بررسی اثر داکت برنر در اقتصاد نیروگاه‌های سیکل ترکیبی

محمدرضا مقدم[۱]، میثم جمشیدیان[۲]

[۱] استادیار دانشکده محیط زیست و انرژی ـ دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات ـ تهران ـ ایران
m.r_moghaddam@yahoo.com
[۲] دانشجوی دکتری دانشکده محیط زیست و انرژی ـ دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات ـ تهران ـ ایران
meysamjamshidian@ymail.com

چکیده: **نیروگاه‌های حـــرارتی در کشورمان بعد از مصارف خانگی بزرگترین بخش مصرف کننده انـرژی هستند. با عنایت بـه هـدف افـزایش میزان بهره‌وری در صنعت نیروگاهی کشور، توسعه واحدهای سیکل ترکیبی در دست اقدام می‌باشد. یکی از عوامل تأثیرگذار بر روی توان تولیدی و راندمان نیروگاه‌های سیکل‌ترکیبی استفاده از سیستم آتش‌زایی تکمیلی به کمک مشعل و مجموعه تجهیزات مربوطه به نام داکت برنر است. پس از انجام مطالعات فنی و تئوری بحث، بر آن شدیم تا با بررسی یک نمونه واقعی و با درنظر گرفتن شرایط موجود در کشور، استفاده از این تجهیز را از دیدگاهی مبتنی بر اقتصاد قضیه بررسی و تحلیل کنیم. لذا نیروگاه سیکل ترکیبی دماوند بدین منظور مدنظر قرار گرفت . اطلاعات بهره‌برداری ۹ واحد فاز یک نیروگاه ، مشتمل بر ۳ بلوک سیکل ترکیبی برای مدت یکسال جمع‌آوری و محاسبات اقتصادی شامل محاسبه درآمد و هزینـه‌هـا انجام شد که نتایج حاکی از عدم توجیه‌پذیری اقتصادی از دیدگاه خرد وکلان در نیروگاه مورد مطالعه حاصل شد. همچنین با به‌کـارگیری مـدل اقتصادسنجی ، تحلیل سری زمانی، پیش‌بینی درآمد و هزینه‌های آینده و تحلیل حساسیت ، شرایط اقتصادی آتی سیستم نیز پیش‌بینی شده است. که بررسی نتایج نشانگر از عدم توجیه پذیری اقتصادی سیستم تا سال ۱۴۰۰(هـش) بر پایه شرایط کنونی است.**

واژه‌های کلیدی: **آتش‌زایی تکمیلی ، اقتصاد نیروگاه، داکت برنر، سیکل ترکیبی ، بویلر بازیاب**

Economic Consideration of Supplementary Firing in HRSG Power Plants

mohammadreza moghaddam[1], Meysam jamshidian[2]

[1]*Ph.D.(Assistant Professor), Department of Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad university, Tehran, Iran, m.r_moghaddam@yahoo.com*

[2]*Ph.D. student, Department of Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad university, Tehran, Iran, meysamjamshidian@ymail.com*

Abstract

Thermal power plants in our country are the largest energy consuming sector after domestic section. Considering the general policy of all countries in the energy sector is to increase system efficiency so the power industry development in our country, gas and steam combined cycle units is ongoing. One of the factors on productivity and efficiency of combined cycle power plants use the supplementary firing by a burner and set of equipment is called Duct Burner. In this regard, the technical studies and theoretical discussions, it became To examine a real example and taking into account the existing situation in the country, the use of this equipment from the theorem of economics based approach to analyzing. The survey taken after Damavand Combined Cycle Power Plant was considered for this purpose. 9units of phase 1operation information's of plant, including three blocks of combined cycle power plant (6 gas units and 3 steam units) were collected for one year. Including estimated revenues and costs for equipping the economic calculations were performed that the results not justified the economic feasibility in (micro and macro viewpoint) use of supplementary firing. Using econometric models and time series analysis and forecasting of future revenue and expenditure system and the sensitivity analysis performed, can be predicted that with regard to the guaranteed purchase rates and the current fuel prices, the current rates until the year 1400 (solar) records the operation of this system is not economical.

Keywords: Supplementary firing, Power Plant economy, Duct Burner, combined cycle, HRSG

۱- مقدمه

سیستم آتش‌زایی تکمیلی[1] با استفاده از اکسیژن موجود در دود خروجی توربین گازی به منظور افزایش تولید بویلر ، انعطاف پذیری بیشتر و راندمان اقتصادی بالاتر بویلر بازیاب[2] و در برخی موارد سیکل ترکیبی، مورد استفاده قرار می‌گیرد . در بسیاری از واحدهای نیروگاهی نیاز به تولید بخار با شرایط ثابت دارند ، این مشعل‌ها قادر به جبران کمبود تولید ناشی از تغییرات شرایط محیطی و به تبع آن تغییرات عملکرد توربین گاز می‌باشد .

فرضیه اصلی تحقیق شامل بررسی اقتصادی بکارگیری سیستم آتش-زایی تکمیلی از دو دیدگاه سرمایه‌گذار و اقتصاد کلان کشور، می‌باشد که به تفصیل مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

این تحقیق در سال ۱۳۹۰ و با همکاری بسیاری از کارکنان محترم نیروگاه سیکل ترکیبی دماوند واقع در استان تهران صورت گرفته است.

