التوفير الأمثل للطاقة الكهربائية بالنسبة لنموذج جهاز كهربائي باستخدام بيئة النمذجة والمحاكاة عبر البرمجيات المتقدمة – برنامجي PVsyst 7.2 و Trnsys-16–

الدكتور المهندس: محمد رياض جاسم

مدرس متمرن في قسم هندسة الميكانيك العام – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – سورية – جامعة الفرات

الملخص

إن العنصر الأساسي وأكبر مستهلك للطاقة هو قطاع الكهرباء. لذلك هناك مساعي قديمة وحديثة للتوفير من استهلاك الوقود الأحفوري في هذا القطاع وتخفيض نسبة الانبعاثات الغازية الضارة بالبيئة وتحقيق توفير طاقي أمثل والتقليل من الفجوة الطاقية المتزايدة وازدياد الطلب على الطاقة في الفترة الراهنة وارتفاع أسعار النفط الخام عالمياً الأمر الذي ساقنا للبحث عن طرق بديلة وهي استخدام الطاقة الشمسية واستخدام برمجيات متقدمة وبالأخص برنامج PVsyst 7.2 بنسخته الاحترافية لتصميم ونمذجة منظومة كهروضوئية لتصميم نموذج جهاز للتسخين الحراري والكهربائي وتحليل النتائج عن طريق استخدام هذا البرنامج المتطور بهدف الحصول على توفير أمثل للطاقة وتقليل استخدام الوقود الأحفوري وتقليل انبعاثات غاز ثاني أوكسيد الكربون كهدف بيئي. نظراً للتحديثات والإضافات الممكنة في البرمجة الحاسوبية والتمكين من استخدام برامج مُطّورة لتقييم أداء النظام الحراري المدروس(جهاز تسخين حراري كهربائي لمواد متغيرة طورياً) فقد أتاح لنا برنامج المحاكاة الرقمي(TRNSYS) وكذلك البرنامج الحاسوبي PVsyst 7.2 الموجودين في المراكز البحثية بسورية لكونها من البرامج الفاعلة في النمذجة الحاسوبية منذ عام (2006) واللذان يتيحان لنا إجراء حسابات برمجية ضمنية لتوابع أساسية عددية لمؤشرات النموذج، وتوافقها مع العناصر الأخرى في النظام الحراري المدروس.

الكلمات المفتاحية: الطاقة الشمسية، برنامج TRNSYS، برنامج PVsyst، التوفير الطاقي.

المقدمة:

تحتاج عملية الحصول على الطاقة اللازمة لتغطية الاحتياجات البشرية جوانب ثلاثة هي :التكلفة – البيئة – الطاقة التي يعمل العلماء والباحثون باستمرار لربطها وإيجاد أفضل الحلول والنتائج عنها. تركزت جهود الباحثين على إيجاد مصادر طاقة جديدة، وفي الآونة الأخيرة برز أخيراً إمكانية العودة مرة أخرى لأنظمة الطاقة الشمسية المركزة التي تم استخدامها بين عامي1984م و1990م لتكون من الأنظمة الحرارية الفعالة التي يُمكن من خلالها الحصول على القدرة الكهربائية، وبسبب اختلاف مصادر الطاقة واحتياجاتها المختلفة جعل من الضروري جداً تطوير أنظمة للتخزين الحراري عند سويات حرارية مختلفة. إن إحدى طرق التخزين الحراري المعروفة حديثاً هي استخدام مواد متغيرة طورياً ذات حجم صغير نسبياً متلك استطاعة تخزين كبيرة عند تغيرات صغيرة لدرجة الحرارة. إن وجود أنواع خاصة للمواد المتغيرة طورياً يُمّكن نموذج جهاز التسخين الكهربائي من الحصول على طاقة حرارية مرتفعة يمكن تخزينها. بالتالي الوصول لطاقة الذروة التي تغطي جميع الاحتياجات والمتطلبات البشرية ذلك أن الحرارة الكامنة للمواد المتغيرة طورياً تتزايد من أسفل جهاز التسخين الكهربائي حتى قمته. يوجد أنواع متعددة من المواد المتغيرة طورياً. إن هذه المواد المتغيرة طورياً (PCM:phase change materials) تمتلك مجموعتين الأولى تكون المادة فيها حبيبات صغيرة بصورة والأخرى بشكل كرات تتوضع ضمن نموذج التسخين الحراري الكهربائي[1].

1.أهمية البحث:

تصميم نموذج جهاز تسخين كهربائي يحتوي على مواد متغيرة طورياً، وذات خصائص مميزة في التخزين الحراري يملك شكل هندسي ذو أبعاد تصميمية مناسبة باستخدام النقاط الرئيسة الآتية:

– الدراسة البرمجية الحاسوبية عبر برنامج(TRNSYS) لتطوير نموذج جهاز التسخين الحراري الكهربائي في المحطة الكهروشمسية الهجينة.

– عرض المراحل الأساسية لتصميم نموذج جهاز التسخين الحراري الكهربائي عند استخدام المواد المتغيرة طورياً في المحطة الكهروشمسية الهجينة.

– تحليل نتائج الدراسة عن طريق استخدام برنامج نمذجة حاسوبي للوصول إلى النموذج المثالي لجهاز التسخين الحراري الكهربائي وربطه مع المحطة الكهروشمسية الهجينة.

2.مشكلة البحث:

تكمن مشكلة البحث في وجود مواد متغيرة طورياً تؤدي عمل نموذج جهاز التسخين الحراري الكهربائي حيث أن أغلبية المواد المتغيرة طورياً لا تمتلك طاقة حرارية كامنة مرتفعة عند استخدامها بصورة منفردة. لذلك تمّ

استخدام مزيج من أملاح النترات(نترات الصوديوم والبوتاسيوم) في نموذج جهاز التسخين الحراري الكهربائي وإيجاد النموذج الخاص بمكون هذا الجهاز عبر برنامج (TRNSYS) واستخدام برنامج (PVSYST) لتأمين الطاقة الكهربائية اللازمة لانصهار مزيج أملاح النترات خلال مراحل النمذجة الحاسوبية وعمله في المحطة الكهروشمسية الهجينة.

3.أهداف البحث:

إن هدف البحث يقوم على دراسة برمجية لاستخدام هذه المواد في نموذج جهاز للتسخين الحراري الكهربائي في المحطة الكهروشمسية الهجينة، كما أن هذا الخزان يحتوي على أنابيب داخلية مليئة بمواد متغيرة طورياً يمكن لها أن تخزن الطاقة الحرارية بانصهارها عند درجة حرارة ثابتة، ولهذه المواد خصائص مثالية. لذلك تمّ اختيارها للتخزين الحراري كونها تمتلك خصائص حرارية مرتفعة وتضم مركبات وخلائط بكميات مختلفة تُستخدم في نموذج جهاز التسخين الحراري الكهربائي تشير إلى أن الزيت المُستخدم هو وسيط للنقل الحراري خلال الحقل الشمسي المُركز في المحطة الكهروشمسية الذي يُمثل بوشيعة تسخين كهربائية بأبعاد تصميمية محددة يتيح انصهار المادة المتغيرة طورياً والحصول على الطاقة الحرارية. إن وجود نقطة انصهار مرتفعة تمكننا من إيقاف التغير المرافق لعملية الانصهار نتيجة تغير خصائصها بسرعة كبيرة. إنَّ الطاقة المختزنة من عملية الانصهار يمكن استخدامها لتسخين أولي للمياه الداخلة لنموذج الخزان الحراري الكهربائي وبالتالي توليد البخار. تزودنا الحرارة الكامنة بطاقة حرارية مرتفعة كبيرة ، وباستطاعتنا أن نختار مواد متعددة للتخزين الحراري، ويتوجب علينا معرفة الخصائص الكيميائية والفيزيائية ونواحي الأمان لأصناف هذه المواد للتخفيف من التأثيرات الكيميائية والسمية المرتفعة لها. إن ميزة المادة المتغيرة طورياً هي سهولة توضعها وامتلاكها لمعامل توصيل حراري صغير. لذلك إذا امتلكت المواد المتغيرة طورياً قطراً صغيراً لنواتها فإن عملية الانصهار والتصلب في أجهزة التسخين الحراري الكهربائي ستكون بطيئة، وبالتالي تختفي الفراغات بين هذه المواد لتشكل جسماً سائلاً سرعان ما يتحول إلى جسم صُلب[2] [3].

