

شیوه مناسب محاسبه قیمت تمام شده انرژی در نیروگاهها

سعیدکدخدازاده
شرکت توانیر

چکیده : =====

آگاهی از قیمت واقعی انرژی در نیروگاههای جدید ضمن اینکه طراح را در انتخاب نوع نیروگاه کمک مینماید، در شبکه های توزیع نیرو بخصوص برق رسانی به روستاها میتواند عامل موثری در انتخاب روش بهینه برق رسانی نیز باشد.

در حال حاضر دیزل ژنراتورها یکی از آلترنایتهای مناسب جهت تولید برق در روستاها میباشند. در انتخاب شیوه مناسب برق رسانی به روستاها عمدتاً " انتقال از طریق خطوط ۲۰ کیلوولت یا نصب دیزل ژنراتورها میتواند مدنظر باشد، در این راستا توجه به روش مناسب محاسبه قیمت تمام شده انرژی در نیروگاه اعم از دیزلی، گازی یا بخاری میتواند کمک مناسبی را به طرح بنماید.

لذا در این مقاله با توجه به این مهم، شیوه های مناسب جهت قیمت تمام شده ارائه میگردد و در نهایت تاثیر تغییرات نوع سوخت در قیمت تمام شده مورد بحث بیشتری قرار میگیرد.

امروزه انرژی الکتریکی به صورت مختلف تولید میگردد ولی در تمام روشها یک نکته بسیار مهم نهفته میباشد و آن تبدیل بهینه انرژی های اولیه به انرژی ثانویه میباشد. در حال حاضر گرچه از روشهای مختلفی چون آب، باد، خورشید، جزومد دریاها، زمین گرمائی (ژئوترمال) و بالاخره احتراق سوخت های فسیلی یا فعل و انفعالات اتمی انرژی الکتریکی تولید میگردد، ولی در کشور ما عمدتاً " انرژی الکتریکی در نیروگاههای بخاری و گازی تولید میگردد.

هدف این مقاله بررسی تاثیرگذاری هر یک از پارامترهای موثر در قیمت تمام شده انرژی الکتریکی در نیروگاهها و بهینه کردن نقش هر یک از آنها در چرخه تولید میباشد.

۱- عوامل موثر در قیمت تمام شده انرژی الکتریکی :

در قیمت تمام شده انرژی الکتریکی عوامل مختلفی موثر میباشد که نتیجتاً

در پارامترهای زیر خلاصه میگردد:

- انرژی تولیدی نیروگاهها

- راندمان نیروگاهها و نوع سوخت

- نوع مصرف

- هزینه های سوخت

- هزینه تعمیر و نگهداری

- هزینه استهلاک

باتوجه به موارد فوق الذکر ذیلاً به تاثیر هر یک از آنها اشاره میگردد.

۱-۱- انرژی تولیدی : با توجه به این که در نیروگاهها بسیاری از هزینهها مستقل از

تولید انرژی الکتریکی میباشد (هزینه های ثابت) بنا بر این هر چه از میزان

تولید کاسته شود بر قیمت هر کیلووات ساعت انرژی الکتریکی افزوده میگردد.

بعبارت دیگر در نیروگاه قیمت تمام شده انرژی تابعی است از عکس انرژی تولید شده در آن نیروگاه .

۱-۲- راندمان نیروگاه و نوع سوخت : راندمان نیروگاهها که در حقیقت رابطه تبدیل انرژی ذاتی سوخت به انرژی الکتریکی است هرچه افزایش یابد باعث تقلیل سهم هزینه سوخت در قیمت تمام شده انرژی الکتریکی میگردد. بنابراین این یکی از پارامترهای مهمی که میتواند مورد توجه قرارگیرد نوع سوخت و راندمان نیروگاهها میباشد.

۱-۳- نوع مصرف : با توجه به اینکه انرژی تولیدی در نیروگاه تابعی است از نیاز مصرف در نتیجه قیمت تمام شده نیز تابعی از نوع مصرف یا تابعی از ضریب بار مصرف ، و نهایتاً " هرچه ضریب بار افزایش یابد یا کیفیت مصرف بهتر گردد، قیمت تمام شده انرژی الکتریکی کاهش می یابد .