۲- ضرورت تحقیق :

مدیریت بهینه واحدهای بزرگ تبدیل انرژی همانند نیروگاههای تولید برق بدون در اختیار داشتن مدل‌های اقتصادی واقعی از بخش‌های مختلف این صنایع انتظاری دور از ذهن می‌باشد. بدون به کارگیری- این مدل‌ها تصمیمات مدیران بخش‌های انرژی به سمت مدل‌های ذهنی و به کارگیری روشهای مبتنی بر آزمون و خطا سوق می‌یابد.

۳- روش تحقیق:

-

روش و فرآیند مطالعات بر پایه اطلاعات اولیه قرادادهای خرید تضمینی برق و مدارک و اطلاعات فنی سیستمهای داکت برنر مورد استفاده در نیروگاههای سیکل ترکیبی (براساس اطلاعات سازندگان تجهیزات) و مطالعه موردی اطلاعات بهره‌برداری یک نیروگاه می‌باشد.

مبانی نظری موضوع با بهره گیری از نظرات استافت[3] (۲۰۱۰) صورت گرفته همچنین پیشینه تحقیقات انجام شده بیانگر این مطلب است که به کارگیری داکت برنر صرف نظر از محدودیت‌های فنی، به طور کلی در اغلب نیروگاههای سیکل‌ترکیبی باعث تلفات راندمان و افزایش توان ناخالص تولیدی می‌گردد. لذا با مطالعه موردی نیروگاه‌های موجود در کشور می‌توان به تحلیل موضوع از دیدگاه اقتصادی پرداخت و برمبنای نتایج به دست آمده، درخصوص بکارگیری بهینه این سیستم تصمیمات بهتری اتخاذ نمود[3].

۴- بررسی فنی سیستم داکت برنر

سیستم احتراق اضافی با استفاده از اکسیژن موجود در دود خروجی بمنظور افزایش تولید بویلر بازیاب، انعطاف پذیری بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد لذا در بسیاری از واحدها که نیاز به تولید بخار با شرایط ثابت ترمودینامیکی برای واحد می‌باشد، این مشعلها قادر به جبران کمبود تولید ناشی از تغییر شرایط محیطی و به تبع آن تغییرعملکرد توربین هستند. اغلب بویلرهای بازیاب جدید دارای سیستم داکت برنر بوده و در ایران نیز درصد قابل توجهی برق از طریق نیروگاههای سیکل ترکیبی دارای داکت برنر تولید می‌شود به نحوی که هر روزه تعداد این واحدها روبه افزایش است .

در توربین گاز تنها ۲۵ تا ۳۵ درصد از اکسیژن موجود در هوا در احتراق شرکت می‌کند . از بقیه این اکسیژن می‌توان در احتراق اضافی برای بویلر بازیاب استفاده نمود . بر اساس اینکه مشعل داکت برنر نیاز به فن هوای اضافه داشته باشد و یا اکسیژن موجود در دود برای احتراق کافی باشد به دو دسته زیر تقسیم می‌شود:

سیکل ترکیبی با احتراق اضافی محدود شده سیکل ترکیبی با ماکزیمم احتراق اضافی مقدار سوخت داکت برنر بر این اساس درحالت اول به گونه‌ای است که نهایتا دمای دود در ورودی به بویلر بازیاب به حدود ۸۰۰°C برسد[12,11].

مقدار سوخت داکت برنر بر این اساس تنظیم می‌شود که اکسیژن دود پس از داکت برنر از ۱۰ تا ۱۲ درصد حجمی کاهش پیدا نکند. زیـرا مـوجب ناپایداری شعله می‌گـردد. تا دمای دود حدود ۷۵۰°C ، بویلرهای بازیاب نیاز به خنک کردن ناحیه محفظه احتراق ندارند. بالاتر از این نقطه یک سیستم خنک‌کننده باید بکار گرفته شود[4].

۴-۱ محاسبه راندمان‌حرارتی[4] نیروگاه‌سیکل ترکیبی

مطابق تعاریف کلی راندمان حرارتی یک واحد سیکل ترکیبی با استفاده از داکت برنر از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$\eta_K = \frac{P_{GT} + P_{ST}}{\dot{Q}_{GT} + \dot{Q}_{SF}} \qquad (۱)$$

در حالت کلی راندمان سیکل ساده برای بخش گاز و بخار به ترتیب از روابط ذیل محاسبه می‌گردد:

۱- Supplementary Firing

۲ - HRSG(Heat Recovery Steam Generator)

۳ - Staft ,2010

۴ - Thermal efficiency

$$\eta_{GT} = \frac{P_{GT}}{\dot{Q}_{GT}} \quad (۲)$$

$$\eta_{ST} = \frac{P_{ST}}{\dot{Q}_{SF} + \dot{Q}_{Exh}} \quad (۳)$$

که در رابطه بالا مقدار حرارت خروجی از توربین گاز از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$\dot{Q}_{Exh} \cong \dot{Q}_{GT}\,(1 - \eta_{GT}) \quad (۴)$$

