

استفاده از شمارش گامای N16 خنک کننده راکتور برای تصحیح کانال اندازه گیری قدرت

ارسلان عزتی^۱، قدرت تاجبخش

سازمان انرژی اتمی ایران، راکتور تحقیقاتی تهران

چکیده: در این تحقیق استفاده از شمارش گامای خنک کننده قلب راکتور برای تصحیح پاسخ دتکتور نوترون اندازه گیری قدرت راکتور، بحث شده است. شمارش گامای ناشی از تولید N16 در خنک کننده متناسب با شار نوترون قلب و مستقل از چیدمان سوخت، مصرف سوخت و موقعیت میله های کنترل در قلب راکتور است. پردازش داده های حاصل از این تحقیق نشان داد که می توان با این روش تصحیح لازم در پاسخ دتکتور نوترون را که مستقل از چیدمان سوخت و مصرف سوخت نیست، برای تعیین دقیق تر قدرت راکتور مورد استفاده قرارداد. کلید واژه: N16، شار نوترون، اندازه گیری قدرت، چیدمان قلب، کالیبراسیون حرارتی

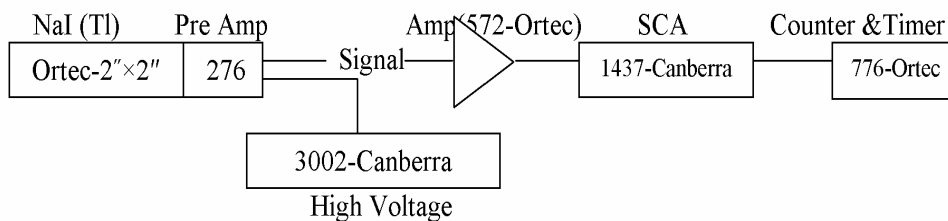
مقدمه: اندازه گیری قدرت در راکتور تهران با استفاده از دتکتور های نوترونی انجام می گیرد. همچنین یک کانال اندازه گیری قدرت با استفاده از اختلاف دمای خنک کننده در اثر عبور از قلب وجود دارد. دتکتورهای نوترونی با استفاده از واکنش های هسته ای ذرات باردار تولید شده در محفظه خود را آشکار سازی می کنند و جریان خروجی این دتکتورها متناسب با قدرت راکتور کالیبره می گردد. شار نوترونی که دتکتور در آنجا قرار می گیرد به وسیله چند عامل تغییر می کند. الف- تغییر زینان و مصرف سوخت در قلب راکتور- تغییر چیدمان سوخت در قلب راکتور ج- تغییر موقعیت میله های کنترل در قلب راکتور و به طور کلی توزیع شار در قلب راکتور.

برای تصحیح تاثیر تعویض و جابجایی سوخت در قلب راکتور بر روی قدرت اندازه گیری شده توسط دتکتورهای نوترون روش کالیبراسیون حرارتی مورد استفاده قرار می گیرد. در این روش با محاسبه قدرت راکتور به روش کالریمتری محل دتکتور به صورتی تنظیم می شود که قدرت مورد صحیح را نشان دهد. برای تصحیح غیر خطی بودن در اندازه گیری قدرت می توان از اندازه گیری گامای N16 حاصل در خنک کننده راکتور استفاده کرد.

روش کار: منبع N16 در راکتور واکنش O16(n,p)N16 در خنک کننده راکتور است. انرژی استانه این واکنش ۱۰MeV است. تعداد اتمهای N16 متناسب با شار نوترون و سطح مقطع جذب در O16 و سطح مقطع تفرق در هیدروژن است که مهمترین واکنش ها در انرژی بالا می باشند. تعداد این واکنش ها از چیدمان قلب و مصرف سوخت و موقعیت میله های کنترل در قلب و تولید زینان مستقل است بنابراین غیر خطی بودن اندازه گیری در دتکتورهای نوترونی قلب را می تواند مشخص کند.

