دراسة معادلات المعدل الزمني لليزر ثاني اوكسيد الكاربون ذو التهيج المستعرض عند الضغط الجوي .

د. صاحب نعمة عبد الواحد* هناء حسن كاظم*
***قسم الفيزياء – كلية التربية –جامعة الكوفة**

الخلاصة :

اعتمد هذا البحث على حل المعادلات التفاضلية غير الخطية لمعادلات المعدل الزمني لليزر CO_2 ذي التهيج المستعرض TEA-CO_2 لانجاز مما يلي :-

دراسة قدرة الليزر وشدة شعاع الليزر وتأهيل المستوين العلوي والسفلي والقدرة الداخلة الكهربائية مع الزمن باستعمال ليزر CO_2 ذو التهيج المستعرض TEA للخلطة (1:1:8)، ودرس كذلك تأثر نبضة ليزر CO_2 ذي التهيج المستعرض TEA-CO_2 مع كل من المعلمات التالية (القدرة ، الشدة ، الربح ،تأهيل المستوين والقدرة الداخلة الكهربائية).ودرست علاقة المعلمات فيما بينها لجميع المعلمات التالية (قدرة، شدة، طاقة الخسارة،طاقة الخرج،معامل التضخيم ،اختلاف تأهيل المستوين العلوي والسفلي ، كثافة إلكترون والطاقة الكلية) .بينت نتائج البحث أن القدرة الداخلة الكهربائية الناتجة عن عملية التفريغ الكهربائي تزداد مع الزمن والتي أمكننا من خلالها ملاحظة سلوك نبضتي التيار والفولطية والحصول على تصاميم مثالية لهذا النوع من الليزرات ودراسة تأهيل مستوين الليزر العلوي والسفلي.

Studying The Rate Equation of Transversely Excited Atmospheric(TEA-CO_2) Laser

Abstract

This study depends on the soluting of non linear differential equations the rate equations of TEA- CO_2 laser rate equation to accomplished the following:-

calculating (laser power, intensity of laser beam, population differences between upper and lower laser levels and electrical input power) with time by using mixture (1:1:8) (CO_2:N_2:He)in TEA-CO_2laser.The effect of TEA-CO_2 laser pulse with following parameters (power, intensity, gain, population different and electrical input power) have been studied . All Mathematical relation have been studied with the following (power, intensity, loss energy, output energy , amplification coefficient , population differences between upper , lower laser levels, electron density and total energy).The result of research، showed that the electrical input power resulted by electrical discharge increases with time , through which we can notice the behavior of the current and voltage pulses and obtain typical designs for this type of laser and study the population of the upper and lower levels of laser.

المقدمة **Introduction**

يصنف ليزر ثاني أوكسيد الكربون ضمن الليزرات الجزيئية ، ويعد من أكفئها – بعد ليزر أول أوكسيد الكربون [1] – إذ تصل كفاءته التشغيلية (Working Efficiency) في بعض المنظومات التي تعمل بالنمط المستمر (CW-Mode) إلى (30%) . أما في المنظومات التي تعمل بالنمط النبضي (Pulse-Mode) فتصل كفاءة التشغيل إلى (10%) [2] ، ويمتاز ليزر CO_2 بإمكانية إنتاجه لقدرات عالية مقارنةً مع كثير من الليزرات الغازية فضلاً عن إمكانية تصنيعه بأحجام مختلفة . إنّ الأطوال الموجية الناتجة من عملية الفعل الليزري في ليزر CO_2 (بسبب الانتقالات بين المستويات الاهتزازية - الدورانية (Vibrational-Rotational Levels) لجزيئة CO_2 تقع ضمن المنطقة تحت الحمراء من الطيف الكهرومغناطيسي وبالتحديد عند الطولين الموجيين (10.6 µm) و (9.6 µm) [3] .

تركزت البحوث التي قام بها العلماء والباحثون خلال السنوات الماضية ومنذ اكتشاف ليزر CO_2 للحصول على أعلى قدرة خرج ممكنة من المنظومات التي قاموا ببنائها ، وبالتالي كان هدفهم هو تحسين كفاءة أداء تلك المنظومات . وقد تم لهم ذلك من خلال الاكتشاف الرئيس بإدخال غاز النتروجين N_2 إلى الوسط الفعال CO_2 إذ يقوم N_2 بتلقي الصدمة الإلكترونية ونقل الطاقة الناتجة إلى جزيئات CO_2 ، ثم أعقبه إضافة غاز الهليوم He إلى مزيج الغازين إذ يقوم الأخير بدور الإخماد ، وبذلك أسهم كل من He,N_2 في رفع كفاءة التوليد بدرجة كبيرة مقارنة مع المنظومات الأولى ، تلا ذلك الكثير من الدراسات والبحوث حول المعلمات المختلفة التي تؤثر في قدرة خرج ليزر CO_2 وكذلك دراسة التأثيرات الحرارية السلبية في كفاءة تحويل الطاقة الكهربائية إلى بصرية مما دعا إلى استحداث وسائل متنوعة لتبريد منظومة الليزر، كما أوضح الباحثون تأثير جريان الغاز المستمر داخل أنبوب التفريغ الكهربائي ، وتأثير معدل الجريان العالي للغاز في تحسين عمل ليزر CO_2 [4] .

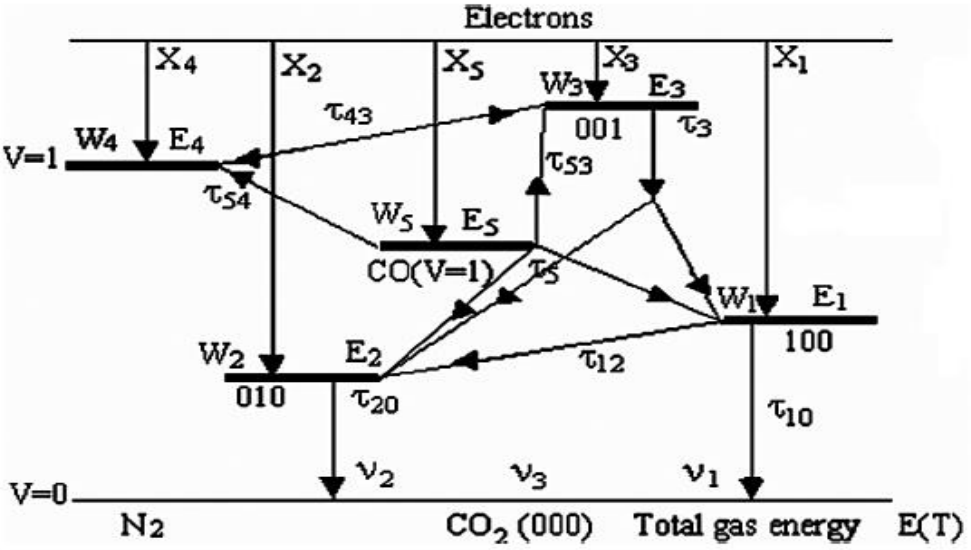
إنّ ما يتميز به ليزر CO_2 من كون شعاعه غير مرئي وخطورة قدرته العالية التي تصل في بعض المنظومات إلى عشرات الآلاف من الكيلو واط أدى إلى استخدامه في كثير من المجالات ، فاستحق بذلك لقب ليزر الموت ، ففي مجال الصناعة يستخدم ليزر CO_2 في عمليات لحام وقطع وتثقيب العديد من المعادن لامتلاكها انعكاسية كبيرة تبلغ (80%) للطول الموجي لليزر CO_2 وبدرجة حرارة الغرفة [5] ، كما تم استخدامه في دراسات الاندماج بتأثير الليزر ، والكتابة أو النقش على رقائق أشباه الموصلات ، وتم استغلال ظاهرة الامتصاص الجوي القليل للتردد المنبعث من ليزر CO_2 في مجال

الاتصالات على الأرض وفي الفضاء ، ويستخدم أيضاً في أنظمة التعقب (Tracking Systems) ، وأنظمة التحذير (Monitoring Systems) [6] ، فضلاً عن استخدامه في مجال الطب والمجالات العسكرية.

2-2 – الأنموذج السادس لدرجة الحرارة

(The Sixth model of the temperature)

الأنموذج السادس لدرجة الحرارة لليزر CO_2 ذي التهيج المستعرض TEA-CO_2 يصف عملية الانبعاث الديناميكي لليزر CO_2 مع خلطة من الغازات (CO_2:N_2:CO:He) إذ أن الأنموذج الخامس هو حالة خاصة من الأنموذج السادس كما في الشكل (1) الذي يوضح مخطط مستويات الطاقة المتهيجة للخلطة من الغازات (CO_2:N_2:CO:He) في الأنموذج السادس لدرجة الحرارة.



الشكل (1) النموذج السادس لدرجة الحرارة في خلطة من الغازات (CO_2:N_2:He)[7].

عموما هذه الأنموذج تستعمل في تطبيقات عديدة منها :-

- توليف ليزر CO_2 ذي التهيج المستعرض TEA-CO_2.
- عملية الحقن (أقفال الصيغة).
- اخذ بنظر الاعتبار تفكك جزيئة CO_2.

