دراسة تأثير المقاومة على السلوك الحركي للدائرة الالكترونية ذات الجزء اللاخطي من نوع **memductance دراسة نظرية**

study the effect of resistance on the behavior dynamical to the electronic circuit with nonlinear part from type **memductance ,** theoretical study

ابوطالب يوسف عباس الخاقاني

وزارة التربية /المديرية العامة لتربية البصرة / متوسطة قمر بني هاشم للبنين

المستخلص:

تم دراسة تأثير المقاومة على السلوك الحركي للدائرة الالكترونية ذات الجزء اللاخطي من نوع memductance, حيث درسنا قيمتان للمقاومة $R=500\Omega$ و $R=600\Omega$ مع تغيير قيمة سعة المتسعة الاولى C_1, وقد حصلنا على خرائط الاستقرارية متكونة من منطقتين (منطقة السلوك الحركي و منطقة الاستقرار), وكذلك تم الحصول على مخطط التفرعات لكل قيمة من المقاومة وسعة المتسعة الاولى, وكذلك تم دراسة مخطط فضاء الطور والذي حصلنا فيه على الجواذب الفوضوية وزمن الدورة الاولى والثانية والثالثة والرابعة والخامسة والسادسة والثامنة.

الكلمات الافتتاحية: الفوضى , لورنز , Chua, التفرع, نقاط التوازن

Abstract:

The effect of control parameter resistance on the dynamical behavior of the electronic circuit with non-linear part of the type of memductance has been studied. where two values of resistance $R=500\Omega$ and $R=600\Omega$ have been studied, with changed the value of the first capacity C_1. The instability map that contain two regions (dynamical behavior and stability region) was gotten. Also, the bifurcation map has been gotten for every value of resistance and first capacity. The phase portrait that was gotten with on attracter chaotic , first , second , third , fourth , fifth, sixth, and eighth period.

1. المقدمة

أن حصول ظاهرة الفوضى في الدوائر الالكترونية تملك أهمية كبيرة من حيث المجال الواسع في التطبيقات العملية لها, وعلى سبيل المثال لا الحصر, يمكن من خلال تقنية الفوضى إخفاء العديد من المعلومات التي يراد لها عدم تسريبها الى أطراف اخرى[1], وكذلك يمكن من خلال تقنية الفوضى في الدوائر الالكترونية السيطرة على نظم المعلومات والتحكم في اليه توجيهها [2], وكذلك استخدامها الحصول على اصوات مرغوبة في الآلات الموسيقية [3]. أن اول من حاول الحصول على الفوضى في الدوائر الالكترونية هو العالم Chua عام 1983 عندما زار مختبر Matsumoto [4], في جامعة Waseda, ان بدايات العالم Chua كانت تختلف عن بدايات العالمين Lorenz [5], و Rossler [6], حيث أنه درس النظامين وحدد نقاط وشروط حصول الفوضى في هذين النظامين ثم أتجه لتطبيق تلك الشروط على الدوائر الالكترونية, حيث ان العالم Chua حدد انه يحتاج الى نقطتين للتوازن على الاقل, بالإضافة الى جزء لا خطي, لذلك العالم Chua أحتاج الى ثلاث عناصر خازنة للطاقة لكي تعطي مشتقة بالنسبة للزمن وهذه العناصر الخازنة للطاقة أما أن تكون ملفات (حيث الفولطية هي تغير التيار مع الزمن), او متسعات (حيث التيار هو فرق جهد متغير مع الزمن), أستبعد العالم Chua ان تكون الدائرة من ملفات فقط او متسعات فقط لأنه يمكن اختزالها بعنصر واحد فقط لذلك هو قرر ان تكون من ملفات ومتسعات, لكن هو فضل ان تكون الدائرة من متسعتين وملف بدلا من ملفان ومتسعة وذلك لسهولة الحصول على المتسعات المناسبة وكذلك رخص ثمنها, أن العالم Chua فضل هيئة الدائرة على شكل التوازي في البداية لكي تكون شبيه بدائرة الرنين المتوازية. وبعد أن انتهى Chua من تحديد العناصر الخازنة للطاقة ركز جهوده على الجزء اللاخطي وكيفيه اختياره, لان العالم Chua حدد ثلاث نقاط توازن فهو فضل ان يكون الجزء اللاخطي من ثلاث مناطق كل منطقة ذات ميل سالب, لذلك هو اقترح جزء لاخطي من نوع piecewise linear, بعد ذلك اضافة العالم Chua مقاومة ثابتة, وبعد عمل المحاكاة الكمبيوترية للدائرة حصل العالم Chua على التجاذب الفوضوي الذي كان يبحث عنه في الدوائر الالكترونية. ويمكن التمييز بين ظاهرة الفوضى chaotic وظاهرة الضوضاء العشوائية Random التي تحدث في كثير من الاحيان في الانظمة الحركية بطريقتين [7, 8]:

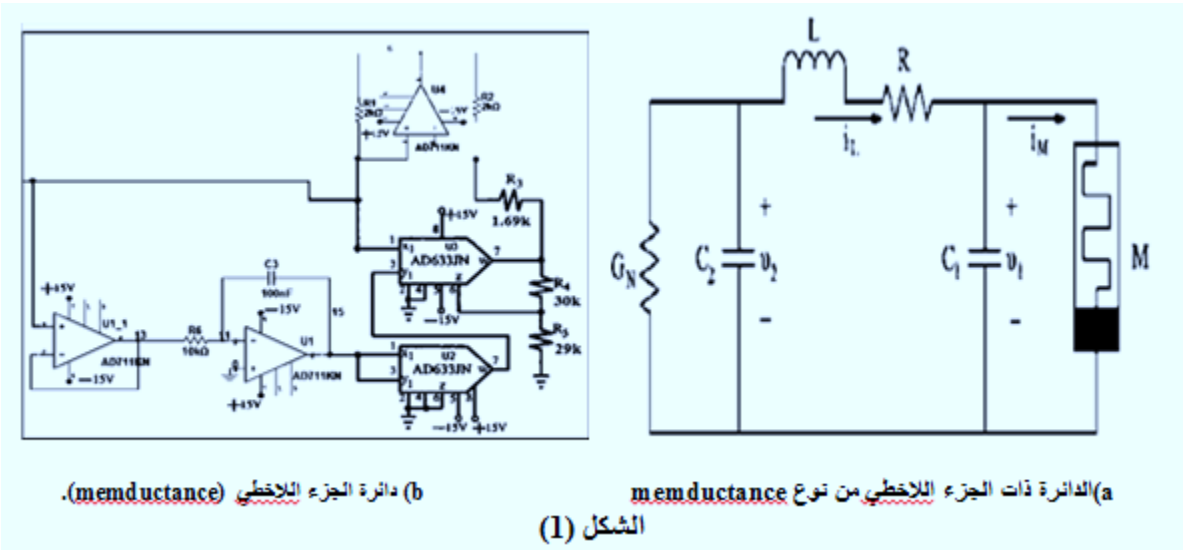
1. خاصية طيف القدرة لإشارة خرج النظام ذي النطاق العريض وذلك عن طريق استخدام تقنية تحويل فورير السريع.
2. خاصية التباعد الاسي لمسارات النظام الفوضوي لشروط ابتدائية مختلفة متناهية في الصغر, حيث ان المسارات تبدأ قريبة جدا من بعضها ثم سرعان ما تتباعد عن بعضها بشكل اسي مع الزمن, ويمكن

التحقق من ذلك عن طريق دليل ليبانوف, حيث كلما تزداد قيمة دليل ليبانوف يزداد التباعد بين المسارات التي تكون في البداية قريبة من بعضها[7].