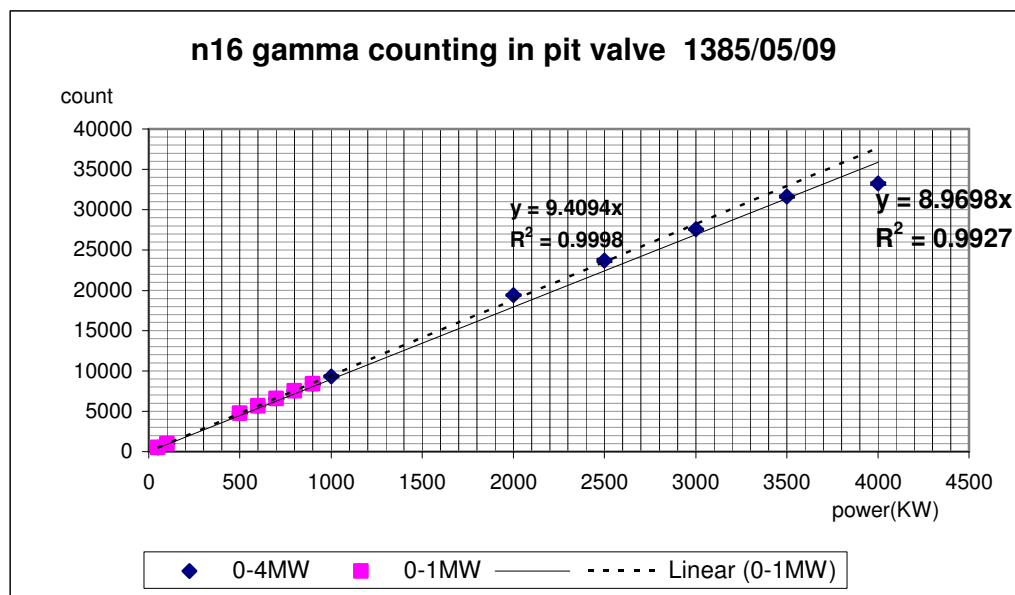
¹ aezati@aeoi.org.ir

برای اندازه گیری N16 ابزاری مطابق شکل ۱ بکار گرفته شد. دتکتور در فاصله ۱۰ متری از قلب و در کنار لوله خروجی خنک کننده راکتور قرار می گیرد. سیگنال دتکتور NaI پس از تقویت در پیش تقویت کننده از محل دتکتور به اتاق شمارش منتقل می شود و در آنجا پس از تقویت وارد مدار تفکیک کننده تک کانالی می شود تا پالس ناشی از گامای N16 از بقیه گامای موجود در خنک کننده و محیط جدا گردد. سپس با استفاده از شمارنده، پالسهای گاما در ۱۰ ثانیه و در هر قدرت ۱۰ بار شمارش می گردد تا میانگین آماری خوبی بدست آید. قدرت راکتور ابتدا در مقدار مورد نظر تنظیم شده و پس از سپری شدن ۳ دقیقه و پایدار شدن قدرت شمارش آغاز می گردد.



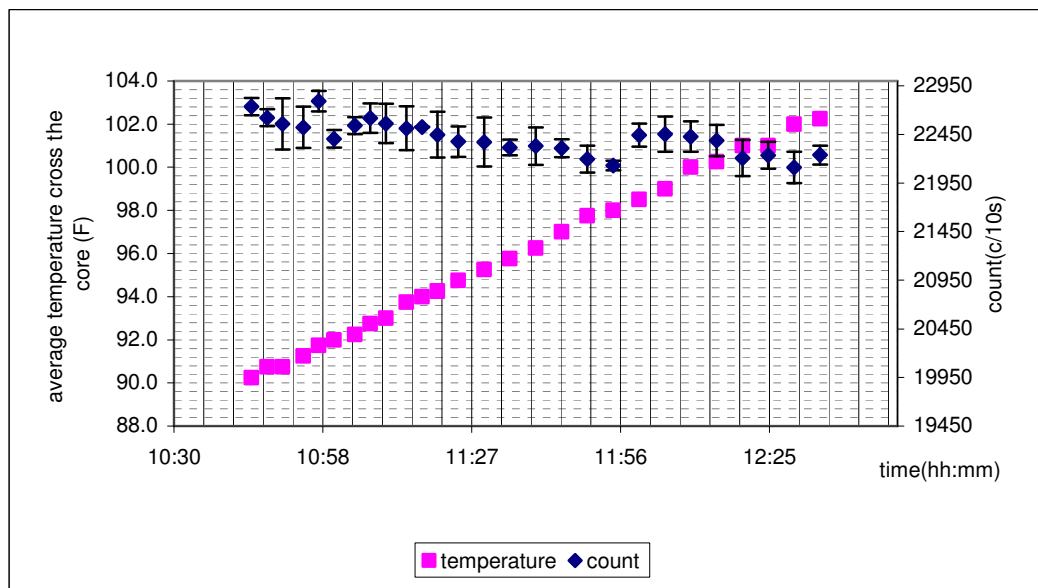
شکل ۱: ابزارهای بکار رفته برای شمارش گامای N16