۲- هزینه سوخت :

قیمت سوخت برای هر یک کیلووات ساعت از رابطه زیر حاصل میشود :

$$CF = \frac{۸۶۰ \times FP}{H.R. \times EF}$$

کـــه در این رابطه

FP = قیمت سوخت

HR = ارزش حرارتی سوخت

EF = راندمان واحد

CF = هزینه سوخت

شکی نیست که مسئولین نیروگاه میتوانند با افزایش راندمان که خود بنوعی به عوامل متعددی بستگی دارد، سهم سوخت در هر کیلووات ساعت تولید را پائین آورند. لازم به یادآوری است، علاوه بر این که راندمان به نوع نیروگاه و روش نگهداری و تعمیرات آن بستگی دارد بلکه با نوع بارگیری نیز دچار نوسان میشود بطوری که در توربین های گاز در صورتیکه بار به ۵۰ درصد برسد بر حسب نوع بیش از ۵ درصد

از راندمان آن کاسته میشود. تنها همین عامل تا ۲۰ درصد سهم قیمت سوخت را در هر کیلووات ساعت افزایش میدهد. مطلب دیگری که در همین رابطه قابل اشاره میباشد ارزش حرارتی سوخت مصرفی است.

بعنوان مثال سوخت گاز که دارای قیمت یکسان است از ۸۱۰۶ کیلوکالری تا ۹۴۰۰ کیلوکالری تغییر میکند. بعبارت دیگر در شرایط کاملاً یکسان از نظر بهره برداری هزینه سوخت نیروگاهی که از ارزش حرارتی پائین استفاده مینماید ۱۵ درصد بیشتر از نیروگاهی است که از سوخت با ارزش حرارتی بالا استفاده مینماید. مطلب بعدی قیمت سوخت برای انواع سوخت های مصرفی است. بعنوان مثال سوخت گاز و گازوئیل که به ترتیب ۲ و ۴ ریال میباشد، یعنی نیروگاهی که سوخت اول آن گاز و سوخت دوم گازوئیل باشد (عمداً واحدهای گازی) در شرایط یکسان از نظر بهره برداری و ارزش حرارتی سوخت در صورت تغییر و یا تعویض سوخت سهم سوخت در قیمت تمام شده آن تا ۵۰ درصد بالا و پائین خواهد رفت.

۳- هزینه تعمیر و نگهداری :

یکی دیگر از شاخص های عملکرد مربوط به کیفیت تعمیرات و نگهداری تاسیسات برق است. تکنولوژی صنعت برق نیاز به سرمایه سنگین دارد و تاسیسات این صنعت بخصوص در بخش تولید بسیار گران قیمت و حساس است و سهم ارزی آن بسیار بالاست. بنا بر این نگهداری و تعمیرات صحیح در این امر جهت افزایش بازدهی و عمر تاسیسات برای بهبود عملکرد این صنعت و نیز برای اقتصاد کشور بسیار مهم است. هرچقدر نگهداری تاسیسات بهتر صورت پذیرد توقف اضطراری آنها کمتر و بازده بیشتر خواهد بود. بنا بر این نسبت متوسط مدت توقف اضطراری تاسیسات در بخش های مختلف تولید و انتقال به نرم یا استاندارد قابل قبول و برای مدت توقف های اضطراری شاخص مهمی است که نشانگر کیفیت نگهداری و تعمیرات است. هر قدر این مدت کوتاه تر باشد، کیفیت تعمیر و نگهداری و عملکرد این صنعت در این رابطه بهتر است.

بعلاوه مدت تعمیرات برنامه ریزی شده تاسیسات نیز باید ضمن رعایت وقت لازم در تعمیرات به نرم ها و استانداردهای قابل قبول مدت تعمیرات نزدیک شود. هرچه مدت تعمیرات برنامه ریزی شده تاسیسات طولانی تر باشد تاسیسات تحت

تعمیر برای مدت بیشتری بلا استفاده میماند و با زده تاسیسات را کاهش میدهد. این عامل علاوه بر این که به قیمت وسایل یدکی، نوع سازنده و عوامل — مشابه دیگر بستگی دارد به پارامترهای مختلف دیگری که در حیطه و اختیارات مسئولین نیروگاه میباشد بستگی دارد. بدون شک قیمت تجهیزات و عوامل وابسته به آن غیر قابل کنترل بوده ولی کاهش زمان تعمیرات و یا دقت در آن میتواند ضریب آمادگی نیروگاه و در نتیجه انرژی تولیدی آنرا افزایش دهد. که هر قدر انرژی افزایش یابد قیمت تمام شده نیز کاهش مییابد. علاوه بر آن دقت در موارد فوق و سرویس و بازدهای منظم باعث کاهش خروج اضطراری افزایش عمر مفید و ثبات را ندمان نیروگاه (در حد متعارف) میگردد.

