تهیه کد محاسباتی سوخت نیروگاه های هسته ای و اعتبارسنجی با کد Cell

جباری،مسعود[۱]*، فقیهی ، فرشاد[۲] ، تبادار زهرا [۱]و احمد نصری[۱]

سازمان انرژی اتمی ، شرکت مهندسین مشاور افق هسته ای

دانشگاه شیراز ، دانشکده مکانیک ، بخش مهندسی هسته ای

Archive of SID

چکیده:

در این مقاله یک نیروگاه PWR در نظر گرفته می‌شود و معادلات[۱] ODE حاکم برای ایزوتوپ‌های مهم سوخت نظیر U و Pu و Fission Product ها تعیین می‌گردد.سپس با استفاده از GUI[۲] نرم‌افزار MATLAB با استفاده از ODEهای Stiff و Non-stiff معادلات کوپل شده به طور همزمان حل می‌شوند. کلیه فرآیند محاسباتی به صورت یک نرم‌افزار تهیه گردیده که شامل منوهای ورودی، خروجی، نحوه حل معادلات می‌باشد که می‌توان با استفاده از این نرم‌افزار مقادیر جرمی و درصد وزنی ایزوتوپ‌های ذکر شده را با Burn upهاو fluxtime های متفاوت و همچنین Reactivity-Burn up را محاسبه نمود و در نهایت مقادیر ذکر شده با مقادیر محاسبه شده توسط کد Cellمقایسه می‌گردد.همچنین با توجه به ورودی های در نظر گرفته شده برای این کد می توان محاسبات سوخت نیروگاههایی نظیر بوشهر را نیز انجام داد که در دست بررسی می باشد.

کلمات کلیدی: *(کدسوخت، burn up ، GUI و ODE)*

مقدمه:

[۱] Ordinary Differential Equation
[۲] Graphical User Interface

www.SID.ir

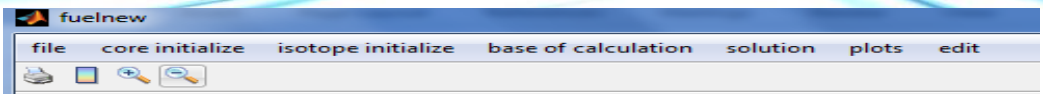
در نیروگاه‌های هسته‌ای با گذشت زمان مقادیر ایزوتوپ‌های تشکیل‌دهنده سوخت (Burn up) تغییر می‌نمایند. که با توجه به این تغییرات برنامه های fuel management نیروگاه‌ها تعیین می‌گردد. همچنین این ایزوتوپ‌ها نیز در پسماند سوخت جهت جداسازی ایزوتوپ‌های مهم نظیر Pu و U از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. از جمله کدهای محاسباتی سوخت می‌توان به کد Origin و کد MCNPX اشاره نمود .این کدها از قابلیت بالایی برخوردار بود ولیکن به صورت Graphic user interface نمی‌باشند. در این مقاله هدف تهیه کدبا قابلیت استفاده Graphic بالا جهت سهولت کار با Userمی‌باشد.

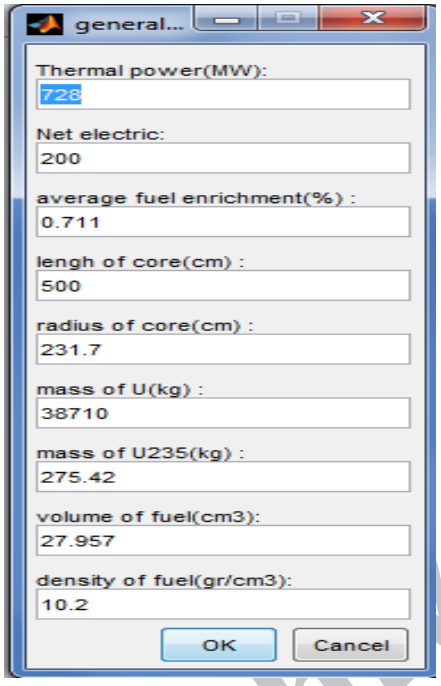
روش کار:

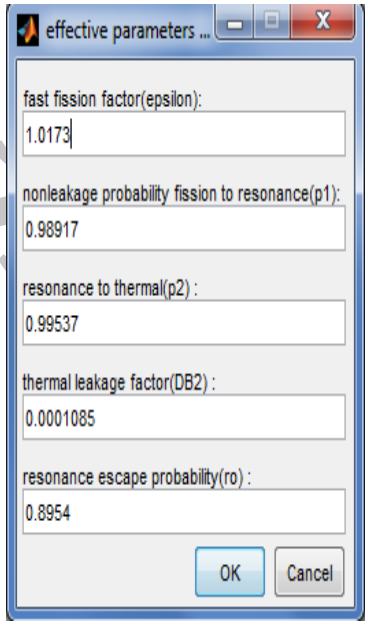
در ابتدا بر اساس مشخصات یک نیروگاه PWR و معادلات حاکم که برای هر یک از ایزوتوپ های مهم Pu و U ماتریس ضرایب تعیین گردید.[1]در کد مذکور ضرایب ماتریس بر اساس ورودی های در نظر گرفته شده محاسبه می گردد. مشخصات General راکتور مانند قدرت حرارتی، الکتریکی، متوسط غنای سوخت، ابعاد قلب راکتور، جرم‌های اولیه اورانیوم مانند شکل ۱ وارد می‌شوند.

Archive of SID

www.SID.ir







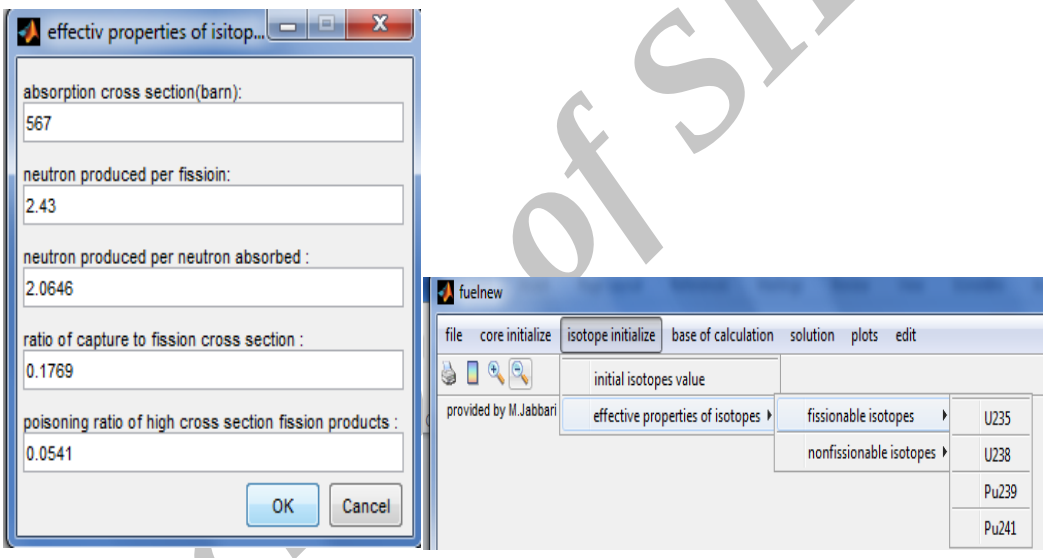
شکل ۱-منوی وارد کردن مششخصات general

شکل۲- منوی وارد کردن effective parameter

Effective Parameter قلب مانند شکل۲ وارد می شوند.در ادامه مقادیر Effective parameter مربوط به هر یک از ایزوتوپ‌های Fissionable و Non-Fissionable که عبارتند از Absorption cross section، Neutron produced per neutron absorbed و Ratio of capture to fission cross section مانند

Archive of SID
www.SID.ir

شکل ۳ وارد می‌شوند.پایه و اساس محاسبات مقادیر ایزوتوپ‌ها می‌تواند به دو صورت جرم و چگالی اتمی طبق شکل۴ مشخص گردد.