از ترکیب دو رابطه بالا رابطه زیر را خواهیم داشت :

$$\eta_{ST} = \frac{P_{ST}}{\dot{Q}_{SF} + \dot{Q}_{GT}(1-\eta_{GT})} \quad (۵)$$

۲-۴ روابط تئوریک اثر آتش‌زایی تکمیلی بر راندمان حرارتی نیروگاههای سیکل ترکیبی

در ادامه روابط فوق الاشاره خواهیم داشت :

$$\eta_K = \frac{\eta_{GT}\dot{Q}_{GT} + \eta_{ST}(\dot{Q}_{SF} + \dot{Q}_{GT}[1-\eta_{GT}])}{\dot{Q}_{GT} + \dot{Q}_{SF}} \quad (۶)$$

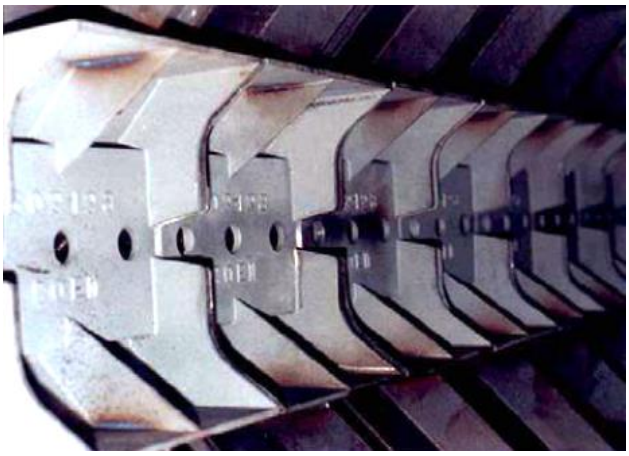
سیستم آتش زایی تکمیلی با توجه به رابطه فوق زمانی قادر به افزایش راندمان یک واحد سیکل ترکیبی است که :

$$\frac{\partial \eta_{ST}}{\partial \dot{Q}_{SF}} \cdot \frac{P_{ST}}{\eta_{ST}} > \eta_K - \eta_{ST} \quad (۷)$$

از ساده‌سازی رابطه (۶) با در نظر گرفتن رابطه (۷) خواهیم داشت :

$$\frac{\partial \eta_K}{\partial \dot{Q}_{SF}} > 0 \quad (۸)$$

رابطه (۸) بیانگر این مطلب است که افزایش میزان احتراق تکمیلی، راندمان واحد سیکل ترکیبی را افزایش می‌دهد به شرطی که این سیستم راندمان سیکل بخار را افزایش دهد . اما نکته مهم اختلاف راندمان بین سیکل ترکیبی و سیکل بخار است، به همین دلیل است که سیستم احتراق اضافی چندان مورد استفاده قرار نمی گیرد. لذا در نگاه کلی بهتر است که سوخت در توربین گازی پیشرفته محترق گردد چرا که حرارت تولید شده باعث بالا رفتن سطح حرارتی کل سیکل می‌شود و نه فقط سیکل‌بخار[10,8].



شکل(۱): یک ردیف مشعل در داخل داکت ورودی بویلر HRSG نیروگاه سیکل ترکیبی دماوند

۵- جمع آوری اطلاعات بهره برداری

در این تحقیق به منظور به حداقل رساندن خطاهای اندازه‌گیری و ثبت ارقام، اقدام به جمع‌آوری اطلاعات بهره‌برداری هر۳ بلوک نموده‌ایم که از طریق میانگین‌گیری ، اطلاعات مورد نیاز جهت محاسبات بعدی به شرح جدول ذیل فراهم گردیده است .

جدول(۱): متوسط توان و راندمان تولیدی فاز یک نیروگاه سیکل ترکیبی دماوند

متوسط توان تولیدی بدون استفاده از داکت برنر MWh	متوسط توان تولیدی با استفاده از داکت برنر MWh	متوسط راندمان کل فاز۱ (با استفاده از داکت برنر) (٪)	متوسط راندمان کل فاز ۱ (بدون استفاده از داکت برنر) (٪)
۱۴،۶۸۵/۱۳	۱۴،۷۰۹/۷۰	۳۷/۹۳	۳۷/۹۴

جدول(۲): متوسط مصرف گازو گازوئیل واحدهای گازی و۶ مشعل داکت برنر، متوسط مصرف داخلی فاز یک نیروگاه سیکل ترکیبی دماوند

متوسط مصرف گاز ۶ واحد گازی فاز ۱ (m^3)	متوسط مصرف گازوئیل واحدها (Lit)	متوسط مصرف گاز ۶ داکت برنر (m^3)	متوسط مصرف داخلی (MWh)
۳،۶۷۷،۲۳۷/۲۰	۷۴۷،۸۰۸/۹۶	۸،۲۴۸/۴۷	۶۴/۰۸

۶- تحلیل اقتصادی به‌کارگیری سیستم آتش‌زایی تکمیلی

۶-۱ بررسی اقتصادی سیستم از دیدگاه بهره‌برداری (اقتصاد خرد)

نرخ نهایی انرژی تولیدی نیروگاه سیکل ترکیبی دماوند ۲۲۴/۳۳۴ ریال/کیلوات ساعت استخراج گردیده است[5,1].

