



شبیه‌سازی نوئیز نوترونی ناشی از بارگذاری اشتباه دو مجتمع سوخت مجاور در قلب راکتور بوشهر و تحلیل ترموهیدرولیکی آن به روش تک کانال گرم شونده

نقوی دیزجی، داود-کللی، علی - وثوقی، ناصر*

دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مهندسی انرژی، گروه مهندسی هسته‌ای

چکیده:

بارگذاری اشتباه دو مجتمع سوخت مجاور هم می‌تواند از نظر ایمنی و محاسبات فیزیک راکتور چالشی جدی برای بهره‌برداری ایمن از راکتورهای قدرت باشد. در این پژوهش با استفاده از تئوری نوئیز نوترونی و روش تک کانال گرم شونده به بررسی و ارائه روشی جهت تشخیص این نوع بارگذاری در قلب راکتور هسته‌ای بوشهر پرداخته شده است. با بررسی نوئیز ایجاد شده در توزیع شار نوترونی و پارامترهای ترموهیدرولیکی مرتبط نتیجه گرفته شد که این روش جهت تشخیص بارگذاری اشتباه، مناسب است. کلمات کلیدی: ILOFAIP، نوئیز نوترونی، نودال بسط شار مرتبه بالا، تحلیل ترموهیدرولیکی، تک کانال گرم شونده

مقدمه:

نوئیز نوترونی به صورت اختلاف بین شار وابسته به زمان با مقدار متوسط زمانی آن تعریف می‌شود. از نوئیز نوترونی برای نظارت بر رفتار قلب و اهداف تشخیصی و یا هنگامی که یک وضعیت غیرعادی به وجود آمده است، استفاده می‌شود. از کاربردهای تشخیصی نوئیز می‌توان به تعیین چشمه نوئیز ناشی از بارگذاری اشتباه مجتمع سوخت، جاذب با قدرت متغیر و یا نوسانات محافظ قلب اشاره کرد [۱و۲]. یکی از مسائلی که در طراحی راکتور باید در نظر گرفته شود این است که اگر مجتمع‌های سوخت به درستی بارگذاری نشوند و یا جابه‌جا بارگذاری شوند تغییرات شار نوترونی به چه صورت خواهد بود و یا چگونه این بارگذاری اشتباه تشخیص داده می‌شود. به کارگیری نوئیز نوترونی در تشخیص این پدیده کارآمد خواهد بود [۳]. از طرفی با توجه به ابعاد این نوع چشمه نوئیز نوترونی منطقی است که از روش‌های مبتنی بر مش بزرگ جهت گسسته سازی و حل عددی معادلات نوئیز نوترونی استفاده کرد [۲] که در این پژوهش از روش نودال بسط شار مرتبه بالا استفاده می‌شود.

همچنین علاوه بر شبیه‌سازی نوئیز نوترونی حاصل از بارگذاری اشتباه دو مجتمع سوخت مجاور هم، به تحلیل ترموهیدرولیکی دو کانال هیدرولیکی مجتمع‌های درگیر نیز پرداخته می‌شود [۴] پس علاوه بر پارامترهای نوترونی

¹Inadvertent Loading and Operation of a Fuel Assembly in an Improper Position (ILOFAIP)

می‌توان با مقایسه پارامترهای ترموهیدرولیکی توسط اپراتور، این نوع بارگذاری اشتباه را تشخیص داد. شایان به ذکر است که این تحقیق در راستای فعالیت‌های تحقیقاتی سازمان انرژی اتمی ایران می‌باشد.

روش کار :

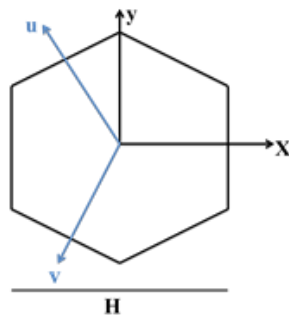
با توجه به اینکه ورودی محاسبات نويز نوترونی خروجی محاسبات حالت پایا است، ابتدا باید محاسبات حالت پایا انجام شود و سپس به محاسبات نويز نوترونی پرداخته شود. از آنجایی که چشمه نويز از نظر ابعادی به اندازه یک مجتمع سوخت است و همچنین به دلیل داشتن زمان و هزینه محاسبات بهینه از روش نودال بسط شار جریان متوسط جهت حل عددی معادلات پخش نوترون حالت پایا و نويز نوترونی استفاده شده است. همچنین با توجه به اینکه خطای روش نودال بسط شار نسبتاً بالاست از مرتبه‌های بالاتر بسط شار استفاده شده است [۲].