سيتم مناقشة التنوع في السلوك الحركي لأحد أنواع دائرة Chua, ودراسة تأثير المقاومة والمتسعة الاولى والمتسعة الثانية على هذا السلوك, حيث ستتم هذه الدراسة من خلال مخططات التفرعات وكذلك مخططات الطور. بالإضافة الى تحديد مناطق الاستقرارية وعدمها والتي تعتبر ميزة هذا البحث.

2.الدائرة الالكترونية الفوضوية ذات الجزء اللا خطي من نوع memductance

سوف نعتمد دائرة الفوضى الموضحة في الشكل (1). حيث ان R تمثل المقاومة الخطية, G_N تمثل الممانعة, c_1 و c_2 سعة المتسعة الاولى والثانية, L المحاثة للملف المستخدم, φ يمثل الفيض المغناطيسي, q تمثل الشحنة الكهربائية, v_{c1} و v_{c2} الفولطية حول المتسعتين على التوالي,i_L التيار المار بالملف. ولغرض دراسة استقرارية او عدم استقرارية هذه الدائرة تم اضافة الجزء اللاخطي الذي يرمز له بالرمز M والذي هو من نوع flux-controlled Memristor (memductance) والموضحة دائرته في الشكل(1b)[13].



a)الدائرة ذات الجزء اللاخطي من نوع memductance b) دائرة الجزء اللاخطي (memductance).

الشكل (1)

الان بتطبيق قانوني كيرشوف حول المتسعة الاولى والمتسعة الثانية والملف والمقاومة فإننا سوف نحصل على المعادلات التفاضلية الموضحة ادناه[9,10, 11, 12].

$$\frac{d\varphi}{dt} = v_{c1} \quad (1)$$

$$\frac{dv_{c1}}{dt} = \frac{1}{C_1}\left(i_l - w(\varphi)\, v_{c1} \right) \quad (2)$$

$$\frac{dv_{c2}}{dt} = -\frac{1}{C_2}\left(i_l + G_N v_{c2} \right) \quad (3)$$

$$\frac{di_l}{dt} = \frac{1}{L}\left(v_{c2} - R\ i_l - v_{c1} \right) \quad (4)$$

حيث $w(\varphi)$ يمثل دالة الجزء اللاخطي و ان هذا الجزء يتبع سلوك المعادلة ادناه.

$$w(\varphi) = \frac{dq(\varphi)}{d\varphi} = -\alpha + 3b\,\varphi^2 \quad (5)$$

حيث α و b ثوابت. لقد تم حل المعادلات اعلاه باستخدام طريقة الرانج –كتا من الدرجة الرابعة وكانت الشروط الحدودية هي :

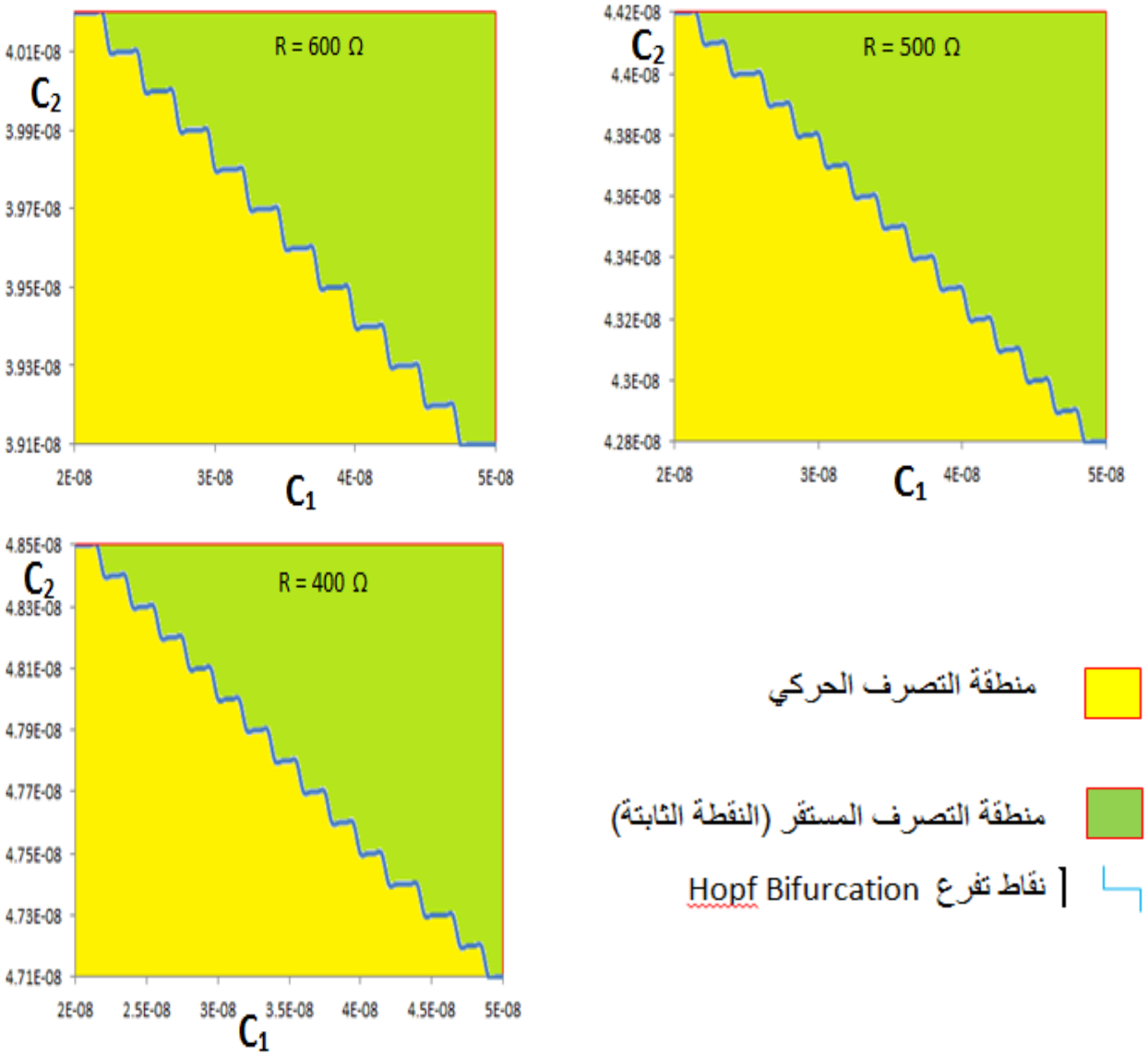
$i_1 = 0.001$, $i_2 = 0.0$, $v_1 = 0.006$, $v_2 = 0.02$, h=0.1e-5 , g=0.4e-4 , b= 4.0 e4, Alfa = 0.5e-4.

