

تجزیه تحلیل عملکرد سیستم تولید برق از منابع زمین گرمایی سنگ های داغ خشک بر

اساس چرخه کالینا

چکیده

بر اساس چرخه ی معمول کالینا، در این مقاله سیستم تولید برق از منابع زمین گرمایی سنگ های داغ خشک به عنوان سیستم توصیه شده معرفی گردیده است. به منظور پیش بینی عملکرد سیستم، از مدل محاسباتی گرمایی مربوطه استفاده گردید. از یک کندانسور فشار بالا و یک کندانسور (متراکم کننده) فشار پایین به منظور متراکم سازی سیال کاربردی (مخلوطی از آمونیاک و آب) و سیال پایه در سیستم توصیه شده استفاده گردیده است؛ همچنین از نوعی تقویت کننده به منظور بازیابی بخشی از گرمایی خروجی از توربین و همچنین به صورت همزمان به منظور فراهم سازی انرژی مورد نیاز برای جدا سازی مخلوط آب و آمونیاک از یکدیگر استفاده گردید. از تجزیه تحلیل عملکرد پارامتر بر سیستم استفاده کردیم.

نتایج نشان داد که هر دو پارامتر بازدهی (کارایی) گرمایی و بازیابی توان دینامی، با افزایش دمای منبع گرمایی افزایش می یابد؛ بازدهی میزان بازیابی دینامیک در محدوده ی 8.5-18 درصد و دمای منبع گرمایی از 150-220 سانتی متفاوت می باشد، و همچنین بازدهی بازیابی گرمایی نیز در محدوده ی 86-88 درصد متغیر خواهد بود. غلظت نسبتا پایین محلول اساسی و غلظت بالای سیال کاربردی نیز در بهبود بازدهی سیستم تحت شرایط جداسازی ارضا شده نقش مهمی را ایفا می کند. تغییر (تفاوت) بسیار جزئی در بازدهی سیستم با تغییر در نسبت گردش سیال، نشان می دهد که تنوع و تغییر نسبت گردش با توجه عناصر محیطی نمی تواند تاثیر شگرف و بزرگی بر عملکرد سیستم داشته باشد.

کلمات کلیدی: سنگ های داغ خشک، تولید برق، چرخه کالینا، عملکرد گرمایی

1. مقدمه و معرفی

سنگ داغ خشک، به عنوان یکی از بزرگترین منابع زمین گرمایی، در عمق بین 2 تا 6 کیلومتری سطح زمین دفن شده است و توجهات بسیار زیادی را در سال های اخیر به خود جلب کرده است. این سنگ ها به شکل گسترده ای در اعماق

زمین پراکنده شده اند و محدوده دمایی آن ها بین 150 تا 220 درجه سانتیگراد می باشد. انرژی گرمایی که درون این سنگ ها و در اعماق زمین نگهداری (ذخیره) می شود بسیار عظیم می باشد. مطالعات صورت گرفته در این زمینه نشان می دهند که این منابع انرژی، شامل نزدیک به 10 میلیارد کوارت (واحدی برا سنجش حجم مایعات) انرژی گرمایی فقط و فقط در سنگ های داغ خشک سطحی (کم عمق) ذخیره می باشد، که این میزان حدود 300 بار بیشتر از انرژی نهفته در سوخت های فسیلی (زغال سنگ، گاز و نفت) موجود بر سطح زمین می باشد.

از سنگ داغ خشک می توان به منظور تولید برق و یا گرما استفاده کرد. مفهوم تولید برق از سنگ داغ خشک در ابتدا به وسیله ی آزمایشگاه Los Alamos در دانشگاه کالیفرنیا و در سال 1970 مطرح گردید. ایده ی اولیه و ابتدایی این موضوع بر ایجاد نوعی مخزن نگهداری گرمای مصنوعی از طریق انفجار فشار آب یا سایر روش های موجود در محدوده ی سنگ های داغ خشک متراکم استوار می باشد. سپس به منظور دستیابی به انرژی گرمایی، آب سرد موجود در سطح به درون مخزن گرمایی تزریق می شود؛ پس از آن آب گرم به دست آمده یا بخار حاصل شده به منظور تولید انرژی برق از زمین خارج می گردد. در سال 1970، اولین آزمایش کاوش سنگ های داغ خشک در ایالات متحده به شکل موفق آمیزی صورت گرفت. در سال اخیر، از طریق تلاش های صورت گرفته توسط تمامی کشورها و همچنین همکاری های بین المللی ژاپن، آلمان، ایالات متحده و سایر کشورهای توسعه یافته، آزمایش های موفقیت آمیزی در زمینه سیستم های تولید برق از سنگ های داغ خشک صورت پذیرفته است و تکنولوژی های مرتبط با این فناوری نیز تست و راه اندازی شده اند.

