

دراسة تأثير الفاعلية في قدرة المفاعل بطريقة المزوجة النيوترونية-الحرارية

أحمد علي غلفص** إبراهيم كيطان فياض* حارث عبد الرزاق حسن*

علي كاظم عزيز*

استلام البحث 25، نيسان، 2008
قبول النشر 21، تشرين الاول، 2011

الخلاصة:

تم في هذا البحث إدخال فاعلية خطية وغير خطية و/أو فاعلية بوصفها دالة للزمن (Ramp Reactivity) بهيئة متعددة الحدود وبوجود التغذية العكسية (Feedback) لدرجة حرارة الوقود ودرجة حرارة المبرد عن طريق المزوجة النيوترونية-الحرارية في قلب المفاعل (Reactor Core) لدراسة تأثيرات الفاعلية في سلوك قدرة المفاعل وكذلك إدخال الفاعلية بوصفها دالة للزمن في غياب وفي حالة وجود التغذية العكسية لغرض المقارنة. تم إدخال فاعليات (Reactivity Insertion) بوصفها دالة للزمن (Ramp) ودرست سلوكية القدرة بوصفها دالة للزمن لحالات متعددة شملت تمثيل الفاعلية بمتعددة الحدود بوصفها دالة للزمن في حالات التغذية العكسية لدرجة حرارة الوقود و لدرجة حرارة المبرد. مثلت النتائج المستحصلة في الفاعلية و/أو القدرة بوصفها دالة للزمن بأشكال بيانية، وقد أظهرت هذه النتائج المستحصلة تطابقاً مع النتائج العالمية المنشورة. بينت هذه الدراسة أنها وسيلة فعالة للتنبؤ بفاعلية وقدرة المفاعل بوصفها دالة للزمن نتيجة لاي تغيير قد يحصل في الفاعلية سواء كانت الفاعلية سالبة و/أو موجبة وبوجود التغذية العكسية لدرجة الحرارة ومن ثم التنبؤ المسبق بالحوادث النووية التي قد تحدث في المفاعلات النووية عن طريق محاكاة الحادثة قبل وقوعها واخذ الحيطة لتجنب وقوعها.

الكلمات المفتاحية: عامل التضاعف الفعّال، حركية الفاعل، حادثة فقدان المبرد، مفاعلات الماء المضغوط.

المقدمة:

وتسمى بالنيوترونات الفورية (Prompt Neutrons) التي تنبعث مباشرة بعد حدوث عملية الانشطار. أما النيوترونات المتأخرة (Delayed Neutrons) فتشكل اقل من 1% من المجموع الكلي للنيوترونات وتتبعث النيوترونات المتأخرة نتيجة لانحلال النويات المنتجة في بعض نواتج الانشطار، وتقع هذه النيوترونات في ست مجاميع (Six groups كل مجموعة منها تتميز بمعدل انحلال اسي محدد Finite Exponential Decay [5]). إن النيوترونات المتأخرة تقوم بدور مهم في عملية السيطرة إذ انها توجد بعد مرور ثوان الى عدة دقائق من حدوث الانشطار النووي. وعلى اساس ذلك ابتكرت منظومة السيطرة التي تتيح زمناً كافياً لحركة قضبان السيطرة (Control Rods) داخل قلب المفاعل (Reactor Core) مقارنة بزمّن النيوترونات الفورية البالغ 10⁻¹⁴ ثانية او اقل [6].

المواد وطرائق العمل:

يعد النموذج النقطي لحركية المفاعل (Point- Reactor Model) احسن وسيلة لمعالجة سلوكية النيوترونات بوصفها دالة للزمن عندما يكون عامل التكاثر النيوتروني التآثيري قريباً من الحالة

يمكن التنبؤ بصورة دقيقة بسلوكية النيوترونات عن طريق حل معادلة الانتقال النيوتروني لبولتزمان (Boltzmann Neutron Transport) الا ان حل هذه المعادلة بالطرائق التحليلية المضبوطة يمكن ان تكون عملية مستحيلة في قلب المفاعل النووي ولذلك استخدمت الطول التقريبية لمعالجة توزيع النيوترونات داخل قلب المفاعل النووي [1] إن ابسط التقريبات المستخدمة لتحليلات الحالة العابرة للنيوترونات (Transient analysis) هو استخدام الانموذج النقطي (Point model) اي أنموذج حركية المفاعل غير المعتمد على المكان ولمجموعة طاقة واحدة. يستند هذا الانموذج الى افتراض ان سلوك النيوترون هو دالة للزمن مستقلة عن طاقة النيوترون والاحداثيات المكانية. يكون المفهوم الاساسي في سلوكية النيوترونات دالة للزمن في جميع انواع المفاعلات النووية معتمداً على الفاعلية وزمن توليد النيوترون وعلى النيوترونات المتأخرة (Delayed Neutron)