3. الدراسة الاولى : خرائط الاستقرارية

الشكل (2) يمثل خرائط الاستقرارية لدائرة Memductance والتي قسمت الى مناطقتين رئيسيتين وهي : منطقة الاستقرارية ذات اللون الاخضر ومنطقة السلوك الحركي ذات اللون الاصفر. ان منطقة الاستقرارية تعني ان جميع التصرفات الحركية للدائرة الالكترونية قيد الدراسة تكون ثابتة مع الزمن وفي فضاء الطور تظهر هذه التصرفات بشكل نقطة ثابتة Fixed point . اما منطقة السلوك الحركي فهي تشمل جميع انواع التصرفات ومنها مضاعفة الدورة Period doubling والشبه الدورية Quasi periodic والفوضى Chaotic والتي يمكن الحصول عليها نتيجة تغيير بعض المتغيرات مثل (C_1 , C_2, L, R). ان استخدام خرائط الاستقرارية ذات فائدة كبيرة اذ تعطي فهما شاملا لتصرف النظام في فضاء يتغير فيه اثنان من المتغيرات قيد الدراسة والتي لا يمكن ملاحظته في الطرق الاخرى التي تستخدم في وصف حالة الاستقرارية للنظام (مثل مخطط التفرعات Bifurcation diagram و التطور الزمني وفضاء الطور ومقطع بوينكير وغيرها من الطرق الاخرى).

في الشكل (2) نلاحظ خرائط الاستقرارية في المستوي (C_2-C_1) ولقيم مختلفة من المقاومة (R = 400Ω , 500Ω, 600Ω). ان الانتقال من قيمة R = 600Ω الى قيمة R = 400Ω لا يؤدي الى زيادة

منطقة التصرف الحركي بل أن حجم تلك المنطقة يبقى ثابت رغم تغير في مدى ظهورها واختفاءها فنجد أنها تبدأ عند C_2 = 39.1nF وتنتهي عند C_2 = 40.02 nF في حالة R=600Ω بينما تبدأ عند C_2=42.8nF وتنتهي عند C_2 = 44.2nF لقيمة المقاومة R=500Ω في حين تبدأ عند C_2 = 47.1nF وتنتهي عند C_2 = 48.5nF عند R=400Ω. ان الحد الفاصل بين منطقة الاستقرار (fixed point) ومنطقة التصرف الحركي (الصفراء) تمثل قيم الـ Hopf bifurcation والتي عندها تبدأ التصرفات الحركية تتحول من حالة تصرف الدورة الواحدة P1 الى حالة الاستقرار Fixed point. ان التصرفات الحركية للمنطقة الصفراء موضحة في اشكال التفرعات (3) و (4).

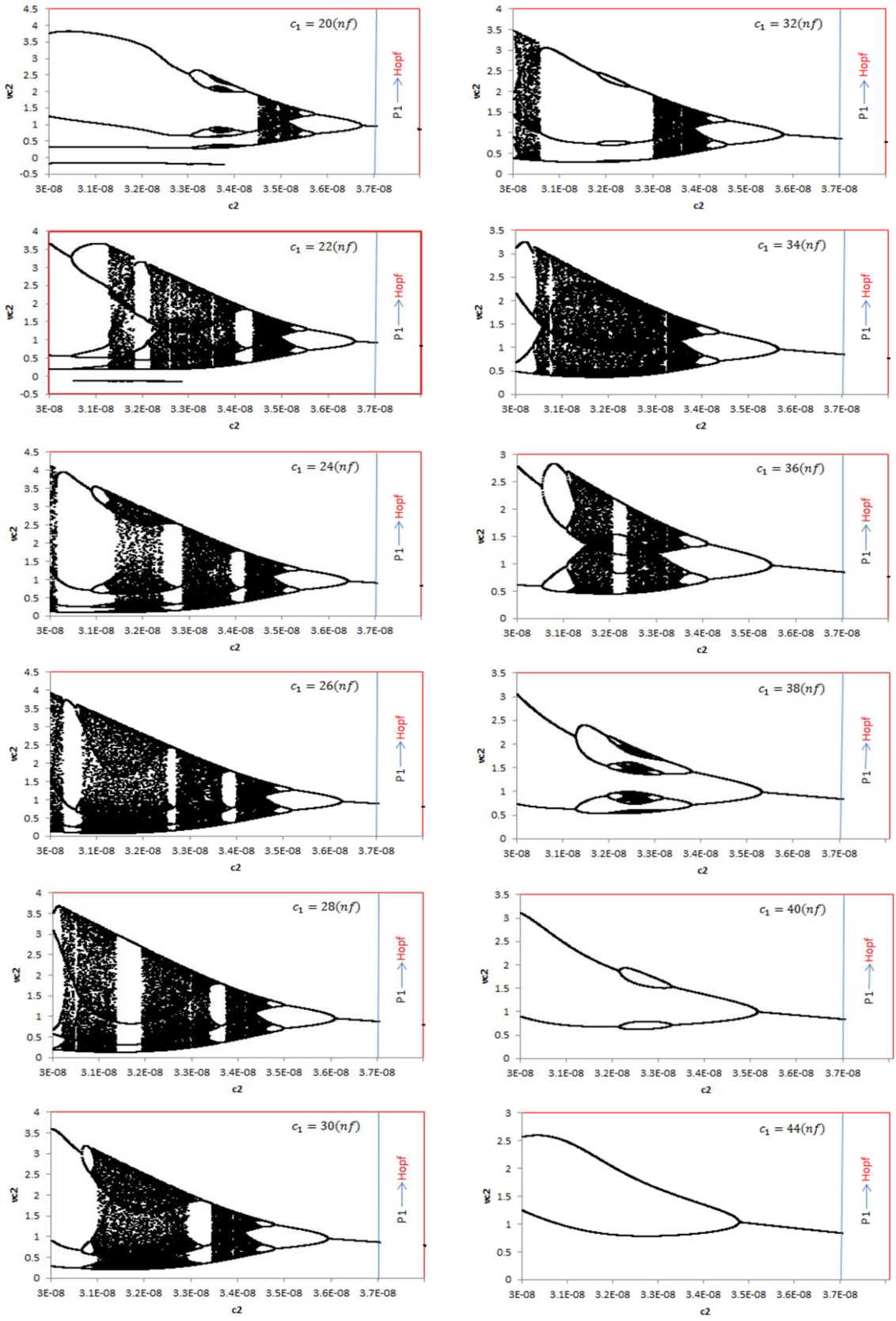


الشكل (2) : يمثل خرائط الاستقرارية في المستوي (C_1 - C_2) لقيم مختلفة من R.

