

تطبيق طريقة التزامن من نوع PC على الدائرة الالكترونية الفوضوية من نوع attraction – repulsion

ابوطالب يوسف عباس الخاقاني^{1*}، انتصار برجس طلال²

1- قسم الفيزياء / وزارة التربية / مديرية تربية البصرة / متوسطة قمر بني هاشم للبنين (ttieo76@gmail.com)

2- كلية التربية للعلوم الصرفة، جامعة البصرة (entesar.barges@gmail.com)

معلومات البحث:	الخلاصة:
تاريخ الاستلام: 2020/11/09 تاريخ القبول: 2021/01/06	ناقشت هذه الدراسة احد أنواع طرق التزامن وهي الطريقة المسماة PC, وقد طبقت هذه الطريقة على أحد أنواع دوائر Chua, والمعروفة ب التجاذب – التنافر, وقد نجحت حالة التزامن في الدائرة عندما كان المتغير المرسل هو X1 ومعاملات النظام المزدوج متطابقة, وعندما اختلفت معاملات النظامين المزدوجين لاحظنا عدم التزامن او ما تسمى بحالة شبه التزامن, أن التزامن يختفي تماما عندما حاولنا ان يكون المتغير المرسل هو X2 وفي كلا الحالتين: المعاملات متطابقة او غير متطابقة. تم اختبار طريقة السيطرة المكيفة على الدائرة الفوضوية وقد نجحت تلك الطريقة بعد زمن قدره t=5sec.
الكلمات المفتاحية:	
التزامن، النظام الفوضوي، دائرة Chua، السلوك الحركي، الجوانب الفوضوية	

المقدمة

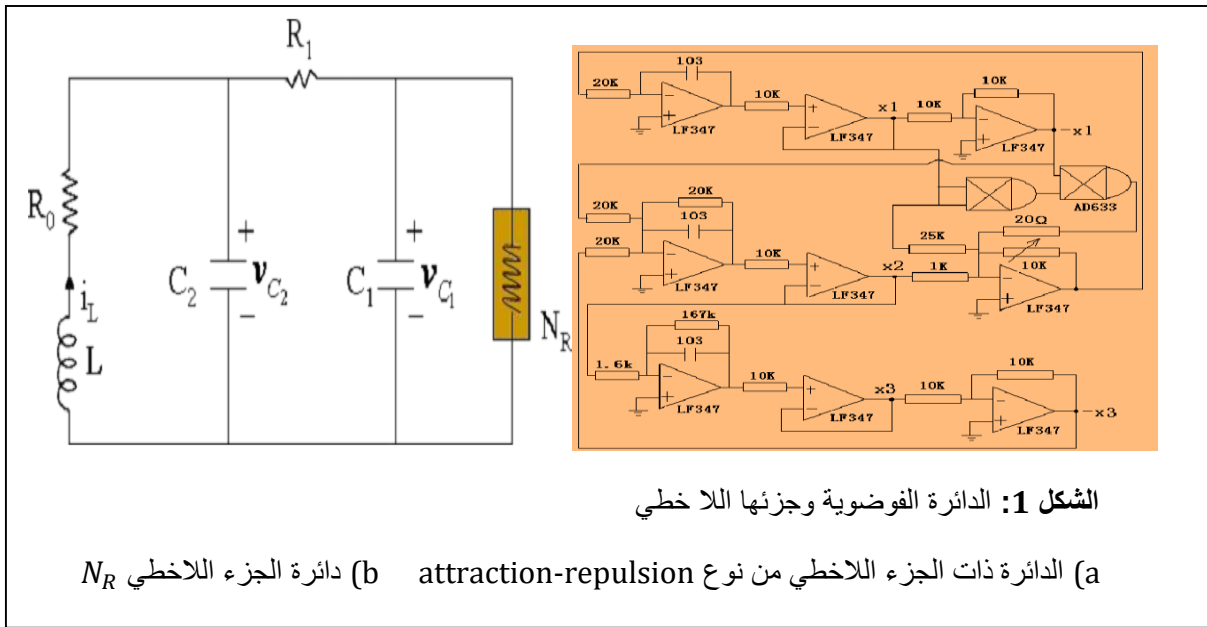
بعد ان ظهرت أهمية ظاهرة الفوضى في تطبيقات مختلفة، لذلك جرت محاولات عديدة من قبل الباحثين للحصول على تلك الظاهرة في الدوائر الالكترونية، ومن الاوائل الذين استطاعوا الحصول على ظاهرة الفوضى في الدوائر الالكترونية هو العالم Chua، لقد وضع العالم Chua عدة شروط لتحقيق الفوضى في الدوائر الالكترونية ورسم المكونات الالكترونية الاساسية للدائرة ونظم شكلها، أن الدائرة المقترحة من قبل Chua استطاع الباحث [1] Matsumoto من دراسة السلوك الحركي لها نظريا وحصل على الجاذب الفوضوي والذي كان يختلف شكلا عن الجاذب الفوضوي لنظام لورنز. بعد نجاح Matsumoto في الحصول على ظاهرة الفوضى في الدائرة المصممة من قبل Chua دعا ذلك الباحث [2] Broucke الى دراسة السلوك الحركي لدائرة Chua ووضع نموذج رياضي متكامل في بعد واحد استطاع من خلاله الحصول على تضاعف زمن الدورة P2, ان نموذج الرياضياتي مكنه ايضا من الحصول على الجوانب الفوضوية وكذلك عدد feigenbaum.