میزان توان تولیدی قابل فروش به وسیله داکت برنر از رابطه زیر محاسبه می گردد :

[توان تولیدی قابل فروش به وسیله داکت برنر= جمع سالیانه توان قابل فروش (با داکت برنر) – جمع توان قابل فروش (بدون داکت برنر)]

با توجه به رابطه فوق و اطلاعات جدول ۲ خواهیم داشت :

P_{DB}=۵,۳۰۱,۷۱۴ - ۵,۲۹۲,۸۲۰=۸,۸۹۴ [MWh/yr]

حال با توجه به نرخ نهایی انرژی تولیدی اشاره شده در بالا، درآمد حاصل از عملکرد داکت برنر در سال ۱۳۹۰ برای نمونه مورد مطالعه به شرح ذیل محاسبه می‌گردد:

درآمد حاصل از فروش انرژی = ۸,۸۹۴ × ۱,۰۰۰ × ۲۲۴.۳۳۴ [ریال] = ۱,۹۹۵,۲۲۶,۵۹۶

جمع حجم سوخت مصرفی ۶ دستگاه مشعل داکت برنر در طی دوره یکساله ۱۳۹۰ مطابق جدول ۲ به مقدار ۲,۹۸۵,۹۴۵ مترمکعب گاز طبیعی بوده است ، لذای بهای گاز مصرفی بر حسب ریال عبارتست از:

بهای گاز مصرفی = ۲,۹۸۵,۹۴۵ ×۹۰۰ = ۲,۶۸۷,۳۵۰,۸۹۶ [ریال]

به وضوح مشخص است که درآمد حاصل از به کارگیری سیستم داکت برنر از بهای گاز مصرفی دستگاه در این واحد نیروگاهی کمتر بوده و به میزان ۶۹۲,۱۲۴,۳۰۰ ریال در این سال عدم النفع داشته است . لذا می‌توان گفت با شرایط موجود استفاده از این تجهیز برای بهره بردار در این سال اقتصادی نبوده است .

۶-۲ بررسی اقتصادی اثر استفاده از داکت برنر از دیدگاه اقتصاد کلان

با توجه به جدول ۲ مشاهده می‌شود که راندمان کل فاز یک سیکل ترکیبی بدون استفاده از داکت برنر ۳۷/۹۴ ٪ بوده و راندمان کل فاز با بکارگیری سیستم آتش‌زایی تکمیلی ۳۷/۹۳ ٪ گردیده، که افت ۰/۰۱ درصد را در راندمان کل در پی داشته است. با عنایت به جزئی بودن مقدار افت راندمان از این تلفات در این مطالعه موردی صرف نظر شده است. همچنین با توجه به اینکه صنعت نیروگاهی کشور در حدود ۳۱/۲ ٪ از حجم کل گاز مصرفی کشور را به خود اختصاص می‌دهد، مهمترین عامل در بررسی اثر استفاده از سیستم آتش‌زایی تکمیلی ، اندازه گیری میزان صرفه جویی یا اتلاف گاز طبیعی توسط سیستم مذکور می‌باشد[2].

با توجه به اینکه فروش عمده برق تولیدی در داخل کشور انجام می‌شود لذا نرخ متوسط فروش برق از جداول نرخ رسمی اعلام شده به میزان ۴۳۰ (ریال/کیلووات ساعت) در سال ۱۳۹۰ استخراج می‌شود لذا درآمد حاصل از فروش توان تولیدی سیستم داکت برنر برای یک بلوک سیکل ترکیبی از فاز۱ نیروگاه سیکل ترکیبی دماوند برای مدت یکسال از دیدگاه اقتصاد کلان کشور به شرح ذیل محاسبه می‌گردد:

- توان قابل فروش تولیدی توسط سیستم آتش زایی تکمیلی برحسب [MWh/yr]

$P_{DB,1Block}$=(۵,۳۰۱,۷۱۴ - ۵,۲۹۲,۸۲۰)/۳=۲.۹۶۴/۶

– درآمد حاصل از فروش انرژی تولیدی(برحسب ریال) :

درآمد = ۲.۹۶۴/۶ × ۱,۰۰۰ × ۴۳۰ = ۱,۲۷۴,۸۰۶,۶۶۷

۶-۳ محاسبه بهای گاز مصرفی سیستم آتش‌زایی تکمیلی:

با در نظر گرفتن متوسط قیمت گاز طبیعی در سیف اتحادیه اروپا، انگلیس ، ایالات متحده امریکا و کانادا در سال ۲۰۱۰ میلادی به میزان ۲۰/۲۲۳ (سنت/مترمکعب) برای صنایع نیروگاهی مقدار بهای گاز مصرفی یک بلوک سیکل ترکیبی به شرح ذیل خواهد بود:

بهای گاز مصرفی = ۹۹۵,۳۱۵ ×(۱۲۲۴۰/۱۰۰) × ۲۰/۲۲۳ = ۲,۴۶۳,۶۹۸,۴۴۲ [ریال]

مشخص است که درآمد حاصل از به کارگیری سیستم داکت برنر از بهای گاز مصرفی دستگاه با درنظر گرفتن قیمت متوسط جهانی گاز طبیعی در این واحد نیروگاهی کمتر بوده و به میزان ۱,۱۸۸,۸۹۱,۷۷۵ریال در این سال برای یک بلوک سیکل ترکیبی عدم‌النفع داشته است .

