنالوگ است. علاوه بر این، پردازش دیجیتال امکان ثبت حجم زیادی از سیگنال‌های خام خروجی از پیش تقویت‌کننده و پردازش و شکل‌دهی به آن‌ها به صورت برون خطی را فراهم می‌کند که در این حالت نیز بازدهی شمارش می‌تواند افزایش‌یابد. این ویژگی، امکان انجام طیف‌سنجی با قدرت تفکیک انرژی عالی در نرخ‌های شمارش زیاد را فراهم کرده‌است.



شکل (۵): بازدهی سیگنال‌های پردازش شده بر حسب نرخ شمارش.

۴.۳. تقارن قله[3] انرژی

از آن‌جا که شکل‌گیری بار الکتریکی در داخل آشکارساز یک فرآیند پوآسونی[4] است، شکل قله انرژی باید تا حد ممکن

۳.۳. بازدهی شمارش

دست یابی به بازدهی شمارش زیاد برای دست‌یابی به خطای آماری قابل قبول در کنار قدرت تفکیک انرژی عالی، در بسیاری از کاربردهای اندازه‌گیری تابش نظیر دزیمتری دزهای زیاد در اطراف راکتورهای هسته‌ای، آنالیز با استفاده از فعال-سازی نوترونی و رادیومتری حائز اهمیت است. علاوه بر این، برای تعیین فعالیت چشمه در یک انرژی مشخص، لازم است نسبت تعداد پالس‌های خروجی از پیش تقویت‌کننده به پالس-های پردازش شده توسط الکترونیک هسته‌ای قابل تشخیص باشد. این در حالی است که، سیگنال‌های خروجی از آشکارساز، عمدتا به صورت یکنواخت وارد سیستم پردازش نمی‌شوند و بنابراین زمان رسیدن آن‌ها قابل پیش‌بینی نیست. هنگامی که نرخ شمارش زیاد باشد، دو و یا تعداد بیشتری پالس بر روی هم انباشته[1] می‌شوند. جداسازی پالس‌ها با استفاده از سیستم آنالوگ نیازمند حذف یک یا چند پالس است که سبب کاهش تعداد پالس‌های پردازش شده و کاهش بازدهی شمارش سیستم خواهدشد. در این حالت، برای جبران پالس‌های از دست رفته، می‌توان زمان شکل‌دهی به پالس را کوچک‌تر انتخاب کرد که نتیجه‌ی آن افزایش قدرت تفکیک انرژی است.

سیستم‌های پردازش دیجیتال، با به کارگیری مدار تریگر سریع و فیلتر زمانی، با بازدهی زیاد، قادر به تشخیص و حذف پالس‌های انباشته شده هستند. وظیفه‌ی مدار تریگر سریع، تشخیص پالس ورودی و ایجاد تریگ روی آن و سپس محاسبه زمان رسیدن و خیزش پالس است. این مدار دارای یک تبعیض‌گر زمان خیزش[2] پالس است که امکان حذف سیگنال-هایی با خیزش پالس طولانی‌تر از یک مقدار قابل تعریف را فراهم می‌کند[۷]. پالس‌های انباشته شده روی یکدیگر، زمان

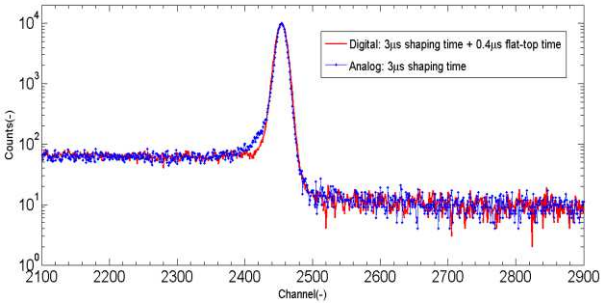
[1]Pulse Pile-up.
[2]Rise time discriminator
[3]Peak asymmetry
[4]Poisson process

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from rsm.kashanu.ac.ir at 12:57 +0330 on Wednesday December 9th 2020

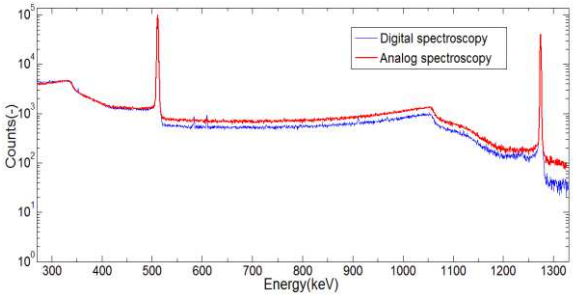
است که نشان دهنده بهتر بودن کیفیت تقارن قله در پردازش دیجیتال است.



شکل (۶): مقایسه تقارن قله انرژی در دو پیکربندی آنالوگ و دیجیتال.