يقصد بالتزامن الذي يحدث في الانظمة الفوضوية هو عبارة عن ارتباط نظامين فوضويين أو اكثر من نظامين من تلك الانظمة الفوضوية مع بعضها، بحيث يؤدي هذا الارتباط الى تحكم احد النظامين الفوضويين في الاخر، أو كلا النظامين يتحكمان ببعضهما. لقد قسم التزامن في الانظمة الفوضوية الى عدة تقسيمات، وأحد هذه التقسيمات قسم التزامن الى النوعين، النوع الاول يعرف unidirectional اي احادي الاتجاه، ويقصد به أن احد النظامين الفوضويين يتحكم في النظام الفوضوي الاخر المتزامن معه، وتسمى بطريقة master- slave أو drive- response. واما النوع الثاني للتزامن هو bidirectional ويقصد به تنائي الاتجاه، أي أن النظامين يتحكم كل منهما بالآخر. ومن المعلومات التي يجب ان نعرفها أن التزامن لا يحدث فقط في الانظمة المتشابهة فقط بل ايضا

يحدث التزامن في الانظمة الفوضوية المختلفة, مثل حدوث التزامن بين النظامين Duffing والنظام MI-Chua [3]. ان التزامن قد استعمل وطبق في العديد من المجالات التعليمية والبحثية, مثل الرياضيات والكيمياء والهندسة والفيزياء وغيرها [4]–[6]. ومن تلك المجالات التي استخدم فيها التزامن هو في الدوائر الالكترونية التي تظهر السلوك الفوضوي, أن سبب تطبيق التزامن في الدوائر الالكترونية لأنه يعتبر الخطوة الاولى لتطبيقات أخرى منها الاتصالات الامنية وكذلك في عمليات التشفير بالإضافة الى عمليات اخفاء المعلومات التي يراد اخفاءها [8,9]. كل الانظمة الفوضوية التي صممت طبق فيها التزامن على سبيل المثال لا الحصر مثل نظام لورنز Lorenz, روزلر Rosler, وليور Lur'e بالإضافة الى نظام Chua. أن شرط حصول التزامن هو اقتراب خطأ التزامن من الصفر ولذلك وجدت العديد من الطرق الرياضية والهندسية لتحقيق ذلك الشرط ولكل من تلك الطرق مميزات خاصة سجلها الباحثين, ولكن بالرغم من نجاح بعض تلك الطرق في تحقيق التزامن الا انها لم تنجح في تأسيس نظام اتصالات او تشفير. ومن طرق التزامن المعروفة هي adaptive, adaptive-observer, pecora&carroll, وكذلك sliding mode وتوجد طرق أخرى [10,11,12,13].

دائرة الفوضى من نوع attraction - repulsion

سوف نعتمد دائرة الفوضى الموضحة في الشكل 1. حيث ان R_0 و R_1 يمثلان المقاومة الخطية, c_1 و c_2 سعة المتسعة الاولى والثانية, L المحاثة للملف المستخدم, v_{c1} و v_{c2} الفولطية حول المتسعتين على التوالي, i_L التيار حول الملف. ولغرض دراسة استقرارية او عدم استقرارية هذه الدائرة تم اضافة الجزء اللاخطي الذي يرمز له بالرمز N_R والذي هو من نوع (تجاذب-تنافر) attraction-repulsion والموضحة دائرته في الشكل (1b) [14,15].



بتطبيق قانون كيرشوف واجراء تحويلات نحصل على المعادلات التالية:

$$\frac{dX_1}{d\tau} = \alpha (X_2 - X_1 - Kf(X_1)) \quad (1.)$$

$$\frac{dX_2}{d\tau} = X_1 - X_2 + X_3 \quad (2)$$

$$\frac{dX_3}{d\tau} = \beta (-X_2 - \gamma X_3) \quad (3)$$

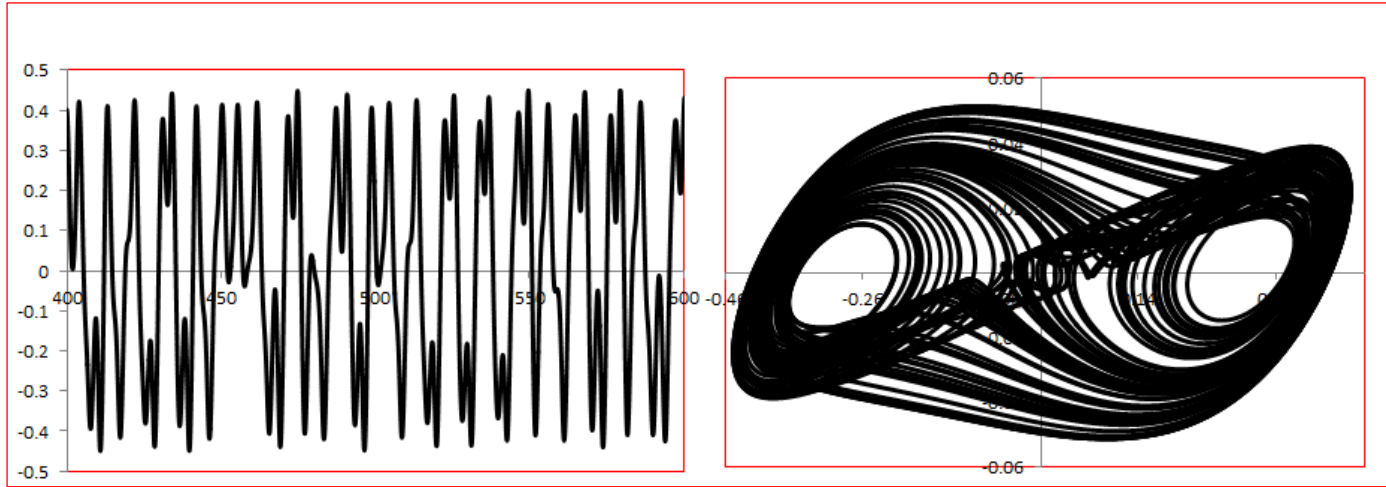
مع العلم ان $f(X_1) = aX_1 + bX_1 e^{cX_1^2}$, وقد استعملت العلاقات ادناه للتحويل المعادلات اعلاه .