4. الدراسة الثانية : دراسة مخطط التفرعات عند R = 500Ω

أن وصف السلوك الحركي للدائرة الالكترونية الممثلة بخرائط الاستقرارية الموضحة في الشكل (2) تم دراسته من خلال رسم اشكال التفرعات الموضحة في الشكل (3) في المستوي ($V_{C2} - C_2$) ولقيم مختلفة من C_1 ضمن المدى المدروس في خرائط الاستقرارية عند قيمة R =500Ω. وللحصول على وصف اكثر دقة لهذه التصرفات فأننا سنعمل على الاستعانة بخرائط الاستقرارية واشكال التفرعات معا. فمن الشكل (3) وبالاستعانة بخريطة الاستقرارية (2) يمكن ملاحظة ما يلي :

1- نلاحظ من الشكل (3) عند قيمة R=500 Ω و L=100mH لتغير في قيمة C_1 زيادة في مناطق الفوضى ومدياتها مع زيادة سعة المتسعة الاولى ثم بعدها تعود تتناقص مناطق الفوضى ومدياتها الى أن تنعدم الفوضى بعد قيمة C_1 = 38nF, حيث عند قيمة C_1 = 20nF نجد منطقتين للفوضى مع تنوع في السلوك الحركي ولكن عند قيمة C_1 =22 nF توجد خمس مناطق للفوضى تفصلها تصرفات دورية ونفس الشيء يبقى لقيم C_1 = 24nF و C_1 =26 nF , ان الذي نلاحظه عند قيمة C_1 =28nF هو سبع مناطق للفوضى, لكن عند C_1 = 30nF نلاحظ العودة الى ثلاث مناطق للفوضى ولكن ذات مدى اكبر من مدى الفوضى عند C_1 = 20nF, أن قيمة C_1 = 32nF توضح انحسار كبير في الفوضى الذي يعود يزداد عند القيمة C_1 = 34 nF ثم تعود الى التناقص الكبير في الفوضى عند C_1 36nF الى أن تختفي الفوضى بعد قيمة C_1 = 36 nF.
2- وجود تنوع في السلوك الحركي من حيث التصرفات الدورية المتنوعة مع وجود مناطق للفوضى .
3- جميع الاشكال توضح ان التصرف لهذه الدائرة ولقيم $c_2 \geq 36.0nF$ يظهر تصرف الدورة الواحدة P1 الى ان يصل الى قيمة Hopf bifuracation والذي يعني تحول تصرف الدائرة الى التصرف المستقر والذي يظهر في فضاء الطور بشكل نقطة ثابتة Fixed point.
4- لقيم $c_1 > 38.0nF$ يصبح تصرف الدائرة الالكترونية دوري (اي يختفي التصرف الفوضوي) اذ نلاحظ تصرفات P1, P2, P4 عند قيمة $c_1 = 40.0nF$ وبعدها يظهر تصرف زمن الدورة واحد واثنان (P1 و P2) فقط عند قيمة $c_1 = 42.0nF$. وبزيادة c_1 فأن تصرف الدائرة الالكترونية سيقتصر على تصرف زمن الدورة واحدة P1 .
5- ان مناطق الفوضى الموجودة ضمن مدى قيم $20.0nF \leq c_1 < 39.0nF$ تتضمن بداخلها تصرفات دورية (نوافذ) تظهر في بعض الاحيان ضمن مدى واسع من قيم c_2 كتضاعف زمن الدورة ثلاثة وستة , P3) (P6 المبينة في الشكل.
6- كل الاشكال في الشكل (3) تم الحصول عليها بحل المعادلات (4-1) باستخدام طريقة الرانج –كتا.