۵.۳. نسبت قله به کامپتون

اگرچه نسبت قله به کامپتون وابستگی زیادی به ساختار هندسی آشکارساز و هندسه آزمایش دارد، برای یک پیکربندی ثابت، نسبت قله به کامپتون با قدرت تفکیک انرژی رابطه معکوس و با بازدهی آشکارساز رابطه مستقیم دارد. طیف تابش گاما گسیل شده از چشمه ^{22}Na(۵۱۱و۱۲۷٤keV) با استفاده از دو پیکربندی دیجیتال و آنالوگ ثبت و در شکل۷ نشان داده شده‌است. برای انجام این مقایسه، هر دو طیف به تعداد شمارش در قله انرژی۵۱۱keV بهنجار شده‌اند. با توجه به شکل۷، پردازش دیجیتال به دلیل امکان کنترل بهتر پارامترهای الگوریتم شکل‌دهی پالس و حذف سیگنال‌های آسیب‌دیده در اثر انباشتگی، نسبت قله به کامپتون بهتری را در اختیار قرار داده‌است.



شکل (۷): طیف ثبت شده از تابش گاما چشمه سدیم-۲۲ با استفاده از دو چیدمان دیجیتال و آنالوگ.

به تابع گاوسی نزدیک باشد. اثر کسر بالستیک و گیراندازی بار در داخل آشکارساز، دو فاکتور مهم در ایجاد دنباله در لبه‌ی کم انرژی قله تابش گاما هستند[٦]. اگرچه اثر گیراندازی بار در داخل آشکارساز کاملا اجتناب ناپذیر است، استفاده از فیلتر ذوزنقه‌ای در پردازش دیجیتال می‌تواند باعث بهبود تقارن قله شود. تنظیم دقیق زمان تخت در فیلتر ذوزنقه‌ای امکان حذف اثر کسر بالستیک را فراهم می‌کند. اگر این زمان کوتاه انتخاب شود، در ناحیه کم انرژی طیف یک دنباله ایجاد خواهد شد و اگر این زمان طولانی باشد، قله متقارن‌تر شده اما بازدهی شمارش افت می‌کند.

در شکل٦، تقارن قله طیف ثبت شده برای دو پیکربندی آنالوگ و دیجیتال مقایسه شده‌اند. در این اندازه‌گیری، زمان شکل‌دهی به پالس برای هر دوپیکربندی آنالوگ و دیجیتال ۳ μs و در پردازش دیجیتال زمان ناحیه تخت در فیلتر ذوزنقه‌ای ۰/٤ μsانتخاب شده‌است. از آنجا که در سیستم آنالوگ از تقویت‌کننده استفاده شده‌است، برای اطمینان از صحت مقایسه تقارن قله در دو پیکربندی، این اندازه‌گیری در نرخ شمارش کمتر از ۱۰۰c/s انجام شده‌است که در این حالت می‌توان از اثرات تقویت‌کننده در تقارن قله در نرخ شمارش زیاد، چشم‌پوشی کرد.

کیفیت تقارن در قله انرژی را می‌توان به صورت کمی با استفاده از فاکتور زانو[1] توسط رابطه۱ بیان کرد[۸]:

$$K_{0.1} = \frac{FW0.1M}{1.823FWHM} \qquad (۱)$$

در این رابطه، FW0.1M پهنای قله در ۰/۱ دامنه است. برای یک قله گاوسی ایده‌آل، این فاکتور برابر با ۱ است. اگر یکی از دو لبه‌ی کم انرژی یا پرانرژی قله، پهن‌تر از مقدار منطبق با تابع گاوسی باشند، این فاکتور بزرگتر از ۱ خواهدشد. در طیف نشان داده شده در شکل٦، مقدار این پارامتر برای دو حالت آنالوگ و دیجیتال به ترتیب ۱/۱۳ و ۱/۲۷ محاسبه شده-

[1]Knee factor

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from rsm.kashanu.ac.ir at 12:57 +0330 on Wednesday December 9th 2020

هسته‌ای کشور، نیازمند آموزش و تمرین در کنار توسعه سخت‌افزاری در این زمینه است.

۵. نتیجه‌گیری

در این مقاله طیف‌سنجی دقیق تابش گاما با استفاده از سیستم پردازش دیجیتال ارائه‌شد. بهینه‌سازی فرآیند شکل‌دهی سیگنال برای دست‌یابی به طیف مطلوب به صورت نرم‌افزاری انجام‌شد و نتایج اندازه‌گیری از دیدگاه طیف‌سنجی تابش گاما با سیستم آنالوگ مقایسه‌شد. نتایج نشان داد که پردازش دیجیتال نسبت به آنالوگ به دلیل حذف الکترونیک هسته‌ای آنالوگ، پایدارتر است. این سیستم، به دلیل عملکرد دقیق‌تر در حذف رویدادهای انباشتگی، بازدهی شمارش زیادتری در اختیار قرار می‌دهد. فیلتر ذوزنقه‌ای به کار رفته در فرآیند شکل‌دهی به پالس امکان حذف موثر اثر کسر بالستیک و در نتیجه بهبود قدرت تفکیک انرژی را فراهم کرد. از دیدگاه بازدهی شمارش، مدار تبعیض‌گر خیزش پالس در سیستم دیجیتال امکان تشخیص بهتر سیگنال‌های انباشته‌شده را فراهم کرد و بازدهی شمارش را افزایش داد.

