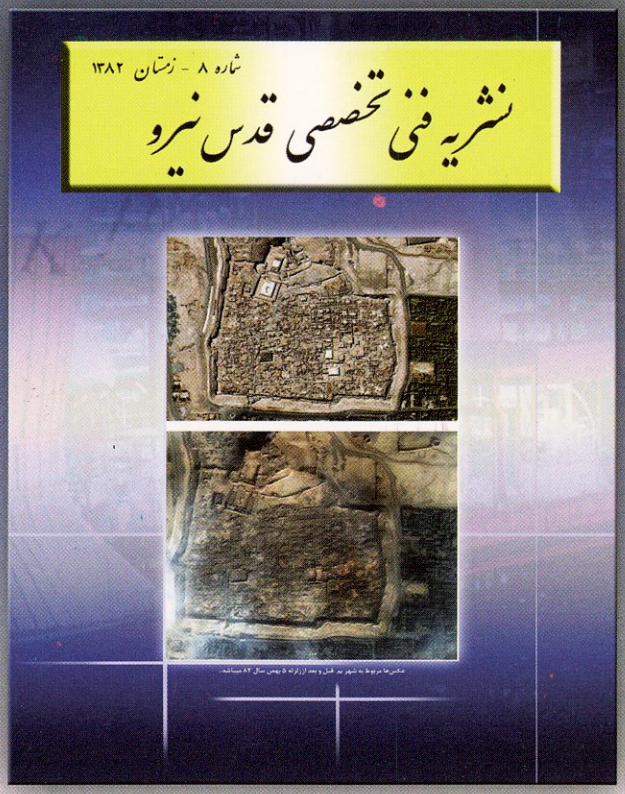
شماره ۸ - زمستان ۱۳۸۲

نشریه فنی تخصصی قدس نیرو

عکس‌ها مربوط به شهر بم .قبل و بعد اززلزله ۵ بهمن سال ۸۲ میباشد.

شماره ۸ - زمستان ۱۳۸۲

نشریه فنی تخصصی قدس نیرو



فهرست مقالات

سرمقاله	۲
کنترل فرکانس در نیروگاه - مهندس کاوه امامی افشار	۳
آشنایی با مبانی اولیه مهندسی زلزله - مهندس رضا طاهرزاده	۱۵
پوشش دیرگدازمقاوم در برابر خوردگی پره‌های توربین گازی مدل V94.2 زیمنس - دکتر مهرداد عباسی	۲۵
آموزش از راه دور - مهندس راحله نعمتی	۳۴
مدیریت رفتار سازمانی (انگیزش ،رفتار و نگرش) - صابر یاهو	۴۵
محاسبه شاخصهای گارانتی واحدهای گازی V94.2 قسمت دوم - مهندس فرید علایی سامانی	۵۱
اخبار آموزش	۶۱

مدیرمسئول : مهندس احمد شکوری‌راد

سردبیر : مهندس فتانه دوستدار

طراحی‌وصفحه آرایی : امورپشتیبانی‌قدس‌نیرو

هیات‌تحریریه :

خانمها :مهندس‌لادن‌پورکمالی،مهندس فتانه‌دوستدار

آقایان : مهندس پورنگ پاینده ، مهندس حسن تفرشی ، مهندس مسعود حبیبا ...زاده ، مهندس محمدحسن زرگر شوشتری، مهندس فرهاد شاهمنصوریان، مهرداد صارمی ، دکترهمایون صحیحی، مهندس غلامرضا صفارپور ، دکتر جعفر عسگری، مهندس امیرهمایون فتحی، مهندس شادان کیوان، مهندس محمدیحیی نصرالهی، مهندس بهروز هنری.

ازخوانندگان‌محترمی که مایل به ارسال مقاله‌برای نشریه‌می‌باشندتقاضامی‌شودموارد ذیل را رعایت‌فرمایند:

- موضوع‌مقاله در چارچوب‌اهداف‌نشریه و در رابطه‌با صنعت‌آب و برق باشد.
- مقاله‌های‌تالیفی یاتحقیقی مستند به‌منابع علمی معتبر ومقاله‌های ترجمه‌شده منضم به تصویر اصل‌مقاله‌باشد.
- مقاله ارسالی بر روی یک کاغذ A4 و با خط خوانا و یاتایپ شده و شکل‌ها، عکس‌ها، نمودارها و جداول کاملا واضح و قابل استفاده باشند.
- توضیحات و زیرنویس‌هابه صورت‌مسلسل‌شماره‌گذاری‌شده و در پایان هر مقاله‌ذکرشوند.
- نشریه‌در تلخیص، تکمیل، ادغام و ویرایش مطالب مقالات آزاداست.
- مقاله دارای‌چکیده، مقدمه، نتیجه‌گیری و لیست‌مراجع‌بوده به همراه رزومه‌مختصری از صاحب مقاله‌ارائه‌گردد.
- مقاله‌ارسالی قبلا درنشریه دیگری‌چاپ نشده‌باشد.

سرمقاله

استقلال شرکت‌های مهندس مشاور یکی از مباحثی است که، در سالهای اخیر، در بسیاری از کشورهای صنعتی و در حال توسعه مطرح بوده‌است. آنچه که در این گفتگوها بر شدت بحث می‌افزاید تفکیک استقلال به دو بخش "مادی" و "معنوی" است. از دید گروهی از خبرگان مهندسی مشاور، "استقلال معنوی" مهندس مشاور یعنی "استقلال قضاوت و رأی" به مراتب حائز اهمیت‌تر و حیاتی‌تر از "استقلال مادی" آن یعنی وابستگی موسسه به نهادها یا مؤسسات حقوقی دیگر از نظر مالکیت است.

این گفتگوها در دو دهۀ گذشته مطرح بوده و هیچگاه به صدور نظری قطعی و نهایی منجر نشده، بنابراین مسئله‌ای است که می‌توانیم به آن بیاندیشیم و با توجه به شرایط بومی و ملی کشورمان برای آن راه‌حل‌هایی ارائه کنیم. امروز این چالش فراروی تقریباً تمامی شرکت‌های مهندسی مشاور قرار دارد.

در این بحث گسترده، گروهی عقیده دارند که مالکیت شرکت‌های مهندس مشاور توسط دولت‌ها، شرکتهای عمومی یا خصوصی دیگر، اعم از تولیدی یا پیمانکاری، عملاً به استقلال فکری و جهت‌گیری شرکت‌های مشاور لطمه می‌زند و به طور آگاهانه یا ناخودآگاه، گرایش‌های یک سویه‌ای را به طرف مالک یا مالکین مؤسسه از خود نشان می‌دهد و چون منافع مالک یا مالکین شرکت الزاماً در جهت خواسته‌های کارفرمایان طرح‌های مهندس مشاور نیست، متخصصین شرکتهای مهندسی در صدور آرای تخصصی و قضاوتهای مهندسی خود دچار تناقض و ابهام خواهند شد.

از طرف دیگر گروهی از متخصصین اعتقاد دارند که، اگر کارشناسان و مهندسین شاغل در شرکتهای مهندسی مشاور از تخصص حرفه‌ای مطلوبی برخوردار باشند، یا به عبارت دیگر دارای شخصیت مهندسی قوام یافته‌ای باشند، همین امر تضمین کافی برای استقلال رای و نظر آنان خواهد بود و هیچ عامل دیگری نمی‌تواند در تصمیمات آنان خدشه و خللی وارد کند و یا به آن سمت و سوی خاصی بخشد.

صاحب‌نظرانی که در دو دهۀ گذشته در بعضی از کشورها و مؤسسات جهانی نظیر "فدراسیون بین‌المللی مهندسین مشاور" به این موضوع پرداخته‌اند در نهایت "مالکیت متخصصین شرکتهای مهندس مشاور بر شرکت خود" را به عنوان راه برون رفت از این معضل معرفی کرده‌اند.

در این گونه مالکیت، حتی اگر سمت‌گیری متخصصین در پروژه‌ها متوجه منافع مالکین شرکت مهندس مشاور باشد، چون اولین نفع هرشرکت مشاوری حفظ اعتماد و جلب رضایت کارفرماست، لذا منفعت مالکین دقیقاً در راستای حفظ منافع کارفرمایان خواهد بود.

هر چند در این بحث هنوز دعوی "استقلال رای و قضاوت مهندسی" به صورت کامل حل و فصل نشده‌است.

کنترل فرکانس در نیروگاه

کاوه امامی‌افشار

مدیر پروژه نیروگاه سنندج و سرپرست گروه برق ـ مدیریت مهندسی نیروگاههای گازی I

چکیده:

در این مقاله ابتدا سیستم کنترل بار نیروگاه بخار در مودهای مختلف بهره‌برداری، بطور اجمالی معرفی، سپس سیستم گاورنر در حد لزوم تشریح، و نهایتاً نکات کیفی و کمی در خصوص کنترل فرکانس بیان می‌گردد. مدل مرجع در این بحث نیروگاه حرارتی بیستون است که بدلیل آشنایی نگارنده با آن، انتخاب شده ولی بطور کلی مطالب، قابل تعمیم به سایر نیروگاهها نیز می‌باشند.

مقدمه

با توجه به این واقعیت مهم که انرژی الکتریکی، در مقیاس وسیع قابل ذخیره شدن نبوده و باید به محض تولید، مصرف شده و یا بمحض درخواست جهت مصرف، تولید گردد، لذا برابری تولید و مصرف شرط اساسی تعادل و پایداری شبکه‌های الکتریکی و نیروگاه‌ها می‌باشد. در این میان فرکانس بعنوان عاملی که بشدت تابع چگونگی تعادل مذکور می‌باشد، مناسبترین پارامتر برای ارزیابی و کنترل تعادل مورد بحث و پایداری شبکه است، بطوریکه کنترل بار و فرکانس در گرو همدیگر و دارای مفاهیم کاملاً هم ارز می‌باشند. این امر از طریق تعبیه کنترل‌کننده مناسب در نیروگاهها و نیز اتخاذ تدابیر صحیح در امر مدیریت شبکه میسر می‌گردد.

۱- سیستم کنترل بار

عوامل مرتبط با بحث حاضر که در شکل (۱) نشان داده شده‌اند عبارتند از:

الف) تجهیزات اصلی شامل بویلر، توربین، ژنراتور، شیر کنترل دبی بخار توربین و شیر کنترل دبی سوخت بویلر.

ب) وسایل اندازه‌گیری شامل ترانسمیترهای مگاوات، فرکانس و فشار بخار در ناحیه ماقبل شیر کنترل دبی بخار (که اصطلاحاً فشار تروتل نامیده می‌شود) که کمیات اصلی را به سیگنال‌های الکتریکی تبدیل و به سیستم کنترل مرکزی ارسال می‌نمایند. همچنین مکانیزم هیدرولیکی Governor Impeller که روی محور توربین نصب شده و یک سیگنال هیدرولیکی (روغن) با فشار متناسب به سرعت توربین به سیستم هیدرولیکی Governor اعمال می‌کند، جزو وسایل اندازه‌گیری محسوب می‌شود.

ج) سیستم‌های کنترل شامل سیستم کنترل مرکزی، متشکل از مدول‌های الکترونیکی و بلوک کنترل هیدرولیکی Governor که ضمن کنترل سرعت توربین وظیفه ارتباط فرامین سیستم کنترل مرکزی با شیر کنترل دبی بخار را بعهده دارد.

در شکل (۱) ملاحظه می‌شود که دو عامل تعیین‌کننده بار واحد، یعنی دبی سوخت و دبی بخار توسط شیرهای کنترل مربوطه و در تبعیت از اپراتور و سیستم کنترل مرکزی عمل می‌کنند. بسته به چگونگی کنترل (اتوماتیک یا دستی) هریک‌از دو عامل فوق حالت‌های مختلف بهره‌برداری (مود) بشرح ذیل تعریف می‌شوند:

۱-۱- مود توربین پیرو (Turbine follower)

در این مود سیستم کنترل بویلر در وضعیت دستی و سیستم کنترل توربین در وضعیت اتوماتیک قرار دارد. دبی سوخت توسط اپراتور و با ارسال فرامین افزایش / کاهش (با استفاده از دکمه‌های مربوطه) به شیر سوخت، تعیین می‌شود. دبی‌بخارتوسط‌سیستم کنترل اتوماتیک توربین‌وبه تبعیت از دبی سوخت تعیین می‌شود.

۱-۲- مود بویلر پیرو (Boiler follower)

در این مود سیستم کنترل توربین در وضعیت دستی و سیستم کنترل بویلر در وضعیت اتوماتیک قرار دارد. دبی بخار توسط اپراتور و با ارسال فرامین افزایش / کاهش (با استفاده از دکمه‌های مربوطه) به شیر بخار تعیین می‌شود. دبی سوخت توسط سیستم کنترل اتوماتیک بویلر و به تبعیت از دبی بخار تعیین می‌شود.

در مودهای فوق، یکی از دو عامل دبی سوخت و دبی بخار، با مانور دستی اپراتور تعیین شده و عامل دوم بطور اتوماتیک، عامل اول را تعقیب می‌کند. در هر دو مورد، سیستم کنترل اتوماتیک با دریافت فشار بخار تروتل بعنوان فیدبک، مقایسه آن با نقطه کار[1] خطای فشار تروتل را محاسبه و به کنترل‌کننده مربوطه اعمال می‌نماید. کنترل‌کننده با دریافت سیگنال خطا، فرمانی به شیر کنترل (سوخت یا بخار) می‌دهد که نهایتاً فشار تروتل برابر نقطه کار آن شده و خطا بسمت صفر میل کند.

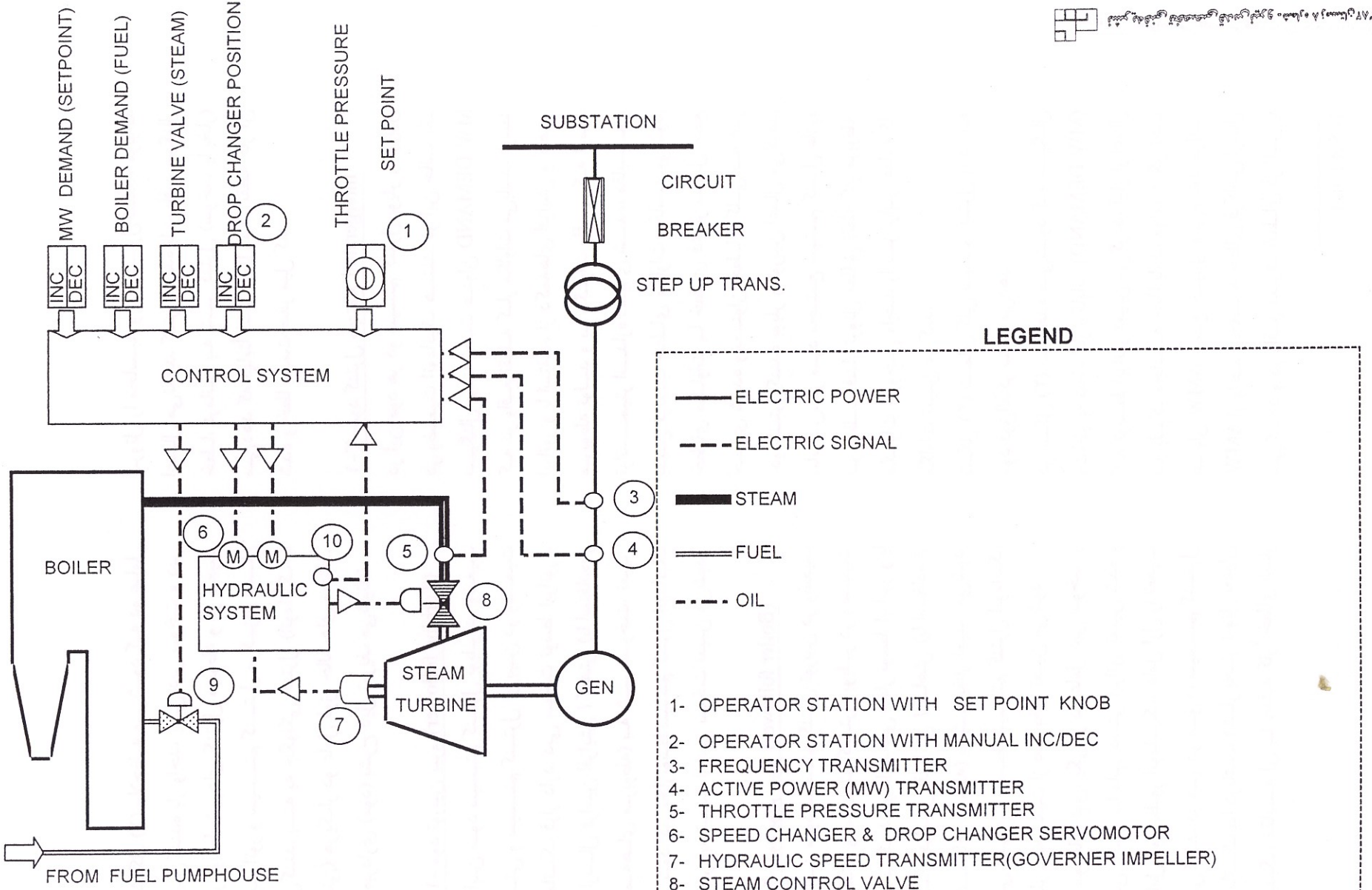
۱-۳- مود کنترل مجتمع Intergerated

در این مود هر دو سیستم کنترل بویلر و توربین در وضعیت اتوماتیک هستند. در این حالت یک سیگنال مبنا تحت عنوان MW DEMAND که در واقع نقطه کار مگاوات می‌باشد، توسط اپراتور و با استفاده از دکمه‌های افزایش و کاهش مربوطه تولید و با مگاوات واقعی که توسط ترانسمیتر اندازه‌گیری شده، مقایسه و بدین ترتیب خطای مگاوات محاسبه می‌شود. خطای مگاوات با خطای فشار تروتل جمع جبری شده و بعنوان خطای کلی به هر دو کنترل‌کننده بویلر و توربین اعمال می‌گردد. بنابراین، در مود مجتمع سیستم کنترل علاوه بر تنظیم فشار تروتل مطابق نقطه کار مربوطه، مگاوات خروجی واحد را نیز برابر نقطه کار مگاوات تعیین می‌کند.

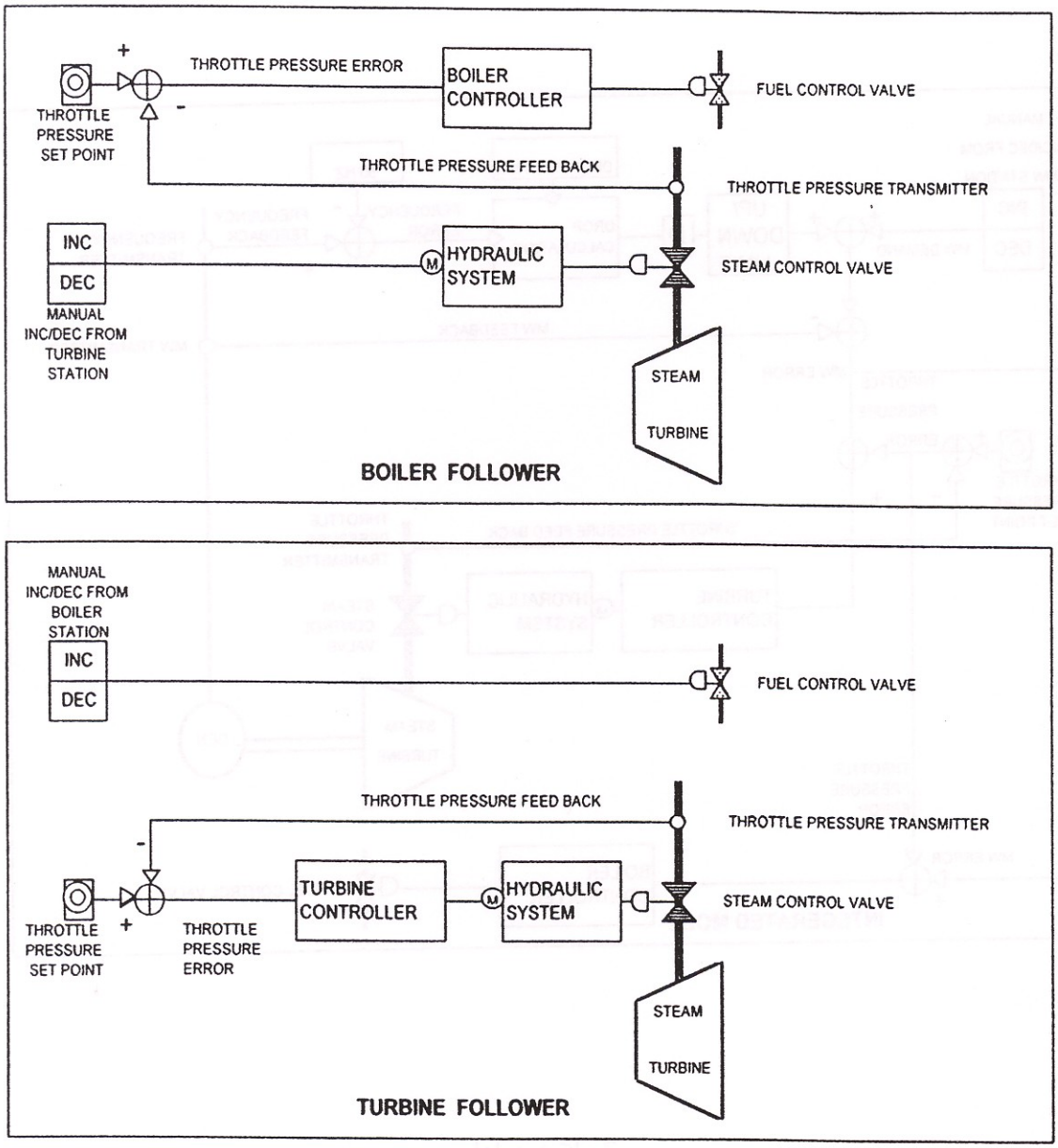
شکل (۲) شمای کلی سیستم کنترل را در سه مود فوق‌الذکر نشان می‌دهد.

در شکل (۲) مشاهده می‌شود که سیگنال متناظر به نقطه کار مگاوات (MW DEMAND) که توسط اپراتور تعیین می‌گردد، قبل از اعمال به بلوک محاسبه خطا بایک مولفه دیگر تحت عنوان ΔMW جمع جبری می‌شود. مولفه ΔMW از واحد محاسبه خطای فرکانس ارسال می‌گردد و در واقع معرف خطای فرکانس با

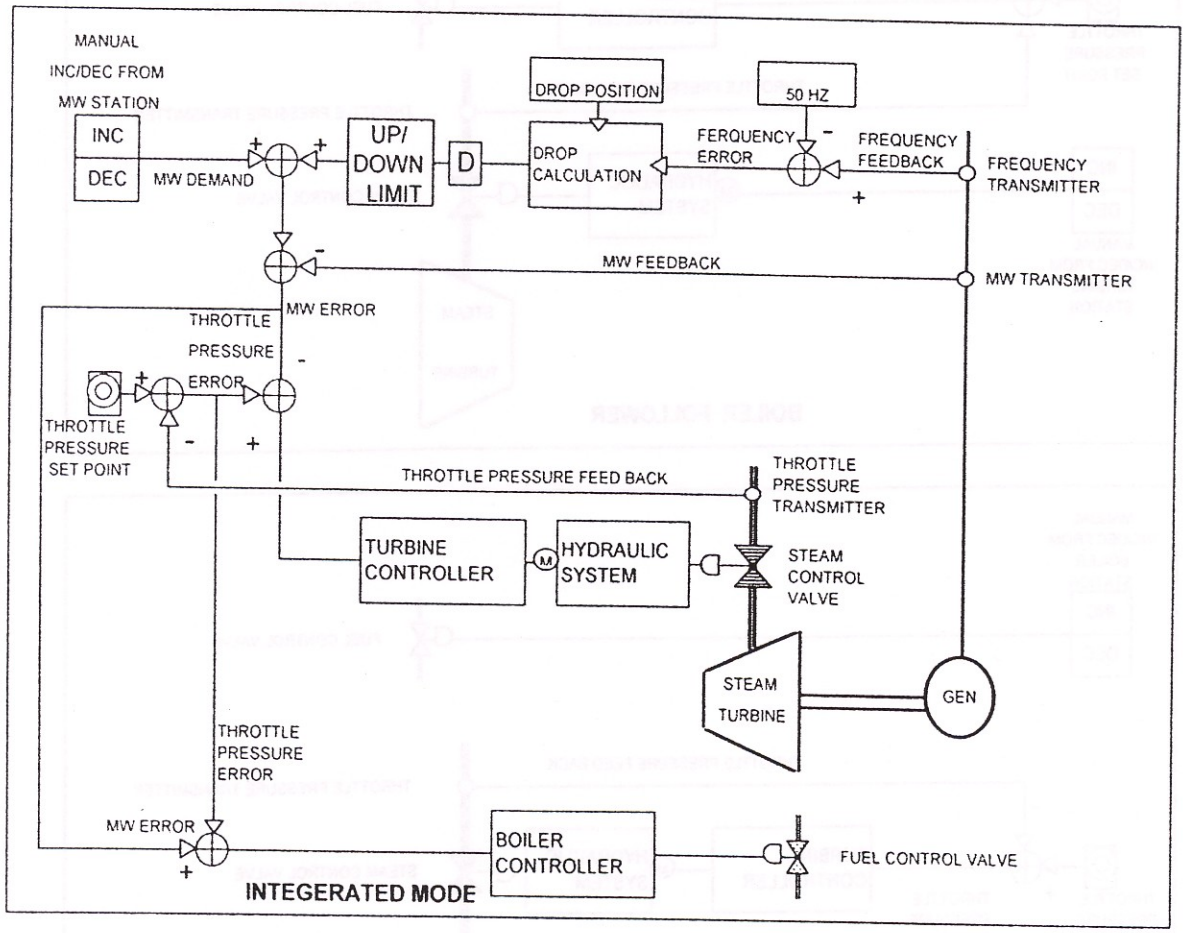
1- Set Point.


