طیف نگاری دیجیتال با استفاده از سوسوزن یدور سزیم

پناهی، رضا [۱]– رجبی مقدم، سحر[۱] – فقهی، سید امیرحسین* [۱]– انصاری، حمیدرضا[۱]– زمزمیان، سید مهرداد[۱]

شهید بهشتی ، مهندسی هسته ای ، کاربرد پرتوها

چکیده:

با استفاده از روش‌های طیف نگاری دیجیتال حذف ادوات آنالوگ حجیم میسر شده و بنابراین می‌توان آشکارسازهای قابل حمل و نقل و مقرون به صرفه ساخت. در این تحقیق با استفاده از سوسوزن CsI(Tl)، به طیف نگاری دیجیتال پرداخته شده است. بدین منظور خروجی آند به رایانه منتقل شده، با استفاده از برنامه نوشته شده در محیط متلب طیف ارتفاع پالس رسم و در نهایت برای هر پالس به روز رسانی می‌گردد. به منظور قابل حمل و نقل سازی سیستم، منبع تغذیه ای که ورودی آن از رایانه تأمین می‌شود، طراحی و ساخته شده است. طیف ارتفاع پالس در حضور چشمه $Cs^{۱۳۷}$ رسم گردیده است. مطابق انتظار در طیف ارتفاع پالس مذکور فوتوپیک، لبه و پیوستار کامپتون دیده می‌شود.

کلمات کلیدی: *طیف نگاری دیجیتال، سوسوزن CsI(Tl)، منبع تغذیه، طیف ارتفاع پالس*

Digital Spectroscopy Using CsI(Tl) Scintillator

Panahi,Reza[(1)]-Rajabi Moghadam Sahar[(1)],Feghhi Seyed AmirHossein[(1)], Ansari HamidReza[(1)],Zamzamian Seyed Mehrdad[(1)]
Shahid Beheshti University, nuclear engineering, Radiation Application

Abstract:
Using digital spectroscopy it's possible to eliminate most of the bulky analog equipment and so portable and cost-effective detector can be made. In this research, digital spectroscopy is done using CsI (Tl) scintillation. For this purpose, anode output transferred to host computer, and using an algorithm that developed in the MATLAB environment, drown differential pulse height spectrum and then update for each pulse. For made portable system, power supply is designed and produced. The input of this power supply is provided from the host computer. Pulse height spectrum has drowned for Cs^{137}. As expected, in this spectrum photopeak, Compton edge and Compton continuum are seen.

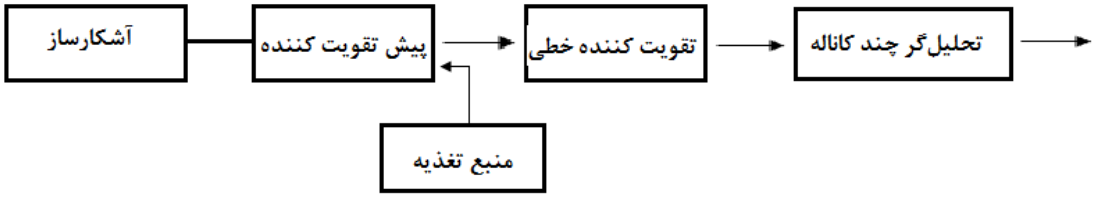
Keyword: digital spectroscopy, CsI (Tl) scintillator- power supply-pulse height spectrum

مقدمه :

تابش به خودی خود با هیچ یک از حواس پنج‌گانه انسان درک نمی‌شود. درنتیجه باید صرفاً بـه دسـتگاه‌هـای آشکارسازی و اندازه‌گیری تابش اعتماد کرد[۱]. کار آشکارساز تولیـد یـک علامـت بـه ازای هـر ذره ورودی است. آشکارسازهای سوسوزن یکی از انواع آشکارسازها هستند که در اثـر عبـور تـابش یوننـده، نـور تولیـد می‌کنند[۲]. با استفاده از ابزارهایی مانند لامپ تکثیرگر فوتون مـی‌تـوان نورسوسـوزنی تولیـد شـده را بـدون اضافه کردن نویز بالای آماری به سیگنال الکتریکی قابل استفاده تبدیل کرد[۳].