۶-۴پیش‌بینی آینده اقتصادی به‌کارگیری سیستم داکت برنر

با توجه به نتایج حاصل از بخشهای فوق واضح است که این سیستم در گذشته و با عنایت به نرخ سوخت مصرفی یارانه‌ای دارای توجیه اقتصادی بوده است ولی با شرایط و نرخهای کنونی و البته شرایط بهره برداری خاص نمونه مورد مطالعه یعنی نیروگاه سیکل ترکیبی دماوند استفاده از دستگاه داکت برنر دارای توجیه اقتصادی نمی‌باشد ، لذا به

منظور تکمیل مطالعات اقتصادی در این خصوص به بررسی وضعیت احتمالی در سالهای آتی تا سال ۱۴۰۰ هجری شمسی می پردازیم.

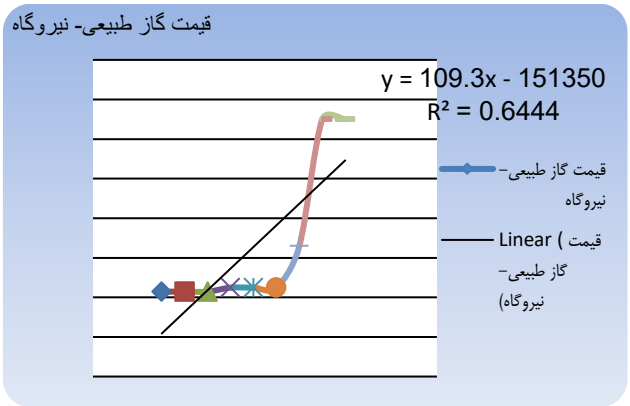
۵-۶ پیش بینی نرخ گاز مصرفی در بخش نیروگاه کشور تا سال ۱۴۰۰ هجری شمسی با توسعه مدل اقتصادسنجی

از محاسبات بخش‌های بالا به روشنی می‌توان دریافت که تأثیرگذارترین عامل بر توجیه‌پذیری استفاده از داکت برنر قیمت گاز طبیعی در نیروگاه می‌باشد، لذا برای پیش‌بینی نرخ گاز طبیعی در این بخش از مصارف گاز طبیعی کشور به کمک توسعه مدل اقتصادسنجی و به روش آنالیز سری زمانی اقدام نموده که مراحل و محاسبات مربوطه به شرح ذیل می باشد:

جدول(۳): قیمت گاز طبیعی در بخش نیروگاهی کشور تا سال ۱۳۸۹[۲]

سال	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹
قیمت گاز طبیعی	۲۹	۲۹	۲۹	۴۹	۴۹	۴۹,۳	۲۵۹,۴۷

با در نظر گرفتن قیمت ۹۰۰ ریال به ازای هر مکعب گاز طبیعی برای سالهای ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ (نرخ گاز مصرفی برای نیروگاههای کشور) نمودار ذیل را خواهیم داشت :



نمودار (۱): تغییرات قیمت گاز طبیعی از سال ۱۳۸۳ (سال پایه) تا ۱۳۹۱

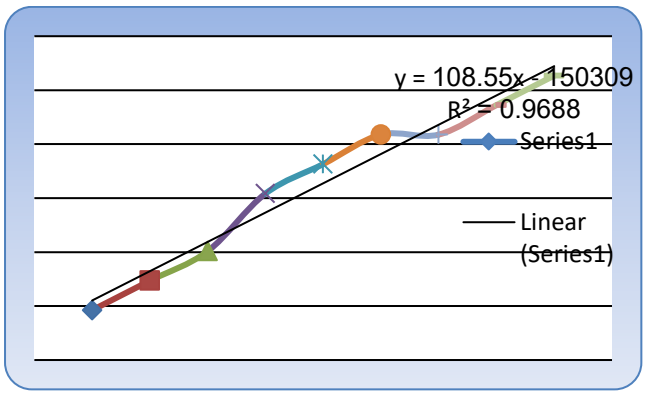
سپس از روش تحلیل سری زمانی برای پیش بینی نرخ سوخت مصرفی در آینده استفاده می‌کنیم که محاسبات مربوطه به شرح ذیل می‌باشد:

جدول(۴): تحلیل سری زمانی قیمت گاز طبیعی بخش نیروگاه تا سال ۱۳۹۱ (معادلات اصلاح نرخ سوخت)

X	254.8633333
t	5
m(t)=-291.653 + 109.303t	

year	Section 1	Section 2	Section 3
1383-1385	211.35	102.047	-7.256
1386-1388	-96.559	-205.862	-314.865
1389-1391	-213.998	317.229	207.926
sum	-99.207	213.414	-114.195
ave Sj	-33.069	71.138	-38.065