۴- هزینه استهلاک :

گرچه در محاسبات قیمت تمام شده این رقم ثابت منظور میگردد، ولی واقعیت این است که استهلاک نیروگاهها بستگی مستقیم به ساعات کارکرد، نحوه بهره برداری و نحوه تعمیر و نگهداری آن دارد.

در شرایط بهره برداری مطلوب امکان کنترل این هزینه نیست، ولی بهر حال میتوان با بهبود روشهای بهره برداری و تعمیراتی سهم آن را در قیمت تمام شده کاهش داد. هرچه نیروگاه سریعتر مستهلک گردد بر هزینه های تعمیرات افزوده میگردد و علاوه بر آن خروج اضطراری افزایش و راندمان کاهش می یابد و این موارد به مقدار گسترده ای روی هزینه های دیگر و در نتیجه قیمت تمام شده اثر دارد.

۵- هزینه های پرسنلی :

مسئله " برای تولید انرژی الکتریکی در نیروگاهها نیاز به نیروی انسانی است، تعداد پرسنل در هر نیروگاه به درجه اتوماسیون هر نیروگاه وابسته است بطوریکه در نیروگاههایی که کنترل قسمتها از طریق کامپیوتر انجام میگردد پرسنل بسیار کم است و بالعکس در نیروگاههایی که اکثر اقدامات توسط نیروی انسانی انجام میگردد، این هزینه زیادتر است.

هزینه های پرسنلی که شامل حقوق و مزایا - ما موریت است. گرچه ظاهراً رقمی ثابت است ولی شکی نیست که با افزایش کارایی و کیفیت کار استفاده از -

متخصصین میتوان راندمان کل نیروگاه را افزایش داد و در نتیجه سهم این هزینه را در هر کیلووات ساعت کاهش داد.

ع- هزینه های متفرقه :

این هزینه شامل موارد مختلفی است که در هزینه های مورد اشاره در قبیل جای نمیگیرد و ضمناً " هزینه های مربوط به بیمه ، مالیات و سود سرمایه (در صورت وجود داشتن) نیز شامل میشود .

۷- بررسی تاثیر گذاری عوامل مختلف در قیمت تمام شده انرژی :

برای بررسی تاثیر گذاری عوامل مختلف که قبلاً ذکر آنها به میان آمده است ، قیمت تمام شده انرژی در یک نیروگاه خاص مورد بحث و بررسی قرار میگیرد . در این بررسی یک نیروگاه گازی با شرایط زیر مورد نظر میباشد .

ظرفیت اسمی نیروگاه	۱۵۰ ۰۰۰ کیلووات
ظرفیت عملی نیروگاه	" ۱۲۰ ۰۰۰
دیماند مصرف	" ۸۰ ۰۰۰
تعداد واحد نصب شده	۶ واحد
هزینه سرمایه گذاری با زا ^۶ هر کیلووات	۲۵۰ دلار
بعلاوه ۵۰۰۰ ریال (جمعاً " ۲۲۵۰۰ ریال)	
تعداد پرسنل ۹۰ نفر (بر مبنای ۰/۶ نفر با زا ^۶ هر یک مگاوات قدرت نصب شده)	
هزینه پرسنل	معادل ۵ درصد سرمایه گذاری در سال
هزینه تعمیرات و نگهداری	معادل ۳/۵ " " "
تفاوت بهره و تورم	معادل ۴ درصد در سال
هزینه های متفرقه	معادل ۳/۵ درصد در سال
مبنای محاسبه ارزش دلار	۷۰ ریال با زا ^۶ هر دلار

سایر اطلاعات مربوطه درجداول زیر منعکس است .

باتوجه به موارد فوق الذکر، قیمت تمام شده هر کیلووات ساعت انرژی الکتریکی در این نیروگاه در جدول (۱) منعکس میباشد که باتوجه به این جدول میتوان نتایج زیر را مورد بررسی قرار داد .