تمَّ في هذا البحث عرض الخطوات الأساسية للدراسة البرمجية لتصميم نموذج جهاز للتسخين الحراري الكهربائي، هذا الأمر يتطلب وجود مواد ذات خصائص مناسبة للعمل داخل هذه الخزانات الحرارية وذات تكلفة منخفضة. لقد قمنا باختيار مزيج من أملاح النترات يحقق خصائص التخزين الحراري لكون هذا المزيج يمتلك طاقة حرارية كامنة مرتفعة، ويسمح بالحصول على درجات حرارة عالية مناسبة لعمل نموذج جهاز التسخين الحراري الكهربائي في المحطة الكهروشمسية الهجينة.

4. مكان البحث:

تتحدد دراستنا المكانية للبحث في سورية في محافظة دمشق وتتناول إمكانية الحصول على التوفير الطاقي الأمثل عبر تصميم نموذج لجهاز تسخين حراري وكهربائي للمواد المتغيرة طورياً بصورة مزيج منصهر وذلك باستخدام بيئة التصميم والمحاكاة والنمذجة عبر استخدام ممنهج للبرمجيات الحاسوبية المتقدمة – برنامجي TRNSYSو PVsyst 7.2 بنسخته الاحترافية.

5.طريقة ومنهجية البحث:

اعُتمِد على أسلوب المنهج الوصفي التحليلي والبرمجي الذي يسلط الضوء على الإطار النظري للتوفير الأمثل للطاقة وتحقيق كفاءة طاقية مرتفعة وتحليل النتائج بهدف توفير الوقود الأحفوري وتخفيض نسبة انبعاثاته كهدف بيئي والتقليل من استخدام الطاقة الكهربائية المُستجرة في ضوء توفر الأطر القانونية والتشريعية المُشجعة لاستثمار الطاقات المتجددة في سورية التي تمتلك كثافة إشعاعية مرتفعة في منطقة الشرق العربي التي خففت من الأحمال الكهربائية في مختلف القطاعات.

6. الدراسة البرمجية لتطوير نموذج جهاز التسخين الكهربائي في نظام المحطة الكهروشمسية:

تعتبر بيئة المحاكاة (TRNSYS) بيئة متكاملة إذ بإمكانها تصميم ومحاكاة أنظمة الطاقات المتجددة المتغيرة مع الزمن حيث أُستخدِم هذا البرنامج من قبل الباحثين والمهندسين حول العالم للتأكد من قابلية تطبيق الطاقات المتجددة بدءاً من التطبيقات البسيطة كتسخين الماء بالطاقة الشمسية وصولاً إلى تصميم ومحاكاة الأبنية وأجهزتها بما في ذلك استراتيجيات خاصة بالتحكم وبأنظمة الطاقة المتجددة التي تشمل(طاقة رياح و طاقة شمسية وطاقة الخلايا الشمسية...الخ). تعتبر بيئة المحاكاة مكتبة متكاملة بأنظمة الطاقة الحرارية الشمسية. إنَّ تغير الشروط الخاصة بالتشغيل من يوم لآخر وتغير قيم شدة الإشعاع الشمسي الساقط على الأرض لها دور مهم في الأداء الحراري لنظام الطاقة الشمسية. لذلك فإن هذه المتغيرات بالإضافة إلى الطاقة الشمسية تجبر المهندس على القيام بحسابات أو دراسات لاختيار نظام الطاقة الأنسب الذي سيتم استخدامه وبوجود متغيرات متعددة ومتغيرة مع الزمن حيث تعتمد هيكلية البرنامج على مكتبة الربط الديناميكية التي تسمح لمستثمري البرنامج أو الذين يقومون بتطويره بإضافة نماذج أو مكونات جديدة عن طريق استخدام إحدى لغات البرمجة الشائعة حيث يعتمد هذا البرنامج على شيفرة المصدر المفتوح وعلى البنية النمطية للنموذج المدروس (STRUCTURER MODULAR) فشيفرة المصدرالمفتوح لنواة البرنامج الأساسية(KERNEL) بالإضافة إلى نماذج المكونات(MODULES) يتم الحصول عليها من قبل مستخدمي(TRNSYS)على شكل مكتبات تُضاف للبرنامج مما يتيح توسيع النماذج الموجودة على لوحة العمل الجامعة لهذه النماذج وتربطها ببعضها، وإضافة نماذج جيدة تلائم احتياجات المستخدم. إن بيئة برنامج المحاكاة لِـ(TRNSYS) تسمح بتطوير نموذج جهاز للتسخين الحراري الكهربائي من خلال جملة من المعلومات المتعلقة بمدخلات ومخرجات متغيرات المكونات المؤلفة للمحطة الكهروشمسية، وبإدخال المعادلات الرياضية للمكونات الأساسية المترابطة مع بعضها. يسمح هذا التصميم بإحصاء جميع المتغيرات الأساسية، وباعتبار أن هذا المكون الحراري في المحطة الكهروشمسية (جهاز التسخين الحراري الكهربائي) يعتبر SUBROUTINE وذلك لإدراج متغيرات هذا المكون مع علامات التبويب التي تحدد مفردات ومعلومات مرتبطة بهذا المكون (نموذج جهاز التسخين الحراري الكهربائي). تسمح استراتيجية برنامج (TRNSYS) بإدراج هذا النموذج للوصول إلى هذه المكونات المترابطة مع بعضها عبر دليل برمجي مُطور لهذا البرنامج. تقوم بنية المحاكاة لمشروع (TRNSYS) بوصل هذه

المكونات مع بعضها في واجهة العمل الأساسية لعمل البرنامج والتي تتم فيها إضافة أو حذف مكونات يتم اختيارها من قبل المستثمر عبر تطوير هذا النموذج الخاص لجهاز التسخين الحراري الكهربائي يتم الحصول على مواصفات مناسبة تدرس جميع المتغيرات التصميمية المدرجة في تصميم هذا النموذج وصولاً لتحقيق نموذج مثالي لهذا النظام عند ربطه مع نموذج محطة دورة الطاقة في محطة(SEGS) وصولاً للأداء الحراري الأمثل لنموذج جهاز التسخين الحراري الكهربائي لمزيج أملاح النترات المنصهرة [3] [4] .

6. 1.الدراسة البرمجية لنموذج جهاز التسخين الحراري الكهربائي وأسلوب المحاكاة والحصول على النمط المناسب وفق بيئة برنامج(TRNSYS):

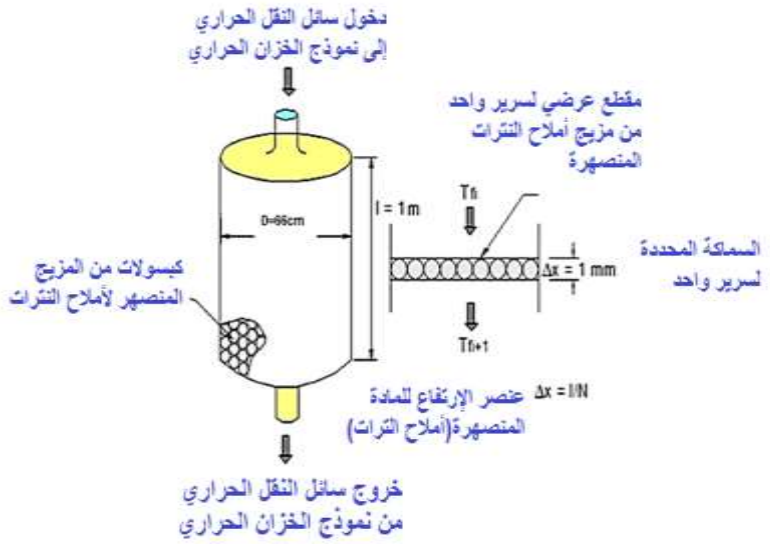
إن النظام المطور لنموذج جهاز التسخين الحراري الكهربائي هو عبارة عن نموذج للتخزين الحراري يحتوي على إحدى المكونات الأساسية كوسيط تخزين حراري وهي مادة متغيرة طورياً لجملة مؤلفة من أملاح النترات (نترات الصوديوم والبوتاسيوم) للحصول على الحرارة الكامنة من عملية الانصهار للمزيج الملحي عن طريق تسخين سائل النقل الحراري في الحقل الشمسي المؤلف من حقل اللواقط الشمسية المُركزة التي تقوم بتركيز الأشعة الشمسية وتسخين هذا السائل للمساعدة في صهر هذه الأملاح، وتوليد الطاقة الحرارية المناسبة لإدارة دورة الطاقة وتوليد البخار الشمسي والحصول على الطاقة الكهربائية عند معدل ثابت حسب استطاعة هذه المحطة، ويعتمد مبدأ عمل المحطة على تسخين سائل النقل الحراري والممثل بالزيت الحراري(الثيرمينول) في نظام الحقل الشمسي بدءاً من ساعات سقوط أشعة الشمس من الساعة (0) حتى الساعة(24) خلال اليوم، ومراقبة لسلوك التشغيل اليومي للمحطة حسب كل ساعة من ساعات عمل النظام. يتألف نظام المحطة من مجموعة أساسية مترابطة مع بعضها البعض وهي نموذج الحقل الشمسي الذي يعتبر مصدر الطاقة الحرارية في المحطة، و من نموذج دورة الطاقة التقليدية رانكن التي يتألف من جملة المبادلات الحرارية لتوليد البخار، لتشغيل المحطة في فترات الإشعاع الشمسي المنخفض، والتمكين من تطوير نموذج خاص للتسخين الحراري الكهربائي من المصدر الأساسي للطاقة الحرارية الممثل بالحقل الشمسي للحصول على الطاقة الكهربائية وباستطاعات مختلفة تبعاً لسلوك عمل المحطة ككل، وبالاستفادة من المواد المتغيرة طورياً خلال انصهارها وإعطائها للطاقة الحرارية الكامنة.