حيث يستعمل الأنموذج السادس لدرجة الحرارة في وصف العمليات الفيزيائية المختلفة للخلطة من الغازات (CO_2:N_2:He) . حيث أن الأنموذجين الخامس والسادس يستعملان في عملية الانتقالات التي تحدث بين المستويات الاهتزازية – الدورانية (V-R) في خلطة من الغازات [8،9،10].

2- النظرية **Theory**

النموذج السادس هو النموذج الخاص الذي يصف عملية الانبعاث الديناميكي في ليزر ثاني اوكسيد الكاربون ذو التهيج المستعرض TEA-CO_2 في خلطة من الغازات (CO_2:N_2:He:CO) لذا يمكن كتابة معادلات هذا الأنموذج لجزيئه CO_2ذي الأنماط الاهتزازية الثلاثة [المتناظرة – الانحناء- غير المتناظرة] وجزيئه N_2 وجزيئه CO على التوالي كما في مخطط (2-2) إذ أن المخطط يوضح الانتقال بين مستويات الطاقة في ليزر CO_2 ذي التهيج المستعرض TEA-CO_2.إذ أن المعادلات الثلاثة الأولى تمثل معادلات ليزر ثنائي اوكسيد الكاربون ذي التهيج المستعرض في الأنماط الاهتزازية الثلاثة.[11].

$$\frac{dE_1}{dt} = N_e(t)\, f N_{CO2} W_1 X_1(T) + cW_1 \Delta N W U_\upsilon(t) \Big/ h + \left(\frac{W_1}{W_3}\right) \frac{E_3 - E_3(T,T_1,T_2)}{\tau_3(T,T_1,T_2)} \qquad (1)$$

$$- \frac{E_1 - E_1(T)}{\tau_{10}(T)} - \frac{E_1 - E_1(T_2)}{\tau_{12}(T_2)} + \left(\frac{W_1}{W_2}\right) \frac{E_5 - E_5(T,T_1,T_2)}{\tau_5(T,T_1,T_2)} \qquad (2)$$

$$\frac{dE_2}{dt} = fN_e(t)N_{CO2}W_2X_2(T) + \frac{E_1 - E_1(T_2)}{\tau_{12}(T)} + (\frac{W_2}{W_3})\frac{E_3 - E_3(T,T_1,T_2)}{\tau_3(T,T_1,T_2)} - \frac{E_2 - E_2(T)}{\tau_{20}(T)} + (\frac{W_2}{W_5})\frac{E_5 - E_5(T,T_1,T_2)}{\tau_5(T,T_1,T_2)}$$

$$\frac{dE_3}{dt} = fN_e(t)N_{CO2}W_3X_3(T) - cW_3\Delta NWU_\upsilon(t)/h - \frac{E_3 - E_3(T,T_1,T_2)}{\tau_3(T,T_1,T_2)} + \frac{E_4 - E_4(T_3)}{\tau_{43}(T)} + (\frac{W_3}{W_5})\frac{E_5 - E_5(T,T_3)}{\tau_{53}(T,T_3)} \quad (3)$$

$\frac{dE_i}{dt}(i=1,2,3,4,5)$=المعدل الزمني لتبادل الطاقة.

f =عامل التفكك.

$N_e(t)$ =كثافة الإلكترون.

N_{CO_2} =عدد جزيئات ثنائي اوكسيد الكاربون.

$W_i(i=1,2,3,4,5)$ طاقة المستويات المختلفة .

$X_i(T)(i=1,2,3,4,5)$=معدل تهيج جزيئات ثنائي اوكسيد الكاربون في الأنماط الثلاثة (المتناظرة –الانحناء-الغير متناظرة، جزيئة N_2 ، وجزيئة CO).

c= سرعة الضوء.

W = المقطع العرضي لمعدل الانبعاث المحفز.

ΔN=اختلاف التأهيل بين مستويات الليزر العليا والسفلى.

$U_\upsilon(t)$=كثافة شدة المجال الكهربائي لوحدة الحجم داخل الفجوة.

T= درجة حرارة المحيط.

T_1=درجة حرارة الاتزان لجزيئة CO_2 للنمط المتناظر .

T_2=درجة حرارة الاتزان لجزيئة CO_2 للنمط الانحناء.

E,E_1,E_2,E_3,E_4,E_5 = الطاقة المخزونة لوحدة الحجم بالنسبة لدرجة الحرارة (T,T_1,T_2,T_3,T_4,T_5).

$E_3(T,T_1,T_2)$=الطاقة الاتزان في الأنموذج (υ_3) لجزيئة CO_2.

τ_{ij} =معدل الاسترخاء للنماذج الاهتزازية المختلفة .

$E_5(T,T_3)$= طاقة الاتزان لجزيئة $CO\text{-}CO_2$.

$E_5(T,T_1,T_2)$ =طاقة الاتزان لجزيئة CO المنتقلة في النمط $(\upsilon_1،\upsilon_2)$ لجزيئة CO_2.

حيث ان

$$E_1 = \frac{f.N_{CO2}.W_1}{\exp W_1/k.T_1 - 1} \quad (4)$$

$$E_2 = \frac{f.N_{CO2}W_2}{\exp W_2/k.T_2 - 1} \quad (5)$$

$$E_3 = \frac{f.N_{CO2}W_3}{\exp W_3/k.T_3 - 1} \quad (6)$$

$$E_1(T_2)=\frac{f.N_{CO2}.W_1}{e^{W_1/k.T_2}-1} \qquad (7)$$

$$E_3(T,T_1,T_2)=\frac{f.N_{CO2}.W_3}{e^{W_1/k.T_1+W_2/k.T_2+(W_3-W_2-W_1)/k.T}-1} \qquad (8)$$

$$E_2(T)=\frac{fN_{CO2}W_2}{e^{W_2/kT}-1} \qquad (9)$$

$$E_1(T)=\frac{f.N_{CO2}.W_1}{e^{W_1/k.T}-1} \qquad (10)$$

أما معادلات جزيئه N_2 وجزيئة تفكك ثاني اوكسيد الكاربون CO تكون بالشكل التالي .

$$\frac{dE_4}{dt}=N_e(t)N_{CO2}W_3X_3(T)-\frac{E_4-E_4(T_3)}{\tau_{43}(T)}+(\frac{W_4}{W_5})\frac{E_5-E_5(T,T_4)}{\tau_{54}(T,T_4)} \qquad (11)$$

$$\frac{dE_5}{dt}=N_e(t)(1-f)N_{CO2}W_5X_5(T)-\frac{E_5-E_5(T,T_3)}{\tau_{53}(T,T_3)}-\frac{E_5-E_5(T,T_4)}{\tau_{54}(T,T_4)}-\frac{E_5-E_5(T,T_1,T_2)}{\tau_5(T,T_1,T_2)} \qquad (12)$$

$$E_4=\frac{N_2.W_4}{e^{W4/k.T_2-1}} \qquad (13)$$

$$E_5=\frac{(1-f)N_{CO2}W_5}{e^{W_5/kT_5}-1} \qquad (14)$$

$$E_5(T,T_3)=\frac{(1-f).N_{CO2}.W_5}{e^{W_3/k.T_3-(W_3-W_5)/k.T}-1} \qquad (15)$$

$$E_5(T,T_4)=\frac{(1-f)N_{CO2}W_5}{e^{W_4/kT_4-(W_4-W_5)/kT}-1} \qquad (16)$$

$$E_4(T_3)=\frac{N_2W_4}{e^{W_4/kT_3}-1} \qquad (17)$$

تكون معادلة المعدل الزمني للخلطة (CO_2:N_2:CO:He) والمشار أليها بمجموع المعادلات أعلاه (E_1)إلى (E_5) المذكورة أنفا بالشكل التالي .

$$\frac{dE}{dt}=\frac{E_1-E_1(T)}{\tau_{10}(T)}+\frac{E_2-E_2(T)}{\tau_{20}(T)}+\left(1-\frac{W_1}{W_3}-\frac{W_2}{W_3}\right)\frac{E_3-E_3(T,T_1,T_2)}{\tau_3(T,T_1,T_2)}$$
$$+\left(1-\frac{W_4}{W_5}\right)\frac{E_5-E_5(T,T_4)}{\tau_{54}(T,T_4)}+\left(1-\frac{W_3}{W_5}\right)\frac{E_5-E_5(T,T_3)}{\tau_{53}(T,T_3)} \qquad (18)$$
$$+\left(1-\frac{W_1}{W_5}-\frac{W_2}{W_5}\right)\frac{E_5-E_5(T,T_1,T_2)}{\tau_5(T,T_1,T_2)}.$$

أن الحسابات الزمنية لكثافة شدة المجال الكهربائي لوحدة الحجم داخل الفجوة ولحزمة الليزر تحدد بواسطة العلاقة التالية:

$$\frac{dU_\upsilon}{dt}=-\frac{U_\upsilon}{\tau_c}+ch\upsilon\left[\frac{\Delta NWU_\upsilon}{h}+N_{001}P(J)\frac{S}{c}\right] \qquad (19)$$

حيث أن

τ_c = زمن عمر الفوتون في الفجوة .

P(J)= دالة التوزيع ألدوراني.

S= دالة تعتمد على التعريض للمستوي .

h= ثابت بلانك .

W= المقطع العرضي للانبعاث المحفز.