٪ سوخت مصرفی گاز طبیعی ، با ارزش حرارتی ۹۳۰۰ کیلوکالری

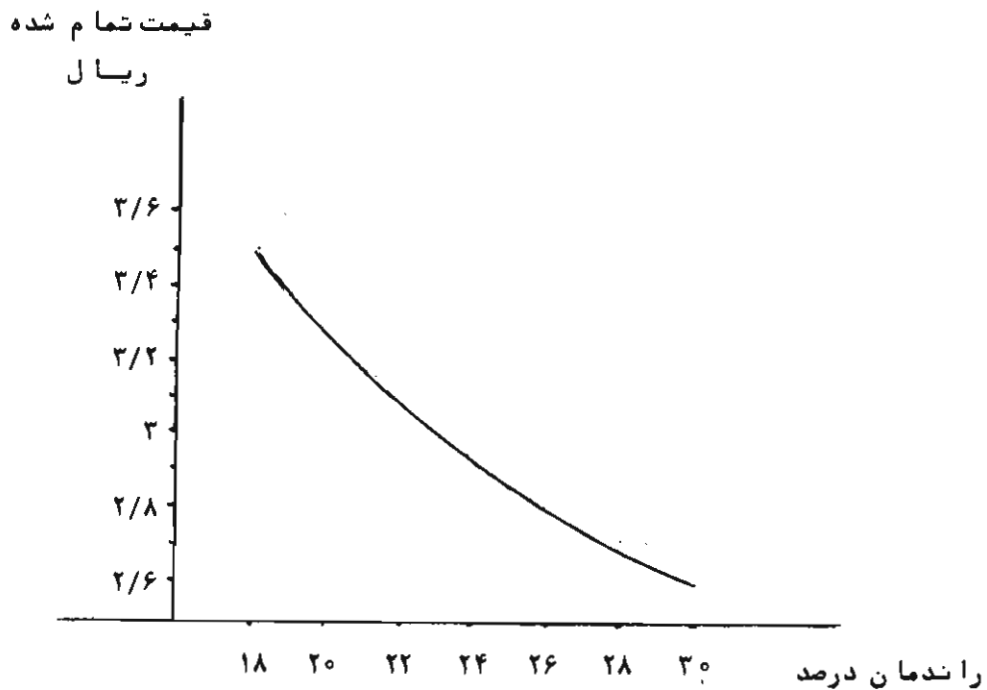
شرح	هزینه - میلیون ریال
هزینه پرسنلی	۱۶۸/۶
هزینه سوخت	۳۱۰/۷
هزینه تعمیر و نگهداری	۱۱۸/۱
هزینه استهلاک	۱۳۸/۷
هزینه متفرقه	۱۱۸/۱
جمع هزینه های تولید انرژی	۸۵۳
انرژی خالص تولیدی -	۴۲۰۴۸۰
قیمت تمام شده یک کیلووات ساعت تولید	۲/۰۳

شرح	ریال بازاء کیلووات ساعت	درصد نسبت به کل
هزینه سوخت	۰/۷۳۹	۳۶/۴
هزینه پرسنلی	۰/۴۰۱	۱۹/۷
هزینه تعمیر و نگهداری	۰/۲۸	۱۳/۷
هزینه استهلاک	۰/۳۳	۱۶/۲
هزینه متفرقه	۰/۲۸	۱۳/۷
جمع	۲/۰۳	۱۰۰

جدول (۱) - هزینه و درصد سهم عوامل موثر در قیمت تمام شده

۷-۱- سهم سوخت : همانطور که ارقام و اعداد قبل نشان میدهد ۳۶/۴ درصد قیمت تمام شده را هزینه سوخت تشکیل میدهد . بنا بر این هر چه براندمان تولید

افزوده گردد سهم آن در قیمت تمام شده کاهش مییابد. منحنی شکل (۱) نشان میدهد با افزایش راندمان از ۱۸ درصد تا ۳۰ درصد از قیمت تمام شده هر کیلووات ساعت انرژی الکتریکی ۳۴ درصد کاسته میشود.



