

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

کمال حداد^۱، فرشاد فقیهی^{۲*}، محمد هادی پرهمت^۳، خلیل حسینی پور^۳، هدی صادقپور^۳

۱. استاد مهندسی هسته‌ای، دانشگاه شیراز، شیراز، فارس، ایران

۲. دانشیار مهندسی هسته‌ای، دانشگاه شیراز، شیراز، فارس، ایران

۳. دانشجوی دکتری مهندسی هسته‌ای، دانشگاه شیراز، شیراز، فارس، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۳/۶/۵ - تاریخ پذیرش: ۹۳/۸/۱۵)

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. سطح مقطع های چند گروهی با استفاده از کدهای محاسبه های سلولی TRITON, CASMO, HELIOS محاسبه می گردد. به دلیل در دسترس نبودن کد های یاد شده، در کار حاضر کتابخانه ثوابت گروهی به فرمت مورد نیاز کد PMAXS (PARCS) 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 آلبوم نوترونی نیروگاه بوشهر می باشد.

واژه های کلیدی: PMAXS, PARCS, VVER1000

۱. مقدمه

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

بکارگیری ثوابت گروهی بصورت خام و پردازش نشده در

کدهایی استفاده می شود که چندان قدرت مانور برای شبیه سازی

* مؤلف مسؤول: فارس، شیراز، دانشکده مکانیک، بخش مهندسی هسته ای، گروه راکتور، کد پستی: ۷۱۹۳۶ - ۵۱۵۴۸

پست الکترونیکی: faghihif@shirazu.ac.ir

قدرت لازم برای مدل کردن شرایط‌هایی نزدیک به واقعیت فی ذات ناتوانند. به نظر می‌رسد که کد های هسته ای نسل جدید برای بالا بردن توانایی خود از یک فرمت مشخص داده‌های ورودی بهره خواهند برد که کد PARCS از این جمله می‌باشد. 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 می‌باشد. 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 می‌کند [۱].

۲. روش کار:

از آنجایی که کد PARCS برای کتابخانه خود نیازمند سطح مقطع برای هر مجتمع می‌باشد، 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 پراکندگی (Σ_s) و شکاف (Σ_f) و $v\Sigma_f$ استخراج می‌شود.

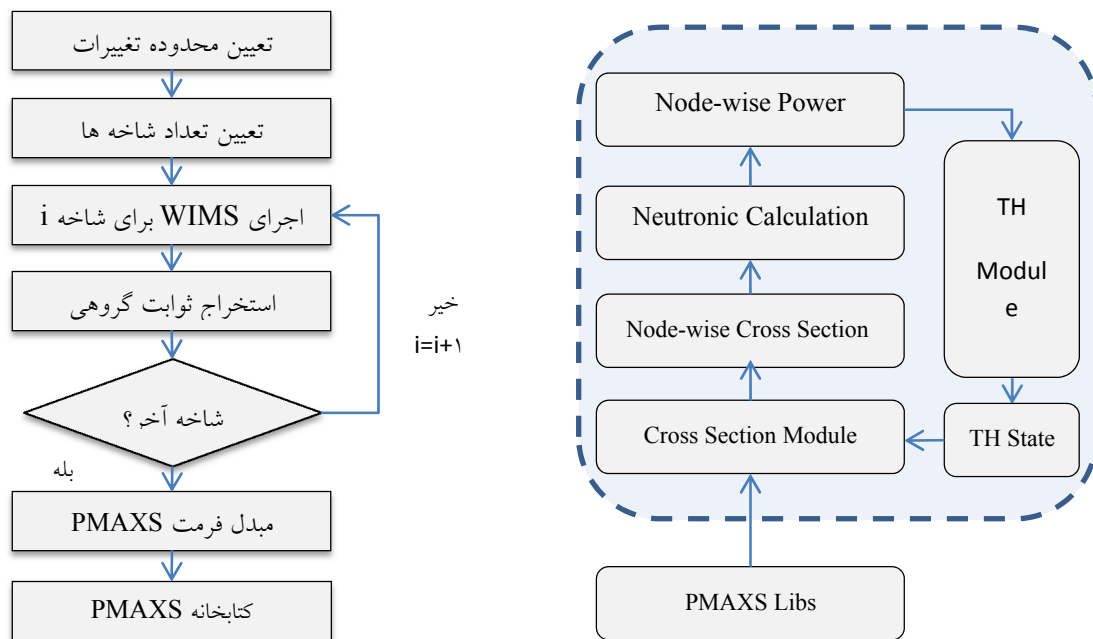
راکتور بوشهر دارای هشت نوع مجتمع متفاوت می‌باشد که برای هر کدام کتابخانه PMAXS تهیه گردیده است. به علاوه محاسبات جداگانه‌ای برای بازتابنده پیرامونی، بالایی و پایینی قلب راکتور با غنای متوسط مناسب انجام پذیرفته است. تهیه

قالب PMAXS بر اساس پیوست A مرجع [۳] و شکل ۱ انجام می‌شود.