ΔN= اختلاف التأهيل بين مستوي الليزر العليا والسفلى.

υ= تردد الليزر.

$$I_\upsilon=cU_\upsilon \qquad (20)$$

حيث أن

I_υ = شدة شعاع الليزر.

إذ أن الكميات $(\Delta\upsilon,\tau_c,\Delta N,N_{001},N_{100},P(J),W,S)$ تعرف بواسطة المعادلات التالية:-

$$\Delta\upsilon=\sum_t\left\{\frac{N_tQ_t}{\pi}\left[\frac{8kT}{\pi}\left(\frac{1}{M_{CO2}}+\frac{1}{M_t}\right)\right]^{1/2}\right\} \qquad (21)$$

حيث أن

t تمثل (CO_2:N_2:CO:He)

$\Delta\upsilon$ =عرض الخط لانبعاث الليزر .

N_{001}= كثافة تأهيل مستوى الليزر العلوي .

N_{100}= كثافة تأهيل مستوى الليزر السفلي.

N_i(i=CO_2:N_2:He:CO)=عدد الجزيئات (CO_2:N_2:He:CO).

Q_i(i=CO_2:N_2:He:CO)=المقطع العرضي لجزيئات (CO_2: N_2:He:CO).

π=النسبة الثابتة.

μ_i(i=CO_2:N_2:He:CO)=كتلة الجزيئات وتمثل (CO_2:N_2:He:CO)

$$\tau_c=\frac{(-2L)(1-R_{out})}{(c\ln R_{out})(1-R_{out}-K_{loss})} \qquad (22)$$

حيث أن

R_{out}=انعكاسية المرأة.
K_{loss}=معامل الخسارة.
L=طول المرنان الهندسي.

$$\Delta N = N_{001}P(J(001)) - \frac{2J+1}{2J+3}N_{100}P(J+1) \qquad (23)$$

حيث أن
J=العدد الكمي ألدوراني .

$$N_{001} = fN_{CO2}EXP\left(-W_3/kT_3\right)Z \qquad (24)$$

$$N_{100} = fN_{CO2}EXP\left(-W_1/kT_1\right)Z \qquad (25)$$

إذ أن

$$Z = \left[1-EXP\left(-W_1/kT_1\right)\right]\left[1-EXP\left(-W_2/kT_2\right)\right]^2\left[1-EXP\left(-W_3/kT_3\right).\right] \qquad (26)$$

$$P\left(J(001)\right) = \frac{2hcB_{CO2}}{kT}\left(2J+1\right)EXP\left(-\frac{hcB_{CO2}J\left(J+1\right)}{kT}\right) \qquad (27)$$

$$W = F\lambda^2/4\pi\upsilon\Delta\upsilon\tau_{sp}\left(cm^2.s\right) \qquad (28)$$

$$F = \frac{\ell}{L} \qquad (29)$$

حيث أن
ℓ =طول الفجوة(التفريغ الكهربائي).
F=عامل الملئ.
L=طول المرنان الهندسي .

$$\upsilon = \frac{c}{\lambda} \qquad (30)$$

υ= تردد الليزر.
λ=الطول ألموجي.

$$S = \left(2\lambda^2/\pi A\tau_{sp}\right)\left(\frac{d\upsilon}{\Delta\upsilon}\right)\left(s^{-1}\right) \qquad (31)$$

dυ عرض الخط لانبعاث التصادم .
λ الطول ألموجي .
A المساحة العاكسة .
π النسبة الثابتة .
أما الكميات$\left(K_\upsilon, E_{loss}, E_{out}, E_{total}\right)$ تعرف بواسطة المعادلات التالية

$$K_\upsilon = \frac{hcB_{CO2}J\lambda^2}{2\pi^2\Delta\upsilon\tau_{sp}kT}\left(N_{001}-\frac{2J+1}{2J-1}N_{100}\right) \times \exp\left[-\frac{hcB_{CO2}J\left(J-1\right)}{kT}\right] \qquad (32)$$

إذ أن

K_υ =معامل التضخيم.

$$E_{loss} = E_{out}K_{loss} \Big/ (1 - R_{out} - K_{loss} + K_{loss}R_{out}) \quad (33)$$

إذ أن

E_{loss}=معامل الخسارة .

$$E_{out} = -\frac{A}{2}\ln[R_{out}(1-K_{loss})]\frac{1-R_{out}-K_{loss}+R_{out}K_{loss}}{1-R_{out}(1-K_{loss})}\int_0^t I_\upsilon(t)dt \quad (34)$$

إذ أن

E_{out} تمثل طاقة الخرج الليزري .

$$E_{total} = \left(\frac{5}{2}(1-f)N_{CO2} + \frac{5}{2}N_{N2} + \frac{3}{2}N_{He} + \frac{5}{2}fN_{CO}\right)kT \quad (35)$$

إذ أن

E_{total}= طاقة الكلية .

3-عمليات الضخ الكهربائي (Electrical Pumping Processes)

عملية الضخ في خلطة من الغازات (CO_2:N_2:He) تحدد بواسطة معادلة الدالة التجريبية [12،11].

$$N_e(t) = 7.10^{13}[1-\exp(-t)\exp(-2t)] \quad (36)$$

إذ أن

t=زمن يؤخذ كقيمة فقط للدالة الاسية ويساوي (log3/2) .

4- الاستنتاجات (Conclusion)

1-عند اخذ العلاقة بين الزمن وربح الليزر من خلال الشكل لاحظنا أن هناك زيادة في ربح الليزر وهذه الزيادة هي ناتجة عن الذرات أو الجزيئات نتيجة التأهيل العكسي.

2-عند اخذ العلاقة بين القدرة والزمن لوحظ أن نبضة الليزر CO_2 ذو التهيج المستعرض TEA-CO_2 تحتوي على قمتين هما القمة الأولى الناتجة عن عملية الكسب بينما القمة الثانية المتمثلة بالذيل الطويل الناتج عن أعادة ضخ المستوى لليزر العلوي N_{001}.

3- أن العلاقة بين الزمن ومستوى تأهيل الليزر N_{001} في بداية عملية التفريغ ونهايته نلاحظ هناك زيادة في عملية التأهيل المعكوس على الرغم من أن هناك وسائل تفريغ للمستوي .

4- أن العلاقة بين تأهيل المستويين الليزر العلوي N_{001} والمستوى السفلي N_{100} لاحظنا أن هناك زيادة في تأهيل مستوى الليزر السفلي وهذا يحدث نتيجة عملية التأهيل المعكوس لان عملية الضخ مستمرة وعملية انبعاث الليزر موجودة .

وقد تم استخدم لغات برمجية حاسوبية مختلفة(Fortran) في تحديد الرسوم البيانية لتحديد العلاقة بين القدرة وتأهيل مستويي الليزر العلوي (N_{001})، السفلي (N_{100})، ربح الليزر والقدرة الداخلة الكهربائية مع الزمن (t) لليزر CO_2 ذي التهيج المستعرض TEA-CO_2 وقد تم استخدام مدخلات لهذا البرنامج حيث تمثل في الجدول رقم (4،3،2،1) و كما هو مبين في ملحق رقم (4،3،2،1).

الجدول (1) قيم المعلمات لتشغيل ليزر CO_2 ذي التهيج المستعرض [11].

	Parameter	Numerical	Limitation
	T	4μsec	
	Δt	0.001μsec	
	P_{CO2}:P_{N2}:P_{He}	1:1:8	
	J	18cm³⁄sec	16≤J≤22
(2)الثوابت الفيزيائية لجزيئة CO_2 في ليزر CO_2 ذو التهيج المستعرض[12،11].	L	120cm	0≤L
	F	0.6	0.1≤F≤1

Parameter	Numerical Value
c	$2.998\times10^{10}cm/s$
λ	10.6μm
M_{CO2}	$7.3\times10^{-23}g$
M_{N2}	$4.6\times10^{-23}g$
$d\upsilon/\Delta\upsilon$	2×10^{-3}
M_{He}	$6.7\times10^{-24}g$
M_{CO}	$4.6\times10^{-23}g$
K	$1.38\times10^{-16}erg/K$
B_{CO2}	$0.4cm^{-1}$
Q_{CO2}	$1.3\times10^{-14}cm^2$
Q_{N2}	$1.14\times10^{-14}cm^2$
Q_{He}	$3.7\times10^{-15}cm^2$
W_1	$1337cm^{-1}$
W_2	$667cm^{-1}$
W_3	$2349cm^{-1}$
W_4	$2330cm^{-1}$
W_5	$2150cm^{-1}$
X_1	$5\times10^{-9}cm^3/sec$
X_2	$3\times10^{-9}cm^3/sec$
X_3	$8\times10^{-9}cm^3/sec$
X_4	$2.3\times10^{-8}cm^3/sec$
X_5	$3\times10^{-8}cm^3/sec$
R_{out}	0.65
K_{loss}	$10^{-3}\ cm^{-1}$
A	$0.7cm^2$
Q_{CO}	$1.14\times10^{-14}cm^2$
N_{total}	$3.22\times10^{16}P_{total}cm^{-3}$
R_{gas}	$8.31\times10^{7}erg/K.mol$
N_0	$6.025\times10^{23}mol^{-1}$
e	$1.6\times10^{-19}C$
τ_{sp}	0.2s
h	$6.625\times10^{-27}erg/sec$

الجدول (3) قيم معادلات معدل الاسترخاء (τ)واعتمادها على درجات الحرارة [13-17].