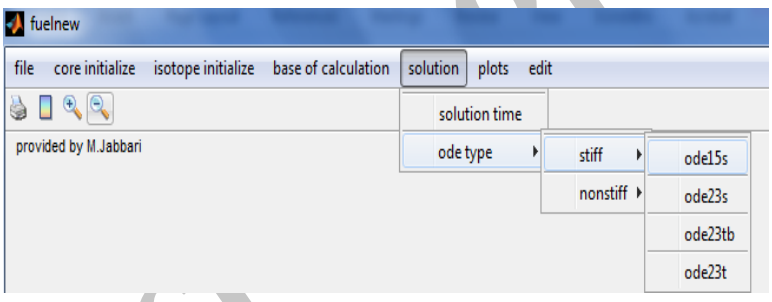
شکل ۳- منوی وارد کردن effective parameters مربوط به هسته های fissionable and nonfissionable

تعیین بازه زمانی:

در این قسمت یک پارامتر به نام Flux time (θ) براساس $\theta \equiv \int_0^t \emptyset(t')dt'$ که واحد این پارامتر به صورت $\frac{neutron}{Cm^2}$ می‌باشد که معمولاً به صورت n/kh نشان داده شده می شود.در کد فوق نیز یکی از منوها جهت تعیین

www.SID.ir
Archive of SID

بازه زمانی در نظر گرفته شد ه است. که در منوی Solution قرار داده شده است..همچنین در این منو اساس و پایه محاسبات که می تواند به صورت جرمی و درصد وزنی باشد باید مشخص گردد.در این قسمت معادلات حاکم بر ایزوتوپ‌های مهم نصیر Pu و U و Fission productها تعیین می‌گردد. این معادلات به صورت کوپل شده می‌باشند که ضرایب این ماتریس جهت حل معادلات به کار برده می‌شود. در این قسمت ۲ روش Stiff و Non-stiff که هر کدام شامل روش های متقاوت می‌باشند در نظر گرفته شده است که در شکل۴ نشان داده شده است.

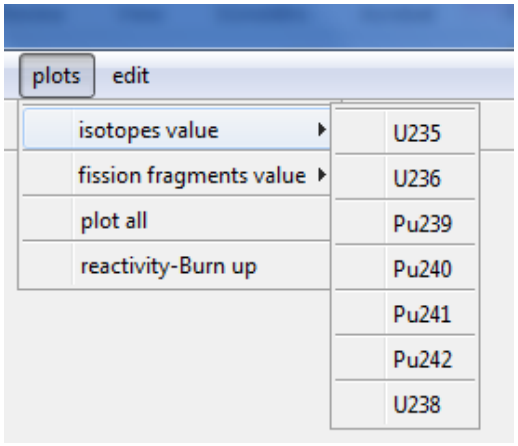


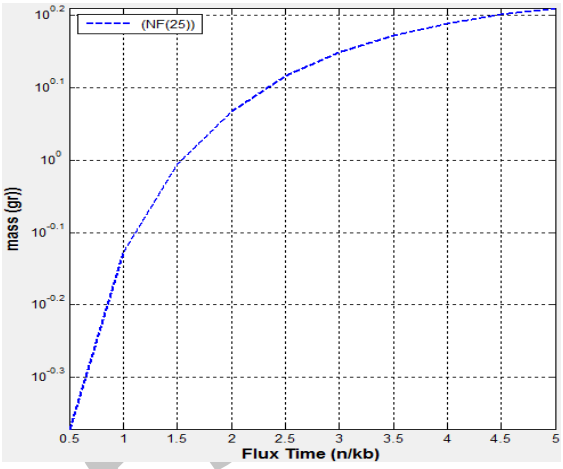
شکل ۴- منوی انتخاب روش محاسباتی

خروجی:

در یکی از منوها، قسمت Plots جهت نمایش خروجی‌های نرم‌افزار لحاظ شده است که در شکل۵ نشان داده شده است. در این قسمت مقادیر جرمی چگالی اتمی هر یک از ایزوتوپ‌های U و Pu و Fission productها بر اساس flux time و Burn up های متفاوت نشان داده می شوند.

www.SID.ir
Archive of SID



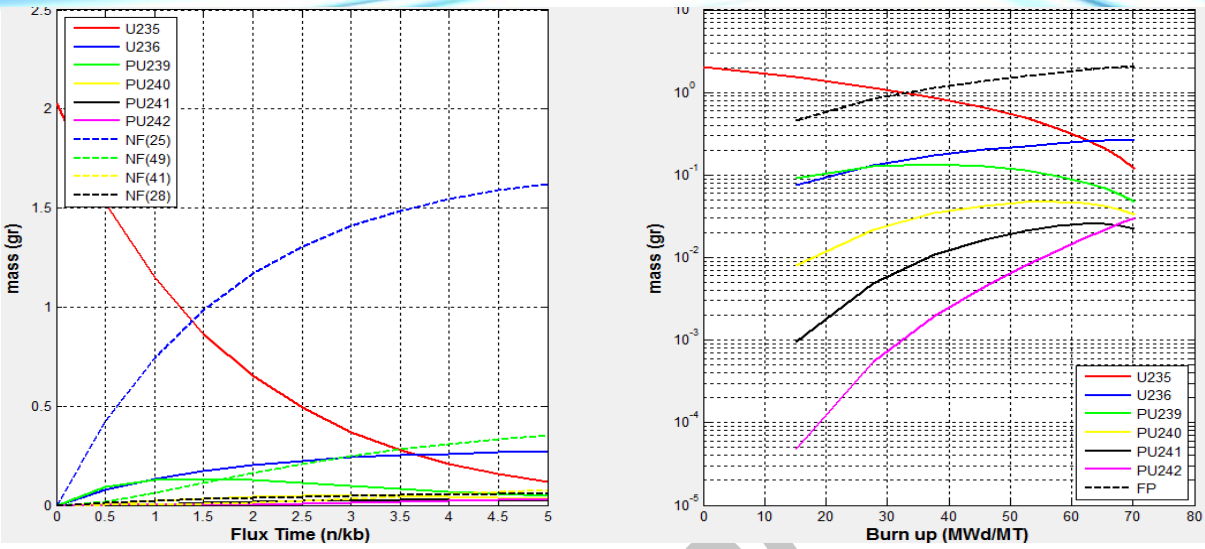


Archive of SID

شکل ۵- منوی نمایش خروجی ایزوتوپ ها و مقدار fission product ها

برای نمونه مقادیر ایزوتوپ ها ی مهم بر اساس تغییرات burn up و flux time در شکل ۶ نشان داده شده است.

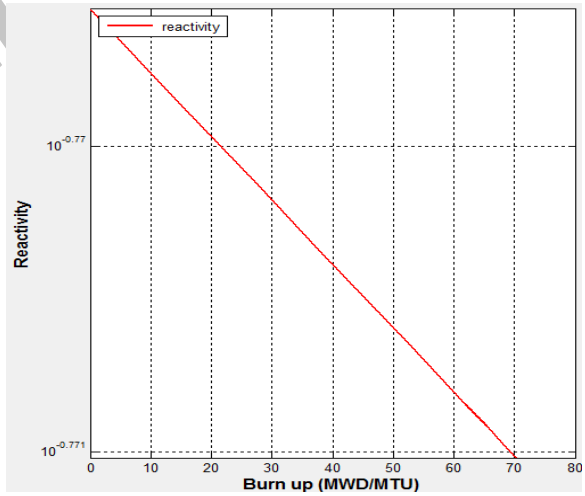
www.SID.ir



شکل ۶- مقادیر ایزوتوپ ها ی مهم بر اساس تغییرات burn up و flux time

همچن مقدار Reactivity براساس Flux timeهای متفاوت در شکل ۷ نشان داده شده است. همچنین