برای این منظور یک برنامه فرترن واسط نوشته شده است که تعداد متغیر های 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 می‌کند. به هر ترکیب از متغیرهای حالت یک شاخه گفته می‌شود. برنامه تعداد شاخه های مورد نظر را بر اساس تعداد ترکیبها محاسبه و کد WIMSD5 را برای هر شاخه اجرا می‌کند. 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 می‌گردد. 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 بازبینی و تأیید خوب برای مدل سازی انجام شده یاد می‌کند، چرا که هرچند هر دو از روش های جبری برای حل معادله‌ها استفاده می‌کنند ولی معادله‌ها و نحوه حل آنها با هم متفاوت می‌باشد (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.

۳. نتایج

در جدول ۲ مقادیر محاسبه شده توسط PARCS برای ضریب تکثیر مؤثر، پرتوزایی excess و مقدار بور بحرانی در دو حالت یاد شده ارائه گردیده است و نتایج به دست آمده با مقادیر آلبوم نوترونیک راکتور بوشهر [۱] مقایسه شده است.



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

جدول ۱. مقایسه ضریب تکثیر بین PARCS و WIMSD5

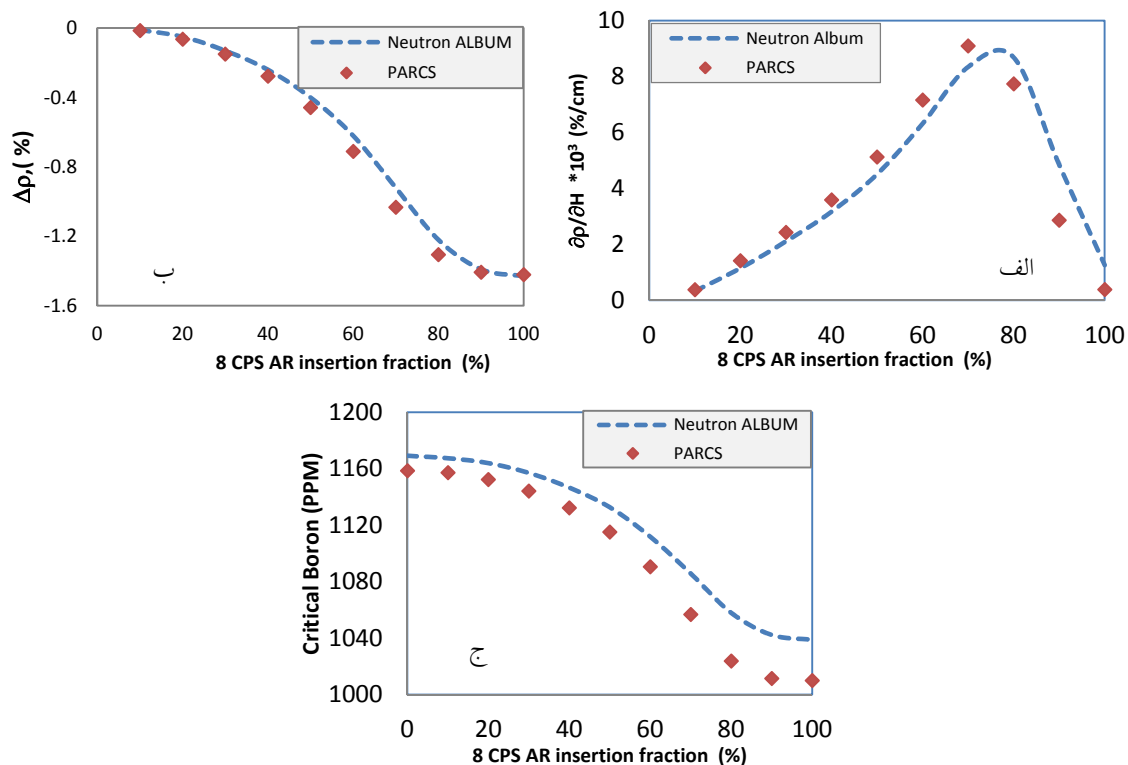
FA type	PARCS	WIMS
FA1.6	۰٫۹۳۹۲۷۱	۰٫۹۳۹۱۶۶
FA2.4	۱٫۰۸۲۹۱۴	۱٫۰۸۲۸۵۷
FA3.6	۱٫۲۰۹۷۶۰	۱٫۲۰۹۷۳۲
2.4B20	۱٫۰۱۸۷۹۳	۱٫۰۱۸۶۹۷
2.4B36	۰٫۹۸۵۵۹۲	۰٫۹۸۵۴۷۷
3.6B36	۱٫۱۱۸۷۱۰	۱٫۱۱۸۶۴۰