Description	Rate(cm^3sec^{-1})
Ambient temperature, T	

$\tau_{20}\begin{Bmatrix} k^{CO2}{}_{010;000} \\ k^{N2}{}_{010;000} \\ k^{He}{}_{010;000} \\ k^{CO}{}_{010;000} \end{Bmatrix}$	$4.6\times10^{-10}\exp(\frac{-77}{T^{1/3}})$ $9.6\times10^{-11}\exp(\frac{-77}{T^{1/3}})$ $8.1\times10^{-11}\exp(\frac{-77}{T^{1/3}})$ $6.82\times10^{-8}\exp(\frac{-77}{T^{1/3}})$
τ_{10}	$4.5\times\tau_{20}$
$\tau_{43}\{k_{1,000;0;001 l\arg estof}\}$	$1.71\times10^{-6}\exp(\frac{-175.3}{T^{1/3}})$ $6.07\times10^{-14}\exp(15.3/T^{1/3})$
$\tau_{12}\begin{Bmatrix} k^{CO2}{}_{020;100} \\ k^{N2}{}_{020;100} \\ k^{He}{}_{020;100} \\ k^{CO}{}_{020;100} \end{Bmatrix}$	$8.65\times10^{-15}\times T^{3/2}$ $3.68\times10^{-16}\times T^{3/2}$ $4.23\times10^{-17}\times T^{3/2}$ $3.68\times10^{-16}\times T^{3/2}$
$\tau_{3}\begin{Bmatrix} k^{CO2}{}_{001;110} \\ k^{N2}{}_{001;110} \\ k^{He}{}_{001;110} \\ k^{CO}{}_{001;110} \end{Bmatrix}$	$9.6\times10^{23}\times T^{-5.89}\times F(T)^{a}$ $6.87\times10^{23}\times T^{-5.89}\times F(T)$ $2.43\times10^{23}\times T^{-5.89}\times F(T)$ $6.87\times10^{23}\times T^{-5.89}\times F(T)$
$\tau_{53}\{k^{CO-CO2}{}_{1,000;0,001}\}$	$1.56\times10^{-11}\exp(-30.1/T^{1/3})$
$\tau_{54}\{k^{CO-N2}{}_{10,01 l\arg estof}\}$	$1.78\times10^{-6}\exp(\frac{-210}{T^{1/3}})$ $6.98\times10^{-13}\exp(\frac{25.6}{T^{1/3}})$
$\tau_{3}\{k^{CO-CO2}{}_{1,000;0,110}\}$	$5.96\times10^{-22}\times T^{-5.86}\times F(T)$
$\tau_{1}\{k^{CO2-CO2}{}_{100,000;000,100}\}$	$10^{nb}\times k^{CO2}{}_{020;100}$

$$^{a}F(T)=\exp(-4223/T-672.7/T^{\frac{1}{3}}+2683/T^{3/2})$$

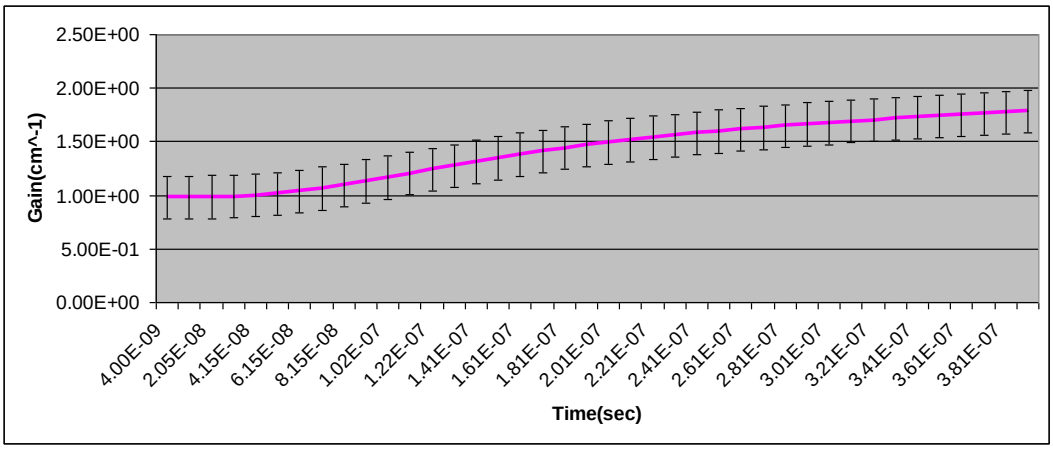
جدول (4) درجات الحرارة النموذج الرياضي لجزيئة CO_2 [12،11]

Temperature	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5

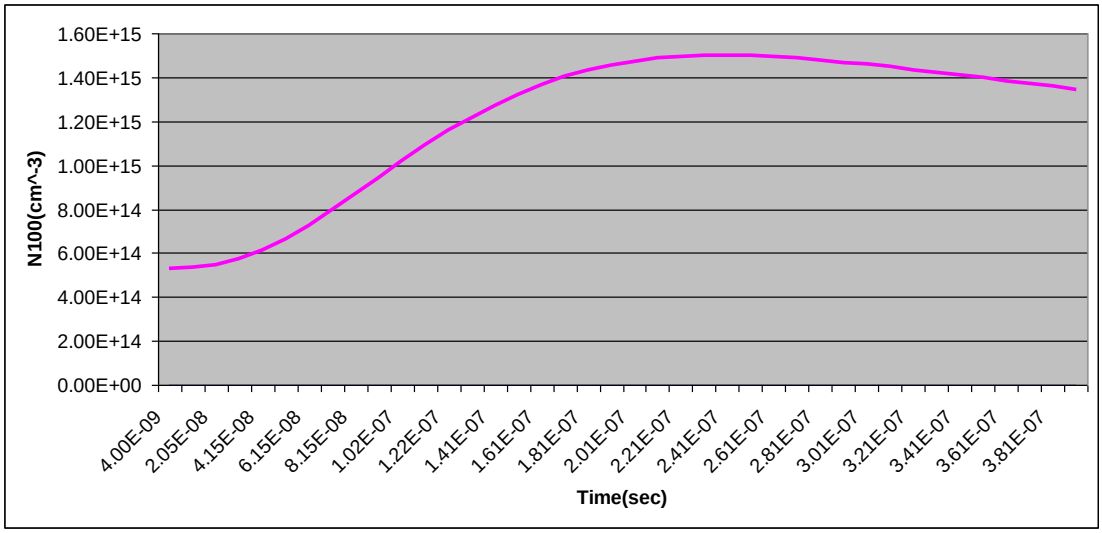
	588K	573K	1680K	1775K	2518K

وقد تم المقارنة على أن يكون الربح معتمدا على الزمن لذا كانت من الضروري إلى إدخال معادلة شدة الفجوة (I_v) والتي لها علاقة بكثافة طاقة الفجوة (U_v) داخل حدود الضخ. من خلال النتيجة النظرية تم الحصول على نبضة قدرة الخرج الليزري ليزر CO_2 ذي التهيج المستعرض TEA-CO_2 كما موضح في الشكل (11)وقد تمت مقارنتها مع النتائج الباحثين وكان هناك توافق بشكل جيد .

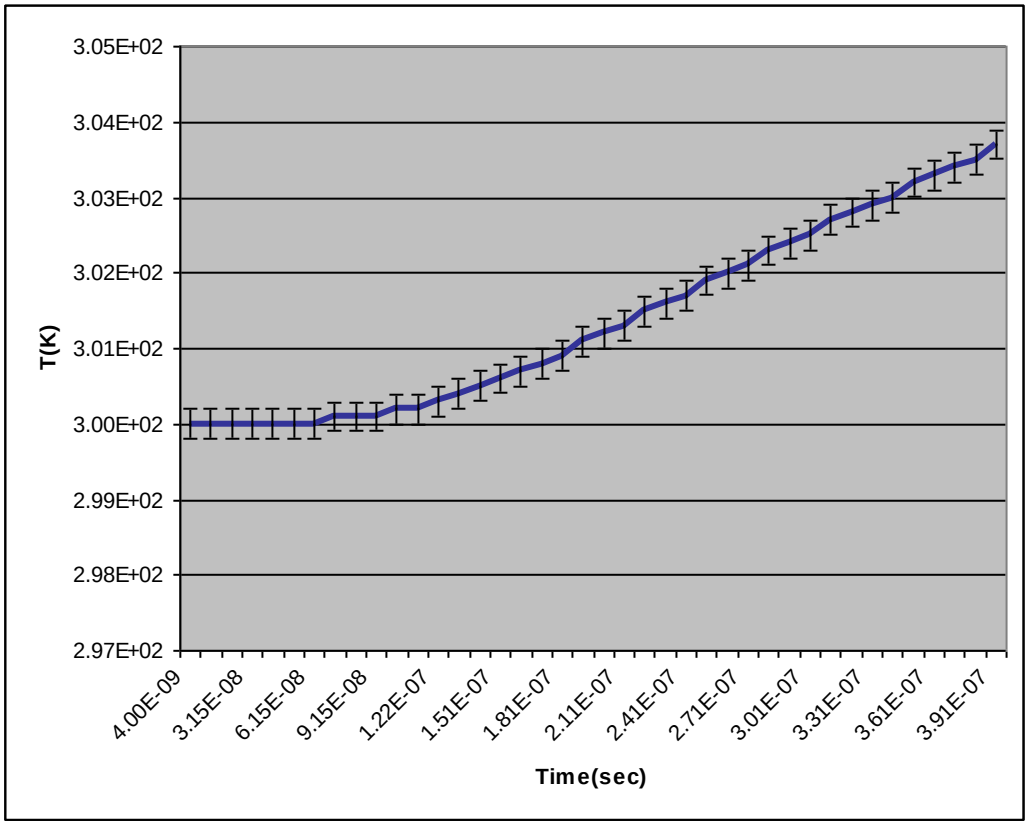
وتم استعمال العلاقات الرياضية لمعادلات المعدل الزمني لليزر CO_2 ذي التهيج المستعرض TEA-CO_2 من (1) إلى (36) بالاعتماد على الأنموذج السادس لدرجة الحرارة لخلطة من الغازات (CO_2:N_2:He) بضغط جوي (760Torr) . كما هو واضح في الأشكال التالية حيث وجودت نسبة الخطأ في الأشكال المذكورة اقل من (10.0)



