



طراحی و نگارش نرم افزار داده پردازشی جهت طیف نگاری و جداسازی نوترون - گاما به روش دیجیتال

براتی دوین، حسین*^(۱) - بیات، اسمعیل^(۲) - قربانی، پرویز^(۳)

۱- شهید بهشتی تهران، دانشکده مهندسی هسته ای، گروه کاربرد پرتوها

۲- سازمان انرژی اتمی ایران، پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای

۳- دانشگاه آزاد، واحد علوم و تحقیقات

چکیده:

با ظهور مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال، ابزارهای اندازه‌گیری هسته‌ای نیز دستخوش تغییرات بسیاری شده‌اند. انعطاف پذیری بالاتر، مدت زمان کوتاه‌تر برای رسیدن به حالت پایدار و کوچک شدن مدارات از جمله مزیت‌های سیستم‌های اندازه‌گیری دیجیتال نسبت به آنالوگ است. در این تحقیق با استفاده از یک اسیلوسکوپ DSO به عنوان دیجیتالایزر و اتصال آن به یک رایانه و نگارش نرم‌افزار داده‌برداری، پالس‌های خروجی آند یک آشکارساز سوسوزن مایع، بطور خودکار در رایانه بصورت دیجیتال ذخیره گردید. سپس با نگارش نرم‌افزار داده‌پردازشی، با سه روش مقایسه بار، تبعیض زمان صعود و آنالیز گرادیان فرکانس، جداسازی پالس‌های نوترون-گاما انجام شد. کلمات کلیدی: جداسازی نوترون-گاما، دیجیتالایزر، روش مقایسه بار، اسیلوسکوپ DSO

DESIGNING AND PROGRAMMING OF DATA PROCESSING SOFTWARE FOR SPECTROSCOPY AND NEUTRON-GAMMA DISCRIMINATION BY DIGITAL METHOD

Hossein Barati Devin⁽¹⁾, Esmaeil Bayat⁽²⁾, Parviz Ghorbani⁽³⁾

1-Department of Radiation Application, Shahid Beheshti University G.C., Tehran, Iran

2-Nuclear Science and technology research institute, Atomic energy organization of Iran., Tehran, Iran

3-Department of science and research branch of Islamic university., Tehran, Iran

ABSTRACT:

high-speed analog-to-digital converters have opened up new possibilities for nuclear instrument. reliability, flexibility, improved performance, compact hardware are advantages of digital data acquisition method over analog acquisition method. The experimental setup includes liquid scintillation detector which is directly connected to DSO oscilloscope. Digitized anode pulses received from oscilloscope, store in a PC by data acquisition software. digital pulse processing software have been designed and programmed for neutron gamma discrimination by using three methods in time and frequently domain.



Rise time discrimination, Charge comparison and Frequency gradient analysis method are applied in pulse processing software.

KEYWORDS: NEUTRON GAMMA DISCRIMINATION, DIGITIZER, CHARGE COMPARISON METHOD, DSO OSCILLOSCOPE

مقدمه :

تبعیض شکل پالس برای جداسازی ذرات مختلف، براساس ویژگی‌های ذرات از قبیل انرژی، میزان یونش در واحد طول و ... و نحوه تاثیر آنها بر روی شکل پالس صورت می‌پذیرد [۱, ۲]. در تبعیض گر دیجیتال شکل پالس، خروجی آشکارساز و یا پیش تقویت کننده پس از عبور از مبدل آنالوگ به دیجیتال، نمونه برداری شده و داده‌ها جهت استخراج ویژگی‌های پالس، به حافظه میکروکنترلر منتقل می‌شوند. کاهش ابعاد سخت افزار، بهبود کارایی، انعطاف پذیری، تحلیل چندین پارامتر به طور همزمان و کاهش نویز از مزیت‌های تبعیض گر شکل موج دیجیتال نسبت به نوع آنالوگ است [۲-۷].

