

التحليل الحراري لمشعات التدفئة باستخدام طريقة العناصر المنتهية FEM لإختيار نظام التحكم المناسب لأنظمة التدفئة المركزية للمنشآت السكنية

الدكتور بسام عطية*

الدكتور ربيع حبيب**

رامي يوسف***

(تاريخ الإيداع 22 / 6 / 2015. قُبِلَ للنشر في 23 / 11 / 2015)

□ ملخص □

تناول البحث إجراء تحليل حراري لمشع تدفئة مركزية بطريقة العناصر المنتهية، وذلك باستخدام برنامج Cosmos/M2.6، حيث تم بناء نموذج ثلاثي البعد لمشع حراري بمواصفات هندسية تحاكي مواصفات أحد المشعات المستخدمة، ومن ثم تطبيق حمل حراري يحاكي دور وسيط التدفئة المستخدم ودرجة حرارة الوسط المحيط بالمشع من أجل استنتاج السلوك الرياضي للتدرج الحراري داخل المشع.

يقترح البحث نظام تحكم يعتمد على ضبط وسيط التدفئة الداخل إلى المشع، وذلك من خلال تركيب صمام تحكم بالتدفق يعمل بمحرك تيار مستمر عند مدخل كل مشع، يتم التحكم به عن طريق أوامر تأتي من متحكمات مناسبة تأخذ بياناتها من حساسات الحرارة الموزعة في المكان.

يبين البحث عدم إمكانية اعتماد نظام تحكم يستخدم المتحكم التناسبي التكاملي PI في بناء نظام التحكم المناسب، بسبب صعوبة استقبال إشارات محددة من حساس الحرارة التشابهي إلى متحكم PI تعبر عن قراءات ثابتة لدرجة حرارة الغرفة، مما يجعل استجابة صمام التحكم لهذه الإشارات بطيئة، وبالتالي يجعل من استخدام هذا المتحكم غير مجدي من الناحية الإقتصادية والفنية.

الكلمات المفتاحية: التحليل بالعناصر المنتهية FEM-التحكم الإشرافي وتحصيل البيانات SCADA - المتحكم التناسبي التكاملي PI- التحكم الرقمي المباشر DDC .

* أستاذ مساعد - قسم هندسة الميكاترونك - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.
** أستاذ مساعد - قسم هندسة الميكاترونك - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.
*** طالب دراسات عليا (ماجستير) - قسم هندسة الميكاترونك - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

The thermal analysis of radiant heating by the final elements method to choose suitable control for central heating systems in host buildings

Dr. BassamAtieh*
Dr. Rabie Habib**
Rami yousef***

(Received 22 / 6 / 2015. Accepted 23 / 11 / 2015)

□ ABSTRACT □

This research performs thermal analysis of the central heating's radiator by the final elements method manner using Cosmos/m2.6, Where it was designing a three dimensional model of the radiator with engineering specifications that mimic one of the used radiators .Then apply a convection simulates the role of the mediator heating used and ambient temperature for concluding the mathematical behavior of thermal gradient within the radiator.

Research proposing a control system depends on adjusting the intermediary of heating inside the radiator, through the installation of flow control valve which works by D.C motors at the entrance to each radiant.

The research shows the inability of depending on controlling system which uses the PI controller in building a suitable control system, Because the difficulty of receiving signals from analog temperature sensor that reflect the constant readings of room temperature which makes the response of control valve for signals slow, Thus makes the use of PI unhelpful of the economic and technical side.

Key words: Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) –Proportional and Integral (PI) - Final Elements Method (FEM) - Direct Digital Control (DDC).

* Associate Professor., Department of Mechatronics, Faculty of Electrical & Mechanical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

**Associate Professor., Department of Mechatronics, Faculty of Electrical & Mechanical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

***postgraduate Student, Department of Mechatronics, Faculty of Electrical & Mechanical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

تعمل أنظمة التدفئة المركزية الموجودة في المنشآت العامة والخاصة بشكل تقليدي، حيث لا يوجد نظام تحكم مناسب لعملية الإستثمار والتشغيل، وبالتالي هناك بارامترات تشغيلية مهمة تم تجاهلها مثل درجة حرارة الغرفة المثالية، مشغولية الغرفة، درجة حرارة الوسط المحيط، زمن التوقف والتشغيل... الخ، مما يؤدي إلى هدر في استهلاك وقود التدفئة اللازم لعمل الحراقات وعدم الإستثمار الأمثل لمنظومة التدفئة [1].

يقترح البحث نظام تحكم يعتمد على ضبط وسيط التدفئة الداخل إلى المشع، وذلك من خلال تركيب صمام تحكم بالتدفق يعمل بمحرك تيار مستمر عند مدخل كل مشع، يتم التحكم به عن طريق أوامر تأتي من متحكمات مناسبة تأخذ بياناتها من حساسات الحرارة الموزعة في المكان [5].

يبين البحث أنه عند اختيار نظام تحكم يعتمد المتحكم التناسبي التكاملي PI عدم إمكانية اعتماد هذا المتحكم في بناء نظام التحكم المناسب، بسبب صعوبة استقبال إشارات محددة من حساس الحرارة التشابهي إلى متحكم PI تعبر عن قراءات ثابتة لدرجة حرارة الغرفة، مما يجعل استجابة صمام التحكم لهذه الإشارات بطيئة، وبالتالي يجعل من استخدام هذا المتحكم ليس ذو جدوى من الناحية الإقتصادية والفنية وكثير من الدراسات قدمت دراسة استخدام المتحكم التناسبي التكاملي مع مثل هذه الأنظمة حسب متطلبات التشغيل ، [RUEY,G, M.AL-ROUSAN-2004]: قدما إستراتيجية لتحسين جودة الوسط الداخلي وتخفيض الطاقة المصروفة باستخدام متحكم PID، حيث تُؤلف بارامترات المتحكم للحصول على استجابة أقل تذبذباً باستخدام قاعدة زيكلر - نيكولس، فكانت النتيجة التي قدمها النظام هي الحصول على زمن اضطراب أقل من الحلقة المفتوحة والمغلقة وخطأ أقل ، وكان هذا مفيد لتوليف بارامترات التحكم للحصول على أقل زمن استقرار وأقل تجاوز للهدف إلا أنها أدت لتكاليف عالية في بناء النظام [3].

تتماثل الدراسة المطروحة مع هذه الدراسة في استخدام متحكم PID لكن تختلف في طريقة الإستخدام حيث أنه في الدراسة المطروحة يستخدم للتحكم بتدفق وسيط التدفئة في الشبكة في أنظمة غير خدمية أما في موضوع دراستنا تمت الدراسة لإثبات عدم جدوى استخدامه في أنظمة سكنية خدمية يتطلب فيها التوفير في التكلفة التأسيسية. [K. Gowri Shankar-2008]: حيث قام باستخدام نظام سكاذا مع متحكم منطقي من أجل مراقبة الحرارة للمنطقة وتغيير تدفق المائع حسب خطة الطاقة ، وكانت النتائج توفير في استهلاك الطاقة وتحقيق مراقبة وتحكم آلي بالنظام.

تتماثل الدراسة المطروحة مع هذه الدراسة في التوجه للتحكم الرقمي المباشر من أجل مراقبة الغرف السكني وغرف التشغيل والإبتعاد عن متحكم PI [2].

تضمن البحث دراسة السلوك الرياضي للتوزع الحراري داخل الغرف من خلال إجراء تحليل حراري لمشع تدفئة وبناء نموذج ثلاثي البعد لمشع حراري بمواصفات هندسية تحاكي مواصفات أحد المشعات المستخدمة، ومن ثم تطبيق حمل حراري يحاكي دور وسيط التدفئة المستخدم ودرجة حرارة الوسيط المحيط بالمشع، حيث بينت النتائج أن السلوك الرياضي للتدرج الحراري داخل المشع لا خطي مما يجعل التوزع الحراري للوسط المحيط داخل الغرفة غير منتظم. ساعدت تلك النتائج على اختيار نظام التحكم المناسب ، حيث تم تصميم وبناء نظام تحكم لمنظومة التدفئة المركزية يعتمد المتحكم الرقمي DDC بدلا من المتحكم التناسبي التكاملي PI مع تركيب صمامات كهربائية عند مدخل كل مشع تعمل بنظام (ON/OFF) بالشروط التالية التي اقترحت بناءً على النظام المطلوب اعتماده في بناء نظام التحكم المطلوب:

- 1- يكون الصمام مفتوحاً عندما تكون الغرفة مشغولة ودرجة حرارتها أقل من 17 درجة مئوية ؛
 - 2- يغلق الصمام عندما تصل درجة الحرارة إلى 21 درجة مئوية أو في حال عدم مشغولية الغرفة.
- مما يقلل من استهلاك وقود التدفئة إضافة إلى إمكانية ربط هذا النظام مع نظام التحكم الإشرافي للمراقبة وتحصيل البيانات.

أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية البحث في توفير الوقود المستهلك في تشغيل أنظمة التدفئة المركزية والحد من نفقات التشغيل والصيانة وتحسين أداء نظام التدفئة وتحقيق الأمن الصناعي والبشري، وذلك من خلال إجراء التحليل الحراري لمشع التدفئة المركزية لمعرفة السلوك الرياضي للتدرج الحراري داخل الغرف، مما يساعد على اختيار نظام التحكم المناسب لمنظومة التدفئة المركزية وربطه بنظام تحكم إشرافي للمراقبة وتحصيل البيانات SCADA ، كما اقترح البحث نموذج نظام تدفئة مركزية يعمل على مبدأ التحكم DDC مما يحقق الأداء والمردود العالين.

تأتي أهمية هذا البحث أيضاً في عرض نموذج للدراسات الهندسية الأقرب إلى الواقع من الدراسات التي تعتبر التدرج خطياً.

طرائق البحث ومواده:

1- بناء نموذج المشع الحراري وتحليله حرارياً بالعناصر المنتهية باستخدام

برنامج cosmos/m2.6 :

- تعتمد البرمجيات الحديثة المستخدمة في نمذجة المسائل الهندسية بشكل رئيسي على طريقة العناصر المنتهية كوسيلة عددية فعالة لحل هذه المشاكل، حيث أصبحت الطريقة الأساسية المطبقة في الجمل الهندسية المعقدة وذلك بسبب مرونتها وإمكانية تطبيقها إضافة إلى نتائجها المرضية [4].
- تعتمد هذه الطريقة على تجزئة المجال أو الحيز الهندسي المدروس إلى عناصر هندسية بسيطة (مثلثات - مربعات - مستطيلات ..) ومن ثم إيجاد الحل العددي للمسألة المطروحة ضمن كل عنصر من هذه العناصر، حيث يكمن الحل بطريقة العناصر المنتهية بمرحلة تشكيل المعادلات وأخيراً حل جملة المعادلات [6].

1-1 خطوات النمذجة والتحليل في كوزموس :

- 1- إنشاء هندسي لموضوع الدراسة (النموذج).
- 2- تشبيك الإنشاء الهندسي بالنمط المناسب من العناصر.
- 3- تطبيق القيود على النموذج.
- 4- تحديد المادة والخواص المقطعية.
- 5- تنفيذ التحليل وعرض النتائج.

2-1 بناء نموذج المشع باستخدام برنامج Cosmos/M2.6

يقوم برنامج كوزموس Cosmos/M2.6 الذي يعتمد طريقة العناصر المنتهية في عملية التحليل بمرحلة وضع الخوارزمية الرياضية وتحويلها واخيرا حلها، من خلال البناء الهندسي للنموذج واختيار شكل العنصر وقراءة المعطيات (إحداثيات العقد، الشروط الحدية ، الخواص الفيزيائية) واختيار نوع التحليل المناسب وتنفيذه وعرض النتائج [6] كما هو مبين في الأشكال التالية.

تم بناء النموذج الهندسي وادخال الشروط الحدية والخواص الفيزيائية استنادا للبيانات المدونة في الجدول (1).

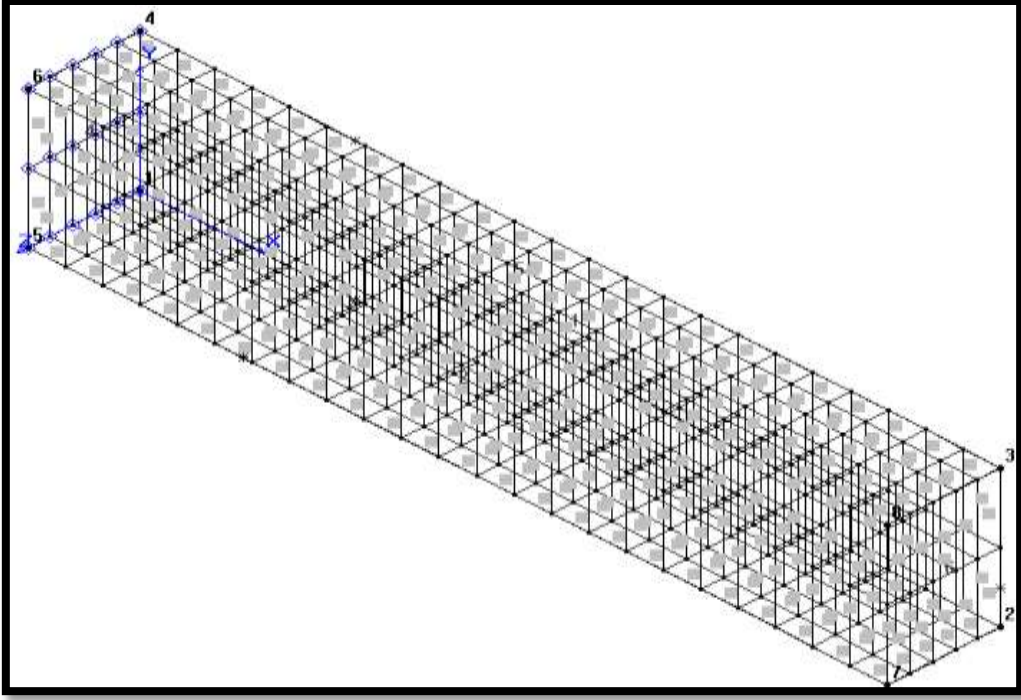
الجدول (1) الخواص الفيزيائية والشروط الحدية للمشع.

نوع التحليل	مادة المشع	الشروط الحدية ودرجات الحرارة			أبعاد النموذج			الشكل العام للنموذج
		حرارة دخول وسيط التدفئة	حرارة الوسط المحيط	حرارة خروج وسيط التدفئة	الإرتفاع cm	العرض cm	الطول cm	
حراري	فونت	70C ⁰	10C ⁰	50C ⁰	28	20	153	متوازي مستطيلات

الجدول (2) الثوابت والقيم المستخدمة في عملية التحليل الحراري.

الموصلية الحرارية	K=45 W/m.C ⁰
درجة حرارة الوسط المحيط T _∞	10 C ⁰
مساحة سطح الإشعاع	1.58 m ²
الإنبعائية	1
ثابت ستيفان بولتزمان	5.67*10 ⁻⁸ W/m ²

يبين الشكل التالي النموذج الهندسي ثلاثي البعد بعد عملية التشبيك والتحميل بالقيود الحرارية والإشعاعية للمشع

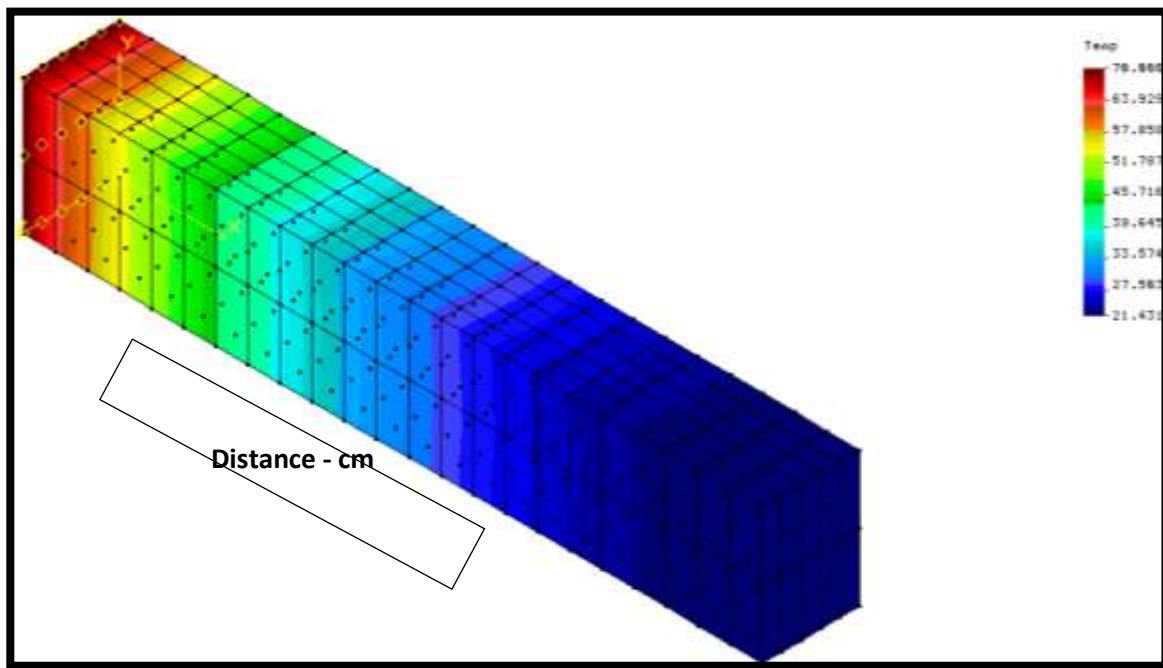


الشكل (1) النموذج ثلاثي البعد للمشع بعد التشبيك والتحميل بالقيود الحرارية

1 التحليل الحراري لنموذج المشع باستخدام برنامج Cosmos/M2.6 :