علاوه بر این، ظرفیت تولید برق از سیستم خلبان نیز در حال افزایش می باشد، از حدود 3 مگا وات به 11 مگا وات افزایش داشته است. قطعاً هنوز کارهای بسیار زیادی وجود دارد که در جهت دستیابی به اجرای تجاری و توسعه ی این تکنولوژی بایستی به اتمام برساند. چگونگی استفاده ی موثر و کارآمد از منابع سنگ های داغ خشک، بهینه سازی سیستم های تولید برق از سنگ های داغ خشک، و بهبود کارایی و بازدهی سیستم ها جز آن دسته از مسائلی هستند که بایستی حل و فصل گردند.

چرخه کالینا برای اولین بار توسط Alexander Kalina و در سال 1984 به منظور جایگزینی با چرخه سنتی و قدیمی ترمودینامیک به عنوان چرخه ی انتهایی در سیستم های چرخه ای برق ترکیبی مربوط به منابع گرمایی با

دمای پایین معرفی شد. تا کنون اثبات شده است که در مقایسه با چرخه ارگانیک Rankine و با استفاده از یک منبع حرارتی زمین گرمایی یکسان، چرخه کالینا قادر به دستیابی به توان خروجی بالاتری می باشد. از مخلوط آمونیاک- آب به عنوان مایع کاربردی در چرخه کالینا استفاده کردیم، که با توجه به تغییرات متوسط فاز غیر ایزوترمال (دمای غیر ثابت و نا برابر) و تغییرات متوسط غلظت در گردش، نهایتاً منجر به ارتباطات تطبیقی انتقالی بهتر در برنامه های کاربردی مربوط به منابع دمایی متوسط و پایین گردید. با توجه به دمای بحرانی نسبتاً پایین مخلوط آمونیاک- آب در مقایسه با آب خالص، ثابت شد که چرخه کالینا در برنامه های کاربردی منابع حرارتی با دمای پایین و متوسط از برتری های محسوسی برخوردار می باشد، مانند توان (برق) زمین گرمایی (17)، تولید برق خورشیدی (18، 19)، بازیابی گرمای هدر رفته ی صنعتی (20)، به عنوان چرخه ی انتهایی واحد تولید (21-23)، همچنین استفاده شده به عنوان سیستم گردش در واحد تولید برق- سرد (24).

دمای بخار یا آب خارج از چشمه ی تولید مربوط به سیستم سنگ داغ خشک، در محدوده ی بین 150 تا 250 درجه سانتیگراد متغیر می باشد. این موضوع متعلق به منبع حرارتی دمای پایین می باشد و علی الخصوص برای تولید جریان برق به وسیله چرخه کالینا مناسب می باشد. اندازه گیری ها نشان می دهند که اگرچه تلاش های بسیاری در زمینه ی تولید برق از سنگ های داغ خشک و همچنین تولید برق از طریق چرخه کالینا صورت گرفته است، اما هیچ نوع مدل خاصی برای سیستم های تولید برق از سنگ های داغ خشک مبنی بر چرخه ی کالینا وجود ندارد. در این مقاله، نوعی مدل خاص برای سیستم های تولید برق از سنگ های داغ خشک مبنی بر چرخه کالینا توسعه یافته است. از طریق تجزیه تحلیل های ترمودینامیک، عملکردهای سیستم به لحاظ نظری و تئوریک مورد بررسی و آنالیز قرار گرفت. تاثیر پارامترهای عملیاتی اصلی بر عملکردهای گرمایی سیستم به شکلی جامع و کلی مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

2. مدل سازی سیستم

2.1 توصیف سیستم

سیستم های سنگ های داغ خشک عمدتاً شامل یک چرخه ی تولید برق و یک چرخه استخراج گرما (حرارت) می باشند. این مطالعه تاکید خاصی بر آنالیز کمی چرخه تولید برق کالینا دارد، که از مخلوط آمونیاک- آب به عنوان مایع کاربردی استفاده می کند. دیاگرام شماتیک سیستم را می توان در شکل شماره 1 مشاهده نمود. آب سرد فشار بالا

(B2) به وسیله ی پمپ تقویت کننده ی فشار بالا در ابتدا به درون مخزن حرارتی مصنوعی زیرزمینی تزریق می گردد. سپس، آب سرد به وسیله ی سنگ های با دمای بالا درون آب داغ یا بخار داغ گرما داده می شود. آب گرم فشرده شده (B3) از چاه های (چشمه) تولید زیرزمینی استخراج می گردد. آب داغ فیلتر شده (B4) از طریق فیلترها رد شده و به منظور حرارت دادن مخلوط آمونیاک و آب در بخارساز مورد استفاده قرار می گیرد. آب خنک سازی شده (B5) بعد از عبور از بخارساز دوباره به وسیله ی پمپ های فشار قوی به دورن چاه های تزریق وارد می گردد. چرخه ی استخراج گرما (حرارت) از سنگ های داغ خشک هم اکنون به اتمام رسیده است.