تبدیل پالس تولید شده توسط آشکارساز به پالس ولتاژ و بدست آوردن توزیع دامنه آن‌ها کار معمول سیستم طیف نگاری می‌باشد. در سیستم طیف نگاری آنالوگ به ادواتی مانند: پیش تقویت کننده، تقویت کننده خطی، تحلیلگر چند کاناله[1] نیاز است. ثبت و تولید طیف ارتفاع پالس توسط واحد تحلیلگر چند کاناله انجام می‌شود. این واحد معمولاً شامل کش دهنده مرکز پیک و دروازه خطی همراهش[2]، بازیابنده خط پایه[3] مبدل آنالوگ به دیجیتال، حافظه برای تبدیل ارتفاع پالس و نمایش نموداری است. قسمت‌های دیگری مانند تمایزدهنده، حذف کننده انباشت و غیره می تواند به صورت اختیاری به تحلیلگر چند کاناله اضافه شود[٤].

در شکل شماره (۱) شماتیکی از سیستم طیف نگاری آنالوگ آورده شده است[۳].



شکل شماره (۱) چیدمان طیف نگاری آنالوگ

پردازش پالس دیجیتال تحلیل کاملاً عددی از سیگنال‌های آشکارساز است و الگوریتم‌های عددی جایگزین مدارهای شکل دهنده و زمانگیر آنالوگ می‌شود. در این روش دیجیتال کردن پالس‌ها مرحله مقدماتی است، و باید با دقت و قدرت تفکیک زمانی کافی انجام گیرد تا اطلاعات توسط پالس حفظ شود. وقتی پالس‌ها به صورت دیجیتال در می‌آیند از اعوجاجات ناشی از نویز الکترونیکی و نوسانات دمایی مصون می‌مانند به محض دیجیتال شدن پالس‌ها، تحلیل عددی شکل پالس می‌تواند به صورت برخط یا بعد از ذخیره سازی اطلاعات و در زمان‌های دیگری انجام شود[۵]. از مزایای پرازش دیجیتال پالس نسبت به روش آنالوگ می-توان به موارد زیر اشاره کرد[٦, ۷]:

---

[1] Multichannel analyzer(MCA)
[2] central peak stretcher with its complain linear gate
[3] Base line restorer

۱- با توجه به اینکه تغییرات به صورت نرم افزاری انجام می‌پذیرد لذا الگوریتم پردازش پالس به راحتی قابل تغییر و ویرایش است.

۲- امکان ساخت تجهیزات قابل حمل و نقل با حذف واحدهای آنالوگ میسر می‌شود.

۳- پردازش‌های بعدی روی پالس به راحتی انجام می پذیرد.

٤- مقرون به صرفه است.

۵- گیراندازی و پردازش پالس‌ها بر اساس معیارهای همزمانی بین آشکارسازهای مختلف یا قسمت‌های مختلف یک آشکارساز راحت‌تر انجام می‌گیرد.

از طرف دیگر، بیشتر آشکارسازهای تابش به یک ولتاژ بالا برای کارکردن نیاز دارند. منابع تغذیه ولتاژ بالا باید به گونه ای ساخته شوند که علیرغم افت و خیز ولتاژ ورودی، ولتاژ بالای خروجی تغیرات کمی داشته باشد[۲].

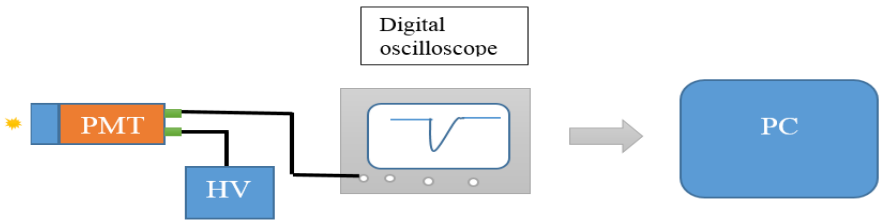
در این مقاله پالس‌های آشکارساز توسط نوسان‌نما، دیجیتال شده و در نهایت با استفاده از برنامه نویسی در محیط متلب به طیف نگاری پرتوهای گاما پرداخته شده است. در راستای قابل حمل و نقل سازی آشکارساز منبع تغذیه‌ای با اندازه کوچک که ورودی آن به وسیله کابل USB از رایانه تامین می‌شود، طراحی و ساخته شده است.