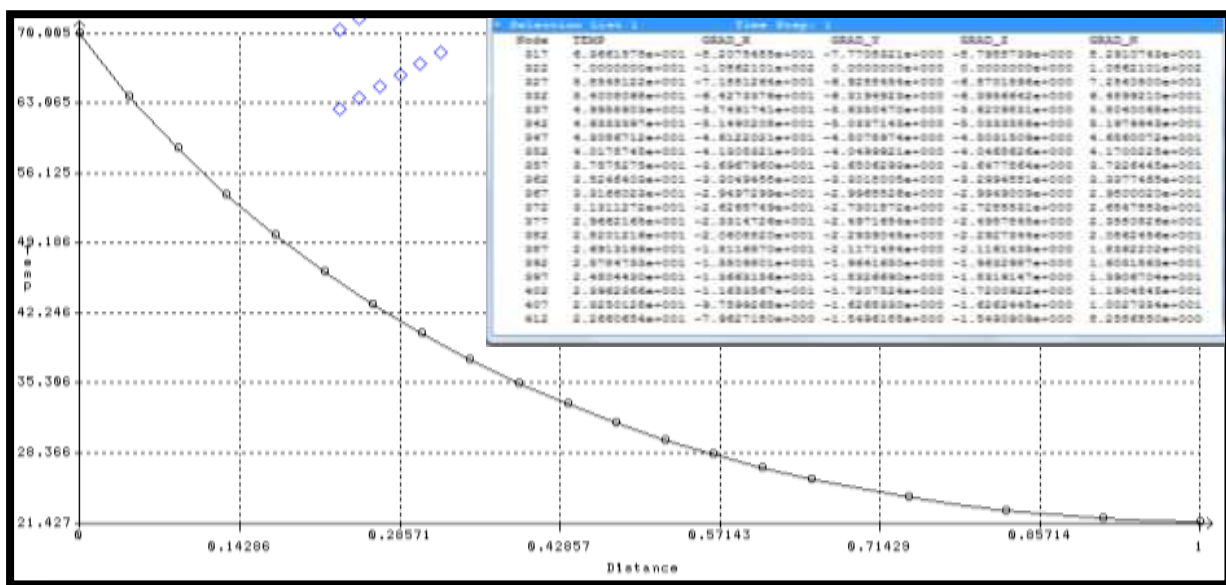
بعد بناء النموذج ثلاثي البعد وتحديد القيود نقوم بإدخال الثوابت اللازمة لعملية التحليل الحراري والموضح بالجدول (2)، ثم نحدد الإنزياح الحراري عن الصفر المطلق لتظهر النتائج مقدرة بالدرجة المثوية ، وأخيرا نقوم بتشغيل التحليل الحراري ونقوم برسم النتائج كما هو موضح فيما يلي .

إن الشكل (2) يُظهر التدرج الحراري للمشع وفق العقد حيث في كل مقطع يكون لدينا سطح تساوي أحرار ، لذا في أي مستوي من المشع يكون لدينا نفس التدرج والشكل (3) يوضح مخطط بياني للتدرج السابق وفق مسار للعقد على الحافة العليا اليسرى للنموذج، تم بناء مخططات التدرجات الحرارية الموضحة في الأشكال (3-4-6-7-8-10-11-13-14-15) اعتماداً على الجدول الرقمي للتدرجات الحرارية والموضح في الشكل (3).

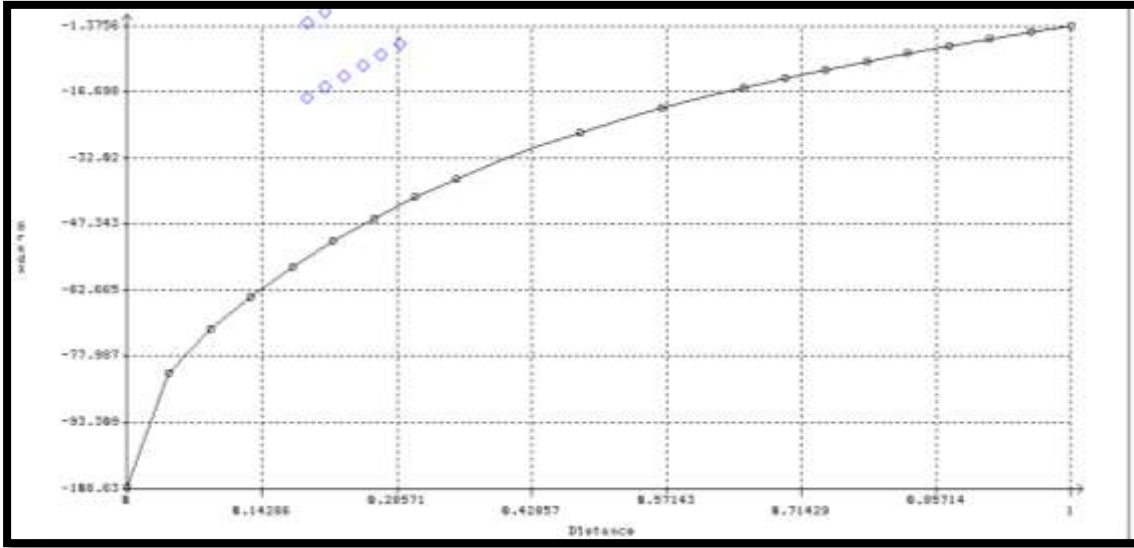


الشكل (2) نتائج التحليل الحراري للمشع وفق العقد

إن الشكل الناتج يظهر التدرج الحراري للمشع وفق العقد حيث في كل مقطع يكون لدينا سطح تساوي أحرار ، لذا في اي مستوي من المشع يكون لدينا نفس التدرج والشكل التالي يوضح مخطط بياني للتدرج السابق وفق مسار للعقد على الحافة العليا اليسرى للنموذج .

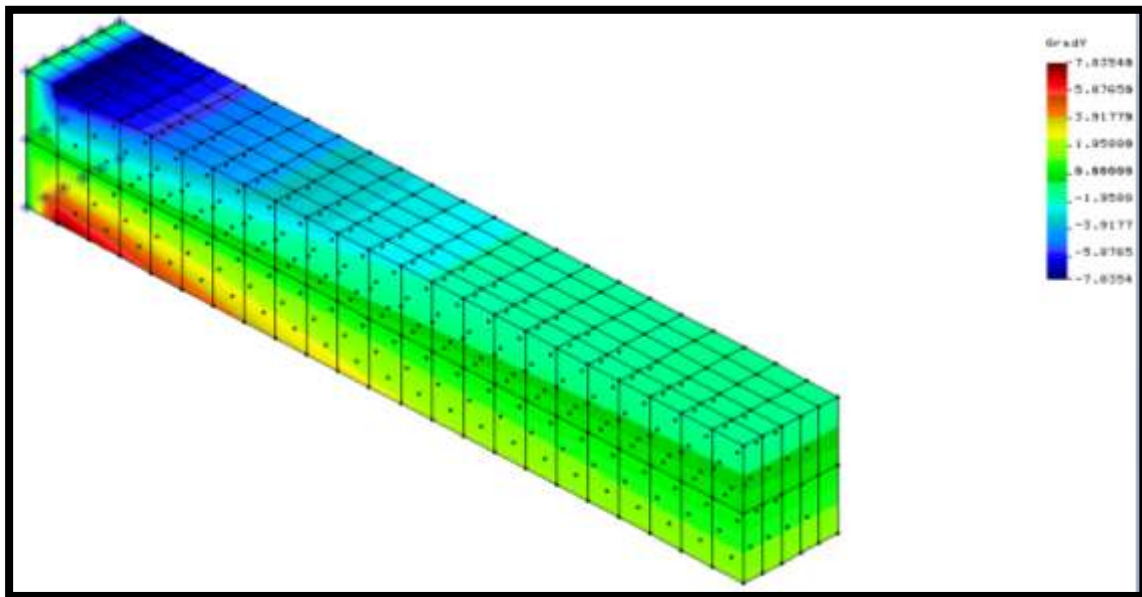


الشكل (3) المخطط البياني للتدرج الحراري والبيانات الرقمية وفق مسار للعقد على الحافة العليا اليسرى للنموذج