$$\gamma = \frac{R_0}{R_1} , \beta = \frac{c_2 R_1^2}{L} X_1 = v_{c1} , X_2 = v_{c2} , X_3 = R_1 i_L , \tau = \frac{1}{R_1 c_2} t , K = R_1 , \alpha = \frac{c_2}{c_1} ,$$

لقد استخدمت طريقة رانج – كتا من الدرجة الرابعة لحل المعادلات (3-1) وذلك باستخدام لغة الفورتران 90 , بالمعاملات التالية :

$$a=-0.02, b=c= -0.5 , k=2. , \text{alfa} = 11.5, \text{beta} =13.2, \text{gama} =0.01, x_{01} =0.016, x_{02} =0.018, x_{03} = - 0.015.$$

وبعد تطبيق الرانج-كتا بالمعاملات اعلاه نحصل على الشكل 2, والذي يمثل التجاذب الفوضوي من النوع اللقافة المزدوجة.



الشكل 2: التجاذب الفوضوي من نوع اللقافة المزدوجة

طريقة التزامن من نوع **pecora & carroll** :

سنحاول تطبيق طريقة التزامن من نوع pc على المعادلات (3-1) وكما موضح ادناه:

$$\frac{dX_{1m}}{d\tau} = \alpha (X_{2m} - X_{1m} - Kf(X_{1m}))$$

$$\frac{dX_{2m}}{d\tau} = X_{1m} - X_{2m} + X_{3m}$$

$$\frac{dX_{3m}}{d\tau} = \beta (-X_{2m} - \gamma X_{3m})$$

$$\frac{dX_{1s}}{d\tau} = \alpha (X_{2s} - X_{1m} - Kf(X_{1s}))$$

$$\frac{dX_{2s}}{d\tau} = X_{1m} - X_{2s} + X_{3s}$$

$$\frac{dX_{3s}}{d\tau} = \beta (-X_{2s} - \gamma X_{3s})$$

$$e = X_{1m} - X_{1s}$$

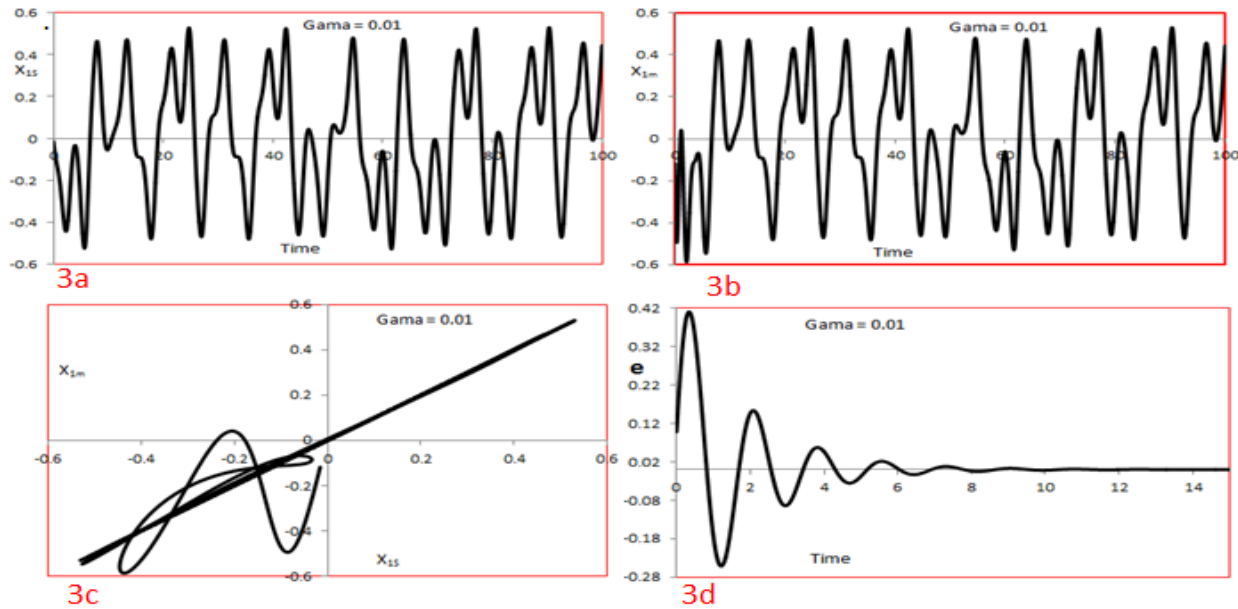
$$f(X_1) = aX_1 + bX_1 e^{cX_1^2}$$

حيث ان الرمز m يشير الى دائرة master و s يشير الى دائرة slave, حيث اخترنا المتغير X_{1m} لتحقيق التزامن بين النظامين, لقد اخترنا التزامن في حالتين هما حالة تطابق معاملات النظامين تماما, والحالة الاخرى هي حالة عدم تطابق المعاملات, مع العلم ان e يمثل نسبة الخطأ. لقد تم حل المعادلات باستخدام الطريقة العددية الراجح -كتنا من الدرجة الرابعة بواسطة برنامج الفورتران 90.

