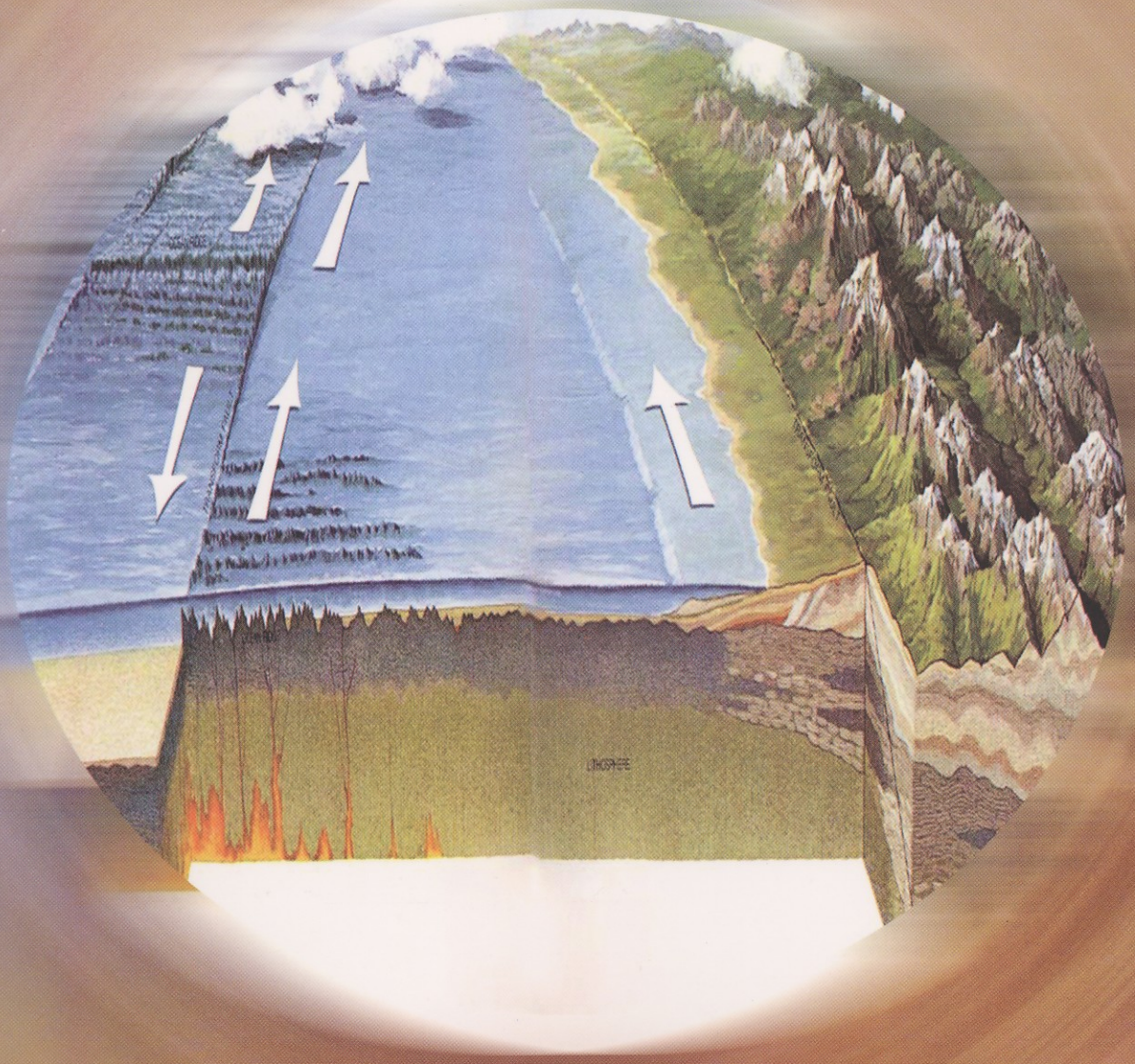
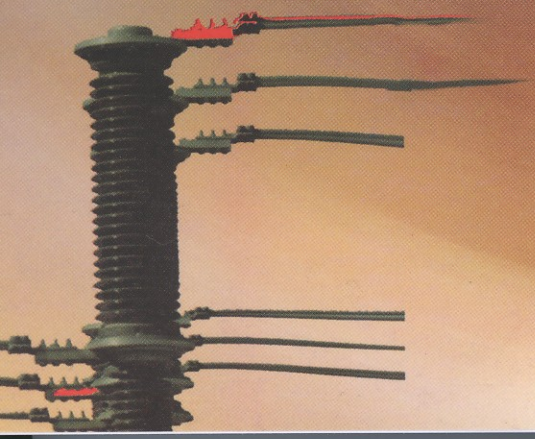
قدرو

نشریه فنی تخصصی
شماره ۱۱ - پائیز ۱۳۸۳





مهندسین مشاور قدس نیرو
GHODS NIROO CONSULTING ENGINEERS

فعالیت واحد نیروگاههای خصوصی

شرکت مهندسین مشاور قدس نیرو به عنوان اولین شرکت در صنعت برق اقدام به تاسیس واحد نیروگاههای خصوصی نموده و درطی این فعالیت، با همکاری مشاورین معتبرخارجی، موفق به کسب تجربیات ارزنده‌ای درکلیه زمینه‌های مربوط به فرآیند خصوصی‌سازی شده است .

با اتکا به تجربیات فوق‌الذکر این واحد آماده همکاری و ارائه کمکهای فنی و کارشناسی به کلیه سازمانها و شرکتهای بخش خصوصی می باشد.

حوزه‌های فعالیت

ارزیابی طرحهای سرمایه‌گذاری و امکان‌سنجی فنی، اقتصادی، مالی پروژه‌های عمرانی، زیربنایی و صنعتی (بالاخص در صنعت برق)

ارزیابی و قیمت‌گذاری شرکتها و کارخانجات بر اساس تکنیکهای نوین ،
ارائه مشاوره و انجام مذاکرات مربوط به سرمایه‌گذاری به روشهای
(B.O.O ,B.O.O.T , B.O.T, ...)

سوابق کاری

- تهیه اسناد مزایده فروش نیروگاهها
- مذاکرات قراردادی و تهیه قراردادهای فروش نیروگاه زرگان و خرید برق آن توسط توانیر
- فروش اسناد مزایده عمومی نیروگاه خوی و ارزیابی مالی پیشنهادات دریافتی
- تهیه اسناد مناقصه برون‌سپاری خدمات بهره‌برداری و نگهداری نیروگاه هرمزگان و ارزیابی مالی پیشنهادات مالی

BSI
REGISTERED

تهران - خیابان استاد مطهری - چهارراه سهروردی
شماره ۹۸ - کدپستی ۱۵۶۶۷۷۵۷۱۱
تلفن : ۸۴۳۰۴۵۴ - ۸۴۰۳۶۱۳
فکس : ۸۴۱۱۷۰۴

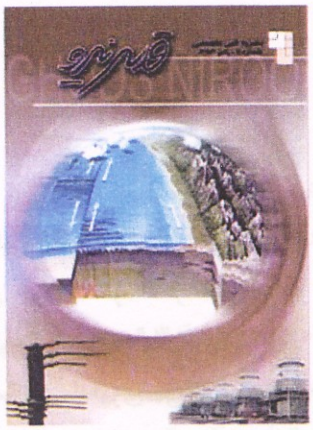
Marketing @ghods-niroo.com
www.ghods-niroo.com
info@ghods-niroo.com
tel: (+9821) 8416844 - 8414099
fax: (+9821) 8411704

مدیر مسئول: مهندس احمد شکوری‌راد
سردبیر : مهندس فتانه دوستدار
طراحی : واحد طراحی و تبلیغات قدس‌نیرو

با تشکر از همکاری آقایان:
- مهندس احمد اهرابی
- مهندس حسین بختیاری‌زاده
- مهندس احمد فریدون درافشان
- مهندس علی شاه‌حسینی
- دکتر همایون صحیحی
- مهندس منصور قزوینی
- مسعود نجمی

ازمدیر و همکاران محترم امور پشتیبانی سپاسگزاریم.

