جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
قسم هندسة الميكانيك العام

تطوير واختبار مبادل أنبوبي حلزوني لمضخة جيوحرارية وفق الشروط المناخية لمدينة دمشق

Improving and Testing a Helical Exchanger of a Geothermal Heat Pump according to the Climate Conditions of Damascus

دراسة أعدت لنيل درجة الدكتوراه في هندسة التبريد

إعداد المهندس: أحمد غريب عمايري
الدكتور المشرف: أ.د. وجيه محمد خير ناعمة

الملخص

تم في هذا البحث تصميم مبادل جيو حراري أنبوبي حلزوني كما تم تحديد الأبعاد المثلى له (الطول وقطر الأنبوب وقطر اللفة والتباعد بين اللفات ...إلخ) وتحديد حجم الحفرة اللازمة لتوضع المبادل والكافية لتفريغ الحرارة خلال فصل الصيف وامتصاص الحرارة اللازمة خلال فصل الشتاء وأخذبالحسبان الشروط المناخية ومواصفات التربة في موقع تركيب المبادل وقت استخدم برنامج Visual Basic خلال عملية التصميم باستخدام وأجريت عملية النمذجة العددية باستخدام برنامج ANSYS 18.2 وتم من خلالها التأكد من كفاية الحفرة لتفريغ وامتصاص الحرارة ضمن التربة وتم تنفيذ منصة مخبرية تجريبية لربط المبادل الجيوحراري بدارة مضخة حرارية منزلية لاختبار أداء المبادل واختبار أداء المضخة الجيوحرارية ومقارنتها مع الدارة التقليدية هواء -هواء.

الدراسة التحليلية

تم في هذه المرحلة إيجاد التصميم الأمثل لمبادل أنبوبي حلزوني يعمل في منظومة مضخة جيوحرارية تستخدم للتدفئة والتكييف وفقاً للشروط المناخية لمدينة دمشق مع التركيز على إيجاد حل بديل للمبادلات الجيوحرارية الشاقولية والتي تتطلب أعماق حفر كبيرة ترفع من الكلفة التأسيسية للمنظومة وللمبادلات الأفقية التي تتطلب مساحة كبيرة من الأراضي، تم في مرحلة التصميم تحديد الأبعاد التصميمية المثلى للمبادل: طول المبادل، قطر الأنبوب، والتباعد بين اللفات وقطر اللفة وذلك من خلال رسم منحنيات متعددة للحصول على أفضل نتيجة من خلال الأخذ بالحسبان سرعة الماء وحجم التخزين الأرضي لتحقيق أكبر فعالية للمبادل بأصغر مساحة حفر ممكنة. كما تم في هذه المرحلة إيجاد الأبعاد الهندسية للحفرة اللازمة للمبادل مع تحقيق التبادل الحراري الكافي لامتصاص الحرارة في وضع التدفئة وطرحها في وضع التبريد

الدراسة العددية (الحاسوبية)

نظراً لصعوبة إجراء التحليلات المطلوبة للمبادلات الحرارية اعتماداً على الحلّ التحليلي والتجريبي فقط، تمَّ إجراء عملية محاكاة حاسوبية لمبادل حراري أنبوبي حلزوني يعمل في منظومة مضخة جيوحرارية تستخدم للتكييف صيفاً وشتاءً ضمن شروط مدينة دمشق خلال فصلي الصيف والشتاء باستخدام برنامج المحاكاة العددية ANSYS (CFX) 18.2، وتمّ باستخدام البرنامج دراسة التدرج الحراري للتربة بعد مضي 10 ساعات تشغيل .وقد تم تحديد تدرج درجة حرارة التربة بالحالة المستقرة صيفاً وشتاءً و التدرج الحراري في مركز التربة و تغير حمل المبادل مع الزمن صيفاً وشتاءً تغير درجة حرارة خروج الماء من المبادل الجيوحراري مع الزمن صيفاً وشتاء وخلصت الدراسة إلى أن الأبعاد التصميمية المدروسة للحفرة في الدراسة التحليلية كافية لتفريغ الحرارة ضمن التربة حيث لا يوجد تدرج حراري في المرحلة المستقرة خارج حدود المنطقة المدروسة