[2-4] عند حدوث الانشطار النووي فان جميع النيوترونات المتولدة (Neutron precursors) باستثناء جزء ضئيل منها يتحرر آنياً وبزمن قدره 10⁻¹⁴ ثانية او اقل من لحظة حدوث الانشطار وانها تشكل اكثر من 99% من النيوترونات الكلية

حيث حلت $X_m(t)$ محل $W_i(t)$ في حالة تمثيلها لتوزيع اسلاف النيوترونات المتأخرة، كما يمكن ان تمثل $X_m(t)$ درجة حرارة الوقود او درجة حرارة المبرد في حالة اعتبار تأثيرات التغذية العكسية. اما قيمة (m) في البرنامج AIREK-MOD فتتحدد بين (1) الى (K) اي $(1 < m < K)$ إذ ان $K = J + n$ وان $K < 49$ وان (J) هو عدد معادلات النيوترونات المتأخرة $(J > 1)$ وان (n) يمثل عدد المعادلات لمتغيرات التغذية العكسية، ولذلك فان (K) يمثل العدد الكلي للمعادلات ماعدا معادلة النيوترون المتمثلة في المعادلة رقم (1). تتم عملية حل مجموعة المعادلات التفاضلية (1-3) عددياً باستعمال طريقة التكامل المعروفة بطريقة رانج كونا (Runge Kutta).

آلية التغذية العكسية لدرجة الحرارة:

تتمثل آلية التغذية العكسية على أساس التغيير الحاصل على درجات حرارة الوقود او المهدئ او المبرد بوصفها دالة للزمن. ان المعادلات التفاضلية التي تتحكم في سلوك درجة حرارة الوقود والمبرد بوصفها دالة للزمن في اية قناة داخل قلب المفاعل يمكن ان تكتب كالاتي [7]:

$$\frac{dT_F(t)}{dt} = K_1 N(t) - \frac{H}{C_F} (T_F - T_R) \dots (4)$$

$$\frac{dT_R(t)}{dt} = K_2 N(t) - \frac{H}{C_F} (T_F - T_R) \dots (5)$$

إذ أن $N(t)$ تمثل كثافة النيوترونات بوصفها دالة للزمن، وان $T_F(t)$ و $T_R(t)$ تمثل درجة حرارة الوقود و درجة حرارة المبرد بوصفها دالة للزمن في قناة التبريد المعينة بوصفها دالة للزمن و (K_1) و (K_2) تمثل مقلوب السعة للوقود والمبرد على التوالي وان (C_F) و (C_R) تمثل السعة الحرارية للوقود والمبرد على التوالي. اما H/C_C و H/C_R فتتمثل مقلوب ثابت الزمن اي مقلوب معدل الزمن لانتقال الحرارة من الوقود الى المبرد.

التغذية العكسية للفاعلية:

تتأثر الفاعلية بالتغذية العكسية عن طريق حل المعادلة رقم (4) و المعادلة رقم (5) ومن ثم استعمال المعادلة الآتية [7]:

$$\rho(t) = \rho_0 + \alpha_R T_R(t) + \alpha_F T_F(t) \quad (6)$$

إذ ان $\rho(t)$ تمثل فاعلية المفاعل بوصفها دالة للزمن في اشتغال المفاعل وان ρ_0 تمثل فاعلية المفاعل للحالة المستقرة وان α_F و α_R تمثل معامل درجة حرارة الفاعلية للمبرد والوقود على التوالي [3].

تمثيل الدالة التحليلية للفاعلية:

يمكن للفاعلية في البرنامج الحسابي AIREK-MOD ان تعتمد بصورة مباشرة على الزمن او

الحرارة وما عدا ذلك فانه غير ملائم لقصوره في وصف التوزيع المكاني للنيوترونات في اثناء الحوادث العابرة (Transient) وخاصة اذا كانت قيمة عامل التكاثر النيوتروني التأثيري اكثر بكثير من قيمته في الحالة الحرجة. مع ذلك فان الأنموذج النقطي لحرارية المفاعل يمتاز بحالات تطبيقية مهمة [7-8].