پس از به دست آوردن توزیع توان نسبی قلب با حل معادله پخش نوترون در حالت پایا، به تحلیل ترموهیدرولیکی اثر بارگذاری اشتباه دو مجتمع سوخت کنارهم با روش تک‌کانال گرم‌شونده پرداخته می‌شود که مبتنی بر گسسته‌سازی و حل معادلات بقای جرم، مومنتم و انرژی به روش حجم محدود است [۵].

در ابتدا جهت انجام محاسبات، نحوه گسسته‌سازی معادله پخش نوترون در حالت چندگروهی به روش نودال بسط شار جریان متوسط مرتبه بالا برای هندسه شش‌گوش و دوبعدی ارائه می‌شود. معادله پخش نوترون چندگروهی در حالت ایستا مطابق رابطه ۱ است.

$$-\nabla \cdot D_g \nabla \phi_g(r) + \Sigma_{R,g} \phi_g(r) = \frac{\chi_g}{k_{eff}} \sum_{g'=1}^G \nu \Sigma_{f,g'} \phi_{g'}(r) + \sum_{\substack{g'=1 \\ g' \neq g}}^G \Sigma_{s,g'g} \phi_{g'}(r), g = 1, 2, \dots, G \quad (1)$$

ضرایب موجود در این رابطه، در مرجع [۱] تعریف شده‌اند. برای شروع، دستگاه مختصات دوبعدی با سه متغیر x و u و v مانند شکل ۱ تعریف می‌شود.



شکل ۱. دستگاه مختصات شش‌گوش دوبعدی در روش نودال بسط شار [۲].



شار نوترونی در هر نود تا مرتبه اول بسط یعنی چندجمله‌ای‌های درجه پنج، به فرم رابطه ۲ بسط داده شده [۶] و سپس در رابطه ۱ جایگذاری می‌شود.

$$\phi_g^{[1]} = A_g h_0 + a_{gx} h_1(\xi_x) + b_{gx} h_2(\xi_x) + a_{gu} h_1(\xi_u) + b_{gu} h_2(\xi_u) + a_{gv} h_1(\xi_v) + b_{gv} h_2(\xi_v) + c_g h_1(\xi_x) h_1(\xi_u) h_1(\xi_v) + d_{gx} h_5(\xi_x) + d_{gu} h_5(\xi_u) + d_{gv} h_5(\xi_v) \quad (۲)$$

پس از جایگذاری، با انتگرال‌گیری و اعمال شرایط پیوستگی جریان، معادله همبسته نودال برای هر نود به صورت رابطه ۳ حاصل می‌شود و معادله تراز نودال نیز به شکل رابطه ۴ به دست می‌آید [۶ و ۷].

$$(۳) \begin{bmatrix} j_{gxr}^+ \\ j_{gxl}^+ \\ j_{gur}^+ \\ j_{gul}^+ \\ j_{gvr}^+ \\ j_{gvl}^+ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{g1}^m & C_{g2}^m & C_{g4}^m & C_{g3}^m & C_{g4}^m & C_{g3}^m & C_{g5}^m & C_{g6}^m & C_{g7}^m & C_{g7}^m \\ C_{g2}^m & C_{g1}^m & C_{g3}^m & C_{g4}^m & C_{g3}^m & C_{g4}^m & C_{g5}^m & -C_{g6}^m & -C_{g7}^m & -C_{g7}^m \\ C_{g4}^m & C_{g3}^m & C_{g1}^m & C_{g2}^m & C_{g4}^m & C_{g3}^m & C_{g5}^m & C_{g7}^m & C_{g6}^m & C_{g7}^m \\ C_{g3}^m & C_{g4}^m & C_{g2}^m & C_{g1}^m & C_{g3}^m & C_{g4}^m & C_{g5}^m & -C_{g7}^m & -C_{g6}^m & -C_{g7}^m \\ C_{g4}^m & C_{g3}^m & C_{g4}^m & C_{g3}^m & C_{g1}^m & C_{g2}^m & C_{g5}^m & C_{g7}^m & C_{g6}^m & C_{g6}^m \\ C_{g3}^m & C_{g4}^m & C_{g3}^m & C_{g4}^m & C_{g2}^m & C_{g1}^m & C_{g5}^m & -C_{g7}^m & -C_{g6}^m & -C_{g6}^m \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} j_{gxr}^{-m} & j_{gxl}^{-m} & j_{gur}^{-m} & j_{gul}^{-m} & j_{gvr}^{-m} & j_{gvl}^{-m} & \Phi_g^m & d_{gx}^m & d_{gu}^m & d_{gv}^m \end{bmatrix}^T$$

$$(۴) \left[\frac{4}{h} C_{g5}^m + \Sigma_{rg}^m \right] \Phi_g^m = \sum_{\substack{g'=1 \\ g' \neq g}}^G \Sigma_{sg}^m \Phi_{g'}^m + \frac{\chi_g}{K_{eff}} \sum_{g'=1}^G \nu \Sigma_{fg}^m \Phi_{g'}^m + \sum_{\substack{s=r,l \\ w=x,u,v}} \frac{2}{3h} (1 - C_{g1}^m - C_{g2}^m - 2C_{g3}^m - 2C_{g4}^m) j_{gws}^{-m}$$