MW DEMAND (SETPOINT)
BOILER DEMAND (FUEL)
TURBINE VALVE (STEAM)
DROP CHANGER POSITION
THROTTLE PRESSURE
SET POINT
INC
DEC
2
1
SUBSTATION
CIRCUIT
BREAKER
STEP UP TRANS.
CONTROL SYSTEM
BOILER
6
M
M
10
5
HYDRAULIC
SYSTEM
8
3
4
STEAM
TURBINE
GEN
9
7
FROM FUEL PUMPHOUSE
LEGEND
ELECTRIC POWER
ELECTRIC SIGNAL
STEAM
FUEL
OIL
1- OPERATOR STATION WITH SET POINT KNOB
2- OPERATOR STATION WITH MANUAL INC/DEC
3- FREQUENCY TRANSMITTER
4- ACTIVE POWER (MW) TRANSMITTER
5- THROTTLE PRESSURE TRANSMITTER
6- SPEED CHANGER & DROP CHANGER SERVOMOTOR
7- HYDRAULIC SPEED TRANSMITTER(GOVERNER IMPELLER)
8- STEAM CONTROL VALVE
9- FUEL CONTROL VALVE
10- DROP CHANGER POSITION TRANSMITTER

شکل 1


+
THROTTLE PRESSURE ERROR
BOILER CONTROLLER
FUEL CONTROL VALVE
THROTTLE PRESSURE SET POINT
-
THROTTLE PRESSURE FEED BACK
THROTTLE PRESSURE TRANSMITTER
INC
DEC
M
HYDRAULIC SYSTEM
STEAM CONTROL VALVE
MANUAL INC/DEC FROM TURBINE STATION
STEAM TURBINE
BOILER FOLLOWER
MANUAL INC/DEC FROM BOILER STATION
INC
DEC
FUEL CONTROL VALVE
THROTTLE PRESSURE FEED BACK
THROTTLE PRESSURE TRANSMITTER
-
TURBINE CONTROLLER
M
HYDRAULIC SYSTEM
STEAM CONTROL VALVE
THROTTLE PRESSURE SET POINT
+
THROTTLE PRESSURE ERROR
STEAM TURBINE
TURBINE FOLLOWER

شکل 2



ادامه شکل 2

وزنی‌تابع عدد دروپ (در قسمت بعدی توضیح داده می‌شود) است. در ادامه این کمیت در یک فاکتور کوچکتر از یک ضرب شود و پس از عبور از یک محدودکننده با MW DEMAND جمع جبری می‌شود.

۲- سیستم هیدرولیک Governor

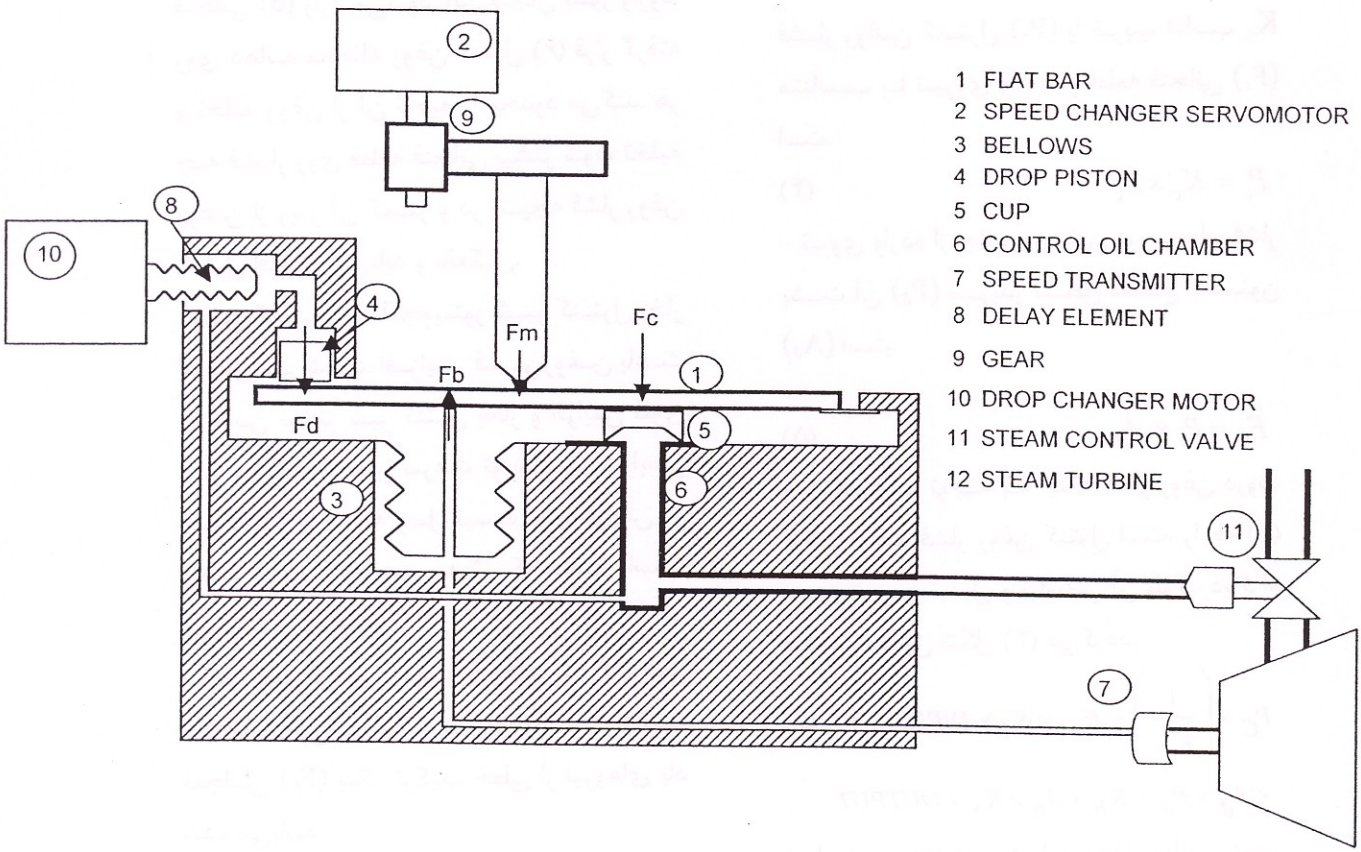
اجزای‌اصلی‌این‌سیستم در شکل (۳) نشان داده شده‌است. عملکرداین‌سیستم به شرح ذیل است.

- قطعه‌تسمه‌ای(۱)که‌ازیک‌طرف‌بوسیله‌یک‌فنر تخت به بدنه مکانیزم محکم شده و از سر دیگر

آزاداست.این‌قطعه‌تحت اثر نیروهای زیر قرار دارد:

الف) نیروی وارده از ناحیه سر و موتور (۲) که با نماد F_m نمایش داده می‌شود. سرو موتور مذکور همان‌المانی‌است‌که در شکل (۲) نشان داده شده و از خروجی‌سیستم‌کنترل‌توربین‌فرمان می‌گیرد.

ب) نیروی ناشی از فشار روغن ایمپلر گاورنر (۷) که توسط بیلوز (۳) (پیستون قابل انعطاف) وارد می‌شود (F_b). یادآوری می‌شود که فشار روغن ایمپلر گاورنر (Pi) متناسب با سرعت توربین است.



شکل 3

ج) نیروی وارده از جانب پیستون دروپ (۴) که با وساطت تأخیردهنده (۸) تحت فشار روغن کنترل قرار دارد (F_d). تأخیر برابر مدت زمان لازم جهت عبور روغن از شیارهای قطعه مارپیچی (۸) است.

برآیند نیروهای فوق از طریق تسمه به قطعه فنجانی (۵) وارد می‌شود. این فنجان بطور وارونه روی دهانه محفظه روغن کنترل (۶) قرار گرفته و تخلیه روغن از آن ناحیه را محدود می‌کند. هر چه فشار روی قطعه فنجانی بیشتر شود، تخلیه روغن از زیر آن کمتر و در نتیجه فشار روغن کنترل افزایش می‌یابد و بالعکس.

روغن کنترل به اکچویتور شیر کنترل بخار اعمال می‌شود. افزایش فشار روغن باعث باز شدن بیشتر شیر کنترل بخار و افزایش فلوی بخار و نهایتاً افزایش سرعت توربین (در شرایطی که واحد به شبکه وصل نیست) و یا افزایش بار واحد (زمانیکه واحد به شبکه متصل است) می‌گردد و بالعکس.

با در نظر گرفتن جهت نیروهای سه گانه فوق ملاحظه می‌شود که نیروی وارده بر قطعه فنجانی (F_c) یک ترکیب خطی از نیروهای یاد شده می‌باشد.

K_m، K_d و K_b ضرایب تناسب هستند.

$$F_c = K_m . F_m + K_d F_d - K_b F_b \qquad (۱)$$

هر یک از نیروهای فوق بصورت زیر محاسبه می‌شود:

- نیروی وارده از طرف موتور با ضریب متناسب K_i متناسب با فرمان اعمالی به آن (IN PUT) می‌باشد.

$$F_m = K_i \times INPUT \qquad (۲)$$

- نیروی وارده از طرف بیلوز برابر حاصلضرب فشار خروجی ایمپلر گاورنر (P_i) در سطح مقطع بیلوز (A_b) بوده‌وفشارمذکورنیزباضریب‌تناسب K_s متناسب‌باسرعت‌توربین (OUT PUT) می‌باشد، می‌توان نوشت:

$$F_b = A_b \times K_s \times Out\ put \qquad (۳)$$

فشار روغن کنترل (P_c) با ضریب تناسب K_c متناسب با نیروی وارده بر قطعه فنجانی (F_c) است.

$$P_c = K_c \times F_c \qquad (۴)$$

- نیروی وارده از جانب پیستون دروپ برابر فشار پشت آن (P_d) ضربدر سطح مقطع پیستون (A_d) است.

$$F_d = P_d \times A_d \qquad (۵)$$

و بالاخره با توجه به اینکه فشار روغن دروپ تأخیر یافته فشار روغن کنترل است، رابطه (۱) بصورت زیر تبدیل و براساس آن بلوک دیاگرام سیستم مطابق شکل (۴) می‌گردد.

$$P_C \times \left(\frac{1}{K_C}\right) = K_m \times K_i \times INPUT + K_d \qquad (۶)$$
$$\times A_d \times P_d - K_b \times A_b \times K_s \times OUTPUT$$

در این مرحله ضروری است مدل ریاضی عنصر تأخیر برآورد و در بلوک دیاگرام جایگزین شود. لذا توجه به دو نکته زیر ضروری است:

۱- فشار روغن کنترل P_C در هر لحظه برابر فشارروغن‌دروپ P_d بعلاوه اختلاف فشار (ΔP) دو سر عنصر تأخیر است.

$$P_C(t) = P_d(t) + \Delta P(t) \qquad (۷)$$

۲- فشار روغن دروپ با یک تأخیر زمانی (T_o) برابر فشار روغن کنترل است.

$$P_C(t) = P_d(t + T_o) \quad (۸)$$

از ترکیب روابط ۷ و ۸ می‌توان نوشت:

$$P_d(t + T_o) = P_d(t) + \Delta P(t) \quad (۹)$$

$$P_d(t + T_o) - P_d(t) = \Delta P(t) \quad (۱۰)$$

و با توجه به تعریف مشتق:

$$T_o \times \frac{P_d(t + T_o) - P_d(t)}{T_o} = \Delta P(t) \quad (۱۱)$$

$$\frac{d}{dt} P_{dt} = \Delta P(t) \quad (۱۲)$$

از ترکیب روابط ۱۲ و ۷، معادله دیفرانسیل زیر و معادله لاپلاسی آن بدست می‌آید:

$$P_C(t) = P_d(t) + T_o \frac{d}{dt} P_d(t) \quad (۱۳)$$

$$P_C(s) = P_d(s) + T_o S P_d(s) \quad (۱۴)$$

$$P_d(s) = \frac{1}{1 + T_o S} \times P_C(s) \quad (۱۵)$$

بدین ترتیب با مشخص شدن تابع تبدیل دروپ بلوک دیاگرام (۴) تکمیل می‌شود. جهت سهولت و با فرضیات $K_d \times K_S \times A_b = Kf, \frac{1}{K_C} = K$ و $K_d A_d = K_D$ و $K_m \times K_i = KI$ شکل (۵) بلوک دیاگرام تکمیل شده را نشان می‌دهد.

در ادامه بخش محدود به نقاط A و B از بلوک دیاگرام‌مذکورساده‌شده‌وبلوک دیاگرام نهایی در شکل(۶)نشان داده شده است. در این ساده‌سازی فرض $KK_D \approx 1$ مورداستفاده قرار گرفته است.

ملاحظه می‌شود که تابع تبدیل حلقه باز کنترل‌کننده هیدرولیکی یک سیستم تناسبی - انتگرالی است.

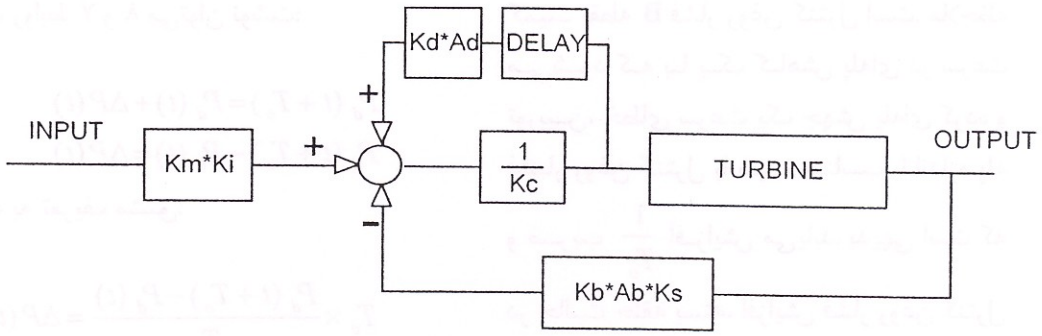
در شکل (۷) پاسخ این سیستم در نقطه B به ورودی پله‌ای در نقطه A رسم شده است.

کمیت نقطه A خطای سرعت (فرکانس) و کمیت نقطه B فشار روغن کنترل است. ملاحظه می‌شود که با یک کاهش پله‌ای در سرعت توربین، خطای سرعت یک جهش پله‌ای کرده و فشار روغن کنترل با شیب متناسب با اندازه پله و ضریب $\frac{1}{T_o}$ افزایش می‌یابد. بدیهی است که در حالت حلقه بسته، افزایش فشار روغن کنترل باعث افزایش سرعت (مگاوات در حالت اتصال به شبکه) و اصلاح فرکانس و نهایتاً صفر شدن خطای فوق‌الذکر می‌گردد.

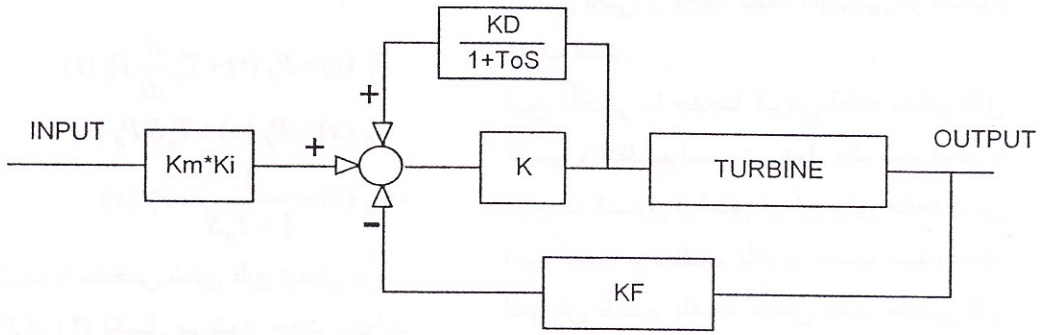
یادآوری می‌نماید که فاکتور T_o همان تأخیر زمانی ناشی از وجود قطعه مارپیچی در مکانیزم دروپ است.

این تأخیر با جابجا کردن قطعه مذکور قابل تغییر و تنظیم است. در عمل یک سرو موتور با قابلیت کنترل از اطاق فرمان برای جابجا کردن این قطعه و تنظیم تأخیر تعبیه شده است.

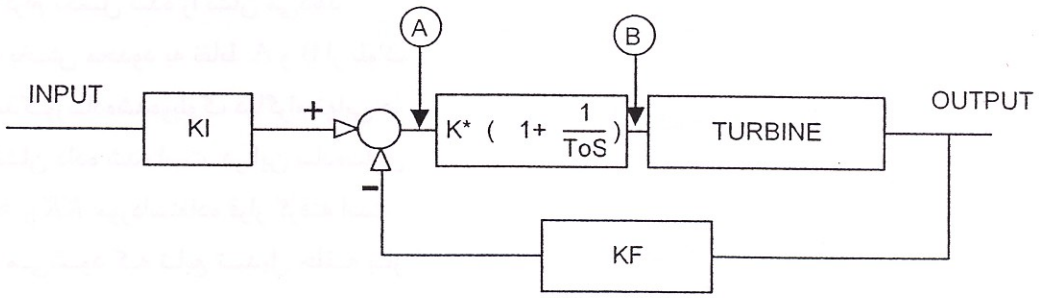
افزایش تأخیر باعث کاهش شیب منحنی B و کندی سیستم کنترل هیدرولیک و کاهش آن باعث سریعتر شدن سیستم در پاسخگویی به خطای فرکانس می‌باشد.



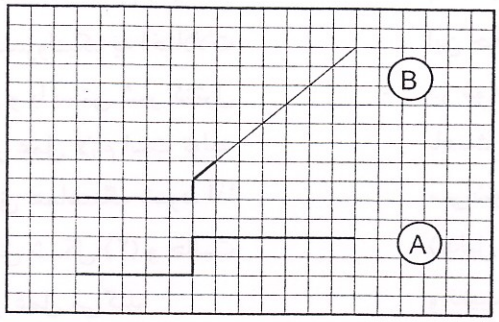
شکل 4



شکل 5



شکل 6



شکل 7

۳- فاکتور دروپ و حساسیت واحد به اختلالات فرکانسی

فاکتور دروپ بصورت نسبت تغییرات فرکانس به مگاوات و طبق رابطه (۱۶) تعریف می‌شود.

$$Drop\% = \frac{\Delta f\,(Pu)}{\Delta MW\,(Pu)} \times 100 \qquad (16)$$

در این رابطه مقادیر فرکانس و مگاوات نسبت به مقادیر مبنای مربوطه(فرکانس ۵۰هرتزو مگاوات نامی واحد Pn) یکه (Per unit) شده‌اند.معمولاً فاکتور دروپ واحدهای نیروگاهی بین ۴٪ تا ۷٪ طراحی می‌شود.

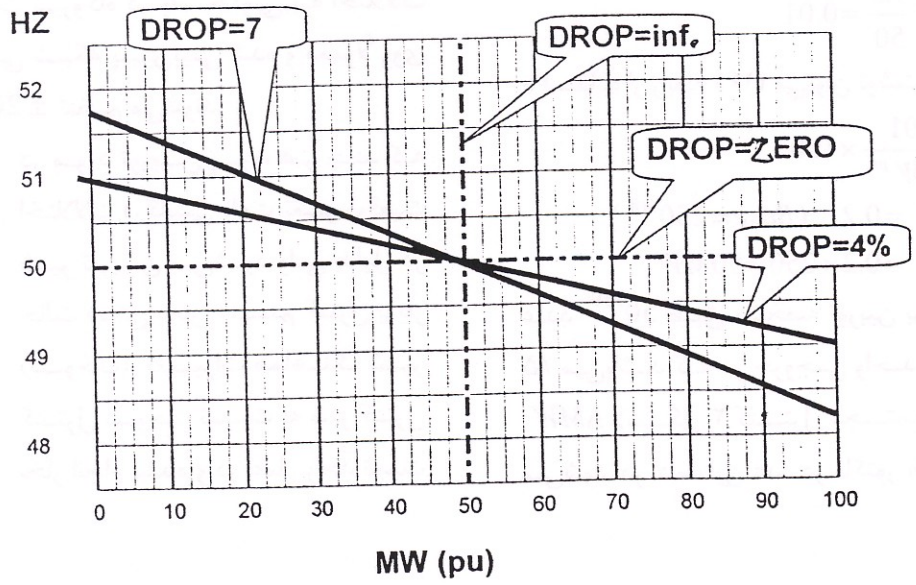
بطور مثال، سیستم با دروپ ۴٪ به یک خطای فرکانسی معادل یک هرتز با تغییر مگاوات باندازه نصف ظرفیت نامی خود پاسخ می‌دهد:

$$\Delta f^{(pu)} = 1/50 = 0.02$$

$$4\% = \frac{0.02}{\Delta MW^{(pu)}} \times 100$$

$$\Delta MW^{(pu)} = 0.5^{Pu} \rightarrow \Delta MW = 0.5 \times Pn$$

شکل (۸)، منحنی مقدار دروپ از ۴٪ تا ۷٪ را در دستگاه مگاوات، فرکانس نمایش می‌دهد.



شکل 8

بدیهی است که خطوط مشخصه شکل (۸) فقط پاسخ سیستم کنترل هیدرولیک به اختلالات فرکانسی را در باز کردن و یا بستن شیر کنترل بخار نشان می‌دهد. در عمل لازم است تولید بخار نیز با فرآیند فوق هماهنگ شود. لذا سیستم کنترل بار طبق شکل (۲) و حالت کنترل مجتمع بصورت زیر عمل می‌کند:

سیستم کنترل، فرکانس را از ترانسمیتر مربوطه دریافت و در مقایسه با ۵۰ هرتز خطای آن را محاسبه می‌کند.

خطای فرکانس به همراه سیگنال موقعیت دروپ به واحد محاسبه ΔMW ارسال می‌شود. این واحد تقریباً براساس رابطه (۱۶) کار می‌کند. خروجی این واحد در ضریب $(D = 10 \div 15\%)$ ضرب می‌شود. این ضریب بمنظور تعیین سهم مشارکت نیروگاه در کنترل فرکانس پیش‌بینی شده و فقط توسط افراد تیم تعمیرات قابل تغییر است (لذا اپراتور به آن دسترسی ندارد). عدد حاصل ΔMW است که پس از عبور از محدود کننده‌ها با سیگنال MW DEMAND (بار درخواستی اپراتور) جمع جبری می‌شود. محدود کننده، بمنظور تعیین بیشترین مقدار مشارکت نیروگاه در پاسخگویی به اختلالات فرکانسی شبکه پیش‌بینی شده و معمولاً روی $\pm 20MW$ تنظیم می‌شوند.

- در مورد توربین پیرو، هر چند که اختلالات فرکانسی باعث تغییر موقعیت شیر توربین می‌شود ولی بدلیل در حالت دستی بودن سیستم کنترل بویلر (سوخت)، تغییرات هماهنگ شیر کنترل سوخت نسبت به شیر کنترل بخار انجام نشده و در عمل واحد نسبت به تغییرات فرکانس پاسخ نمی‌دهد. در این حالت دروپ بی‌نهایت است.
- در مورد بویلر پیرو، اختلالات فرکانسی باعث تغییر موقعیت شیر توربین می‌شود و بویلر نیز بدون هیچ کنترلی (بدلیل در مدار نبودن سیستم محاسبه و تعیین ΔMW که فقط در مود مجتمع فعال است)، وضعیت شیر کنترل سوخت را به تبع آن تغییر می‌دهد. در این شرایط واحد به شدت تابع شبکه بوده و اصطلاحاً دروپ صفر است.

مشخصه دروپ‌های صفر و بی‌نهایت در منحنی‌های شکل (۸) نشان داده شده است.

برای درک بهتر و جمع‌بندی مطالب فوق دو مثال زیر را در نظر می‌گیریم:

مثال الف): یک واحد ۲۵۰ مگاواتی، در حال تولید ۲۲۰ مگاوات در مود کنترل مجتمع، بوده دروپ توربین روی ۵٪ و ضریب D = 25% و محدودکننده $L = \pm 20^{MW}$ می‌باشند.

عکس‌العمل توربین و واحد را برای افت فرکانس باندازه 0.5 هرتز محاسبه کنید.

$$\Delta f^{(pu)} = \frac{0.5}{50} = 0.01$$

با استفاده از رابطه (۱۶) می‌توان نوشت:

$$5 = \frac{0.01}{\Delta MW^{pu}} \times 100$$

$$\Delta MW^{pu} = 0.2 \quad (Base = 250^{MW})$$

$$\Delta MW^{pu} = 0.2 \times 250 = 50MW$$

عدد 50^{MW} طبق مشخصه توربین برای دروپ ۵٪ می‌باشد که در خروجی واحد محاسبه ΔMW (شکل ۲ کنترل مجتمع) ظاهر می‌شود. در ادامه این عدد در فاکتور D = 25%

ضرب و با مقدار بار تولیدی در آن لحظه (220 MW) جمع می‌شود. بنابراین واحد مذکور با افزایش 12.5MW به تولید قبلی در امر کنترل فرکانس مشارکت می‌کند.

$$MW DEMAND_{NEW} = 220 + 25\% \times 50 = 232.5^{MW}$$

مثال ب): در شرایط فوق و با فرض دروپ معادل ۴٪ و افت فرکانس معادل ۱ هرتز خواهیم داشت:

$$\Delta f^{(pu)} = \frac{1}{50} = 0.02$$

$$4 = \frac{0.02}{\Delta MW^{pu}} \times 100$$

$$\Delta MW^{pu} = 0.5$$

ΔMW عدد خروجی محاسبه $\Delta MW = 125^{MW}$

عدد خروجی پس از اعمال ضریب $D = 25\%$

$$\Delta MW = 0.25 \times 125 = 31.25^{MW}$$

با توجه به اینکه عدد فوق بزرگتر از ۲۰ می‌باشد توسط محدود کننده، محدود شده و لذا واحد فقط باندازه ۲۰ مگاوات به خروجی خود می‌افزاید.

۴- نتیجه‌گیری

۱- کنترل فرکانس فقط در مود کنترل مجتمع و در حالتیکه هر دو عامل سوخت و بخار تحت کنترل اتوماتیک قرار دارند امکان‌پذیر است.

۲- در مود توربین پیرو حساسیت واحد نسبت به فرکانس صفر و بعبارت دیگر دروپ بی‌نهایت است.

۳- در مود بویلر پیرو حساسیت واحد نسبت به فرکانس بی‌نهایت و دروپ صفر است.