ان المعادلات الأساسية لحرارية المفاعل (الانموذج النقطي) لمفاعل نووي تتولد في قلبه (J) من النيوترونات المتأخرة تكون حلولها متضمنة في البرنامج Airek-Mod التي يمكن أن تكتب كالاتي [7].

$$\frac{dN(t)}{dt} = \frac{\beta}{L} [(r(t)-1)N(t) + \sum_{i=1}^J f_i W_i(t) + S^*] \dots (1)$$

$$\frac{dW_i(t)}{dt} = \lambda_i N(t) - \lambda_i W_i(t) \quad \dots (2)$$

إذ أن $N(t)$ تمثل كثافة النيوترونات بوصفها دالة للزمن و $r(t)$ تمثل الفاعلية بوحدة الدولار اي:

$$r(t) = \frac{\rho(t)}{\beta} \quad \$$$

و $\rho(t)$ تمثل الفاعلية وهي عدد مجرد ويعبر عنها كالاتي:

$$\rho(t) = \frac{K_{eff} - 1}{K_{eff}}$$

β : تمثل المجموع الكلي لأجزاء النيوترونات المتأخرة، أما:

$$W_i(t) = \frac{L \lambda_i}{\beta f_i} C_i(t)$$

إذ ان (L) يمثل زمن عمر النيوترون و (λ_i) يمثل ثابت الانحلال او يدعى بمعامل التغذية العكسية وان (f_i) يمثل جزء (β) لكل مجموعة من مجموعات النيوترونات المتأخرة اي:

$$f_i = \frac{\beta_i}{\beta}$$

$C_i(t)$ يمثل تركيز اسلاف النيوترونات المتأخرة، وان:

$$S^* = \frac{L}{\beta} S$$

إذ أن S^* يمثل المصدر النيوتروني الثابت. يمكن كتابة المعادلة رقم (2) لتمثل الحالة العامة في حالة تضمينها تأثير التغذية العكسية اي:

$$\frac{dX_m(t)}{dt} = Y_m X_m(t) + P_m N(t) \quad \dots (3)$$

التي تكون بشكل دالة ثابتة ودالة بشكل منحدر (Ramp) وبشكل دالة اهتزازية ويمكن ان تكتب كالاتي [7]:

$$\rho(t) = \rho_0 + A_1 + A_2 t + A_3 t^2 + A_4 t^3 + A_5 \sin \Omega t + A_6 \sin 2\Omega t + A_7 \sin 3\Omega t + A_8 \cos \Omega t + A_9 \cos 2\Omega t + A_{10} \cos 3\Omega t + A_{11} e^{\gamma t} + A_{12} e^{2\gamma t} + A_{13} e^{3\gamma t} \quad (7)$$

5 - حساب معامل الانتقال الحراري للمبرد h [1].

6 - حساب درجة حرارة غلاف الوقود T_c [9-10].

7 - حساب مقلوب ثابت الزمن τ .

8 - حساب مقلوب السعة الحرارية للمبرد K_2 .

2 - الحسابات الحرارية للمدخلات المتعلقة بالوقود التي تضمنت القيام بـ:

1 - حساب السعة الحرارية للوقود C_c .

2 - حساب مقلوب السعة الحرارية للوقود K_1 .

3 - حساب مقلوب ثابت الزمن τ .

إذ تكون $\Omega, \Omega, A_{13}, \dots, A_2, A_1$ ثابتة معلومة.

الحسابات:

1 - تم حساب القدرة المتولدة في وقود المفاعل P_k [9] و الحسابات الحرارية للمدخلات المتعلقة بالمبرد التي تضمنت القيام بـ:

1 - حساب درجة حرارة المبرد عند خروجه من قلب المفاعل T_{out} .

2 - حساب الحرارة النوعية CP_m .

3 - حساب كثافة الماء المبرد ρ_m .

4 - حساب السعة الحرارية للمبرد C_R .

جدول (1): يمثل الحسابات المتولدة في وقود المفاعل و الحسابات الحرارية المتعلقة بالمبرد و الوقود

P_k (W _{th})	T_{out} (°K)	CP_m (J/kg °K)	ρ_m (kg/m ³)	C_R (J/°K)	h (watt/m ² .°C)	T_c (°K)	τ (sec)	K_2 (°K/J)	C_c (J/°K)	K_1 (°K/J)	τ (sec)
9×10^6	72	5366.	752.1	53421	40869	588.6	0.331	0.19×10^{-7}	18859	0.53×10^{-7}	0.11

1 - إدخال فاعلية خطية وغير خطية في حالة التغذية العكسية لدرجة حرارة الوقود ودرجة حرارة المبرد (2 Feedback).