که در آن C_g^m ها ضرایبی برحسب H و D_g ، ضریب پخش نوترون هستند. سپس برای ادامه کار و معادلات نوین نوترونی دوگروهی نیز به همین روش گسسته می‌شود. معادله نوین نوترونی در حالت دوگروهی مطابق رابطه ۵ است [۳]:

$$(۵) \left[\nabla \cdot \bar{D}(\vec{r}) \nabla + \bar{\Sigma}_{dyn}(\vec{r}, \omega) \right] \begin{bmatrix} \delta\phi_1(\vec{r}, \omega) \\ \delta\phi_2(\vec{r}, \omega) \end{bmatrix} = \bar{\phi}_{s,1 \rightarrow 2}(\vec{r}) \delta\Sigma_{s,1 \rightarrow 2}(\vec{r}, \omega) + \bar{\phi}_a \begin{bmatrix} \delta\Sigma_{a,1}(\vec{r}, \omega) \\ \delta\Sigma_{a,2}(\vec{r}, \omega) \end{bmatrix} + \bar{\phi}_f(\vec{r}, \omega) \begin{bmatrix} \delta\Sigma_{f,1}(\vec{r}, \omega) \\ \delta\Sigma_{f,2}(\vec{r}, \omega) \end{bmatrix}$$

که در آن ماتریس‌ها و بردارهای داده شده به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$\bar{D}(\vec{r}) = \begin{bmatrix} D_1(\vec{r}) & 0 \\ 0 & D_1(\vec{r}) \end{bmatrix}, \quad \bar{\phi}_f(\vec{r}, \omega) = \begin{bmatrix} -\phi_1(\vec{r})(1 - \frac{i\omega\beta_{eff}}{i\omega + \lambda}) & -\phi_2(\vec{r})(1 - \frac{i\omega\beta_{eff}}{i\omega + \lambda}) \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$(۶) \bar{\Sigma}_{dyn}(\vec{r}, \omega) = \begin{bmatrix} -\Sigma_1(\vec{r}, \omega) & \frac{\nu\Sigma_{f,2}(\vec{r})}{k_{eff}}(1 - \frac{i\omega\beta_{eff}}{i\omega + \lambda}) \\ \Sigma_{s,1 \rightarrow 2}(\vec{r}, \omega) & -(\Sigma_{a,2}(\vec{r}) + \frac{i\omega}{v_2}) \end{bmatrix}, \quad \bar{\phi}_a = \begin{bmatrix} \phi_1(\vec{r}) & 0 \\ 0 & \phi_2(\vec{r}) \end{bmatrix}$$

$$\Sigma_1(\vec{r}, \omega) = \Sigma_{R,1}(\vec{r}) + \frac{i\omega}{v_1} - \frac{\nu\Sigma_{f,1}(\vec{r})}{k_{eff}}(1 - \frac{i\omega\beta_{eff}}{i\omega + \lambda}), \quad \bar{\phi}_{s,1 \rightarrow 2}(\vec{r}) = \begin{bmatrix} \phi_1(\vec{r}) \\ -\phi_1(\vec{r}) \end{bmatrix}$$



مدل‌سازی ترموهیدرولیکی شامل معادلات ترموهیدرولیکی در کانال، روابط ضریب اصطکاک تکفاز و کیفیت بخار می‌باشد. معادلات اساسی تحلیل سیال شامل سه معادله بقای جرم، انرژی و اندازه حرکت است. [۸]
معادله بقای جرم:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial G}{\partial z} = 0 \quad (7)$$

در این رابطه، ρ چگالی و G سرعت جرمی مایع است. در حالت پایا بخش تغییرات زمانی چگالی در معادله فوق حذف می‌شود (جمله اول سمت چپ). جمله دوم معادله فوق نشان‌دهنده تغییرات سرعت جرمی در طول حجم کنترل است. معادله بقای مومنتم:

$$\frac{\partial G}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{G^2}{\rho} \right) = - \frac{\partial p}{\partial z} - \frac{fG^2}{2D_e \rho} - \rho g \quad (8)$$