۴- مشارکت هر واحد در امر کنترل فرکانس محدود بوده و در صورتیکه اختلال بزرگ باشد، یک واحد تنها قادر به جبران آن نبوده و ضروری است کلیه واحدهای شبکه تحت یک مدیریت متمرکز و بسته به قابلیت‌های آنها، سهمیه‌بندی گردند. سهیمه هر واحد توسط محدوده تغییر دروپ، فاکتور D و محدود کننده L تعیین می‌شود. بدین ترتیب در موقع بروز اختلالات فرکانس در شبکه، واحدهای مختلف نیروگاهی بنا به سهمیه‌هایی که با تنظیمات فوق‌الذکر تعیین شده‌اند، عکس‌العمل نشان می‌دهند.

۵- مراجع

1- Modern Power Station Practice VOLUME G Turbines, generators, and associated plant chapter 2.

2- Bisotoun Power plant maintenance Manual C.

3- Gharb power plant – unit control system descriptions.

آقای کاوه امامی افشار دارای مدرک لیسانس مهندسی برق از دانشگاه صنعتی شریف در سال ۱۳۶۸ بوده، جمعاً دارای ۱۴ سال سابقه کار در زمینه نیروگاهها می‌باشند.

آقای امامی افشار ۷ سال تجربه کاری در شرکت قدس‌نیرو داشته و ۷ سال بقیه را در نیروگاه بیستون مسئولیت سرپرستی گروه تعمیرات I&C و مدیریت تعمیرات را بعهده داشته‌اند.

Email: Kemamiafshar @ Ghods-Niroo.com

نگارنده در تهیه مقاله حاضر از راهنمایی‌های همکار محترم جناب آقای مهندس ماهر بهره‌مند بوده که بدینوسیله سپاسگزاری می‌نماید.

آشنائی با مبانی اولیه مهندسی زلزله

رضا طاهرزاده
کارشناس ارشد مکانیک خاک و مهندسی پی- معاونت سازه‌های آبی

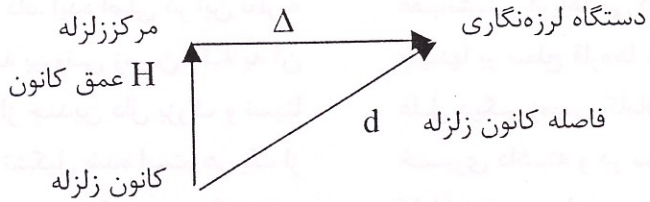
چکیده:
کشور ایران به عنوان یکی از کشورهای زلزله‌خیز جهان در طی سالیان گذشته همواره در معرض زلزله‌های ویران‌کننده قرار داشته است. خاطره تلخ زلزله ۳۱ خرداد ۱۳۶۹ که در طی آن چندین هزار نفر انسانهای بی‌گناه جان باختند و میلیاردها ریال خسارت مالی به بار آمد، هنوز از اذهان پاک نشده بود که در ۵ بهمن ۱۳۸۲ واقعه دلخراش بم همگان را شگفت زده کرد. شرایط زمین ساختاری ایران از نظر استعداد وقوع زلزله‌های مخرب ایجاب می‌کند که مسأله مصون‌سازی جامعه از هر لحاظ در مقابل آثار زلزله به طور جدی در دستورالعل قرار بگیرد، و بویژه از نظر ایجاد بناهای مقاوم در برابر زلزله به طور جدی مراعات گردیده و مقررات مربوطه به مرحله اجرا درآید. در این مقاله مختصری در مورد مبانی اولیه زلزله توضیح داده می‌شود.

مقدمه

به علت عامل محرکی که آنرا علت اولیه زمین‌لرزه می‌نامند انرژی در قشرهای عمقی زمین ایجاد و ذخیره شده و باعث بروز تنشهایی در مواد قشر رویی زمین می‌گردد. وقتی که این تنشها از تاب تحمل مصالح قشر رویی زمین تجاوز نماید مواد تحت تنش می‌شکند و گسلهایی در آنها بوجود می‌آید و حرکات ناگهانی به صورت جابجا شدن، لغزش و غیره در این مواد اتفاق می‌افتد و وضع تعادل به طور ناگهانی در امتداد تشکیلات قشر رویی زمین عوض می‌شود و تکانها و ضربه‌های زیرزمینی بوجود می‌آیند. این تکانها و ضربه‌ها حرکات ارتعاشی بوجود می‌آورند که بصورت امواج از محل این حرکات (کانون) به جمیع جهات منتشر می‌گردند و در رسیدن به سطح زمین اثراتی ظاهر می‌سازند که زلزله نامیده می‌شود. به این ترتیب انرژی پتانسیل که به مرور ذخیره شده است به انرژی جنبشی تبدیل می‌گردد.

۱- کانون و مرکز زلزله

امواج حاصل از زلزله از یک محل واحد ساطع شده و به جمیع جهات منتشر می‌گردند. این محل را کانون زلزله می‌نامند. تصویر کانون زلزله بر روی سطح کره زمین را، مرکز زلزله می‌نامند. فاصله کانونی زلزله عبارتست از فاصله کانون زلزله تا ایستگاه لرزه‌نگاری مورد نظر که در شکل (۱) با d نشان داده‌شده است. فاصله سطحی عبارتست از فاصله مرکز زلزله تا ایستگاه لرزه‌نگاری که در شکل (۱) با Δ نشان داده شده است. عمق کانونی H عبارتست از فاصله بین کانون تا مرکز زلزله.



شکل (۱): کانون و مرکز زلزله

۲- قدرت زلزله

برای قدرت زلزله مقیاسهای مختلفی تعریف شده‌است. در این بخش به دو مقیاس" مرکالی اصلاح شده" و"ریشتر" که به ترتیب برای شدت و بزرگی زلزله به کار می‌روند توضیح داده می‌شود.

۲-۱- شدت زلزله

شدت زلزله را معمولا بوسیله خرابی بناها و تغییراتی که در زمین بوجود می‌آید و واکنش مردم و اشیا مشخص می‌نمایند و برای آن درجاتی قایل می‌شوند. به طور کلی شدت زلزله یک مقیاس مشاهده‌ای و غیر دستگاهی است که بستگی به فاصله کانونی تا مکان مورد نظر، عمق کانونی، مدت دوام لرزش، نوع خاک، عمق سنگ بستر و ساختمان آن عمق، سطح ایستایی آب، کیفیت ساختمانها، تراکم جمعیت و عوامل دیگر دارد. در جدول (۱) تعریفی از دوازده مقیاس اصلاح‌شده مرکالی ارائه شده است.

۲-۲- بزرگی زلزله

تعیین شدت زلزله بر حسب مقیاس شدت چندان دقیق نیست. بطوریکه اشاره شد انرژی که در قشرهای عمقی زمین در مدتی طولانی ذخیره می‌شود، باعث بروز تنشهای ارتجاعی در زمین می‌گردد و وقتی این تنشها از تاب تحمل قشر سنگی زمین تجاوز نماید، حرکات ناگهانی در زمین بوجود می‌آید و وضع تعادل به طور ناگهانی در مواد تشکیل‌دهنده قشر زمین عوض می‌شود و تکانها و ضربه‌های زیرزمینی بوجود می‌آید که امواج زلزله را به اطراف منتشر می‌کند. بدین ترتیب انرژی پتانسیل که به مرور ذخیره شده است به انرژی جنبشی تبدیل می‌گردد. در مقیاس انرژی، به جای مفهوم شدت زلزله، اصطلاح بزرگی زلزله جانشین می‌گردد. بزرگی زلزله M برحسب مقدار ریشتر تابعی است از دامنه ماکزیمم آن (طول حداکثری که زمین جابجا می‌شود) در صورتیکه توسط زلزله‌نگار استاندارد در فاصله ۱۰۰ کیلومتری مرکز زلزله اندازه‌گیری گردد. از آنجاییکه حدی برای تغییر شکل قبل از گسیختگی ناشی از انرژی ایجاد شده، برای مواد سنگی قشر زمین وجود دارد، به نظر می‌رسد ۹ ریشتر حد نهایی مقیاس بزرگی زلزله باشد.

۳- مکانیسم و علل وقوع زلزله

۳-۱- زلزله‌های تکتونیکی

در یونان باستان ارتباط دادن آتشفشانهای اژه با زلزله‌های مدیترانه امری طبیعی بود، اما با گذشت زمان روشن شد که بیشتر زلزله‌های مخرب از فعالیتهای آتشفشانی حاصل نمی‌شوند. علت وقوع بیشتر زلزله‌ها را می‌توان با نظریه‌ای که در سالهای اخیر مورد استفاده واقع شده است و به آن تکتونیک صفحه‌ای

مـی‌گویـند، توضیح داد. ایده اصلی در این نظریه ایـن اسـت کـه لایـه بیرونـی زمیـن (کـه به آن سنگکره می‌گویند) از چندین دال بزرگ و نسبتا پایدار به نام صفحه تشکیل شده است. هر یک از ایـن صـفحات تـا عمـق ۸۰ کیلومتری گسترش یافـته‌انـد. حرکـت صفحات سطح زمین می‌تواند توجـیه‌گـر تعـداد زیادی از فعالیتهای لرزه‌خیزی دنـیا باشد. برخورد بین صفحات سنگکره، از بین رفتـن و تخریب صفحات دال مانند در موقعی که در یـک ناحیه عمیق زیر حاشیه قاره فرو می‌رود و گسـترش در امـتداد پشـته مـیان اقیانوسـی، همگـی مکانیسمهایی هستند که ایجاد کرنشهای قابل ملاحظه و شکست در سنگهای پوسته نازک زمین می‌کنند. علاوه‌براین با توجه به نقشه کره زمیـن و وضـعیت قرارگـیری قـاره‌هـا مشـاهده مـی‌شـود در بعضی مناطق مانند خطوط ساحلی اقـیانوس اطلـس در قاره آفریقا و خطوط ساحلی در قـاره آمـریکا مکمـل یکدیگـر مـی‌باشند. این تشـابه نظـریه حرکت صفحات قاره‌ها را معطوف می‌دارد.

۳-۲- اتساع سنگهای پوسته زمین

فرضـیه دیگـر تحـت عنوان حرارت ایجاد شده از مـواد رادیواکتـیو عـنوان مـی‌گـردد. تجزیه مواد رادیواکتـیو در قشر سیالیک قاره‌ها تولید حرارت کرده و به علت اینکه قابلیت انتقال حرارتی بستر زمیـن کـم اسـت ایـن حـرارت در زیر قاره‌ها به تدریـج ذخـیره مـی‌شود. پس از گذشت چندین میلـیون سـال این بستر بازالتی ذوب شده و قاره در آن فـرو مـی‌رود. ایـن وضـع در سطح توام با تجـاوز اقیانوسها به سطح قاره‌ها می‌گردد. انجماد و انبسـاط بازالـت باعـث بـالاآمدن سطح قاره‌هاو عقب‌نشینی دریاها می‌گردد و تولید برجستگی و چیـنها بر سطح قاره‌ها می‌نماید. بدین علت و به علـل دیگـر زمیـن کاملا صلب نبوده بلکه حالت خمـیری داشـته و در سطح زمین صفحات صلب کاملاً شناور می‌باشند.

۳-۳- انفجار

انفجارهـای معمولـی و یـا هسـته‌ای زیرزمینـی مـی‌توانـند تولـید زلز له کنـند. وقتـی یک بمب هسـته‌ای در زیـر زمیـن مـنفجر می‌شود، مقدار بسـیار زیـادی انـرژی آزاد مـی شود. انفجارهای هسـته‌ای زیرزمینی در طی دهه‌های اخیر که در تعـــدادی از محلهـــای آزمایشـــی در دنـــیا صـورت گرفـت، باعـث بوجـود آمـدن زلزله‌های بزرگـی شـده‌انـد. امـواج حاصـل از ایـن زلزله‌ها بـا طـی مسـافت طولانی در داخل زمین، توسط ایستگاههای لرزه‌نگاری دوردست ضبط شده‌اند.

۳-۴- زلزله‌های آتشفشانی

زلزـله‌هایـی کـه بـتوان آنهـا را بـه طـور منطقی بـه آتشفشـان ارتـباط داد نسبتا نادرند و در این سه دسته قرار می‌گیرند:

۱- انفجارهـــای آتشفشـــانی، ۲- زلزـــله‌ای سـطحی ناشـی از حرکـت ماگمـا ۳- زلز له‌های تکتونیکـی مرتـبط بـا آتشفشـان. از مـیان ایـن سـه دسته ، گروه سوم یعنی زلزله‌های تکتونیکی مرتـبط بـا آتشفشـان از همـه مشـکلتر اسـت چـون مـواردی کـه بـا ایـن دسته منطبق شوند نـادر هسـتند. ایـن در حالیسـت کـه آتشفشـان «پایـه‌هـیو» در رشـته کـوه آنـد ۴۸ سـاعت بعـد از زلزـله بـزرگ ۱۹۶۰ شـیلی فـوران کرد. مـی تـوان فـرض کـرد کـه در یـک زلزـله

بـزرگ، حـرکات زمیـن باعـث انتشـار امـواج در مخـازن پـر از ماگمـا مـی‌شـوند و ایـن تـراکم و انبسـاط کلـی در گدازه گاز- مایع می‌تواند باعث فعالیتهای آتشفشانی گردد.

۳-۵- زلزله‌های فروریختگی

زلزله‌هـای فروریختگـی عبارتـند از زلزلـه‌هـای کوچـک در مناطقی که غارها و معادن زیرزمینی وجود دارند. مورد دیگری که مشاهده شده است، ترکـیدن معـدن اسـت. ایـن مسـاله وقتی اتفاق می‌افتد که تنشهای وارده بر دیواره آن باعث جدا شدن انفجاری قطعات سنگ از دیواره‌های معدن مـی‌شـود و ایـن مسـاله ایجـاد امـواج زلزلـه‌ای مـی‌نمـاید. نـوع جالبـی از زلزله‌های فروریختگی بعضی اوقات در اثر لغزشهای بزرگ زمین صورت مـی‌گیرد. به عنوان نمونه، لغزش بزرگ در زمین در ۲۵ آوریل ۱۹۷۴ در امتداد رودخانه مانتاروی پـرو، امواجـی معـادل بـا زلزلـه‌ای با بزرگی ۴/۵ ریشـتر ایجـاد نمود. این لغزش زمین در حجمی معـادل $۱/۶ \times ۱۰^{۹}$ مترمکعـب صـورت گرفـت و باعث کشته شدن ۴۵۰ نفر شد.

۳-۶- زلزله‌های ناشی از مخازن بزرگ آب

ایجـاد زلزلـه در اثر ذخیره کردن آبهای سطحی، فکـر جدیـدی نیسـت. در دهـه ۱۸۷۰ هیاتی از مهندسـان آمریکایـی پیشـنهاد ذخـیره مقادیـر زیـادی از آب در دریـای سـالتون در کالیفرنیای جنوبی را بدین علت که باعث ایجاد زلزله در این مـنطقه مـی شـود، رد کردند. اولین مدرک مهم موجـود در ایـن زمیـنه بعـد از پر کردن دریاچه مید در پشت سد هوور (به ارتفاع ۲۲۱ متر) در مرز نوادا و آریزونا، که در سال ۱۹۳۵ شروع شد، بـه دست آمد. در ۱۱ دسامبر در کوینا یک زلزله (بـا بزرگـی ۶/۵ ریشتر) که مرکز آن نزدیک یک سـد بـه ارتفـاع ۱۰۳ مـتر واقع بود باعث خرابی زیـادی شـد. بعد از اینکه آبگیری در سال ۱۹۶۲ آغـاز شـد، گزارشـهایی از تکانهای محلی در این ناحـیه کـه در سـابق یـک مـنطقه بـی‌لـرزه بود دریافـت شـد. لـرزه‌نگارهـا نشان دادند که محل کـانون ایـن زلزلـه در عمـق کمی از کف دریاچه واقع می‌باشند. به طور کلی بیشترین مناطقی که در معرض چنین زلزله‌هایی قرار دارند در مناطق تکتونیکـی اتفـاق می‌افتند که حداقل چند مورد سابقه زلزله داشته‌اند.

۴- مناطق زلزله خیز

اکـثر زلزله‌های دنیا در امتداد دوکمربند اصلی به وقـوع پیوسـته‌اند. یکی کمربند حاشیه اقیانوس آرام و دیگـری کمربـند آلـپ-هیمالـیا نامـیده می‌شوند. کمربند حاشیه اقیانوس آرام به صورت یک منحنی نا منظم از سرتاسر سواحل آمریکای جنوبـی و آمریکای مرکزی و شمالی و از آنجا به آلاسـکا، ژاپن، چین، فیلیپین، اندونزی و استرالیا سـرازیر مـی‌شـود. زلزلـه‌هایـی کـه در ایـن دو کمربـند رخ مـی‌دهند حدود هشتاد درصد مقدار کل انرژی آزاد شده توسط زلزله‌های سراسر دنیا را بـه خـود اختصـاص مـی‌دهـند. کمربند آلپ- هیمالـیا به صورت یک منحنی نامنظم از سلسله کوههای هیمالیا در شرق آسیا شروع شده و پس از عـبور از اندونـزی، برمه، شمال هند، پاکستان، افغانسـتان، ترکمنسـتان، شـمال ایـران، ترکـیه، یونـان، یوگسـلاوی و ایتالـیا تـا دریـای مدیترانه امتداد دارد.

جدول (۱): دوازده مقیاس اصلاح‌شده مرکالی

درجه (MM)	شـــــــــــــرح	شتاب حرکت زمین (g)
I	زلزله احساس نمی‌شود، مگر در یک شرایط بسیار ویژه، تنها توسط دستگاه‌های لرزه‌نگار قابل ثبت است.	---
II	زلزله توسط افراد درحال استراحت و در طبقات بالای ساختمان‌ها حس می‌شود. برخی اشیاء آویزان ممکن است نوسان کنند.	---
III	زلزله در فضای باز کاملاً احساس می‌شود و مردم ممکن است آن را به‌صورت زلزله‌شناسایی نکنند. ارتعاش مانند عبور یک کامیون است. اتومبیل‌های متوقف ممکن است کمی تکان بخورند. مدت زمان لرزش قابل تخمین است. ارتعاش در طبقات بالای ساختمانها نیز به خوبی قابل احساس است.	---
IV	در طی روز در فضای بسته توسط عده زیادی حس و در فضای باز توسط عده معدودی قابل احساس است. در شب ممکن است عده‌ای از خواب بیدار شوند. بشقابها، پنجره‌ها و دربها سروصدا می‌کنند و دیوارها صدای ترک می‌دهند. زلزله همانند برخورد یک کامیون سنگین با ساختمان است. در اتومبیل‌های ایستاده ارتعاش قابل درک است.	(۰/۰۱۵-۰/۰۹)
V	زلزله توسط هر فردی قابل احساس است. بسیاری از خواب بیدار می‌شوند. برخی از پنجره‌ها، بشقابها و غیره شکسته می‌شوند. گچ‌کاریهای ساختمانها ترک می‌خورند. اشیای ناپایدار واژگون می‌گردند. سر و صدای درختان و سایر اشیای مرتفع شنیده می‌شود و آونگ ساعتها متوقف می‌گردند. درها باز و بسته می‌شوند و امتداد حرکت زمین‌لرزه قابل درک است.	(۰/۰۳-۰/۰۴)
VI	زلزله توسط بسیاری از افراد حس می‌شود و بسیاری از مردم وحشت‌زده به فضای باز پناه می‌آورند. اشیای سنگین جابجا می‌شوند و قطعاتی از گچ‌کاری کنده می‌شود. دودکش‌ها فرو می‌ریزند و خسارات جزئی به بارمی‌آید. افراد به حالت نامتعادل قدم می‌زنند و یا می‌ایستند. پنجره‌ها، درها و بشقابها شکسته می‌شوند. ساختمان‌های خشتی و ضعیف ترک برمی‌دارند. زنگ‌های کوچک به صدا در می‌آیند.	(۰/۰۶-۰/۰۷)
VII	مردم وحشت‌زده به فضای باز فرار می‌کنند. خسارت بسیار کمی در ساختمان‌هایی که خوب طراحی و ساخته شده‌اند وارد می‌شود. به ساختمان‌های متوسط و معمولی خسارات جزئی و متوسط وارد می‌شود. خسارات قابل ملاحظه‌ای به ساختمانهای ضعیف و بد طراحی شده، وارد می‌شود. خسارت به ساختمانهای نوع (D) شامل ترک و فروافتادن گچ‌کاریها است و آجرهای سست لق می‌شوند. ترک‌هایی در ساختمان‌های نوع (C) بوجود می‌آید. ایستادن مشکل می‌شود و اثاثیه شکسته می‌شوند. زنگهای بزرگ به صدا درمی‌آیند. زهکش‌های سیمانی آبرسانی خسارت می‌بینند. لغزش‌های کوچک اتفاق می‌افتد.	(۰/۱-۰/۱۵)

ادامه جدول (۱): دوازده مقیاس اصلاح‌شده مرکالی

درجه (MM)	شـــــــــرح	شتاب حرکت زمین (g)
VIII	خسارت در ساختمان‌هایی که طراحی ویژه شده‌اند، بسیار جزئی است و در ساختمان‌های معمولی نوع (C) با فروریزش‌های جزئی همراه است و در ساختمان‌های ضعیف نوع (D) بسیار شدید است. دیوارهای جداکننده به خارج از قاب ساختمان پرتاب می‌شوند. دودکش‌ها، ستون‌ها، دیوارها و دودکش‌های کارخانه‌ها و سنگ‌های یادبود سقوط می‌کنند. اشیای سنگین واژگون می‌گردند. تغییراتی در سطح آب چاهها ایجاد می‌شوند. رانندگی مشکل می‌گردد. ترک‌هایی در زمین‌های مرطوب و شیب‌های ملایم ایجاد می‌شود. تغییراتی در آب و درجه حرارت چشمه‌ها و چاهها ایجاد می‌شود. خانه‌های اسکلت‌دار بر روی سطح پی حرکت می‌کنند. شاخه‌های درختان شکسته می‌شوند.	(۰/۲۵-۰/۳)
IX	خسارت قابل ملاحظه‌ای در ساختمانهایی که طراحی ویژه شده‌اند، ایجاد می‌شود. ساختمان‌های اسکلتی خوب طراحی شده، کج می‌شوند. ساختمان بر روی پی تغییر مکان می‌دهد. ترک‌هایی آشکار در زمین ایجاد می‌گردد. خطوط لوله زیرزمینی شکسته می‌شوند. وحشت عمومی بر مردم غالب می‌گردد. ساختمان‌های نوع (D) ویران می‌گردند و بر ساختمان‌های نوع (C) خسارت سنگین وارد می‌گردد و گاهی کاملاً فرو می‌ریزند. ساختمان‌های نوع (B) خسارت جدی می‌بینند و خسارت اساسی به پی وارد می‌گردد. در مناطق آبرفتی ماسه و گل بیرون می‌آیند.	(۰/۵-۰/۵۵)
X	سازه‌های چوبی خوب ساخته شده، ویران می‌شوند، بسیاری از سازه‌های اسکلت‌دار بنایی به همراه پی ویران می‌شوند. در زمین ترک‌های بزرگی ایجاد می‌گردد. خطوط راه‌آهن کج می‌شوند. زمین لغزش‌های قابل ملاحظه‌ای در کنار رودخانه‌ها و شیب‌های ملایم اتفاق می‌افتد. آب سر و صدای زیادی (چلپ و چلوپ) می‌کند. خسارات جدی به سدها و مخازن وارد می‌گردد. در زمین لغزش‌های بزرگ اتفاق می‌افتد و آب از مخازن و کانال‌ها و رودخانه‌ها و دریاچه‌ها و غیره بیرون ریخته می‌شود.	> ۰/۶
XI	ساختمان‌های کمی، استوار باقی می‌مانند. پل‌ها ویران می‌گردند. خطوط لوله زیرزمینی کاملاً غیرقابل استفاده می‌شوند. خطوط راه‌آهن به شدت کج می‌شوند. زمین باتلاقی می‌شود. لغزش‌هایی در زمین‌های نرم ایجاد می‌شود.	
XII	خسارت کلی، امواج بر روی سطح زمین مشاهده می‌شوند. اشیاء به هوا پرتاب می‌شوند و سنگ‌های بزرگ جابه‌جا می‌گردند.	

توضیح:

ساختمان نوع (A)= طراحی، ساخت و ملاط خوب- ساختمان تقویت‌شده در جزئیات به‌گونه‌ای طراحی شده که درمقابل نیروهای جانبی و اجزای ساختمان با استفاده از فولاد و بتن و غیره به یکدیگر متصل شده‌اند.

ساختمان نوع (B): طراحی، ساخت و ملاط خوب- ساختمان تقویت شده اما در جزییات به گونه‌ای طراحی شده که در مقابل نیروهای جانبی مقاوم نباشد.

ساختمان نوع (C): طراحی، ساخت و ملاط معمولی- ساختمان در مقابل نیروهای جانبی مقاوم نمی باشد.

ساختمان نوع (D) مصالح ضعیف از قبیل خشت، ملاط نامرغوب و ضعیف، استانداردهای ساخت رعایت نشده و از نظر جانبی در مقابل نیروی افقی پایدار نمی باشد.

شکل (۲): نقشه توزیع مراکز سطحی زمین‌لرزه‌های تاریخی و دستگاهی

۵- زمین‌ساخت ایران

در نقشه زمین‌ساخت ایران سه امتداد اصلی شمالغرب- جنوب شرقی، شمال شرق- جنوب غرب و شمالی- جنوبی قابل تشخیص است. همانطور که پیشتر به آن اشاره گردید ایران بخشی از کمربند زلزله خیز آلپ- هیمالیا را تشکیل می‌دهد. چهار ناحیه اساسی زمین‌ساخت موسوم به زاگرس، ایران مرکزی، البرز و کپه‌داغ در شمال خراسان در مرز ترکمنستان را برای ایران می‌توان در نظر گرفت. ناحیه زاگرس دارای زلزله‌های فراوان کم‌عمق (کانون در عمق صفر تا هفتاد کیلومتر) با بزرگی متوسط و بعضا زیاد می‌باشد. زلزله‌های ناحیه ایران مرکزی به فراوانی زاگرس نبوده ولی معمولا دارای عمق کمتر و بزرگی بیشتر هستند. تمام زلزله‌های این ناحیه مانند زلزله‌های بوئین‌زهرا (۱۳۴۱)، دشت بیاض(۱۳۴۷)، طبس(۱۳۵۷) و گلباف کرمان (۱۳۶۱) در سطح زمین با شکستگی همراه بوده‌اند. زلزله‌های ناحیه البرز اغلب بزرگ و از نوع کم‌عمق هستند که در مقایسه با زاگرس از دوره آرامش طولانی‌تری برخوردار هستند. در شکل شماره (۲) توزیع مراکز زمین‌لرزه‌های تاریخی ایران نشان داده شده است. همانگونه که ملاحظه می‌گردد مراکز باشدت بالاتر با دوایر بزرگتر به نشان داده شده است. علاوه بر این نقاط مشخص شده، نقاط ثبت شده با دستگاه شتابنگار بوده که اطلاعات زلزله‌های اخیر را ثبت کرده است. در بخش بعدی توضیحات بیشتر در مورد این دستگاهها ارائه خواهد شد.