منحنی (۱) تاثیر افزایش راندمان در قیمت تمام شده انرژی الکتریکی

گرچه عوامل تاثیر گذار در قیمت تمام شده پارامترهای مختلف دیگری نیز میباشد ولی جدول (۱) نشان میدهد که درصد عمده مربوط به سهم سوخت میباشد به همین دلیل در تولید بهینه انرژی الکتریکی بهترین عامل سهم سوخت میباشد ولی قبل از بحث و بررسی بیشتر در ارتباط با سوخت به موارد مختلف دیگر نیز اشاره میگردد.

۲-۷. سهم هزینه پرسنلی: همانطور که جدول (۱) نشان میدهد تنها ۱۹/۷ درصد از قیمت تمام شده انرژی مربوط به سهم هزینه پرسنلی است و حتی اگر حقوق و دستمزد پرسنل به دو برابر افزایش یابد، گرچه قیمت تمام شده افزایش مییابد ولی باز هم درصد کمی بخود اختصاص میدهد.

۳-۷- سهم هزینه تعمیر و نگهداری : سهم تعمیرات و سرویس در قیمت تمام شده الکتریکی ۱۳/۷ درصد را بخود اختصاص میدهد که میتوان با کاهش زمان تعمیرات و دقت در انجام آن این سهم را کاهش داد. با توجه باینکه قیمت لوازم یدکی عمدتاً " ارزی است و در محاسبه لوازم یدکی نیز نرخ رسمی ارز (هر دلار ۷ ریال) منظور گردید در نتیجه سهم تعمیرات کم نشان میدهد ولی اگر مبنای محاسبه ارزش دلار ارقام دیگری منظور گردد، این سهم بسیار بالا می رود که قابل توجه خواهد بود. از طرف دیگر هرگونه صرفه جوئی در این هزینه باعث کاهش هزینه های ارزی - نیروگاه میگردد.

۴-۷- سهم هزینه استهلاک : برای محاسبه سهم هزینه استهلاک روشهای مختلف بکار می رود که در این مقاله از روش STRAIGHT LINE استفاده گردیده است. بهر حال سهم این هزینه عمدتاً " ارزی است و میتوان با دقت در بهره برداری و تعمیرات (به عبارت دیگر با افزایش عمر مفید) سهم آن را کاهش داد.

۵-۷- سهم هزینه های متفرقه: بر اساس جدول (۱) سهم این هزینه حدود ۱۳/۷ درصد قیمت تمام شده میباشد. البته این نوع هزینه ها عموماً " ریالی است و میتوان با کاهش هزینه های عمومی سهم آن را در قیمت تمام شده کاهش داد، بخصوص آنکه ارزش حرارتی، سوخت پائین بوده و یا آنکه از سوخت گاز و فوئیل استفاده گردد.

۸- بررسی تاثیر سوخت در کاهش قیمت تمام شده :

همانطور که قبلاً اشاره گردید تنها عامل مهم و موثر در قیمت تمام شده انرژی الکتریکی تاثیر گذاری سهم سوخت در قیمت تمام شده میباشد. برای بررسی کاهش این هزینه در قیمت تمام شده توجه به نکات زیر ضروری است :

- استفاده از سوخت ارزان
- استفاده از سوخت با ارزش حرارتی بیشتر
- افزایش راندمان تولید
- افزایش انرژی تولیدی نیروگاهها

۸-۱- تاثيرنوع سوخت : در حال حاضر سوخت های مختلفي در کشور توزیع میگردد که دارای ارزش حرارتی و قیمت متفاوتی میباشد که شرح آنها در جدول (۲) ذکر گردیده است . درستون سوم این جدول ارزش واقعی سوخت با توجه به کمترین ارزش حرارتی (سرخس ۸۱۰۶) تعدیل و جایگذاری گردیده است .

نوع سوخت	قیمت هر واحد - ریال	ارزش حرارتی کیلوکالری	قیمت معادل ریال
مازوت	۲/۴ بازا هرلیتر	۹۴۰۶	۲/۰۷
گازوئیل	" " ۴/-	۸۶۷۹	۳/۷۳
گازسراسری	" " ۲/- مترمکعب	۹۳۲۱	۱/۷۴
گازسرخس	" " ۲/-	۸۱۰۶ *	۲/-
گاز مستقیم وسرخون وگورزین	" " ۲/-	۸۳۲۷	۲/۰۵۴