در این رابطه، g شتاب جاذبه، f ضریب اصطکاک، $D_e = \frac{4A}{P}$ قطر هیدرولیکی کانال و P فشار سیال است همچنین A سطح مقطع جریان و P محیط خیس شده جریان است. معادله بقای انرژی:

$$\rho \frac{\partial h}{\partial t} + G \frac{\partial h}{\partial z} = \frac{q'' P_h}{A_z} + \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{G}{\rho} \left[\frac{\partial p}{\partial z} + \frac{f T P G^2}{2 D_e \rho} \right] \quad (9)$$

در این معادله p فشار سیال، h آنتالپی، q'' شار حرارتی، A_z سطح مقطع کانال و P_h محیط کانال است. لازم به توضیح است که از روابط ۷، ۸ و ۹ به ترتیب برای محاسبه سرعت، فشار و آنتالپی در خروجی حجم کنترل استفاده می‌شود. بعد از گسسته سازی معادلات به روش حجم محدود، شکل گسسته روابط ۷، ۸ و ۹ به صورت روابط ۱۰، ۱۱ و ۱۲ درمی‌آیند که به ترتیب معادلات گسسته بقای جرم، مومنتم و انرژی هستند.

$$G_m = \rho V = cte \rightarrow \frac{\partial G}{\partial z} = 0 \rightarrow \frac{\rho^{j+1} V^{j+1} - \rho^j V^j}{\Delta z} = 0 \rightarrow V^{j+1} = \frac{\rho^j V^j}{\rho^{j+1}} \quad (10)$$

$$P^{j+1} = P^j - \left\{ \left[G^2 \left(\frac{1}{\rho^{j+1}} - \frac{1}{\rho^j} \right) \right] \right\} + f \frac{G^2 \Delta z}{2 D_e (\rho^{j+1} + \rho^j)} + \Delta z \times \frac{(\rho^{j+1} + \rho^j)}{2} \times g \quad (11)$$

$$h^{j+1} = h^j + \frac{\Delta z}{G} \left\{ \frac{q'' P_h}{A_z} + \frac{G}{\rho} \left[\frac{P^{j+1} - P^j}{\Delta z} \right] + f \frac{G^2}{2 D_e (\rho^{j+1} + \rho^j)} \right\} \quad (12)$$

$$f(Re) = \begin{cases} 64/Re & , Re < 2100 \\ \left\{ 0.0055(1 + 2 \times 10^4(\varepsilon/D) + \frac{10^6}{Re}) \right\}^{1/3} & , Re \geq 4000 \end{cases} \quad (13)$$

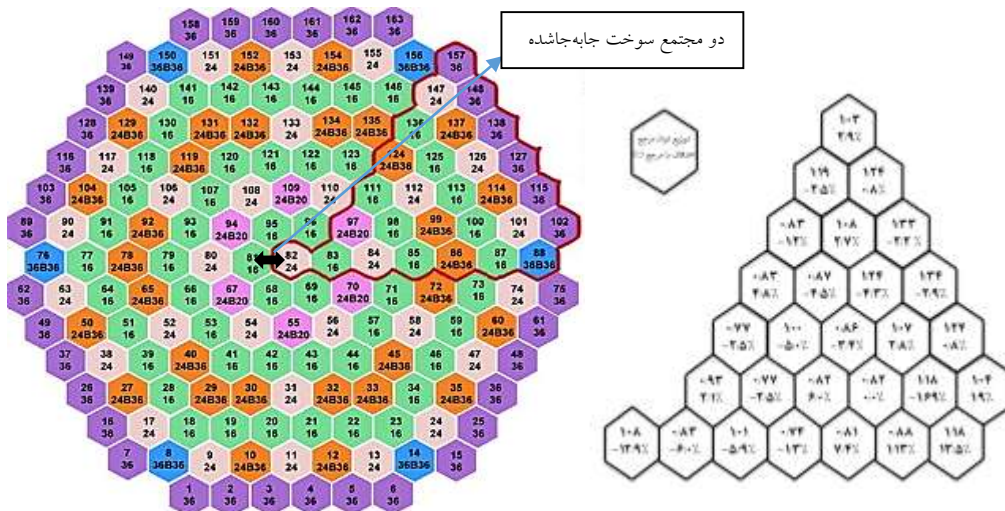
روابط مربوط به محاسبه ضریب انتقال حرارت جابجایی در رابطه ۱۴ قابل مشاهده هستند: [۹]

$$\begin{cases} Re = \frac{GD}{\mu} \\ Pr = \frac{\mu C_p}{k} \\ Nu = 0.023 Re^{0.8} Pr^{0.4} \\ Nu = \frac{hl}{k_f} \rightarrow h = \frac{Nu \cdot k_f}{l} \end{cases} \quad (14)$$