7.مراحل التصميم لنموذج جهاز التسخين الحراري الكهربائي في المحطة الكهروشمسية الهجينة:

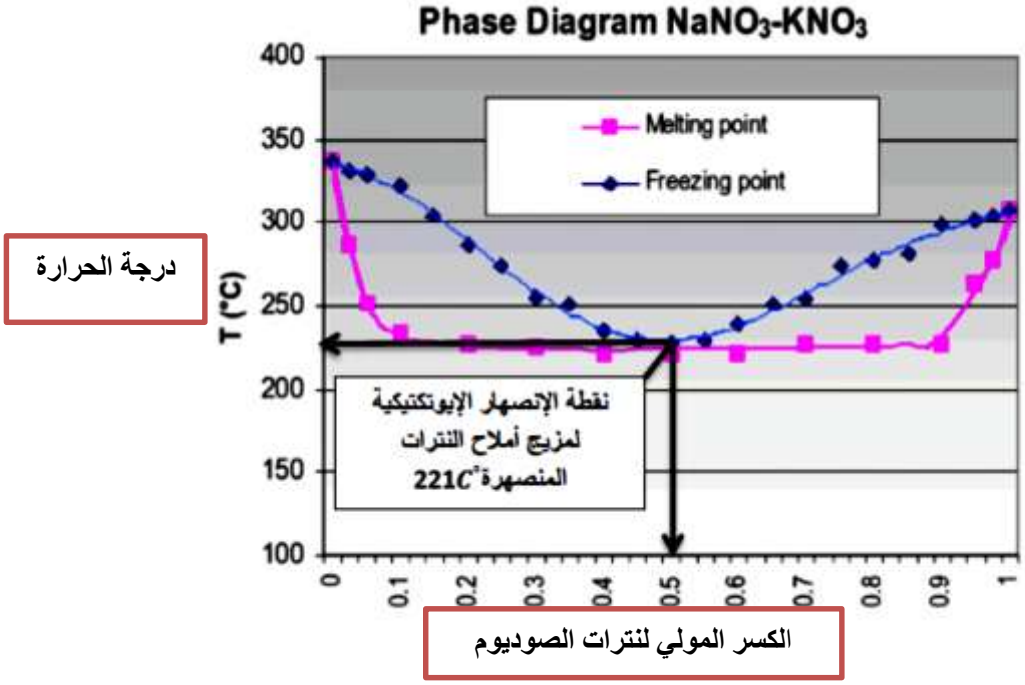
7. 1. حساب زمن التصلب للمادة المتغيرة طورياً:

إن المشكلة الرئيسية لتشغيل جهاز التسخين الحراري الكهربائي(PCM) هي عامل التوصيل الحراري المنخفض للمادة ذات التغير الطوري، فعند تفريغ جهاز التسخين الحراري الكهربائي من المزيج المنصهر تتصلب(PCM) على السطح الخارجي للأنبوب الذي يعبره الزيت والواقع ضمن جهاز التسخين سينخفض التدفق الحراري بتأثير العزل الحراري للطبقة البلورية الصُلبة (PCM) وسماكة الأنبوب الواقع داخل جهاز التسخين الحراري الكهربائي المُصمم وفق ما هو موضح بالشكل(1). تمَّ تحديد الزمن اللازم لتصلب مزيج أملاح النترات (طور التصلب) بقيمة 2hr، وكذلك الزمن اللازم لانصهار المزيج والمُقدر بالقيمة 4.5hr. حُسِب التدفق الحراري عند فرق لدرجات الحرارة بين السطح الداخلي الملامس للمادة المتصلبة والسطح الخارجي لنموذج جهاز التسخين

الحراري الكهربائي لأجل فرق في درجة الحرارة قدره 50 °C. يحدث التغير الطوري لأملاح النترات بسبب الفرق في درجات الحرارة بين السطح الداخلي داخل لجهاز التسخين الحراري الكهربائي ودرجة حرارة السطح الخارجي له. يعود السبب الرئيسي لاختيار أملاح النترات لامتلاكها طاقة كامنة مرتفعة تُمكنها من العمل بفعالية حرارية مرتفعة حيث تعمل هذه الأملاح في مجال درجات حرارة من260°C وحتى 550°C وفق ماهو موضح بالشكل(2) يشير إلى أن معدل الازدياد في الحجم للمادة المنصهرة يصل حتى 4.6% قياساً بالحجم الأولي للعينة الموجودة في نموذج جهاز التسخين الحراري الكهربائي المُصمم. بالتالي إن اختيار أملاح النترات كمادة أساسية في نموذج جهاز التسخين الحراري الكهربائي المُصمم يُمكننا من الحصول على معدل مرتفع من الطاقة الحرارية اللازمة لعمل دورة الطاقة التقليدية رانكين عند تواجد نموذج جهاز التسخين الحراري الكهربائي في المحطة الكهروشمسية الهجينة [5] [6] .



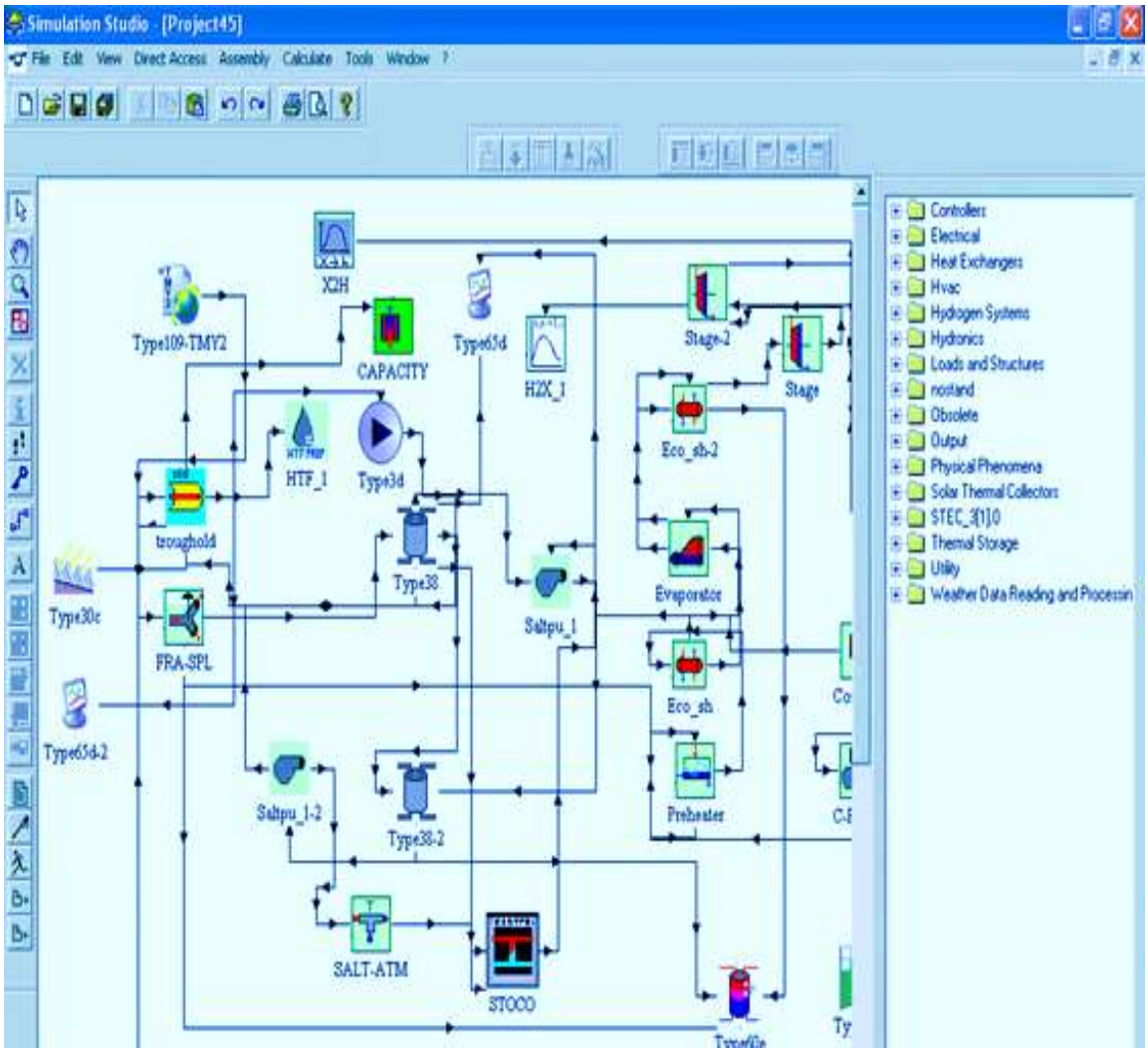
الشكل(1) الأبعاد الرئيسية لنموذج جهاز التسخين الحراري الكهربائي المُصمم