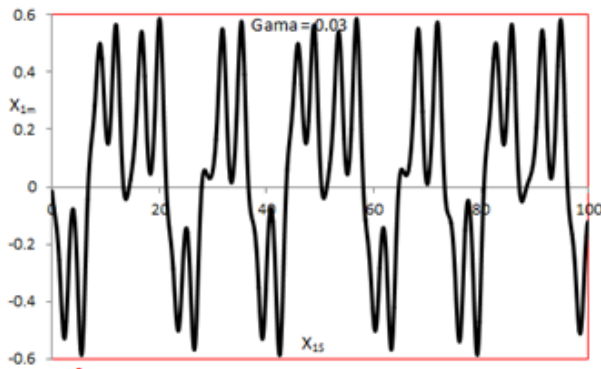
اولاً: حالة تطابق المعاملات : حيث اخترنا المعاملات نفسها للنظام الاصيلي مع اضافة الشروط الحدودية الجديدة للنظام slave وهي $x_{01s} = 0.18$, $x_{02s} = 0.15$, $x_{03s} = -0.11$ لقد تبين من تطبيق الطريقة هو نجاح حالة التزامن بشكل تام ووصول حالة الخطأ الى الصفر ($\lim_{t \rightarrow \infty} e = 0$) وهو احد شروط نجاح التزامن, وكما مبين في الاشكال (3-4), الشكل 3 طبق عند $\text{gama} = 0.01$, و أن الشكل 4 تم تطبيقه عند قيم $\text{gama} = 0.03$ ورغم تغيير القيم لكن نجح التزامن فيها.

ثانياً: حالة عدم تطابق المعاملات: والموضحة في الشكل 5, والذي يبين حالة عدم التزامن وكذلك نسبة الخطأ لا تساوي صفر، حيث اخترنا المعاملات التالية والتي عندها نحصل على ظاهرة الفوضى في الدائرة الالكترونية:

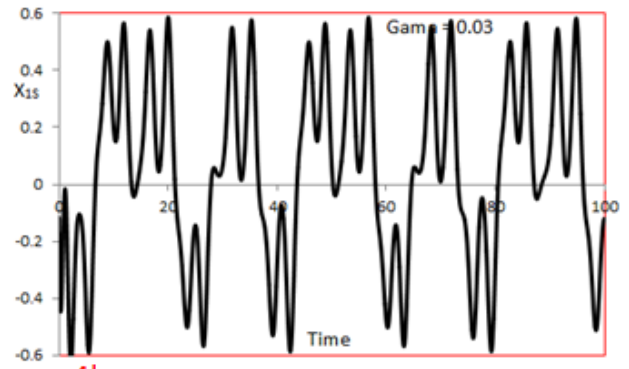
. $\text{alfa} = 10.9, \text{beta} = 12, \text{gama} = 0.03, \text{alfa}1 = 10.5, \text{beta}1 = 12.2, \text{gama}1 = 0.05$



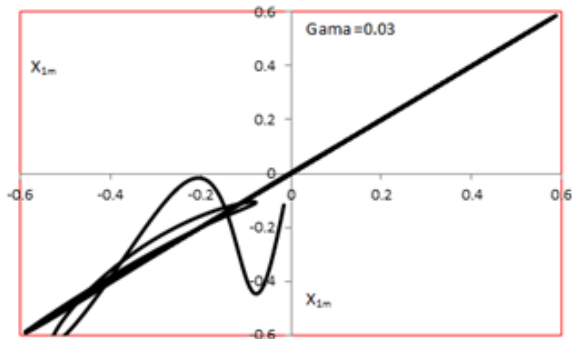
الشكل 3: يمثل حالة التزامن و كذلك نسبة الخطأ.