بهبود ویژگی‌های ذکرشده، امکان ثبت داده‌های قابل اعتماد با دقت و صحت بیشتر در آزمایشگاه به منظور پشتیبانی از تحقیقات در زمینه تابش‌های هسته‌ای را فراهم می‌کند.

۴. محدودیت‌های استفاده از سیستم پردازش دیجیتال سیگنال

گذار از تکنولوژی آنالوگ به دیجیتال اگرچه مزایای عملیاتی بسیاری دارد، با محدودیت‌هایی نیز مواجه است که شامل موارد زیر است:

۱–سیستم‌های آنالوگ با استفاده از آشکارسازهای سوسوزن به راحتی می‌توانند به قدرت تفکیک زمانی کمتر از ۱ نانوثانیه دست پیدا کنند. این درحالی است که در پردازش دیجیتال، دست یابی به این سطح از دقت، نیازمند در اختیار داشتن دیجیتایزر گران قیمت با نرخ نمونه‌برداری در محدوده گیگاهرتز است. از سوی دیگر، تبدیل‌گرهای آنالوگ به دیجیتال، عمدتا تعداد بیت کافی برای دست‌یابی به نرخ نمونه‌برداری مورد نظر را در اختیار قرار نمی‌دهند. بنابراین، در حال حاضر تکنیک پردازش دیجیتال در زمینه اندازه‌گیری زمان‌های سریع، به هیچ وجه توان رقابت با سیستم‌های آنالوگ را ندارد.

۲–طراحی سیستم‌های هم‌زمانی و اندازه‌گیری زمان، نیازمند ایجاد هم‌بستگی زمانی در ثبت رویدادها در کانال‌های دیجیتایزر است که پیچیدگی‌های زیادی را در طراحی ایجاد می‌کند.

۳–تعمیرات سیستم‌های دیجیتال نیز در مقایسه با سیستم‌های آنالوگ بسیار مشکل‌تراست. الکترونیک سیستم‌های پردازش دیجیتال از مدارهای مجتمع پیچیده و تودرتو تشکیل شده‌است که عیب‌یابی و تعمیر آن‌ها اگر امکان پذیر باشد، بسیار زمان‌بر و پرهزینه است.

٤–راه‌اندازی سیستم پردازش دیجیتال و تعیین پارامترهای بهینه برای انجام طیف‌سنجی دقیق، به دلیل تطبیق پذیری بسیار مشکل سیگنال خروجی از آشکارساز با دیجیتایزر، کاملا دشوار و زمان‌بر است. بنابراین فرآیند پرکردن فاصله بین وجود تکنولوژی و امکان استفاده از آن توسط پژوهشگران صنعت

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from rsm.kashanu.ac.ir at 12:57 +0330 on Wednesday December 9th 2020

www.SID.ir

Archive of SID

مجله سنجش و ایمنی پرتو، جلد ۸، شمارهٔ ٤، ویژه‌نامه پرتوهای یون‌ساز، ۱۳۹۸، صفحه ۸۵-۹۲
پنجمین کنفرانس ملی سنجش و ایمنی پرتوهای یون‌ساز و غیریون‌ساز (مهرماه ۱۳۹۷)
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰٦/۰۱، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۷/۰۱

۶. مراجع

[1] Warburton, W. K., et al. "Digital pulse processing: new possibilities in nuclear spectroscopy." Applied Radiation and Isotopes 53.4-5 (2000): 913-920.

[2] Geraci, Angelo, et al. "Adaptive digital spectroscopy in programmable logic." IEEE Transactions on nuclear science 47.6 (2000): 2765-2772.

[3] Jordanov, Valentin T., and Glenn F. Knoll. "Digital synthesis of pulse shapes in real time for high resolution radiation spectroscopy." Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment 345.2 (1994): 337-345.

[4] CAEN Electronic Instrumentation "Mc2 analyzer software for digital multi-channel analyzer" user manual, January 11th, 2017.

[5] Nakamura, Michiuuki, and R. L. La Pierre. "A digital gain stabilizer for a multiparameter pulse-height-recording system." Nuclear Instruments and Methods 32.2 (1965): 277-282.

[6] Fairstein, E., and S. Wagner. "IEEE standard test procedures for germanium gamma-ray detectors." IEEE STD (1996): 325-1996.

[7] CAEN digital pulse analyzer a digital approach to Radiation Spectroscopy. CAEN Application Note AN2508, CAEN SpA, Viareggio, Italy, 2010.

[8] Heikinheimo, J., J. Ala-Heikkilä, and F. Tuomisto. "Detector resolution in positron annihilation Doppler broadening experiments." Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment 867 (2017): 215-221.

Downloaded from rsm.kashanu.ac.ir at 12:57 +0330 on Wednesday December 9th 2020

www.SID.ir