تم تمثيل الفاعلية بوجود التغذية العكسية لدرجة حرارة الوقود ودرجة حرارة المبرد ولعلاقات عدة كما هي موضحة في الشكل رقم (1) و (2). كذلك تم إدخال فاعليات خطية وغير خطية لمحاكاة سلوك الفاعلية بوصفها دالة للزمن بوجود التغذية العكسية لدرجة حرارة الوقود ودرجة حرارة المبرد كما هو موضح في الشكل رقم (3). كذلك تم إدخال فاعلية خطية لمحاكاة سلوك الفاعلية بوصفها دالة للزمن كما هو موضح في الشكل رقم (4).

2 - إدخال فاعلية خطية وغير خطية في حالة غياب و في حالة وجود التغذية العكسية لدرجة حرارة الوقود ودرجة حرارة المبرد.

تمت دراسة سلوك القدرة و الفاعلية بوصفها دالة للزمن في حالة غياب و في حالة وجود التغذية العكسية لدرجة حرارة الوقود ودرجة حرارة المبرد لغرض المقارنة باستخدام العلاقة الخطية الآتية:

$$\rho(t) = 0.4 + 1.8 t \quad \$$$

عوامل الحركية kinetic parameters:

غطت البيانات النيوترونية في الدراسة الحالية المدلولات النيوترونية المتعلقة بمفاعل قدرة (DOCKET 50251/50250) بوصفه عمر النيوترونات ($L=1.0 \times 10^{-4}$ sec) واجزاء النيوترونات المتأخرة Delayed Neutron Fractions (β_i) وثوابت الانحلال Decay Constants (λ_i) لست مجاميع طاقية [11] ومعامل درجة حرارة الفاعلية للوقود ($\alpha_F = -2.0 \times 10^{-5}$ /°F) و معامل درجة حرارة الفاعلية للمهدئ ($\alpha_R = -1.12 \times 10^{-4}$ /°F).

النتائج:

شملت نتائج الحسابات حالة وجود التغذية العكسية لدرجة حرارة الوقود ودرجة حرارة المبرد (2 Feedback) وتضمنت حالات متعددة مثل الحالات المدرجة فيما يأتي:

جيبية إذ إن حالات الاهتزاز هذه تعكس عدم الاستقرار في الفاعلية بوصفها دالة للزمن كما هو موضح في الشكل (3). إن هذه المحاكاة بادخال فاعلية سالبة أو موجبة ثابتة وغير خطية تعطي صورة واضحة لسلوك الفاعلية بوصفها دالة للزمن والتنبؤ المسبق بسلوك الحالة في قلب المفاعل عند ادخال مثل هذه الفاعليات.

كما أدخلت فاعليات موجبة كبيرة وخطية لدراسة سلوك الفاعلية إذ لوحظ ارتفاع حاد في الفاعلية بوصفها دالة للزمن ثم الهبوط المباشر تلاه ارتفاع معتدل ومن ثم انخفاض بطيء في الفاعلية بمرور الزمن كما موضح في الشكل رقم (4). أجريت دراسة محاكاة في حالة غياب و في حالة وجود التغذية العكسية لدرجة حرارة الوقود و درجة حرارة المبرد عند ادخال فاعلية خطية $\rho(t) = 0.4 + 1.8t$ لمحاكاة سلوك القدرة بوصفها دالة للزمن إذ لوحظ وكما هو موضح في الشكل رقم (5) والشكل رقم (6) ان القدرة تزداد بصورة أسية تصل إلى حد ثم تبدأ بالانخفاض عند وجود التغذية العكسية والاستمرار في الارتفاع في حالة غياب التغذية العكسية إذ تمت مقارنة سلوك القدرة بوصفها دالة للزمن بحالة مرجعية [7] وقد وجد توافق جيد مع الدراسة الحالية.

