اندازه‌گیری فلوی نوترون با استفاده از تغییرات علائم الکتریکی آشکارسازهای نوترون

نوشته

دکتر علی وثوقی

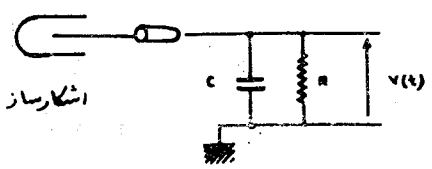
مؤسسه علوم و فنون هسته‌ای دانشگاه تهران

چکیده :

برای اندازه‌گیری فلوی نوترون یک رآکتور اتمی و تشخیص بهتر نوترون از گاما از تغییرات آماری علائم‌الکتریکی قیاسی که‌از آشکارسازهای‌نوترون‌بدست می‌آیندبهره‌گیری می‌شود. روش فوق به دو روش شناخته شده قبلی : اندازه‌گیری‌جریان و شمارش اضافه می‌گردد در حالیکه‌جای - گزین آنهانمی‌شود. در حقیقت روش فوق سادگی روش اندازه‌گیری جریان را نداشته و حساسیت روش شمارش را نیز ندارد ولی محاسن‌آن‌که مهمترینش تشخیص بهتر نوترون از گاماست‌روش جدیدی را برای کنترل راکتورهای اتمی در اختیار قرار می‌دهد.

پیشگفتار :

استفاده از تغییرات آماری علائم الکتریکی قیاسی اتاقک‌های نوترون برای تشخیص‌بهتر نوترون ازگامابرای - اولین بار بوسیله لیشتنشتاین (Lichtenstein) درسال ۱۹۵۰ مطرح شد. بعدازآن اشخاص دیگری فکرفوق را دنبال‌کردند. دراینجا مافقط روابطی‌راکه در بررسی نتایج تجربی بکار خواهندرفت یادآوری می‌کنیم. یک اتاقک،تحت تأثیر تشعشع، بطور متوسط درهر ثانیه n پالس با بار q آزاد می‌کند. اگر پالس‌های فوق را دریک سلول RC (ش ۱)جمع کنیم ، بشرطیکه قانون توزیع آماری حوادث ازقانون پواسون تبعیت‌کند،بااستفاده از قضایای کمپبل (Campbell) - می‌توان ارزش متوسط (v) وواریانس (σ) تغییرات ولتاژ لحظه‌ای v(t) را در دوسر سلول بدست آورد .



شکل ۱

برای یک‌فرکانس متوسط n خواهیم داشت:

$$V=\overline{v(t)}=n\frac{q}{C}\int_{0}^{\infty}e^{-\frac{t}{RC}}dt=nRq$$

$$\sigma=\sqrt{\overline{\left[v(t)-\overline{v(t)}\right]^{2}}}=\sqrt{\frac{nq^{2}}{C^{2}}\int_{0}^{\infty}e^{-\frac{2t}{RC}}dt}=q\sqrt{\frac{nR}{2C}}$$

باتوجه به‌اینکه ارزش‌های R ، C و q معلوم‌بااندازه‌گیری σ می‌توان n وازآنجا فلوی نوترون Φ رابدست‌آورد. روابط‌فوق برتری‌اندازه‌گیری واریانس σ را براندازه‌گیری ارزش متوسط v در تشخیص نوترون‌ـگامانشان می‌دهند. برای یک‌اتاقک CC۰ نسبت می‌نیمم نوترون به‌گاما (R/h به n/cm²/s)بشرح زیراست :

اتاقک CC۰ جبران نشده $\frac{n}{\gamma}=۱۰۰۰۰$

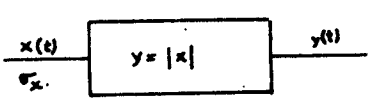
اتاقک CC۰ جبران شده $\frac{n}{\gamma}=۱۰۰$

اتاقک CC۰ و اندازه‌گیری σ $\frac{n}{\gamma}=۲۰$

هرچه نسبت فوق کوچکتر باشد تشخیص نوترون‌ـ گاما بهتراست .

برای اندازه‌گیری σ فرض می‌کنیم که $[\,v(t)-\overline{v(t)}\,]$ بازاء یک فرکانس متوسط کافی $(n\geqslant ۵۰)$ یک تابع لاپلاس ـگوس باشد .

رابطه یک‌آشکارسازخطی که‌دوآلترناس را یکطرفه می‌کند $Y=|X|$ است (ش۲).