هیأت تحریریه:
مهندس پورنگ پاینده، مهندس حسن تفرشی، مهندس مسعود حبیبا...زاده، مهندس فتانه دوستدار، مهندس محمد حسن زرگر شوشتری، مهندس فرهاد شاهمنصوریان، مهرداد صارمی، دکتر همایون صحیحی، مهندس غلامرضا صفارپور، دکتر جعفر عسگری، مهندس امیرهمایون فتحی، مهندس شادان کیوان، مهندس‌وحیدمرتضوی، مهندس محمدیحیی نصرالهی، مهندس محمدرضا نصرالهی، مهندس بهروز هنری.



فهرست مقالات

سرمقاله	۲
تئوری تکتونیک صفحه‌ای ـ مهندس نرگس علیرمائی	۳
انواع پستهای فشار قوی و انتخاب بهینه ـ مهندس حسین بختیاری‌زاده	۱۳
ارزیابی نمونه‌های ساخته شده بتنی ـ مهندس منصوره جعفرزاده	۲۸
زلزله‌های‌القایی‌وسدها ـ مهندس‌مسعودعامل‌سخی	۳۳
سیستمهای تحریک ژنراتورهای سنکرون ـ مهندس مجتبی طاهری اسبق	۴۰
آشنایی‌بانیروگاههای‌هسته‌ای ـ مهندس‌رسول‌محرمی	۴۶

این نشریه از طریق اینترانت قدس‌نیرو نیز در دسترس علاقمندان می‌باشد.
ارتباط مستقیم با مقاله‌دهندگان از طریق آدرس Email یا فاکس آنان در انتهای هر مقاله امکان‌پذیر می‌باشد. نظرات و پیشنهادات و سؤالات احتمالی خوانندگان گرامی از طریق اینترانت شرکت با فعال نمودن آیکون مربوطه در انتهای مطالب نشریه قابل ارائه و انعکاس می‌باشد.

از خوانندگان محترمی که مایل به ارسال مقاله برای نشریه می‌باشند تقاضا می‌شود موارد ذیل را رعایت فرمایند:

- موضوع مقاله در چارچوب اهداف نشریه و در ارتباط با صنعت آب و برق باشد.
- مقاله‌های تألیفی یا تحقیقی مستند به منابع علمی معتبر و مقاله‌های ترجمه شده منضم به تصویر اصل مقاله باشد.
- مقاله ارسالی بر روی یک کاغذ A4 و با خط خوانا و یا تایپ شده و شکل‌ها، عکس‌ها، نمودارها و جداول کاملاً واضح و قابل استفاده باشند.
- توضیحات و زیرنویس‌ها به صورت مسلسل شماره‌گذاری شده و در پایان هر مقاله ذکر شوند.
- نشریه در تلخیص، تکمیل، ادغام و ویرایش مطالب مقالات آزاد است.
- مقاله دارای چکیده، مقدمه، نتیجه‌گیری و لیست مراجع بوده به همراه رزومه مختصری از صاحب مقاله ارائه گردد.
- مقاله ارسالی قبلاً در نشریه دیگری چاپ نشده‌باشد.

سرمقاله

بنـام خـدا

در این ایام اگر کسانی بخواهند چند گزارهٔ صحیح را به یکدیگر یادآوری کنند معمولاً جملاتی نظیر این را رد و بدل خواهند کرد: "در عصر انفجار اطلاعات و ارتباطات، پنهان‌کاری و بی‌خبری در سازمانها نه ممکن است و نه مقرون به صرفه "یا" سازمان‌هایی که به استقبال تغییر نمی‌روند محکوم به زوال هستند." این گزاره‌های صحیح به ما نیز یادآوری می‌کند که در چه عصری و چه عرصه‌ای زندگی می‌کنیم. عصر تحولات سریع در فن‌آوری و نوآوری و عرصه سنگین‌ترین چالش‌های حرفه‌ای و شغلی. این‌ها صفاتی هستند که دوران پرطپش ما را شکل داده‌اند.

شرکت ما به عنوان سازمانی پویا و پرتحرک آن چه را که بتوان موفقیت نامید تنها در پرتو اعتقاد به حضور زنده و پرشور در این عرصه‌ها کسب کرده‌است و اینک عرصه دیگری از تغییرات در برابر ماست. هر چندگروهی بر این باورند که برخی از تغییرات تنها در سطح کلان باقی می‌مانند و کارکنان سازمان از آن تغییرات تأثیری نخواهند پذیرفت، اما چابکی سازمان‌های موفق به آنان امکان می‌دهد که حتی در این نوع تغییرات نیز به سود خود و بالمآل کارکنان خود مداخله کنند و خوشحالیم که سازمان ما از این چابکی و نشاط بهره‌مند است.

خبر واگذاری بخشی از سهام شرکت قدس‌نیرو هم نوعی از تغییراتی است که می‌توان به سادگی از کنار آن گذشت و اثرات آن را محدود به سطح صاحبان سهام دانست. اما این عرصه از آن نوع میدان‌هاست که شاید بتوان با اندکی مهارت نفعی دو سویه از آن برداشت نمود. سهیم شدن بخش زیادی از کارکنان در سهام قابل واگذاری منفعتی دو سویه است. انتفاع کارکنان با مشارکت در این سهام حاصل می‌شود و موفقیت‌های آتی شرکت با تلاش مضاعف این مالکان جدید تضمین خواهدشد.

با این دیدگاه بود که مدیران ارشد شرکت تشکلی را برای گرد هم آوردن سرمایه‌های کوچک تک‌تک ما فراهم نمودند تا در زمان مناسب برای اقدام آماده باشند. اینک زمان اقدام است. به دنبال فراخوان عمومی مدیران درخواست‌های زیادی به مسئولان رسیده‌است و اینک تلاش مسئولین شرکت در جهت یافتن راه‌حل‌هایی است که با حفظ منافع شرکت و تأمین نظر صاحبان فعلی سهام برای مشارکت حداکثری کارکنان نیز امکان و میدان فراهم شود.

حمایت همهٔ علاقمندان از این تلاش‌ها قطعاً به کسب توفیق در این راه منجر خواهدشد.

آنانی که به نیابت از سوی همهٔ کارکنان خود را موظف به پیگیری تلاش‌های قبلی برای حصول به موفقیت می‌دانند، گزاره‌های ذکر شده در ابتدای این سخن را به درستی می‌شناسند و با استقبال از تغییرات پیش‌رو در هر کجا که ضرورت ایجاب کند اطلاعات مورد نیاز را به همهٔ همکاران با دقت و امانت منتقل خواهندکرد.

تئوری تکتونیک صفحه‌ای

نرگس علیرمائی

کارشناس ارشد ساختمان ـ مدیریت مهندسی صنایع نیروگاهی

چکیده:

براساس تئوری تکتونیک صفحه‌ای[1] پوستهٔ سخت سطح زمین به ضخامت حدود ۱۰۰ کیلومتر در برخی مناطق بریده شده و صفحاتی را به وجود آورده‌است. این صفحات بر روی لایه خمیری زیرین سر می‌خورند و بسته به وضعیت آنها نسبت به یکدیگر برخورد یا سایش بوجود می‌آید که این خود عامل زمین‌لرزه‌هاست. در مقالهٔ زیر پس از تشریح تئوری تکتونیک صفحه‌ای، مکانیسم گسل‌های راستالغز توضیح داده می‌شود و پس از آن نحوهٔ بوجود آمدن زلزله‌های ناشی از ایجاد بستر جدید اقیانوسی و نیز زلزله‌های ناشی از تصادم رودرروی قاره‌ها ارائه می‌گردد.

مقدمه:

«زلزله بم که در ۵ دی ۱۳۸۲ (۲۶ دسامبر ۲۰۰۳) اتفاق افتاد، ظرف ۱۲ ثانیه شهر بم را تقریباً با خاک یکسان کرد، بین ۳۰ تا ۴۰ هزار نفر جان خود را از دست دادند، ۳۰ هزار نفر دیگر مجروح شدند و ۸۵ درصد شهر تخریب شد. مجموعهٔ خسارات از نظر اقتصادی ۱/۵ میلیارد دلار ارزیابی شده‌است. از آنجا که ساختار خشت و گلی شهر در طول ۲ هزار سال سالم مانده بود، گروهی فکر می‌کردند که زلزله هرگز به وقوع نخواهد پیوست.»