روش کار :

الف) چیدمان آزمایش

در این کار از سوسوزن یدور سزیم فعال شده با تالیم ((CsI(Tl)) با قطر ۱ اینچ استفاده شده است. CsI(Tl) نسبت به NaI(Tl) حساسیت کمتری به رطوبت دارد و استحکام بیشتری دارد، لذا می‌توان آن را در معرض شوک و ارتعاشات شدیدتری قرار داد. سوسوزن CsI(Tl) توسط گریس سیلیکون به لامپ تکثیرگر فوتون مدل XP3132 شرکت فوتونیس متصل می شود. در ادامه، لامپ تکثیرگر فوتون نیز به مقسم ولتاژ متصل می گردد و خروجی آند توسط کابل BNC به نوسان‌نمای[1] دیجیتال انتقال می‌یابد. پالس‌های خروجی آشکارساز پس از دیجیتال شدن توسط نوسان نما، از طریق کابل USB به رایانه انتقال یافته و با استفاده از الگوریتم نوشته شده طیف ارتفاع پالس به روز می‌گردند. در این کار از نوسان‌نمای دیجیتال Tektronix مدل 2024C استفاده شده است. چیدمان آزمایش در شکل شماره (۲) نشان داده شده است. لازم به ذکر است، دیجیتال سازی هر پالس توسط نوسان نما دیجیتال حدوداً ۲ ثانیه طول می‌کشد. لذا انتقال داده بر خط[2] نیست. برای انتقال بر خط داده‌ها می‌توان از مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال سریع و یا کارت های انتقال داده استفاده کرد.

