



شبیه سازی حالت پایای راکتور بوشهر با استفاده از کد PARCS و کتابخانه PMAXS

کمال، حداد؛ فرشاد، فقیهی*؛ محمد هادی، پرهمت؛ خلیل، حسینی پور؛ هدی، صادقیور

دانشگاه شیراز، دانشکده مکانیک، بخش مهندسی هسته ای، گروه راکتور

چکیده

با توجه به قابلیت های پیشرفته کد PARCS در شبیه سازی راکتور، استفاده از این کد در آنالیز حالت های COLD و HZP نیروگاه قدرت بوشهر از اهداف تحقیق حاضر می باشد. به دلیل در دسترس نبودن کد های محاسبات سلولی TRITON، CASMO، HELIOS، در کار حاضر کتابخانه ثوابت گروهی به فرمت مورد نیاز کد PARCS (PMAXS) با استفاده از کد محاسبات سلولی WIMSD5 تهیه گردیده است. کتابخانه تولید شده با محاسبه ضریب تکثیر بی نهایت توسط کد PARCS و WIMSD5 برای یک مجتمع سوخت در شرایط مختلف، صحت سنجی شده است. نتیجه شبیه سازی های انجام شده با PARCS دارای تطابق خوبی با FSAR و آلوم نوترونی نیروگاه بوشهر می باشد. [۱]

کلید واژه: PMAXS، PARCS، VVER 1000

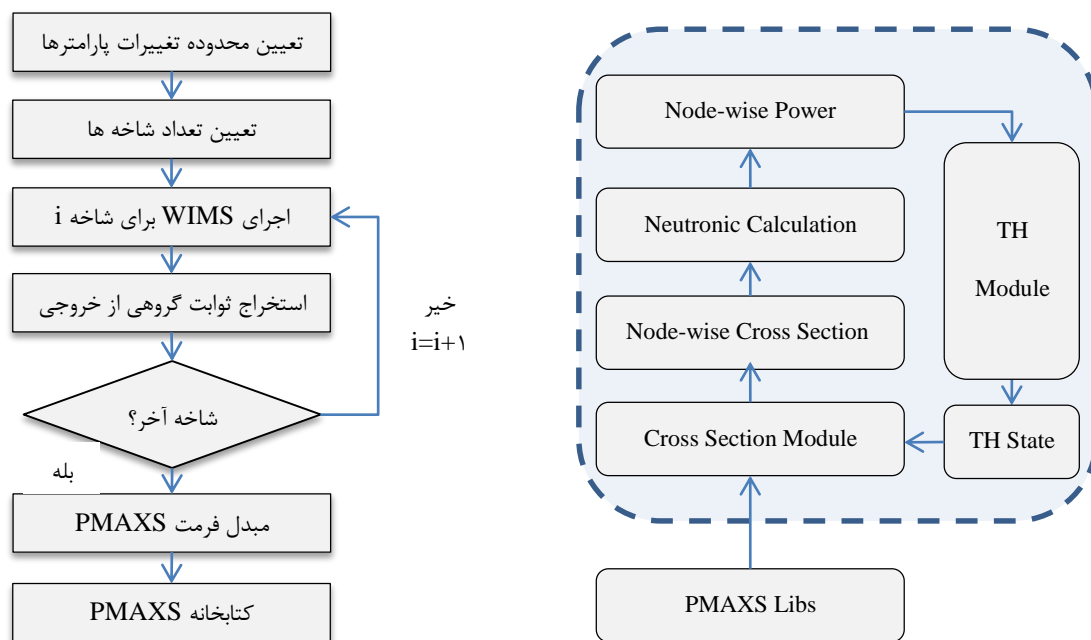
مقدمه:

بکار گیری ثوابت گروهی بصورت خام و پردازش نشده در کد هایی استفاده می شود که چندان قدرت مانور برای شبیه سازی سناریو های با تغییرات شدید را ندارند. از آنجا که این کدها قابلیت دریافت یک کتابخانه با قابلیت درگیری داده ها برای حالت های مختلف و دیگر ویژگی ها را دارا نمی باشند، لذا از قدرت لازم برای مدل کردن شرایط هایی نزدیک به واقعیت فی ذات ناتوانند. به نظر می رسد که کد های هسته ای نسل جدید برای بالا بردن توانایی خود از یک فرمت مشخص داده های ورودی بهره خواهند برد که کد PARCS از این جمله می باشد. PARCS علاوه بر دریافت داده های ورودی بصورت مستقیم قادر است داده ها را بصورت فرمت خاصی به نام PMAXS دریافت کند. PARCS یک کد نوترونیک برای پیش بینی رفتار قلب راکتور هسته ای در حالت پایا و گذرا می باشد. PARCS معادله پخش پایا و گذرا و نیز معادله ترابرد نوترون را با استفاده از روش SP³ در یک هندسه سه بعدی برای بدست آوردن توزیع شار حل می کند [۲].

روش کار:

از آنجایی که کد PARCS برای کتابخانه خود نیازمند سطح مقطع برای هر مجتمع می باشد، هر کدام از مجتمع های سوخت در WIMSD5 تهیه گردیده است و ثوابت گروهی و سایر اطلاعات مورد نیاز از آن

استخراج گردیده است. در این کار، معادله ترابرد نوترون در شش گروه انرژی حل گردیده است و سپس بر روی دو گروه انرژی متوسط گیری شده است. با استفاده از کارت ZADOC در WIMSD5، ثوابت گروهی شامل: ضریب پخش (D)، سطح مقطع جذب (Σ_a)، سطح مقطع پراکنده گسی (Σ_s)، سطح مقطع شکاف (Σ_f) و $\nu\Sigma_f$ استخراج می شود. راکتور بوشهر دارای هشت نوع مجتمع متفاوت می باشد که برای هر کدام کتابخانه PMAXS تهیه گردیده است. به علاوه محاسبات جداگانه ای برای بازتابنده پیرامونی، بالایی و پایینی قلب راکتور با غنای متوسط مناسب انجام پذیرفته است. تهیه قالب PMAXS بر اساس پیوست A مرجع [۳] و شکل (۱) انجام می شود.



شکل ۱: فلوجارت برنامه فرترن نوشته شده برای تولید فرمت PMAXS (سمت چپ) و فلوجارت اجرای PARCS با ورودی PMAXS (سمت راست)

برای این منظور یک برنامه فرترن واسط نوشته شده است که تعداد متغیرهای حالت و همچنین محدوده کاری آنها را شامل، کسر میله کنترل (CR)، چگالی خنک کننده (DC)، میزان غلظت سم در خنک کننده (PC)، دمای سوخت (TF)، دمای خنک کننده (TC) دریافت می کند. به هر ترکیب از متغیرهای حالت یک شاخه گفته می شود. برنامه تعداد شاخه های مورد نظر را بر اساس تعداد ترکیب ها محاسبه و کد WIMSD5 را برای هر شاخه اجرا می کند. در نهایت با استخراج ثوابت گروهی از خروجی کد WIMSD5، داده های لازم توسط برنامه واسط به فرمت PMAXS (فرمتی که توسط کد PARCS قابل شناسایی و استفاده است) تبدیل می گردد. جهت صحت سنجی برنامه تهیه شده پس از انجام محاسبات توسط کد WIMSD5 برای هر مجتمع

، مجتمع عینا در کد PARCS با همان شرایط مرزی مدل گردیده تا ضریب تکثیر مؤثر را بین دو کد PARCS و WIMS مقایسه گردد، راهنمای GenPMAXS [۴] از آن به عنوان یک بازیابی و تأیید خوب برای مدلسازی انجام شده یاد می کند ، چرا که هرچند هر دو از روش های جبری برای حل معادلات استفاده می کنند ولی معادلات و نحوه حل آنها با هم متفاوت می باشد(جدول ۱). پس از انجام این صحت سنجی اولیه، مدل سازی کل قلب با شرایط مرزی مناسب در دو حالت COLD (قلب سرد) و HZP (قلب گرم با توان صفر تولیدی) انجام شده است.