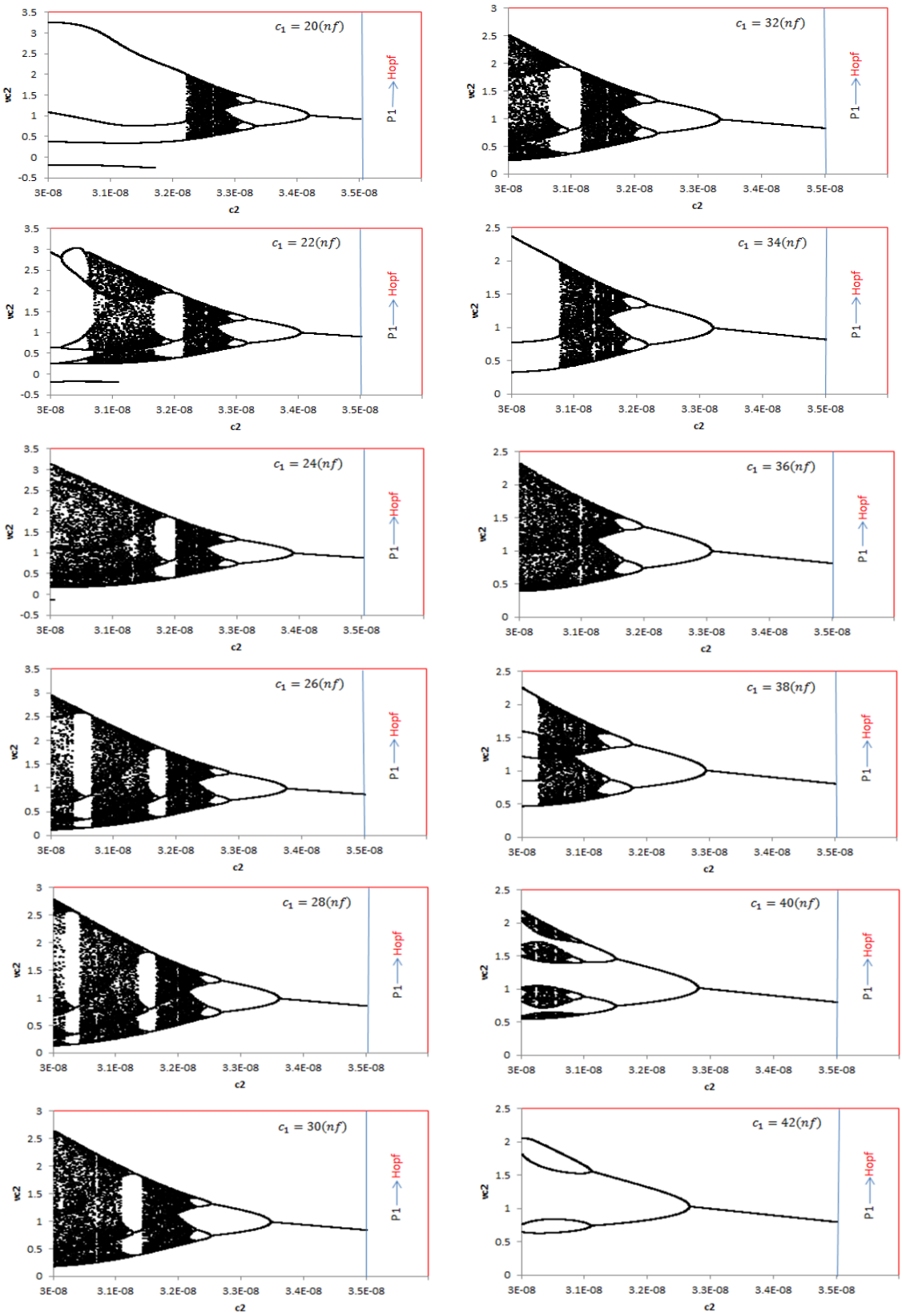


الشكل (3) : مخطط التفرعات لقيمة R=500, L=100.

5. الدراسة الثالث : دراسة مخطط التفرعات عند قيمة R= 600Ω

أن وصف السلوك الحركي للدائرة الالكترونية الممثلة بخرائط الاستقرارية الموضحة في الشكل (2) تم دراسته من خلال رسم اشكال التفرعات الموضحة في الشكل (4) في المستوي (V_{C2} – C_2) ولقيم مختلفة من C_1 ضمن المدى المدروس في خرائط الاستقرارية عند قيمة R =500Ω. وللحصول على وصف اكثر دقة لهذه التصرفات فأننا سنعمل على الاستعانة بخرائط الاستقرارية واشكال التفرعات معا. فمن الشكل (4) وبالاستعانة بخريطة الاستقرارية (2) يمكن ملاحظة ما يلي :

1- نلاحظ من الشكل (4) عند قيمة R=600 Ω و L=100mH لتغير في قيمة C_1 زيادة في مناطق الفوضى ومدياتها مع زيادة سعة المتسعة الاولى ثم بعدها تعود تتناقص مناطق الفوضى ومدياتها الى أن تنعدم الفوضى بعد قيمة C_1 = 40nF, حيث عند قيمة C_1 = 20nF نجد منطقتين للفوضى مع تنوع في السلوك الحركي ولكن عند قيمة C_1 =22 nF توجد ثلاث مناطق للفوضى تفصلها تصرفات دورية (أي زيادة في الفوضى) ونفس الشيء يبقى لقيم C_1 = 24nF , لكن عند C_1 =26 nF نلاحظ ست مناطق للفوضى, ان الذي نلاحظه عند قيمة C_1 =28nF هو اربع مناطق للفوضى(بدأ النقصان في مدى الفوضى), لكن عند C_1 = 30nF نلاحظ اربع مناطق للفوضى ولكن نقصان في مدى الفوضى, ان النقصان في مدى الفوضى يستمر الى ان تختفي الفوضى بعد C_1 =40nF.
2- وجود تنوع في السلوك الحركي من حيث التصرفات الدورية المتنوعة مع وجود مناطق للفوضى .
3- جميع الاشكال توضح ان التصرف لهذه الدائرة ولقيم $c_2 \geq 34.0nF$ يظهر تصرف الدورة الواحدة P1 الى ان يصل الى قيمة Hopf bifuracation والذي يعني تحول تصرف الدائرة الى التصرف المستقر والذي يظهر في فضاء الطور بشكل نقطة ثابتة Fixed point.
4- لقيم $c_1 > 40.0nF$ يصبح تصرف الدائرة الالكترونية دوري (اي يختفي التصرف الفوضوي) اذ نلاحظ تصرفات P1, P2, P4 عند قيمة $c_1 = 42.0nF$ وبعدها يظهر تصرف زمن الدورة واحد واثنان (P1 و P2) فقط عند قيمة $c_1 = 44.0nF$. وبزيادة c_1 فأن تصرف الدائرة الالكترونية سيقتصر على تصرف زمن الدورة واحدة P1 .
5- ان مناطق الفوضى الموجودة ضمن مدى قيم $20.0nF \leq c_1 < 41.0nF$ تتضمن بداخلها تصرفات دورية (نوافذ) تظهر في بعض الاحيان ضمن مدى واسع من قيم c_2 كتضاعف زمن الدورة ثلاثة وستة , P3) P6) المبينة في الشكل.
6- كل الاشكال في الشكل (4) تم الحصول عليها بحل المعادلات (1-4) باستخدام طريقة الرانج –كتا.