اسیلوسکوپ‌های دیجیتال با قابلیت ذخیره سازی (DSO) به دلیل داشتن امکاناتی از قبیل تریگر پیشرفته، ذخیره سازی سیگنال، ویژگی‌های نمایشی و قابلیت اندازه‌گیری و تحلیل برخی از پارامترها، بسیار متداول تر از سایر نمونه‌ها هستند. نمونه‌های رایج این گونه از اسیلوسکوپ‌ها بر پایه نمونه برداری فرکانس بالا تا 5GS/s داده برداری انجام می‌دهند. دیجیتایزرهایی از قبیل نمونه‌های ساخت شرکت CAEN نیز وجود دارد که بر خلاف اسیلوسکوپ‌ها دارای بافر بوده و امکان از دست دادن داده در آن‌ها بسیار کم است.

فرایند جداسازی نوترون-گاما در سوسوزن مایع NE-213 و مدارات الکترونیک آنالوگ مورد نیاز آن کاملاً شناخته شده است [۵]. دامنه پالس و زمان صعود دو مؤلفه اساسی در جداسازی دیجیتال نوترون-گاما است که در حوزه زمان از آنها استفاده می‌شود. از معایب حوزه زمان، حساسیت بالا به نویز می‌باشد. در مقابل جداسازی در حوزه زمان، حوزه فرکانس قرار دارد که در آن شکل پالس با استفاده از تکنیک‌هایی مانند تبدیل فوریه سینوسی، تبدیل فوریه کسینوسی و یا تبدیل فوریه سریع، از حوزه زمان به فرکانس انتقال داده می‌شود. به این ترتیب پالس‌هایی که با یکدیگر همبسته هستند به متغیرهای ناهمبسته تبدیل می‌شوند و جهت جداسازی مورد استفاده قرار می‌گیرند [۲, ۸-۱۰].

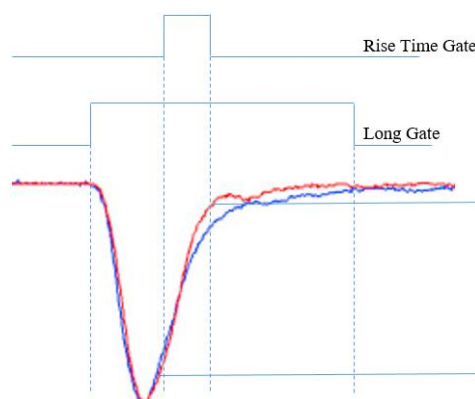
روش کار :

تولید پالس گاما و نوترون با استفاده از چشمه نوترون Am-Be با اکتیویته 100mCi و آشکارساز سوسوزن مایع NE-213 با ابعاد "2"×"2" انجام شد. خروجی آند آشکارساز مستقیماً به یک اسیلوسکوپ DSO از شرکت Tektronix متصل گردید. این اسیلوسکوپ به کامپیوتر متصل شده و نرم افزاری بنام DDAS که در این تحقیق در محیط LabVIEW 2014 نگارش شد، ارسال داده‌ها از اسیلوسکوپ و ذخیره آنها در



کامپیوتر را مدیریت می‌کند. سپس نرم افزار نگارش شده دیگری تحت LabVIEW بنام DPAS به پردازش پالس‌های دریافتی و استخراج ویژگی‌ها می‌پردازد.

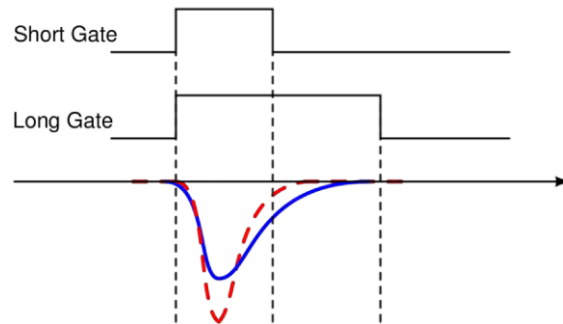
جهت جداسازی نوترون-گاما با استفاده از پالس آند، اطلاعات نوع ذره در زمان خیزش پالس نهفته است (شکل ۱). به این منظور بار الکتریکی در بازه «زمان خیزش پالس» جمع آوری و نسبت آن به مجموع بار الکتریکی پالس ورودی به عنوان مشخصه جداسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. شکل ۱ نحوه انتخاب پنجره زمانی «خیزش پالس» برای جمع آوری بار الکتریکی را نشان می‌دهد. با استفاده از معادله ۱ مشخصه جداسازی بدست می‌آید.