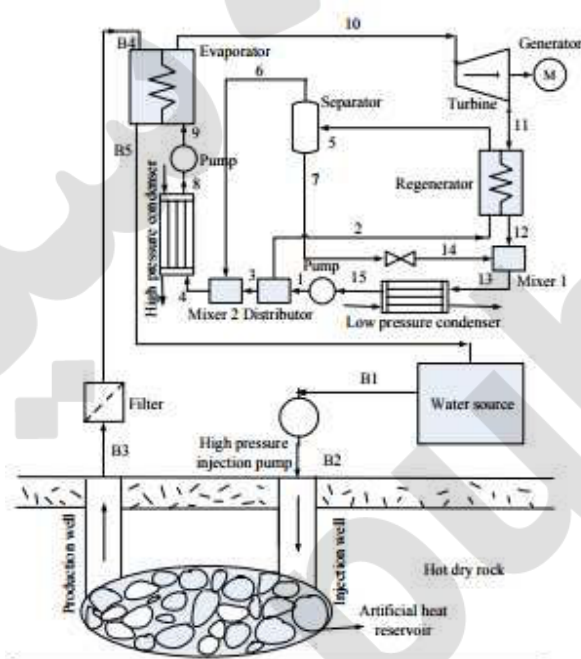
مایع یا همان سیال کاربردی (9) در بخارساز گرمادهی شده و به بخار تبدیل می گردد. بخار مخلوط آمونیاک- آب به شدت حرارت دیده (10)، بعد از این مرحله به منظور تولید برق به وسیله ی یک ژنراتور به درون توربین تزریق و پخش می گردد. بخار خروجی از توربین (11) بعد از آزاد کردن گرما در تقویت کننده، وارد مخلوط کن 1 می شود، و با مخلوط آب غنی سازی شده ترکیب می گردد (14)، مخلوطی که منبع آن جداسازی می باشد، سپس مخلوط اصلی بخار با غلظت نسبت پایین (13) به دست می آید.

مخلوط اصلی بخار بعد از این مرحله در یک متراکم ساز با فشار پایین متراکم سازی شده و مایع اشباع به دست خواهد آمد (15). پس از تحت فشار گذاشتن مایع، مایع اشباع شده به دو قسمت جداسازی می گردد، قسمتی از مخلوط (2) به وسیله ی جریان تقویت کننده گرمادهی می شود و بعد از آن به قسمت هایی با نام مخلوط آب غنی سازی شده (7) و مخلوط آمونیاک غنی سازی شده (6) در جداسازی از نوع برج تقطیر، جدا سازی می گردد. آمونیاک غنی سازی شده (6) با بخش دیگری از مخلوط ترکیب (3) می شود که منشأ آن از توزیع کننده موجود در مخلوط ساز 2 بوده و ترکیب تولیدی همان مایع کاربردی خواهد بود (4). سپس، مایع کاربردی (4) در یک متراکم ساز فشار بالا قرار گرفته و پس از متراکم سازی به مایع کاربردی اشباع شده (8) تبدیل می شود، سپس قبل از ورود به درون بخارساز، تحت فشار قرار گرفته و در نهایت چرخه ی کالینا نیز در اینجا به اتمام می رسد.

شکل 1

2.2 پارامترهای اصلی و فرض های عمومی (کلی)

در سیستم تولید برق از طریق چرخه ی کالینا که در قسمت قبلی توصیف گردید، آب به منظور خنک سازی مایع مخلوط آمونیاک- آب در متراکم ساز فشار پایین و متراکم ساز فشار بالا به ترتیب مورد استفاده قرار گرفته است. محاسبه ی معادلات مربوطه نیز در جدول شماره 1 خلاصه سازی شده و قابل مشاهده می باشند. در جدول، G نرخ جریان توده ای می باشد، $F = G1/G10$ نسبت نرخ جریان مایع پایه به نرخ جریان مایع کاربردی می باشد، h نیز آنتالپی مایع کاربردی می باشد، دلتای t هم اختلاف دما خواهد بود. $C_p h$ ظرفیت گرمایی ویژه آب داغ است، t دما می باشد. با توجه به اینکه از دست رفت (هدر رفت) در سیستم استخراج گرما از سنگ های داغ خشک وجود دارد، مفهوم بازدهی بازیابی زمین گرمایی بسیار توصیه می گردد.



شکل 1