الشكل(2) يمثل عملية الانصهار والتصلب لأملاح النترات ومجال درجات الحرارة العامل عليها مزيج الأملاح خلال التغير الطوري

8.المراحل الأساسية لإنشاء نموذج جهاز التسخين الحراري الكهربائي في المحطة(SEGS):

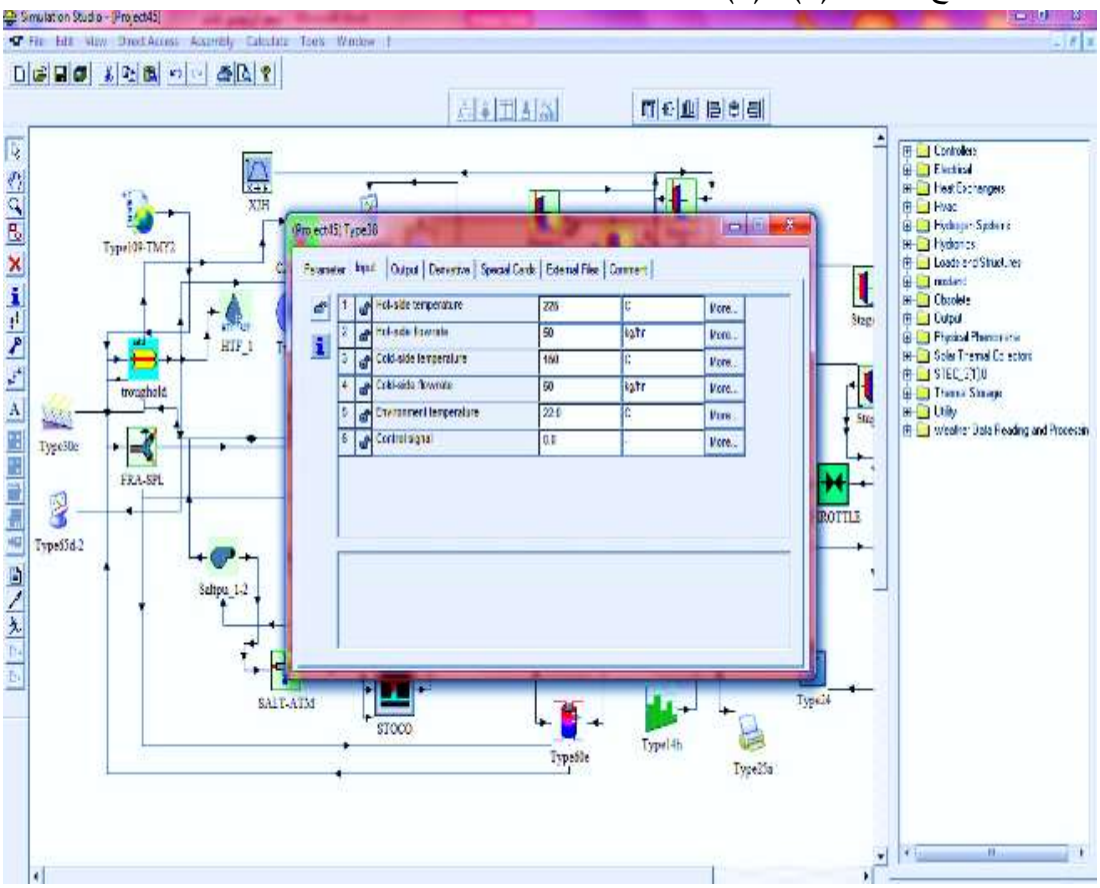
تقوم عملية النمذجة لنموذج جهاز التسخين الحراري الكهربائي في ستوديو المحاكاة عبر دراسة النظام الذي يحوي هذا النموذج لتحقيق الترابط الديناميكي لهذا المكون مع جملة المكونات الأخرى العاملة معه في نفس النظام، ومن العناصر الأساسية ملف بيانات الطقس بالتنسيق المعياري(TMY2) التي يمكن توليدها في العديد من البرامج مثل (METEONORM) حيث يتمُ إضافة المكون (جهاز التسخين الحراري الكهربائي) المنشأ بإضافة هذا العنصر لشريط الأدوات المرتبط ببرنامج(TRNSYS) وبنقر مزدوج تصل إلى متغيراته الأساسية عند التصميم والممثلة بالدخل والخرج والإعدادات المرتبطة مع تصميم هذا النموذج. يبين الشكل(3) نمط هذا النموذج في لوحة العمل الأساسية لبرنامج(TRNSYS) عند إضافته لنظام المحطة(SEGS) كما يظهر الشكل(4) نموذج جهاز التسخين الحراري الكهربائي في المحطة الكهروشمسية الهجينة.



الشكل(3) نمذجة المحطة الكهروشمسية بإضافة نموذج جهاز التسخين الحراري الكهربائي

تمَ ربط المكون الممثل للحقل الشمسي المركز مع نموذج جهاز التسخين الحراري الكهربائي في ستوديو المحاكاة الخاص بالنمذجة وذلك بإعداد واجهات العمل الأساسية لمدخل هذا العنصر وكذلك المخرج لهذا النموذج وفق الإعدادات البرمجية التي ترتبط بتبويب هذا العنصر ضمن مساحات نصية تحدد جميع مكوناته، وضمه لمكتبة الارتباط الديناميكي(dll) كمكون أساسي في نظام المحطة(SEGS) بصورة ملف للإعداد الذي يرتبط ببيئة المحاكاة لبرنامج(TRNSYS)، وعرض جملة المؤشرات المحددة والثابتة لعمل هذا النموذج حسب موقع تطبيق هذا النموذج المطور في المحطة حيث تسمح هذه الاستراتيجية بإعداد تسميات خاصة لمكونات الخرج الخاصة بنظام المحطة الكهروشمسية الهجينة في ستوديو المحاكاة على شكل علامة تبويب(INPUT) لهذا النموذج كما هو موضح في الشكلين(4)و(5) المبين لنمط هذا النموذج ومن ثم دراسة المراحل الأساسية لإضافة هذا المكون لنظام المحطة واختيار موضع تطبيق نظام المحطة الكهروشمسية على سبيل المثال (تمّ