شکل ۱. نمونه ای از پالس آند آشکارساز سوسوزن مایع

$$PSD = \frac{Rise\ Time\ Gate}{Long\ Gate} \quad \text{معادله (۱)}$$

روش دیگر در جداسازی، روش مقایسه بار می‌باشد. در این روش دو کانال متفاوت از QDC بکار رفته است. یک کانال QDC برای جمع آوری کل بار پالس آند و کانال دیگر برای جمع آوری قسمتی از آن با اختلاف زمانی خاصی استفاده می‌شود. برای ظاهر کردن اختلاف شکل پالس حاصل از برهم کنش نوترون و گاما باید یک خط جداکننده‌ی مناسب میان مولفه‌های کند و سریع پالس انتخاب شود تا در بخش جمع آوری بار، تفاوت محسوس باشد [۱۱]. همان طور که در شکل ۲ نشان داده شده است پنجره Long Gate برای جمع آوری بار الکتریکی کل پالس آند آشکارساز سوسوزن لحاظ شده است. پنجره Short gate نیز به منظور جمع آوری بخش معینی از پالس مورد استفاده قرار می‌گیرد. با استفاده از معادله ۲ مشخصه جداسازی حاصل می‌شود [۲].



شکل ۲. اختلاف پالس نوترون و گاما با بار الکتریکی یکسان

$$PSD = \frac{Long\ Gate - Short\ Gate}{Long\ Gate} \quad \text{معادله (۲)}$$

در روش آنالیز گرادیان فرکانسی از اختلاف بین مؤلفه فرکانس صفر و مؤلفه اولین فرکانس تبدیل فوریه استفاده می‌شود. سپس با استفاده از معادله ۳ پارامتر جداسازی بدست خواهد آمد. این روش یک نمونه از روش‌های تبعیض شکل پالس و استخراج ویژگی در حوزه فرکانس است که حساسیت کمتری نسبت به نویز از خود نشان می‌دهند.

$$PSD(f) = \frac{[X(0) - X(f)]}{f} \quad \text{معادله (۳)}$$

که در آن $X(0)$ مقدار متوسط سیگنال در فرکانس صفر و $X(f)$ میزان بزرگ نمایی طیف در فرکانس f را نشان می‌دهد. پالس دیجیتال شده با استفاده از تبدیل فوریه سریع (FFT) به حوزه فرکانس منتقل گردید. در این راستا به منظور تحلیل بسیاری از توابع و شکل موج‌ها تنها لازم است بخش بخصوصی از دوره زمانی مورد تحلیل قرار گیرد. بنابراین از توابع پنجره‌ای برای انتخاب بازه زمانی مناسب استفاده می‌گردد و سپس تبدیل فوریه لحاظ می‌شود [۱۲-۱۴]. در این تحقیق از تابع پنجره ای Hamming استفاده شد. بیان ریاضی پنجره همینگ در حوزه زمان به صورت معادله زیر است [۱۲، ۱۵].

$$f(t) = \begin{cases} (0.54 + 0.46\cos(\frac{\pi t}{\tau})) & . \quad |t| < \tau \\ 0 & . \quad elsewhere \end{cases} \quad \text{معادله (۴)}$$

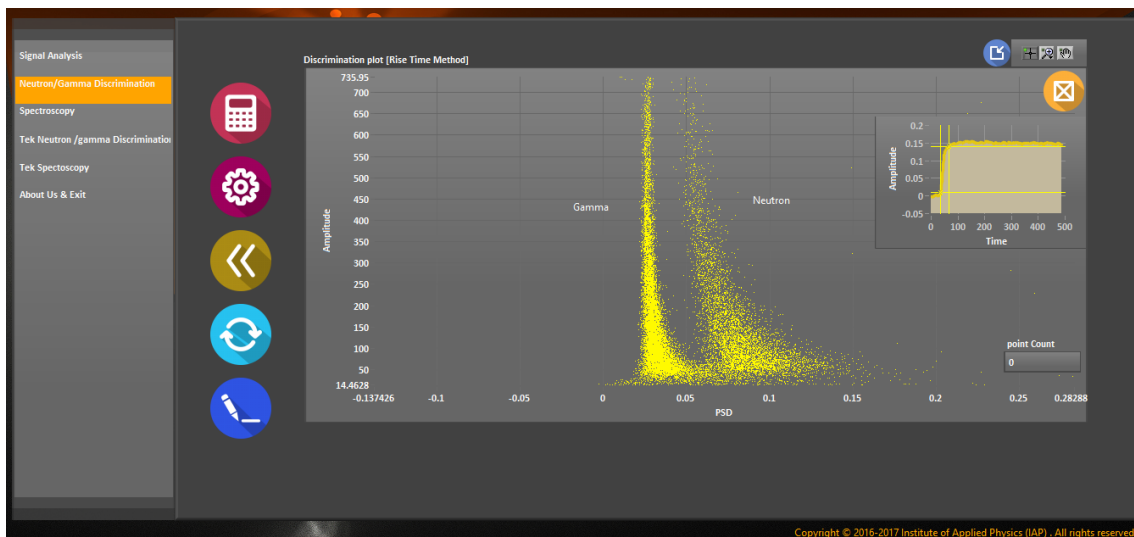
سری فوریه آن نیز به صورت معادله شماره (۵) بیان می‌گردد.