كما تمت محاكاة الفاعلية بوصفها دالة للزمن في حالة غياب و في حالة وجود التغذية العكسية لدرجة حرارة الوقود و درجة حرارة المبرد عند ادخال الفاعلية الخطية $\rho(t) = 0.4 + 1.8t$ وقد وجد ان الفاعلية تزداد بصورة خطية مع الزمن في حالة غياب التغذية العكسية في حين تزداد لمدة قصيرة بصورة خطية ومن ثم تهبط وبعدها تبدأ بالزيادة التدريجية بصورة خطية تقريباً في حالة التغذية العكسية لدرجة حرارة الوقود و درجة حرارة المبرد كما هو موضح في الشكل (7). وأدخلت الفاعلية بشكل دالة جيبيية $\rho(t) = 0.8 \sin t$ ولوحظ انخفاض في سعة الموجة الجيبية للقدرة بوصفها دالة للزمن في حالة وجود التغذية العكسية لدرجة حرارة الوقود و درجة حرارة المبرد مما يشير الى تأثير التغذية العكسية كما هو موضح في الشكل (8) والشكل رقم (9) علماً بان السلوك الاهتزازي للقدرة وبصورة متزايدة لسعة الدالة يخلق حالة عدم الاستقرار في قدرة المفاعل وهذه حالة غير طبيعية تؤدي الى خرق شروط سلامة اشتغال المفاعل ومن ثم الى حصول حادثة في المفاعل. كذلك لوحظ سلوك الفاعلية بوصفها دالة للزمن في حالة ادخال الفاعلية الجيبية $\rho(t) = 0.8 \sin t$ حيث وجد انخفاض طفيف في سعة الموجة الممتدة للفاعلية في حالة وجود التغذية العكسية الا ان حالة الاهتزاز في الفاعلية استمرت مع الزمن كما هو موضح في الشكل (10) مما يشير الى حالة عدم الاستقرار في الفاعلية وهذه حالة غير طبيعية في

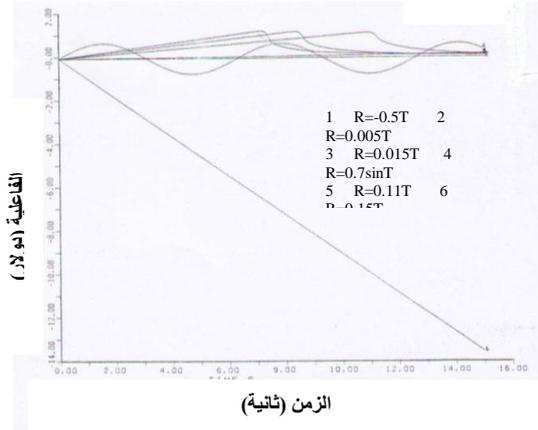
وقد مثلت نتائج الحسابات للقدرة بوصفها دالة للزمن كما هي موضحة في الشكل رقم (5) والشكل رقم (6) وللفاعلية بوصفها دالة للزمن كما هي موضحة في الشكل رقم (7). كما أدخلت العلاقة الرياضية للاختية للمقارنة وكالاتي [7]:

$$\rho(t) = 0.8 \sin t \quad \$$$

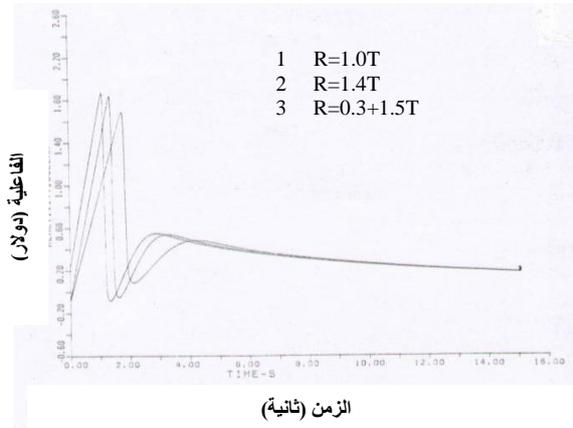
لدراسة سلوك القدرة و الفاعلية بوصفها دالة للزمن وقد مثلت نتائج الحساب القدرة بوصفها دالة للزمن كما هي موضحة في الشكل رقم (8) و الشكل رقم (9) و للفاعلية بوصفها دالة للزمن كما هي موضحة في الشكل رقم (10).

المناقشة والاستنتاج:

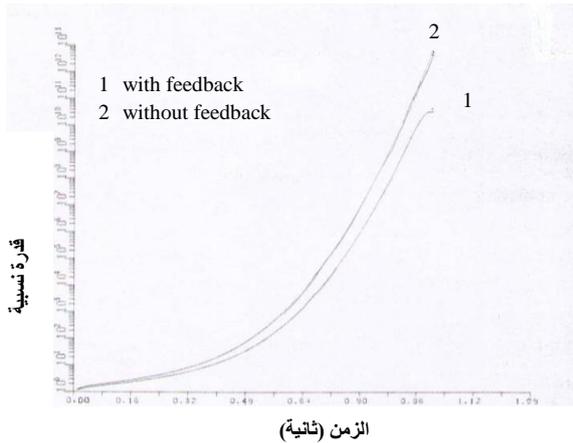
تمت محاكاة سلوك القدرة بوصفها دالة للزمن بوجود التغذية العكسية لدرجة حرارة الوقود و درجة حرارة المبرد عن طريق إدخال فاعليات خطية وغير خطية، ومثلت المحاكاة كما في الشكل رقم (2) إذ لوحظت ظاهرة اهتزاز القدرة بعد مدة قصيرة لإدخال فاعليات $\rho(t) = 0.7 \sin t$ ، $\rho(t) = 1.0 t$ ، $\rho(t) = 0.3 + 1.5t$ ، $\rho(t) = 1.4t$ ، $\rho(t) = 0.11t$ ، $\rho(t) = 0.15t$ ، $\rho(t) = 0.18t$ أما في حالة إدخال الفاعلية $\rho(t) = -0.9t$ فقد بدأت القدرة بالتناقص لان الفاعلية الداخلة سالبة فضلاً عن وجود التغذية العكسية لدرجة حرارة الوقود و درجة حرارة المبرد. اما في حالة الفاعلية $\rho(t) = 0.005t$ و $\rho(t) = 0.015t$ فان الزيادة في القدرة كانت بطيئة مع الزمن مما يشير إلى أن إدخال فاعليات موجبة بهذه القيم لا يشكل خطورة على اشتغال المفاعل. على اية حال تبين هذه المحاكاة ضرورة تجنب ادخال فاعليات سواء كانت ثابتة أو خطية أو غير خطية تؤدي الى زيادة مفاجئة و حدوث اهتزاز في القدرة لضمان سلامة اشتغال المفاعل. فضلاً عن ذلك تمت محاكاة الفاعلية بوصفها دالة للزمن بوجود التغذية العكسية لدرجة حرارة الوقود و درجة حرارة المبرد عند إدخال فاعليات خطية وغير خطية وقد لوحظ الهبوط الخطي مع الزمن عند ادخال الفاعليات الخطية $\rho(t) = -0.9t$ ، $\rho(t) = 0.005t$ ، و $\rho(t) = 0.015t$ السلوك المتزايد بصورة خطية للفاعلية بوصفها دالة للزمن. اما في حالة إدخال الفاعليات الخطية $\rho(t) = 0.11t$ ، $\rho(t) = 0.15t$ ، $\rho(t) = 1.8t$ فقد لوحظ ان الزيادة في سلوك الفاعلية خطياً مع الزمن كان لاوقات زمنية معينة ومن ثم لوحظ اهتزاز في الفاعلية مع الزمن (سلوك غير خطي) للأوقات الزمنية اللاحقة، اما في حالة ادخال فاعلية بشكل دالة جيبيية $\rho(t) = 0.7 \sin t$ فان الفاعلية بوصفها دالة للزمن تكون ممثلة باهتزاز على شكل موجة



شكل (3) : الفاعلية بوصفها دالة للزمن (2 تغذية عكسية)

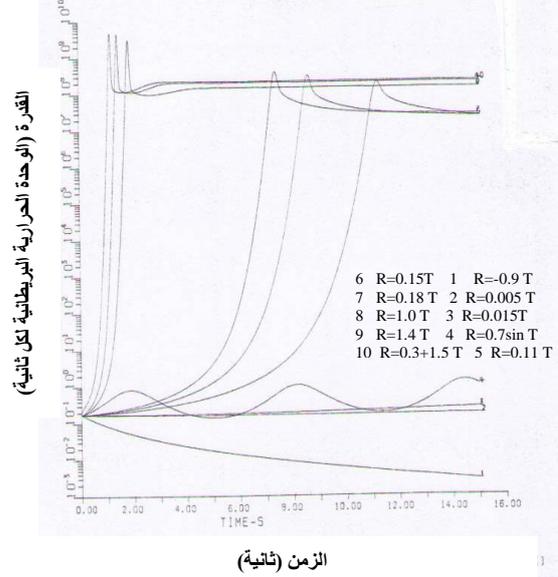


شكل (4) : الفاعلية بوصفها دالة للزمن (2 تغذية عكسية)