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

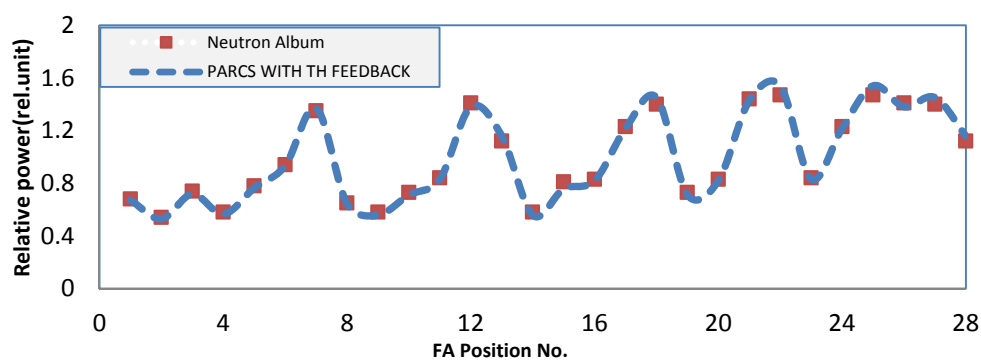
هشتم نشان داده شده است. طبق انتظار با ورود بانک کنترل‌ی شکل سینوسی قدرت دستخوش تغییر می‌شود و در ادامه با ورود کامل بانک کنترل‌ی شکل سینوسی خود را پیدا می‌کند. در شکل ۳، فاکتور پیک توان برای یک ششم قلب تحت شرایط داده شده محاسبه و با آلبوم مقایسه گردیده است، نتایج نشان می‌دهد مجتمعی که در آن ماکزیمم فاکتور پیک توان (PPF=1.47) در مجتمع شماره ۲۲) و مینیمم پیک توان (PPF=0.54) در مجتمع شماره ۲) اتفاق افتاده برای محاسبات PARCS و آلبوم نوترونی یکسان می‌باشد. استفاده از بازخورد ترموهیدرولیکی کد PARCS تاثیر محسوسی در محاسبه فاکتور پیک توان داشته است.

مقدار بور بحرانی، ارزش دیفرانسیلی و ارزش انتگرالی برای بانک کنترل‌ی ۸ در هنگام وارد شدن بانک کنترل‌ی (شکل ۲) نشان داده شده است. با مقایسه داده‌ها با آلبوم نوترونی نیروگاه بوشهر حداکثر اختلاف ۵ درصد مشاهده شده است که نشان دهنده توافق خوب با آلبوم نوترونی می‌باشد. 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 می‌شود. در (شکل ۵)، تغییر توزیع محوری قدرت با وارد شدن بانک کنترل شماره