[1] oscilloscope
[2] On-line

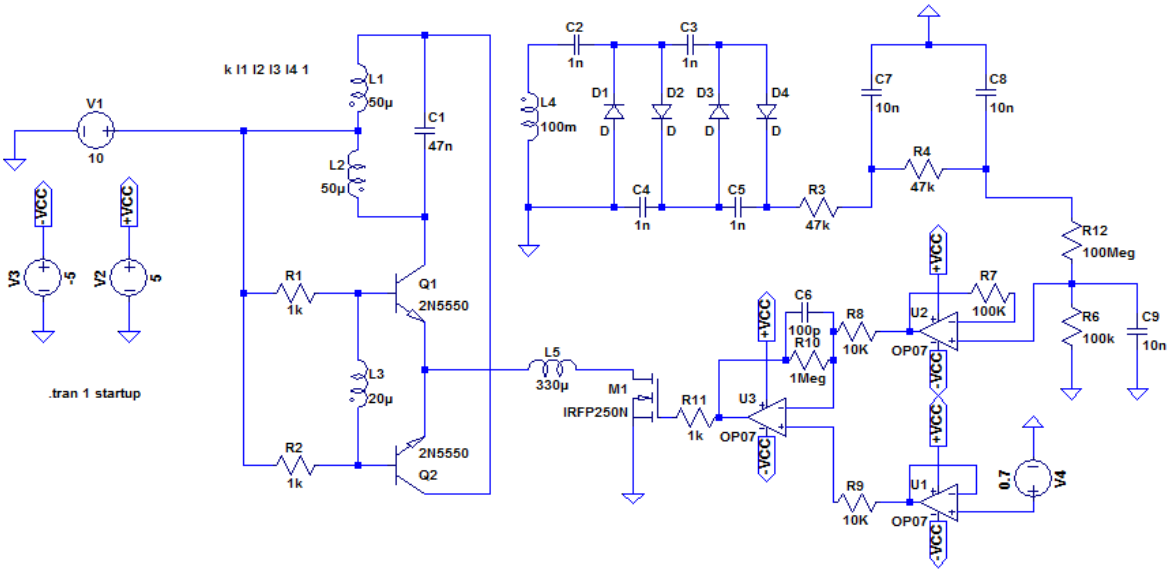


شکل شماره (۲) چیدمان آزمایش

در طیف ارتفاع پالس دیفرانسیلی محور افقی به بازه‌هایی که هر بازه بیانگر مقدار مشخصی از انرژی است تقسیم می‌شود. اصطلاحاً این بازه‌ها را کانال می‌نامند. محور عمودی بیانگر تعداد شمارش‌های هر کانال می‌باشد. در الگوریتم نوشته شده، با توجه به اینکه هر پالس تولید شده متناسب با انرژی تابش فرودی است، اگر ارتفاع پالس از نویز بیشتر بود با جمع تمام نمونه‌های پالس، یک واحد به کانالی که انرژی ذره فرودی در آن قرار می‌گیرد اضافه می‌کنیم. برای پالس‌های بعدی نیز این عمل تکرار شده و طیف ارتفاع پالس به روز رسانی می‌گردد[٦].

ب) طراحی و ساخت منبع تغذیه:

طرح و شکل منبع تغذیه ساخته شده در شکل شماره (۳) آمده است. ولتاژ ورودی منبع تغذیه ۵ ولت مستقیم[1] است که توسط کابل USB از رایانه تامین می‌شود. قسمت‌های اصلی منبع تغذیه عبارتند از: نوسان ساز، ترانس افزاینده، چند برابر کننده دیودی-خازنی، فیلتر خروجی، شبکه بازخورد[2] و مقایسه کننده.

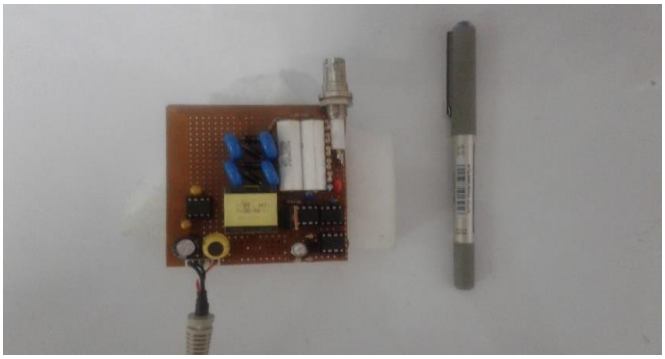


شکل شماره (۳) مدار منبع تغذیه

برای تبدیل ولتاژ مستقیم به ولتاژ متناوب در نوسان ساز از سیم پیچ دارای سر میانی(L_1 وL_2)، سیم پیچ بازخورد (L_3)، و دو ترانزیستور Q_1 و Q_2 استفاده می‌شود. برای افزایش ولتاژ ابتدا از سیم پیچ افزاینده L_4

[1] DC voltage
[2] Feedback

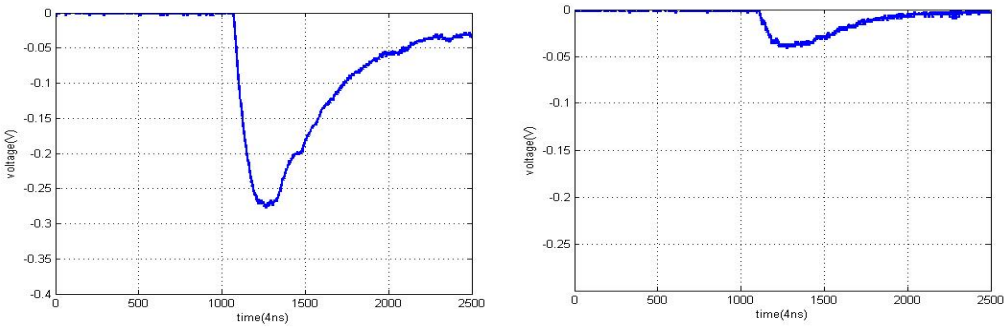
استفاده شده است. افزایش بیشتر ولتاژ با استفاده از چهار برابر کننده دیودی-خازنی (شامل دیودهای D_1 تا D_4 و خازن‌های C_2 تا C_5) صورت می‌گیرد. ولتاژ خروجی در دو خازن nf ۱۰ که توسط مقاومت ۴۷ کیلو اهمی به هم وصل شده‌اند، ذخیره می‌شود. با استفاده از شبکه بازخورد که شامل مجموعه سری مقاومت ۱۰۰ مگا اهمی و ۱۰۰ کیلو اهمی است نمونه‌ای از ولتاژ روی خازن‌ها گرفته شده و با مقدار مرجع ۱/۱ ولتی مقایسه می‌شود. اگر نمونه گرفته شده بیشتر یا کمتر از ولتاژ مرجع باشد. ترانزیستور MOSFET روشن یا خاموش می‌شود که این کار باعث قطع و یا وصل شدن ترانزیستورهای Q_1 و Q_2 می شود.لذا ولتاژ خروجی روی مقدار مورد نظر (تغذیه لامپ تکثیرگر فوتون استفاده شده) یعنی ۱۱۰۰ ولت، تنظیم می‌گردد. تصویری از منبع تغذیه ساخته شده در شکل شماره (٤) دیده می‌شود. خروجی منبع تغذیه توسط کابل ولتاژ بالا به آشکارساز انتقال می‌یابد.