$$F(j\Omega) = 1.08 \left[\frac{\sin(\Omega\tau)}{\Omega} \right] + 0.46 \left[\frac{\sin((\Omega + \frac{\pi}{\tau})\tau)}{(\Omega + \frac{\pi}{\tau})} + \frac{\sin((\Omega - \frac{\pi}{\tau})\tau)}{(\Omega - \frac{\pi}{\tau})} \right] \quad \text{معادله (۵)}$$

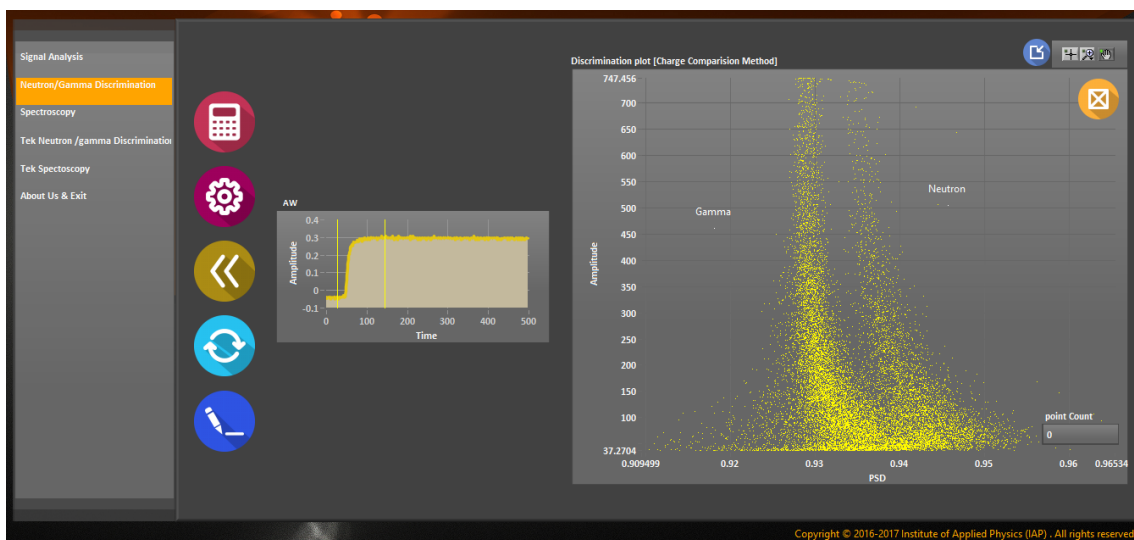
$$-\infty < \Omega < \infty$$

نتایج :

در شکل ۳ نمودار پراکندگی پارامتر جداسازی PSD در برابر مجموع بار الکتریکی پالس ورودی (و یا دامنه)، برای روش زمان خیزش نشان داده شده است. پاسخ زمانی نوترون به خاطر توان توقف پروتون‌های پس‌زده شده و خواص ویژه سوسوزن مایع، کندتر خواهد بود. بنابراین میزان بازه زمانی «زمان خیزش» برای پالس نوترون، نسبت به گاما با انرژی برابر بزرگ‌تر است. در شکل ۴ نمودار پراکندگی پارامتر جداسازی PSD در برابر مجموع بار الکتریکی پالس ورودی، برای روش مقایسه بار نمایش داده شده است. در این روش پهنای زمانی Short Gate مقدار ثابتی است. بنابراین بار الکتریکی جمع‌آوری شده از پالس حاصل از اندرکنش گاما در بازه Short Gate نسبت به نوترون هم انرژی بزرگ‌تر خواهد بود. شکل ۵ نمودار پراکندگی پارامتر جداسازی PSD در برابر مجموع بار الکتریکی پالس ورودی، برای روش آنالیز گرادیان فرکانس را نشان می‌دهد.