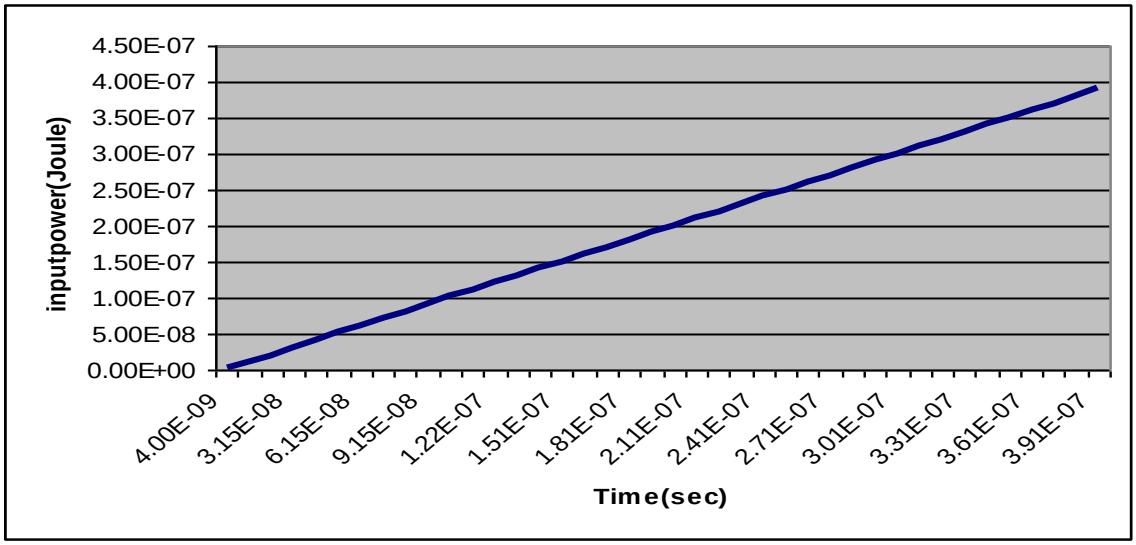
(1) العلاقة بين الزمن والربح



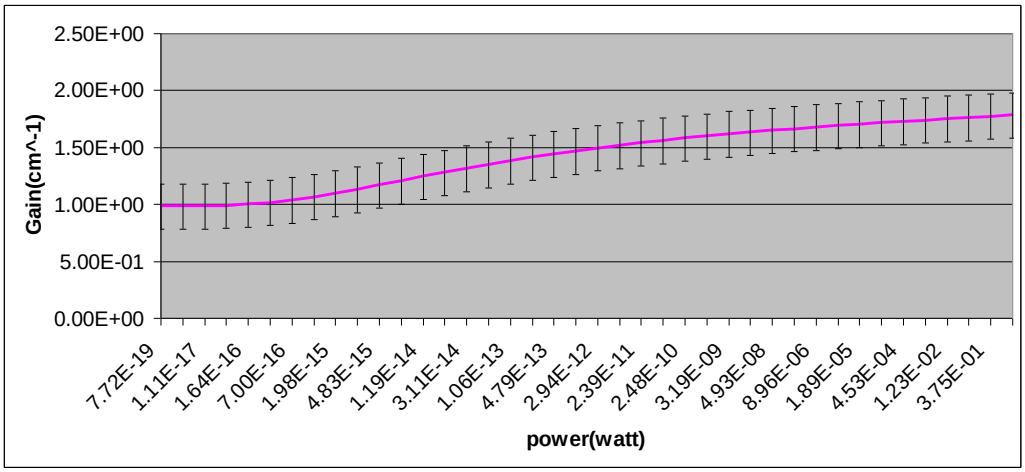
(2) العلاقة بين الزمن ومستوى تأهيل الليزر السفلي



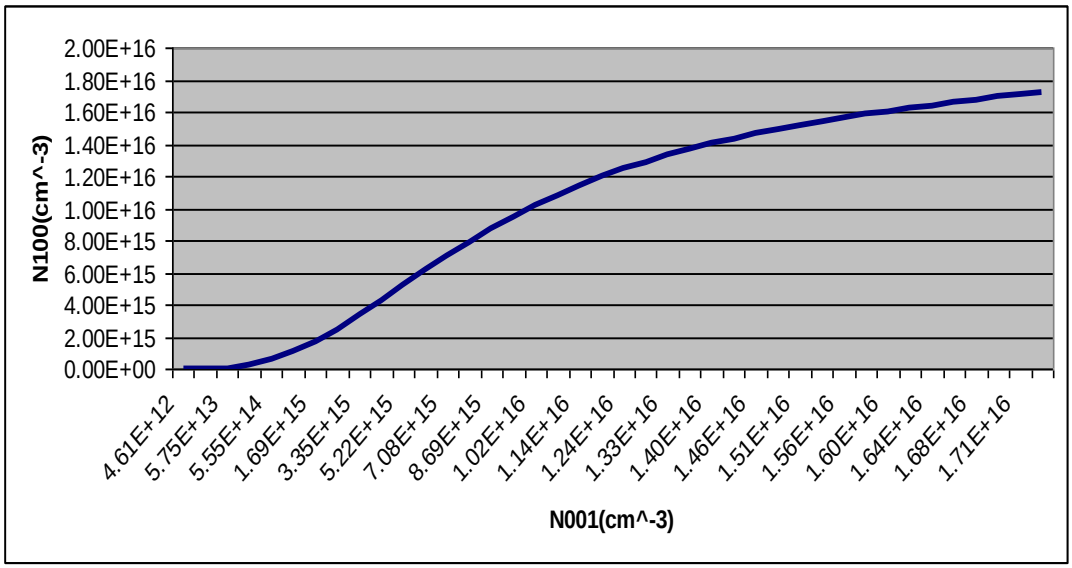
(3)العلاقة بين الزمن ودرجة الحرارة



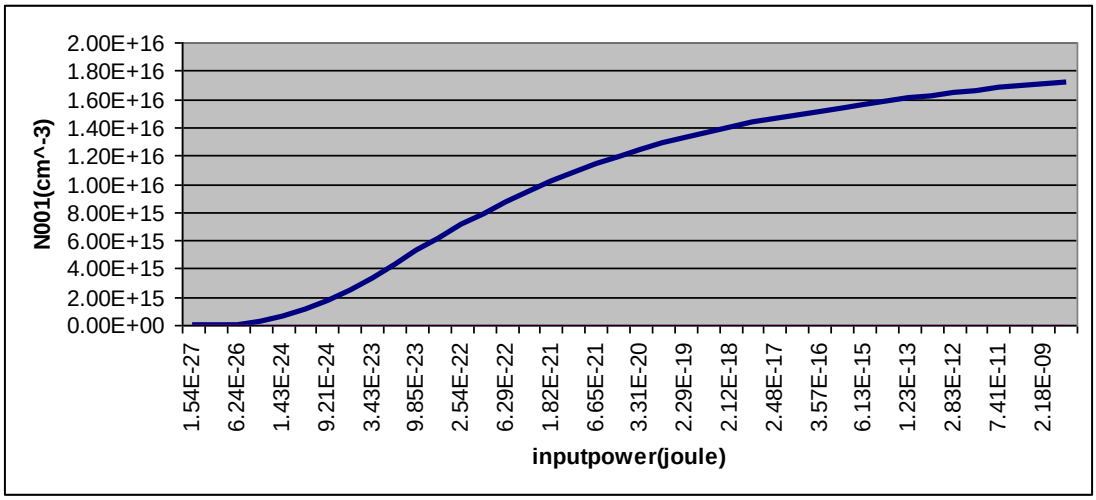
(4) العلاقة بين الزمن والقدرة الداخلة الكهربائية .