در رابطه ۱۴، G سرعت جرمی سیال، D قطر هیدرولیکی کانال، μ ضریب ویسکوزیته سیال، k ضریب انتقال حرارت هدایتی سیال، h ضریب انتقال حرارت جابجایی و l طول مشخصه است. به منظور شبیه‌سازی جریان در کانال‌های راکتور بوشهر از مقادیر موجود در مرجع [۴] استفاده شده است.

نتایج :

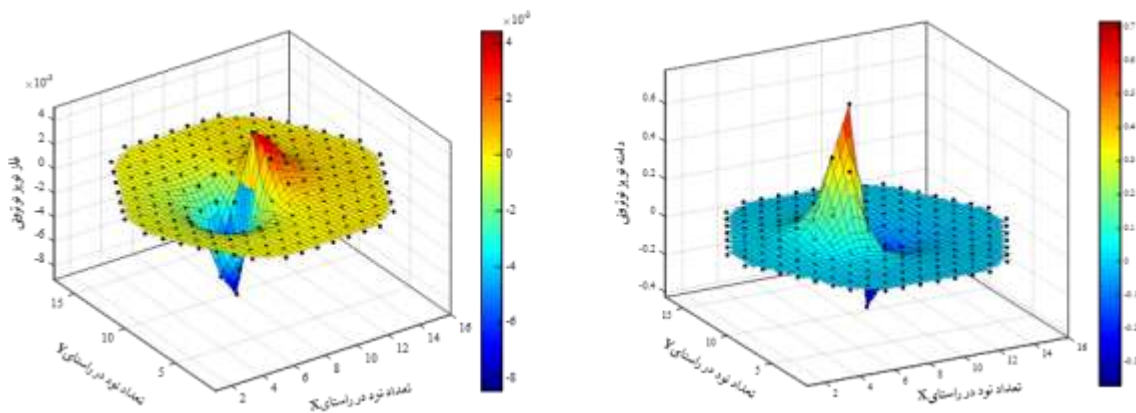
مطابق با مرجع [۳]، شرط مرزی برای قلب راکتور بوشهر، به صورت شرط مرزی خلأ در نظر گرفته شده است و با حل معادلات دوگروهی پخش نوترون در دو بعد، ضریب تکثیر مؤثر نوترونی برای نودهایی به اندازه یک مجتمع سوخت، برابر با ۱٫۰۰۵۶۷ نتیجه شد. لازم به ذکر است که، اختلاف بین محاسبات انجام شده در این پژوهش و مقدار گزارش شده در مرجع [۳]، برای بسط شار مرتبه بالا برابر ۱۱۹ pcm - نتیجه شد. مقدار ضریب تکثیر مؤثر مرجع برابر ۱٫۰۰۶۸۹ است. همان‌طور که از شکل ۲ قابل مشاهده است، متوسط خطای توزیع توان نسبی برابر با ۳٫۷۷٪ و همچنین بیشینه آن برابر با ۱۳٫۵۰٪ نتیجه شد.