شکل ۳. جداسازی نوترون-گاما با استفاده از زمان خیزش



شکل ۴. جداسازی نوترون-گاما با استفاده از روش مقایسه بار



شکل ۵. جداسازی نوترون-گاما با استفاده از روش آنالیز گرادیان فرکانس

بحث و نتیجه گیری :

جهت تحلیل پالس‌های ناشی از اندرکنش پرتوها، تعدادی از ماژول‌ها در قالب چیدمان آزمایشگاهی در کنار یکدیگر قرار می‌گیرد که استفاده از آنها علاوه بر صرف هزینه‌های زیاد، مشکلات پیاده سازی مخصوص به خود را دارد. یکی از این مدارات پیچیده که تنظیمات آن دشوار و زمانبر می‌باشد، مدار جداسازی نوترون-گاما است. در این تحقیق یکی از بهترین راه کارها جهت رفع این مشکل به روش دیجیتال و با نگرش نرم‌افزارهای داده‌برداری و داده‌پردازی انجام گرفت. نتایج اولیه نشان دهنده کیفیت مناسب جداسازی و قابلیت گسترش آن در زمینه‌های کاربردی مانند دزیمتری دقیق نوترون می‌باشد.

مراجع :

- ۱- Murakami, H., et al., *A Simple Pulse Shape Discrimination Method for the Phoswich Counter*. IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE, 1992. **39**(5): p. 1316-1320.
- ۲- Parveen I. Siddavatam, A., *Methods of Pulse Shape Discrimination*. International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management, 2014.
- ۳- Jastaniah, S.D. and P.J. Sellin, *Digital Pulse-Shape Algorithms for Scintillation-Based Neutron Detectors*. IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE, 2002. **49**(4)
- ۴- Zaitseva, N., et al., *Plastic scintillators with efficient neutron/gamma pulse shape discrimination*. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 2012. **668**: p. 88-93.
- ۵- Knoll, G.F., *Radiation Detection and Measurement*, 2010.



- ۶- Yousefi, S., L. Lucchese, and M.D. Aspinall, *Digital discrimination of neutrons and gamma-rays in liquid scintillators using wavelets*. Nuc. Instru. and Meth. A, 2009. **598**: p. 551–555.
- ۷- Yousefi, S., L. Lucchese, and M. D. Aspinall, *A Novel Wavelet-Based Method for Neutron/Gamma Discrimination in Liquid Scintillators*. IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record, 2008: p. 2387-2391.
- ۸- C.S. Sosa n, M.F., S.A. Pozzi, *Comparison of analog and digital pulse-shape-discrimination systems*. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 2016: p. 72-79.
- ۹- Enqvist, A., M. Flaska, and S. Pozzi, *Measurement and simulation of neutron/gamma-ray cross-correlation functions from spontaneous fission*. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 2008. **595**: p. 26–430.
- ۱۰- Flaska, M., et al., *Influence of sampling properties of fast-waveform digitizers on neutron - gamma-ray, pulse-shape discrimination for organic scintillation detectors*. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 2013. **729**: p. 456–462.
- ۱۱- Marion, J.B. and J.L. Fowler, *Fast neutron physics*. Interscience monographs and texts in physics and astronomy,. 1960, New York,: Interscience Publishers.
- ۱۲- m.m.probho, k., *window function and their application in signal processing* ed. s. processing. 2 , USA: aylor & Francis Group, LLC.
- ۱۳- Rao, K.R. and P.C. Yip, *Discrete cosine transform : algorithms, advantages, applications*. 1990, Boston: Academic Press. xviii, 490 p., 4 p. of plates.
- ۱۴- Strang and Gilbert, *Wavelets*. American Scientist, 1994. **8.(3)**
- ۱۵- "Hamming Window". *ccrma.stanford.edu*. Retrieved 2016-04-13.