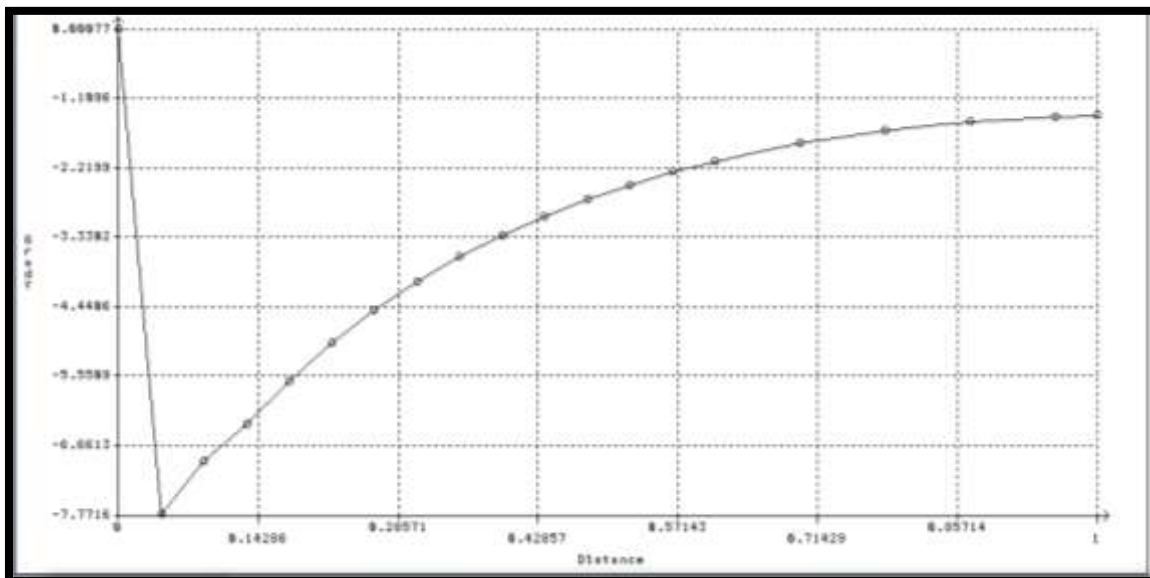
الشكل (4) مخطط بياني للتدرج الحراري وفق المحور x

إن التدرج السابق هو حاصل التدرجات الحرارية وفق المحاور الثلاث (X,Y,Z) وفيما يلي تبيان نتائج التدرج وفق كل محور

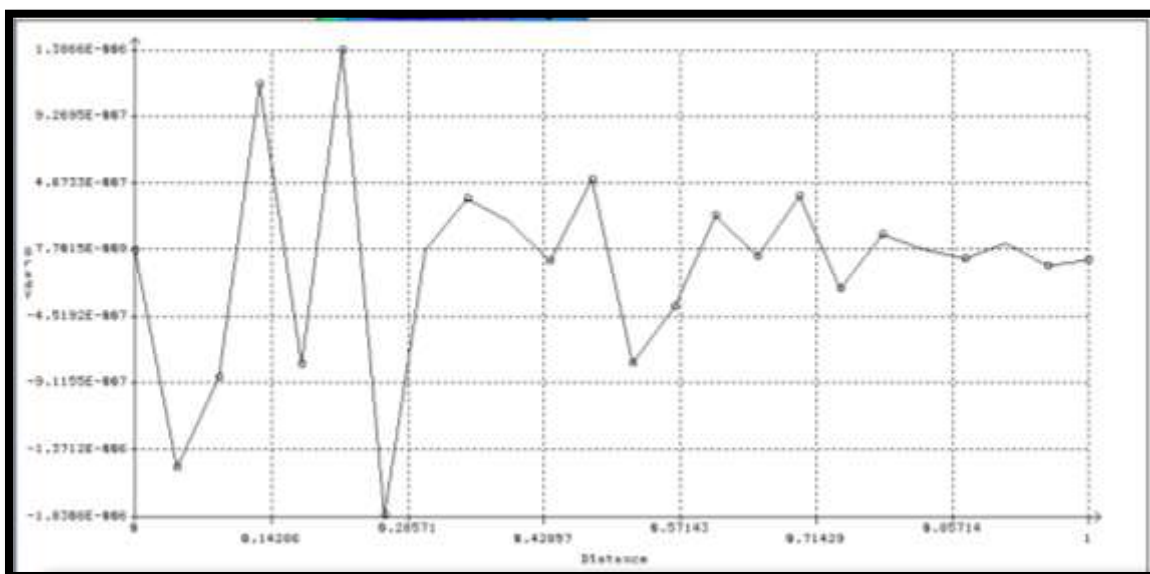


الشكل (5) التدرج الحراري وفق المحور y

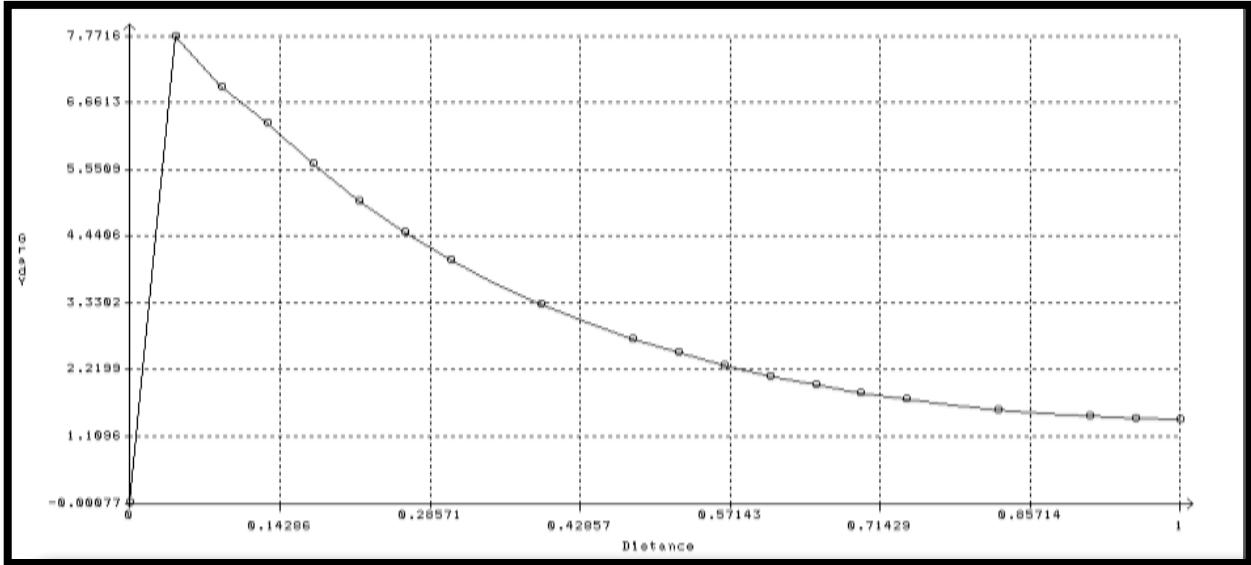
نلاحظ من الشكل (5) أن التدرجات الحرارية على طول المشع تختلف ، كما أننا نلاحظ عدم وجود سطح متساوي الأحرار وفق أي مقطع لذا نقوم برسم مخطط التدرج الحراري على المحور y وفق ثلاث مسارات (أعلى - وسط - أسفل) من الوجه الجانبي اليساري.



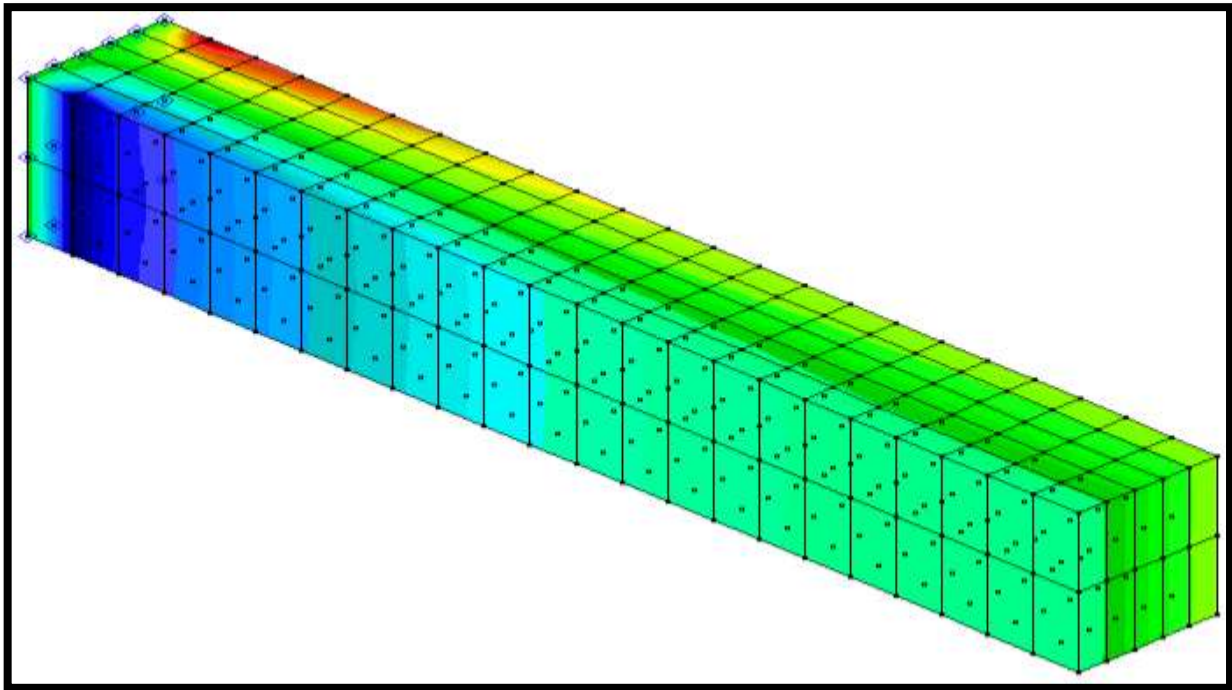
الشكل (6) مخطط بياني للتدرج الحراري وفق المحور y على مسار للعقد في الحافة العليا اليسرى للنموذج