جملات بالا در گزارش صلیب سرخ جهانی، که امسال گزارش سالانه خود را به زلزله بم اختصاص داده، آمده‌است. براساس این گزارش تقریباً از سال ۱۹۰۹ میلادی به این سو بین ۱۴۳ تا ۱۷۸ هزار نفر از ایرانیان در ۱۹ زلزله بزرگ کشته شده‌اند.

به‌نظرمی‌آیدنقش مهندسین ساختمان در کاهش فجایع ناشی از زلزله، بیش از دیگر افراد جامعه نمایان باشد. قدم اول در این جهت شناسائی مکانیسم زلزله و چگونگی وقوع آن است. در این مقاله سعی شده‌است با زبانی نسبتاً ساده و در عین حال علمی و با تکیه بر اشکال شماتیک این مکانیسم تشریح شود.

۱- طرح بزرگ یک سیارهٔ در حال سیلان "شکل ۱"

تا قبل از دههٔ ۱۹۶۰ که تئوری تکتونیک صفحه‌ای، انقلابی در علوم زمین‌شناسی بوجود آورد، کار زلزله‌شناسان برای تشریح مکانیسم زلزله به عمل انسانهای کوری شباهت داشت که هر یک با لمس بخشی از بدن یک فیل سعی می‌کردند آنرا برای دیگران تشریح کنند. آنها هیچگونه محدوده علمی مشخصی برای اتکاء در دست نداشتند و هر زلزله‌ای به نظر می‌آمد که یک پدیدهٔ جداگانه است.

اما پس از تعداد بیشماری کانون زلزله که بر روی نقشه‌ها حک شد، کم‌کم طرح یک سیارهٔ در حال سیلان شکل گرفت. بیشترین تمرکز این نقاط اطراف کمربندهای کاملاً مشخصی بود که

1- Plate Tectonic.

کرهٔ زمین را احاطه کرده‌بودند. این واقعیت، همراه با تحقیقات دیگر زمین‌شناسی، به این نتیجه ختم شد که پوستهٔ بیرونی صلب کرهٔ زمین یعنی لیتوسفر[1] به صفحات تکتونیکی بسیاری شکسته شده‌است. ۷ صفحهٔ اصلی قاره‌ها و بستر اقیانوسها را حمل می‌کنند. بر اثر نیروهائی که از بخش مذاب داخلی کرهٔ زمین منشاء می‌گیرند این صفحات با سرعت حداکثر ۱۰ سانتیمتر در سال بر روی یک لایه صخره‌ای نرم‌تر و قابل انعطاف‌تر بنام استنوسفر[2] حرکت می‌کنند.

بر اثر حرکت این صفحات عظیم و نیروهای حاصل از برخورد و تماس آنها، لرزشهای افسار گسیخته و هیبت‌آوری بوجود می‌آید. دانشمندان زمین‌شناسی، از لحاظ قرارگیری صفحات تکتونیکی در کنار هم سه حالت مشخص را شناسائی کرده‌اند:

الف) شکاف‌های متباعد[3]: که بر اثر فوران موادمذاب بازالتی در داخل زمین و گسترش آن باعث ایجاد بسترهای جدید اقیانوسی می‌گردد.

ب) مناطق همگرا[4]: که بر اثر برخورد دو صفحه و یا فرورفتن یک صفحه به زیر دیگری بوجود می‌آید.

پ) مناطق مرزی برشی[5]: که در آنها صفحات به آرامی با سایش از کنار یکدیگر عبور می‌کنند.

در حال حاضر حد تحمل کرنشی صفحات در حالات سه‌گانه که گذر از آن منجر به وقوع زلزله می‌شود، مشخص شده‌است. حتی معدود زلزله‌هائی که با فاصلهٔ هزاران کیلومتر از مرزهای شکستگی صفحات تکتونیک حادث می‌شوند، با فشارهای ناشی از حرکت موجی شکل ناشی از برخورد صفحات می‌توانند توضیح داده شوند. بسیاری از جزئیات دقیق تکوین زلزله در حال حاضر مشخص نیست اما همانگونه که زلزله‌شناس کانادائی جان هاجسن (John hodgson) می‌گوید:

«حتی اگر خط گسل مشاهده نشود و کانون زلزله نیز صدها کیلومتر از سطح زمین فاصله داشته‌باشد، باز هم هیچ شکی وجود ندارد که منشاء زلزله تکتونیک بوده‌است».

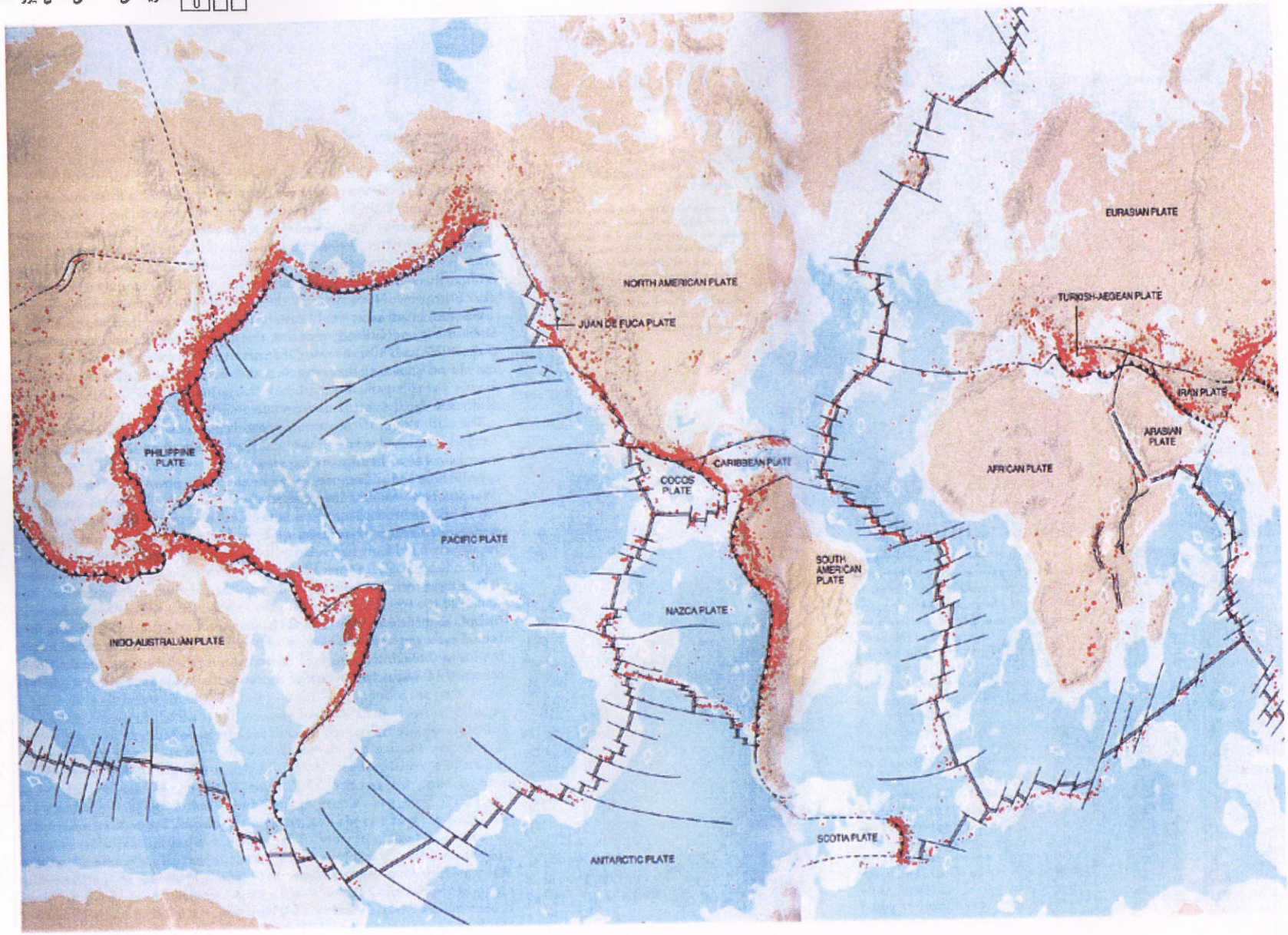
۲- مکانیسم لغزش در طول یک گسل

تقریباً تمامی زلزله‌ها بر اثر یک فرآیند واحد بوجود می‌آیند. لغزش توده‌های سنگ در امتداد شکستگی‌های زمین بنام گسل.