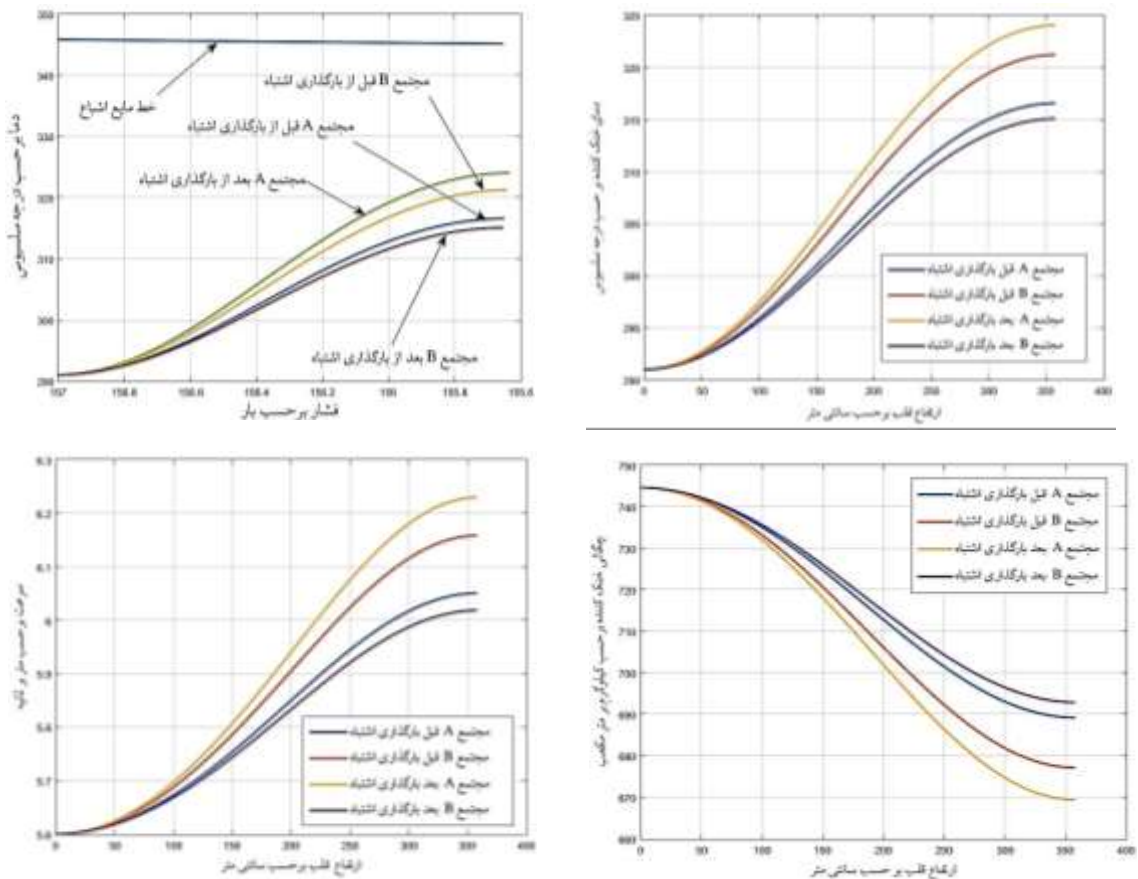
شکل ۲. توزیع توان نسبی در $\frac{1}{6}$ قلب راکتور بوشهر (شکل راست) و مجتمع‌های جابه‌جاشده (شکل چپ)

به منظور محاسبه نويز نوترونی ناشی از بارگذاري اشتباه دو مجتمع سوخت مجاور هم، اختلالی در سطح مقطع‌های ماکرو سکویی مجتمع مرکزی و مجاور آن مطابق با شکل ۲، با اندازه یکسان اما علامت جبری مخالف وارد شده است. همچنین مطابق مرجع [۱] محاسبات در فرکانس ۰/۰۱ هرتز انجام شده است. در شکل ۳ دامنه و فاز نويز نوترونی ناشی از این چشمه نشان داده شده است.

توزیع توان نسبی از محاسبات نوترونیک نودال در حالت پایا به دست آمد و به عنوان ورودی برنامه تهیه شده برای محاسبات ترموهیدرولیک در حالت پایا استفاده شد. نتیجه اجرای این برنامه که قبلاً در مرجع [۴] را ستی آزمایی شده است در شکل ۴ قابل مشاهده است. لازم به توضیح است که روندنمای محاسبات در پیوست آورده شده است. مجتمع مرکزی با عنوان A و مجتمع مجاور آن با عنوان B در شکل‌ها مشخص شده‌اند. در شکل ۴ پارامترهای ترموهیدرولیکی مربوط به کانال دو مجتمع سوخت قبل و بعد از بارگذاري اشتباه آورده شده است.



شکل ۳. دامنه و فاز نويز نوترونی ناشی از بارگذاري اشتباه دو مجتمع مجاور هم مرکزی در فرکانس ۰/۰۱ هرتز



شکل ۴. نمودارهای ترموهیدرولیکی خنک‌کننده دو مجتمع سوخت جابه‌جا شده قبل و بعد از بارگذاری اشتباه

بحث و نتیجه‌گیری :

نحوه بارگذاری مجتمع‌های سوخت در قلب راکتور به دلایل ایمنی و مدیریت سوخت از اهمیت بالایی برخوردار است. یکی از مسائل مهم می‌تواند تشخیص بارگذاری اشتباه مجتمع‌ها با استفاده از شبیه‌سازی نوین نوترونی و تحلیل ترموهیدرولیکی باشد. به‌منظور شبیه‌سازی و تحلیل ترموهیدرولیکی بارگذاری اشتباه دو مجتمع، از روش مش درشت نودال بسط شار مرتبه بالا و روش تک‌کانال گرم‌شونده استفاده شد.