1	Y=-291.653 +109.303t-33.070333
2	Y=-291.653 +109.303t+71.1366667
3	Y=-291.653 +109.303t-38.066333



نمودار (۲): تغییرات قیمت گاز طبیعی اصلاح شده توسط مدل

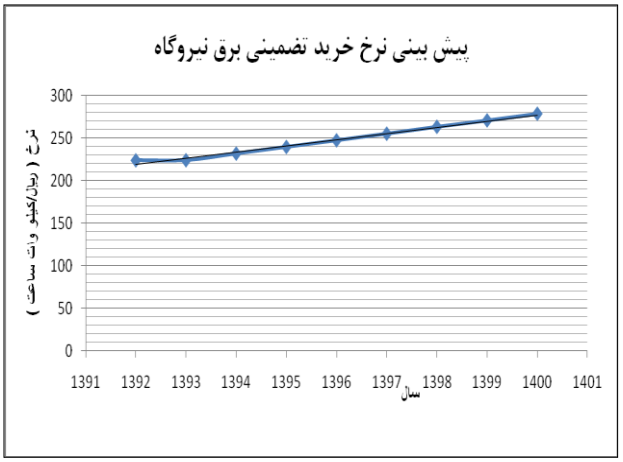
خروجی معادلات مدل که به صورت جدول ۴ در بالا ذکر گردید در نرم‌افزار اکسل توسعه داده شده است که نمودار۲ خروجی حاصله می‌باشد. پس از خطی سازی منحنی حاصله معادله خط مذکور جهت پیش‌بینی بهای سوخت مصرفی طی سالهای آتی به کار گرفته می‌شود که نتایج حاصله به شرح ذیل می‌باشد:

جدول(۵): پیش بینی قیمت گاز طبیعی تا سال ۱۴۰۰

سال	پیش بینی بهای گاز مصرفی سیستم SF
۱۳۹۲	۲،۳۶۶،۶۶۰،۰۰۷
۱۳۹۳	۲،۶۹۰،۷۸۴،۳۳۷
۱۳۹۴	۳،۰۱۴،۹۰۸،۶۶۶
۱۳۹۵	۳،۳۳۹،۰۳۲،۹۹۶
۱۳۹۶	۳،۶۶۳،۱۵۷،۳۲۶
۱۳۹۷	۳،۹۸۷،۲۸۱،۶۵۶
۱۳۹۸	۴،۳۱۱،۴۰۵،۹۸۵
۱۳۹۹	۴،۶۳۵،۵۳۰،۳۱۵
۱۴۰۰	۴،۹۵۹،۶۵۴،۶۴۵

۶-۶ پیش‌بینی نرخ خرید برق از نیروگاههای خصوصی کشور تا سال ۱۴۰۰(هـ . ش)

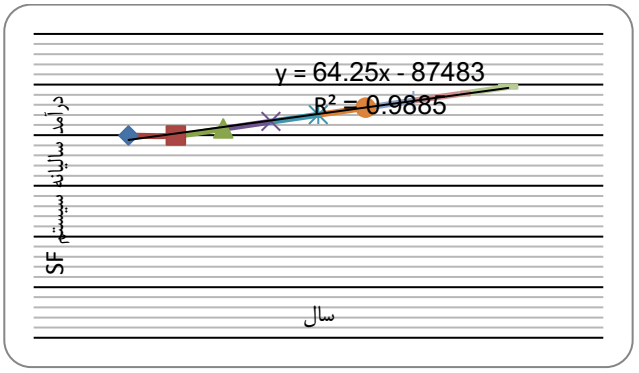
با توجه به جدول۶ و با به کارگیری مدل محاسبه نرخ خرید تضمینی برق در قراردادهای خرید تضمینی برق، پیش‌بینی نرخ خرید برق تا سال ۱۴۰۰ به شرح نمودار ذیل می‌باشد:



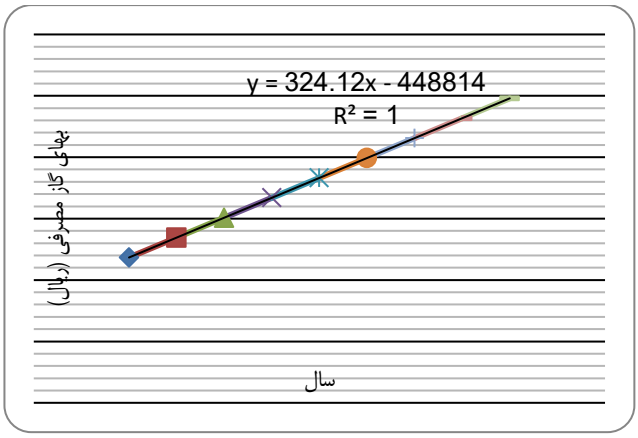
نمودار(۳): پیش‌بینی نرخ خرید تضمینی برق نیروگاه تا سال ۱۴۰۰[۷]

۶-۷ پیش‌بینی درآمد و هزینه‌های سیستم داکت برنر در نیروگاه سیکل ترکیبی دماوند

با فرض ثابت بودن توان تولیدی توسط سیستم داکت برنر و عدم وجود تغییرات زیاد در طی سالهای مختلف درآمد ناشی از عملکرد داکت برنر برای فاز یک نیروگاه سیکل ترکیبی دماوند مطابق نمودار زیر خواهد بود:



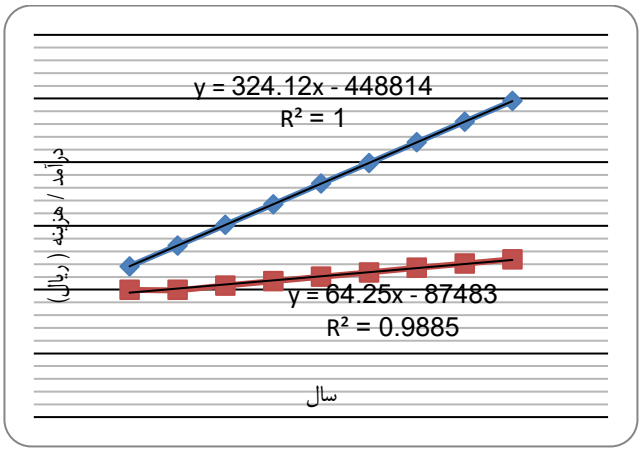
نمودار (۵): پیش بینی درآمد سیستم داکت برنر کل فاز یک نیروگاه دماوند از سال ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۰



نمودار(۵): پیش بینی هزینه سوخت سیستم داکت برنر کل فاز یک نیروگاه دماوند از سال ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۰

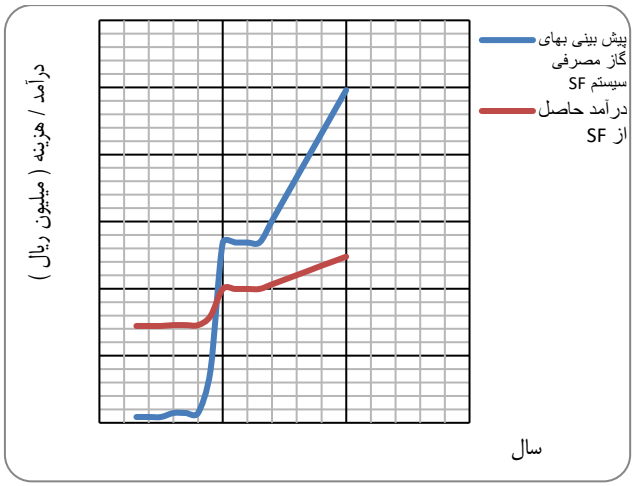
۶-۸ تحلیل حساسیت[۵]

مطابق نتایج به دست آمده از نمودارهای۴و۵ و با هدف بررسی اثرات قیمتی گاز طبیعی و نرخ خرید برق از نیروگاه در سالهای آتی نمودار تحلیل حساسیت ذیل ترسیم شده است .



نمودار(۶): تحلیل حساسیت عملکرد سیستم آتش‌زایی تکمیلی

۵ -Sensitivity analysis



نمودار(۷): روند تغییرات و پیش بینی درآمد و هزینه گاز مصرفی برای سیستم آتش‌زایی تکمیلی از سال ۱۳۸۳ تا ۱۴۰۰

با توجه به نمودار فوق می‌توان دریافت که از سال ۱۳۸۹ با افزایش بهای گاز مصرفی در بخش نیروگاهی سطح درآمد حاصل از فروش برق تولیدی ناشی از به کارگیری سیستم داکت برنر از میزان پرداختی بابت بهای گاز مصرفی تجهیز کمتر بوده است و پیش‌بینی می‌شود این روند در سالهای بعدی تا سال ۱۴۰۰ نیز ادامه داشته باشد.

۷- نتایج و یافته ها:

با توجه به اطلاعات بهره برداری جمع‌آوری شده از عملکرد یک نمونه سیستم آتش‌زایی تکمیلی مورد استفاده در نیروگاه سیکل ترکیبی دماوند؛ همچنین مزایا و معایب فنی سیستم و با عنایت به محاسبات اقتصادی انجام شده ، نتایج ذیل استنباط می‌گردد:

۷-۱ به‌کارگیری سیستم داکت برنر در بویلرهای بازیاب نیروگاههای سیکل ترکیبی دارای این مزیت است که تلفات حرارتی و کمبود توان حرارتی دود خروجی از توربین‌های گازی ناشی از افزایش درجه حرارت محیط و کاهش اجباری توان تولیدی بخش گازی را تا حدودی جبران نموده و در نهایت توان ویژه قابل فروش نیروگاه و در نتیجه درآمد کل را افزایش خواهد داد .

۷-۲ با توجه به محدودیت فنی اعمال شده در بهره برداری نمونه مورد مطالعه ، میزان اثر معکوس سیستم آتش‌زایی تکمیلی بر راندمان حرارتی کل بلوک سیکل ترکیبی چندان زیاد نبوده و فقط ۰/۰۱ ٪ می‌باشد که قابل صرف نظر می‌باشد . لازم بذکر است در نمونه های مورد استفاده در کشور ، تمامی بویلرهای بازیاب در بخش داکت برنر محدودیت فنی مشابه را دارا می‌باشند ؛ چرا که با افزایش دبی سوخت هر مشعل از مقدار تقریبی ۲۰۰ مترمکعب گاز طبیعی در ساعت لوله‌های ردیف اول سوپرهیتر دچار آسیب دیدگی شدید می‌شوند . لذا سایر واحدهای سیکل ترکیبی نیز اتلاف راندمان مشابهی را دارا هستند.