مطلب فوق که در شکل (۲) تشریح شده اولین بار توسط زلزله‌شناس آمریکائی هری فیلدینگ راید (Harry Fielding Reid) پس از زلزله سال ۱۹۰۶ سان فرانسیسکو بیان شد.

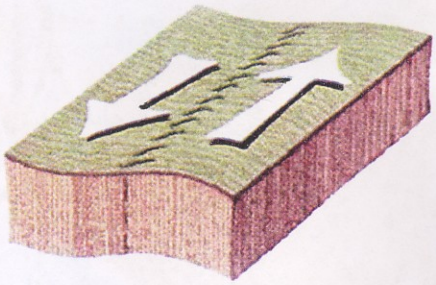
استدلال راید بر مبنای سه پژوهش زمین‌شناسی بر روی منطقهٔ سان فرانسیسکو طی یک دورهٔ ۵۵ ساله قبل و بعد از زلزله سال ۱۹۰۶ شکل گرفت. دو تحقیق اول نشاندهندهٔ این بود که جاده‌ها و مسیرهای آبی که گسل سن آندریاس را قطع می‌کردند به تدریج دچار خمیدگی شده‌بودند. سومین مطالعه درست بعد از زلزله نشان داد که همان جاده‌ها و مسیرهای آبی به صورت قابل ملاحظه‌ای جابه‌جا شده بودند که در بعضی نقاط این جابجائی به حدود ۶ متر می‌رسید. راید به این نتیجه رسید که سنگها دارای مشخصه‌های الاستیک هستند

1- Litosphere.
2- Asthenosphere.
3- Divergent rifts.
4- Convergent zones.
5- Shear borders.

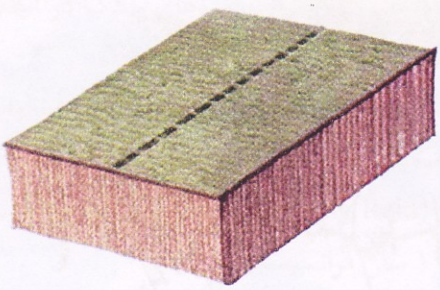


شکل (۱) :نقشه کانونهای زلزله(نقاط قرمز) که مشخص‌کننده مرزهای‌صفحات اصلی تکتونیکی زمین هستند. بیشترین تجمع نقاط در امتداد خطوط ساحلی قاره‌ها و جزیره‌ها است که‌صفحات تکتونیکی به‌هم می‌رسند. (خطوط دندانه‌دار)

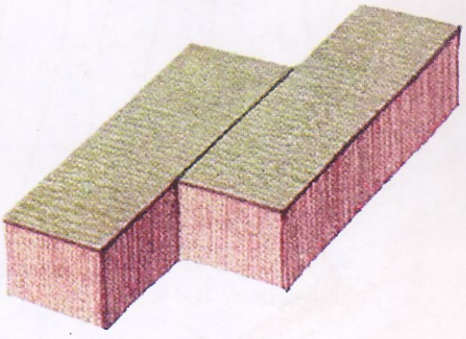
و به مرور زمان در امتداد یک گسل خاصیت ارتجاعی به آنها این امکان را می‌دهد که انرژی کرنشی را در خود ذخیره کنند و برای سالها بر اثر اصطکاک، سنگها در وضعیت ثابتی می‌مانند اما در نهایت این نیروی کرنشی بر اصطکاک غلبه می‌کند و گسل در ضعیف‌ترین نقطه‌اش می‌شکند. ناگهان انرژی به صورت امواج لرزه‌ای آزاد می‌شود و در تمام جهات اطراف کانون به صورت شعاعی منتشر می‌گردد. مدت زمان این شکست می‌تواند از کسری از یک ثانیهٔ در زلزله‌های خفیف تا ۵ دقیقه برای زلزله‌های بسیار شدید باشد. راید نام این تئوری را "برگشت ارتجاعی"[1] گذاشت که علت این نامگذاری، حالت برگشت سنگها به وضعیت تعادلی پس از آزاد شدن انرژی کرنشی بود (شکل ۲).



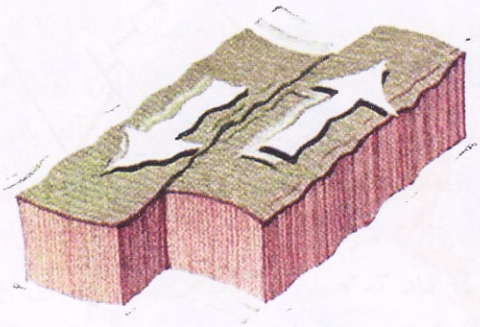
A: تغییر شکل در مدت جمع شدن انرژی



B: وضعیت بلوکها در حالت عادی



C: بازگشت به وضعیت تعادلی



D: لحظهٔ شکست

شکل (۲)

1- Elastic Rebound.

۳- زمین‌لرزه ناشی از ایجاد بستر جدید اقیانوسی

تکوین بسترهای اقیانوسی جدید معمولاً با فعالیتهای مداوم لرزه‌ای همراه است، اما بجز محققین کمتر کسی متوجه این زلزله‌ها می‌شود، زیرا این زلزله‌ها عموماً دارای شدت کمی بوده و هیچ صدمهٔ جانی وارد نمی‌آورند. در امتداد قله‌های ناهموار برآمدگی‌های کف اقیانوسها و کناره‌های شیبدار دره‌های باریک میان آنها، ماگمای بالاستی از لایه استنوسفر فوران می‌کند و راه خود را در میان سنگها می‌گشاید.

با سرد شدن آن توسط آب اقیانوس، مادهٔ مذاب به صورت جامد در می‌آید و به کناره‌های خط‌الرأس بستر اقیانوس می‌چسبد.

همانگونه که مادهٔ مذاب تازه راه خود را در میان گسل‌ها و شکاف‌های قدیمی باز می‌کند، بر اثر کرنش بوجود آمده در سنگهای مجاور، زلزله‌هائی متوسط و یا یکسری زلزله‌های خفیف در ضخامت ۱۰ کیلومتر بالای لیتوسفر بوقوع می‌پیوندد (شکل ۳).

تقریباً ۹۰ درصد از انرژی لرزه‌ای که بر اثر جابجائی صفحه تکتونیکی آزاد می‌شود به واسطه زلزله‌هائی است که در مناطق گود افتاده گودالهای بستر عمیق اقیانوسها و خطوط ساحلی قاره‌ها بوقوع می‌پیوندند. در این نقاط یک صفحه تکتونیک به زیر صفحه‌ای دیگر فرو می‌رود. همانطوریکه صفحات سرد و سخت شدهٔ لیتوسفر به سمت لایهٔ استنوسفر پایین می‌آید، تنشهای فوق‌العاده زیادی را تحمل می‌کند.

بیشتر زلزله‌های بزرگ دنیا در زیر گودالها ایجاد می‌شوند. جائی که صفحات اقیانوسی در زیر صفحات حامل جزیره‌ها یا قاره‌ها خرد شده‌اند. این شکستگیها که معمولاً بیشتر از ۵۰ کیلومتر عمق ندارند،به سمت بالا گسترش می‌یابند و اغلب با یک سیستم ترکهای خفیف‌تر یکی می‌شوند که گسلهای رویهم[1] نامیده می‌شوند.

همانگونه که صفحه در داخل استنوسفر غرق می‌شود، کماکان تغییر شکل‌های زیادتری را در یک منطقهٔ لرزه‌ای بنام منطقهٔ بینوف (Hugo Beinoff دانشمند زلزله‌شناس آمریکائی) تحمل می‌کند.