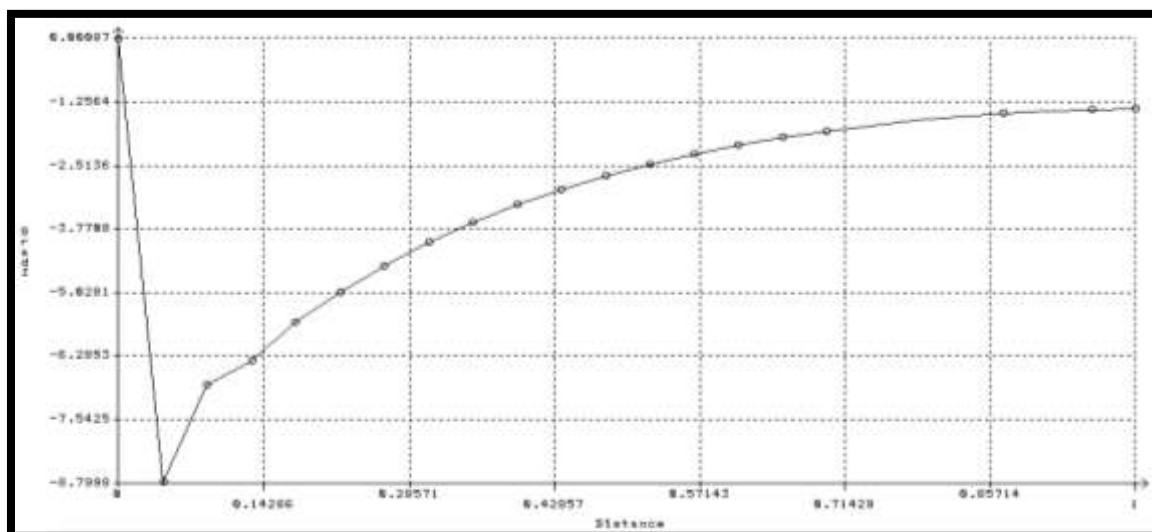
الشكل (7) مخطط بياني للتدرج الحراري وفق المحور y على مسار للعقد في منتصف الوجه الجانبي الأيسر للنموذج



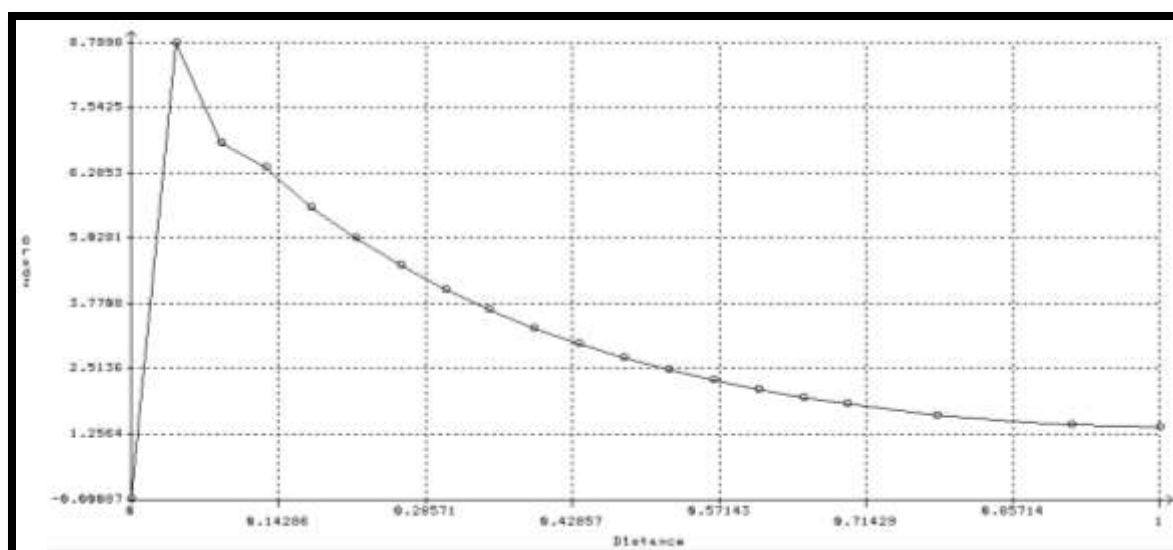
الشكل (8) التدرج الحراري وفق المحور y على مسار للعقد في الحافة السفلية اليسرى للنموذج



الشكل (9) التدرج الحراري وفق المحور z

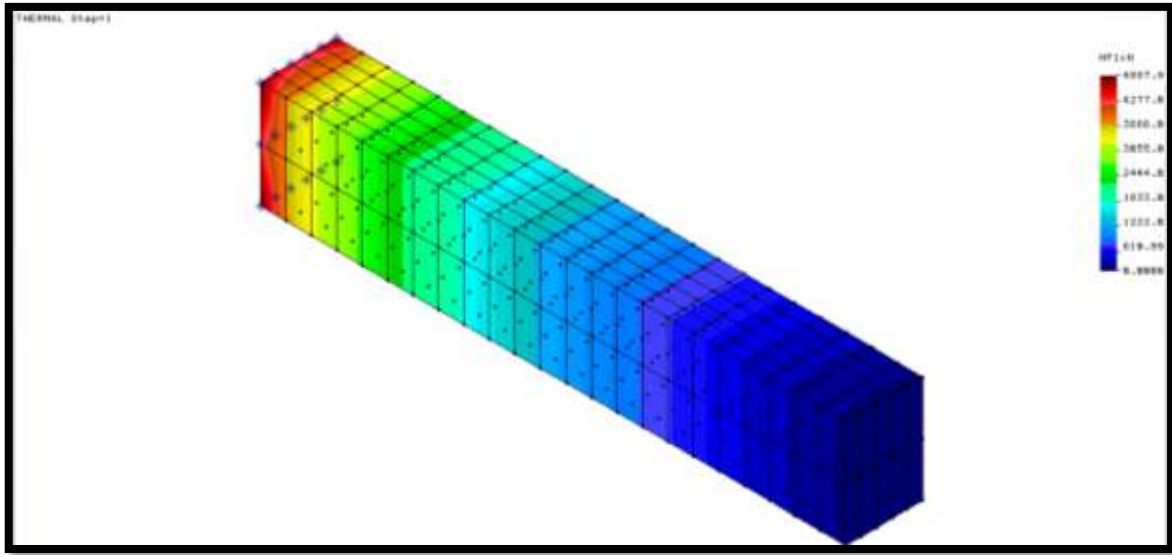


الشكل (10) مخطط بياني للتدرج الحراري وفق المحور z على مسار للعقد في الحافة العليا اليسرى

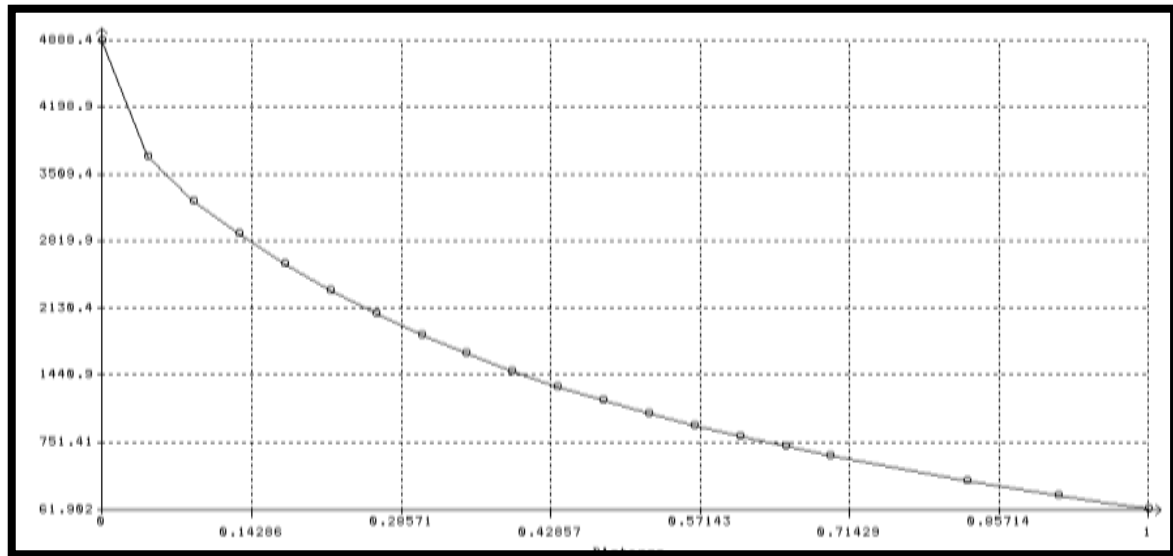


الشكل (11) مخطط بياني للتدرج الحراري وفق المحور z على مسار للعقد وفق الحافة العليا اليمنى في الوجه العلوي