الدراسة التجريبية

تمّ في هذه المرحلة تنفيذ المبادل الجيوحراري الحلزوني المصمم مسبقاً بالاعتماد على نتائج الدراسة التحليلية والدراسة العددية وربطه مع دارة مضخة جيوحرارية تستعمل لتكييف غرفة على مدار العام. وذلك بهدف اختبار هذا المبادل وفعاليته ومقارنته مع المبادلات الأخرى تمدد مباشر هواء- هواء

وتم دراسة أداء الدارة صيفاً وشتاءً وتحديد معامل الأداء مقارنته مع دارات التكييف التقليدية وكان معامل الأداء أكبر بمقدار 37% صيفاً و 67% شتاء

النتائج والمناقشة

1. إنَّ اختيار قطر لفة أكبر لأنبوب المبادل يخفض من ارتفاع درجة حرارة التربة في المنطقة المحيطة للمبادل بفروقات تصل إلى 17 درجة في المنطقة القريبة من المبادل ويضمحل الفرق تقريباً بعد الابتعاد بمقدار 2 متر.
2. إن عمق 3 متر كاف لتحقيق طرح الحرارة من دارة المضخة الحرارية إلى التربة.
3. تنخفض الكلفة التأسيسية وذلك باستخدام الأنظمة ذات المبادل الحراري الحلزوني بسبب انخفاض تكاليف الحفر وعدم الحاجة لأعماق كبيرة
4. الاستفادة من كامل التربة المحيطة بالمبادل في عملية التبادل الحراري وحتى عمق 20 متراً وبعدها يصبح تغير درجة الحرارة شبه معدوم.
5. يمكن استخدام أنابيب PEX بدلاً من البولي إيريثان عالي الكثافة لتنفيذ المبادلات الجيوحرارية لما تتمتع به من سهولة في تشكيل المبادل مع فعالية في نقل الحرارة من وإلى التربة.
6. المضخة الحرارية الأرضية لها قيم معامل أداء أعلى مقارنة بالمضخة الحرارية ذات المنبع الهوائي ويكون معامل الأداء أعلى بمقدار 34% صيفاً و 67% شتاءً.
7. يكون مقدار الوفر الطاقي في الاستجرار الكهربائي حوالي 33% بالمقارنة مع المضخة الحرارية التقليدية ذات المنبع الهوائي وبالتالي التقليل من انبعاثات غاز co2.

المراجع

[1] Saeed Maddah, Marjan Goodarzi , Mohammad Reza Safaei, Comparative study of the performance of air and geothermal sources of heat pumps cycle operating with various refrigerants and vapor injection, 2020
[2] H Mun, M Dilawar, M Jeong, Effect of a Heating System Using a Ground Source Geothermal Heat Pump on Production Performance, Energy-Saving and Housing Environment of Pigs, 2022
[3] ASHRAE, Geothermal Energy Chapter, Application Handbook, USA, ASHREA, 2019
[4] FRANK P. INCROPERA, DAVID P. DEWITT, Fundamentals of Heatand Mass Transfer, SEVENTH EDITION. USA, 2011.
[5] Alessandro Franco n, MaurizioVaccaro, Numerical simulation of geothermal reservoirs for the sustainable design of energy plants: A review, 2014
[6] Yaobin Zhang, Jia Zheng, Aihua Liu, Qiulan Zhang, Jingli Shao and Yali Cui, Numerical Simulation of Shallow Geothermal Fieldin Operating of a Ground Source Heat Pump System—A Case Study in Nan Cha Village, Ping Gu District, Beijing, 2020