

المخلص

في هذه الدراسة، تم ألتحري عن أداء منظومة خزن الطاقة الحرارية الباردة الكامنة بشكل عددي كي تستعمل كخزان بارد.

معادلات الزخم (momentum equations) لجريان مائع نقل الحرارة تم حلها لشروط الجريان طباقية، ثلاثي الأبعاد، مستقر، لا انضغاطي ولا أنزلق؛ بينما معادلة الطاقة لمائع نقل الحرارة حلت بشرط عدم الاستقرار. أن التوصيل الحراري في المادة المتغيرة الطور والجدران الصلبة اعتُبر كمسألة توصيل حراري غير مستقرة ثلاثية البعد مستخدماً طريقة السعة الحرارية الفعاله للمادة المتغيرة الطور.

قد تم تحويل المعادلات الحاكمة إلى الشكل العددي باستخدام طريقة الحجم المحدد (finite-volume method) (explicit method) وتم حل هذه المعادلات باستخدام الطريقة (SIMPLE method) مع شبكة نقاط مترنحة (staggered grids) وباستخدام لغة فورتران (FORTRAN-90). تم استخدام طريقة التصحيح للضغط (pressure-correction method) لحل مشكلة الازدواج الذي تحدث بين السرعة والضغط والتي تكون مصاحبة للعمل الحالي (pressure-velocity coupling) لإيجاد توزيع السرعة كخطوة أولى، بعد ذلك حل معادلات الطاقة (energy equations) للمائع والمجال المحيط به (الجدران الصلبة و المادة المتغيرة الطور) أنيا كخطوة ثانية.

تتضمن الدراسة خطوتان رئيسيتان. أولاً: تم دراسة توزيع السرعة لمائع نقل الحرارة، درجات الحرارة ونسبة الصلب معطيه معلومات مفصلة عن سلوك السرعة لمائع نقل الحرارة تحت تأثير القيم المختلفة لعدد رينولدز، كذلك تعطي معلومات حول توزيع درجات الحرارة والطور داخل المادة المتغيرة الطور و مائع نقل الحرارة أثناء عملية تغيير المرحلة الانتقالية ثم أنجز تحري للمتغيرات بشكل مفصل يتضمن دراسة تأثير عدد رينولدز، عدد ستيفان، سمك الفاصل الأفقي، درجة الحرارة الابتدائية للأبعديه للمادة المتغيرة الطور، نسبة ألوجة وأرتفاع ألحاوية على أداء منظومة خزن الطاقة الحرارية الباردة الكامنة. وجد بأن هذه المتغيرات تؤثر على متوسط درجة حرارة سطح القناة الأبعديه، عدد نسلت، معدل درجة حرارة الخروج لمائع نقل الحرارة الأبعديه، درجة حرارة المادة المتغيرة الطور الأبعديه، نسبة الصلب، جبهة التصلب بنظام ثلاثي الأبعاد وخزن الطاقة الباردة المتراكم بمستويات مختلفه. أيضاً، وُجد من النتائج التي تم الحصول عليها أن درجة الحرارة الابتدائية للمادة المتغيرة الطور وسمك الفاصل الأفقي ليس لهما تأثير مهم على الاداء الحراري لمنظومة خزن الطاقة الحرارية الباردة، بينما عدد رينولدز، عدد ستيفان، نسبة ألوجة وأرتفاع ألحاوية كان لهم دور مهم في عملية الانجماد ولهم تأثير قوي على الاداء الحراري لمنظومة خزن الطاقة الحرارية الباردة. أيضاً، وجد بأن تأثير عدد ستيفان على عدد نسلت لمائع نقل الحرارة هو غير مهم.

لقد تمت مقارنة نموذج السعة الحرارية الفعالة الحالي مع نموذج الانتالبي لباحثين آخرين، شاتكيان [10] 2004 و راثود وبنرجي [30] 2011 وقد أظهرت النتائج المستحصلة أن هناك توافق جيد نسبياً بين هذه النتائج.

Abstract

In this study the performance of latent cool thermal energy storage system is investigated numerically to use as the cold storage.

The Navier-Stokes equations (momentum equations) of the heat transfer fluid flow are solved in laminar, 3-D, steady state, incompressible, and no slip conditions; while the energy equation of heat transfer fluid is solved for unsteady state condition. The heat conduction in the PCM and the solid are considered as unsteady 3-D heat conduction problem using the effective heat capacity method for PCM.

The governing equations are discretized using finite-volume method (explicit

method)-upwind differencing scheme, and then these are solved using SIMPLE algorithm method on staggered grid with FORTRAN code. The pressure-correction method is used to obtain the velocity distribution, and then the energy equations for the fluid and the periphery domain (solid and PCM) are solved simultaneously as second step.

The study includes two main steps. First, velocity of HTF, temperatures and solid fraction distribution are studied, yielding detailed information on the HTF velocity behavior under effect of different values of the Re , also give information about phase and temperatures distribution inside the PCM and the HTF during the transient phase-change process. Then, a detailed parametric investigation is performed, including effects of Reynolds number, Stefan number, horizontal partition thickness, dimensionless initial temperature of the PCM, aspect ratio and container height on the performance of the latent cool thermal energy storage system. These parameters effect on the dimensionless average channel surface temperature, Nusselt number, dimensionless HTF outlet bulk temperature, dimensionless PCM temperature, solid fraction, solid front in 3-D and the cumulative cool energy storage in different levels. Also, it was found from the obtained results that the dimensionless initial temperature of the PCM (θ_{pi}) and horizontal partition thickness (H_s) does not have very important effect on thermal performance of the CTES system, while the Reynolds number (Re), Stefan number (Ste), aspect ratio (α) and container height (H_p) play an important role during solidification process and has a strong effect on performance of the CTES system. Also, it was found that the effect of Stefan number (Ste) on Nusselt number of HTF is not significant.

The present effective heat capacity model is compared with the available enthalpy model of other authors, Shatikian 2004 [10] and Rathod and Banerjee 2011 [30], and the comparison showed relatively good agreement.