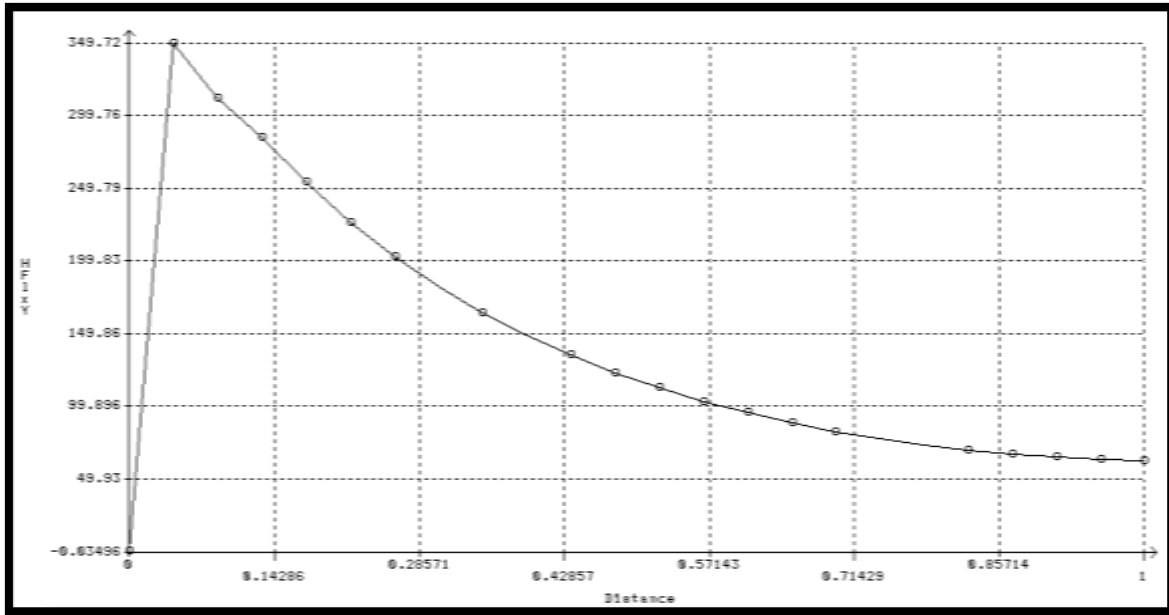
ونلاحظ من خلال التدرج الحراري ومخططات التدرج وفق مسارات العقد على المحور z اختلاف سطوح الأحرار الحراري.



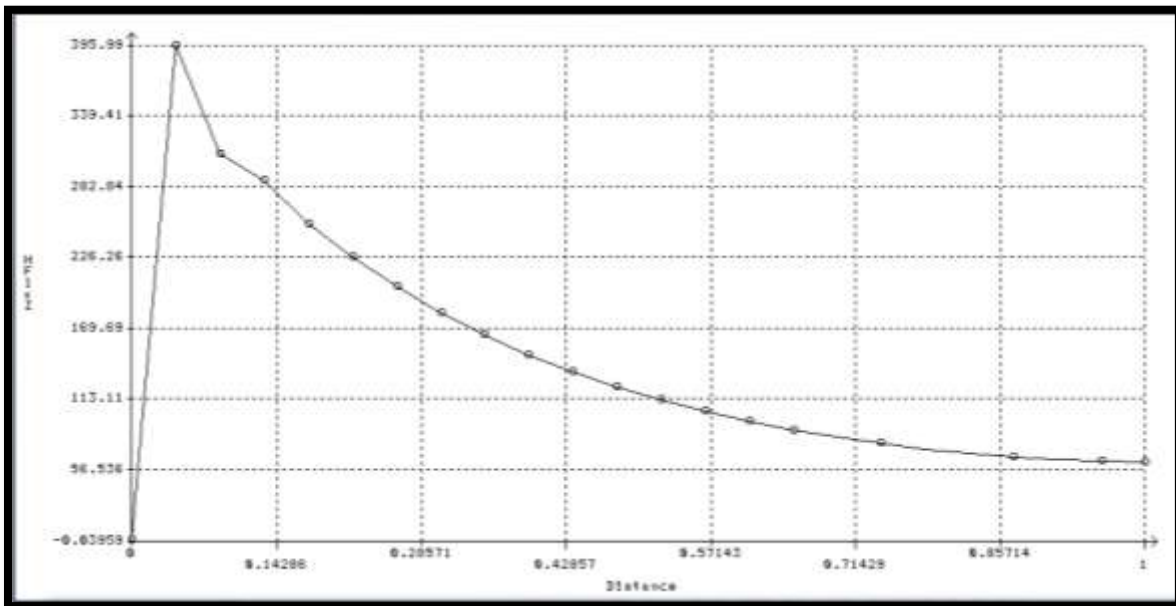
الشكل (12) التدفق الحراري المحصل الكلي للمشع



الشكل (13) مخطط التدفق الحراري وفق المحور x على مسار لعقد الحافة العليا اليسرى



الشكل (14) مخطط التدفق الحراري وفق المحور y على مسار لعقد الحافة العليا اليسرى



الشكل (15) مخطط التدفق الحراري وفق المحور z على مسار لعقد الحافة العليا اليسرى

2- بناء نموذج محرك التيار المستمر المستخدم مع صمام التحكم بالتدفق و اختيار الثوابت

:P,I

لقد تم دراسة نموذج المحرك الكهربائي المستمر بمغناطيس دائم باستخدام MATLAB 2013 من أجل إظهار نتائج الإستجابة ، وكيفية اختيار ثوابت المتحكم PI ، ومن خلال هذه النتائج نستطيع أن ندعم نتائجنا في عدم جدوى استخدام هذا النوع من المتحكمات [7].

إن المعادلات الرياضية الواصفة لعمل المحرك الكهربائي والتي تم من خلالها عملية النمذجة باستخدام برنامج

ماتلاب هي :

$$\begin{aligned} T_m &= K_i i_a \\ e_b &= K_b \omega_m \\ &= K_b \frac{d\theta}{dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} J_m \frac{d^2\theta}{dt^2} + & \\ &= K_i i_a \end{aligned}$$

وبالانتقال لفضاء الحالة :

$$\begin{aligned} \dot{x} &= Ax \\ &+ Bu \\ y &= Cx \\ &+ Du \end{aligned}$$

$$\begin{bmatrix} \dot{i}_a \\ \dot{\omega}_m \\ \dot{\theta}_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -R_a/L_a & -K_b/L_a & 0 \\ K_i/J_m & -B_m/J_m & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ \omega_m \\ \theta_m \end{bmatrix} + \frac{1}{L_a} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} (7)$$