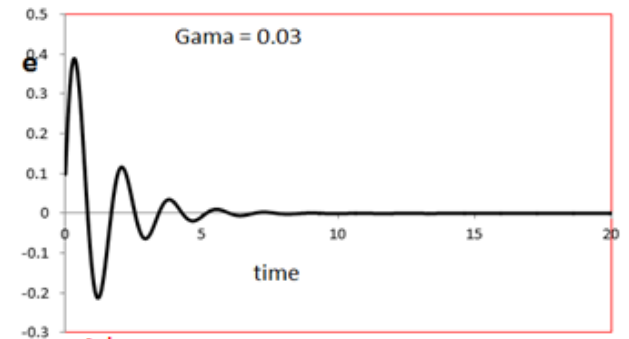
4a



4b

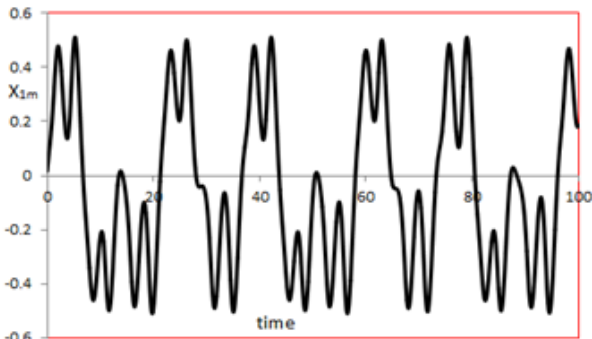


4c

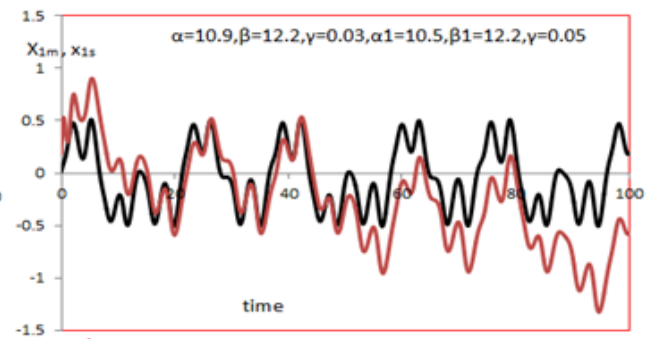


4d

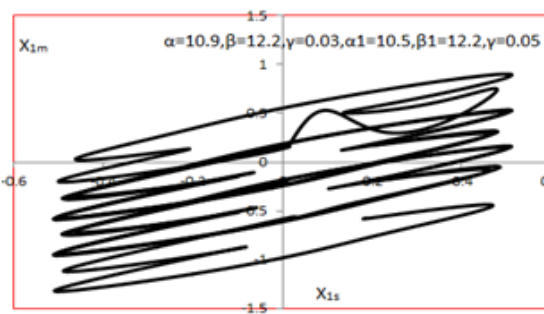
الشكل 4 : يوضح حالة التزامن وكذلك نسبة الخطأ.



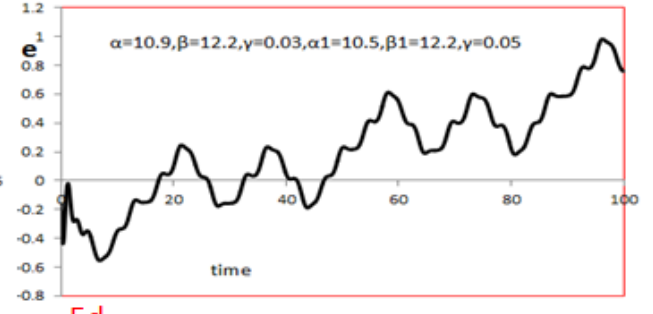
5a



5b



5c



5d

الشكل 5 : يوضح حالة تشبه التزامن (او عدم تحقق التزامن التام).

تحقيق التزامن بواسطة X_{2m} :

سنحاول تطبيق طريقة التزامن من نوع pc على المعادلات (3-1) وكما موضح ادناه:

$$\frac{dX_{1m}}{d\tau} = \alpha (X_{2m} - X_{1m} - Kf(X_{1m}))$$

$$\frac{dX_{2m}}{d\tau} = X_{1m} - X_{2m} + X_{3m}$$

$$\frac{dX_{3m}}{d\tau} = \beta (-X_{2m} - \gamma X_{3m})$$

$$\frac{dX_{1s}}{d\tau} = \alpha (X_{2m} - X_{1s} - Kf(X_{1s}))$$

$$\frac{dX_{2s}}{d\tau} = X_{1s} - X_{2m} + X_{3s}$$

$$\frac{dX_{3s}}{d\tau} = \beta (-X_{2m} - \gamma X_{3s})$$

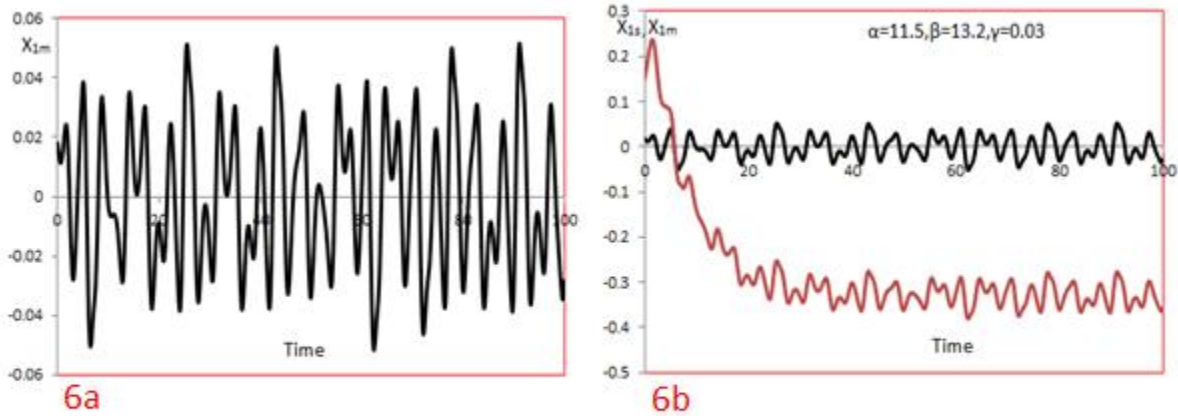
$$e = X_{2m} - X_{2s}$$

$$f(X_{1m}) = aX_{1m} + bX_{1m} e^{c X_{1m}^2}$$

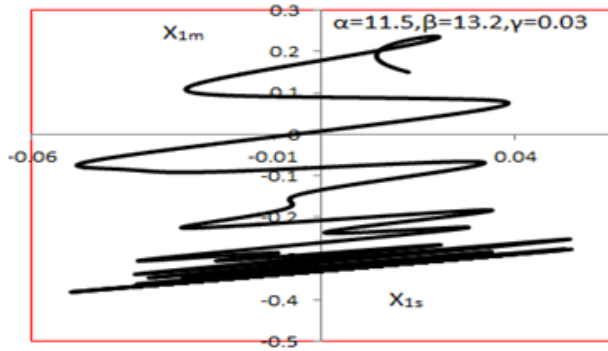
$$f(X_{1s}) = aX_{1s} + bX_{1s} e^{c X_{1s}^2}$$