نتایج:

در جدول (۲) مقادیر محاسبه شده توسط PARCS برای ضریب تکثیر مؤثر، راکتیویته excess و مقدار بور بحرانی در دو حالت یاد شده ارائه گردیده و با مقادیر آلبوم نوترونیکی راکتور بوشهر [۱] مقایسه شده است.

جدول ۱: مقایسه ضریب تکثیر بینهایت بین

PARCS و WIMSD۵

FA type	PARCS	WIMS
FA۱,۶	۰,۹۳۹۲۷۱	۰,۹۳۹۱۶۶
FA۲,۴	۱,۰۸۲۹۱۴	۱,۰۸۲۸۵۷
FA۳,۶	۱,۲۰۹۷۶۰	۱,۲۰۹۷۳۲
۲,۴B۲۰	۱,۰۱۸۷۹۳	۱,۰۱۸۶۹۷
۲,۴B۳۶	۰,۹۸۵۰۹۲	۰,۹۸۵۰۴۷۷
۳,۶B۳۶	۱,۱۱۸۷۱۰	۱,۱۱۸۶۴۰

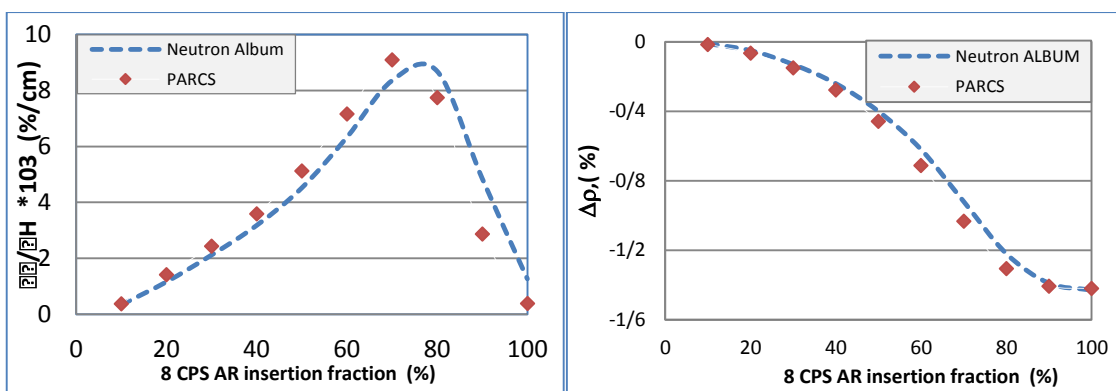
جدول ۲: مقادیر ضریب تکثیر و بور بحرانی

حالت قلب	K_{eff} PARCS	راکتیویته Excess PARCS	بور بحرانی (PPM) PARCS	بور بحرانی (PPM) آلبوم نوترونی
COLD	۱,۰۵۲۳	۰,۰۴۹۷	۱۴۰۵	۱۴۲۷
HZP	۱,۱۸۶۷	۰,۱۵۷۳	۱۲۵۹	۱۲۷۱

مقدار بور بحرانی ، ارزش دیفرانسیلی و ارزش انتگرالی برای بانک بانک کنترلی ۸ در هنگام وارد شدن بانک کنترلی (شکل ۲) نشان داده شده است. با مقایسه داده ها با آلبوم نوترونی نیروگاه بوشهر حداکثر اختلاف ۵ درصد مشاهده شده است که نشان دهنده توافق خوب با آلبوم نوترونی می باشد. بعلاوه در (شکل ۴) برای