جدول (۲) ارزش حرارتی و بهای انواع سوخت های مصرفی

در صورتیکه انتخاب سوخت با انتخاب محل نیروگاه عملی گردد. با انتخاب سوخت مثلا" گاز در مقابل گازوئیل میتوان قیمت تمام شده انرژی الکتریکی ۲/۸۹۱ مندرج در جدول (۳) به ۲/۰۳ ریال مندرج در جدول (۱) کاهش داد، که این کاهش معادل ۱۸/۹ درصدیا ۳۶۲ میلیون ریال صرفه جویی در سال میباشد. (با فرض یکسان نبودن ارزش حرارتی)
شرح - هزینه - میلیون ریال

۱۱۸/۱	هزینه تعمیر و نگهداری
۶۷۲/۷	هزینه سوخت مصرفی
۱۳۸/۷	هزینه استهلاک
۱۶۸/۴	هزینه پرسنل
۱۱۸/۱	هزینه متفرقه
۱۲۱۵	جمع کل هزینه - میلیون ریال
۴۲۰۴۸۰	خالص انرژی تولیدی - هر کیلووات ساعت
۲/۸۹۱	قیمت یک کیلووات ساعت انرژی - ریال

جدول (۳) - میزان هزینه و قیمت تمام شده یک کیلووات ساعت انرژی با مصرف سوخت گازوئیل با ارزش حرارتی ۸۶۷۹

۸-۲- ارزش حرارتی سوخت : همانطورکه جدول (۷) نشان می‌دهد ارزش حرارتی سوخت از ۸۱۰۶ تا ۹۴۰۶ کیلوکالری متغیر می‌باشد. بنا بر این در صورتیکه امکان انتخاب محل نیروگاه در منطقه‌ای با سوخت‌گا زیرکالری میسر باشد. همین امر باعث می‌شود قیمت تمام شده انرژی ۰/۱۲ ریال یا شش درصد تقلیل یابد که از این میزان تقلیل رقمی معادل ۲۶۰ میلیون ریال صرفه جویی می‌گردد.

جدول شکل (۷) تاثیر تغییرات ارزش حرارتی سوخت (گاز) را نشان می‌دهد

۸-۳- افزایش تولید انرژی : با افزایش تولید انرژی در نیروگاه‌ها قیمت تمام شده کاهش می‌یابد. بنا بر این در صورتیکه بتوان با اجرای مدیریت صحیح مصرف ضریب بار مصرف را اضافه نمود. قیمت تمام شده کاهش می‌یابد.

بعنوان مثال وقتی ضریب بار مصرف از هیجده (۱۸) درصد به سی (۳۰) درصد افزایش یابد قیمت تمام شده انرژی از ۳/۵۱۳ ریال به ۲/۶۲۴ ریال کاهش می‌یابد که از این میزان کاهش رقمی معادل ۳۷۴ میلیون ریال صرفه جویی می‌گردد. منحنی شکل (۲) تاثیر تغییرات تولید در قیمت تمام شده نشان می‌دهد

۹- نتیجه :

آگاهی از مقدار واقعی قیمت تمام شده انرژی در نیروگاه‌ها نقش بسیار مهمی در انتخاب نوع نیروگاه ایفا می‌نماید و علاوه بر آن در انتخاب شیوه مناسب برقرسانی اعم از تولید محلی یا تأمین انرژی الکتریکی از طریق احداث خطوط انتقال نیرو نیز این روش می‌تواند مفید باشد. از طرف دیگر قیمت و نوع سوخت، ارزش حرارتی سوخت نیز عوامل موثری در کاهش یا افزایش قیمت تمام شده انرژی الکتریکی هستند که در این مقاله به اثرات این عوامل توجه گردیده است.

۱۰- مراجع و منابع :

- ۱- مجله اقتصادی فنی و آماری صنعت نفت - وزارت نفت سالهای ۱۹۸۵-۱۹۸۸
- ۲- بولتن فنی توانیر - شرکت توانیر سالهای ۱۳۵۰ تا ۱۳۶۸
- ۳- بولتن آماری توانیر - شرکت توانیر، دفتر برنامه ریزی سالهای ۱۳۵۸ تا ۱۳۶۸
- ۴- Gh. Heidari & Sh. Bakamali; " Economic voltage and optimal capacity of power transmission line." CIGRE, 1985.
- ۵- S.Kadkhodazadeh; " Computer Modeling for Determination of Finished Price of Energy in Gas Power Plants. IASTED 1990.