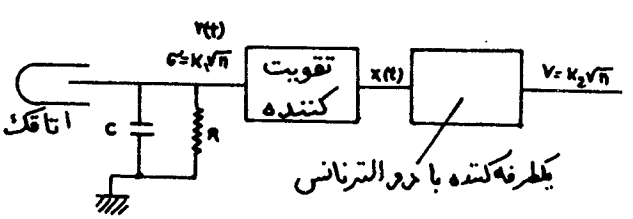
شکل ۲

اگر $x(t)$ تابع اتفاقی لاپلاس‌ـگوس باشد می‌توان نشان داد که ارزش Y خروجی $y(t)$ برابراست با :

$$Y=۲\frac{\sigma_x}{\sqrt{۲\pi}}$$

σ_x واریانس $x(t)$ است.

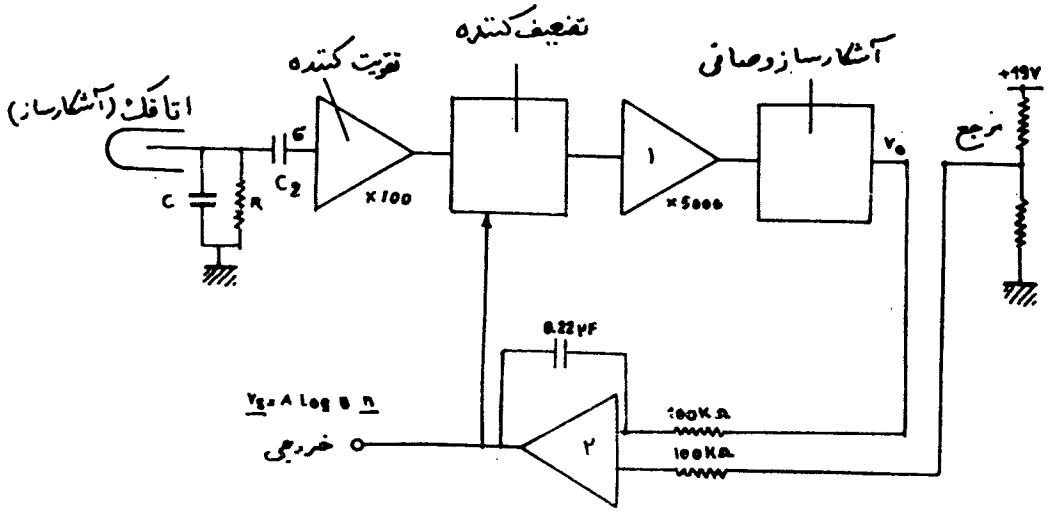
مدارساده‌ای‌راکه می‌توان برای اینکار در نظرگرفت در شکل ۳ نشان‌داده‌شده‌است.



شکل ۳

۱ـ طرح و ساخت یک تقویت کننده لگاریتمی

باسطالب یادشده در فوق جهت‌اندازه‌گیری σ می‌توان یک‌تقویت کننده لگاریتمی‌ساخت. برای این منظوربه‌مدار ابتدائی شکل۳ باید یک مدار باسشخصه لگاریتمی که ولتاژ $v_s = A\log Bn$ راتأمین می کند اضافه کرد (A و B ضرایب ثابت، n تعداد پالس ها و v_s ولتاژخروجی‌است). آرایش الکترونیک کلی در شکل ٤ داده شده‌است .