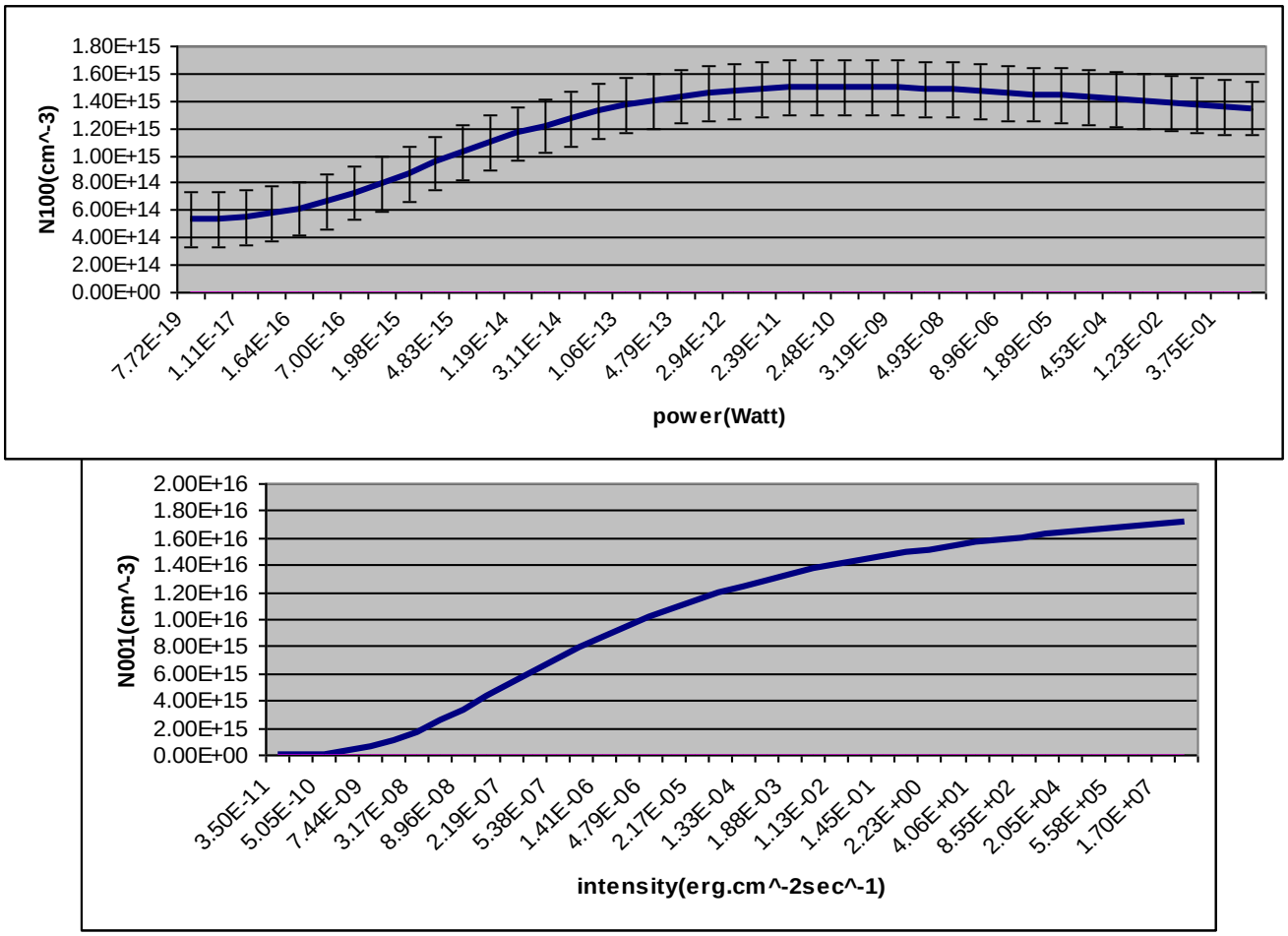
(5) العلاقة بين القدرة والربح



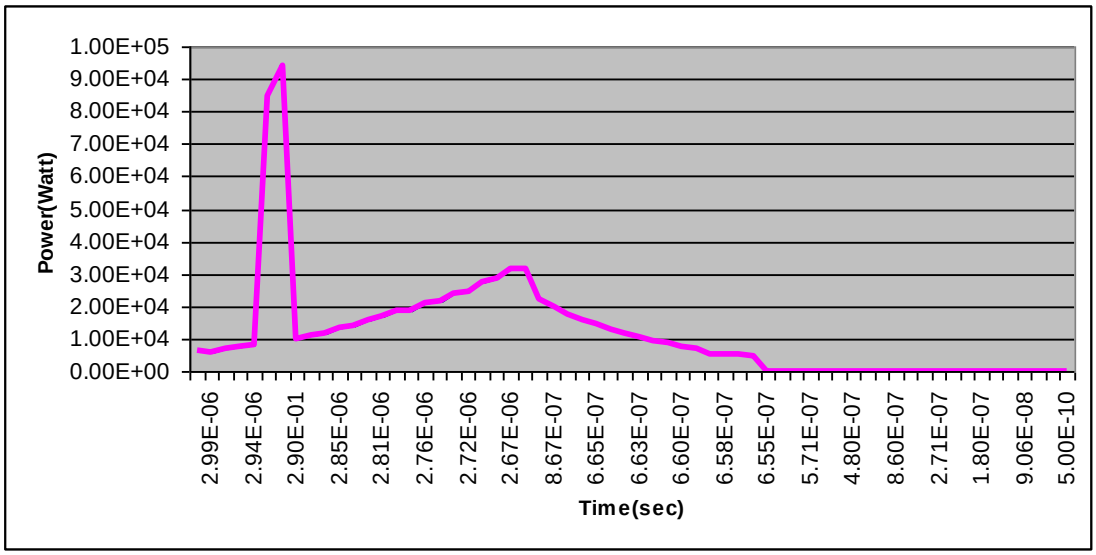
(6) العلاقة بين تأهيل المستويين



(7) العلاقة بين القدرة الداخلة الكهربائية ومستوى تأهيل الليزر N_{001}

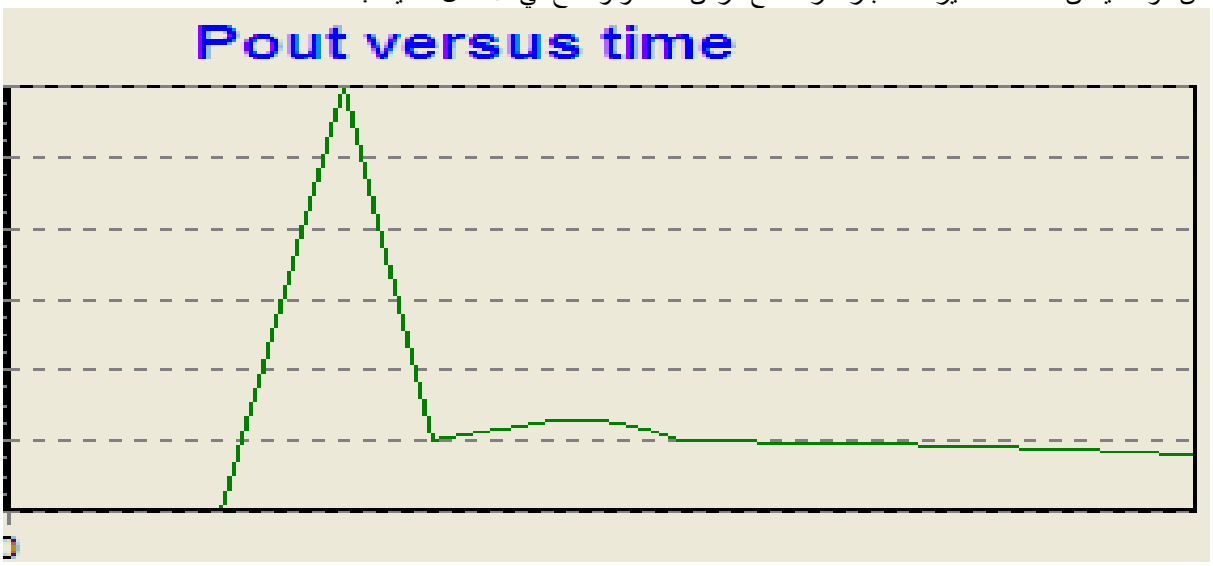


(9) العلاقة بين الشدة وتأهيل مستوى الليزر N_{001}



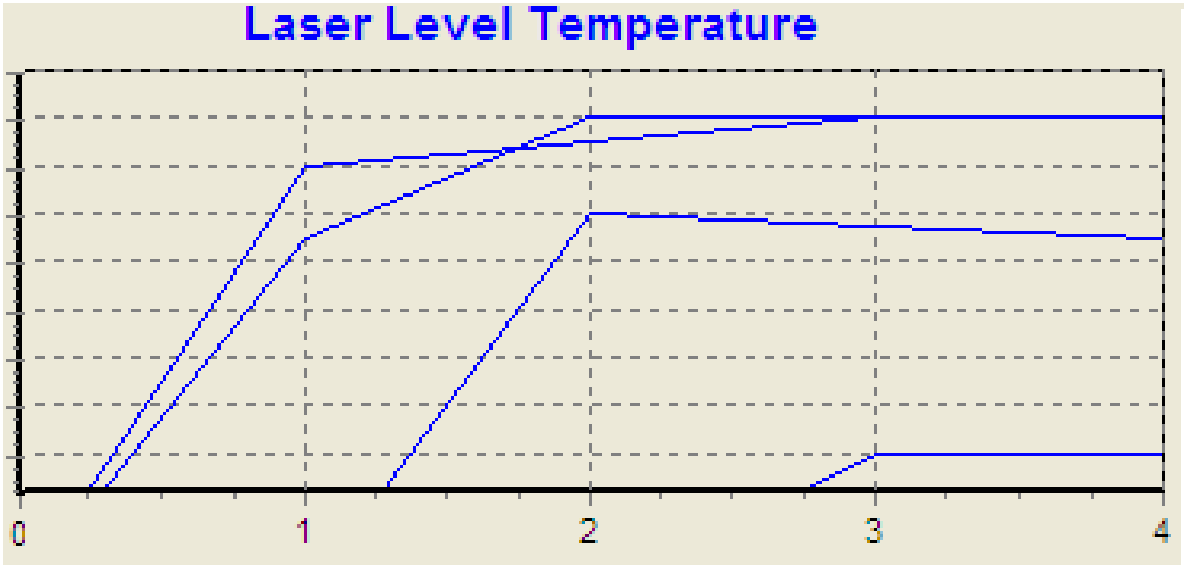
شكل (10) نبضة ليزر CO_2

من اجل الحصول على أفضل Peak power يمكن التحكم بعدة المعلمات (معامل التضخيم ، طول المرنان ، شدة شعاع الليزر ، كثافة شدة المجال الكهربائي لوحدة الحجم ، انعكاسية المرأة ، المساحة العاكسة ودرجة الحرارة) مع الزمن من اجل الحصول على أفضل نبضة (Pulse) وفي نفس الوقت يمكن ملاحظة تأثير هذه البارامترات مع الزمن كما هو واضح في الأشكال التالية :-

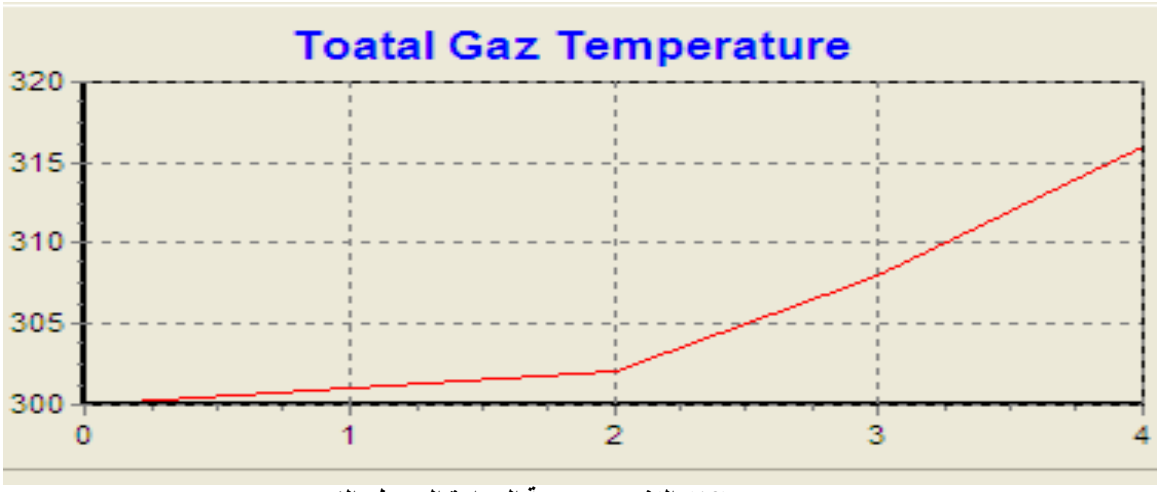


(11)

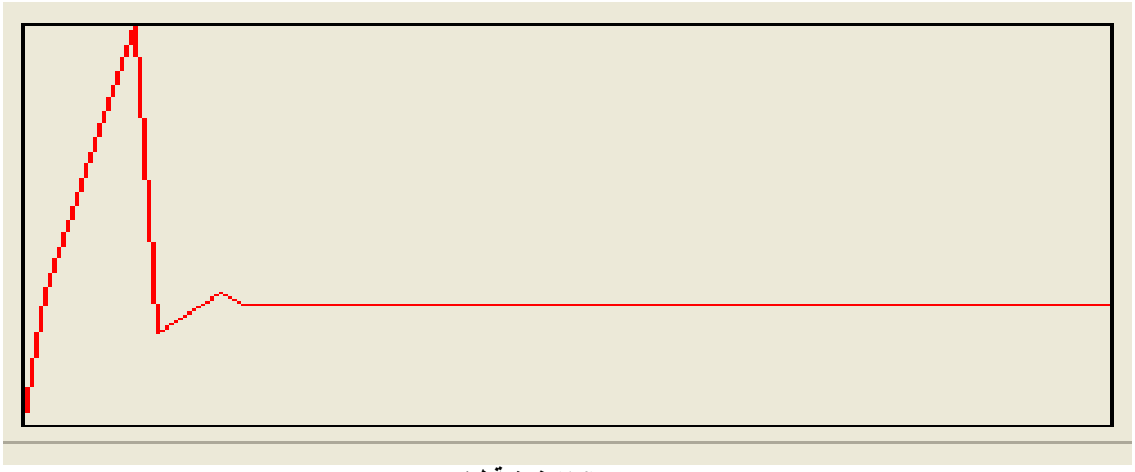
العلاقة بين القدرة الخارجة مع الزمن



(12) يوضح العلاقة بين الزمن ودرجات حرارة المستويات المختلفة



(13) التغير بين درجة الحرارة المحيط والزمن



CO_2 نبضة ليزر (14)

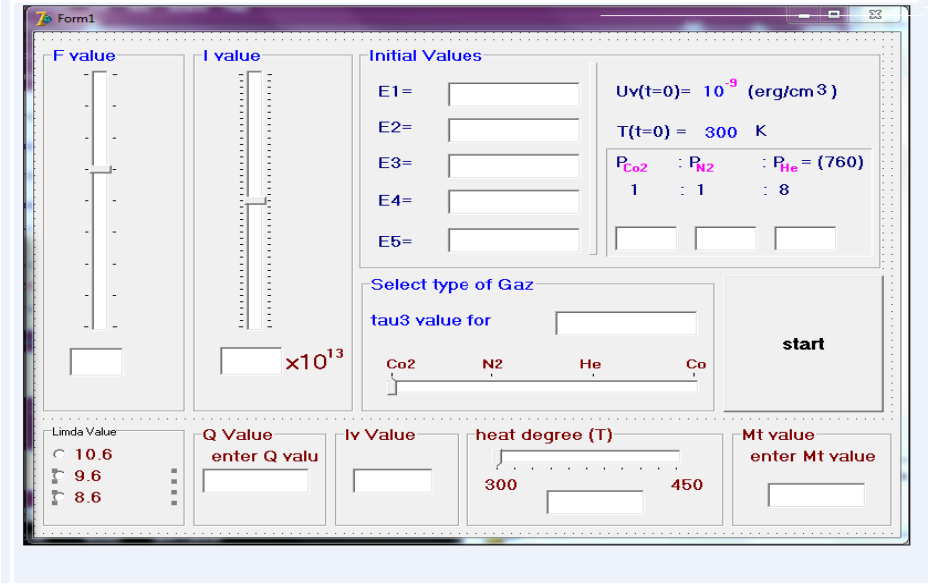
المناقشة والتوصيات Discussions and Recommendation

في ضوء دراستنا أوجدنا نبضة قدرة الليزر على وفق مامتوقع وحصلنا على تطابق بشكل جيد بين النتائج النظرية والنتائج العملية[11،18].
الشكل (1) نلاحظ هناك زيادة في الربح مع الزمن وهذه الزيادة نتيجة عدد الذرات الجزيئات في عملية التأهيل العكسي .
الشكل(2) نلاحظ من بداية عملية التفريغ الكهربائي إلى الوصول إلى القيمة العظمى نلاحظ زيادة في عملية التأهيل العكسي مع الزمن لهذا المستوي أما الهبوط يمثل تفريغ المستوي بعد عملية الانبعاث الليزري .