نتایج بدست آمده: نتایج این آزمایشات نشان می دهد که شمارش گاما تا قدرت ۱ MW با قدرت راکتور به صورت خطی متناسب است و با افزایش قدرت تا ۲MW نرخ شمارش گاما بیشتر از افزایش قدرت می شود. پس از آن با افزایش قدرت تا ۵ MW نرخ افزایش شمارش گاما کمتر از افزایش قدرت می گردد



نمودار ۱: تغییرات شمارش گاما نسبت به تغییر قدرت راکتور (اندازه گیری قدرت با دتکتور نوترونی CIC)

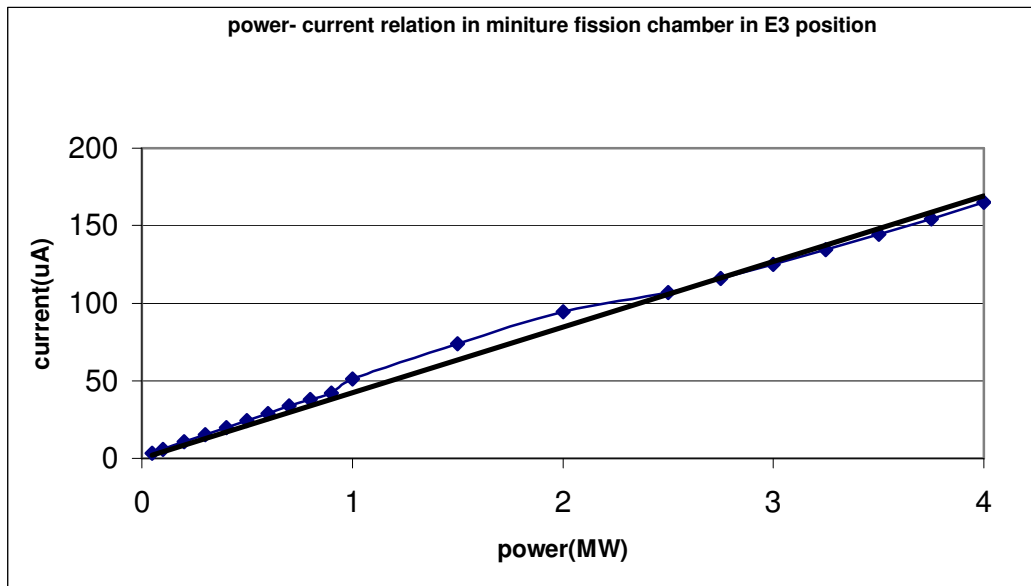
یکی از عواملی که احتمال می‌رفت بر گامای N16 خنک کننده موثر باشد اثر دما بود. برای بررسی این موضوع پس از روشن کردن راکتور با قدرت ۳ MW مدار ثانویه خنک کننده خاموش گردید تا تغییرات دمایی مشهود گردد. این آزمایش به مدت ۲ ساعت انجام گردید. داده‌های حاصل از این آزمایش نشان می‌دهد که با افزایش دما از $F/3/90$ به $F/3/102$ شمارش از ۲۲۷۹۲ به ۲۲۱۱۱ کاهش می‌یابد که با توجه به افزایش ۱۳٪ در دما ۲٪ در شمارش کاهش داشته ایم. این تغییرات دمایی معمولاً در محدوده کار راکتور است. بنابراین کاهش تغییرات شمارش مربوط به دما بسیار ناچیز است.



نمودار ۲: بررسی تغییرات دما بر میزان تولید N16

با توجه به متناسب بودن تولید N16 و شار نوترون قلب، افزایش و کاهش غیر خطی در شمارش مشاهده شده در قدرتهای مختلف باید ناشی از یک عامل متغیر باشد. از آنجا که معیار نشانگر قدرت راکتور دتکتور CIC است برای اطمینان از صحت نشان دادن قدرت توسط این دتکتور از داده‌های دو آزمایش اندازه گیری فلاکس نسبی توسط آشکار ساز اتاقک شکافت مینیاتوری و کالیبراسیون حرارتی استفاده گردید. همانطور که در نمودار ۳ و ۴ مشاهده می‌شود دتکتور مینیاتوری نشان می‌دهد که تا افزایش قدرت ۱ MW تغییرات قدرت و شار خطی است و تا قدرت ۲ MW شار بیشتر از قدرت مربوطه دیده می‌شود و سپس همانند نمودار تغییرات گامای خنک کننده کاهش می‌یابد.