شکل ٤

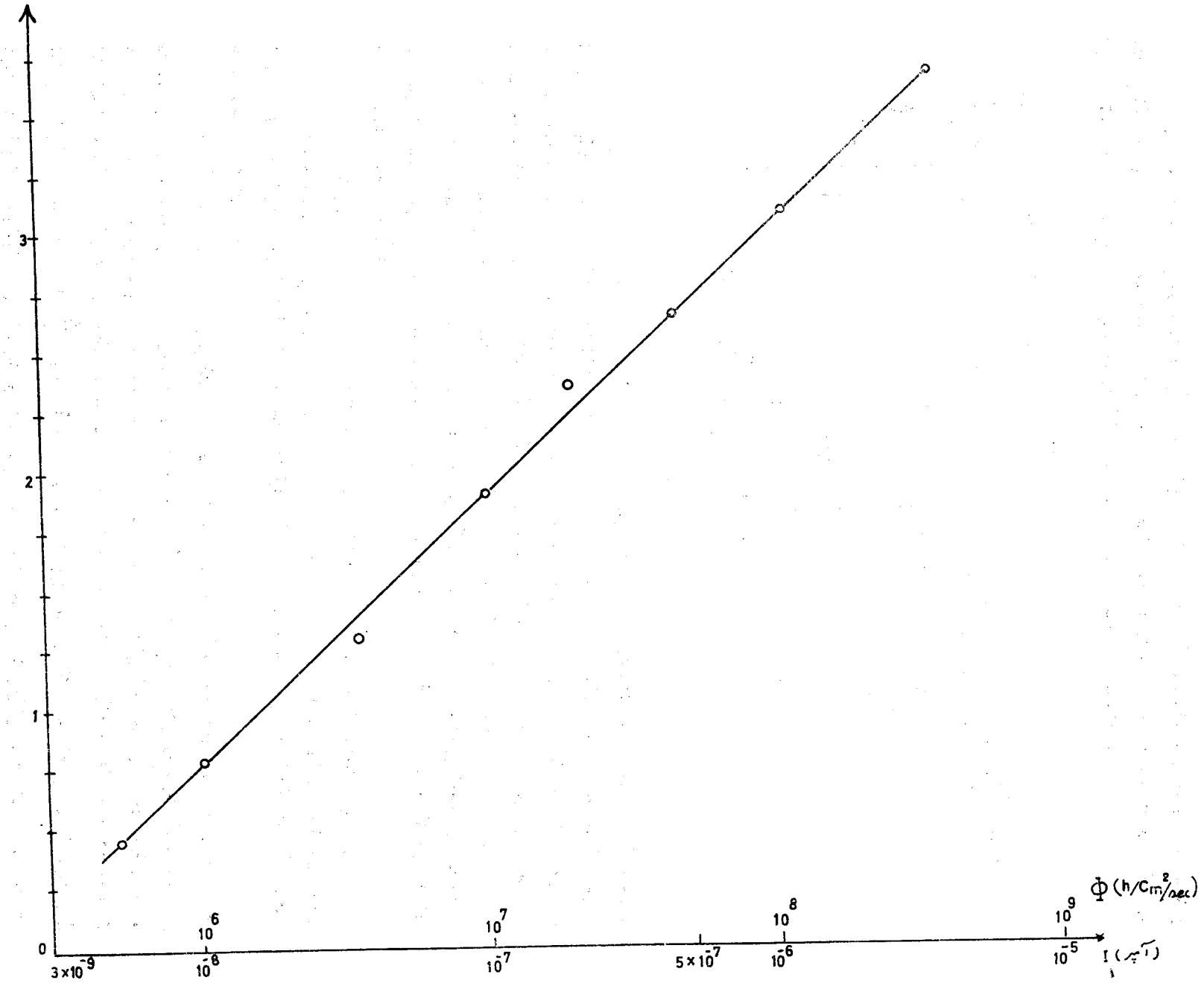
تغییرات جریان آشکار ساز از دوسر RC برداشت می‌شود. خازن $C_۲$ مولفه‌مستقیم جریان‌راحذف می کند.علائم الکتریکی دریک تقویه کننده اولیه بااغتشاشات زمینه کم‌در ۱۰۰ ضرب شده بعدوارد تضعیف کننده لگاریتمی می‌گردد.سپس علائم‌فوق دوباره تقویت‌شده(تقویت کننده۱)وبکمک‌یکطرفه کننده بادوآلترنانس‌آشکار می‌گردد. علامت الکتریکی‌جریان - مستقیم یکطرفه کننده بکمک‌یک تقویت کننده انتگرال گیر(تقویت کننده۲)بایک‌ولتاژ مرجع مقایسه می‌شود. ولتاژ خروجی تقویت کننده۲ که متناسب باσ Log است برای پلاریزه کردن دیودهای تضعیف کننده لگاریتمی بکار می‌رود .

ازروش مقاومت R بخاطر اینکه بتوان برای یک فلوی کم‌علامت الکتریکی ماکزیممی بدست‌آورد بایدتاحد امکان‌بزرگ باشد. ارزش ماکزیمم مقاومت از یکطرف بوسیله اغتشاش زمینه خود واز طرف دیگر فلوی ماکزیممی که باید اندازه‌گیری شود محدود می‌گردد.

مقدار خازن C عملا بوسیله ظرفیت اتاقک یونیزاسیون وظرفیت مزاحم کابل اتصال تحمیل می‌شود .

دامنه علائم‌الکتریکی‌خروجی مدار RC ضعیف‌بوده وبرای فلوی حدود $۱۰^{٤}$ تقریباً ۵میکرو ولت‌مؤثروبرای‌فلوی $۱۰^{۱۰}$ حدود ۵میلی ولت مؤثراست لذا ضروری است که قبل‌از اعمال علائم الکتریکی‌فوق به تضعیف کننده لگاریتمی، حدود ۱۰۰ مرتبه آنرا تقویت کرد.