الشكل(3) لوحظ أن درجة الحرارة تزداد مع الزمن وهذه الزيادة على وفق دالة رياضية معينة إذ تبدأ بالارتفاع مع زيادة عملية التفريغ الكهربائي .
الشكل(4) نلاحظ من بداية عملية التفريغ تكون هناك نبضة للتيار والفولطية وبما أن القدرة تعتمد على التيار (I) والفولطية (V) مع الأخذ بنظر الاعتبار على أن السلوك غير خاضع لقانون اوم .
الشكل(5) لوحظ أن الربح يزداد على وفق دالة رياضية معينة وأيضا يأتي هذا الربح من الزيادة في عدد الذرات أو الجزيئات الناتجة عن عملية التأهيل على الرغم من وجود مسببات الخسائر ومن ضمنها الانبعاث التلقائي لبعض الجزيئات .
الشكل(6) لوحظ أن هناك نمو في تأهيل المستويين يزداد لان عملية الضخ مستمرة وعملية الانبعاث الليزري وهبوط الالكترونات إلى المستوي (N_{001}) مستمرة موجود وكلا المستويين (N_{001},N_{100}) يعتمد على ظروف الوسط الفعال .
الشكل(7) لوحظ هناك زيادة في القدرة الداخلة وهذه الزيادة تحدث عند عملية التفريغ الكهربائي للمستوي (N_{001}) وترافق هذه الزيادة نمو في التأهيل العكسي .
الشكل(8) لوحظ النمو في تأهيل هذا المستوي إلى أن يصل إلى حالة تشبه الإشباع.
الشكل(9) من خلال ذلك لاحظنا أن هناك زيادة في تأهيل المستوي (N_{001}) وهذا يحدث نتيجة عملية التأهيل المعكوس .
الشكل(10) لوحظ من الشكل أن نبضة الليزر TEA-CO_2 تحتوي على قمتين ، القمة الأولى لها قمة ذروة كبيرة وبعد زمن معين تتبعها ذروة أخرى عريضة اقل من القمة الأولى . القمة الأولى ناتجة عن عملية الكسب بينما الذيل الطويل ناتج من أعادة الضخ لمستوي الليزر العلوي إذ أن المدة الزمنية بين بداية التفريغ وبداية ظهور النبضة تعتمد على خلطة من الغازات (CO_2:N_2:He) والضغط .