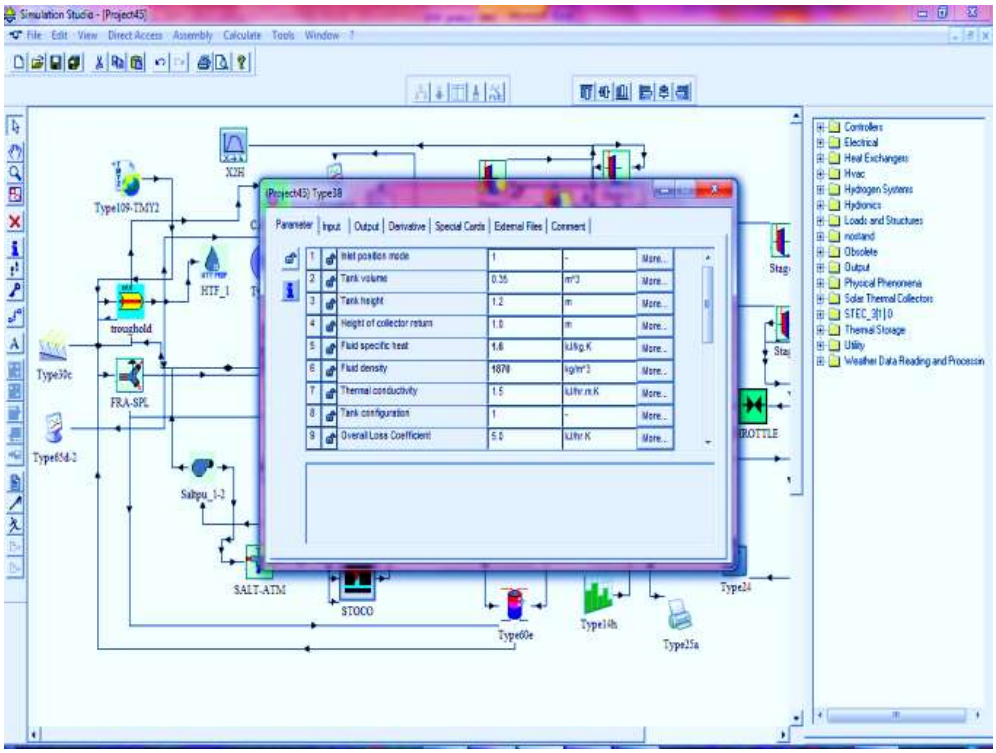
أخذ مدينة دمشق) والتي تتم فيها الدراسة وفق كل ساعة من ساعات عمل هذا النظام وتقييم الأداء السنوي لهذا النموذج عند عمله في المحطة ومن تقدير الدقة العددية ومجال التحكم بمتغيرات الخرج من هذا النموذج والتي تتمثلُ بتدفق المحلول الملحي المصهور وتدفق سائل النقل الحراري كوسيط نقل حراري للطاقة الشمسية ومناقشة الاعتبارات التصميمية لبيان كفاءة هذا النموذج الطاقية وتحقيق الأداء الحراري المناسب لعمل المحطة ككل ومنه تحقيق أداء مثالي للنظام عبر تقدير للطاقة الحرارية الناتجة عن انصهار الملح (أملاح النترات) ومعدل الطاقة الكهربائية المتولدة من هذا النموذج ومقارنة هذه الطاقة مع الطاقة الحرارية للمحطة في الفترات الشمسية من ساعات عمل النظام ككل وتحقيق التوازن الطاقي وتحقيق معادلة النموذج الأساسية للخزان الحراري المُطّور والمحافظة على درجة حرارة خروج ثابتة لسائل النقل الحراري في الحقل الشمسي المركز وفق كل ساعة من ساعات عمل النظام وكذلك للمحلول الملحي والحيلولة دون تجمده بوجود مبادل حراري داخل نموذج جهاز التسخين الحراري الكهربائي ومنه تصميم نموذج تجريبي للتسخين الحراري الكهربائي عن طريق استخدام مزيج ملحي من أملاح النترات المنصهرة وبإضافة العازل الحراري من الصوف المعدني وبسماكات اعتبارية مناسبة لتخفيف الضياع الحراري والمقاومة الحرارية من سطح الخزان الحراري للوسط الخارجي والتوصل لنموذج مُطّور ضمن جملة من المتغيرات الترموديناميكية مناسبة لعمل محطة الطاقة والمحطة ككل في جميع ظروف التشغيل والعمل وهذا موضح بالشكلين(6) و(7) المدرجين أدناه [7] [8].



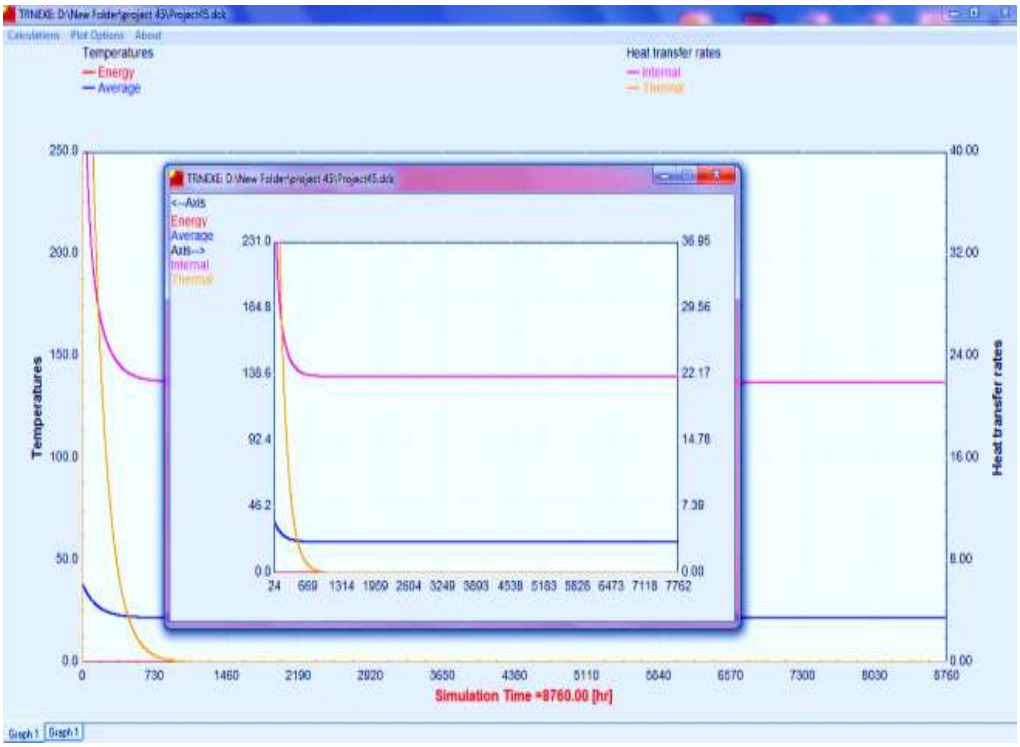
الشكل(4) الدخل لنموذج جهاز التسخين الحراري الكهربائي وفق برنامج(TRNSYS)

جدول (1) الحرارة النوعية للأملاح المدروسة

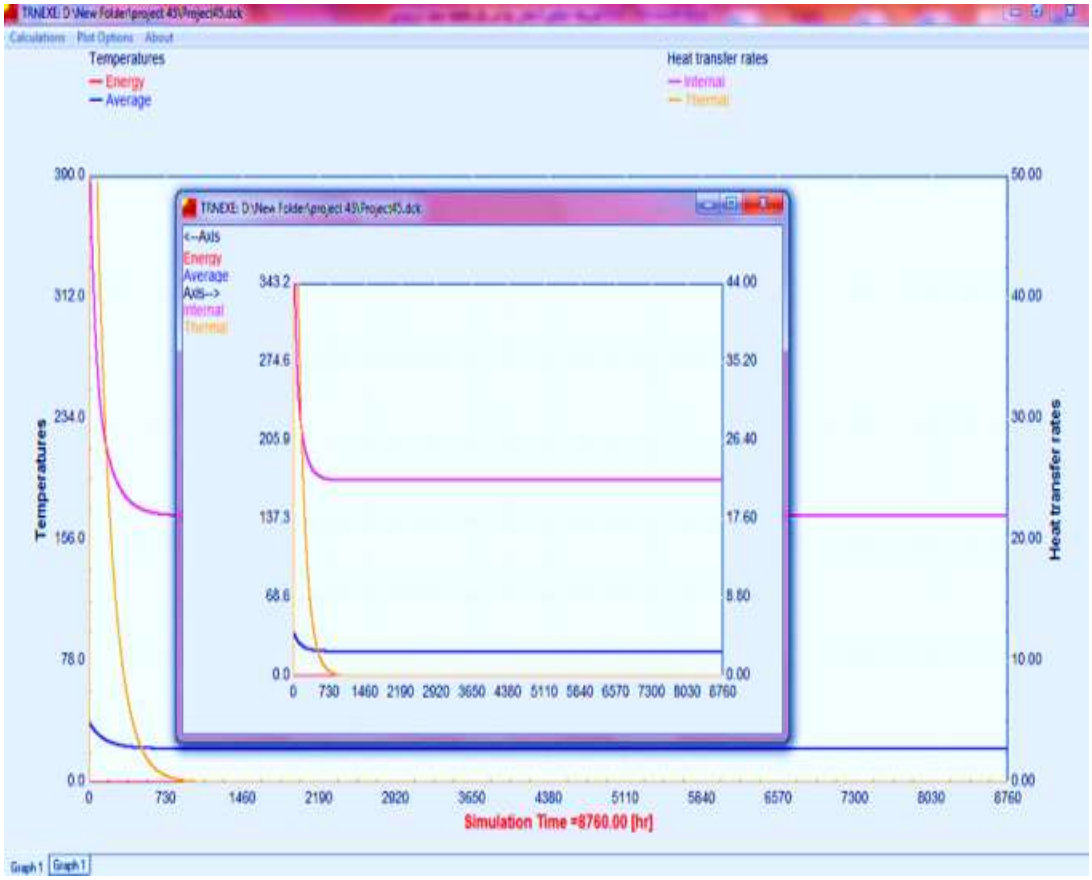
Salt Type	Specific Heat Capacity $\left({}^{KJ}/_{Kg\ K}\right)$
$NaNO_3$	1.09
KNO_3	0.94
$NaNO_3 - KNO_3$	1.5 [8]