۶- دستگاههای ثبت زلزله

اطلاعات زلزله‌ها به طور کلی از طریق دو دسته دستگاه لرزه‌نگار و شتابنگار ثبت می‌شوند:

لرزه‌نگارها:

تغییرمکان ایجاد شده در زمین در هنگام وقوع زلزله توسط لرزه‌نگارها ثبت می‌شوند. این دستگاهها بسیار حساس بوده و قادر به ثبت حرکات ضعیف زمین که قابل حس توسط انسان نیست نیز می‌باشند. به کمک اطلاعات لرزه‌نگاری، انرژی آزاد شده در زمان وقوع زلزله تعیین می‌شود.

شتابنگارها:

این دستگاهها شتاب حرکت قوی زمین را در هنگام زلزله ثبت می‌نماید. معمولا وقتی شتاب زمین از حد حساسیت شتابنگار مثلا یک درصد شتاب ثقل تجاوز نماید دستگاههای شتابنگار شروع به کار می‌کنند. این دستگاهها معمولا زلزله‌هایی را ثبت می‌نمایند که قابل حس توسط انسان می‌باشند. در هر دستگاه شتابنگار سه حساسیت شتاب، برای ثبت شتاب در دو جهت افقی و یک جهت قائم وجود دارد. شتابنگارها صرفا شتاب حرکت زمین را در سه مولفه طولی، عرضی و قائم ثبت می‌نمایند. این دستگاهها به دو دسته آنالوگ و دیجیتال تقسیم می‌گردند.

۷- آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمانها

در طی ۳۰ سال اخیر در مناطق روستایی و شهری کشورمان بیش از دویست‌هزار نفر از هموطنان در اثر زمین‌لرزه، زیر آوار ساختمانها جان خود را از دست داده‌اند و متجاوز از سی صد هزار واحد مسکونی تخریب شده، که قسمت عمده آنها ساختمانهای بنایی (خشتی، آجری، سنگی و ...) بوده است. خوشبختانه تاکنون مرکز زلزله‌های ایران در شهرهای بزرگ و پرجمعیت قرار نگرفته است. (به استثنای زلزله‌های منجیل و بم) و اگر زلزله‌ای مشابه منجیل در شهر بزرگ اتفاق افتد اکثر ساختمانهای اسکلت فلزی و بتنی نیز به دلایل مختلف (ضعف در طراحی و نقشه، عدم انتخاب روش مناسب طراحی، انتخاب مدل نامناسب در تحلیل سازه، در نظر نگرفتن اثرات جانبی مثل اندرکنش خاک و پی،... و **مهمتر از همه ضعفهای فراوان اجرایی**) تخریب گردیده و خسارات جانی و مالی زیادتری بر جای خواهد گذاشت.

تخریب برخی ساختمانهای بنایی و قدیمی در مقابل زلزله بدیهی است، چرا که توصیه‌های ایمنی جهت مقاومت در برابر زلزله (آیین‌نامه زلزله) در اجرای آنها رعایت نشده است و علت اصلی آن جوان بودن سن آیین‌نامه کشور و در نتیجه عدم آشنایی مردم با ساختمانهای مقاوم در برابر زلزله می‌باشد و علت اصلی آن فقر مالی کسانی است که از اینگونه ساختمانها استفاده می‌کنند.

جوانی عمر آیین‌نامه زلزله و در نتیجه آیین‌نامه های مربوطه در کشورهای مختلف به حدی است که حتی در ایالت متحده تا سال ۱۹۳۳ یعنی رویداد زمین لرزه لانگ‌بیچ، مقررات مقاومت در برابر زلزله، در متن اصلی آیین‌نامه ساختمانی گنجانده نشده بود. در ایران نیز اولین آیین‌نامه در ارتباط با طرح و اجرای ساختمانها در برابر زلزله، پس از شهریور ۱۳۴۱ (زلزله بویین‌زهرا) توسط سازمان برنامه و بودجه تدوین گردید و سپس آیین‌نامه ۵۱۹ وجه فنی‌تری پیدا کرد و در زمان حاضر آیین‌نامه طرح ساختمانها در برابر زلزله وجود دارد که از سال ۱۳۶۶ ابلاغ گردیده است.

از آنجا که اهمیت اقتصادی و اجتماعی ابنیه و نیز مشخصات سازه آنها، یکسان نمی‌باشد، سازه‌های مختلف طوری طراحی می‌شوند که هر

سازه با توجه به نوع رفتار واقعی اش و در نظر گرفتن مسایل فوق، جهت توانایی مقاومت در برابر زلزله، طراحی مختص به خود را داشته باشد، مثلا یک انبار با سازه ساده یا یک بیمارستان با سازه حساس . گسترده و یا ....، یا سازه‌ای با عمر مفید بیست سال و سازه دیگر با عمر مفید صد سال، بایستی عملکرد متفاوتی در مقابل زلزله داشته باشند. لذا جهت تحلیل بعضی از سازها در مقابل زلزله اکتفا به آیین‌نامه کافی است، ولی در مورد برخی دیگر، حداکثر قابلیت زلزله ساختگاه پروژه و احتمال بیشینه زلزله‌های قابل رویداد در عمر مفید سازه‌ها، بایستی ملاک محاسبات گیرد. از آنچه تاکنون بیان گردید می‌توان نتیجه گرفت که خسارات وارده بر سازه‌ها در اثر زلزله‌ها ناشی از کاستی و نواقص ذیل می‌باشند:

۱- برآورد مشخصات زلزله بیشینه وارد بر سازه در طول عمر مفید آن.
۲- نحوه محاسبات و طراحی سازه در مقابل زلزله برآورد شده.
۳- کیفیت اجرا و نگهداری سازه در طول عمر مفید آن.

عامل اول که معمولا مهندسین سازه ، بدلیل وجود آیین‌نامه در طراحی ساختمانهای متعارف کمتر به آن می‌پردازند و یا در موقع لزوم (طراحی سازه‌های خاص و حساس) که آنهم بعضا به دلیل عدم آشنایی با مفاهیم و روابط مربوطه، اطلاعات مورد نیاز، ناقص و نابجا مورد استفاده قرار می‌گیرد، بر پایه مطالعه گسلها و بررسی فعالیت آنها و اطلاعات و آمار از وضعیت مناطق لرزه‌خیز می‌باشد.

عوامل دوم و سوم وارد مباحث تئوریکی و نیز نتایج آزمایشگاهی و عملکرد سازه‌ها در شرایط وقوع زلزله، تکنیک‌های اجرای ساختمان ، دانش فنی مجریان و کنترلهای لازم در اجرای سازه می‌شود.

۸- تعمیر و تقویت ساختمانهای موجود

ساختمانی که در اثر زلزله خسارت می‌بیند باید به گونه‌ای که مقاومت اولیه آن بازیافته شود و یا حتی مقاومت آن بیشتر شود تعمیر گردد تا زلزله‌های بعدی را تحمل نماید. ساختمانهای تعمیر شده بایستی الزامات آیین‌نامه را برآورده سازند. در هر صورت، تعمیر یک ساختمان ممکن است بسیار پرهزینه باشد. تصمیم نهایی در مورد اینکه آیا تعمیر انجام می‌شود و اگر انجام می‌شود چگونه باشد، نیاز به یک بررسی همه‌جانبه اقتصادی دارد. دیوارهای برشی، قابهای مقاوم لنگری، دیافراگمهای افقی‌و اتصالات، بیش از همه مستعد خسارت هستند و گسیختگی هر کدام نمونه مشخصی دارد. اقدامات متداول تعمیر و تقویت چنین هستند:

۱- خارج‌سازی اعضای خسارت‌دیده و جایگزینی آنها توسط اعضای جدید
۲- ضخیم‌سازی، بزرگ‌سازی و مقاوم‌سازی اعضا
۳- اضافه‌نمودن دیوارهای برشی، مهاربندیهای قایم، و ستونهای جدید به سازه
۴- تبدیل اتصالات برشی به اتصالات مقاوم لنگری
۵- کاهش جرم بوسیله حذف طبقات فوقانی
۶- بررسی خصوصیات دینامیکی سازه تعمیر شده (تقویت شده)

۹- نتیجه‌گیری

کشور ایران با قرار گرفتن بر کمربند زلزله آلپ- هیمالیا همواره در معرض خطر زلزله‌های مخرب است. نمونه آن زلزله‌های ویرانگر استان گیلان و بم است که هزاران نفر کشته و میلیاردها ریال خسارت بر جای گذاشت. شرایط زمین‌ساختی ایران ایجاب می‌کند که مساله زلزله با حساسیت ویژه مورد توجه قرار گیرد. خوشبختانه این عمل در سالهای اخیر توسط مسؤولان ذیربط با روندی فزاینده صورت گرفته است، به نحوی که اکنون لزوم طراحی سازه‌ها در برابر زلزله حتی برای عامه مردم نیز کاملا پذیرفته شده است. هرچه آگاهی کلیه دست‌اندرکاران ساختمان اعم از مهندس، معمار، پیمانکار و ... نسبت به علل وقوع زلزله و اصول اساسی مقاوم‌سازی در برابر زلزله بیشتر شود مسلما دستیابی به هدف اصلی که به حداقل رساندن تلفات جانی و مالی حاصل از زلزله است آسانتر خواهد شد.

۱۰- مراجع

1- Naiem Farzad, "The seismic design handbook", Van Nostrand Reinhold, 1989

2- Wakabayashi Minoru, " Design of earthquake- resistant building",

۳- دانشجو، فرهاد، " مبانی مهندسی زلزله و آنالیز ریسک" ، انتشارات دانش فردا، ۱۳۷۸

۴- میرحسینی، سید مجدالدین" مهندسی ژئوتکنیک لرزه‌ای "، پژوهشکده بین‌المللی زلزله، ۱۳۷۸

آقای رضا طاهرزاده فارغ‌التحصیل ۱۳۷۹در رشته مهندسی عمران از دانشکده فنی دانشگاه تهران می‌باشد. ایشان تحصیلات خود را در مقطع کارشناسی ارشد در رشته مکانیک خاک و مهندسی پی ادامه دادند. مهندس طاهرزاده تاکنون در شرکتهای مهندسین مشاور ژئوتکنیک ماندرو و دریاخاک و پی به فعالیتهایی در زمینه مهندسی پی، پایداری شیبهای خاکی و سنگی و تحلیل دینامیکی سدها و لندفیلها پرداخته و از مردادماه ۱۳۸۲ همکاری خود را با مهندسین مشاور قدس‌نیرو آغاز نموده است.

Rtaherzadeh@Ghods-niroo.com

پوشش دیرگداز و مقاوم در برابر خوردگی پره‌های توربین گازی مدل V94.2 زیمنس

مهرداد عباسی
کارشناس ارشد پروژه های کنترل کیفیت ـ مدیریت مهندسی صنایع نیروگاهی

چکیده:

توربین V94.2 اساس تولید برق در بیش ازسی واحد از نیروگاههای جدید با ظرفیت حدود ۴۰۰۰ مگاوات در ایران خواهدبود. هدف از این مقاله آشنایی با خواص پوشش دیرگداز و مقاوم در برابر خوردگی موجود بر روی پره‌های توربین گازی V94.2 و آشنایی با تکنولوژی اعمال این پوشش بر روی پره‌ها می‌باشد. عمر پره‌های توربین گازی یکی از مواردی است که در انتخاب توربین همواره مدنظر قرار می‌گیرد. علاوه بر جنس سوپر آلیاژ به کار گرفته شده در ساخت فلز پایه پره‌های توربین، نوع پوشش داده شده بر روی پره‌ها نیز تأثیر قابل ملاحظه‌ای در عمر آنها خواهد داشت. شرایط کاری موجود بر روی پره‌های ردیف اول و دوم توربین از لحاظ دما و سرعت برخورد سیال داغ و شرایط خوردگی شیمیایی و فرسایشی بسیار حادتر از پره‌های ردیف سوم و چهارم آن می‌باشد. به همین دلیل در توربین گازی V94.2 بر روی پره‌های ردیف اول و دوم علاوه بر یک لایه متراکم پوشش آلیاژی مرکب از فلزات نیکل، کبالت، کرم، آلومینیم و ییتریوم (NiCoCrAlY) با ضخامت حدود ۱۵۰ میکرون از لایه دوم پوشش دیرگداز سرامیکی با پایه زیر کونیا پایدار شده با ییتریوم [1](YSZ) و متشکل از اکسیدهای دیرگداز مانند اکسید زیرکونیوم اکسید برم، اکسید یتریوم، اکسید آلومینیم با ضخامت حدود ۳۱۰ میکرون نیز استفاده شده است. لایه دوم پوشش علاوه بر خواص مقاومت به خوردگی و سایش در دماهای بالا به عنوان لایه مانع از هدایت حرارتی (Thermal Barrier coating) و کاهنده دمای کاری فلز پایه نیز عمل می‌کند. پوشش سرامیکی اعمالی باید از مقاومت به شوک حرارتی و مقاومت به خستگی حرارتی بالایی نیز برخوردار باشد. در مدارک زیمنس و آنسالدو (سازندگان توربین V94.2) از پوشش آلیاژی به صورت MCrAlY و از پوشش سرامیکی به صورت SiCoat نام برده شده است. پوشش آلیاژی از روش پلاسما اسپری در فشار پائین [2](LPPS) و پوشش سرامیکی از روش پلاسمای اسپری در اتمسفر محیطاتمسفریک [3](APS) برروی‌پره‌های‌اعمال‌می‌شودکه‌درمقاله مروری بر اصول تکنولوژی این روشها نیز صورت گرفته است.

مقدمه:

محاسبات طراحی در اوایل دهه ۶۰ میلادی نشان داد برای توان خروجی توربین‌های گازی نیاز به ساخت پره‌های توربینی می‌باشد که بتوانند در ردیفهای اول و دوم شرایط دمایی حدود ۹۵۰ تا ۱۰۵۰ درجه سانتیگراد و دورهای حدود ده هزار دور در دقیقه را تحمل کنند که پیشرفت صنایع توربین سازی در

1- Yttria Stabilized Zirconia
2- Low Pressure Plasma Spraying
3- Air Plasma Spraying

صنایع نیروگاهی هوافضا وابسته به استفاده از چنین پره‌هایی بود. در چنین شرایطی پیشرفته‌ترین سوپر آلیاژهای شناخته شده عمر مفید و اقتصادی لازم را نخواهند داشت.

به منظور افزایش عمر مفید پره‌ها تحقیقات گسترده‌ای برای ابداع روشهای خنک کردن پره‌های توربین و همچنین اعمال پوششهای محافظ در مقابل خوردگی شیمیایی و فرسایشی و عایق‌کننده حرارتی بر روی پره‌ها انجام شده است. پره‌های ردیف اول و دوم توربینهای جدید مجهز به ترانشه‌ها و کانالهای داخلی شده‌اند که با عبور هوا یا گازهای ویژه خنک می‌شوند. همچنین با اعمال پوششهایی که علاوه بر دیرگداز بودن (مقاوم در درجه حرارتهای بالا) و مقاوم بودن در برابر شوک حرارتی خوردگی شیمیایی و خوردگی فرسایشی، نوعی عایق حرارتی(Thermal Barrier) نیز می‌باشند. از هدایت حرارت سیال داغ به پره‌ها و بالا رفتن دمای پره‌ها که از داخل خنک می‌شوند جلوگیری می‌شود. تحقیقات نشان می‌دهد استفاده از پوششهای MCrAlY که توسط یک پوشش لایه دوم سرامیکی مانند SiCoat تقویت شده‌اند می‌توانند حدود ۱۱۰ درجه سانتیگراد از دمای پره‌های ردیف اول و دوم بکاهند. چنین کاهشی در دما باعث افزایش چشمگیری در عمر پره‌ها (در حدود سی درصد) خواهد شد.

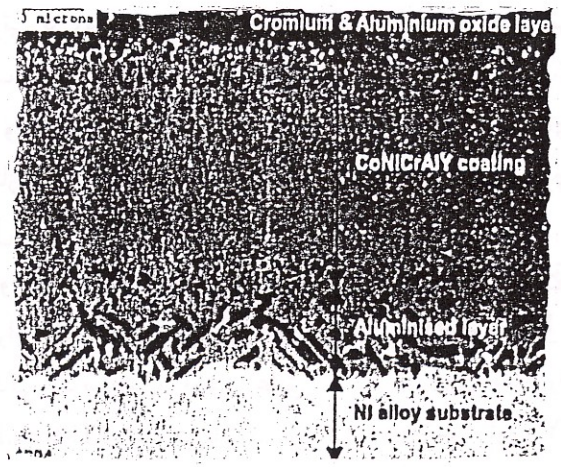
۱ـ پوشش پره‌های توربین *V94.2*

پره‌های ردیف اول و دوم توربین V94.2 که دارای شرایط دشوار کاری از لحاظ دما و تراکم سیال داغ می‌باشند و همچنانکه گفته شد، علاوه بر برخورداری از ترانشه‌ها و مجراهای خنک‌کننده داخلی دارای دو لایه پوشش محافظ می‌باشند که عبارتند از یک لایه پوشش فلزی متراکم و یک لایه پوشش سرامیکی دیرگداز. لایه پوشش فلزی دارای نفوذ کامل در فلز پایه می‌باشد و لایه پوشش سرامیکی نیز دارای چسبندگی بسیار بالا به پوشش فلزی لایه اول است. پره‌های ردیف سوم و چهارم به دلیل کاهش نسبی دما و تراکم سیال عبوری از شرایط کاری سهل‌تری نسبت به پره‌های ردیف اول و دوم برخوردار هستند و در نتیجه مجراهای خنک‌کننده در آنها بکار گرفته نشده و همچنین به جای دو لایه پوشش تنها دارای یک لایه پوشش فلزی می‌باشند.

۲ـ پوشش فلزی MCrAlY بر روی پره‌های توربین *V94.2*

بر روی تمام ردیفهای پره‌های توربین V94.2 پوشش فلزی MCrAlY وجود دارد که یک لایه آلیاژی سطحی متراکم مرکب از فلزات نیکل، کبالت، کرم، آلومینیم و ییتریوم (NiCoCrAlY) با ضخامت حدود ۱۵۰ میکرون می‌باشد. این پوشش از روش پلاسما اسپری در فشار پایین (LPPS) بر روی پره‌ها ایجاد می‌شود. عناصر Ni وCo عناصر اصلی آلیاژ و تشکیل‌دهنده و پایدارکننده فاز زمینه (آستینت) γمی‌باشند. γ فاز فلزی با داکتیلیته و استحکام بالا در شرایط محیطی داغ می‌باشد. در داخل زمینه γ ، رسوبات بسیار ریزNi_3Al وجود دارند که موجب افزایش خواص استحکام داغ و استحکام خزشی پوشش میگردند. عناصر Cr و Al نیز که در زمینه γ محلول می‌باشند با ایجاد یک پوسته متراکم و یکنواخت از اکسیدهای آلومینیوم و کرم در سطح پوشش، موجب مقاومت بالای پوشش نسبت به شرایط خوردگی محیط داغ و

اکسیدان توربین خواهند شد. عنصر یتریوم γ، تشکیل پوسته اکسیدهای کرم و آلومینیم را تسریع می‌کند و پایدارکننده این اکسیدها به صورت متراکم و یکنواخت می‌باشد. در شکل (۱) تصویر متالوگرافی از مقطع پوشش NiCoCrAlY که از یک زمینه اصلی و پوسته اکسیدی تشکیل شده است مشاهده می‌گردد. بمنظور ایجاد نفوذ و پیوستگی کاری یک لایه پوشش سرامیکی علاوه بر پوشش فلزی نیز وجود دارد و با SiCoat نمایش داده می‌شود. این پوشش بر روی پوشش MCrAlY اعمال می‌شود. پوشش سرامیکی پوشش دیرگداز با پایه زیرکونیا پایدار شده با ییتروم (YSZ) و ترکیبی از اکسیدهای دیرگداز اکسید زیرکونیوم، اکسید برم، اکسید ییتریوم، اکسید آلومینیوم و اکسید سیلیسیوم می‌باشد.



شکل (۱) : تصویر متالوگرافی از مقطع پوشش NICoCrAlY

بهتر بین پوشش MCrAlY و فلز پایه پره‌ها که از جنس سوپر آلیاژ پایه نیکل می‌باشد معمولاً یک لایه دیفوزیونی غنی از آلومینیم به عنوان لایه آلومینایز نیز بوجود می‌آید. این لایه از طریق عملیات حرارتی (Diffusion heat treatment) و یا روشهای رسوب فیزیکی(Physical Vapor Deposition) ایجاد می‌گردد.

۳ـ پوشش سرامیکی SiCoat بر روی پره‌های توربین *V94.2*

بر روی ردیفهای اول و دوم پره‌های ثابت و متحرک توربین *V94.2* به دلیل شرایط حاد ییتریوم باعث کاهش ضریب انبساط حرارتی و پایداری ابعادی پوشش و در نتیجه کاهش تنشهای داخلی ناشی از انبساط و انقباض و جلوگیری از ترک خوردن پوشش در مقابل شوک‌های حرارتی[1] موجود در فضای توربین میگردد. در شرایط داغ توربین می‌گردد. در شرایط داغ توربین و وجود شوک‌های حرارتی لازم است پوشش از پایداری خواص حرارتی بالایی برخوردار باشد. اکسید زیرکونیوم پایدار شده با ییتریوم از این خاصیت برخوردار است. ترکیب پایه در این پوشش

1- Thermal shocks.

سرامیکی زیر کونیا پایدار شده با ییتریوم می‌باشد که از ضریب انبساط و هدایت حرارتی پایین و مقاومت به شوک حرارتی بالایی برخوردار است. ضخامت پوشش سرامیکی اعمالی در حدود ۳۱۰ میکرون است. این لایه سرامیکی که از روش پلاسما اسپری محیط اتمسفریک (APS) یک اعمال می‌گردد علاوه بر دیرگدازی و خواص مقاومت به خوردگی و سایش در دماهای بالا به عنوان یک لایه مانع از هدایت حرارتی و ممانعت کننده از افزایش دمای کاری فلز پایه نیز عمل می‌کند. در پره‌هایی که دارای مجراهای خنک‌کننده داخلی می‌باشند پره از داخل خنک می‌شود و از سطح نیز به دلیل وجود لایه سرامیکی حرارت کمتری به آن می‌رسد. وجود لایه سرامیکی باعث کاهش دما در حدود ۱۱۰ درجه سانتیگراد در دمای فلز پره‌های ردیف اول و دوم می‌گردد. جلوگیری از افزایش دمای پره‌های توربین نقش بسیار مهمی در افزایش طول عمر پره‌های ردیف اول و دوم دارد. همچنین علاوه بر موارد بالا پوشش سرامیکی از مقاومت به شوک حرارتی و مقاومت به خستگی حرارتی بالایی نیز برخوردار است.

۴ـ کنترل کیفیت پوشش محافظ بر روی پره‌های توربین V94.2

کنترل کیفیت پوشش مذکور طبق دستورالعملهای کنترل کیفی تهیه شده توسط طراح پره‌ها یعنی شرکت زیمنس انجام می‌شود که شامل موارد متعددی می‌باشد. یک سری از تست‌ها به صورت تستهای غیرمخرب در روند تولید انجام می‌شود که مهمترین آنها عبارتند از بازرسی‌های چشمی ضخامت‌سنجی پوشش اعمال شده از طریق توزین تشخیص ناپیوستگی‌های سطحی از طریق اعمال مایعات نافذ[1] بررسی یکنواختی سطح پوشش از طریق صافی سنجی[2] که این آزمونها در بین مراحل مختلف تولید انجام می‌شود. طبق دستورالعمل زیمنس به منظور اطمینان از کیفیت پوشش اعمالی از هر ۱۰۰ پره یک عدد به صورت راندوم انتخاب و به صورت مخرب با مقطع عرضی برش زده شده و از طریق متالوگرافی کمی با سیستم پردازشگر تصویری[3] کامپیوتری که بر روی میکروسکوپ متالوگرافی نصب می‌شود، بطور کمی و کیفی تحلیل و آنالیز می‌گردد. از طریق بررسی متالوگرافی کمی، یکنواختی ضخامت پوشش، درصد پروزیتی[4] یکنواختی پوشش از لحاظ تراکم و پراکندگی پروزیتی وضعیت پیوستگی فصل مشترک پوشش به فلز پایه از لحاظ نفوذ[5] و عدم وجود حفره با سایز بیش از حد مجاز گزارش می‌گردد.

هر یک از آزمونهای فوق دارای حدود پذیرش تعریف شده و مشخصی می‌باشد. در مورد بازرسی چشمی هرگونه غیر یکنواختی و ناپیوستگی، پوسته، تاول و حفره موجب رد شدن کیفیت پوشش می‌باشند. در آزمون متالوگرافی کمی نیز در صورتی که درصد پروزیتی در سطح مقطع مورد بررسی پوشش فلزی کمتر از ۵٪ باشد کیفیت پوشش از نظر درصد پروزیتی قابل قبول می‌باشد.

1- Dye Penetration Test.
2- Roughness Test.
3- Image Analyzer.
4- Porosity.
5- Diffusion.