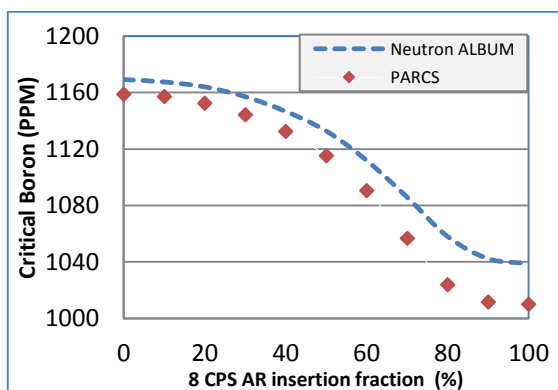


حالت HZP توزیع شعاعی قدرت برای کل قلب و برای ابتدای سیکل کاری هنگامی که بانک کنترلی شماره ۱۰ به میزان ۶۰ درصد در قلب وارد شده، محاسبه و ترسیم شده است. با توجه به نمودار یک توزیع یکنواخت قدرت را برای نقاط مرکزی داشته (۰,۵۱ تا ۱) و با حرکت به سمت قسمت بیرونی قلب افزایش (۱ تا ۱,۵۱) در فاکتور پیک توان مشاهده می شود. در (شکل ۵)، تغییر توزیع محوری قدرت با وارد شدن بانک کنترل شماره هشتم نشان داده شده است. طبق انتظار با ورود بانک کنترلی شکل سینوسی قدرت دستخوش تغییر می شود و در ادامه با ورود کامل بانک کنترلی شکل سینوسی خود را پیدا می کند. در شکل (۳)، فاکتور پیک توان برای یک ششم قلب تحت شرایط داده شده محاسبه و با آلبوم مقایسه گردیده است، نتایج نشان می دهد مجتمعی که در آن ماکزیمم فاکتور پیک توان (۱,۴۷=PPF در مجتمع شماره ۲۲) و مینیمم پیک توان (۰,۵۴=PPF در مجتمع شماره ۲) اتفاق افتاده برای محاسبات PARCS و آلبوم نوترونی یکسان می باشد. استفاده از فیدبک ترموهیدولیکی کد PARCS تاثیر محسوسی در محاسبه فاکتور پیک توان داشته است.



(ب)

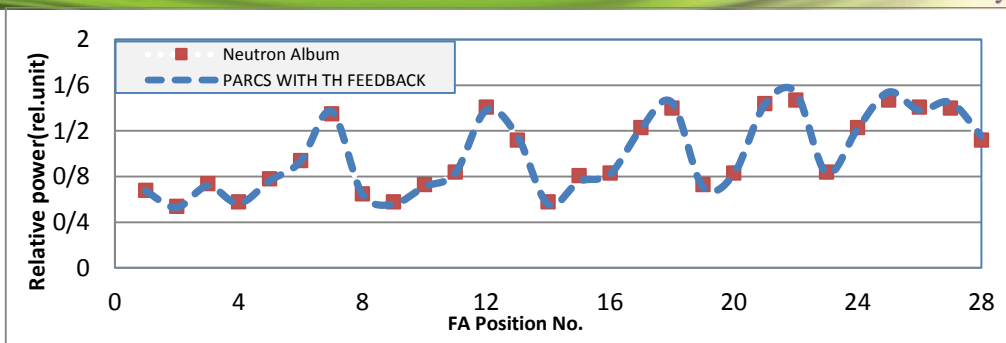
(الف)



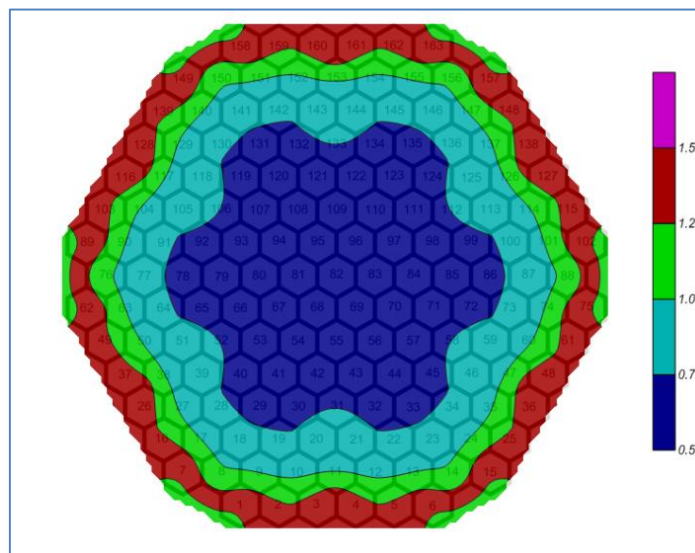
(ج)