الشكل(5) الخرج لنموذج جهاز التسخين الحراري الكهربائي وفق برنامج(TRNSYS)



الشكل(6) تغير المؤشرات الترموديناميكية للمحطة الكهروشمسية وفق كل ساعة من ساعات عمل النظام الحراري(الثيرمونيل) خلال فترة النمذجة المحددة



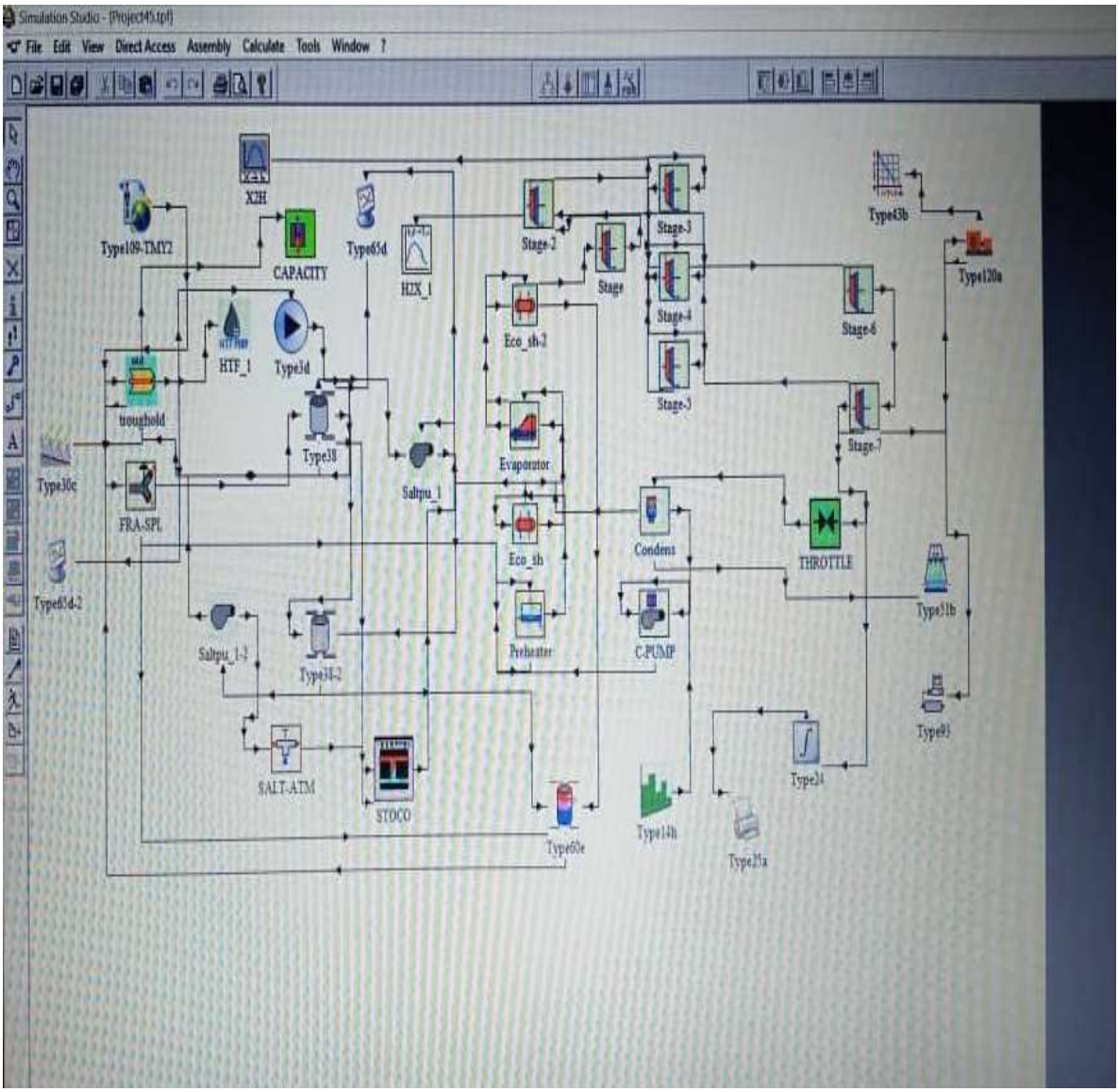
الشكل(7) تغيرالمؤشرات التصميمية لنموذج جهاز التسخين الحراري الكهربائي والممثلة بدرجة حرارة السطح الخارجي لجهاز التسخين الحراري الكهربائي والطاقة الداخلية ضمن فترة النمذجة المحددة

9.المخطط الوصفي للعملية المُجراة في المحطة الكهروشمسية الهجينة(SEGS):

تتألف دارة التحكم الخاصة بنظام المحطة الكهروشمسية الهجينة من نظامين اثنين وهما الحقل الشمسي المركز والدورة التقليدية(رانكين) لتوليد البخار العامل في المحطة الكهروشمسية الهجينة.

يتألف الحقل الشمسي المركز من مجموعة من اللواقط الأسطوانية المركزة التي تحتوي على وسيط النقل الحراري(الثيرمونيل) وهو زيت حراري ذو درجة حرارة مرتفعة تصل لحدود 650 درجة مئوية يساهم في تقديم الطاقة الحرارية اللازمة لانصهار مزيج أملاح النترات والمؤلفة من نترات الصوديوم ونترات البوتاسيوم التي تكون موجودة في جهاز قابل للتسخين الحراري والكهربائي لهذه المواد المتغيرة حيث يتم ربط هذا الجهاز مع الحقل الشمسي المركز فمع ساعات شروق الشمس الاولى عند بدء عمل المحطة الكهروشمسية الهجينة يتم تسخين سائل النقل الحراري (الزيت الحراري) لدرجات حرارة مرتفعة حيث ينقسم هذا الزيت لقسمين اثنين الأول يسهم في صهر مزيج أملاح النترات وبالتالي الحصول على مزيج منصهر له طاقة حرارية كامنة مرتفعة والقسم الآخر يستخدم في تسخين أولي للمياه القادمة من برج التبريد والمكثف ليتم تسخين استباقي للمياه عبر جملة المبادلات الحرارية المشتركة بين الحقل الشمسي المركز والدارة رانكن التقليدية عن طريق دارة تحكم تكاملية تهدف إلى الحصول على معدل طاقي مرتفع خلال ساعات النهار أثناء عمل المحطة الكهروشمسية الهجينة وعند انخفاض سوية الإشعاع الشمسي أو تلبد السماء بالغيوم يتم عندها استثمار الطاقة الحرارية الكامنة الموجودة في الخزان الحراري بصورة مُدخرة حرارية تلعب دوراً في تسخين المياه وتوليد البخار وتحميصه ورفع درجة حراراته ودخوله للعنفة البخارية التكثيفية المؤلفة من مرحلتين للضغط المرتفع وخمس مراحل للضغط المنخفض ومن ثم تحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية منتجة. يتوقف معدل الطاقة الكهربائية المنتجة على مقدار الاستطاعة الحرارية الكامنة في جهاز التسخين الحراري الكهربائي بالإضافة للطاقة الحرارية التي يمتلكها سائل النقل الحراري(الزيت الحراري) الدوار في الحقل الشمسي المركز ليتم تجميع الطاقة معاً بهدف تحقيق التوازن الطاقي بين نظامي الحقل الشمسي المركز والدارة التقليدية لرانكن وصولاً للأداء الحراري الأمثل خلال عمل المحطة الكهروشمسية الهجينة عبر طرق محددة لكلٍ من المزيج المنصهر لأملاح النترات والزيت الحراري على اعتبار أن الطاقة الحرارية اللازمة للمبادلات المشتركة(المسخن الأولي والموفر والمبخر وصولاً للمحمص) يجب أن تكون أصغر من الطاقة المُجمعة من الزيت الحراري وأملاح النترات المنصهرة وفي حالة عدم المساواة (الطاقة المستهلكة أكبر) يتم تعويض الفاقد الطاقي عن طريق استثمار الطاقة الحرارية المقدمة من الزيت الحراري. يتم ضخ مزيج أملاح النترات المنصهرة لخزان آخر مشابه عند انتهاء دورة العمل بواسطة مضخة ليتم الاستفادة من الطاقة الحرارية الكامنة المرتفعة له حيث يعود للحالة الكريستالية الصلبة نتيجة استنزاف طاقته ليعاد تكرار الدورة الحرارية حيث تتحول أملاح النترات من جديد إلى