۵- تکنولوژی اعمال پوشش محافظ بر روی پره‌های توربین V94.2

پوشش آلیاژی MCrALY از روش پلاسما اسپری درفشار پایین[1] و پوشش سرامیکی پره‌ها از روش پلاسما اسپری در اتمسفر محیط[2] بر روی پره‌ها اعمال می‌شود. تکنولوژی‌های مذکور جزء خانواده‌ای از روشهای پوشش‌دهی می‌باشند که به روشهای اسپری یا پاشش حرارتی[3] معروفند. در روشهای اسپری حرارتی پودر آلیاژ و یا مواد سرامیکی پس از مخلوط شدن به محیطی با دمای بالا در داخل یک نازل تزریق می‌شوند و به صورت ذرات ذوب شده از طریق گازهای داغ حمل و بر روی ناحیه مورد نظر مورد پوشش‌دهی، اسپری می‌گردند. نحوه ذوب ذرات و ایجاد گازهای داغ حمل‌کننده با روشهای مختلفی امکان‌پذیر است که موجب تنوع در روشهای اسپری حرارتی شده است. مهمترین روشهای اسپری حرارتی عبارتند از:

۱) روش اسپری شعله‌ای (Flame Spraying)
۲) روش اسپری قوس الکتریکی (Arc Spraying)
۳) روش اسپری ذرات از طریق محیط پلاسما (Plasma Spraying)
۴) روش اسپری ذرات با سرعت بالا از طریق سوخت اکسیژنی (High Velocity Oxygen Fuel)

تفاوت روشهای فوق در تکنولوژی ذوب ذرات پوشش و نوع، سرعت و دمای گاز حمل‌کننده ذرات ذوب شده می‌باشد. هرچه دما و سرعت گازهای حمل‌کننده ذرات بیشتر باشد و نوع گاز حمل‌کننده از لحاظ خواص اکسیدکنندگی، احیاکنندگی و یا خنثی بودن قابلیت کنترل بیشتری داشته باشد، پوشش با کیفیت بهتر و کنترل شده‌تری را می‌توان اعمال نمود. در روش اسپری شعله‌ای از مخلوط سوختهای استیلن، پروپان، هیدروژن و اکسیژن برای ذوب و تولید گازهای حمل‌کننده استفاده می‌شود. در کاملترین احتراق چنین سوختی در حدود ۳۰۰۰ تا ۳۱۰۰ درجه سانتیگراد دما می‌تواند تولید کند. روش قوس الکتریکی دمایی در حدود ۶۰۰۰ درجه سانتیگراد تولید می‌کند. این در حالی است که از روش پلاسما در شرایط عادی می‌توان به دمایی در حدود ۱۵۰۰۰ درجه سانتیگراد و با ایجاد شرایط ویژه به دمایی تا ۲۸۰۰۰ درجه سانتیگراد، دست یافت. در روش پلاسما اسپری، ذرات در محیط پلاسما ذوب و حمل می‌شوند. در این روش پلاسما سرعت سیال حمل‌کننده ذرات به دلیل افزایش حجم ناشی از افزایش دما و عبور سیال از روزنه کوچک نازل و تراکم بالای آن به حدود سرعت صوت می‌رسد. سرعت حرکت خود ذرات در این روش به حدود ۳۰۰ متر بر ثانیه می‌رسد. در روش اسپری، ذرات با سرعت بالا از طریق سوخت اکسیژنی (HVOF) که از سوخت اکسیژنی تحت فشار و نوعی نازل ویژه استفاده می‌شود سرعت سیال داغ را به حدود پنج برابر سرعت صوت و سرعت ذرات را به حدود ۶۰۰ تا ۱۰۰۰ متر بر ثانیه می‌رسانند. با این وجود در این روش حداکثر دما در حدود ۳۱۰۰ درجه سانتیگراد می‌باشد. هرچه سرعت ودمای ذرات بالاتر باشد ذرات با نیروی چسبندگی بالاتر و خلل و فرج کمتری سطح را پوشش می‌دهند. در جدول (۱) بطور خلاصه مقایسه‌ای بین مشخصات روشها و همچنین پوششهای اعمالی

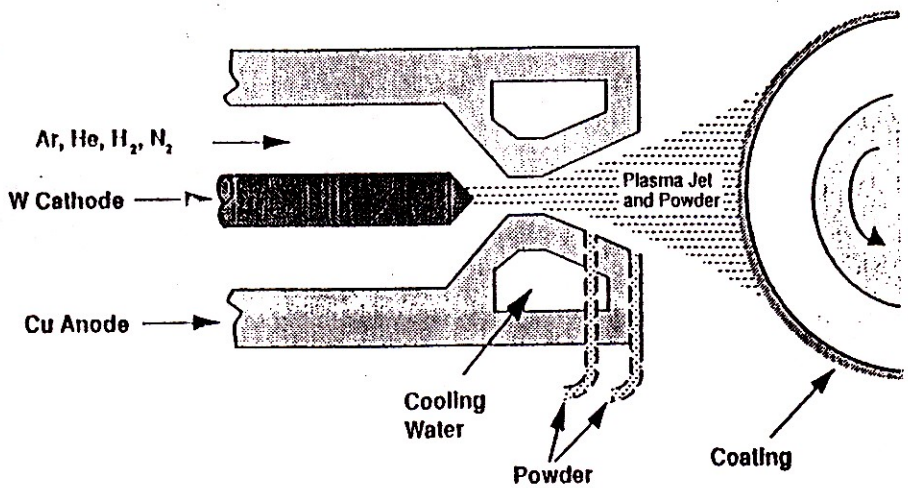
1- Low Pressure Plasma Spraying.
2- Air Plasma Spraying.
3- Thermal Spray.

از هـر روش انجام شده است. در شکل‌های (۲)، (۳)، (۴) و (۵) نیز تصاویر شماتیک نازلهایی[1] که در روشـهای فـوق بکـار مـی‌رونـد و نحوه تزریق ذرات پوشش مشاهده می‌شود.

پوشـش آلـیاژی MCrAlY را مـی‌توان علاوه بر روش پلاسـما اسپری از روش HVOF نیز اعمال نمـود. از آنجایـی کـه در روش HVOF دما بحد کافـی برای ذوب پودر آلیاژ MCrIY بالا می‌باشد و سـرعت ذرات حـدود دو تـا سـه برابـر سرعت پلاسما اسپری می‌باشد پوشش بسیار متراکم‌تر و بـاخلل و فـرج کمـتری نسـبت بـه روش پلاسما اسپری حاصل می‌شود. از روش HVOF به دلیل پاییـن بـودن دمـا بـه نسبت روش پلاسما امکان ذوب مناسـب پـودر ذرات دیـرگداز پوشـش سرامیکی پره‌ها وجود ندارد و بهترین روش برای انجـام پوشـش سـرامیکی پـره‌هـا روش پلاسـما اسپری می‌باشد.

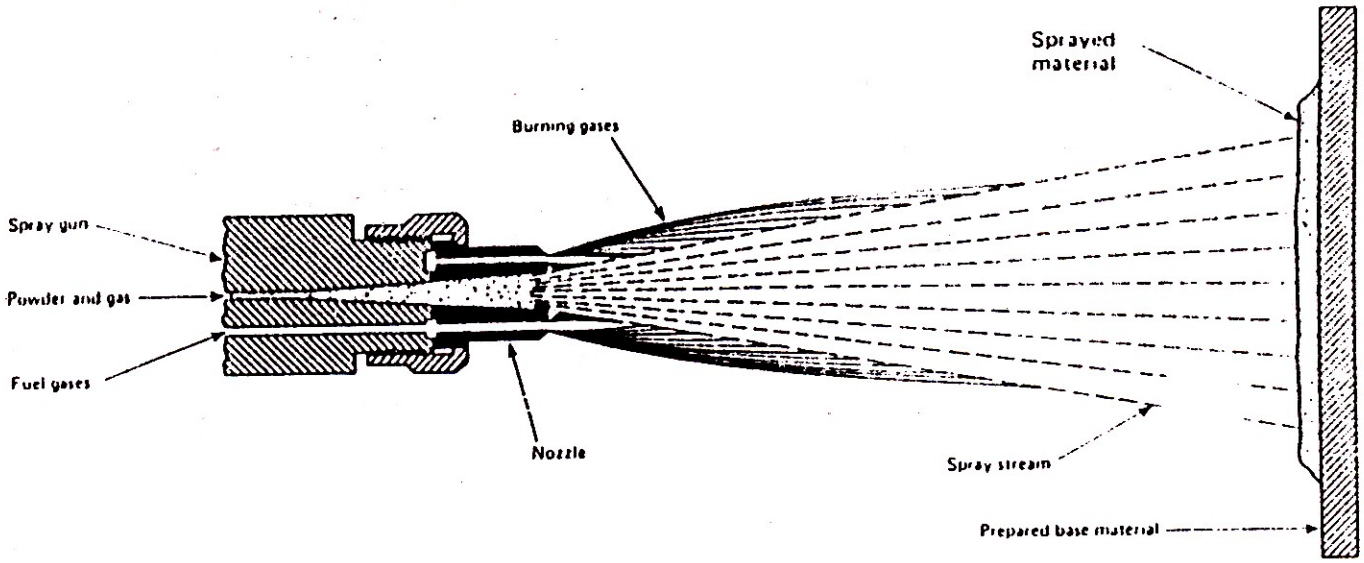
روش اسپری حرارتی	سرعت حرکت ذرات $m.s^{-1}$	نیروی چسبندگی MPa	درصد اکسید در پوشش %	درصد خلل و فرج در پوشش %	سرعت اعمال پوشش $Kg.hr^{-1}$	محدوده ضخامت اعمالی mm
Flame	40	<8	10-15	10-15	1-10	0.1-10
Arc	100	10-30	10-20	5-10	6-60	0.1-10
Plasma	200-300	20-70	1-3	5-10	1-5	0.05-3
HVOF	600-1000	>70	1-2	1-2	1-5	0.05-3

جدول (۱): مقایسه‌ای بین اهم مشخصات روشهای اسپری حرارتی (Thermal Spray) و پوشش ایجاد شده از هر روش

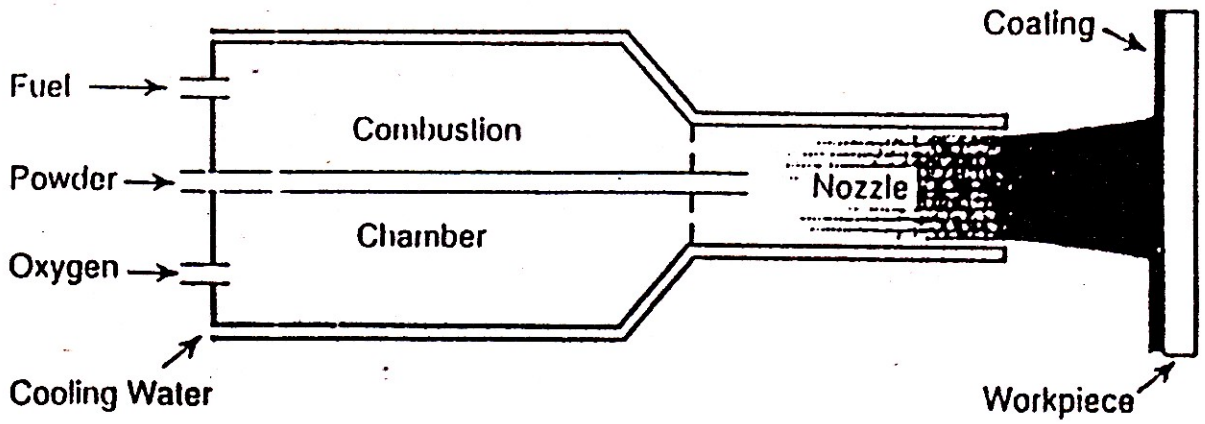


شکل (۲): تصویر شماتیک نازل پلاسما اسپری (Plasma Spray)

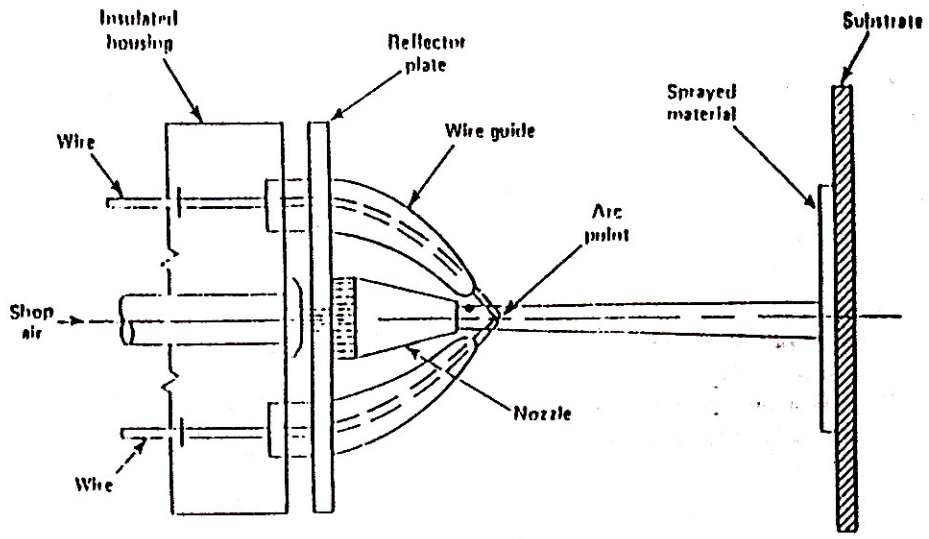
1- Spray Torch.



شکل (۳): تصویر شماتیک نازل اسپری شعله‌ای (Flame Spray)



شکل (۴): تصویر شماتیک نازل اسپری ذرات با سرعت بالا از طریق سوخت اکسیژنی (HVOF)



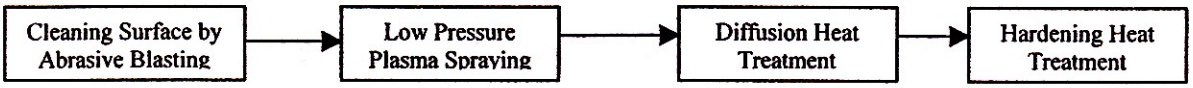
شکل (۵): تصویر شماتیک نازل اسپری قوس الکتریک (Arc Spray)

محیط پلاسما، محیطی فیزیکی متشکل از یونهای باردار تهییج شده می‌باشد که جریان الکتریکی را از خود عبور می‌دهد. یونهای تحریک شده به هنگام بازگشت به سطح پایدار، مقدار زیادی انرژی آزاد می‌کنند. برای ایجاد محیط پلاسما از جریانی از گازهایی که تحت قوس الکتریکی به سادگی یونیزه می‌شوند شامل آرگون، نیتروژن، هلیوم و هیدروژن استفاده می‌شود. معمولاً مخلوطی از گازهای آرگون، نیتروژن و هیدروژن برای تولید محیط پلاسما استفاده می‌شود.

پوشش آلیاژی MCrAlY از روش پلاسما اسپری در فشار پایین در داخل مخزنی که تحت خلاء نسبی با فشار خلاء حدود ۰/۰۰۱ تا ۰/۰۱ پاسکال با مقدار اکسیژن کمتر از ۳۰ppm انجام می‌شود. کنترل اکسیژن در کنترل مقدار اکسید شدن عناصر آلیاژی تأثیر مستقیم دارد. کنترل تجهیزات پلاسما اسپری پره‌های توربین تمام کامپیوتری می‌باشند به نحوی که نازل اسپری، پروفیل سطح پره‌ها را به صورت الکترونیکی اسکن و تعقیب می‌کند و فاصله نازل تا سطح پره همواره ثابت باقی می‌ماند تا ضخامت و چسبندگی یکنواختی حاصل شود. در اجرای پوشش سرامیکی پره‌ها از آنجایی که اکسیدهای دیرگداز مانند اکسید زیرکونیوم ذوب و بر روی پره اعمال می‌شود اکسید شدن ذرات پودر در نتیجه کیفی کار تأثیری نخواهد داشت و در نتیجه از روش پلاسما اسپری در هوا که لزومی به ایجاد خلاء ندارد و در اتاقکهای معمولی تحت فشار جوی انجام می‌شود، استفاده می‌گردد.

در مورد مراحل انجام پوشش آلیاژی MCrAlY بر روی پره‌های توربین طبق فلوچارت شکل (۶) میتوان خلاصه مراحل تولید را بیان نمود. همانطور که دیده می‌شود ابتدا سطح پره‌ها از روش اکسیدبرداری با ذرات ساینده برای اعمال پوشش آماده و سپس از روش پلاسما اسپری

تحت فشار پایین برای پوشش آلیاژی MCrAlY استفاده می‌شود. پس از ضخامت‌سنجی از طریق توزین و بازرسی چشمی به منظور حصول اطمینان از نفوذ و پیوستگی کامل پوشش با فلز پایه، پره‌ها تحت عملیات حرارتی دیفوزیونی قرار می‌گیرند و لایه آلومینایز در فصل مشترک پوشش و فلز پایه ایجاد می‌شود. بعد از آن برای ایجاد استحکام و سختی بالا در پوشش عملیات حرارتی سختی رسوبی بر روی پره‌ها انجام می‌شود. در این مرحله از طریق ایجاد فاز Ni_3Al هم در فلز پایه و هم در آلیاژ پوشش سختی و استحکام فلز پایه و پوشش افزایش می‌یابد.



شکل (۶): اهم مراحل تولید پوشش MCrAlY بر روی پره‌های توربین V94.2

۶- نتیجه‌گیری

در طی این مقاله در مورد پوشش آلیاژی و همچنین پوشش سرامیکی موجود بر روی پره‌های توربین V94.2 بحث شد و نوع، خواص و تکنولوژی اعمال این پوششها مطرح گردید.
مناسب بودن کیفیت پوششهای مذکور تأثیر قابل ملاحظه‌ای در عمر پره‌های توربین دارند و نحوه اجرا و کنترل کیفیت این پوششها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

۷- مراجع

1- Super Alloys A Technical Guide, Edited by Elihu F.Bradley.
2- Thermal Spray Coatings Robertc Tucker proxiar surface Technology Inc.
3- Ceramic Coating and Linings woodrow W. Carpenter the ceramic Coating Company.
۴- مدارک گردآوری شده از کارخانه Turbo Coating S.P.A ایتالیا

آقای مهرداد عباسی دکترای مهندسی متالورژی از دانشگاه علم و صنعت (فارغ‌التحصیل در خرداد ۱۳۸۰) جمعاً دارای ۱۴ سال سابقه کار در دانشگاه و صنعت بوده که سابقه همکاری ایشان با شرکت قدس‌نیرو ۷ سال می‌باشد. زمینه فعالیت و علاقمندی آقای عباسی ساخت و کنترل کیفیت تجهیزات فلزی تحت فشار نیروگاهی می‌باشد.

Email: abbasi @ Ghods-Niroo.com

آموزش از راه دور

راحله نعمتی

کارشناس کنترل پروژه ـ معاونت مهندسی سازه‌های آبی

چکیده:

"روزی خواهد رسید که آموزش‌ها بیشتر بصورت مجازی انجام خواهد شد و حضور در کلاس‌های دانشگاهها و مدارس کمتر خواهد شد و زمانی که تعداد دانش‌آموزان متقاضی آموزش از راه دور بیشتر از دانش‌آموزان سنتی خواهد گردید" (Vincent 1885). با توجه به این طرز فکر که به زودی عملی خواهد شد، هر شخصی باید با رویکرد آموزش از راه دور آشنا شده و برای یادگیری و افزایش علم و دانش خود آن را به کار گیرد.

در این مقاله سعی شده است که رویکرد «آموزش از راه دور[1]» معرفی شود و هدف مقاله آشنایی خواننده با این موضوع که بسیار وسیع و گسترده است می‌باشد.

مواردی که در این نوشته بررسی شده عبارتند از: مرور کلی بر آموزش از راه دور، مروری بر تکنولوژی‌های آموزش از راه دور، خلاصه‌ای از مزایا و معایب تکنولوژی‌های آموزش از راه دور، فرایند اجرای آموزش از راه دور و تحقیقات انجام شده در زمینه آموزش از راه دور.

مقدمه:

از آنجائیکه آموزش از راه دور به عنوان یک روش کارا در آموزش مطرح شده است، محققان آموزشی اهداف آموزشی آن را مورد بررسی قرار داده و شرایطی را که این روش بهتر پاسخ می‌دهد را بررسی کرده‌اند. موارد مورد بررسی در ۵ گروه زیر خلاصه می‌گردد:

- آیا آموزش از راه دور به اندازه آموزش‌رودر روی سنتی مفید می‌باشد؟
- چه فاکتورهایی بهترین ترکیب از تکنولوژی‌ها را برای آموزش از راه دور ارائه می‌دهند؟
- خصوصیات مهم دانش‌آموزان و معلمان آموزش از راه دور چه می‌باشد؟
- ارتباط دانش‌آموز ـ دانش‌آموز و دانش آموز ـ معلم در فرایند آموزش از راه دور چه میزان اهمیت دارد؟ و به چه طریقی می‌توان این ارتباطات را بهبود بخشید؟
- چه فاکتورهای هزینه‌ای باید در برنامه‌ریزی و اجرای برنامه‌های آموزش از راه دور در نظر گرفته شوند و چگونه این هزینه‌ها با منافع حاصله برای دانش‌آموزان جبران می‌شود؟

که در این نوشته سعی شده است که علاوه بر آشنایی با رویکرد «آموزش از راه دور» به سوالات مطرح شده فوق پاسخ داده شود.

1- Distance Learning.

۱ـ مرور کلی بر آموزش از راه دور

۱-۱- آموزش از راه دور چیست؟

با توجه به پیشرفت سریع علم و تغییرات تکنولوژیکی مؤسسات آموزشی درصدد فراهم آوردن موقعیتهای آموزشی بدون افزایش بودجه می‌باشند. بسیاری از مؤسسات آموزشی برای رسیدن به این مقصود از برنامه‌های آموزش از راه دور استفاده می‌کنند. در ابتدایی‌ترین سطح، آموزش از راه دور وقتی پدید می‌آید که معلم و دانش‌آموزان از نظر فاصله فیزیکی از هم جدا باشند و تکنولوژی برای پرکردن این فاصله مورد استفاده قرار گیرد. این نوع برنامه‌ها به افراد این امکان را می‌دهد که بر محدودیتهای زمان، فاصله و ناتوانی‌های فیزیکی غلبه کرده و سطح دانش و آگاهی خود را به روز نمایند.

۱-۲ـ آیا آموزش از راه دور مؤثر است؟

بسیاری از دانش‌آموزان این سوال را مطرح می‌کنند که آیا دانش‌آموزانی که تحت آموزش از راه دور قرار می‌گیرند به اندازه دانش‌آموزانی که تحت آموزش سنتی رو در رو قرار می‌گیرند اطلاعات کسب می‌نمایند. تحقیقاتی که در این زمینه انجام شده نشان می‌دهد که آموزش از راه دور به اندازه آموزش سنتی مؤثر می‌باشد به شرطی که از متدها و تکنولوژیهای مناسب برای فعالیتهای آموزشی استفاده شود، ارتباط مناسبی بین دانش‌آموزان برقرار گردد (ارتباط دانش‌آموز ـ دانش‌آموز) و بازخوردهای به موقعی از دانش‌آموز برای معلمان وجود داشته باشد.

۱-۳- آموزش از راه دور چگونه انجام می‌گیرد؟

معلمان آموزش از راه دور می‌توانند از دامنه وسیعی از تکنولوژی‌ها جهت امر آموزش استفاده نمایند. این تکنولوژی‌ها به چهار دسته تقسیم می‌شوند:

صدا ـ ابزارهای صوتی آموزشی شامل ابزارهای صوتی دو طرفه از قبیل تلفن، کنفرانس صوتی، رادیوهای امواج کوتاه و ابزارهای صوتی یک طرفه از قبیل کاست‌ها و رادیو.

تصویر ـ ابزارهای ویدئویی آموزشی شامل تصاویر ساکن مثل اسلایدها، تصاویر از پیش تولید شده مثل فیلم و فیلم ویدئو و تصاویر متحرک واقعی همراه با کنفرانس صوتی (ویدئو یک طرفه یا دو طرفه).

کامپیوتر ـ کامپیوترها اطلاعات را به صورت الکترونیکی فرستاده و دریافت می‌کنند.

متون چاپی ـ متون چاپی به فرمتهای گوناگونی در دسترس افراد می‌باشد مثل کتابهای درسی، راهنماهای درسی و کتابهای تمرین.

در جدول صفحه بعد تکنولوژی‌های فوق به صورت خلاصه نشان داده شده است:

صدا	متون چاپی
تلفن	کتابهای درسی
ارتباط صوتی (voice mail)	راهنماهای درسی
کنفرانس صوتی (audio conferencing)	کتابهای تمرین
نوارهای صوتی	فاکس
رادیو	
تصویر	**کامپیوتر**
نوارهای ویدئویی	نامه‌های الکترونیکی
ماهواره	واحدهای درسی براساس شبکه[4]
امواج کوتاه[1]	کنفرانس ویدئویی
ویدئوی فرستنده[2]	CD-ROM
ویدئوی دیجیتالی[3]	نرم‌افزارهای ارتباطات همزمان[5] (زنده)

۱-۴- کدام تکنولوژی بهترین است؟

اگر چه تکنولوژی نقش کلیدی در آموزش از راه دور دارد، با این حال استادان باید تأکید زیادی بر روی نتایج آموزش‌های داده شده داشته باشند و نباید به تکنولوژی تکیه نمایند. کلید موفقیت در آموزش از راه دور این است که قبل از انتخاب یک تکنولوژی خاص، به موارد زیر توجه شود: نیازهای دانش‌آموزان، نیازمندیهای مقاله‌ها و محتواهای درسی و محدودیت‌هایی که معلمان با آنها روبرو هستند. با در نظر گرفتن موارد فوق ممکن است از چندین وسیله ارتباطی استفاده شود که هر کدام منظور خاصی را دنبال می‌کنند به عنوان مثال:

- یک مجموعه قوی از متون چاپی جهت ارائه مطالب آموزشی به صورت مقالات و بخشهای درسی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.
- کنفرانس‌های ویدئویی و صوتی که ارتباطات زنده رو در رو را فراهم می‌نمایند و روشی عالی و از نظر هزینه مقرون به صرفه می‌باشند جهت دعوت از سخنرانان و متخصصین می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.
- کنفرانس کامپیوتری و نامه‌های الکترونیکی جهت انتقال اطلاعات، دریافت بازخورد تکالیف و ارتباطات هدفمند با یک یا چند نفر از دانش‌آموزان می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.
- نوارهای ویدئویی از قبل ضبط شده جهت نمایش سخنرانیهای کلاسی و برنامه‌های هدفمند بصری قابل استفاده هستند.
- فاکس جهت توزیع تکالیف و اطلاعاتی که در آخرین لحظه باید دراختیار دانش‌آموزان قرار گیرد، دریافت تکالیف درسی و فراهم کردن بازخوردهای مناسب می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

1- Microwave.
2- Broad cast Video.
3- Desktop Video.
4- Web-based.
5- Collaboration.