اینجا در اعماق ۱۱۰ تا ۶۵۰ کیلومتری، نیروهای حرارتی و فشاری، زلزله‌هائی را بر روی این صفحهٔ ترد موجب می‌شوند (شکل ۴).

۴- گسلهای انتقالی[2]

برآمدگی‌های کف اقیانوس، جائی که حرکت ماگما به سمت بالا بستر جدیدی بوجود می‌آورد، دائماً مطابق با یک الگوی زیگزاگی در ناحیه گسل یا مناطق شکستگی جابجا می‌شوند.

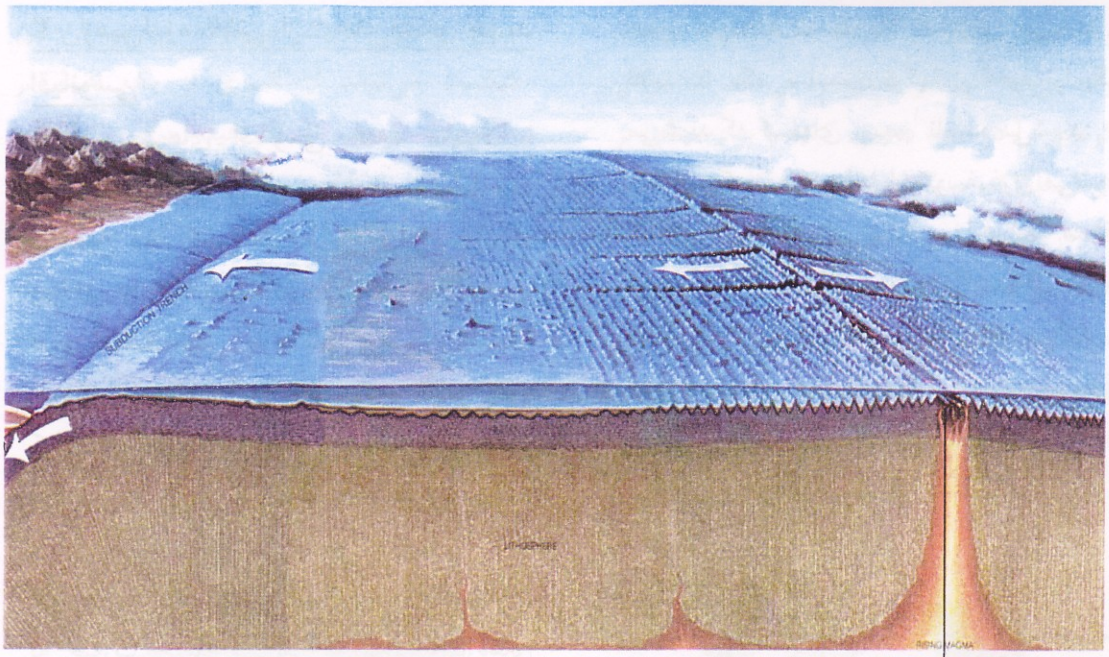
دانشمندان دقیقاً نمی‌دانند چه نیروهائی این زیگزاگ را در برآمدگی‌های کف اقیانوسها بوجود می‌آورند، اما می‌دانند که این نقاط محل وقوع زلزله‌های متعددی است.

از آنجائی که بستر جدید اقیانوسی، از دو طرف برآمدگی‌های کف اقیانوس گسترش می‌یابد، نیروهای برشی‌ای در هر منطقهٔ شکسته و یا تغییر شکل داده شده ایجاد می‌شوند.

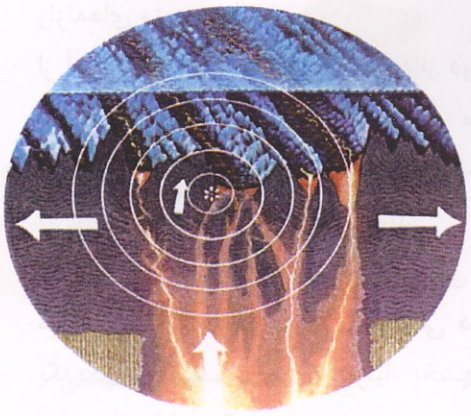
متشابهاً یک زمین‌لرزهٔ ناشی از برش وقتی بوجود می‌آید که دو صفحهٔ بزرگ تکتونیکی در کنار یکدیگر می‌لغزند، مانند کالیفرنیا، بخشهائی از جنوب آمریکا و ترکیه.

اولین دانشمندی که بر روی این مناطق فعال زلزله مطالعه کرد دانشمند زمین‌شناسی کانادائی بنام توزو ویلسون (Tuzo wilson) بود که این

1- Imbricate Faults.
2- Transform Faults.



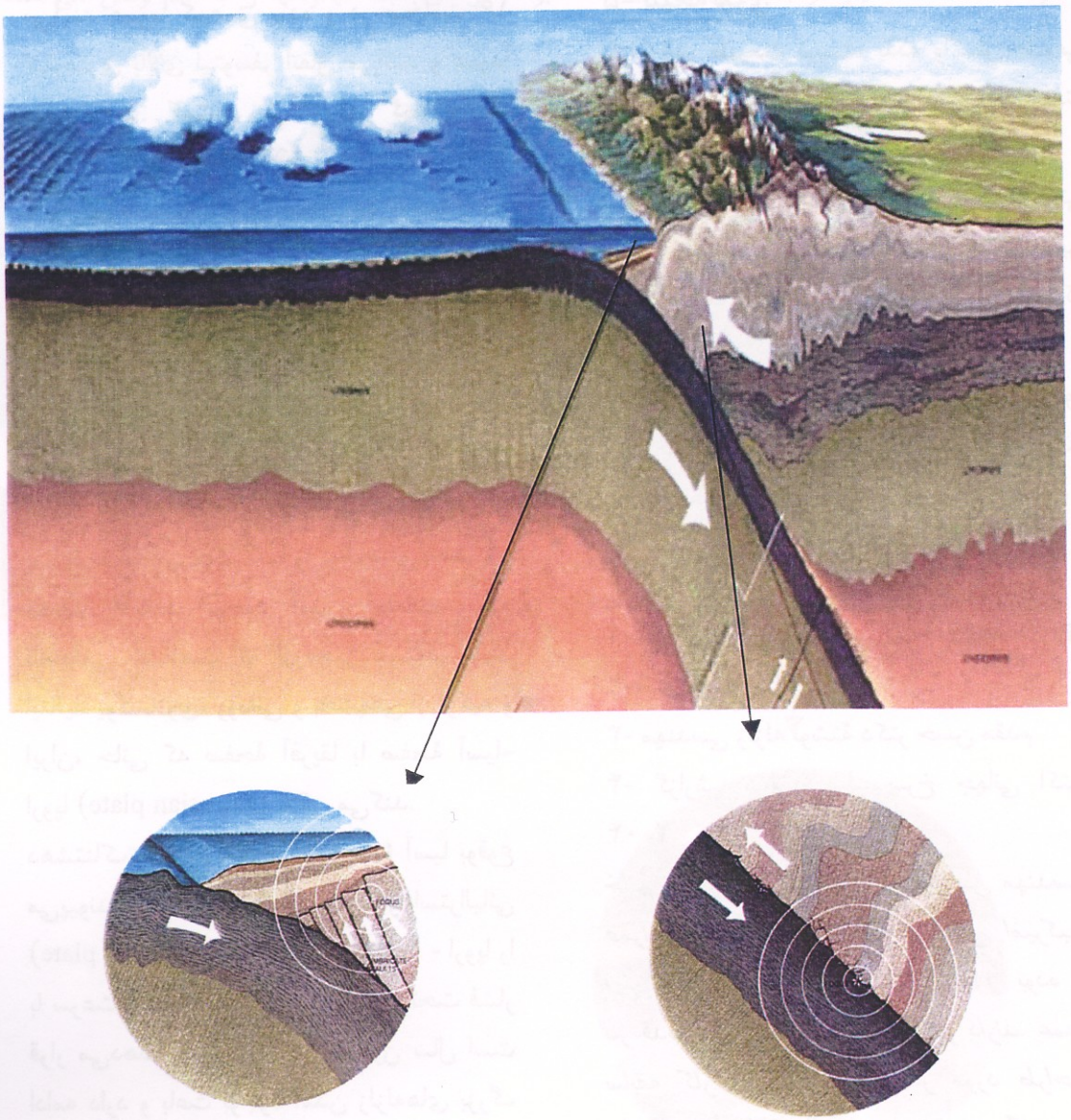
شکل (۳ـ الف): نمای پانورامیک از یک صفحه اقیانوسی که نشان می‌دهد مادهٔ جذاب بالاستی به شکل یک قیف از لایه لیتوسفر بالا می‌آید و یک بستر جدید اقیانوسی را شکل می‌دهد که خود منجر به یک زلزله خفیف در یک منطقهٔ باریک در امتداد برآمدگی کف اقیانوس می‌شود.