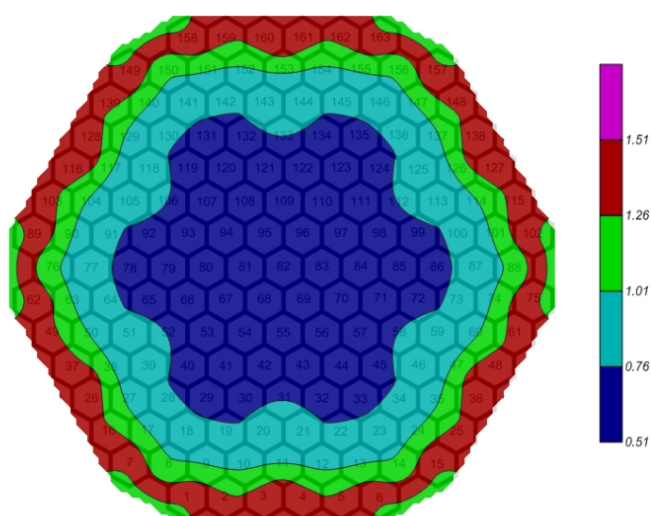


شکل ۲. جایگذاری بانک کنترل‌ی گروه هشتم

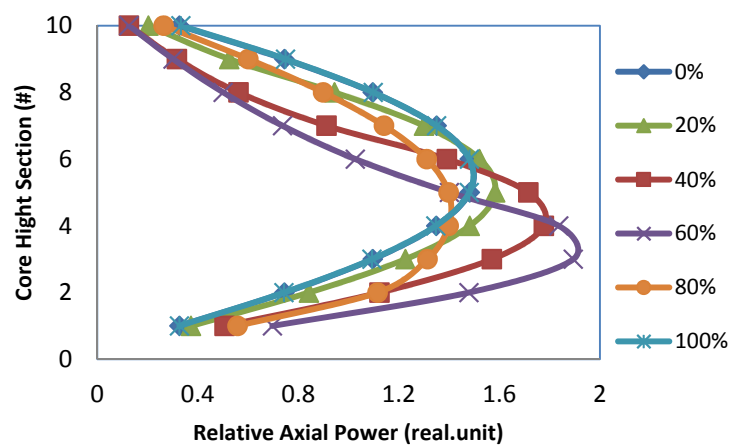
الف) ارزش انتگرالی ب) ارزش دیفرانسیلی ج) مقدار بور بحرانی در هر مرحله وارد شدن بانک کنترل‌ی



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

۴. نتیجه گیری:

به نیروگاه VVER-1000 بوشهر می توان نتیجه گرفت که کد PARCS یک کد قابل اطمینان برای شبیه سازی قلب های هگزagonal می باشد.

مراجع

- [1] Atomic Energy Organization of Iran. Album of Neutron and Physical Characteristics of the 1st Loading of Boushehr Nucl. Plant, Technical Report, Tehran, Iran, 2007.
- [2] T. Downar, Y. Xu, V. Seker, & N Hudson, PARCS v3 US NRC Core Neutronics Simulator User Manual. Michigan University, 2010.
- [3] T. Downar, Y. Xu, V. Seker, & N Hudson, PARCS v3 US NRC Core Neutronics Simulator-Theory Manual. Michigan University/NRC, 2010.
- [4] Y. Xu & T. Downar, GenPMAXS Code for Generating the PARCS Cross Section Interface File PMAXS. Purdue University, PU/NE-00-20 (Rev. 9), 2006.

همانطور که ذکر شد برنامه فترن نوشته شده در ابتدا برای هر کدام از مجتمع ها یک فایل PMAXS بر اساس اطلاعات ورودی که قسمت اصلی آن تعداد شاخه ها و همچنین محدوده کاری هر یک از متغیر های حالت می باشد، تهیه می کند. 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 سنجی های انجام شده است. همچنین محاسبه پارمترهای انتگرالی و دیفرانسیلی می توان مشاهده کرد کد WIMSD5 را می توان به عنوان یک کد محاسبات سلولی برای تولید کتابخانه PMAXS مورد استفاده قرار داد. همچنین با توجه به تطابق مناسب نتایج با آلبوم نوترونی مربوط

Simulation of Bushehr reactor steady state by PARCS code and PMAXS library

K. Hadad¹, F. Faghihi^{2*}, MH. Porhemmat³, K. Hosseinipor³, H.Sadeghpour³

1. Professor, Department of Nuclear Engineering, Shiraz University, Shiraz, Fars, Iran

2. Associate Professor, Department of Nuclear Engineering, Shiraz University, Shiraz, Fars, Iran

3. Ph.D student, Department of Nuclear Engineering, Shiraz University, Shiraz, Fars, Iran

** Corresponding author's E-mail: faghihif@shirazu.ac.ir*

(Received: 27/08/2014 - Accepted: 6/11/2014)

ABSTRACT

Due to the advanced capabilities of the PARCS code in reactor simulation, using this code in Bushehr power plant analysis, at COLD and HZP states is the purpose of the present study. Multi-group cross sections are calculated by lattice code TRITON, CASMO and HELIOS. Since mentioned code are not available, in present work, group constants library prepared in PMAXS format by implementation of WIMSD5 as lattice code. Generated library is verified by calculation of infinite multiplication factor by PARCS and WIMSD5 for a fuel assembly in different conditions. Simulations results performed with PARCS have a good agreement with Neutronics Album and FSAR.

Keywords: *VVER1000, PARCS, PMAXS*