با در نظر گرفتن چنین رویکردی، استادان باید با دقت تمام از میان تکنولوژیهای موجود، بعضی از آنها را انتخاب نمایند. هدف در واقع ایجاد ترکیبی از وسایل ارتباطی آموزشی می‌باشد که نیازهای دانش‌آموزان را جهت برخورداری از آموزش مؤثر برآورده ساخته و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد.

۱-۵- آموزش از راه دور مؤثر

تمام برنامه‌های آموزش از راه دور مؤثر با یک برنامه‌ریزی دقیق و درک درست از نیازمندیهای درسی و نیازهای دانش‌آموزان شروع می‌شود. تکنولوژی مناسب وقتی انتخاب می‌شود که این اجزاء به خوبی و با جزئیات کامل درک شده باشد. هیچ رمزی در پیشرفت برنامه‌های آموزشی از راه دور وجود ندارد. برنامه‌های آموزشی یک باره ایجاد نمی‌گردند، بلکه آنها در نتیجه کار سخت و تلاشهای هدفمند سازمان و افراد خاصی به وجود می‌آیند. در واقع، برنامه‌های آموزش از راه دور موفق متکی بر تلاشهای یکپارچه و مداوم دانش‌آموزان، دانشکده‌ها، معلمان، پرسنل پشتیبانی و مدیران می‌باشد.

۲- مروری بر تکنولوژی‌های آموزش از راه دور

آموزش از راه دور به دو صورت همزمان و غیرهمزمان صورت می‌گیرد.

آموزش همزمان بدین معناست که معلم و دانش‌آموز به طور زنده ارتباط برقرار می‌کنند. برای مثال: در کنفرانس ویدئویی دو طرفه معلمان و دانش‌آموزان ارتباط زنده برقرار می‌نمایند. تلفن از تکنولوژی‌های ساده‌ای است که در آن ارتباطات به صورت همزمان می‌باشد.

ارتباطات غیرهمزمان در یک زمان اتفاق نمی‌افتند. در این روش معلمان آموزش خود را از طریق ویدئو، کامپیوتر و یا وسایل دیگر ارائه می‌دهند و دانش‌آموزان در زمان دیگر پاسخ می‌دهند. برای مثال، آموزش از طریق شبکه و یا نوارهای ویدئویی ارائه می‌شود و پاسخ‌ها از طریق نامه‌های الکترونیکی فرستاده می‌شود. برخی از تکنولوژی‌های همزمان و غیرهمزمان معمولی در جدول زیر خلاصه شده است:

	همزمان	غیرهمزمان
تصویر	کنفرانس ویدئویی (تصویری)	نوارهای ویدئویی
صدا	کنفرانس صوتی	نوارهای صوتی رادیو
کامپیوتر	گپ الکترونیکی (Chat) کنفرانس ویدئویی دیجیتالی	نامه‌های الکترونیکی CD-ROM

۳ـ خلاصه‌ای از مزایا و معایب تکنولوژی‌های آموزش از راه دور

جدول زیر مزایا و معایب تکنولوژی‌های مهم آموزش از راه دور را خلاصه می‌نماید:

انواع تکنولوژی	مزایا	معایب
متون چاپی	ارزان قیمت قابل حمل راحتی بسیار همیشه در دسترس	عدم ایجاد ارتباط دو طرفه عدم ایجاد ارتباطات احساسی بین معلمان و دانش‌آموزان وجود تأخیر برای در دسترس قرار دادن مطالب چاپ شده
ارتباط از طریق صدا (Voice mail)	ارزان قیمت آسانی کاربرد آن افزایش ارتباطات دو طرفه	محدودیت در مدت زمان صحبت کردن عدم امکان ارتباط تصویری دارای هزینه‌های ارتباطی
نوارهای صوتی	ارزان قیمت همیشه در دسترس قابلیت تکثیر آسان	عدم امکان ارتباط تصویری عدم ایجاد ارتباط دو طرفه
کنفرانس صوتی	ارزان قیمت راحتی تنظیم‌کردن برنامه‌ها	عدم امکان ارتباط تصویری نیاز به سخت‌افزار
نامه الکترونیکی	قابلیت انعطاف‌پذیری بالا آسانی کاربرد آن	نیاز به سخت‌افزارها و نرم‌افزارهای متنوع
گپ‌زدن الکترونیکی	ارتباط زنده و دو طرفه بازخورد سریع و فوری	نیاز به نرم‌افزار نیاز به برنامه‌ریزی نیاز به سخت‌افزار
آموزش از طریق شبکه	استفاده از چندین رسانه دسترسی جهانی ارتباط دو طرفه	نیاز به کامپیوتر نیاز به دسترسی به شبکه سرعت پایین
نوارهای ویدئویی	ارزان قیمت همیشه در دسترس قابلیت تکثیر آسان دارای ارتباط تصویری و صوتی	پیچیده بودن فعالیت ضبط کردن عدم ایجاد ارتباط دو طرفه نیاز به سخت‌افزار
کنفرانس ویدئویی ماهواره‌ای	نزدیک به واقعیت (شبیه به کلاس‌های درس واقعی)	گران قیمت بودن سخت‌افزارها نیاز به برنامه‌ریزی معمولاً ارتباط یک طرفه

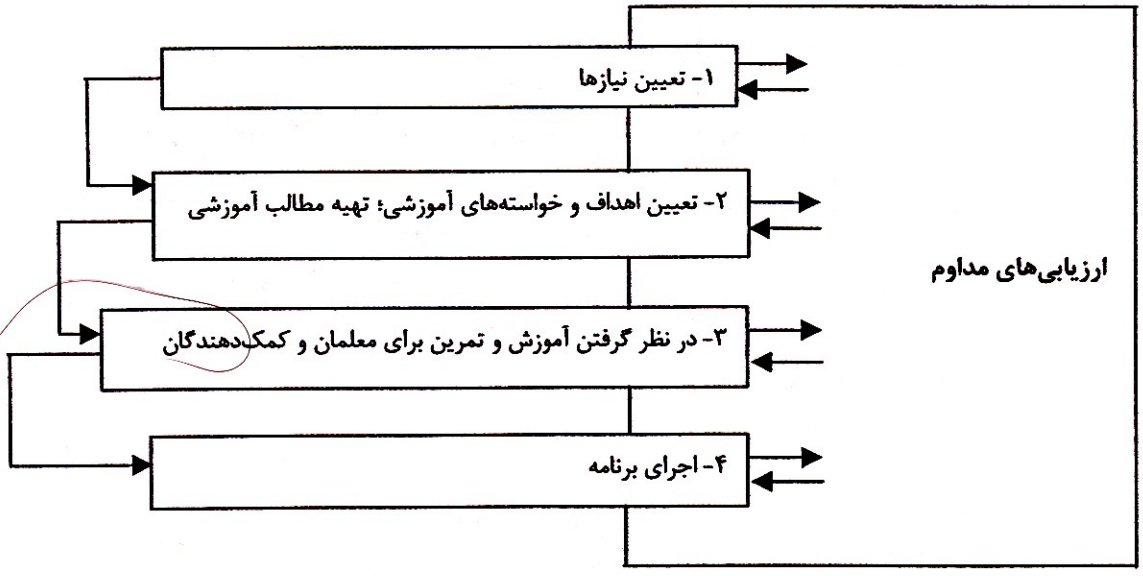
انواع تکنولوژی	مزایا	معایب
کنفرانس ویدئویی امواج کوتاه	نزدیک به واقعیت (شبیه به کلاس‌های درس واقعی) ارتباط دو طرفه نسبتاً ارزان قیمت همیشه در دسترس	نیاز به برنامه‌ریزی محدود بودن سرویس‌دهی
تلویزیون کابلی / فرستنده[1]	آسانی کاربرد همیشه در دسترس قابلیت ضبط شدن بر روی نوارهای ویدئویی دارای ارتباط صوتی و تصویری	هزینه‌های تولید بالا نیاز به سخت‌افزار عدم ایجاد ارتباط دو طرفه نیاز به برنامه‌ریزی

۴- فرآیند اجرای آموزش از راه دور

اجرای عملی برنامه‌های آموزش از راه دور به برنامه‌ریزی دقیق نیاز دارد. شکل زیر فازهای اصلی فرآیند اجرای آموزش از راه دور را نشان می‌دهد:

۴-۱- تعیین نیازها

تعیین نیازها و یا فاز تجزیه و تحلیل از چهار قسمت تشکیل می‌شود: تجزیه و تحلیل واحد درسی،تجزیه‌وتحلیل‌دانش‌آموزان،تجزیه‌وتحلیل معلمان‌وکمک‌دهندگان،تجزیه‌وتحلیل تکنولوژی.



شکل (۱): رویه اجرای آموزش از راه دور

1- Cable / broad cast Television.

• **تجزیه و تحلیل واحد درسی:** تجزیه و تحلیل واحد درسی، به دنبال بخش‌هایی از مطالب درسی می‌باشد که نیاز به بهبود و توسعه دارد و یا نیاز به ارائه مطالب جدید از طریق تکنولوژی‌های آموزش از راه دور در آنها دیده می‌شود. به دنبال نیازهای آموزشی باشید که در برنامه‌های قبلی دیده نشده است و توانایی خود جهت برآورده کردن آنها را در نظر بگیرید. واحدهای درسی گوناگونی وجود دارد: واحدهایی که تقاضا برای آنها زیاد ولی تعداد معلمان مربوطه کم می‌باشد؛ واحدهای درسی که در مکان‌های جغرافیایی گوناگون مورد نیاز هستند؛ واحدهای درسی که امکان استفاده از متخصصین را (از راه دور) دارا می‌باشند و واحدهای درسی که مربوط به نیازهای خاصی می‌باشند مثل دانش‌آموزانی که فقط در خانه هستند.

• **تجزیه و تحلیل دانش‌آموزان:** تکنیک‌های آموزش از راه دور برای همه دانش‌آموزان مناسب نیست. در بیشتر موارد دانش‌آموزان باید انگیزه بسیار بالا داشته و توانایی کارکردن در محیطی ایزوله را داشته باشند. شما باید مکان دانش‌آموزان را بررسی نمایید؛ برای مثال: آیا آموزش به مدارس و یا خانه‌ها ارائه می‌شود؟ آیا دانش‌آموزان توانایی خواندن دارند؟ روشهای یادگیری آنها چه می‌باشد؟ آیا به کنترل کننده نیاز دارند؟

• **تجزیه و تحلیل معلمان و کمک‌دهندگان:** در آموزش از راه دور، به کمک‌دهندگان‌وگروه‌های پشتیبانی تکنیکی نیاز است. برای مثال، «معلم» درس را از طریق کنفرانس ویدئویی ارائه می‌نماید. این درس به مدارس مختلف در کل ناحیه فرستاده می‌شود و دانش‌آموزان آموزش از راه دور در آن شرکت می‌نمایند. در هر سایتی، باید ناظر و کنترل‌کننده‌ای همراه دانش‌اموزان در کلاس باشد. گروه پشتیبانی تکنیکی باید از صحت و درستی تجهیزات مطمئن باشد.

• **تجزیه و تحلیل تکنولوژی:** همانطور که در جدول نشان داده شده است، تکنولوژی‌های متفاوت زیادی برای آموزش از راه دور وجود دارد. انتخاب بهترین تکنولوژی بستگی به ناحیه مورد نظر، نحوه یادگیری دانش‌اموزان و وجود نرم‌افزارها و سخت‌افزارها دارد. برای مثال، آموزش زبان خارجی به تجهیزات صوتی نیاز دارد و آموزش از طریق اینترنت بدون دسترسی به کامپیوتر امکان ندارد. مکان جغرافیایی معلمان و دانش‌آموزان بر روی مسئله تکنولوژی اثر می‌گذارد (Distance Learning : A Primer, 1997).

۴-۲- تعیین اهداف و خواسته‌های آموزشی؛ تهیه مطالب آموزشی

"خطر نداشتن اهداف واضح و خواسته‌های آموزشی مشخص، این است که موجب استفاده از تکنولوژیهایی می‌شود که به درستی در تدریس، یادگیری و تحقیقات مدرسه مورد استفاده قرار نمی‌گیرند." (Horgan . 1998.2)

یک واحد درسی خوب برنامه‌ریزی شده، باید در ابتدا اهداف آموزشی خود را تعیین نماید. تکنولوژی باید تا جایی که امکان دارد غیرقابل

دیدن باشد یعنی فقط به عنوان وسیله‌ای برای بهتر انتقال دادن محتوای آموزشی و نیز وسیله‌ای برای مشارکت دانش‌آموزان باشد.
بعد از تعیین اهداف و خواسته‌های آموزشی، مطالب آموشی باید طراحی و ایجاد گردند. در اینجا باید تمامی الزامات مورد نیاز در این مرحله را در نظر بگیریم. تهیه مطالب آموزشی از راه دور فرایندی انرژی‌بر و وقت‌گیر است. بدون در نظر گرفتن نوع تکنولوژی، ما باید زمان کافی صرف نموده تا مطمئن شویم که مطالب آموزشی دقیق و مناسب بوده و طوری طرح‌ریزی شده تا حداکثر منافع و حداقل محدودیتها را برای دانش‌آموزان داشته باشد.

۴-۳- در نظر گرفتن آموزش و تمرین برای معلمان و کمک‌دهندگان

بسیاری از مهارت‌ها و تکنیکهایی که در موقعیت تدریس در کلاس مورد نیاز می‌باشد، مستقیماً در رویکرد آموزش از راه دور، به آنها اشاره نشده است. برنامه‌های آموزشی با هدف آشنا کردن معلمان با تکنولوژی و نیز کمک به آنها در طراحی مجدد استراتژی‌های آموزشی، اهمیت دارد.
بیشتر معلمان در موارد زیر نیاز به تمرین و همیاری دارند:

- استراتژی‌های موثر برای اجرای فعالیت‌های گروهی کوچک و تمرین‌های انفرادی.
- تکنیک‌هایی برای افزایش ارتباط‌های دانش‌آموز ـ دانش‌آموز و دانش‌آموز ـ معلم.
- رویکردهای‌موفق برای بکارگیری تکنولوژی جهت ایجاد فرایند آموزش و یادگیری به صورت توأماً.
- تاکتیک‌هایی برای افزایش انگیزه‌های دانش‌آموزان آموزش از راه دور.

کمک‌دهندگان و پرسنل پشتیبانی نیز نقش بحرانی در فرایند آموزش از راه دور دارند. اگر دانش‌آموزان در مکانهای دور باشند، کمک‌دهندگان به عنوان رابطین موجود در سایت (مؤسسه) برای دانش‌آموزان می‌باشند. نکته مهم این است که این کمک‌دهندگان با واحد درسی آشنایی کامل داشته و اغلب با معلمان در ارتباط می باشند. علاوه بر این، یکی از وظایف پرسنل پشتیبانی اطمینان از درستی عملیات تکنولوژی‌های موجود و عدم ایجاد وقفه در حین کار می‌باشد.

۴-۴- اجرای برنامه

بعد از برقراری کلاس‌های آموزشی برای معلمان و اطمینان از صحت عملیات تکنولوژی‌ها، می‌توان برنامه آموزش از راه دور را اجرا نمود. یک فاکتور بسیار مهم که باید در نظر داشته باشیم این است که فعالیتهای ما باید طبق برنامه و ساختار یافته باشند. وجود موعد مقرر برای ارائه تکالیف، چارچوب زمانی و بازخوردها باعث انگیزش بیشتر دانش‌آموزان و ایجاد محیطی قابل انعطاف برای آنها می‌شود.
نکته مهم دیگری که در فاز اجرا باید در نظر داشته باشیم این است که بر ارتباطها تأکید نماییم. «برنامه‌های آموزش از راه دور باید شامل متدهایی باشند برای دریافت بازخوردها، ارائه کمک به دانش‌آموزان و ایجاد این حس در دانش‌آموزان که آنها متعلق به جایی (مؤسسه‌ای) می‌باشند» (Parker 1997.10) دانش‌آموزان در تمامی سنین وقتی که احساس کنند که کسی بر کار آنها نظارت دارد بهتر فعالیت می‌کنند.

۴-۵- راهنمایی‌های جهت رسیدن به موفقیت

- انتخاب تکنولوژی‌های مناسب
- صرف وقت بسیار برای برنامه‌ریزی
- ارائه بازخوردهای به موقع و دائمی به دانش‌آموزان
- تشویق به ایجاد ارتباط‌های دانش‌آموز ـ دانش‌آموز
- در نظر گرفتن آموزش برای معلمان و کمک‌دهندگان
- اطمینان از وجود گروه پشتیبان برای دانش‌آموزان
- تمرین، تمرین و تمرین

۵- تحقیقات انجام شده در زمینه آموزش از راه دور

در این بخش نتایج تحقیقات انجام شده در زمینه آموزش از راه دور آورده شده و به سوالات مطرح شده در ابتدای مقاله پاسخ داده می‌شود.

۵-۱- آموزش از راه دور در برابر آموزش سنتی

تحقیقات نشان می‌دهد که فرمت‌های آموزشی (مثل کنفرانس ویدئویی، نوارهای ویدئویی، معلم «زنده و حاضر») خودشان به تنهایی تأثیر کمی بر روی یادگیری افراد دارند. در شرایطی که تکنولوژی‌های مناسب براحتی در دسترس همه می‌باشد نتایج بدست آمده از تحقیقات به شرح زیر می‌باشد:

- نتایج حاصله از امتحانات برای دانش‌آموزان آموزش از راه دور نسبت به دانش‌آموزان سنتی بهتر بوده است (souder 1993). در حالیکه تفاوت مهمی بین مطالب درسی در این دو گروه دیده نمی‌شود. (Martin, Rainey 1993)
- آموزش سنتی بهتر سازماندهی می‌شود و نسبت به آموزش از راه دور واضح‌تر ارائه می‌شود. (Eganet at 1991)
- سازماندهی و تفکر مورد نیاز جهت تدریس از راه دور سبب بهبود نحوه تدریس معلمان نسبت به روش سنتی می‌گردد.
- تحقیقات آتی باید در زمینه فاکتورهای بحرانی موثر بر موفقیت دانش‌آموزان باشد (whitington, 1987)

۵-۲- چرا دانش‌آموزان آموزش از راه دور موفق هستند؟

تحقیقات نشان می‌دهد که این گونه دانش‌آموزان ویژگیهای خاصی را به روشهای یادگیری خود اضافه می‌کنند که در نتیجه بر موفقیت آنها در گذراندن واحدهای درسی تأثیر می‌گذارد.

- این گونه دانش‌آموزان داوطلبانه به دنبال آموزش می‌روند.
- این گونه دانش‌آموزان اهداف آموزشی فرعی دارند و به دنبال درجات بالاتری از آموزش می‌باشند (schlosser and Anderson, 1994)
- دارای انگیزه بالاتر و انضباط فردی بیشتری هستند.
- بزرگسال می‌باشند.

فاکتورهای مشابهی برای موفقیت دانش‌آموزان سنتی و دانش‌آموزان آموزش از راه دور وجود دارد که به شرح زیر می‌باشد:

- تمایل به برقراری ارتباط با معلمان
- پیروی از یک روند جدی‌تر در گذراندن واحدهای درسی
- استخدام در زمینه‌هایی که پیشرفت کاری به راحتی ممکن باشد.

- تکمیل مدرک دانشگاهی قبلی

۵-۳- چگونه فرایند آموزش با موفقیت اجرا می‌شود؟

شیوه تدریس از راه دور شبیه شیوهٔ تدریس سنتی می‌باشد و «فاکتورهایی که برای آموزش خوب تأثیر می‌گذارند، برای تمامی جمعیتها و شرایط می‌تواند یکسان باشد» از آنجاییکه آموزش از راه دور و تکنولوژی‌های آن به برنامه‌ریزی و آمادگی دقیق‌تری نیاز دارند، معلمان آموزش از راه دور بایستی موارد زیر را در نظر بگیرند تا اثربخشی خود را افزایش دهند:

- دانش‌آموزان از بخشهای طراحی شده مناسب و ارائه رئوس مطالب استفاده بهتری می‌نمایند (Eganet al 1991). یادداشت برداریهای سازمان یافته، استفاده از ابزارهایی مثل پیشبرد مطالعات گروهی و استفاده از ابزارهای بصری و گرافیکی در ارائه رئوس مطالب و بخشهای تعیین شده به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا واحدهای درسی را بهتر درک نمایند. البته این ابزارهای بصری باید متناسب با ویژگیهای رسانه‌ها و دانش‌آموزان طراحی شوند.
- آموزشهای کافی و مناسب در زمینه استفاده از تجهیزات و تکنیکها برای معلمان ضروری است. اگر معلم با تکنولوژی آشنا باشد، ارتباطات مناسب داشته باشد، سوالها را تکرار نماید و انسان شوخ‌طبعی باشد دانش‌آموزان‌واحددرسی‌را بهتر یاد می‌گیرند.
- آمادگی قبلی کامل و ارزیابیهای مداوم ضروری می‌باشد و دانش‌آموزان آموزش از راه دور، برای معلمانی که سازمان یافته و با آمادگی کامل هستند، ارزش قائلند.

۵-۴- ارتباطات چه مقدار مهم می‌باشد؟

بسیاری از دانش‌آموزان آموزش از راه دور جهت بهبود فعالیتهای خود به راهنمایی و پشتیبانی نیازمندند. (Threlkeld and Brzoskal 1994) این پشتیبانی می‌توان به صورت ارتباط‌های معلم ـ دانش‌آموز و یا ارتباط‌های دانش‌آموز ـ دانش‌آموز باشد.

نتایج بدست آمده از تحقیقات در زمینه ارتباطات، راهنمایی‌های مهمی را برای معلمانی که‌واحدهای‌درسی‌ارائه‌می‌دهندفراهم‌نموده است:

- دانش‌آموزان برای بازخوردهای به موقع تکالیف، امتحانات و پروژه‌ها ارزش قائلند.
- شرکت کردن در گروههای کوچک برای دانش‌آموزان بسیار مفید می‌باشد. نکته مهم این است که این گروه‌ها این احساس را ترویج می‌کنند که اگر شما کمک بخواهید، کمک در اختیار شما می‌باشد.
- اگر دانش‌آموزان با معلم خود در ارتباط باشند، انگیزه‌ای قوی پیدا خواهند کرد. از ارتباطات ساختار یافته می‌توان به عنوان ابزار انگیزشی استفاده کرد.
- استفاده از همکاران مکانی یعنی کسانی که ارتباطات شخصی بیشتری با دانش‌آموزان دارند و کسانی که با تجهیزات مورد نیاز و مطالب درسی آشنا هستند، رضایت دانش‌آموزان را در اخذ واحدهای درسی افزایش می‌دهد.
- استفاده از تکنولوژیهایی مثل فاکس، کامپیوترها و تلفن فرصت ارتباط همزمان و پشتیبانی بیشتری به دانش‌آموزان می‌دهد.

۵-۵- هزینه در برابر سود

هنگام ایجاد یک برنامه آموزش از راه دور اولین مسأله‌ای که باید در نظر گرفته شود هزینه

سیستم می‌باشد. تعدادی از فاکتورهای هزینه‌ای که در طراحی یک سیستم آموزش از راه دور وجود دارند به شرح زیر است:

- هزینه تکنولوژی ـ سخت‌افزار (نوارهای ویدیویی، دوربین) و نرم‌افزار (برنامه‌های کامپیوتری)
- هزینه انتقال ـ هزینه مداوم اجاره خط انتقال (مثل T–1، ماهواره و مایکروویو).
- هزینه نگهداری ـ تعمیر و به روز کردن تجهیزات.
- هزینه‌زیرساختها ـ ایجادشبکه اساسی و ساختارهای مخابراتی در محلهای ارسال و دریافت.
- هزینه تولید ـ پشتیبانی پرسنلی و تکنیکی مورد نیاز جهت ایجاد و تغییر مطالب درسی.
- هزینه پشتیبانی ـ هزینه‌های گوناگونی موردنیاز است تا مطمئن شویم که سیستم با موفقیت کار می‌کند شامل: هزینه‌های اجرایی،ثبت‌نام،مشاوره، هزینه‌های پشتیبانی محلی، تجهیزات و هزینه‌های سربار.
- هزینه پرسنل ـ هزینه استخدام افراد جهت انجام کارهای ذکر شده

اگر چه هزینه‌های ایجاد سیستم آموزش از راه دور بالا می‌باشد، ولی هزینه‌های زیادی نیز در رابطه با واحدهای درسی سنتی وجود دارد. منافع حاصله برای دانش‌آموزان آموزش از راه دور به شرح زیر می‌باشد:

- در دسترس بودن تدریس برای دانش‌آموزان مناطق روستایی.
- اتمام و گذراندن واحدهای درسی بدون اینکه‌ازحقوق‌آنهابه‌دلیل مرخصی‌ها کم شود.
- دانش‌آموزان دارای قوه تفکر بالایی خواهند شد.

۶- نتیجه‌گیری

از آنجائیکه تا چند سال آینده اکثر دانشگاهها، مدارس و موسسات آموزشی رویکرد آموزش از راه دور را در سیاستهای استراتژیک خود قرار داده و آن را اجرا خواهند کرد، هر کسی به عنوان مجری طرح‌های آموزش از راه دور، سیاست‌گذاران این رویکرد، معلم و شاگرد باید با این رویکرد آشنا شوند و از تکنولوژی‌های پیشرفته جهت یادگیری استفاده نمایند.

۷- مراجع

1- ALN Magazine volume 3, Issue 1 – July 1999.

۲- مقاله تهیه شده از اینترنت با عنوان "آموزش از راه دور در یک نگاه"
Distance Education At Glance, College Of Engineering, University Of Idaho, (updated June 18, 2002 8:31 AM)

۳- مقاله تهیه شده از اینترنت با عنوان "تاریخچه آموزش از راه دور" توسط بیژن ناصح از دانشگاه ایالت بال (Ball State University)

۴- مقاله تهیه شده از اینترنت با عنوان "راهنمای معلمان آموزش از راه دور"
A Teacher Guide To Distance Learning, Produced By Florida Center For Industrial Technology, college of education, university of south florida, 1998, 1999.

خانم راحله نعمتی دارای لیسانس مهندسی صنایع (برنامه‌ریزی و تحلیل سیستم‌ها) از دانشگاه الزهرا (۱۳۸۱) بوده و مدت ۳ سال است که با گروه کنترل پروژه معاونت مهندسی سازه‌های آبی همکاری دارند. زمینه فعالیت و علاقمندی ایشان مدیریت سیستم‌های اطلاعاتی (MIS) و تکنولوژی اطلاعات (IT) می‌باشد.