شکل شماره (٤) تصویر منبع تغذیه ساخته شده

نتایج :

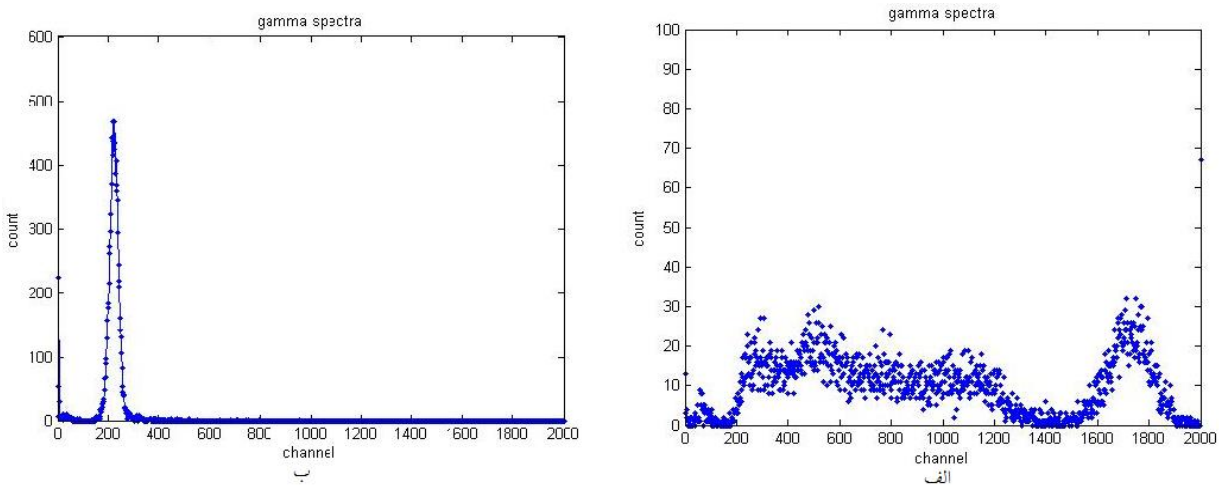
در شکل شماره (٥) دو مورد از پالس‌های دیجیتال شده توسط نوسان‌نما آورده شده است. با جمع نمونه‌ها از شروع پالس تا انتهای و اضافه کردن یک واحد به کانالی که انرژی ذره در آن قرار می گیرد طیف ارتفاع پالس به روز رسانی می‌گردد.



شکل شماره (٥) دو نمونه از پالس‌های آند آشکارساز

بعد از انتقال پالس به رایانه با استفاده از الگوریتم نوشته شده طیف ارتفاع پالس رسم شده و به روز رسانی می‌شود. طیف نهایی بدست آمده از قرار دادن چشمه ^{137}Cs و ^{241}Am مقابل آشکارساز

و گیراندازی بیش از ده هزار پالس به ترتیب در شکل شماره (۶) الف و ب آمده است.