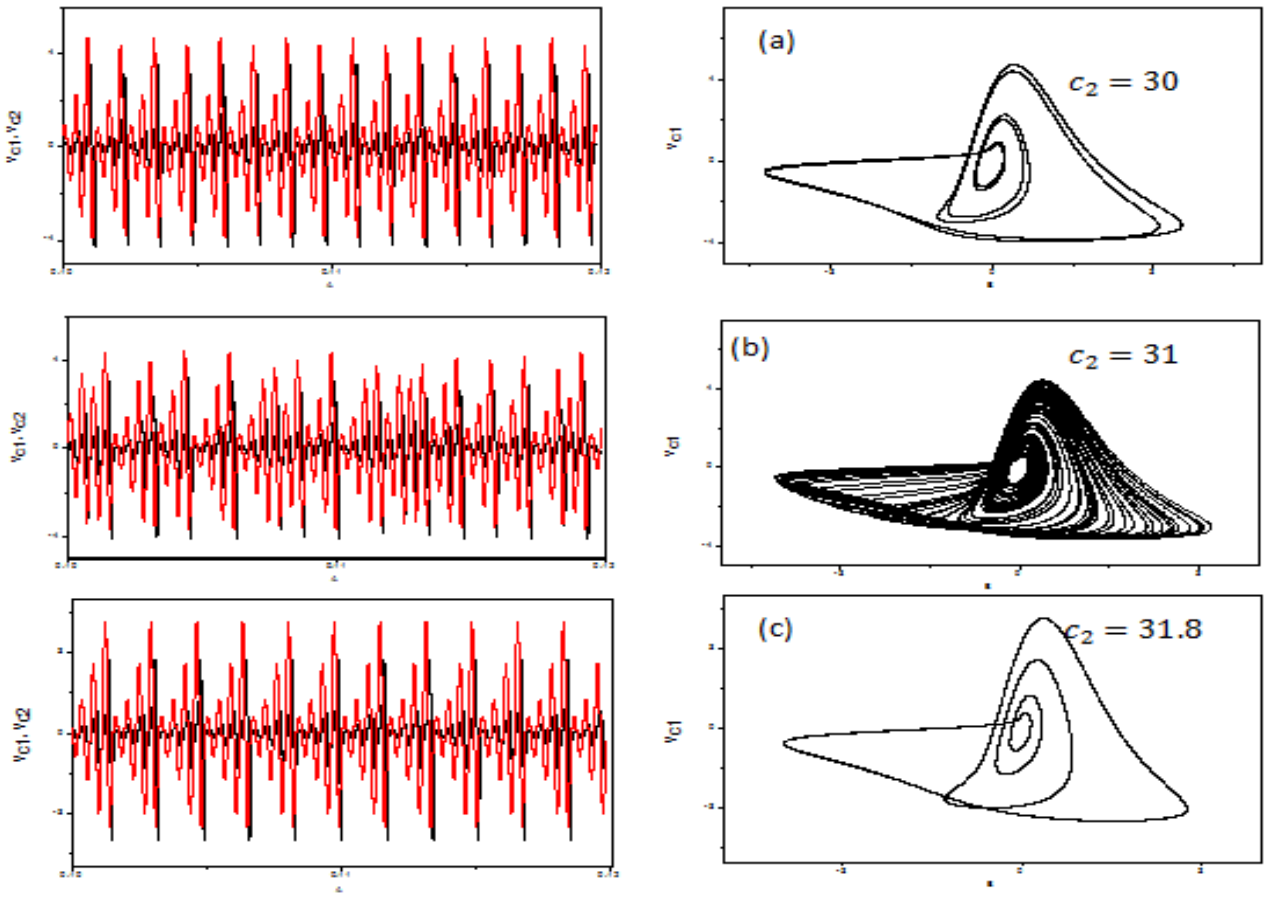


الشكل (4) : مخطط التفرعات لقيمة R=600, L=100,

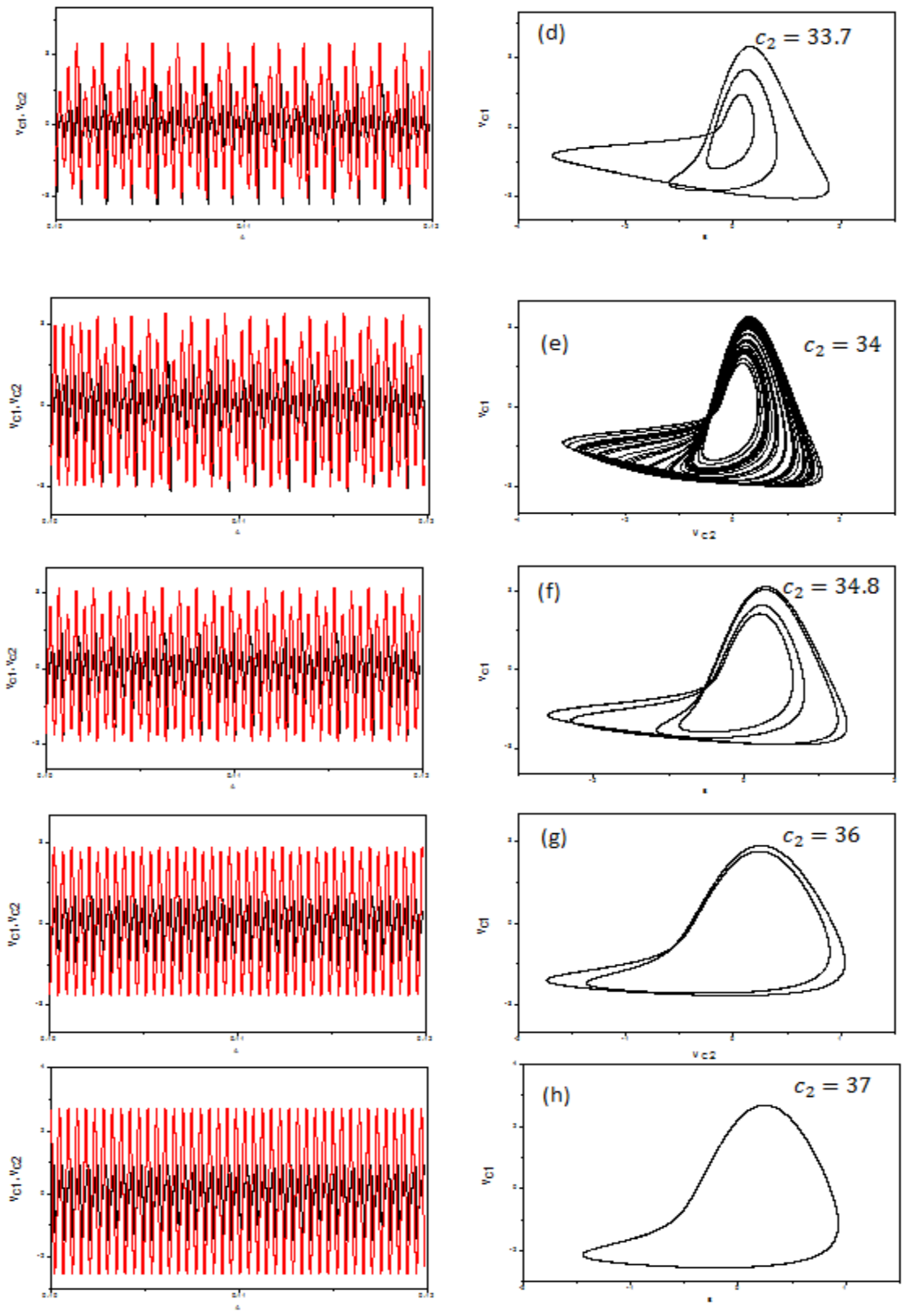
6. الدراسة الرابعة : دراسة مخططات فضاء الطور