مدیریت رفتار سازمانی (انگیزش، رفتار و نگرش)

صابر یاهو

مسئول حسابداری کنترل هزینه و اموال ـ معاونت مالی و نیروی انسانی

چکیده:

با گسترش و توسعه روزافزون سازمانها در جوامع بشری، مدیریت نیز جایگاه و اهمیت ویژه‌ای پیدا نموده است چرا که امروزه سازمانهائی موفق‌ترند که با بهره‌گیری از مدیریت نوین و بکارگیری روشهای صحیح و علمی در راه بهبود و پیشرفت گام برمی‌دارند. امروزه شکی نیست که در همه سازمانها، عامل اصلی نیروی انسانی است.

اگر یک سازمان نیروی انسانی کارآمد و مناسب داشته باشد، قطعاً رو به سوی پیشرفت و موفقیت خواهد بود. بدیهی است از مهمترین عوامل در نیروی انسانی رفتار انسانها می‌باشد.

رفتار: واحد فعالیتهای آدمی را رفتار می‌گویند که روش سیستماتیک بر مبنای این باور قرار دارد که رفتار امری تصادفی نیست بلکه معلول یک یا چند علت است و در جهتی میل می‌کند که منافع فرد (درست یا نادرست) در راستای آن باشد.

نگرش: نظری است که فرد در خصوص افراد، اشیاء و یا رویدادها ابراز می‌نماید. در حقیقت او نگرش خود را در ارتباط با کار بروز داده است. بطور کلی نگرش محدود، خصوصی و قابل تغییر می‌باشد.

رضایت شغلی: میزان رضایتمندی افراد از شغل و عوامل مرتبط با آن را رضایت شغلی می‌گویند. در تعریفی دیگر نگرش کلی فرد را نسبت به شغل او رضایت شغلی می‌گویند که عوامل تعیین‌کننده آن ارائه توانائیها، انجام کار در شرایط مساوی، یکسانی حقوق و مزایا، شرایط مناسب کاری، همکاران مناسب و تناسب شغل و شاغل می‌باشد.

مقدمه

با توجه به وجود عامل اصلی به نام نیروی انسانی در همه سازمانها، این سازمانها در صورت یکسان بودن نیروی انسانی کارآمد و مناسب، قطعاً به سوی پیشرفت و بهبود گام بر می‌دارد.

پرواضح است که از مهمترین فاکتورها در نیروی انسانی «رفتار انسانها» می‌باشد. هنگامیکه رفتار انسانها را در سازمان بررسی می‌نمائیم، بحث رفتار سازمانی پیش می‌آید.

برای شناخت طبیعت انسان، ناگزیر از مطالعه رفتار و چگونگی شکل‌گیری آن هستیم. با عنایت به اهمیت عامل انسانی در سازمانها، تلاش می‌شود الگویی نظری ارائه گردد که نه تنها در فهم چراهای رفتاری بلکه در پیش‌بینی هدایت، کنترل و تغییر آن نیز مفید باشد.

۱- رفتار

رفتار عبارت از یک رشته فعالیت می‌باشد. انسان همواره در حال انجام کاری است و در بیشتر موارد و در آن واحد، بیش از یک فعالیت انجام می‌دهد. مانند قدم زدن در حال صحبت کردن با دیگران. شاید در هر لحظه‌ای تصمیم بگیرد

که از یک فعالیت یا ترکیبی از فعالیتها به فعالیتهای دیگر بپردازد. این امر پرسشهای مهمی را بر می‌انگیزد. چرا یک فرد به یک فعالیت و نه به فعالیت دیگر می‌پردازد؟ چرا فعالیتهایش را تغییر می‌دهد؟

۲- انگیزه

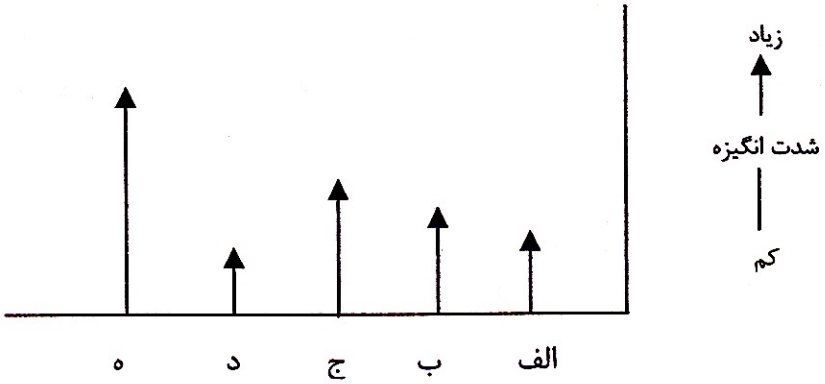
انگیزه‌ها، «چراها»ی رفتار آدمی هستند. آنها موجب آغاز و ادامه فعالیت می‌شوند و جهت کلی رفتار هر فرد را معین می‌سازند. انگیزه‌ها را گاهی به عنوان نیازها، تمایلات، سائقه‌ها یا محرکات درونی فرد تعریف می‌کنند. انگیزه‌هایی که به سوی هدفها معطوف می‌شوند، ممکن است آگاهانه یا ناخودآگاه باشند.

پاسخ باید گفت نیازی که شدید است موجب فعالیت می‌گردد. وقتی نیاز شدید مقداری ارضا شده، از شدت آن کاسته می‌شود. این نیاز در چنین حالتی طبعاً محرک رفتار فرد نخواهد بود تا برای ارضای آن هدفهایی را جستجو کند.

بطور کلی هرگاه نیازی ارضا شود، یا در راه ارضای آن با مانعی روبرو گردد، از شدت آن کاسته می‌شود و در نتیجه نیاز شدید دیگری جانشین آن می‌گردد.

۴- هدف

نتایج مورد انتظار از یک رفتار را هدف می‌گویند. همهٔ رفتارهای آدمی هدفدار می‌باشد.



نمودار شماره (۱): انگیزه‌ها

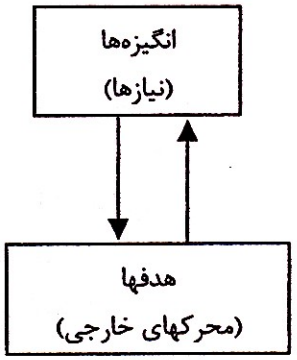
انسانها نه تنها از لحاظ توان انجام کار بلکه از لحاظ میل یا اراده انجام کار یا انگیزش نیز با هم تفاوت دارند. انگیزش افراد به نیروی برانگیزاننده آنان بستگی دارد.

۳- شدت انگیزه

هر انسانی صدها نیاز دارد و همه این نیازها در شکل دادن رفتارش رقابت می‌کنند. پس چه عاملی سبب می‌شود که شخص از میان این نیازها، یکی را از طریق فعالیت ارضا کند؟ در روانشناسان غالباً هدف را «محرک خارجی» می‌نامند. محرک می‌تواند مادی و ملموس باشد مانند افزایش دستمزد و حقوق، و یا غیرملموس مانند قدردانی از تلاش کارکنان یا کسب قدرت که در برانگیختن و شدت بخشیدن به انگیزه‌ها و نیازها و در نتیجه فعال کردن رفتارهای آدمی به همان اندازهٔ محرکهای ملموس مهم است.

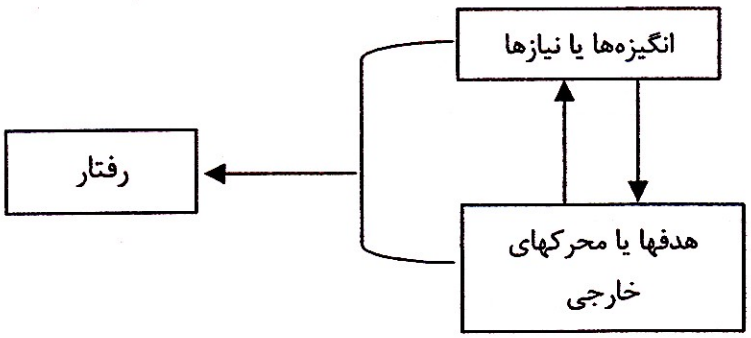
۵- مقایسه انگیزه‌ها و هدفها

انگیزه یا نیاز یک «حالت درونی» در فرد است، در حالیکه هدفها بیرون از فرد قرار دارند و گاهی از آنها بعنوان پاداشهای «مورد انتظار» که



نمودار شماره (۲): رابطه انگیزه و هدف

انگیزه‌هارابسوی‌خودمعطوف‌می‌دارند یاد می‌شود. انگیزه‌ها و هدفها بر روی هم اثر متقابل دارند.



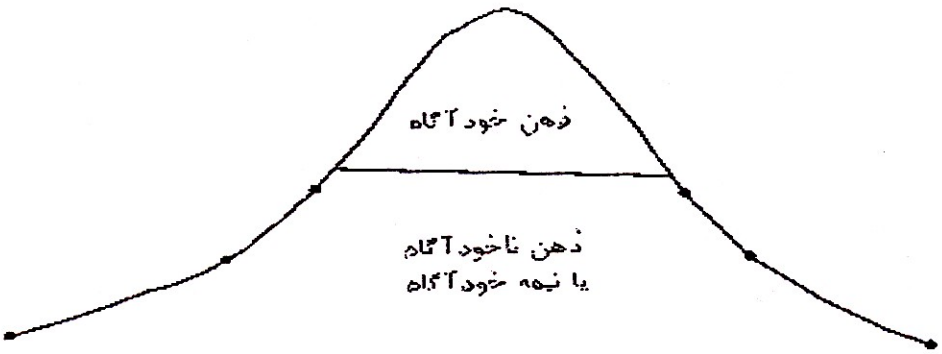
نمودار شماره (۳): رابطه انگیزه، هدف و رفتار

اگر انگیزه در فرد بالا باشد، اهداف بلند انتخاب خواهد نمود و اگر ارزش هدف بسیار بالا باشد، انگیزه فرد برای کسب آن تشدید می‌شود.

۶- جایگاه انگیزه‌ها و هدفها

ذهن آدمی را به کوه یخ شناور تشبیه نموده‌اند که بخش بیرونی آن ذهن خودآگاه و بخش زیرین آن را ذهن ناخودآگاه یا نیمه خودآگاه می‌نامند. در صورتیکه انگیزه و هدف در ذهن خودآگاه انسان باشد به هنگام ارتکاب عمل می‌داند با چه انگیزه‌ای و برای چه هدفی دست به فعالیت زده است. ولی اگر انگیزه و هدف در ذهن ناخودآگاه باشد چرائی رفتار یا هدف آن در هنگام ارتکاب عمل برایش آشکار نخواهد بود.

از اینرو گفته می‌شود که مردم همیشه از چیزهایی که می‌خواهند آگاه نیستند و بسیاری از رفتارهای آنها تحت تأثیر نیازها یا انگیزه‌های ناخودآگاه قرار دارد. این ناآگاهی از آنجا ناشی می‌شود که افراد برای شناخت درون خویش



نمودار شماره (۴): جایگاه انگیزه‌ها و هدفها

تلاش نمی‌کنند. شاید یکی از بهترین راه‌ها برای شناخت درون «تعامل با دیگران» باشد. زیرا با گرفتن واکنش دیگران نسبت به رفتار خود، می‌توان زوایای تاریک شخصیت خود را روشن ساخت.

۷- نگرش[1]

نگرش نظری است که فرد درباره افراد، اشیاء و یا رویدادها ابراز می‌نماید. مثلاً: می‌گوید «من کارم را دوست دارم» در حقیقت او نگرش خود را در ارتباط با کارش بروز داده است.

۷-۱- انواع نگرش در رفتار سازمانی

امکان دارد فردی هزاران نگرش داشته باشد اما در رفتار سازمانی با توجه به بررسیهای انجام شده ما سه نوع نگرش داریم: ۱- رضایت شغلی ۲- وابستگی شغلی ۳- تعهد سازمانی

۷-۲- رضایت شغلی[2]

در زندگی روزمره مشاهده می‌کنیم که برخی افراد از شغل خود راضی‌اند، برخی بی‌تفاوتند و برخی دیگر از شغل خود ناراضی هستند. بطور خلاصه باید گفت: میزان رضایتمندی افراد از شغل و عوامل مرتبط با آن را رضایت شغلی می‌گویند. در تعریف دیگر، نگرش کلی فرد را نسبت به شغل او «رضایت شغلی» می‌گویند.

۷-۳- عوامل تعیین کننده رضایت شغلی

با بررسیها و تحقیقات انجام شده مشخص گردید که پنج عامل زیر جزء عوامل تعیین‌کننده رضایت شغلی هستند:

۷-۳-۱- ارائه توانائیها

افراد، مشاغلی را ترجیح می‌دهند که بتوانند در آن مشاغل توانائیها و مهارتهای خود را بروز داده و در نهایت، دست‌آوردهای موفقیت‌آمیز خود را آزادانه به نمایش بگذارند. این ویژگی شغلی را «هم‌آورد طلبی اندیشه‌ای» یا «چالشگری فکری» می‌نامند.

1- Attitude.
2- Job Satisfaction.

۷-۳-۲- یکسانی حقوق و مزایا

افراد دوست دارند که سیستم پرداخت و سیاست ارتقاء در سازمان، عادلانه، بدون ابهام و مطابق با انتظاراتشان باشد. با توجه به نوع شغل و سطح مهارت اگر میزان حقوق و مزایا معقول و عادلانه باشد، رضایت شغلی را در پی خواهد داشت (با توجه به میزان حقوقی که در آن جامعه پرداخت می‌شود).

البته بدیهی است که هر کس به هر قیمتی در پی کسب پول نیست. بسیاری از افراد آگاهانه و از روی میل می‌پذیرند که پول کمتری بگیرند اما در جائی کار نمایند که مطابق میل آنها باشد و یا در جائیکه احساس می‌کنند تبعیض کمتر است.

۷-۳-۳- شرایط مناسب کاری

از نظر راحتی شخصی و داشتن تشکیلات و تسهیلات مناسب برای انجام کارها، محیط کار دارای اهمیت فراوانی است.

بررسیها نشان می‌دهد که کارکنان، محیطی را ترجیح می‌دهند که خالی از خطر و بدون ناراحتی (نور، سر و صدا، درجه حرارت و ...) باشد. بعلاوه بیشتر کارکنان ترجیح می‌دهند که محل کار به منزلشان نزدیک باشد و دستگاهها و ماشین‌آلات جدید و مناسب داشته باشند.

۷-۳-۴- همکاران مناسب

نتیجه‌ای که افراد از کار خویش طلب می‌کنند قطعاً چیزی بیشتر از مقداری پول یا سایر دست‌آوردهای ملموس است. از نظر بیشتر کارکنان، محیط کار باید نیازهای اجتماعی فرد را تأمین نماید. بنابراین داشتن همکاران صمیمی و یکدل، رضایت شغلی را افزایش می‌دهد.

تحقیقات نشان می‌دهد، اگر رئیس واحد از نظر کارکنان، صمیمی باشد، افراد را درک نماید، به عملکرد خوب پاداش مناسب بدهد، به نظرات و دیدگاههای کارکنان احترام بگذارد و ... «رضایت شغلی» افزایش خواهد یافت.

۷-۳-۵- تناسب شغل و شاغل

بطور خلاصه باید گفت، وجود تناسب زیاد بین شغل و شاغل موجب افزایش «رضایت شغلی» می‌گردد. چرا که در اینصورت فرد با توجه به استعداد و توانائیهای خود، وظایف محوله را با موفقیت انجام می‌دهد و این موفقیت، افزایش رضایت‌شغلی را بدنبال خواهد داشت.

۷-۳-۶- وابستگی شغلی[1]

مدت زمان زیادی نمی‌گذرد که این واژه وارد ادبیات رفتار سازمانی شده است. در حالی که در رابطه با مفهوم دقیق آن، اتفاق‌نظر کاملی وجود ندارد، ولی تعریفی که می‌توان از آن ارائه داد این است که «وابستگی شغلی» هر فرد به درجه یا میزانی اطلاق می‌شود که شخص شغلش را معرف خود و کار یا عملکردش را موجب سربلندی و کسب حیثیت و اعتبارش می‌داند. کارکنان یا اعضای سازمان که از نظر وابستگی شغلی در سطح بالایی هستند به کار خود افتخار می‌کنند و واقعاً به آنچه که انجام می‌دهند توجه می‌نمایند. وابستگی زیاد شغلی با غیبت و استعفا رابطه معکوس دارد، ولی به نظر می‌رسد که با این پدیده بهتر می‌توان جابجایی کارکنان را (در مقایسه با غیبت) پیش‌بینی کرد.

1- Job involvement.

۷-۳-۷- تعهد سازمانی[1]

عبارت است از حالتی که کارگر سازمان بخصوصی، هدفهایش را معرف خود می‌داند و آرزو می‌کند که در عضویت آن سازمان بماند. بنابراین سطح بالایی از وابستگی شغلی به معنی این است که فرد شغل خاصی را به خود نسبت می‌دهد و آن را معرف خود می‌داند؛ ولی تعهد سازمانی بدان معنی است که فرد، سازمانی را معرف خود می‌داند. در رابطه با وابستگی شغلی، نتیجهٔ تحقیقات نشان می‌دهد که بین تعهد سازمانی و غیبت و جابجایی کارکنان رابطه معکوس وجود دارد. در واقع، نتیجه تحقیقات نشان می‌دهد که برای پیش‌بینی و توجیه رفتار فرد، تعهد سازمانی (به مراتب بیش از رضایت شغلی) مورد استفاده قرار می‌گیرد و واریانس آن به ۳۴ درصد می‌رسد. در مقایسه با رضایت شغلی احتمالاً تعهد سازمانی بهتر است و در سطح جهانی بهتر می‌توان آن را توجیه کرد و در این رابطه آمارهای معتبری ارائه شده است. امکان دارد که یکی از کارکنان نسبت به کار خاصی رضایت نداشته باشد و شغل خود را نوعی کار موقتی به حساب آورد، ولی بطور کلی از سازمان راضی باشد. اما هنگامی که نارضایتی همهٔ سازمان را فرا گیرد، احتمالاً تعداد بیشتری از کارکنان به فکر استعفا می‌افتند.

۸- نتیجه‌گیری

بررسی رفتار کارکنان در محیط سازمانی و هدایت و کنترل در راه اهداف مورد نظر می‌توان مسیر موفقیت را در سازمان هموار نمود. اگر رفتارهای مثبت تعمیم داده شود باعث بوجود آمدن انگیزه و در نهایت ایجاد نگرش سازنده توأم با منابع ارزشی خواهد گردید. اهمیت ارزشها در رفتار سازمانی بر این پایه استوار است که آنها تشکیل‌دهنده پایه و اساس درک نگرشها و انگیزش افراد هستند و همچنین بر ادراک افراد اثر می‌گذارند. بالطبع هر قدر نگاه مدیریت جدی‌تر، وسیع‌تر و پردامنه‌تر باشد، اثرات آن موفقیت‌آمیزتر و راه رسیدن به اهداف سازمان را سریع‌تر و آسان‌تر خواهد نمود. نگرش مثبت و انگیزشی در سازمان تأثیر بسزائی در رضایت شغلی کارکنان دارد و طبیعی است اگر نگرش کلی فرد نسبت به شغلش رضایتمندانه صورت پذیرد، باعث بروز توانائیها، ایجاد فضای مناسب کاری و انجام وظایف محوله با موفقیت که نتیجه آن تناسب زیاد بین شغل و شاغل خواهد گردید.

۹- مراجع

۱- مدیریت‌رفتارسازمانی،دکترعلی رضائیان

۲- پژوهش‌و تحقیقات شخصی در دانشگاه

آقای صابر یاهو دارای دیپلم تجربی و ۱۴/۵ سال سابقه کار می‌باشد که ۱۳/۵ سال آن در شرکت قدس‌نیرو بوده‌است. آقای یاهو در حال حاضر دانشجوی سال دوم رشته مدیریت بازرگانی دانشگاه آزاد اسلامی (واحد جنوب) بوده و زمینه علاقمندی ایشان در تجزیه و تحلیل و آنالیز حسابداری مالی و حسابرسی داخلی است.

Syahoo@Ghods-niroo.com

1- Organization ommitment.

محاسبه شاخصهای گارانتی واحدهای گازی $V_{94.2}$ - قسمت دوم

فرید علایی سامانی

سرپرست کارگاه نیروگاه گازی کازرون ـ مدیریت مهندسی نیروگاههای گازی I

چکیده:

در این بخش از مقاله، محاسبه نسبت فلوی گازهای خروجی دودکش به سوخت گاز مصرفی و بدین ترتیب محاسبه فلوی گاز و به کمک آن محاسبه دمای توربین بررسی می‌گردد. با مشخص شدن فلوی هوای ورودی و گازهای خروجی افت فشار در ورودی و خروجی محاسبه می‌شود و در این محاسبات از آنالیز سوخت طبیعی که توسط آزمایشگاه شرکت ملی نفت ایران به دست آمده استفاده شده است، اما پارامترهای سوخت نظیر دانسیته، وزن مخصوص و از همه مهمتر ارزش حرارتی به روش ASTM D3588-91 و مستقلاً محاسبه شده است.

مقدمه

- در بخش الف مقاله فلوی گاز طبیعی در شرایط تست محاسبه و از آن طریق راندمان برای شرایط تست بدست آمد که با تبدیل به شرایط ISO (Case A) مقادیر واقعی راندمان بیش از راندمان شرایط ISO حاصل شد.

در مقاله حاضر با آنالیز احتراق در توربین‌های V94.2و بدست آوردن درصد حجمی محصولات احتراق (%CO2, %02, %N2, %H2O) در حالت تئوری و مقایسه آن با شرایط واقعی احتراق، فلوی دودهای خروجی از اگزوز (و بوسیله آن هوای ورودی به ایرانیتک) محاسبه شده و به کمک آن دمای محصولات احتراق در ورود به توربین محاسبه می‌گردد. ضمن آنکه با دانستن مقادیر فلوی جرمی هوا در ورود و دودهای خروجی مقادیر افت فشار جریان در ورودی و در اگزوز قابل محاسبه می‌باشد.

۱- محاسبه آنالیز محصولات احتراق

در روش جدولی[1] عناصر تشکیل‌دهنده سوخت گاز طبیعی براساس آنالیز شرکت نفت بطور مجزا با هوا ترکیب و بالانس مولی محصولات احتراق صورت می‌گیرد. ضمن اینکه درصد هوای اضافی در توربین‌های گازی V94.2 برابر 220% (2.2 برابر هوای استکیومتریک) می‌باشد. نکته مهم اینکه نیتروژن به عنوان گاز inert که ۷۹٪ حجمی هوا را نیز تشکیل می‌دهد، به احتراق وارد شده و تقریباً بدون هیچگونه واکنشی (بجز مقدار ناچیز NO_x که با تنظیمات طول شعله مقدار آن کنترل می‌شود و بهر حال درصد جرمی آن در محصولات احتراق در حد p.p.m می‌باشد) به همراه محصولات احتراق خارج می‌گردد و میزان آن برابر $\frac{79\%}{21\%} = 3.76$ برابر میزان O_2 شرکت‌کننده در احتراق می‌باشد.

1- Tabular

$$C_mH_n + \left(m+\frac{n}{4}\right)O_2 = mCo_2 + \frac{n}{2}H_2O$$

Fuel Component	Fuel mole%	O_2 Required	CO_2	O_2	N_2	H_2O
CH_4	88.4%	2x88.4%=176.8%	1x88.4% =88.4%			2x88.4%
C_2H_6	4.1%	$\frac{7}{2}$ × 4.1% = 14.35%	2x4.1% =8.2%			3x4.1%
C_3H_6	1.25%	5x1.25%=6.25%	3x1.25% =3.75%			4x1.25%
$i=C_4H_{10}$	0.24%	6.5x0.24%=1.56%	4x0.24%=0.96%			5x0.24%
$n=C_4H_{10}$	0.31%	6.5x0.31%=2.01%	4x0.31%=1.24%			5x0.31%
$i=C_5H_{12}$	0.11%	8x0.11%=0.88%	5x0.11%=0.55%			6x0.11%
$n=C_5H_{12}$	0.07%	8x0.07%=0.56%	5x0.07%=0.35%			6x0.07%
C_6H_{14}	0.02%	9.5x0.02%=0.19%	6x0.02%=0.12%			7x0.02%
C_7H_{16}		-----				
C_8H_{18}		-----				
N_2	5.39%				5.4	
Co_2	0.09%		0.1			
		=202.6 mole +220%(202.6) = 648.32 mole	103.67 mole	220%x202.6= 445.72mole	3.76x648.32+5.4= 2443.mole N_2	198.07 mole

درصد حجمی محصولات اجتراق براساس جدول آنالیز ترکیبات احتراق قابل استخراج است:

1	2	3	4	5
Flue gas mole	Vol (Wet) Flue gas%	Vol (Dry) Calculated Flue gas%	Vol (Dry) Actual Flue gas%-۲ ضمیمه	Cρ (Kj/Kg^{0}C)
Co_2=103.67	$\frac{103.67}{3188.47}=3.25\%$	$\frac{103.67}{2992.39}=3.46\%$	3.69%	1.17
O_2=445.72	13.97%	14. 90%	14.51%	1.05
N_2=2443	76.57%	81.64%	81.80%	1.12
H_2O=198.07	6.21%	----	----	----
=3190.46 تعداد مول با آب =2992.39 تعداد مول بدون آب	100.00%	100.00%	100%	

همانگونه که ملاحظه می شود درصد مقادیر حجمی محاسبه شده محصولات احتراق در ستون ۳ با درصد واقعی اندازه‌گیری شده در ستون ۴ تفاوت ناچیزی دارد . در همین جا ظرفیت حرارتی مخلوط دودهای خروجی محاسبه می‌شود:

$$CP_{mix}=CP_{Ti}=CP_i n_i=3.69\%\times1.17+14.51\%\times1.05+81.8\%\times1.12=1.11\ Kj/Kg^0C$$

۲- محاسبه دبی جرمی هوای ورودی و دودهای خروجی

$$m_{VI}=\frac{m_f\{\eta_{CBC}+L_{HU}+(h_F-h_{F.0})-h_{TII}\}-P_{GT}\times\frac{1}{\eta_{Gen}}-P_{mv}}{h_{TII}-h_{VI}} \qquad (1)$$

رابطه‌فوق‌درقسمت‌اول‌مقاله‌محاسبه‌گردیده است.