۷-۳ با عنایت به اینکه بخش عمده‌ای از کنترل فرکانس شبکه سراسری کشور توسط مانور بر روی توان تولیدی واحدهای گازی انجام می‌شود و به تبع کاهش بار واحد گازی واحد بخار نیز متأثر خواهد شد لذا استفاده از سیستم آتش‌زایی تکمیلی به جهت ثابت نگهداشتن شرایط ترمودینامیکی سیکل بخار بسیار موثر بوده و به جرأت می‌توان گفت تنها عاملی است که بهره برداری از این تجهیز را توجیه پذیر می‌سازد .

۷-۴ از معایب فنی به کارگیری این سیستم در نیروگاههای سیکل‌ترکیبی می‌توان به افزایش جزئی هزینه‌های بهره‌برداری به دلیل نیاز به مراقبت‌های بیشتر جهت جلوگیری از اورهیت شدن لوله‌های سوپرهیتر اشاره نمود .

۷-۵ با توجه به محاسبات هزینه و درآمد انجام شده که بر اساس اطلاعات بهره‌برداری یکی از واحدهای نیروگاهی کشورمان و نرخهای رسمی خرید تضمینی برق و فروش گاز طبیعی ، می‌توان گفت که به کارگیری سیستم آتش‌زایی تکمیلی در نیروگاه سیکل ترکیبی مورد مطالعه از دیدگاه اقتصاد خرد (بهره‌برداری) و اقتصاد کلان توجیه اقتصادی ندارد ، مگر اینکه مطابق بند۳ فوق‌الاشاره ، الزامات فنی به‌کارگیری این سیستم را تحمیل نماید.

۸- بحث و نتیجه‌گیری:

با عنایت به پیش‌بینی نرخهای آینده تا سال ۱۴۰۰ (هـ.ش) ،همچنین نمودار۷ به نظر می‌رسد با گذشت هر چه بیشتر زمان، فاصله منحنی هزینه سوخت مصرفی داکت برنر از منحنی درآمد حاصله بیشتر شده و لذا عدم توجیه پذیری را شدت بیشتری می‌بخشد. برآیند نتایج حاصل از تحلیل فنی– اقتصادی حاضر این است که استفاده از سیستم آتش‌زایی تکمیلی در واحدهای مشابه با نیروگاه سیکل ترکیبی دماوند از نظر اقتصادی (خرد و کلان) توجیه پذیر نبوده، لذا پیشنهاد می‌شود:

استفاده از این تجهیز را به حداقل میزان ممکن و فقط در شرایطی که الزام فنی وجود دارد ، برسانیم .

- انجام مطالعات فنی تفصیلی برای هر سایت در زمان احداث واحدهای نیروگاهی جهت مدلسازی سیستم آتش‌زایی تکمیلی در ساختگاه هدف و پیدا کردن نقطه کار بهینه تجهیزات مربوطه صورت پذیرد.

- بازنگری در طراحی‌های اولیه و به‌کارگیری تجهیزات با راندمان بالاتر انجام شود.
- نرخ‌های حمایتی برای سوخت مصرفی واحدهای نیروگاهی به عنوان یک صنعت میانی و موتور محرک سایر صنایع پایین دستی همانند سایر کشورهای صنعتی و یا در حال توسعه اعمال شود .

تشکر و قدردانی :

بدینوسیله مراتب تشکر و قدردانی خود را از جناب آقای مهندس مهدی خبازپیشه مجری محترم طرحهای نیروگاهی خصوصی سازمان توسعه برق ایران، همچنین مدیریت محترم و پرسنل زحمتکش نیروگاه سیکل ترکیبی دماوند که ما را در انجام تحقیق حاضر یاری نمودند اعلام می‌دارم.

۹- مراجع:

[1] Secretariat of ministry of energy regulatory IR.Iran - Recipe Executive – 1384 (in Farsi)
[2] Energy Balance of IR.Iran 1389 – Ministry of energy IR.Iran – Electrical & Gas section (in Farsi)
[3] Staft .S, Milani .R, JahanBin.A.M, Power System Economics, 1389, Hamzabanan publication (in Farsi)
[4] Sadri.H, Adibfar.A, Feasibility of power plant projects, First conference of thermal power plants 1388, Tehran University (in Farsi)
[5] Secretariat of ministry of energy regulatory IR.Iran – power price regulatory – 1384 (in Farsi)
[6] Secretariat of ministry of energy regulatory IR.Iran – Electrical energy celling procedure – 1384 (in Farsi)
[7] Secretariat of ministry of energy regulatory IR.Iran – Energy Conversion Agreement (ECA) – 1384 (in Farsi)
[8] Kehlhofer Rolf, 1997, Combined cycle Gas &Steam turbine power plants, Penn well publishing company , Chapter 1,2,3
[9] Chase D.L, 2010, GE Combined cycle Product line and performance, GE Power systems
[10] Pitchers Neil, 2003, combined heating, cooling &power handbook, Fairmont press
[11] Mapna (TUGA), 2005, V94.2 Gas turbine general specification, Mapna. Co. Volume1, 2,3,4,5
[12] Bonzani.F- Pollarolo.G, 2006, Ansaldo V94.2K gas turbine burner performances, Ansaldo Energia conference