أن وصف السلوك الحركي للدائرة الالكترونية الممثلة بمخطط التفرعات الموضحة في الشكل (3) و الشكل (4) تم دراسته من خلال رسم اشكال فضاء الطور الموضحة في الشكل (5) والشكل (6) في المستوي ($V_{C1} - V_{C2}$) وكذلك في المستوي (V_{C1} – time) ولقيم مختلفة من C_2 وذلك للحصول على وصف اكثر دقة لهذه التصرفات الحركية. لكثرة مخططات التفرع التي درسناها فإننا لا نستطيع دراسة كل مخطط بشكل مخطط فضا الطور لذلك أخترنا شكل واحد فقط من مخططات التفرع وتم دراسة مخطط فضاء الطور له, وقد أخترنا :

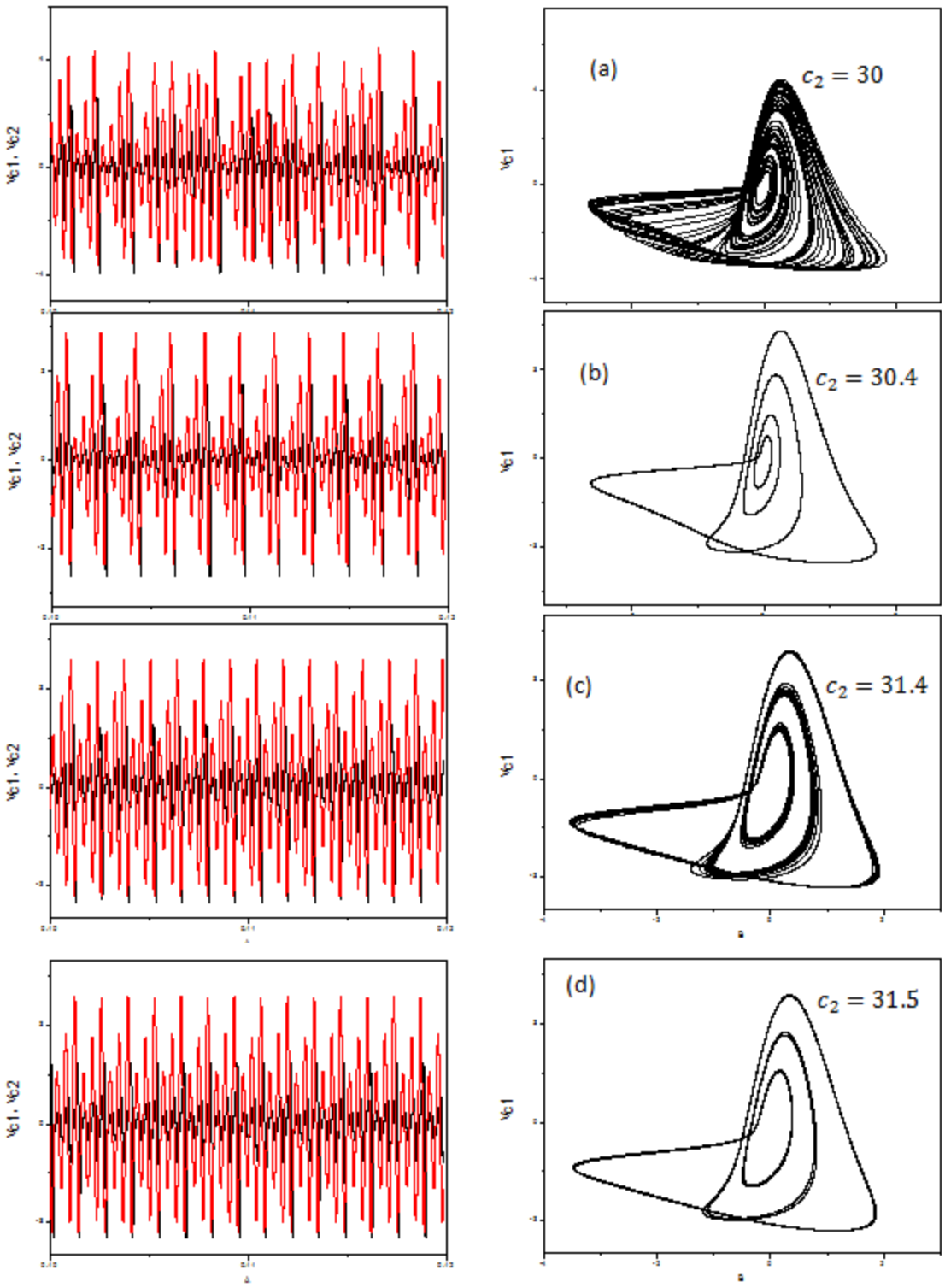
1- السلوك الحركي عند R=500, I=100, $c_1 = 28.$
2- السلوك الحركي عند R=600, I=100, $c_1 = 28.$



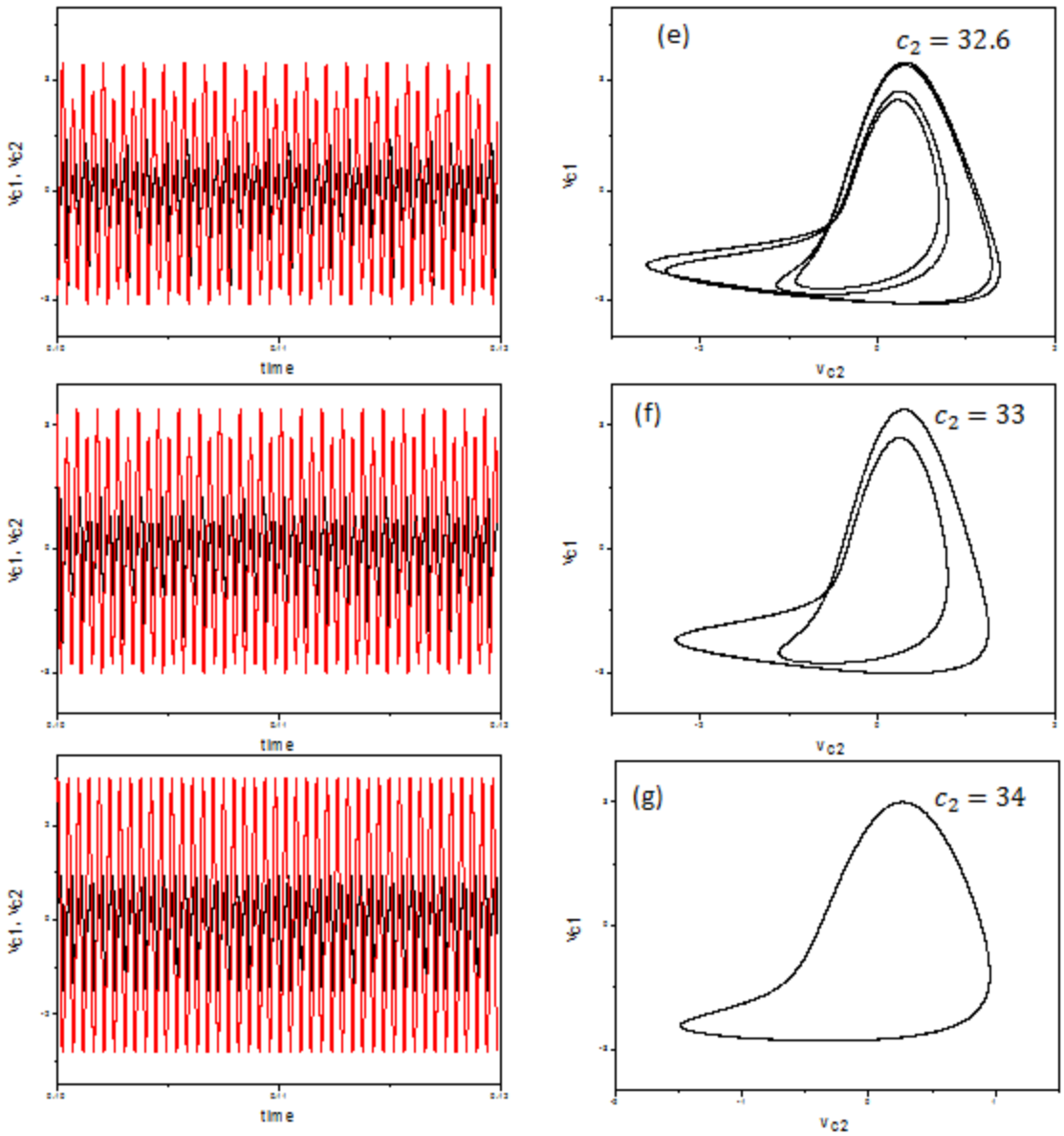
الشكل (5) : السلوك الحركي عند R=500, I=100, $c_1 = 28.$ حيث ان :a) زمن الدورة الخامسة P5, b) جاذب فوضوي , c) زمن الدورة الرابعة P4.