نمودار کالیبراسیون حرارتی نیز نشان می‌دهد که دتکتور CIC قدرت را در نقاط ۱ MW و ۲ MW کمتر از مقدار واقعی نشان می‌دهد و بدین جهت است که شمارش گاما در این ناحیه بیشتر از مقدار مورد انتظار است.



نمودار ۳: تغییرات شار نوترون با تغییر قدرت راکتور (اندازه گیری قدرت با دتکتور نوترونی CIC)

بحث و نتیجه گیری: با توجه به نمودارهای ۱ و ۳ و ۴ که هرکدام به نوعی نشان دهنده شار نوترون می باشند ملاحظه می شود که دتکتور نوترونی CIC کاملاً به صورت خطی عمل نمی کند. گامای N16 تولید شده در خنک کننده راکتور مستقل از توزیع فلاکس (چیدمان سوخت ، موقعیت میله های کنترل و مصرف سوخت) است ، در حالی که دتکتورهای نوترون راکتور تحت تاثیر این عوامل است. اطلاعات بدست آمده از کنار هم قراردادن داده های آزمایشات نشان داد که شمارش گامای حاصل از N16 می تواند برای مقایسه خطی بودن کارکرد دتکتور نوترون قلب راکتور و تصحیح آن مورد استفاده قرار گیرد.

تشکر و قدر دانی: از کلیه پرسنل گروه کارگردانی راکتور تهران که در انجام آزمایشات ما را یاری رساندند و همچنین آقای دکتر مرتضی قریب رییس بخش تحقیقات و کارگردانی راکتور که همواره برای اجرای آزمایشات و کارهای تحقیقی مشوق و حامی بوده اند، تشکر و قدر دانی می نمایم.

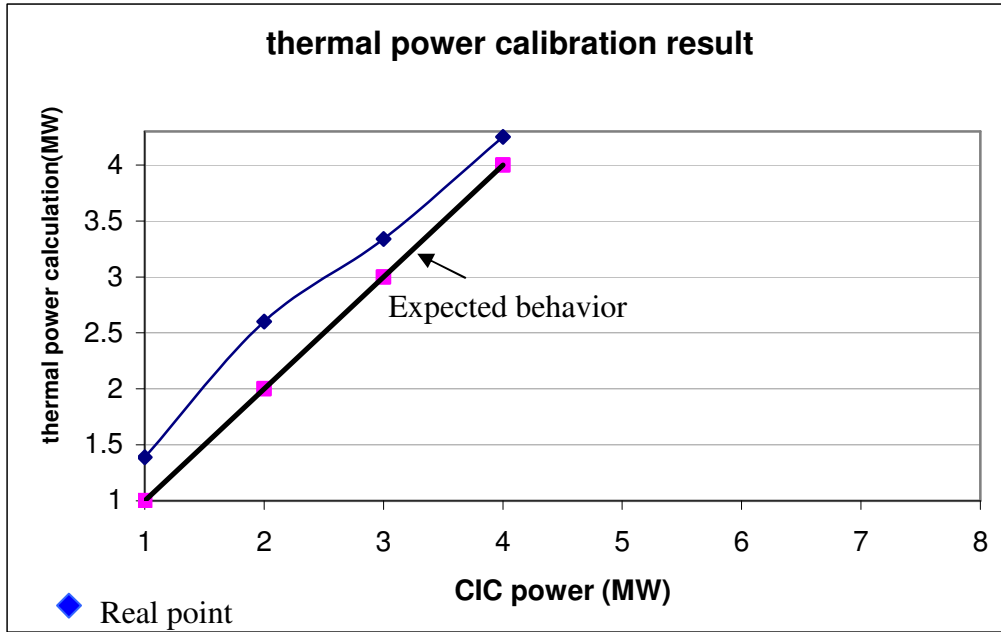
مراجع:

[1]: Glenn F. Knoll, Radiation Detection and Measurement, 2000

[2]: www.ortec-online.com

[3] D. J. Allard, A. M. Nazarali and C. E. Chabot, The N-16 Gamma Radiation Response of Geiger-Mueller Tubes, (IRPA8), Montreal, Canada, pages 652 - 655, May 17 - 22, 1992

[4] www.lnd-inc.com



نمودار ۴: نمودار مقادیر قدرت محاسبه شده به روش کالیبراسیون حرارتی و قدرت نشان داده شده توسط CIC