شکل ۲: جایگذاری بانک کنترلی گروه هشتم

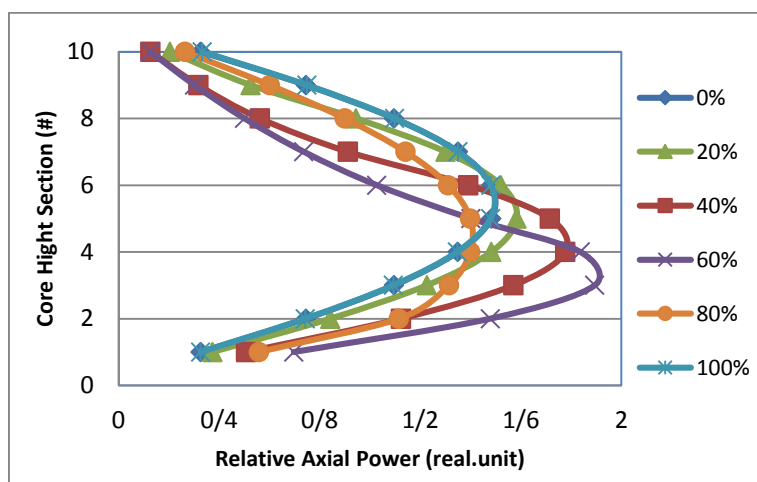
(الف) ارزش انتگرالی (ب) ارزش دیفرانسیلی (ج) مقدار بور بحرانی در هر مرحله وارد شدن بانک کنترلی



شکل ۳: مقایسه فاکتورهای پیک توان بین PARCS و آلبوم نوترونی



شکل ۴: توزیع شعاعی قدرت در حالت HZP در شرایط (ابتدای سیکل، قلب بدون سموم، میله کنترل گروه ۱۰ شصت درصد داخل، قدرت ۵ درصد مقدار نامی)



شکل ۵: توزیع محوری قدرت در هنگام وارد شدن میله کنترل گروه ۸



بحث و نتیجه گیری:

همانطور که ذکر شد برنامه فرترن نوشته شده در ابتدا برای هر کدام از مجتمع‌ها یک فایل PMAXS بر اساس اطلاعات ورودی که قسمت اصلی آن تعداد شاخه‌ها و همچنین محدوده کاری هر یک از متغیرهای حالت می‌باشد، تهیه می‌کند. برنامه نوشته شده این قابلیت را دارد تا در صورت تهیه شدن ورودی کد WIMSD5 برای یک راکتور آب سبک مشخص کتابخانه PMAXS را تهیه کند. با توجه به صحت سنجی‌های انجام شده و همچنین محاسبه پارامترهای انتگرالی و دیفرانسیلی می‌توان مشاهده کرد کد WIMSD5 را می‌توان به عنوان یک کد محاسبات سلولی برای تولید کتابخانه PMAXS مورد استفاده قرار داد. همچنین با توجه به تطابق خوب نتایج با آلبوم نوترونی نیروگاه VVER-1000 بوشهر می‌توان نتیجه گرفت که کد PARCS یک کد قابل اطمینان برای شبیه‌سازی قلب‌های هگزاگونال می‌باشد.

مراجع:

- [۱] Atomic Energy Organization of Iran, ۲۰۰۷. Album of Neutron and Physical Characteristics of the 1st Loading of Boushehr Nucl. Plant, Technical Report, Tehran, Iran
- [۲] Downar, T., Xu, Y., Seker, V., & Hudson, N. (۲۰۱۰). PARCS v3 US NRC Core Neutronics Simulator User Manual. Michigan University.
- [۳] Downar, T., Xu, Y., Seker, V., & Hudson, N. (۲۰۱۰). PARCS v3 US NRC Core Neutronics Simulator-Theory Manual. Michigan University/NRC.
- [۴] Xu, Y., & Downar, T. (۲۰۰۶). GenPMAXS Code for Generating the PARCS Cross Section Interface File PMAXS. Purdue University, PU/NE-۰۰-۲۰ (Rev. ۹).