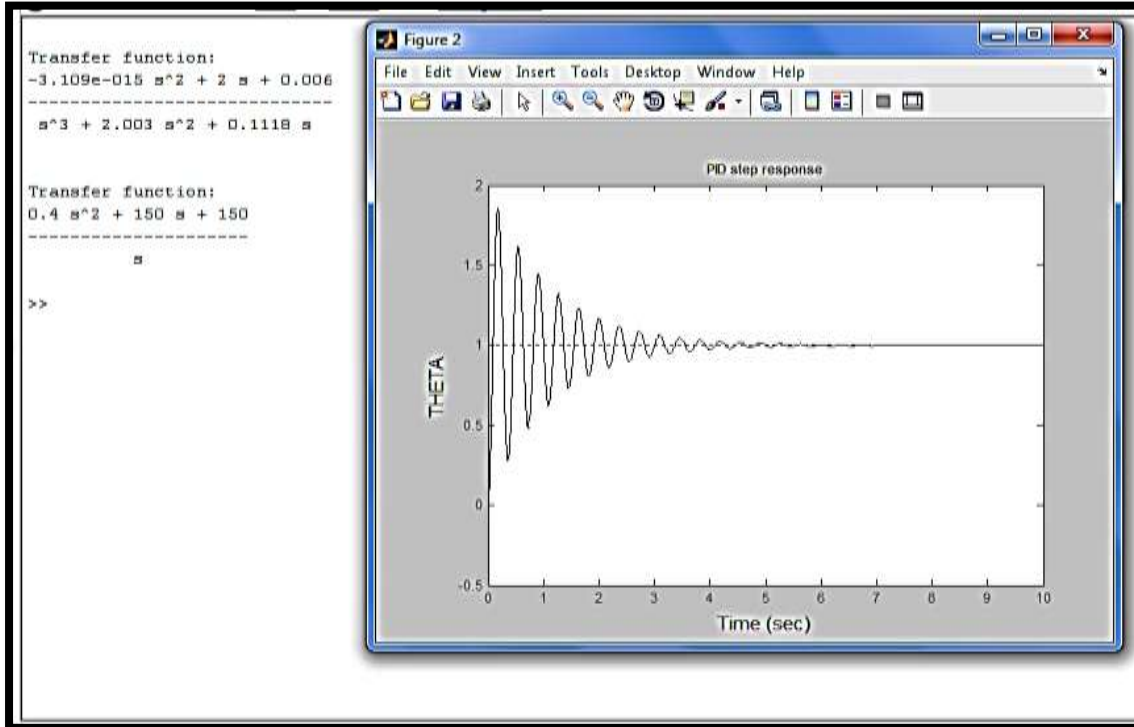
$$\begin{aligned} \theta_m & \\ &= [0 \ 0 \ 1] \begin{bmatrix} i_a \\ \omega_m \\ \theta_m \end{bmatrix} \end{aligned}$$

حيث : T_m : عزم المحرك ، e_b : القوة المحركة الكهربائية للمتعرض ، K_i : الثابت الميكانيكي
 K_b : الثابت الكهربائي ، J_m : القصور الذاتي للكتل الدوارة ، B_m : عامل الاحتكاك للإجزاء الدوارة .

الجدول (3) مواصفات محرك التيار المستمر المستخدم بمغناطيس دائم .

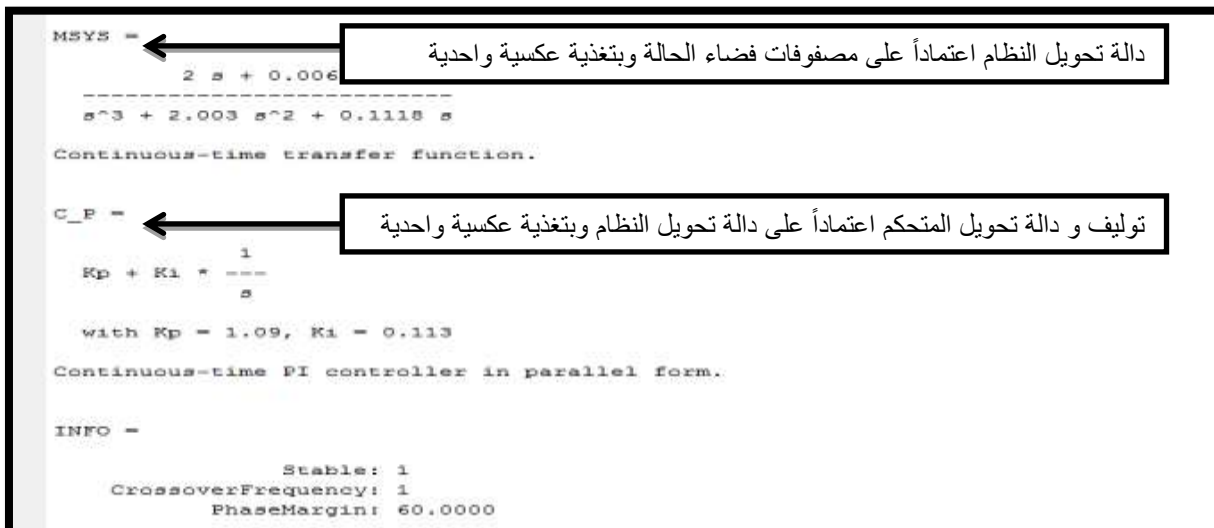
E	12 VOLT
J_m	0.01 Kg.m ²
B_m	0.00003 Kg.m ² /s
K_i	0.023 N.m/A
K_b	0.023 V/rad/s
R_a	1 Ohm
L_a	0.5 H

باختيار ثوابت المتحكم بقيم تجريبية $K_p=150, K_d=0.4, K_i=150$ دون التطرق إلى طرق توليف الـ PID نحصل على الإستجابة الزمنية للموضع الزاوي لمحرك التيار المستمر .



الشكل (16) الإستجابة الزمنية للموضع الزاوي للمحرك باستخدام قيم تجريبية للمتحكم PI

بعد استخدام توليف ماتلاب (الذي يعتمد قاعدة نيكولز) لدالة تحويل النظام المدروس نحصل على الإستجابة التالية:



الشكل(17) نتائج تنفيذ برنامج ماتلاب والحصول على دالة الحلقة المفتوحة و PID وثوابته

```

t_p =

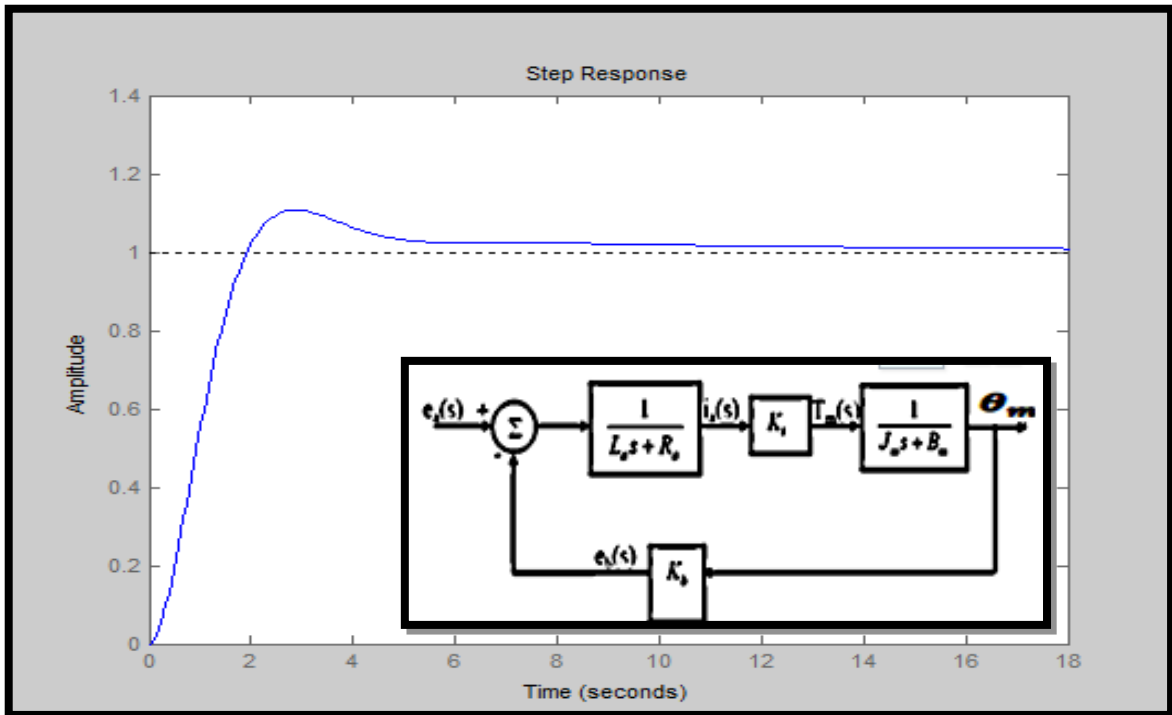
a =
      x1      x2      x3      x4
x1      0      0      0      1
x2      0     -0.003    2.3    0
x3     -0.2258  -0.046    -2    -2.179
x4      0      0      1      0

b =
      u1
x1      0
x2      0
x3      2
x4      0

c =
      x1      x2      x3      x4
y1     0.1129    0      0      1.09

d =
      u1
y1      0
    
```

الشكل (18) نتائج تنفيذ برنامج ماتلاب والحصول على مصفوفات فضاء الحالة



الشكل (19) الإستجابة الزمنية للنظام الموضح ضمن المخطط عند دالة الخطوة

Controller parameters	
	Tuned
Kp	2.1992
Ki	1.9971
Kd	0.46561
Tf	

Performance and robustness	
	Tuned
Rise time	0.748 seconds
Settling time	3.7 seconds
Overshoot	7.02 %
Peak	1.07
Gain margin	Inf dB @ NaN rad/s
Phase margin	60 deg @ 2.15 rad/s
Closed-loop stability	Stable

الشكل (20) مواصفاتها وثوابت المتحكم باستخدام أداة توليف ماتلاب

نلاحظ من خلال بناء هذا النموذج ونتائج المحاكاة أن الإستجابة تتحسن مواصفاتها باستخدام أداة التوليف عن طريق الماتلاب والتي تعتمد قاعدة نيكولز في التوليف وأن مواصفات الإستجابة تحسنت وأصبحت جيدة لنظام التحكم ، لكن تبقى المشكلة في مدى جدوى استخدام مثل هذانظام في أنظمة التدفئة السكنية ، حيث أن مثل هذا النظام يؤمن تغير مستمر ومنتدج في درجة الحرارة للغرفة السكنية بشكل مريح لـ المستخدم، ولكن يحتاج لتجهيزات إضافية كدارات التحكم بمحرك التيار المستمر من دوران وعكس دوران وإيقاف ، وأيضاً دائرة المتحكم التناسبي التكاملي التفاضلي وحساس حرارة ، كما تواجهنا فيه مشكلة تحديد الفترة الزمنية التي سيتم عندها قراءة درجة الحرارة من الحساس وهذا يسبب صعوبة في أنظمة التحكم لمنشآت سكنية كبيرة (مدينة جامعية مثلاً) ، وبالتالي التكلفة لمثل هذا النظام والصعوبة أكبر من الوفر الذي سيقدمه وخاصة في أنظمة سكنية خدمية .