الشكل (5) : (تابع) السلوك الحركي عند $c_1 = 28$. ,R=500, I=100 حيث أن: d) زمن الدورة الثالثة P3, e)جاذب فوضوي , f) زمن الدورة الرابعة P4, g) زمن الدورة الثانية P2 , h) زمن الدورة الاولى P1.



الشكل (6) : السلوك الحركي عند $c_1 = 28$. ,R=600, I=100 حيث أن a) الجاذب الفوضوي, b) زمن الدورة الرابعة P4 , c) جاذب شبه فوضوي, d) زمن الدورة الخامسة P5



الشكل (6) : (تابع) السلوك الحركي عند $c_1 = 28$. ,R=600, I=100 حيث أن: e) زمن الدورة الرابعة P4, f): زمن الدورة الثانية P2 , g) : زمن الدورة الاولى P1.

<u>الاستنتاجات:</u> بعد أن درسنا خرائط الاستقرارية وكذلك مخطط التفرعات و مخطط فضاء الطور للدائرة في حال تغيير قيمة المقاومة, نستنتج أن زيادة قيمة المقاومة تودي الى زيادة السلوك الفوضوي بثبوت قيمة سعة المتسعة الاولى والثانية, أما في حالة زيادة سعة المتسعة الاولى مع ثبوت قيمة المقاومة وسعة المتسعة الثانية نجد أن هناك زيادة في السلوك الفوضوي في البداية ثم بعدها يبدأ بالنقصان الى أن ينتهي. تعتبر مخططات التفرع وصف اكثر شمولي

للسلوك الحركي من مخططات الطور, وكلا المخططات نحصل عليها بواسطة برنامج محاكاة نقوم فيه بحل المعادلات التفاضلية للدائرة الالكترونية باستخدام طريقة الرانج-كتا. ان تغير السلوك الحركي مع تغيير قيم المقاومة او المتسعة اولى او المتسعة الثانية دليل الحساسية العالية لهذه الانظمة للتغير ولو كان بسيط في قيم النظام.

المصادر :

[1] Mulukutla, Mahesh, and Cherif Aissi., "Implementation of the Chua's Circuit and Its Applications." *Proceedings of the ASEE Gulf-Southwest Annual Conference*.2002.

[2] M.J. Ogorzałek and Z. Galias.,"On-line identification and control of chaos in a real Chua's circuit," *Kybernetika, Czech Academy of Sciences*, vol.30, no.4, pp. 425-432, 1994.

[3] G. Kress, Insook Choi, Nicholas webwr, Robin bargar, Alfred hubler," Musical signals from Chua's circuit," IEE Transactions on circuits and systems: Analog and digital-signal processing. vol. 40, no. 10, pp. 688-695, 1993.

[4] Chua, L. O., " The genesis of chua's circuit, " Archiv fur Elektronik und Uber- tragungstechnik, vol. 46, no. 4, pp. 250–257, 1992.

[5] E.N. Lorenz," Deterministic non periodic flow," Journal of the atmospheric sciences , Vol. 20, pp.130-141, 1963.

[6] Rössler, O. E. *,"An Equation for Continuous Chaos",* Physics Letters*,* Vol. *57A, no. 5, pp. 397–398,1976.*

[7] فرات أحمد مهدي السيمري," اللاأستقراريات والفوضى في ليزر الأشعة تحت الحمراءالمتوسطة والبعيدة المضخة بصريا," رسالة مقدمة الى جامعة البصرة كلية التربية عام (2001).

[8] جاسم عبد الله عبد الحسين," تأثير عوامل التحكم على السلوك الحركي لليزر التعاقب ذي المستويات الثلاث ," رسالة مقدمة الى جامعة البصرة كلية التربية عام (2007).

[9] C. Volos, I. Kyprianidis, I. Stouboulos, "Complex Dynamics Of a Memristor Based Chua's Canonical Circuit, "Proc. Of the 15th WSEAS Int. conference on communication, pp. 111-116, 2011.

[10] C. Volos, I. Kyprianidis, I. Stouboulos: Memristors, "A New Approach in Nonlinear Circuits Design, "Proc. Of the 14th WSEAS Int. conference on communication, pp. 25-30, 2011.

[11] A.Y. Abbas, N.H. Noor, F. Ahmed, "Numerical Analysis of Resistance and conductance controlled the dynamical behavior of chaotic circuit, "American international journal research in science technology engineering and mathematics, vol.8, no.1, pp. 17-21, 2014.

[12] A.Y. Abbas, N.H. Noor, F. Ahmed, “Numerical Analysis of chaotic circuit under the influence of one component change, “international journal of American technology in computational and applied sciences, vol.10, no.1, pp. 56-60,2014.

[13] Bharathwaj Muthuswamy," Implementing Memristor Based Chaotic Circuits," international journal of bifurcation and chaos, vol.20, no.5, pp.1335 – 1350, 2010.