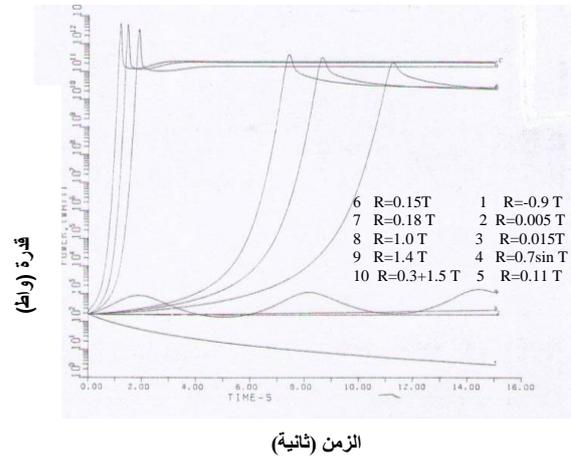


شكل (5) : قدرة نسبية بوصفها دالة للزمن (2 تغذية عكسية) $(R=0.4+1.8T)$

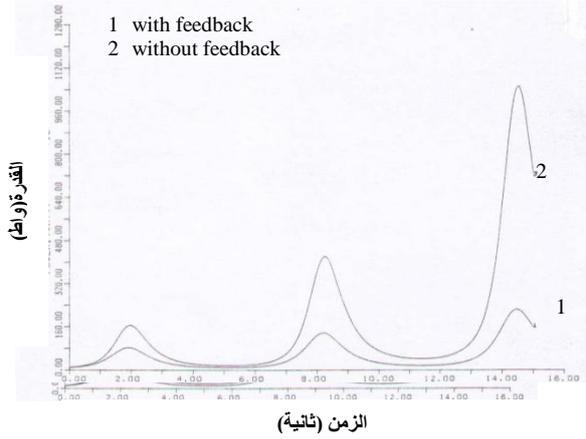
عملية اشتغال المفاعل التي قد تؤدي الى حادثة مالم تستجيب منظومة السيطرة الى اطفاء المفاعل. أجريت كذلك دراسة محاكاة متعددة عند إدخال فاعليات خطية و غير خطية في ضوء العلاقة الرياضية رقم (7) لدراسة سلوكية القدرة أو الفاعلية بوصفها دالة للزمن بوجود التغذية العكسية لدرجة حرارة الوقود و درجة حرارة المبرد والمتمثلة بإدخال الفاعليات الواردة في الفقرة 2-9.



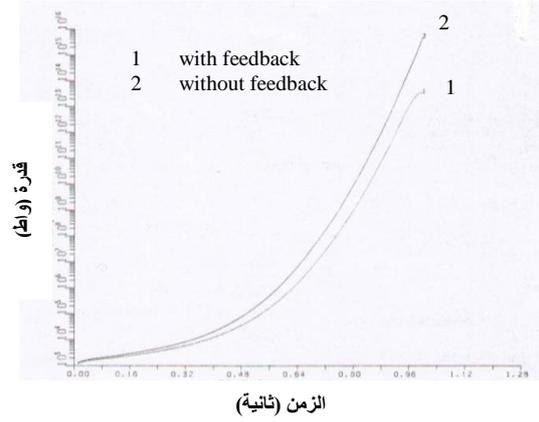
شكل (1) : القدرة بوصفها دالة للزمن (2 تغذية عكسية)



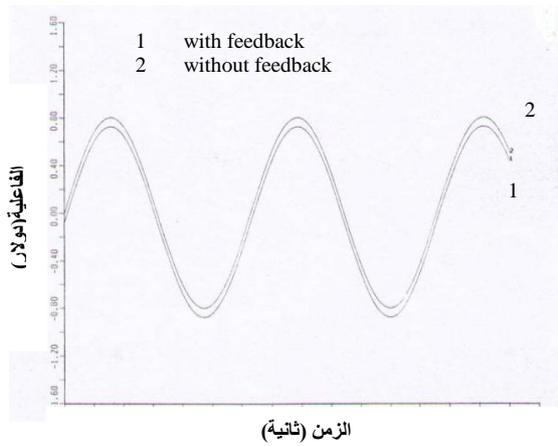
شكل (2) : القدرة بوصفها دالة للزمن (2 تغذية عكسية)



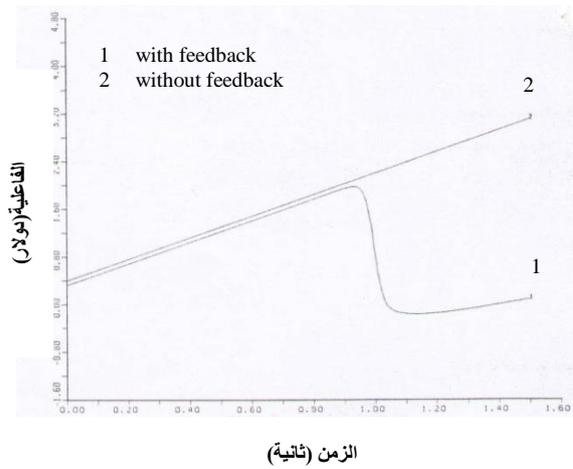
شكل(9) : القدرة بوصفها دالة للزمن
 $R=(0.8 \sin T)$