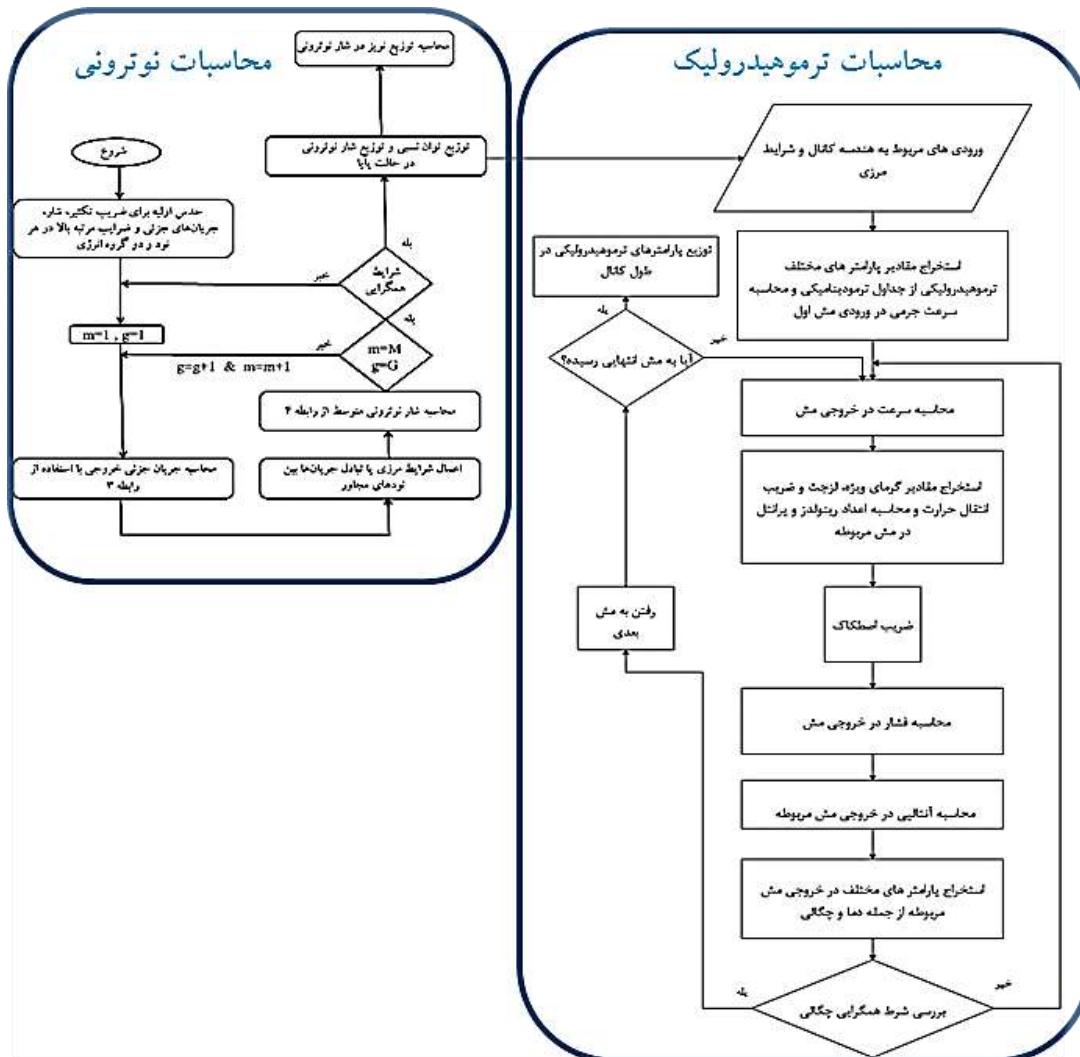
برای راستی آزمایی محاسبات نوترونی مطابق شکل ۲، توزیع توان نسبی با مرجع [۳] مقایسه شد که متوسط خطای محاسبات ۳/۷۷٪ به دست آمد. پس از آن نویز نوترونی ناشی از پدیده ILOFAIP شبیه سازی شد. با توجه به اینکه خروجی آشکار سازهای نوترونی در دسترس است پس می توان با مقایسه نویز نمایش داده شده در شکل ۳ و خروجی آشکار سازها به تشخیص ILOFAIP پرداخت.