النتائج والمناقشة:

- من خلال النتائج التي حصلنا عليها بالتحليل الحراري نجد أن انتشار الحرارة والتدفق الحراري في المشع غير خطي وبالتالي انتشار الحرارة في الوسط المحيط أيضاً غير خطي ولذلك لا نستطيع تحديد زمن ثابت لأخذ قراءة الحساس في الموضع الموجود فيه داخل الغرفة السكنية .
- ولأخذنا ان التدرج الحراري وفق المحور x غير خطي متزايد أي يكون في منطقة القيد الحراري (مدخل المشع ذي الحرارة 70 درجة مئوية) سالب ويبدأ بالتزايد وتفسر هذه النتيجة اعتماداً على علاقة فورييه التي تنص على أن كمية الحرارة dQ مقدرة بالجول المارة عبر السطح المتساوي الأحرار df خلال فترة زمنية dt تتناسب مع التدرج الحراري $\frac{dT}{dn}$ [8] وفق العلاقة:

$$dQ = -\lambda \frac{\partial T}{\partial n} \cdot c$$

$$q = \frac{dQ}{dF \cdot dt} \frac{W}{m^2}$$

حيث λ عامل التوصيلية الحرارية وهو عامل فيزيائي للمادة ويعبر عن انتقال الحرارة عبر المادة .
 q السيادة الحرارية أو كثافة التدفق الحراري.

\vec{q} : شعاع كثافة التدفق الحراري النوعي ويتجه دوما نحو الناظم على سطح تساوي الأحرار وقيمته الموجبة تتطبق مع اتجاه تناقص درجة الحرارة ، لأن كمية الحرارة المنتقلة تكون دوما متجهة من السطح ذي درجة الحرارة المرتفعة إلى السطح ذي درجة الحرارة المنخفضة .
 وبالإستفادة من توضيح علاقة فورييه نفس التدرج الحراري بالعلاقة :

ونلاحظ ان النتيجة في التدرج الحراري وفق x متطابقة مع السلوك الرياضي حيث ان العلاقة لوغاريتمية وهذا يطابق منحنى النتائج.

• ومن خلال نتائج نمذجة المحرك الكهربائي باستخدام متحكم تكاملي تناسبى نجد أن استخدام نظام التحكم هذا غير مجدي بشكل مفيد في نظام خدمي سكني بل هو مفيد في أنظمة استثمارية سياحية لأنه يحقق تغير تدريجي ومريح في درجات الحرارة ،حيث في هذه الأنظمة يمكن تدوير رأس المال وتغطية النفقات في تكلفة التجهيزات والصعوبة في انجاز العمل من المستخدمين ، لذا كان التوجه إلى أنظمة التحكم الرقمي المباشر DDC لأنه لا يحتاج إلى دارات تحكم إضافية كما في صمام التحكم بالتدفق،فهنا نستخدم صمام كهربائي سولينيود (on/off) يتلقى اشارة كهربائية من متحكم منطقي قابل للبرمجة PLC عندما تكون درجة الحرارة أقل من 17 درجة مئوية فيكون في حالة on ويفصل عنه الإشارة عندما تصل درجة الحرارة إلى 21 درجة مئوية من خلال مقارن بتخلفية ضمن برنامج المتحكم المنطقي PLC المكتوب بلغة المخطط السلمي، فيخفض الحمل الحراري الكلي بمقدار الحمل الحراري للغرفة المفصولة وبالتالي يخفض استهلاك الوقود المتعلق بالحمل الحراري الكلي مقدراً [Kg/year] حسب العلاقة التالية [9]:

$$W = \frac{0.75 * Q * 24 * N * 3600 * F * C}{Cv * \zeta b} \quad (15)$$

N: عدد الأيام التي تحتاج إلى تدفئة وتساوي 120 للمدن الساحلية و 160 للمدن الداخلي.

n: عدد الايام الفعلية التي يستخدم فيها المبنى خلال فصل الشتاء، حيث في الأبنية السكنية يكون:

$$.N = n = 120$$

t: عدد ساعات تشغيل التدفئة في اليوم الواحد، Cv : القيمة الحرارية للوقود ويساوي بالنسبة للمازوت 10000 kcal/h.

ζb : مردود المرجل خلال فترة التدفئة 0.65، Q: الحمل الحراري الكلي للمنشأة، C،kw: عامل الطقس وقيمته 0.6.

و أن ربط نظام التحكم مع نظام مراقبة إشرافي وتحصيل بيانات SCADA أسهل وأكثر ملاءمة مع أنظمة DDC والوفر المتوقع تحقيقه في الوقود مع هذه الأنظمة مقارنة بالتكلفة والصعوبة مناسب ومقبول ويحقق جدوى اقتصادية مفيدة في مثل موضوع بحثنا لأنه التدفئة المركزية للسكن الجامعي هي نظام خدمي وليس ربحي أو سياحي.

الإستنتاجات والتوصيات:

- 1- تصميم نظام التحكم بالتدفق المركزية للسكن الجامعي في جامعة تشرين باستخدام التحكم الرقمي المباشر DDC مع صمامات سولينويد (ON/OFF) والإبتعاد عن استخدام المتحكم التكاملي التفاضلي التناسبي PID مع صمام تحكم بالتدفق بمحرك تيار مستمر.
- 2- تبيّن أنه يمكن باستخدام الخوارزمية المقترحة تصميم نظام تحكم إشرافي وتحصيل بيانات SCADA وربطه مع نظام تحكم رقمي DDC.
- 3- لزيادة الوفر الممكن تحقيقه في نظام التحكم الأخذ بعين الإعتبار مشغولية الغرف السكنية وفصل الغرف غير المشغولة وذلك بتضمين خوارزمية مفيدة لتحديد الغرف المشغولة ضمن برنامج المتحكم المنطقي المستخدم في نظام التحكم الرقمي المباشر اعتماداً على العلاقة (15).
- 4- ويوصي البحث بدراسة إمكانية زيادة الوفر بتقليل النفقات على التجهيزات واستبدال المتحكمات المنطقية بدارات منطقية تحقق نفس الوفر في الوقود ولو أنها لا تؤمن إمكانية الربط مع SCADA وذلك حسب الحاجة لها أم لا.

المراجع:

- 1-LEVENHAGEN,J.I.HAVAC. *Controlssystemdesigndiagrams*. s.mcgraw-hill,UnitedStateofAmirica,1999.
- 2-GOWRI,K. *Control of boiler operation using PLC-SCADA*. proceedings of the international multiconference of engineers and computer scientists.vol.2,2008,19-21 march.
- 3-RUEY,G.*OptimalPID speed control of brushless dc motors using LQRapproach*.ieec international conference on systems, man and cybernetics,2004,473-478.
- 4-ANDERSON,M&BUEHNER,M.Mimo robust control for hvacsystems.ieec transactions on control systems technology.vol16.no.3,may 2008,475-483.
- 5-KOMAREJI,M &STOUTRUP,J&RASMUSSEN,H. *Simplified optimal control in HVAC systems*.18thieec international conference on control applications part of 2009 ieec multi-conference on systems and control saint petersburg,russia,july 8-10 2009,1033-1038.
- 6-COSMOS/FFE thermal user guid.
- 7-داود، محسن؛ محمود، علي. التحكم الآلي الكهربائي (2). مديرية الكتب والمطبوعات، سوريا - جامعة تشرين، 2005-2006، 621.
- 8- حسن، عيسى، أيوب. انتقال الحرارة والكتلة، مديرية الكتب والمطبوعات، سوريا -جامعة تشرين، - 2007 . 789، 2008
- 9- نحاس، أحمد. تدفئة وتكييف الهواء،مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية، سوريا - جامعة حلب،1989،569.