شکل (۳ـ ب): صفحات نازک ماگما به سمت بالا و در میان شکاف‌های بستر اقیانوسی تازه شکل گرفته نفوذ می‌کند. مادامیکه سنگ نازک در دو سمت برآمدگی افزایش ضخامت پیدا می‌کند، نیروهای کششی که بر اثر بالا رفتن ماگما به وجود می‌آید منجر به شکست یک منطقهٔ ضعیف و در نتیجه زلزله می‌گردد.

شکل (۴):

با خم شدن در داخل گودال اقیانوسی، یک صفحهٔ اقیانوسی به زیر یک صفحه قاره‌ای و به سمت داخل زمین‌فرومی‌رود. این‌فرآیندتکتونیکی که‌بایک‌زلزلهٔ شدید همراه می‌شود تقریباً ۷ میلیون سال طول می‌کشد.



در بالای صفحات لیتوسفر، زلزله‌هائی در گسل‌های رویهم اتفاق می‌افتد. این منطقه مجموعه‌ای از صفحات رویهم قرار گرفتهٔ ضعیف در صفحهٔ قاره‌ای است. این زلزله‌های ثانویه نتیجه مستقیم لغزش در امتداد مرزهای صفحات تکتونیکی است. خم‌شدن و چین خوردن صفحات همگرا، تنشهای فوق‌العاده زیادی را در امتداد لبه‌های صفحات در زیر گودال‌ها به وجود می‌آورد که این خود منجر به لغزش عمودی و یک زلزلهٔ بسیار بزرگ می‌شود. زلزله‌های گودالهای اقیانوسی تا بزرگی ۸/۹ ریشتر نیز ثبت شده‌اند که در نوع خود بزرگترین هستند.

گسل‌ها را به نام گسلهای انتقالی نامید زیرا که خط گسل ناگهان قطع شده و یا تغییر جهت می‌دهد. زلزله‌هائی که بر اثر این فرآیند بوجود می‌آیند عموماً کم‌عمق بوده و در ضخامت ۱۶ کیلومتری بالای لیتوسفر اتفاق می‌افتد و عموماً هم قدرت کمتری از زلزله گودال‌ها و فرورفتگی‌ها دارند (شکل ۵).

وقتی صفحات تکتونیکی جداکنندهٔ قاره‌ها با هم تلاقی می‌کنند، هیچگونه فرآیند گودافتادگی نظیر گودالهای کف اقیانوسها بوجود نمی‌آید، در عوض صفحات به صورت رودررو با یکدیگر برخورد می‌کنند و به حالت آکاردئونی چین می‌خورند.

این فرآیند برخی از بزرگترین رشته‌کوههای عظیم نظیر آلپ و هیمالیا را بوجود آورده‌است و همچنین باعث بوجود آمدن قطعات وسیع نامنظمی شده‌است که لرزه‌خیز هستند، مانند ایتالیا، یوگسلاوی، رومانی و بخشهائی از ترکیه و ایران، جائی که صفحهٔ آفریقا با صفحهٔ آسیا- اروپا (Eurosian plate) تلاقی می‌کند.

دهشتناک‌ترین زلزله‌ها در شبه قارهٔ آسیا بوقوع می‌پیوندد، جائی که صفحه هند و استرالیائی (indo-Australian plate) صفحهٔ آسیا - اروپا را با سرعت حدود ۵ سانتی‌متر در سال تحت فشار قرار می‌دهد، روندی که ۴۰ میلیون سال است ادامه دارد و باعث بوجود آمدن زلزله‌های بزرگ فراوانی در آسیا شده‌است.

زلزله‌های ناشی از برخورد صفحات اغلب در ۲۵ کیلومتر بالای لیتوسفر و عمدتاً نزدیک مرز صفحات‌رخ‌می‌دهد،اما‌اثرات‌فشاری آن در فواصلی بسیار دورتر نیز ظاهر می‌شوند. گسل‌های عظیم گاه زلزله‌هائی را در هزاران مایل دورتر از مرز صفحات بوجود می‌آورند (شکل ۶).

۵- نتیجه‌گیری

زلزله قهر طبیعت نیست، بلکه واکنش طبیعی سیارهٔ زمین است برای رهاسازی انرژی نهفتهٔ درونی که اگر چنین نکند منفجر خواهدشد.

آنچه برعهده ما انسانهاست همزیستی مسالمت‌آمیز با این پدیدهٔ طبیعی است و این میسر نیست مگر با ساخت سرپناهی مقاوم که با لرزش زمین گزندی نیابد.

پیشگوئی زلزله نیز حتی اگر روزی محقق شود تنها جان‌ها را بدر می‌برد. پس یگانه راه مقابله با زلزله مقاوم ساختن ساختمانهاست.

۶- مراجع

۱- کتاب‌زلزله نوشته بریس‌واکر (Bryce walker)

۲- کتابهای تایم لایف

۳- مهندسی زلزله نوشتهٔ دکتر حسن مقدم

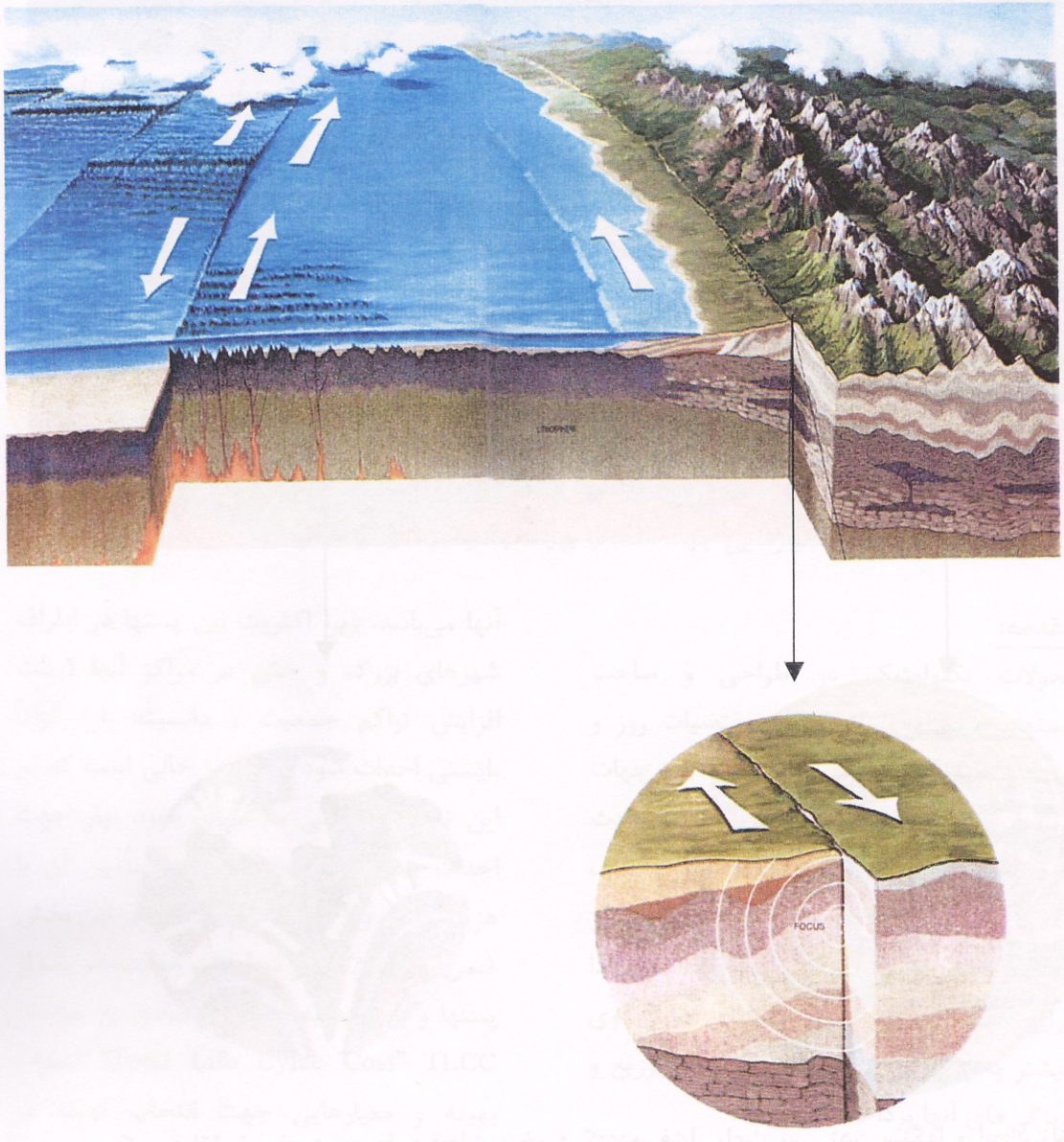
۴- گزارش سالانه صلیب‌سرخ جهانی اکتبر ۲۰۰۴