الحالة السائلة كما هو موضح بالشكل(8) أدناه الموضح للمخطط الوصفي العملياتي لنظام المحطة الكهروشمسية الهجينة أثناء عملها في مختلف حلات التشغيل لتغطية الأحمال الكهربائية لمختلف القطاعات العاملة على الطاقة الكهربائية والتخفيف من استجرار الطاقة الكهربائية من الشبكة الوطنية العامة، وبالتالي التخفيض من استهلاك الوقود الأحفوري وتقليل نسبة الانبعاثات الغازية لثاني أوكسيد الكربون كهدف بيئي في طور ازدياد الطلب على الطاقة الكهربائية والتقليل من الفجوة الطاقية لاستهلاك مختلف أشكال الطاقات المتجددة عبر استخدام تطبيقات برمجية متقدمة لهذه الغاية [9] [10] .



الشكل(8) المخطط الوصفي العملياتي لنظام المحطة الكهروشمسية الهجينة(SEGS) مربوطةً مع نموذج جهاز التسخين الحراري الكهربائي.

1.9.توصيف الرموز لمكونات نظام المحطة الكهروشمسية الهجينة(SEGS) في استديو المحاكاة لبرنامج (TRNSYS):

1.TYPE 109-tmy2 وهو قارىء بيانات الطقس للموقع المدروس لنظام المحطة الكهروشمسية الهجينة.

2. trough hold وهو نموذج اللاقط الأسطواني المركز الأخدودي.

3. FRA–SPLITTER وهو الموزع أو الفاصل للحصص أو الكسر.

4. HTF–1 وهو سائل النقل الحراري في الحقل الشمسي المركز.

5. TYPE 30C وهو مجموعة اللواقط الأسطوانية المركزة.

6. TYPE 65d وهو الراسمة الموضحة لتغيرات عنصر النمذجة والمحاكاة في استديو المحاكاة.

7. type 38–2and type 38–1 وهو نموذج جهاز التسخين الحراري الكهربائي المصمم والمربوط مع الحقل الشمسي المركز.

8. salt –atm وهو موزع مزيج أملاح النترات المنصهرة في نموذج جهاز التسخين الحراري الكهربائي.

9. stoco وهو العنصر المجمع للطاقة الحرارية الناتجة من أملاح النترات المنصهرة والزيت الحراري القادم من الحقل الشمسي المركز.

10. salt pump–1 وهي مضخة الملح المنصهر والمستخدمة لضخ أملاح النترات المنصهرة في الخزان الساخن إلى الخزان البارد لأملاح النترات المنصهرة.

11. salt pump–2 وهي مضخة الملح المنصهر لضخه للخزان البارد عند بدء التحول الطوري وتحوله للحالة السائلة.

12. type 60e وهو نموذج خزان الاستيعاب لتعويض الفاقد في الزيت الحراري الدائر في نظامي الحقل الشمسي المركز والدورة التقليدية لرانكن.

13. H2X–1 وهي الراسمة للخط البياني لتغيرات عنصر النمذجة في استديو المحاكاة.

14. PRE HEATER وهو المسخن الاستباقي وهو أحد المبادلات الحرارية المشتركة بين النظامين الحقل الشمسي المركز ودورة رانكن للبخار العامل.

15. economizer وهو العنصر الموفر وهو أحد المبادلات الحرارية المشتركة بين النظامين الحقل الشمسي المركز ودورة رانكن للبخار العامل.

16.EVAPORATOR وهو المبخر وهو أحد المبادلات الحرارية المشتركة بين النظامين الحقل الشمسي المركز ودورة رانكن للبخار العامل.

17. eco– sh–2 وهو المحمص للبخار في دورة رانكن.

18. stage 1,2,3…..7 وهي مراحل ضغط البخار في العنفة التكثيفية التبخيرية في دورة رانكن.

19. type 120 a وهو المنوبة الكهربائية المربوطة مع العنفة التكثيفية التبخيرية.

20. condens وهو المكثف السطحي في دورة رانكين.

21. c–pump وهو مضخة التسريع للمياه الباردة القادمة من برج التبريد.

22. type 14h وهو التابع الخطوي المبين للزمن اللازم للعمليات الحرارية والتحول الطوري.

23. Type 25a وهي الطابعة لنتائج النمذجة والمحاكاة أي تغيرات العناصر المربوطة في استديو المحاكاة.

24. Throttle وهو صمام الخنق أو التمدد للبخار.

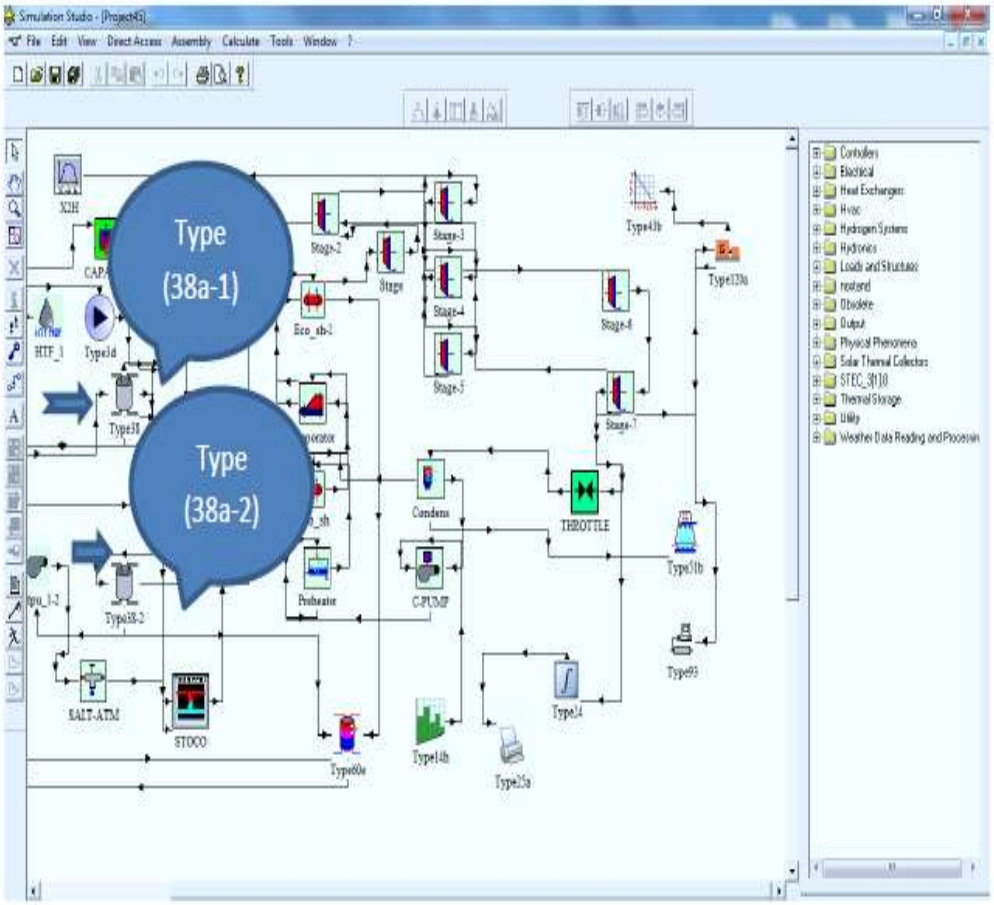
25. Type24 وهو العنصر التكاملي لتحويل لابلاس وهو خاص بدارة التحكم المناطقية للنظام المدروس.