راندمان اطاق احتراق: $\eta_{CBC}=0.998$

راندمان ژنراتور: $\eta_{Gen}=0.984$

تلفات مکانیکی در کوپلینگ‌ها: $P_{mv}=319KW$

(دبی سوخت محاسبه شده (kg/s: $m_f=9.32$

آنتالپی واحد جرم گازهای خروجی:

$h_{TII}=CP_{mix}T_{II}=1.11T_{II}$

دمای متوسط گاز خروجی: T_{II}

آنتالپی هوا در خروج از کمپرسور:

$h_{VII}=CP_r\,T_{VII}=1.05\times337=353.85\ Kj/Kg$

ارزش حرارتی پائین: $L_{HV}=45282\ Kj/Kg$

در قسمت اول بروش ASTM محاسبه شده است.

$h_f-h_{f.0}=CP_{fuel}(T-15^0)=2\times(30^0-15^0)=30\ Kj/kg$

با جایگزینی مقادیر فوق در معادله (1) دبی جرمی هوای ورودی بدست می‌آید:

$m_{VI} = 457.23$ Kg/s

= ضریب تصحیح مطابق ضمیمه (۴)

$= F_1 = 0.9011$

m_{VI} تصحیح شده $= \frac{457}{0.9011} = 507.15 \quad Kg/S$

= دبی‌دودهای‌خروجی‌مطابق‌شرایط(Case ISO)

$m_{TII} = m_{VI} + m_F = 507.15 + 9.32$

$= 516.47\, Kg/S$

mT_{II}=514 Kg/S

همانگونه که ملاحظه می‌شود میزان دبی جرمی شرایط واقعی در مقایسه با میزان پیش‌بینی شده ایزو بالاتر بدست آمده است.

۳- محاسبه دمای محصولات احتراق در ورود به توربین (T_i)

معادله ۲ در قسمت اول:

$$h_{Ti} = \frac{m_{VI} \times h_{VII} + m_F \{\eta_{CBC} \times LHV + (h_F - h_{F.0})\}}{m_{VI} + m_F}$$

با جایگزینی مقادیر نتیجه می‌شود:

$$h_{Ti} = 1163 \frac{Kj}{Kg} \; \acute{a} \; hT_1 = CP_{mir} \; T_i$$

$$\Rightarrow T_i = \frac{hT_i}{CP_{mir}} = \frac{1163}{1.11} = 10477^0 C$$

دمای محاسبه شده ورودی به توربین تصحیح‌شده‌به‌شرایطISO

= ضریب تصحیح مطابق ضمیمه (۵)

F_2=1.0018 , $T_i = \frac{1047.7}{1.0018} = 1045.8^0 C$

مقدار مطابق شرایط $T_i = 1060 \pm 10$

همانگونه که ملاحظه می‌شود مقدار محاسبه شده با مقدار گارانتی شده با دقت خوبی تطبیق دارد.

۴- محاسبه افت فشار در ورودی و خروجی

مطابق فرمول عمومی افت با لحاظ کردن ضریب (K) معادل طول و قطر در مجاری هیدرولیکی داریم:

$$\left.\begin{aligned} \Delta P &= K \frac{\rho V^2}{2} \\ m &= \rho V A \end{aligned}\right\} \Rightarrow \Delta P = \frac{K m^2}{2 \rho A^2}$$

پارامترها در ورودی:

دبی‌جرمی‌ورودی‌درشرایط‌تست: $m = 457$ kg/s

دانسیته‌هوادردمای 17^0C: $\rho = 1.17$ Kg/m^3

مدخل ورودی intake به کمپرسور و محل نصب فشارسنج: $D = 3.03$ m

پارامترهای خروجی:

$m = 457 + 3.32 = 466.32$ kg/s

در دمای 454^0C: $\rho = 0.385$ Kg/m^3

در محل نصب $D = 4.3$ m

مطابق گراف ضمیمه ۳ مقدار K برابر حدود 0.6 می‌باشد.

با جایگزینی مقادیر در فرمول افت‌های ورودی و خروجی محاسبه می‌شود:

در ورود $\Delta P_m \cong 10.31 \quad m \; bar$

= تصحیح شده به شرایط ISO (Case a)

$$= \Delta P_{cor} = \Delta P_m V \frac{[m \operatorname{Re} f]^2}{[m]^2}$$

$$= 10.31 \times \left[\frac{504.7}{457}\right]^2 = 12.5 m\,bar$$

$$\Delta P_{iso} = 9.80 m\ bar$$

در خروج $\Delta P_m = 8.01 m\ bar$

= تصحیح شده‌به شرایط ISO (Case a)

$$= \Delta P_{core} = \Delta P_m \times \frac{[m_{\operatorname{Re} f}]^2}{[m]^2}$$

$$= 8.01 \times \frac{[514]^2}{[466]^2} = 9.74 m\ bar$$

$$\Delta P_{iso} = 9.76\ m\ bar$$

۵- نتیجه‌گیری

- در توربین‌های گازی بدلیل بالا بودن دمای منطقه احتراق (دمای منطقه احتراق با ابزار طیف‌سنجی در حدود 1600^0C برآورده شده است) حجمی برابر 220% هوای لازم احتراق به صورت اضافی به همراه هوای احتراق وارد و خارج می‌شود و به این ترتیب ضمن کمک به احتراق کامل (و تقریباً بدون منوکسیدکربن) این دمای بالا به حدود 1050^0C (محاسبه در قسمت ۳) تقلیل یافته که این مقدار قابل تحمل‌برای‌فلزپره‌های‌مرحله‌اول‌می‌باشد.
- مقادیراندازه‌گیری‌افت‌فشار چه در ورودی و چه در خروجی در مقایسه با مقادیر ISO (Case a) مقادیر بالاتری را نشان می‌دهد. دلایل عمده این بالا بودن افت عبارتند از: در زمان اندازه‌گیری و انجام تست‌های گارانتی بدلیل بالا بودن حجم کارهای باقیمانده ساختمانی که گرد و خاک زیادی را تولید می‌کرده و محوطه و عدم کارکرد مناسب سیستم پالس جت افت قابل ملاحظه بوده است و در خروج نیز در زمان انجام تست هنوز سایلنسرهای طرح‌قدیمی‌بر روی سیستم موجود بود. این سایلنسرها (علاوه بر ضعف استحکام مکانیکی) بدلیل داشتن سطوح مقاوم و غیرآئرودینامیک در مقابل جریان سیال دود، باعث افت فشار بالا شده و به همان دلیل افزایش فشار back (فشار در ورود را به همراه داشته است. سایلنسرهای نوع نجدید با شکل آئرودینامیکی در واحد ۴ نصب شده ضمن اینکه سایلنسرهای طرح قدیمی واحد ۱ (که تست و بررسی نتایج آن در زمان وجود این سایلنسرها انجام شده) نیز برداشته است. قطعاً بررسی و اندازه‌گیری پارامترهای گارانتی در واحد ۴ با نتایج اخذ شده از واحد ۱ متفاوت خواهد بود.

۶- مراجع

Fuel And Combustion "Karl W.Stinson".

آقای فرید علایی سامانی دارای لیسانس مهندسی مکانیک از دانشکده صنعت آب و برق (۱۳۶۸) و فوق لیسانس مهندسی مکانیک از دانشگاه آزاد اسلامی تهران (۱۳۷۱) است. ایشان مدت ۱۴ سال سابقه کار داشته که بصورت نظارت کارگاهی می‌باشد و مدت ۱۰ سال آن در شرکت قدس‌نیرو است. زمینه علاقمندی کاری ایشان بویلرهای نیروگاهی (نصب و راه‌اندازی) و بررسی و محاسبات تست‌های کارآئی بویلر و سیکلهای حرارتی است.

E-mail: Samani 3000 @ yahoo.com

30 GT IRAN POWER PLANT PROJECTS - MAPNA Co.
GT PERFORMANCE AT ISO CONDITIONS

		BASE LOAD				PEAK LOAD				
Standard fuel		methane (CH4)		std. fuel oil		methane (CH4)		std. fuel oil		
Fuel Low Heat Value	kJ / kg	50012		42000		50012		42000		
Rating Power Output	kW	**156050**	(*)	**152100**	(*)	**163650**	(o)	**159500**	(o)	
Efficiency at Rating Power Output	%	34,15		33,83		34,28		33,99		
Heat Rate at Rating Power Output	kJ / kWh	10542,3		10642,9		10500,5		10592,6		
	kcal/kWh	**2518**	(*)	**2542**	(*)	**2508**	(o)	**2530**	(o)	
ISO Turbine Inlet Temperature	°C	1060+-10		1060+-10		1090+-10		1090+-10		
Flue gas mass flow rate at Turbine exhaust	kg / sec	514	(1)	515	(1)					
Mean flue gas Temperature at Turbine exhaust	°C	543	(1)	544	(1)					
Inlet pressure loss -actual (total)	mmH2O	**100**		100						
	mbar	9,807		9,807						
Outlet pressure loss - actual (static)	mmH2O	**99,6**		**98,5**						
	mbar	9,767		9,66						
Exhaust Emissions :										
NOX, dry at 15% O2 - ISO conditions (•)	ppm_{vd}	25		405		40		460		
SO2 (••)	ppm(vol)	-----				-----		190		
CO, dry at 15% O2 - ISO conditions	ppm_{vd}	10		10						
Smoke content - Bacharach N. (**)		-----				-----		<2		
Noise level :										
A-weighted Sound pressure level at 1m distance from GT noise enclosure and aux. equipment	dBA	85		85		85		85		

Sound pressure level at 120 m at Base Load	dB	78	74	65	58	53	50	46	43	40	
Octave band Centre Frequency	Hz	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	

Remarks :

Reference ambient conditions :

ambient pressure	bar	1,013
ambient temperature	°C	15
relative humidity	%	60

Rating Power Output It is the Electrical Power output measured at Generator terminals.

The Rating Power Out. takes into account the effect of inlet pressure loss and outlet pressure loss.

(**) At No-Load < 3 (••)At No-Load 50 ppm(vol) (•) At No-Load: 50 ppm_{vd} (gas):75 ppm_{vd} (fuel oil)

(*)Guaranteed data-subjected to penalties.
Base load Rating Power Output will include for all tolerances, wether for instrument accuracy, human error in reading instruments or the like.

(o)Guaranteed data- with tolerance +- 1%.
(1)The exhaust mass flow rate and temperature can vary in an operational zone with pre-defined boundaries.

ANSALDO ENERGIA SPA

ضمیمه ۱

Computed Average Values
Kazerun 1

ANSALDO Ansaldo Energia S.p.A.	QAM/SACF	Average Values	Date 10/12/02

Test: Kazerun Official Test "Base Load"
Plant: Kazerun 1
Unit: 1
Country: Iran
Customer: MAPNA Co
Job: F1 0257 FB
Plant Type: V 94.2
Power: 200.00 MVA
Frequency: 50 Hz
Notes: Natural gas
(*) Average value calculate as ASME PTC6 INTERPRETATIONS 1977-1983 [par 5.03]

Barometric Pressure 0,92284 bar

Average values computed from: 10-12-2002 5:30:01 to: 10-12-2002 6:30:15

Average acquired values

#Id.	Description	Primary Units		Eng. Units	
It	Current at GT Generator teminals (phase T)	0,620	A	5333,914	A
[illegible]2	Frequency	50,036	Hz	50,036	Hz
	Power factor	0,999	Cos Ø	0,999	Cos Ø
T_TII_1	Temperature of Flue gas at turbine exhaust duct	18,185	mV	550,430	°C
T_TII_2	Temperature of Flue gas at turbine exhaust duct	18,029	mV	546,396	°C
T_TII_3	Temperature of Flue gas at turbine exhaust duct	17,609	mV	535,278	°C
T_TII_4	Temperature of Flue gas at turbine exhaust duct	17,554	mV	533,567	°C
T_TII_5	Temperature of Flue gas at turbine exhaust duct	17,683	mV	537,311	°C
T_TII_6	Temperature of Flue gas at turbine exhaust duct	17,978	mV	544,971	°C
T_TII_7	Temperature of Flue gas at turbine exhaust duct	18,026	mV	546,116	°C
T_TII_8	Temperature of Flue gas at turbine exhaust duct	18,113	mV	548,370	°C
T_TII_9	Temperature of Flue gas at turbine exhaust duct	18,423	mV	556,691	°C
T_TII_10	Temperature of Flue gas at turbine exhaust duct	18,377	mV	555,145	°C
T_ref	Thrmoelements reference	107,620	ohm	19,600	°C
PauxT	Power consumption , gt auxiliaries	0,054	V	191,260	kW
I_exc	Excitation Current	1,318	mV	878,744	A
V_exc	Excitation Tension	3,219	V	160,949	V
P_exc	Excitation Power	0,059	V	155,899	W
NOx	NOx at exaust duct	1,836	V	20,891	ppm
SO2	SO2 at exsaust duct	1,008	V	0,389	ppm
CO2	CO2 at exsaust duct	1,740	V	3,698	%
CO	CO at exsaust duct	1,007	V	0,913	ppm
O2	O2 at exsaust duct	3,322	V	14,511	%

Average Computed Values

ID	Description				
T_VII_avg	Air temperature at GT compressor outlet			335,001	°C
pE_TII_avg	Flue gas gauge pre. at GT turbine exaust			7,790	mbar
T_FG_avg	Temperature, Fuel gas (at flow meter)			30,522	°C
T_TII_avg	Temp.of Flue gas at turbine exhaust duct			545,101	°C
T_IN_avg	Air temp. at GT suction filter inlet			17,509	°C
PTG	Total Power at generator terminals			145770,454	kW

ضمیمه ۲

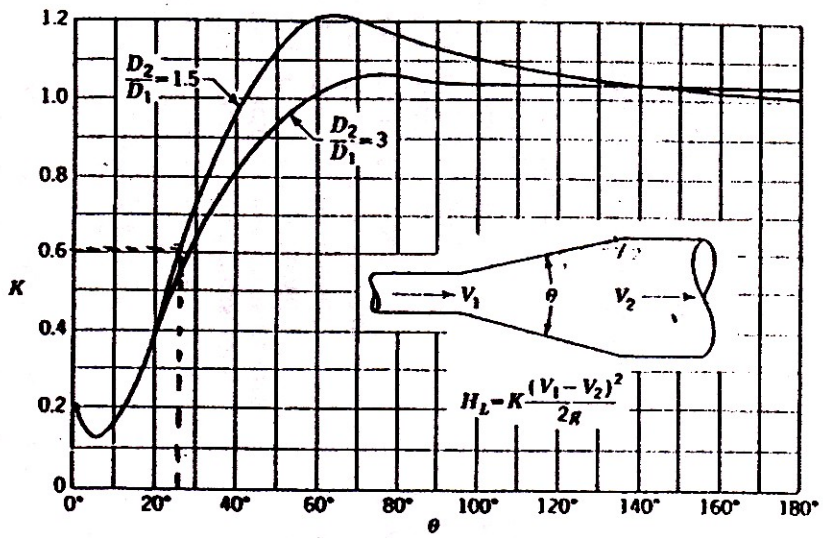


Figure 5.35 Loss coefficients for conical expansions.

Minor losses may be expressed in terms of the equivalent length L_e of pipe that has the same head loss in meter-newtons per newton (foot-pounds per pound) for the same discharge; thus

$$f\frac{L_e}{D}\frac{V^2}{2g}=K\frac{V^2}{2g}$$

in which K may refer to one minor head loss or to the sum of several losses. Solving for L_e gives

$$L_e=\frac{KD}{f} \tag{5.10.22}$$

Table 5.3 Head-loss coefficients K for various fittings

Fitting	K
Globe valve (fully open)	10.0
Angle valve (fully open)	5.0
Swing check valve (fully open)	2.5
Gate valve (fully open)	0.19
Close return bend	2.2
Standard tee	1.8
Standard elbow	0.9
Medium sweep elbow	0.75
Long sweep elbow	0.60

ضمیمه ۳

Correction Factor For mass Flow rate

					Remarks
1	Turbine exhaust mass flow rate, calculated		457.25	kg /sec	ISO 2314
2	Turbine exhaust mass flow rate, guaranteed		514	kg /sec	ISO 2314
3					
4	Correct. Factor for p amb.,	Test	0.908306003	---	STD\S3302A. DOC rev 0 - pag 2
5	Correct. Factor for p amb.,	Guarantee	0.999964153	---	STD\S3302A. DOC rev 0 - pag 2
6	Correct. Factor for p amb.,		0.908338565	---	4 / 5
7	Correct. Factor for inlet press. loss,	Test	0.991228144	---	STD\S3302B. DOC rev 0 - pag 1
8	Correct. Factor for inlet press. loss,	Guarantee	0.990308431	---	STD\S3302B. DOC rev 0 - pag 1
9	Correct. Factor for inlet pressure loss		1.000928714	---	7 / 8
10	Correct. Factor for rel. humidity,	Test	1	---	
11	Correct. Factor for rel. humidity,	Guarantee	1	---	
12	Correct. Factor for rel. humidity,		1	---	10 / 11
13	Correct. Factor for speed,	Test	1	---	
14	Correct. Factor for speed,	Guarantee	1	---	
15	Correct. Factor for speed,		1	---	13 / 14
16	Correct. Factor for tamb.,	Test	0.991193026	---	W F.1.9.2 - 960329
17	Correct. Factor for tamb.,	Guarantee	0.999980375	---	W F.1.9.2 - 960329
18	Correct. Factor for tamb.,		0.991212478	---	16 / 17
19					
20	Overall mass flow correction factor		0.901192693	---	6 * 9 * 12 * 15 * 18
21					
22	Corrected Turbine exhaust gas mass flow rate:		516.47	kg /sec	1 / 20
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					

Correction Factor for Turbine inlet Tem

					Remarks
1	Calculated mean turbine inlet temperature		1047.7	C	
2	Correct. Factor for inlet press. loss,	Test	1.002291373	---	STD\S3302B. DOC rev 0 - pag 1
3	Correct. Factor for inlet press. loss,	Guarantee	1.002523326	---	STD\S3302B. DOC rev 0 - pag 1
4	Correct. Factor for inlet pressure. loss		0.999768631	---	2 / 3
5	Correct. Factor for outlet press. loss,	Test	1.002204853	---	STD\S3302B. DOC rev 0 - pag 1
6	Correct. Factor for outlet press. loss,	Guarantee	1.002612077	---	STD\S3302B. DOC rev 0 - pag 1
7	Correct. Factor for outlet press. loss,		0.999593836	---	5 / 6
8	Correct. Factor for rel. humidity,	Test	1	---	
9	Correct. Factor for rel. humidity,	Guarantee	1	---	
10	Correct. Factor for rel. humidity,		1	---	8 / 9
11	Correct. Factor for speed,	Test	1	---	
12	Correct. Factor for speed,	Guarantee	1	---	
13	Correct. Factor for speed,		1	---	11 / 12
14	Correct. Factor for tamb.,	Test	1.00253281	---	W F.1.9.2 - 960329
15	Correct. Factor for tamb.,	Guarantee	1.000000104	---	W F.1.9.2 - 960329
16	Correct. Factor for tamb.,		1.002532706	---	14 / 15
17					
18	Overall inlet Temp correction factor		1.001893653	---	4 * 7 * 10 * 13 * 16
19	Corrected mean turbine temperature		1045.8	C	1 / 18
20					
21					
22					
23					
24					
25	Mean turbine inlet temperature .guaranteed		1060±10	C	(Contract)
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					

اخبار آموزش

در سه ماههٔ چهارم سال ۱۳۸۲ واحد آموزش شرکت با کمک کمیته آموزش موفق به برگزاری دوره‌های متعددی در تهران و شهرستانها شده‌است. بیشترین دوره‌های آموزشی در این سال به موضوعات سیستم مدیریت کیفیت اختصاص داشته است. آموزش کارکنان و آشنا نمودن آنان با مفاهیم کیفیت و استاندارد مربوطه خود جزئی از الزامات سیستم مدیریت کیفیت است، لذا دوازده دورهٔ آموزشی در این زمینه در تهران و شهرستانها برگزار گردیده و اکثریت همکاران با استاندارد مدیریت کیفیت آشنایی پیدا کرده‌اند.

یکی دیگر از دوره‌های آموزشی برگزار شده در این سه ماهه که مورد توجه همکاران قرار گرفته است دورهٔ آموزش مدیریت پروژه بود که در آینده نیز برای علاقه‌مندان تکرار خواهد شد.

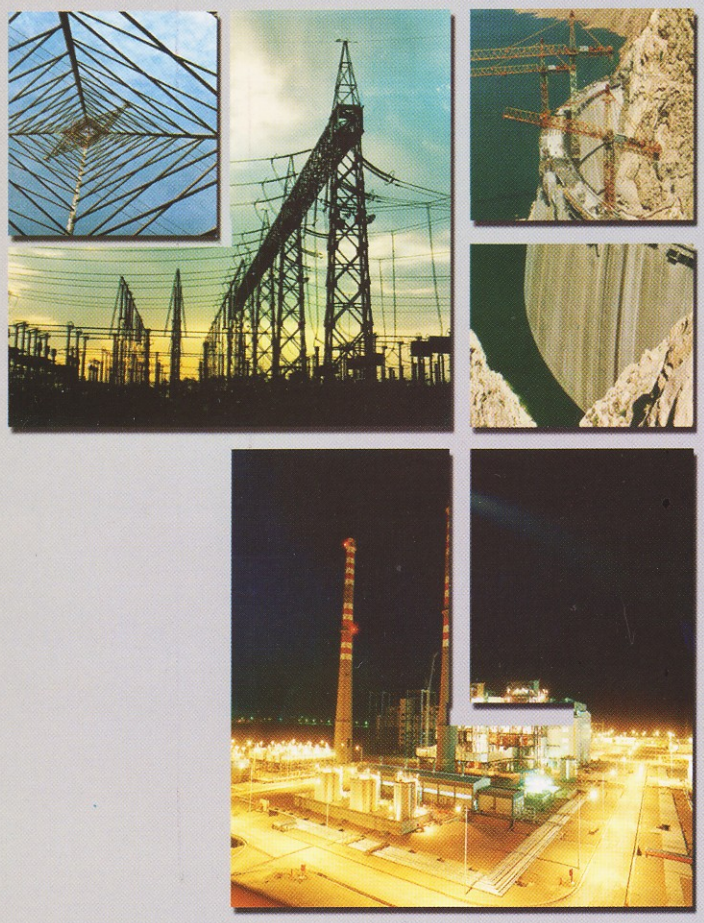
سایردوره‌های‌برگزارشده در این مدت عبارتند از:

- دورهٔ آموزشی SAP 2000
- دورهٔ آموزشی PLC
- دورهٔ آموزشی RT Level I
- دورهٔ آموزشی RT Level II
- دوره‌های آموزشی Access، Power Point، Excel
- دورهٔ آموزشی Adope Quarck
- سمینار معرفی استانداردها و اندازه‌گیری ارتعاشات در توربین‌های گازی
- سمینار حفاظت از شوک الکتریکی
- سمینار شرکت فولمن
- سیمنار تخصصی ژئوسنتتیک‌ها
- سیمنار آموزشی مدلهای توسعه نیروی انسانی HRD
- سمینار شیوه‌های اجرایی تأمین مالی از طریق قراردادهای BOT-BOL-BOO
- کارگاههای همایش تکنولوژی، صرفه‌جویی انرژی و حفاظت محیط زیست
- ششمین همایش تونل
- همایش فراگیر EFQM
- همایش مدیریت مشتری CRM
- یازدهمین همایش کمیته‌های آبیاری و زهکشی
- همایش بین‌المللی براساس مدل سرآمدی EFQM
- کنفرانس بین‌المللی هیدرولیک سدها و سازه‌های رودخانه‌ای
- جلسه پرسش و پاسخ مراجع رسیدگی، شرایط کار و ابعاد حقوقی و قانونی قراردادهای کار
- اولین کنگره ملی مهندسی عمران
- همایش ژئوماتیک ۸۳

در ضمن جمعاً شش دورهٔ آموزش تخصصی نرم‌افزار مکانیزاسیون توزیع برای کارشناسان شرکتهای توزیع سراسر کشور برگزار شده است که طی آن ۶۲ نفر از همکاران این شرکتها با کاربرد نرم‌افزار مزبور آشنا شده‌اند.

GHODS NIROO

GHODS NIROO CONSULTING ENGEENERS



BSI REGISTERED

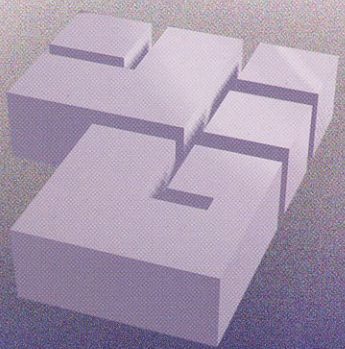
UKAS QUALITY MANAGEMENT 003

با تشکر از همکاری آقایان:

۱- مهندس حسین بختیاری‌زاده
۲- مهندس احمدفریدون‌درافشان
۳- مهندس علی شاه‌حسینی
۴- دکتر همایون صحیحی
۵- مهندس منصور قزوینی
۶- مهندس شادان کیوان
۷- مسعود نجمی

این نشریه از طریق اینترانت قدس‌نیرو نیز در دسترس علاقمندان می‌باشد.
ارتباط مستقیم با مقاله دهندگان از طریق آدرس Email یا فاکس آنان در انتهای هر مقاله امکانپذیر می باشد.
نظرات،پیشنهادات و سئوالات احتمالی خوانندگان گرامی از طریق اینترانت شرکت با فعال نمودن آیکون مربوطه درانتهای مطالب نشریه قابل‌ارائه و انعکاس‌می‌باشد.

GHODS NIROO



تهران - خیابان استاد مطهری - چهارراه سهروردی , شماره ۹۸, کدپستی : ۱۵۶۶۷۷۵۷۱۱
تلفن : ۸۴۰۳۶۱۳ - ۸۴۳۰۴۵۴ فاکس : ۸۴۱۱۷۰۴
تلگراف : شر قدس نیرو ایران تلکس :جی ان سی ائی ایران ۲۲۴۵۰۷
NO.98 OSTAD MOTAHARI AVE. TEHRAN 1566775711- IRAN
TEL : 8403613 - 8430454 Email : info @ ghods-niroo.com
CABEL : SHERGHODS NIROO IRAN - FAX : 8411704