موقعیکه تعداد پالس‌های (n) تهیه‌شده بوسیله اتاقک (یعنی توان نوترونی) به نسبت $۱۰^{٦}$ تغییر کند σ که متناسب با $\sqrt{n}$ است به‌نسبت $۱۰^{۳}$ تغییر خواهد کرد. برای به‌دست آوردن یک پاسخ لگاریتمی به نسبت $۱۰^{٦}$ کافیست‌از عنصری استفاده شود که برای نسبت $۱۰^{۳}$ مشخصه لگاریتمی داشته باشد واین یکی از محاسن بزرگ این روش است . تضعیف کننده لگاریتمی از یک مقاومت بارزش ۱۰ MΩ که بایک‌دیود بطور سری قرارگرفته است‌تشکیل شده‌است. بدین ترتیب می‌توان امپدانس دینامیک $Z_d = \frac{A}{i}$ آن‌را بااثربرروی‌ارزش‌جریان مستقیم‌پلاریزاسیون‌تغییرداد. لذاپلاریزاسیون دیود (یعنی امپدانس دینامیک آن) مطیع یک ولتاژ متناسب بالگاریتمσخواهدبود. وقتی ولتاژ ورودی‌تضعیف کننده‌افزایش یابد امپدانس دیود کم‌شده ودامنه علامت الکتریکی خروجی تضعیف کننده ثابت می‌ماند.


3
2
1
0
10^{6}
10^{7}
10^{8}
10^{9}
3×10^{-9}
10^{-8}
10^{-7}
5×10^{-7}
10^{-6}
10^{-5}
Φ (h/Cm²/sec)
I (آمپر)

شکل ۵

چون ولتاژ خروجی تضعیف کننده لگاریتمی ضعیف است لذا باید قبل از اعمال آن به آشکار ساز باندازه کافی تقویت شود. تقویت کننده۱ حدود ۵۰۰ مرتبه این تقویت را انجام می‌دهد.

علامت الکتریکی خروجی تقویت کننده۱ درطبقه بعدی بکمک یک آشکار ساز بادو آلترنانس آشکارشده وسپس - صاف می‌شود.

ولتاژ خروجی آشکار ساز بایک ولتاژ مرجع مقایسه شده وتقویت کننده۲ که بصورت انتگرال‌گیر بسته‌شده است علامت الکتریکی پلاریزاسیون تضعیف کننده لگاریتمی را فراهم می‌نماید.

۲ـ نتایج آزمایش

بکمک یک ژانراتور پالس جریان‌های لازم را به ورودی دستگاه اعمال کرده و نتایج ثبت‌شده در جدول زیر را بدست آورده‌ایم. برای تعیین ارزش‌فلوی نوترون از رابطه $\Phi = n_0$ که برای یک اتاقک CC_0 صادق است استفاده‌شده‌است

I (آمپر)	۵×۱۰^{-۹}	$۱۰^{-۸}$	$۱۰^{-۷}$	۵×۱۰^{-۷}	$۱۰^{-۶}$	$۱۰^{-۵}$
σ (ولت)	۰/۴۹	۰/۷۵	۱/۸	۲/۷۶	۳/۱	۴/۲۱
Φ $n/cm^2/s$	۵×۱۰^{۵}	$۱۰^{۶}$	$۱۰^{۷}$	۵×۱۰^{۷}	$۱۰^{۸}$	$۱۰^{۹}$

نتایج آزمایش همچنین در منحنی شکل ۵ نیز نشان‌داده‌شده‌است.

نتیجه :

بکاربردن روش فوق همزمان باروش شمارش وبایک اتاقک پویائی زیادی‌را بدست می‌دهد.

محاسن روش فوق عبارتند از :

ـتشخیص بهتر نوترون ازگاما

ـامپدانس ورودی آرایش الکترونیک نسبتاً کم

ـدر مجموعه الکترونیک ازتقویت کننده‌های جریان مستقیم باسطح ورودی کم‌واز مقاومت‌های باارزش‌خیلی - زیاد استفاده نمی‌شود لذا عملا دراثر استفاده زیاد انحرافی بوجود نمی‌آید ودر نتیجه بتنظیم دوره‌ای دستگاه احتیاج نیست.

ـهمزمان می‌توان تغییرات جریان اتاقک وخود جریان اتاقک را باهم اندازه‌گرفت.

معایب روش فوق عبارتند از :

ـباید ازاین روش برای اندازه‌گیری فلوی بیشتراز $۱۰^۵ n/cm^2/s$ استفاده شود.

ـپاسخ زمانی نسبتاً زیاد.

منابع

1)- P. Grivet, A. Blaquier, Le Bruit De Fond, T. IV, Masson 1958

2)- J. STERN, J. BARBEYAC, R. POGGI, METHODES PRATIQUES D'ETUDE DES FONCTIONS ALEATOIRES, DUNO 1967.

3)- R.A. DUBREDGE, MEAN SQUARE VOLTAGE FLUCTUATION MESUREM - ENTS WITH NEUTRON SNSITIVE ION CHAMBERS. CONF 187-57, 1963