حيث اخترنا المتغير X_{2m} لتحقيق التزامن بين النظامين, لقد اخترنا التزامن في حالة تطابق معاملات النظامين تماما, مع العلم ان e يمثل نسبة الخطأ, بعد الاختبار التزامن وجدنا عدم تحقق التزامن في هذه الحالة اي انعدام التزامن تماما, وأن نسبة الخطأ e لا تساوي صفر مطلقا وكما موضح في الشكل (6) والشكل (7). للعلم ان المعاملات التي تم اختيارها هي:

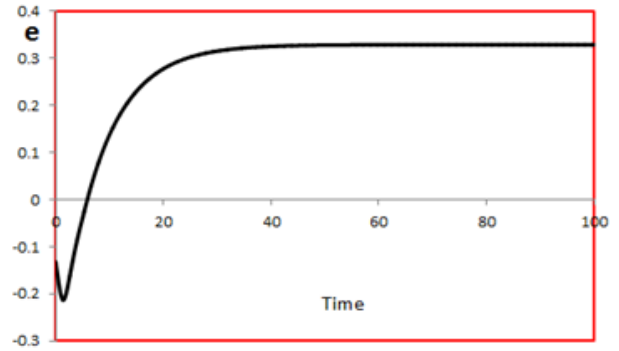
$a = -0.02, b = c = -0.5, k = 2., \text{alfa} = 11.5, \text{beta} = 13.2, \text{gama} = 0.01, x_{01m} = 0.016, x_{02m} = 0.018, x_{03m} = -0.015, x_{01s} = 0.18, x_{02s} = 0.15, x_{03s} = -0.11.$



الشكل 6 : يوضح حالة عدم التزامن في حالة ارسال المتغير X_{2m} .



7a



7b

الشكل 7: يوضح التشويش في الاشارة المتزامنة و عدم اقتراب الخطأ من الصفر.

تحقيق نظام للسيطرة

سوف نقوم بعمل نظام للسيطرة من خلال استخدام الدائرة الفوضوية ذات الجزء اللاخطي تجاذب – تنافر, وذلك بتطبيق طريقة السيطرة المكيفة adaptive control وكما موضح :

$$\frac{dX_1}{d\tau} = \alpha (X_2 - X_1 - Kf(X_1)) + u_1$$

$$\frac{dX_2}{d\tau} = X_1 - X_2 + X_3 + u_2$$

$$\frac{dX_3}{d\tau} = \beta (-X_2 - \gamma X_3) + u_3$$

$$f(X_1) = aX_1 + bX_1 e^{c X_1^2}$$

حيث أن حد السيطرة المكيفة يمكن الحصول عليه كالتالي:

$$u_1 = -\alpha(t) (X_2 - X_1 - K(t)f(X_1)) - X_1$$

$$u_2 = -X_1 - X_3$$

$$u_3 = -\beta(t) (-X_2 - \gamma(t) X_3) - X_3$$

معاملات التخمين للسيطرة يمكن الحصول عليها :

$$\dot{\alpha}(t) = X_1 (X_2 - X_1 - Kf(X_1)) + v$$

$$\dot{\beta}(t) = X_3 (-X_2 - \gamma X_3) + v1$$

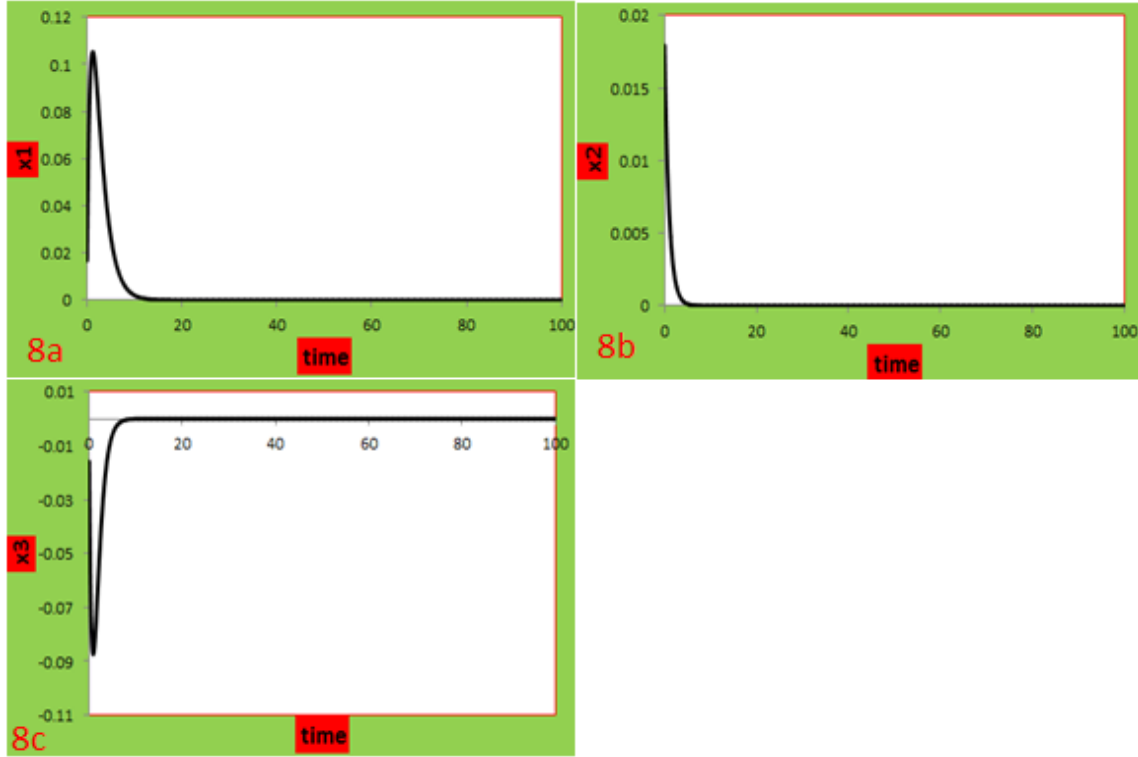
$$\dot{\gamma}(t) = -\beta X_3^2 + \gamma + v2$$

$$\dot{K}(t) = -\alpha f(X_{1s})X_1 + v3$$

مع العلم أن:

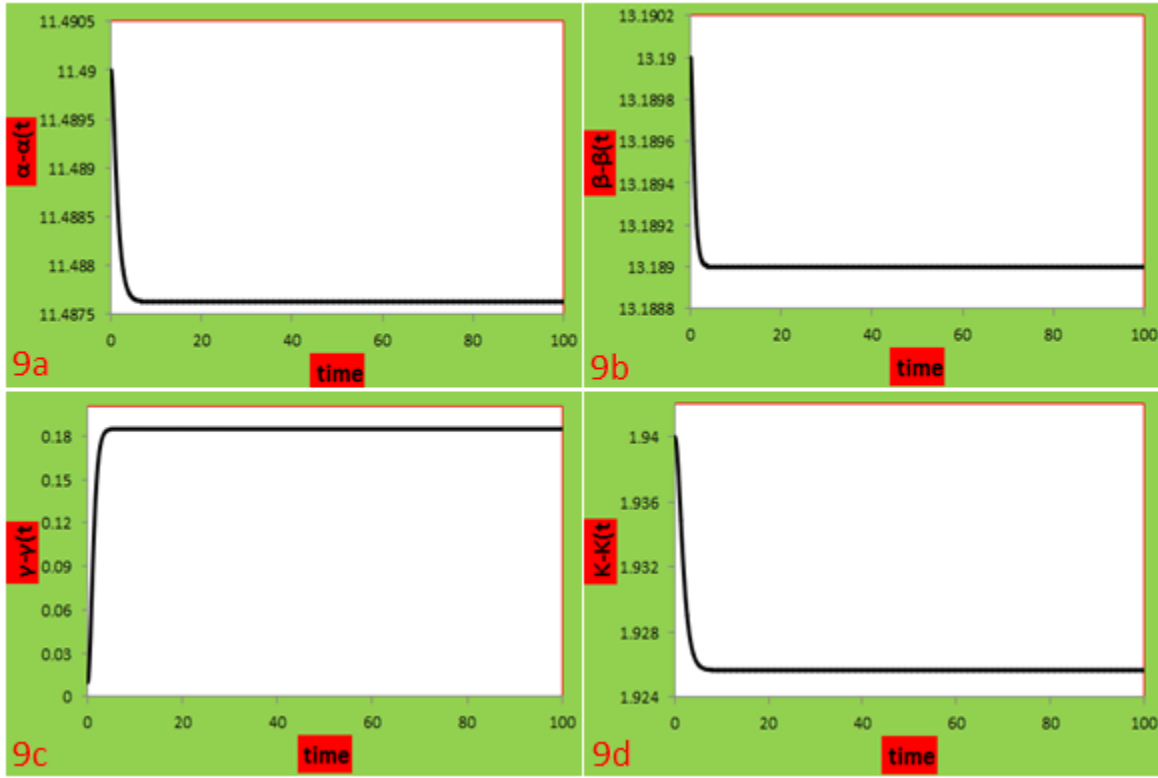
$$v = \alpha - \alpha(t), \quad v1 = \beta - \beta(t), \quad v2 = \gamma - \gamma(t), \quad v3 = K - K(t)$$

تم حل المعادلات اعلاه بإحدى الطرق العددية المعروفة بطريقة الرانج-كتا من الدرجة الرابعة وذلك من خلال برنامج الفورتران 90, باستخدام نفس قيم المعاملات في طريقة التزامن اعلاه وكذلك نفس الشروط الحدودية مع اضافة الشروط الحدودية للمعاملات التخمينية وهي $\alpha(0)=0.01, \beta(0)=0.01, \gamma(0)=0.001, K(0)=0.06$.



الشكل 8: رسم متغيرات الحالة للنظام الفوضوي مع الزمن

- ان الذي نلاحظه في الشكل 8 والذي رسم في المستوي متغيرات الحالة مع الزمن, ان تلك المتغيرات تتصرف بشكل فوضوي ولكن بعد زمن قدره $t=5\text{sec}$ يتغير تصرف الدائرة ويقترب من الصفر, والذي يعني فقدان التصرف الفوضوي واقتراب النظام من السلوك المستقر وبالتالي نجاح طريقة السيطرة المكيفة في اخفاء السلوك الفوضوي. ان الذي نلاحظه في الشكل 8a , ان زمن الاقتراب من الصفر أكبر من $t=5\text{sec}$ لم يؤثر على معاملات التخمين مطلقا وذلك راجع الى وجود بعض التشويش الزائد على المتغير X_3 .



الشكل 9: مخططات المعاملات التخمينية مع الزمن

- الشكل 9 رسم في المستوي المعاملات التخمينية للنظام مع الزمن, الذي يلاحظ ان تلك المعاملات بعد زمن صغير جدا قدره $t=5\text{sec}$ تفقد تغيرها مع الزمن وتقترب من قيمتها الثابتة, وهذا يعني ان حدود السيطرة المضافة كانت صحيحة وجيدة في التحكم بسلوك الدائرة الفوضوية.