خانم نرگس علیرمائی دارای لیسانس مهندسی عمران ـ عمران از دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی‌تکنیک تهران) در سال ۱۳۶۸ بوده و در قدس‌نیرو ۱۵ سال سابقه کار دارند. عمده سابقه کار خانم علیرمائی در مورد طراحی سازه‌های مختلف نیروگاهی و غیرنیروگاهی و زمینه علاقمندی ایشان محاسبات لرزه‌ای سازه‌ها می‌باشد.

Naliramaie@yahoo.com

شکل (۵):

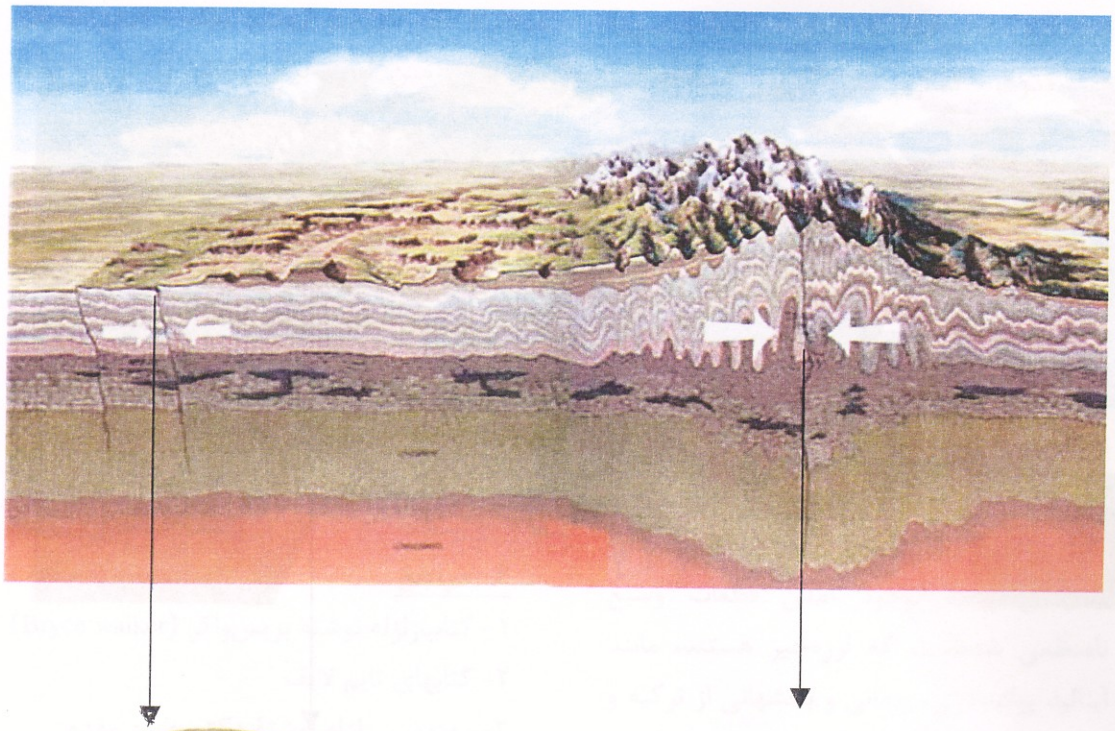
الف: وقتی که صفحات برشی تکتونیکی مجاور در امتداد گسل‌های انتقالی در سطح زمین و یا زیر آب، از کنار هم عبور می‌کنند، زمین‌لرزه، کرنش حاصل از درگیری سنگها را آزاد می‌کند. گسل‌های انتقالی گاهی در فاصلهٔ صدها کیلومتر بخشهای جابه‌جا شده برآمدگی‌های کف اقیانوسها را به هم وصل می‌کنند.

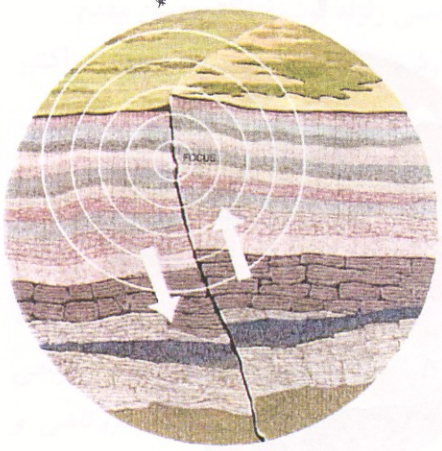


ب: وقتی که یک زلزله انرژی کرنشی را در طول یک گسل انتقالی آزاد می‌سازد، دو قسمت سنگ به صورت افقی از کنار هم می‌لغزند و منجر به مختصری جابه‌جائی قائم می‌شوند. چنین تغییر مکانهائی همواره با رشد بستر دریا جذب شده و یا منتقل می‌شوند. این خود دلیل مناسبی برای پذیرش تئوری تکتونیک صفحه‌ای است.

شکل (۶):

الف: برخورد صفحات قاره‌ای باعث فشردگی و تغییر فرم لایه‌های بالائی لیتوسفر می‌شود که این خود منجر به کوه‌زائی و نیز زلزله‌هائی نزدیک مرز صفحات می‌گردد.





ب: در یک منطقهٔ ضعیف در وسط صفحات برخورد کننده، فشار باعث پس زدن سنگها و ایجاد زلزله می‌شود. در این‌گونه زلزله‌ها، یک طرف گسل ممکنست روی طرف دیگر آن قرار بگیرد مانند شکل فوق، یا بسته به جهت تنش به صورت افقی از کنار آن بلغزد. نیروهای فشاری فوق‌العاده زیاد در نزدیکی بالای لیتوسفر یک بخش از سنگهای تحت فشار را در نزدیکی لبهٔ صفحات تکتونیکی می‌شکنند. این فرآیند باعث جابجایی‌های افقی و عمودی شده و می‌تواند زلزله‌های بزرگی را بوجود آورد.

انواع پستهای فشار قوی و انتخاب بهینه

حسین بختیاری‌زاده
معاونت مهندسی پستهای انتقال

چکیده:

افزایش تراکم جمعیت و بکارگیری سیستم‌های برقی از عوامل عمده‌ای می‌باشند که در شهرهای بزرگ لزوم احداث ایستگاههای فوق توزیع را در مراکز شهری و نقاطی که کمبود فضا بسیار حاد می‌باشد ایجاب می‌نماید.