شکل شماره (٦) طیف ارتفاع پالس الف) چشمه ^{137}Cs و ب) ^{241}Am

در انرژی‌های خیلی پایین پرتو گاما (کمتر از ۱۰۰KeV) پیوستار کامپتون از طیف حذف می‌شود ولی در انرژی های بالاتر طیف شامل فوتوپیک و پیوستار کامپتون می‌باشد[۳]. با توجه به اینکه چشمه‌های ^{137}Cs و ^{241}Am به ترتیب گامای ٦٦٢ و ٦٠ کیلوالکترون ولتی گسیل می کنند، بنابراین انتظار داریم طیف ناشی از چشمه ^{137}Cs شامل فوتو پیک، لبه و پیوستار کامپتون بوده و طیف ناشی از چشمه ^{241}Am فقط شامل فوتوپیک باشد. که این موارد در طیف‌های بدست آمده برای این چشمه‌ها به راحتی دیده می‌شود. بنابراین می توان نسبت به عملکرد آشکارساز و الگوریتم اطمینان حاصل کرد. به دلیل اینکه دیجیتال سازی و انتقال پالس‌ها توسط نوسان نما برخط نمی‌باشد، آماده سازی و انتقال هر پالس حدود ۲ ثانیه طول می‌کشد، لذا مقایسه طیف‌های بدست آمده با روش دیجیتال و آنالوگ در اینجا صحیح نمی‌باشد. برای اینکه بتوان طیف بدست آمده را با طیف حاصل از ادوات آنالوگ مقایسه کرد باید از کارت‌های انتقال داده یا مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال سریع که اطلاعات را به صورت برخط منتقل می‌کنند استفاده کرد. اما در نهایت شکل کلی طیف توسط روش‌های آنالوگ و دیجیتال باید مشابه هم باشند، که همانطور که در بالا گفته شد طیف‌های بدست آمده قابل مقایسه با طیف‌های بدست آمده با روش‌های آنالوگ می‌باشد.

با هموار کردن منحنی گاوسی بر طیف‌های بدست آمده در انرژی‌های ۶۰ و ۶۶۲ کیلو الکترون ولت، قدرت تفکیک انرژی به ترتیب ۸/۴% و ۱۱/۳۵% بدست آمد.

بحث ونتیجه گیری :

در آشکارساز ساخته شده از سوسوزن CsI(Tl) استفاده شد. در راستای قابل حمل و نقل سازی منبع تغذیه‌ای با اندازه کوچک که ورودی این منبع تغذیه از رایانه تامین می‌گردد، طراحی و ساخته شد. با استفاده از روش‌های طیف نگاری دیجیتال می‌توان ادوات آنالوگ مانند تحلیل‌گر چند کاناله و تقویت کننده خطی را حذف کرد، بنابراین می‌توان آشکارسازهای مقرون به صرفه و قابل حمل ونقل ساخت. در این کار خروجی از آند آشکارساز گرفته شده و پالس‌ها توسط نوسان نما دیجیتال، دیجیتال گردیده و به رایانه انتقال می‌یابند. طیف ناشی از چشمه ^{۱۳۷}Cs برای نمونه بدست آمده است که در آن فوتو پیک، لبه و پیوستار کامپتون به خوبی قابل مشاهده است. قدرت تفکیک انرژی در۶۰ و ۶۶۲ کیلو الکترون ولت با هموار کردن منحنی گاوسی به ترتیب ٪۸/۴ و ٪۱۱/۳۵ بدست آمد. می توان از مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال سریع یا کارت‌های انتقال داده برای انتقال بر خط داده استفاده کرد.

مراجع :

۱ Herman, C., *Introduction to Health Physics.* 1983.

۲ Tsoulfanidis, N., *Measurement and detection of radiation*. 2013: CRC press.

۳ Knoll, G.F., *Radiation detection and measurement*. 2010: John Wiley & Sons.

٤ Simões, J.B.l. and C.M. Correia, *Pulse processing architectures.* Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 1999. **422**(1): p. 405-410.

٥ Grzywacz, R., *Applications of digital pulse processing in nuclear spectroscopy.* Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 2003. **204**: p. 649-659.

٦ Farsoni, A. and D. Hamby, *A system for simultaneous beta and gamma spectroscopy.* Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 2007. **578**(3): p. 528-536.

۷ Simoes, J.B., P. Simoes, and C. Gorreia, *Nuclear spectroscopy pulse height analysis based on digital signal processing techniques.* IEEE transactions on nuclear science, 1995. **42**(4): p. 700-704.