الاستنتاجات:

بعد ان تمت دراسة تطبيق طريقة التزامن من نوع PC على دائرة Chua من نوع التجاذب – التنافر, لاحظنا حصول التزامن التام بين دائرتين من دوائر التجاذب- التنافر في حالة تطابق متغيرات النظام, وعند حالة التجاذب الفوضوي ذو اللقافة المزدوجة, بالإضافة الى ان عنصر الارسال بين النظام master و نظام slave كان هو x_1 , ولكن التزامن يختفي وتحل محله حالة شبه التزامن عند عدم تطابق المعاملات للنظام المزدوج. ولكن الغريب في المسألة ان في حالة أخذ x_2 هو متغير الارسال لن يتحقق التزامن سواء في حالة تطابق المعاملات او عدم التطابق. بالإضافة الى ذلك, فقد اختبرت طريقة السيطرة الفوضوية من نوع السيطرة المكيفة على الدائرة والتي نجحت فيها بشكل جيد بعد زمن قدره $t=5\text{sec}$.

المصادر

- [1] T. Matsumoto,(1984). "A chaotic attractor from Chua's circuit," *IEE Transactions on circuits and systems*, 31(12), pp. 1055-1058.
- [2] M. Broucke,(1987) "One parameter bifurcation diagram for Chua's circuit," *IEE Transactions on circuits and systems*, 34(2), pp. 208-209.
- [3] F. R. Tahir,(2010) "Secure Communications Based on Dual Synchronization of Cross-

- Coupled Different Chaotic Oscillators," *Basrah journal for Engineering science.*, 10(2), pp. 102–110.
- [4] Y. Nishio and A. Ushida,(1996) "Quasi-synchronization phenomena in chaotic circuits coupled by one resistor," *IEEE Transactions on Circuits and Systems I:Fundamental Theory and Applications*, 43(6), pp. 491–496.
- [5] K. Thamilmaran, M. Lakshmanan, and A. Venkatesan,(2004) "Hyperchaos in a modified canonical Chua's circuit," *International Journal of Bifurcation and Chaos*, 14 (1), pp. 221–243.
- [6] Z.-A. S. A Rahman, H. A. A. Al-Kashoash, S. M. Ramadhan, and Y. I. A. Al-Yasir,(2019) "Adaptive Control Synchronization of a Novel Memristive Chaotic System for Secure Communication Applications," *Inventions*, 4(2), pp. 1–13.
- [7] S. Rasappan, S. Vaidyanathan,(2013)" Hybrid Synchronization Of n-scroll Chaotic Chua Circuits using adaptive backstepping control design with recursive feedback," *Malaysian journal of mathematical sciences*, 7(2), pp. 219–246.
- [8] F.Tahir,(2012) "Analysis And Implementation OF Hyperchaotic Ciruits Based On Field Program Mable Analog Arrays," *Thesis: College of Engineering –University of Basrah*.
- [9] C. Oliveira,and J. Pizolato,(2011) " Cryptography with chaos using Chua's system," *journal of physics. coference seriers285*, 10, pp.1–10.
- [10] M. Hussein Abd,(2017) " Performance Evaluation of A Chaotic Radar System," *Thesis: College of Engineering –University of Basrah*.
- [11] M. JYI JANG, C. Chen and K. Chen,(2002)" sliding mode control of chaos in the cubic CHUA'S circuit system," *International Journal of Bifurcation and Chaos*, 12(6), pp.61–68.
- [12] O. Jabbar,and F. Rahma,(2017) " Adaptive control-based synchronization of chaotic systems with uncertain parameters and its application," *Thesis: College of Engineering –University of Basrah*.
- [13] J. clausse,(2008)" Floquet stability analysis of Ott-Grebogi-Yorke and difference control," *New journal of physics*, 10(6), pp.1–13.
- [14] L. Rong, Z. Duan,and B. Wang,(2008)" A Modified Chua's Circuit With An Attraction-Repulsion Function," *International Journal Of Bifurcation And Chaos*, 18(7), pp.1865–1888.
- [15] Abo-talb.Y., Noori H.N,and Forat Ahmed, (2014)" study the effect of the control parameter γ on the stability of the chaos circuit," *Journal of Basrah Researches(Sciences)*, 4(40), pp.62–67.

Applying the method synchronization from PC on the electronic circuit chaotic from type attraction – repulsion.

Abo-Talib Y. Abbas^{1*}, Entesar Barges Talal²

1- Department of physics, college of Education for Pure Science, Ministry of Education, Basrah, IRAQ (Ttjeo76@gmail.com)

2- Department of computer science, college of Education for Pure Science, Basra University, IRAQ (entesarbarges@gmail.com)

Article Information

Received: 09/11/2020

Accepted: 06/01/2021

Keywords:

synchronization, chaotic system, Chua' circuit, dynamical behavior, Attractor chaotic.

Abstract

We discuss in this studying, one of the type of synchronization technique, that called Pecora & Carroll (PC), and applying this method on one of type Chua circuit, which have nonlinear part from type attraction – repulsion. The case synchronization is succeeded in the circuit, when we sent the variable X1, in addition to, the parameter of coupling system is match, but, when the parameter became mismatched we notice case non synchronization or called quasi- synchronization. The synchronization is Completely hidden when we tried sent the variable X2, in both cases matched & mismatched parameter. The adaptive control method was tested on the chaotic circuit, this method succeed after time $t=5\text{sec}$.