با استفاده از توان های نسبی حاصل از محاسبات نوترونی می توان به شبیه سازی ترموهیدرولیکی نیز پرداخت که در شکل ۴ قابل مشاهده است. با توجه به شکل ۴ نتیجه می شود که در حالت ILOFAIP دمای سیال خنک کننده در خروجی کانال مربوط به مجتمع مرکزی (A) ۷ درجه افزایش، سرعت سیال ۰/۲ متر بر ثانیه افزایش و چگالی سیال خنک کننده ۲۰ کیلوگرم بر مترمکعب کاهش یافته است که این پارامترها نیز می توانند ابزار مناسبی جهت تشخیص ILOFAIP باشند. همچنین مشاهده شد که حاشیه پارامترهای ترموهیدرولیکی در این وضعیت مناسب است و تهدیدی از جانب اشباع شدن سیال خنک کننده وجود ندارد.

مراجع :

- [1] Hosseini, S. A, Vosoughi, N, & Vosoughi, J. Neutron noise simulation using ACNEM in the hexagonal geometry, *Annals of Nuclear Energy*, vol. 113, pp. 246-255, (2018).
- [۲] کللی، علی. "محاسبات نویز نوترونی به روش نودال بسط شار مرتبه بالا." پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی انرژی، دانشگاه صنعتی شریف. (۱۳۹۸).
- [3] Hosseini, S. A, & Vosoughi, N. On a various noise source reconstruction algorithms in VVER-1000 reactor core. *Nuclear Engineering and Design*, 261, 132-143. (2013).
- [۴] نقوی دیزجی، داود؛ وثوقی، ناصر. "بررسی ترموهیدرولیکی کانال داغ راکتور هسته ای بوشهر در حالت دوفازی به روش تک کانال گرم شونده." بیست و پنجمین کنفرانس هسته ای ایران. بوشهر. دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر. (۱۳۹۷).
- [۵] نقوی دیزجی، داود. "بررسی انته شار نویز ترموهیدرولیکی در راکتورهای آب سبک تحت فشار در حالت دوفازی." پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی انرژی، دانشگاه صنعتی شریف. (۱۳۹۷).
- [6] Putney, J, A hexagonal geometry nodal expansion method for fast reactor calculations, *Progress in Nuclear Energy*, vol. 18, no. 1-2, pp. 113-121, (1986).
- [۷] علی کللی؛ داود نقوی دیزجی؛ ناصر وثوقی. "توسعه نرم افزار شبیه ساز SH3-ACNEM به منظور حل معادلات مستقیم و الحاقی پخش نوترون در قلب راکتورهای با هندسه شش گوش." مجله علوم و فنون هسته ای. (۱۳۹۸).
- [8] Todreas, N. E., & Kazimi, M. S. *Nuclear systems*. Taylor & Francis Group. (1990).
- [9] El-Wakil, M. *Nuclear heat transport*. (1971).

پیوست:



شکل پ ۱. روندنمای محاسبات نوترونی و ترموهیدرولیک



جدول پ ۱. ثوابت دوگروهی حرارتی و سریع برای قلب راکتور بوشهر [۳]

FA16	FA 24	FA 36	FA 24B 20	FA 24B 36	FA 36B 36	بازتابنده	ثابت گروهی
۱,۳۴۱	۱,۳۴۵	۱,۳۷۱	۱,۴۳۱	۱,۴۳۱۵	۱,۴۳۵۳	۱,۶۰۴۳	$D_1(cm)$
۰,۴۶۳	۰,۴۵۶	۰,۴۳۲	۰,۴۰۷۷	۰,۴۰۵۷	۰,۳۹۹۹	۰,۲۴۹۴	$D_2(cm)$
۰,۰۰۵۳	۰,۰۰۶۶	۰,۰۰۸۱	۰,۰۰۵۸۶۷	۰,۰۰۵۸۶۱	۰,۰۰۷۴۰	۰,۰	$v\Sigma_{f,1}$
۰,۰۹۵۲	۰,۱۳۴۸	۰,۱۷۸۳	۰,۱۱۰۳	۰,۱۱۰۴	۰,۱۵۲۱۹	۰,۰	$v\Sigma_{f,2}$
۰,۰۱۰۰	۰,۰۱۰۶	۰,۰۱۱۱	۰,۰۰۹۶	۰,۰۰۹۷	۰,۰۱۰۴	۰,۰۰۰۴۷۱	$\Sigma_{a,1}$
۰,۰۷۰۴	۰,۰۸۸۵	۰,۱۰۹۰	۰,۰۸۴۱	۰,۰۸۷۷	۰,۱۰۴۸	۰,۰۱۲۰۴۵	$\Sigma_{a,2}$
۰,۰۱۱۱	۰,۰۱۰۷	۰,۰۱۱۴	۰,۰۱۴۲	۰,۰۱۴۱	۰,۰۱۳۹	۰,۰۴۱۹۵۸	$\Sigma_{s,12}$