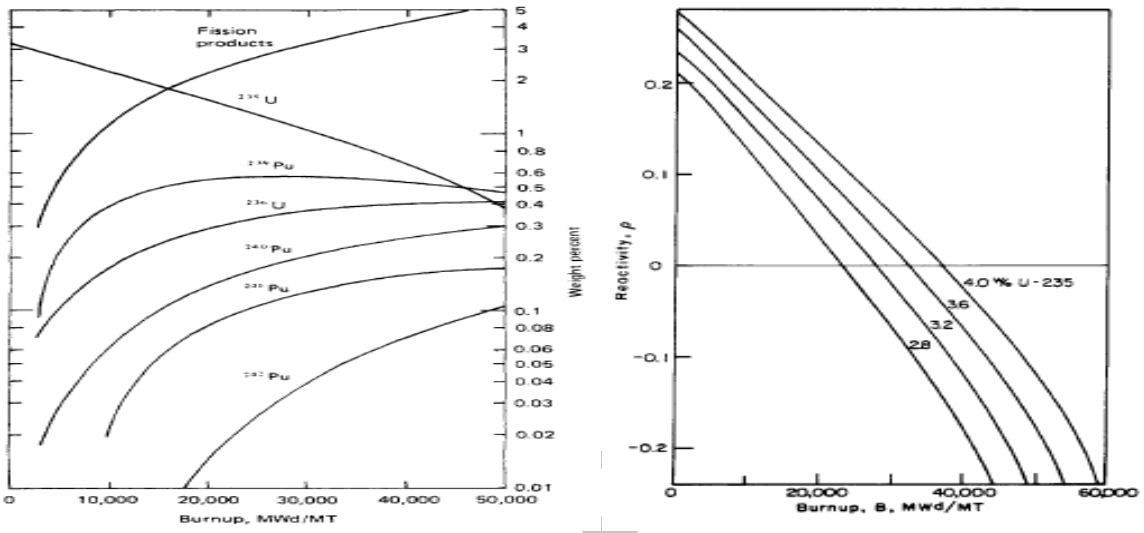
نمودار تغییرات مقادیر ایزوتوپ ها و راکتیویتی در کد cell در شکل ۸ نشان داده شده است



Archive of SID

www.SID.ir

شکل۷ – نمودار تغییرات راکتیویتی بر اساس تغییرات burn up



شکل ۸- نمودار تغییرات ایزوتوپ ها و راکتیویتی محاسبه شده در کد cell

نتیجه گیری :

در این مقاله ابتدا یک نمونه راکتور PWR با مشخصات ابعاد و پارامترهای نوترونیک جهت بررسی در نظر گرفته شد. سپس معادلات ODE حاکم برای ایزوتوپ‌های مهم سوخت نظیر U و Pu و Fission Product تعیین گردید و در ادامه ماتریس ضرایب این معادلات مشخص شد. با استفاده از gui نرم‌افزار MATLAB با استفاده از ODEهای Stiff و Non-stiff معادلات کوپل شده به طور همزمان حل شدند. کلیه فرآیند محاسباتی به صورت یک نرم‌افزار تهیه گردید که شامل منوهای ورودی، خروجی، نحوه حل معادلات می‌باشد که می‌توان با استفاده از این نرم‌افزار مقادیر جرمی و درصد وزنی ایزوتوپ‌های ذکر شده را با Burn upها و flux time های متفاوت محاسبه کرد. همچنین با استفاده از این کد تغییرات Reactivity-Burn up نشان داده شد. در نهایت مقادیر ذکر شده با

www.SID.ir
Archive

روند تغییرات محاسبه شده توسط کد Cell مقایسه گردید. نتیجه نشان می دهد که این مقادیر به یکدیگر نزدیک بوده و این کد می تواند جهت محاسبات burn up سوخت برای دیگر نیروگاه ها به کاربرده شود.

مراجع :

[1]-Manson Benedict, Thomas H. Pigford, Hans Wolfgang Levi, Copyright 1981, 1957 by McCraw-Hill, Inc. All rights reserved.

Archive of SID

www.SID.ir