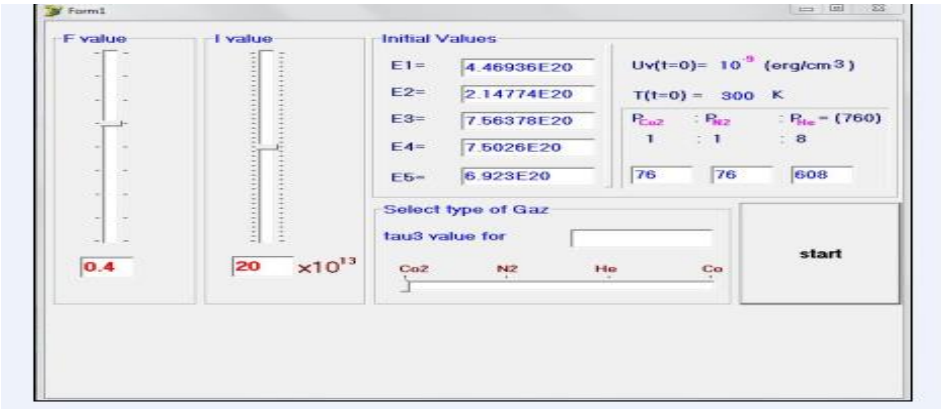
الملاحق Appendix

تم أنتاج جميع الملاحق بواسطة البرنامج Delphi

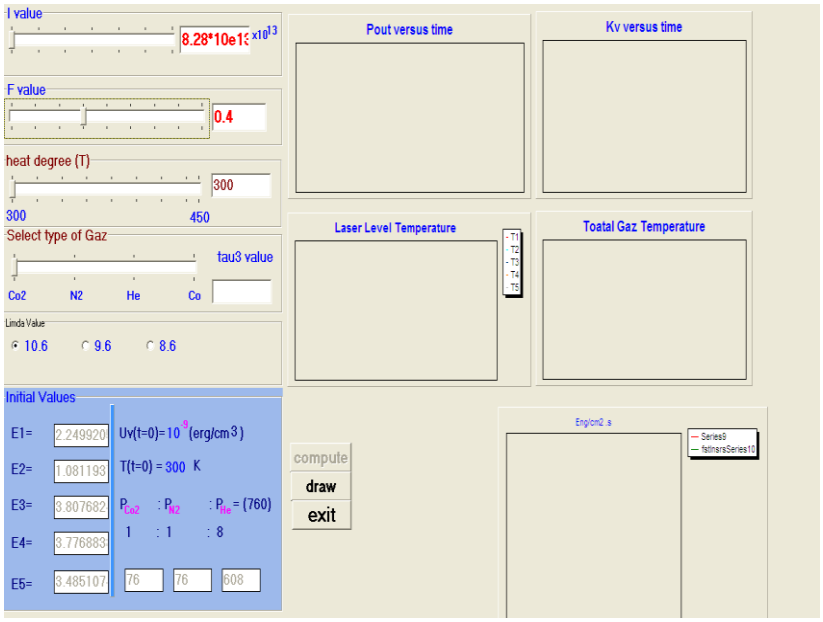
ملحق رقم (1)



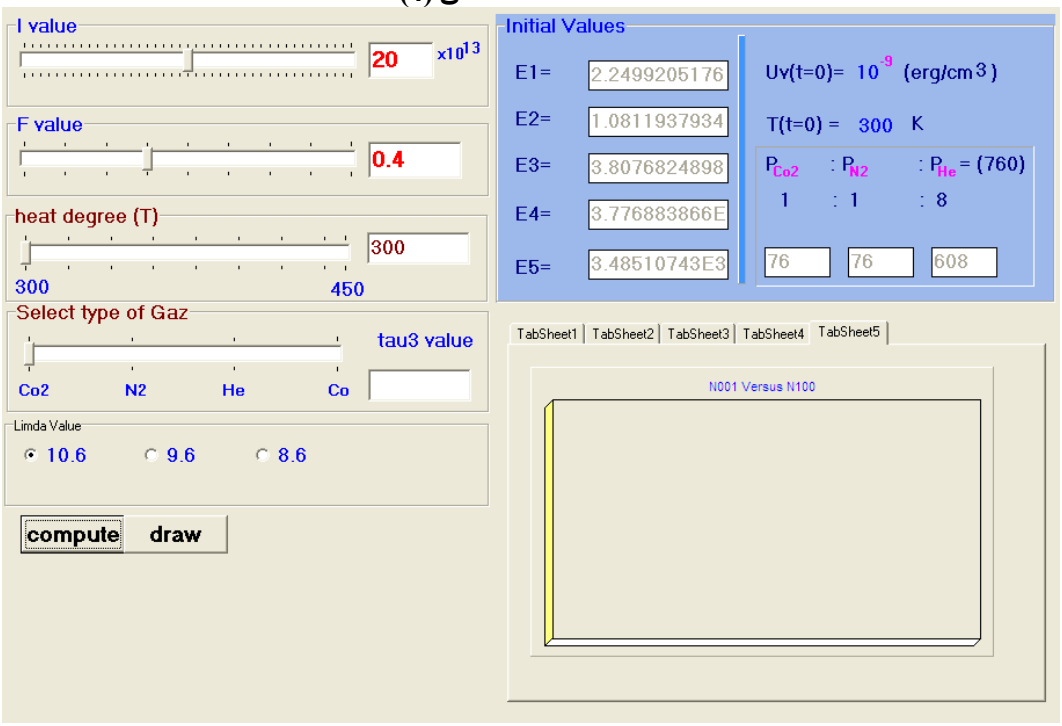
ملحق رقم (2)



ملحق رقم (3)



ملحق (4)



References المصادر

1- Sovelto ,O., "Principles of Laser " 3rd edition ,Plenum Press(New York) ,pp.270,1989.
2-Charschan , S.S ., "Laser In Industry " , Western Electric Series , 1972.
3-Hitz ,B.,Ewing J.J.and Hecht ,J., "Introduction To Laser Technology",2rd ed., IEEE Press (New York), 2001.
4- De Maria ,A.J., " Review of CW High –Power CO2 Laser ",J.IEEE,N.6,Vol,61pp.731-748,1973.
5- Letokov,V.S.and Ustinov , N.D ., " Power Laser and The Their Applications " , Harwood Academic Pub ., (New York) , 1983.

6- "Module 3.9 CO_2 Laser System " , IEEE Tutorial on Laser , Internet, cord.org ,2001.
7-Tiffany,W.,Targ,R.andFoster,J.,Appl.Phys.Lett.Vol.15, No.3,pp.91-94,1969.
8-Nighan,W.L.,Phys.Rev.(A), No.5, Vol.2,pp.1989- 2000,1970.
9 -Bletzinger,P.et al.,IEEEJ.QE, No.7,Vol.11, pp.317-323,1975.
10-Lotkova,E.,Ochkin.,V.andSobolev,N.IEEEJ.QE, No.8,Vol.7, pp.396-402,1971.
11- K.Smith,R.M.Thomson , Computer Modeling of Gas Laser ,Plenum Press , New York ,1978.
12-K. R. Manes, H. J .Seguin , Appl .Phys.N,1, Vol .43,p.5073,1972.
13-E.E.Stark Jr.,Appl.Phys.Lett.23,p.335,1973.
14-A.R;Davies,K.Smith, and R.M.Thomson Comp. Phys.Commun, Vol.10,p.117,1975.
15 - E.R.Fisher,private communication.
16- R.L.Taylor and S.Bitterman ,Rev.Mod.Phys,Vol.41,p.26, 1969.
17- B.F.Gordietz et al .,IEEE J .QE,Vol.4,p.796,1968.
18- D.C.Tyte, Carbon dioxide laser , in :Advances in Quantum Electronics , Vol.1,p.129,1970.