شكل(6): القدرة بوصفها دالة للزمن
 $R=(0.4+1.8T)$



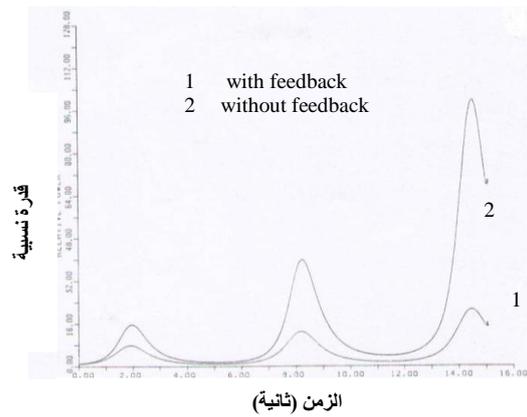
شكل(10) : الفاعلية بوصفها دالة للزمن
 $R=(0.8 \sin T)$



شكل(7) : الفاعلية بوصفها دالة للزمن
 $R=(0.4+1.8T)$

المصادر:

- 1- Glasstone, S. and Sesonske, A., 1981, "Nuclear Reactor Engineering", Van Nostrand Reinhold Company, New York, pp 45.
- 2- Bucvys, K. and Switra, D., 2006, Nonlinear Anal.: Modeling and control, "Stability of Nuclear Reactor: Point Model Analysis", 11, (2), 157-164.
- 3- Mourtzanos, K., 2001, "Calculation of the Moderator Temperature Coefficient of Reactivity for Water Moderated Reactors", Ann. Nucl. Energ., 28, 1773-1782.
- 4- Hamidouche, T. 2008, "Overview of Accident Analysis in Nuclear



شكل(8) : القدرة النسبية بوصفها دالة للزمن
 $R=(0.8 \sin T)$

- event". Nuclear Technology, vol. 61. APR.
- 9- James. Rust, 1979, "Nuclear Power Plant Engineering", Haralson Publishing Company, U.S.A., pp 60.
- 10- El-Wakil, M. ,M., 1971, "Nuclear Heat Transport", International Textbook Company, U.S.A. pp 73.
- 11- Ash, M.,S.,1979, "Nuclear Reactor Kinetics", second Edition, McGraw-Hill Book Company. INC. U.S.A. pp 80.
- Research Rreactors", Elsevier, 50, 7-14.
- 5- Hussain, A. and Xinrong C., 2009, "Core Optimization Simulation for a Pressurized Water Reactor", Information Tech. j. 8, (2), 220-225.
- 6- Schultz, M., A., 1955, "Control of Nuclear Reactors and Power Plants", McGraw-Hill Book Company. INC. New York.
- 7- Boeria, S., 1978, "Kinetic Calculation: The Airek code" Proceeding. Course on Reactor Theory and Power Reactors, Part II: SMR/44-12, IAEA, Vienna.
- 8- Louis,T., J.,1983, "Simple Reactor Model Simulation of a Loft ATWS

Study of Reactivity Effect on Reactor Power by Using the Neutronic- Thermohydrolic Coupling

*Ahmed A. Galfas** Ibrahim K. Fayyadh* Harth A.Hassan*
Ali K. Aziz.**

* Ministry Of Science and Technology

**Ministry of Electricity

Abstract:

The study deals with reactivity insertion linear and non linear and/or Ramp reactivity expressed as a polynomial in time in the presence of two Feedback mechanisms, using the neutronic-thermohydraulic coupling in order to predict the neutron behavior as a function of time in terms of reactor power. Also, a comparative study has been achieved in the case of the presence of the feedback mechanisms. Insertion of Ramp reactivities in terms of polynomial in time to study the behavior of power and reactivity as a function of time in the presence of two feedback mechanisms (fuel and coolant) has been carried out and the results are displayed as plots, and showed this results corresponding with international results. The present study shows that the simulation of neutron time behavior is a vital tool to predict the behavior of reactivity and/or power as a function of time in case of insertion of negative or positive and/or Ramp reactivities in power reactor core for the case including feedback mechanism. Also, the simulation may be considered a unique technique to predict unexpected incident and/or accident that may occur in reactor power core in case of the availability of accurated input data.