26. Type 51b وهو برج التبريد ذو تيار السحب الطبيعي في دورة رانكن للبخار.

27. TYPE43B وهو العنصر الموضح لتغير الطاقة الكهربائية المنتجة في المحطة الكهروشمسية الهجينة.

28. X2H–1 وهو العنصر المحدد للمخطط ابياني لتغيرات العنصر المدروس خلال فترة النمذجة والمحاكاة.

29. TYPE93B وهو تغير المقاومة الكهربائية لكوابل التوصيل الكهربائي المستخدمة لنقل الطاقة الكهربائية المنتجة من المحطة الكهروشمسية إلى مصدر الاستهلاك.



الشكل(9) المخطط الوصفي العملياتي لنموذج جهاز التسخين الحراري الكهربائي في نظام المحطة الكهروشمسية الهجينة(SEGS)

10.مُناقشة نتائج النمذجة لنموذج جهاز التسخين الحراري الكهربائي:

إن نتـائج النمذجـة المتعلقـة بنمـوذج جهـاز التسـخين الحـراري الكهربـائي المُعبـر عنهـا بالمخططـات المُدرجـة والمتغيرات الرئيسية المؤثرة على هذا النموذج المصمم مُعينة بالمخططات على الأشكال(6) و(7) التـي تبين تغير المؤشرات الحرارية والترموديناميكية والتي تتمثل بدرجة الحرارة الوسطية المبينة بالخط المتصل ذو اللون الأزرق. يظهر من هذه الأشكال تغير درجة الحرارة داخل جهاز التسخين الكهربائي التي لا تلبث بالارتفاع عند بداية عملية الانصهار لأملاح النترات داخل جهاز التسخين الحراري الكهربائي بصورة متسارعة ثم لا تلبث هذه الزيادة بالثبات وحصول الاستقرار الطاقي عند درجة حرارة ثابتة للخزان الحراري وبطاقة حرارية ثابتة خلال فترة النمذجة المدروسة. هذه المخططات تظهر تغير الطاقة الداخلية الموضحة بالخط المتصل ذو اللون الوردي في الشكل(6) التي ترتفع عند بدء عملية الانصهار، وتبدأ بالازدياد من أسفل جهاز التسخين الحراري الكهربائي وحتى قمته وكذلك درجة الحرارة الوسطية للخزان. إن ازدياد معدل التدفق الكتلي لسائل النقل الحراري الجاري خلال اللواقط الشمسية المركزة يزيد من معدلات الانصهار. بالتالي التسريع في حدوث الاستقرار الطاقي داخل جهاز التسخين الحراري الكهربائي وارتفاع الطاقة الداخلية على طول الخزان الحراري.

11. الاستنتاجات:

1.زيادة معدل الاستهلاك الطاقي عند بداية الشحن بسائل النقل الحراري ثم ينخفض تدريجياً لمعدلات تسمح بالمحافظة على الاستقرار الطاقي وسوية طاقية مناسبة لعمل نموذج جهاز التسخين الحراري الكهربائي.

2. تسمح زيادة الخرج الطاقي بزيادة الاستطاعة الكهربائية من المحطة عند معدلات شحن لسائل النقل الحراري ، وبالتالي تحسين الكفاءة الطاقية لنموذج جهاز التسخين الحراري الكهربائي في نظام المحطة الكهروشمسية.

3. تُمكن النمذجة الحاسوبية من الحصول على نموذج لجهاز التسخين الحراري الكهربائي في نظام المحطة الكهروشمسية الهجينة يستطيع تغطية الحمل الحراري الكامل بالترابط مع حقل اللواقط الشمسية المركزة.

4.إن خوارزمية النمذجة هي أداة مرنة تمكننا من تحقيق أداء مُميز لجهاز التسخين الحراري الكهربائي في المحطة الكهروشمسية الهجينة.

12.المراجع والمصادر الأجنبية:

1. Cohen, G., 2022, "Nevada First Solar Electric Generating System," Las Vegas, Nevada: Solargenix Energy.

2. Frier, S., 2021, "Parabolic Trough Workshop," Ontario, California: KJC Operating Company

3.Kearney, D.2021, "Solar Electric Generating Stations (SEGS)," IEEE Power Engineering Review, 9, (8): 4–8.

4.Price, Hank, 2021, "*Trough Technology-Algeria*," NREL.

5.Horst, M, and Paal. R., 2020, "Cascaded latent heat storage for parabolic trough solar power plants," Solar Research, Cologne, Germany.

6.Oróa, E., Gila, A., Miróa, L., Peiróa, G., Álvarezb, S. And Cabezaa, L. F., 2022, "Thermal energy storage implementation using phase change materials for solar cooling and refrigeration applications," Universitat de Lleida,

7.Zalba, B., Marın, J., M., Cabeza, L. F., and Mehling, H., 2022, "Review on thermal energy storage with phase change: materials, heat transfer analysis and applications," Applied Thermal Engineering, 23, PP. 251–283.

8.Bauera, T. Lainga, D. and Tammea, R., 2021, "Recent Progress in Alkali Nitrate/Nitrite Developments for Solar Thermal Power Applications." Molten Salts Chemistry and Technology, MS9, Trondheim, Norway 5 - 9 June.

9.Zhang, X., Tian, J., Xu, K., Gao, Y.و 2021 "Thermodynamic evaluation of phase equilibria in NaNO3- KNO3 system," Journal of Phase Equilibrium and Diffusion 24 pp. 441-446.

10.KRAGBÆK, J., REINHOLDT, N. P., 2021, "Heat Storage Based on PCM for Concentrated Solar Power Applications with NaNO3-KNO3 eutectic mixture as PCM," M.S. THESIS within THERMAL ENERGY AND PROCESS ENGINEERING, Department of Energy Technology University of Aalborg, Denmark.

13.Glossary:

معناه بالعربية	دلالته	اسم الرمز
نظام التوليد الكهربائي الحراري الشمسي	Solar electricity generating system	SEGS
خزان الطاقة الحرارية	Thermal energy storage	TES
المتحكم(المسيطر)الخطي التناسبي لدارة التحكم الرقمية	The linear proportional controller	PLC
سائل النقل الحراري	Heat transfer fluid	HTF
ضغط التبخير لسائل النقل الحراري	Evaporation pressure -1	VP-1
المادة المتغيرة طورياً	Phase change material	PCM
الصوف المعدني	Mineral wool	MN WOOL
درجة حرارة التغير الطوري للمواد المتغيرة طورياً	Temperature of phase change materials	ϑ_m
فرق الانتالبي للحرارة الكامنة للمواد المتغيرة طورياً	the difference of Enthalpy for latent heat of$(PCM)_S$	Δh_m
كثافة المادة المتغيرة طورياً	The density of $(PCM)_S$	ρ_s
السعة الحرارية للمادة المتغيرة طورياً عند ضغط ثابت	The Thermal capacity of $(PCM)_S$	$c_{p,s}$

Optimal electrical energy saving for an electrical appliance model using the simulation environment and modelling through the advanced software Pvsyst 7.2 and Trnsys programs

Dr. Mohamed Riad jassem
Instructor at Al-Furat University - Faculty of Mechanical and Electrical Engineering—Syria

Abstract

The main element and largest consumer of energy is the electricity sector. Therefore, there are ancient and modern efforts to save on the consumption of fossil fuels in this sector, reduce the proportion of harmful gas emissions to the environment, achieve optimal energy savings, reduce the growing energy gap, and the increase in demand for energy in the current period and the rise in global crude oil prices, which led us to search for alternative methods, which is the use of energy. Solar technology and the use of advanced software, especially the PVsyst 7.2 program in its professional version, to design and model a photovoltaic system. To design a model of a thermal and electrical heating device and analyze the results by using this advanced program, with the aim of obtaining optimal energy savings, reducing the use of fossil fuels, and reducing carbon dioxide emissions as an environmental goal. Due to the possible updates and additions in computer programming and the ability to use developed programs to evaluate the performance of the studied thermal system (an electric thermal heating device for phase-change materials), we have been provided with the digital simulation program (TRNSYS) as well as the computer program 7.2 PVsyst, which are present in research centers in Syria because they are among the effective programs in Computer modeling since 2006, which allows us to perform implicit programming calculations for basic numerical functions of the model indicators, and their compatibility with other elements in the studied thermal system.

Keywords: solar radiation, Pvsyst 7.2 program, Trnsys program, energy saving.