به منظور مقابله با این مشکل انواع مختلف ایستگاههای فوق توزیع که در کاهش فضای مورد نیاز و نحوه استفاده از فضا، از ویژگیهای خاص برخوردار می‌باشند مورد توجه سازندگان و دستگاههای اجرائی و بهره‌بردار قرار گرفته‌است. ازجمله اشکال معمول این نوع پستها می‌توان از پستهای سرپوشیده و یا روباز معمول GIS "Indoor & Outdoor GIS" پستهای سرپوشیده معمولی "Conventional Indoor Substation" و پستهای نوع HIS "Hybrid-Insulated Switchgear" نام برد که هر یک از انواع خود به اشکال مختلف طراحی می‌گردند.

در این مقاله سعی گردیده تا ضمن بیان ویژگیها و محاسن و معایب هر یک از پستها و توجه به عوامل اقتصادی بصورت TLCC معیارهایی جهت انتخاب بهینه اینگونه پستها ارائه گردد.

مقدمه:

تحولات تکنولوژیک در طراحی و ساخت پستهای فشار قوی که بنا بر مقتضیات روز و ایجاد تحول در امر بهره‌برداری از جهات دستیابی به قابلیتهای بالاتر و هزینه کمتر حادث گردیده‌است باعث طراحی و احداث انواع مختلف پستهای فشار قوی گردیده و این تنوع بیشتر در پستهای فوق توزیع عملی و موجود است، لذا برای بحث در مورد انواع پستهای فشار قوی بیشتر به انواع پستها در ولتاژهای فوق توزیع و ویژگی‌های آنها پرداخته شده‌است.

۱- انواع پستهای فوق توزیع و انتخاب بهینه

امروزه عمده‌ترین بحث مورد مطالعه و بررسی در ارتباط با پستهای فوق توزیع مسأله فشرده‌سازی آنها می‌باشد، زیرا اکثریت این پستها در اطراف شهرهای بزرگ و حتی در مراکز آنها (بعلت افزایش تراکم جمعیت و دانسیته بار) الزاماً بایستی احداث شود و این در حالی است که در این نقاط دسترسی به فضای مورد نیاز جهت احداث پست یا وجود ندارد و یا تأمین آن با هزینه بسیار بالا همراه می‌باشد. لذا در این بخش ضمن بیان ویژگیها و محاسن و معایب هر یک از پستها و با توجه به عوامل اقتصادی به صورت TLCC "Total Life Cylce Cost" انتخاب بهینه و معیارهایی جهت انتخاب بهینه در این شرایط مطرح خواهدشد. همانطوریکه اشاره گردید ضرورت طراحی و احداث پستهای فوق توزیع با استفاده از حداقل فضا در مراکز شهرهای بزرگ امری اجتناب‌ناپذیر است. اشکال

متداول این نوع پستها شامل پستهای سرپوشیده و روباز از نوع GIS، پستهای سرپوشیده معمولی و پستهای ترکیبی نوع HIS می‌باشند. این نوع پستها با برخورداری از قابلیت انعطاف بالا از نظر ترتیب قرار گرفتن تجهیزات می‌توانند در فضاهای محدود و حتی در قسمتی از یک ساختمان بزرگ احداث گردند. علاوه بر این کاربرد این پستها در مراکزی با آلودگیهای بالا و خاص صنعتی و محیطی چون کارخانجات ذوب فلز، سیمان، مراکز انباشت و برداشت سنگ فلزات و مناطق ساحلی دریا و غیره کاملاً ضروری و قابل توجیه می‌باشد.

برای دستیابی به معیارهایی در موردانتخاب اینگونه پستها ابتدا به بیان اشکال مختلف آنها پرداخته و سپس به بحث در مورد ویژگیهای آنها و عوامل تعیین‌کننده و ملاحظات اساسی و مؤثر در طراحی و انتخاب این سیستمها چون: کاهش اثرات زیست‌محیطی و هماهنگی با محیط اطراف، کاهش سطح زیربنا، قابلیت اطمینان و انعطاف و غیره مبادرت خواهدشد. پس از آن از جهت اقتصادی و بخصوص منظور نمودن کل هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه و بهره‌برداری مقایسه‌ای بین آنها بعمل خواهدآمد.

الف) پستهای GIS بطور اصولی در سه شکل و فرم ساخته می‌شوند:

۱- شکلی که باس‌بارها و تجهیزات برای هر فاز داخل محفظه جداگانه‌ای قرار می‌گیرند، این شکل برای ولتاژهای بالاتراز ۳۰۰کیلوولت‌بکار گرفته می‌شود.

۲- شکلی که تجهیزات و باس‌بارها برای هر سه فاز در یک محفظه قرار می‌گیرند، این شکل برای ولتاژهای زیر ۳۰۰ کیلوولت و بخصوص ولتاژهای فوق توزیع «۷۲/۵ و ۱۴۵ کیلوولت» کاملاً پذیرفته شده می‌باشد.

۳- شکل تابلوئی که این فرم تنها برای ولتاژهای فوق توزیع ۷۲/۵ و حداکثر ۱۴۵ کیلوولت ساخته می‌شوند و در آن مشابه ولتاژهای توزیع تجهیزات در داخل تابلو قرار گرفته و محفظه تابلو با گاز SF6 با فشار کمی بیشتر از یک اتمسفر پر می‌شود.

ب) طراحی و احداث پستهای معمولی به صورت سرپوشیده حداکثر برای ولتاژهای فوق توزیع تا ۱۴۵ کیلوولت متداول می‌باشد و بسته به مورد، دو شکل عمده برای طراحی وجود دارد:

۱- پستهای‌سرپوشیده‌بصورت یک طبقه که ترتیب استقرار تجهیزات مشابه پستهای بیرونی می‌باشد.

۲- پستهای سرپوشیده بصورت مدولار که تجهیزات فشار قوی در سطوح مختلف قرار می‌گیرند.

ج) پستهای HIS نسل جدیدی از پستهای فوق توزیع می‌باشند که تا ولتاژ ۱۷۰ کیلوولت ساخته شده و عمدتاً برای افزایش ظرفیت پستهای موجود و یا توسعه پستها در مواقعی که مشکل فضا وجود دارد کاربرد دارند. در طراحی اصلی این نوع پستها تجهیزات بی (Bay) شامل بریکر، سکسیونر، سکسیونر زمین و ترانس جریان در یک محفظه SF6 قرار دارند و بقیه تجهیزات و اتصالات از جمله باس‌بارها در فضای باز مشابه تجهیزات معمولی مستقر می‌گردند.

با مشخص شدن انواع مختلف پستها که به صورت فشرده قابل طراحی و احداث می‌باشند اینک به بیان اصلی‌ترین مشخصه‌های یک پست که از نظر کاربردی و عملی قابل توجه می‌باشند پرداخته و در مورد میزان دارا بودن هر یک از انواع پستها از مشابه‌های قید شده مطالبی بیان خواهدشد.

لازم به توضیح است که در این بررسی بعلت حساسیت استمرار برقرسانی و هزینه گزافی که صرف تولید و انتقال انرژی الکتریکی می‌شود، مسائلی چون قطع انرژی بهر علت که باشد، به صورت ناخواسته و یا برنامه‌ریزی شده مورد توجه‌خاص‌می‌باشد.در همین ارتباط بنظر نگارنده در مواجهه با پیشرفتهای روز و تکنیک برتر و انتخاب آن بایستی به کلیه جنبه‌های امر شامل سرمایه‌گذاری اولیه، هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری و همچنین هزینه‌های ناشی از قطعی‌ها و تعمیرات توجه شود و لذا کلیه مشخصه‌هایی که در این زمینه مؤثر می‌باشند به شرح زیر مورد ارزیابی قرار خواهند گرفت:

۱- قابلیت انعطاف و مانور در طراحی و انجام اتصالات
۲- کاهش فضای مورد نیاز و امکان احداث در محلهای خاص
۳- افزایش‌شاخص در دسترس بودن انرژی
۴- امکان‌توسعه‌درپستهای موجود بخصوص درشرایطی‌که‌محدودیت فضا وجود دارد
۵- جایگزینی بجای تجهیزات موجود پستها برای افزایش ظرفیت
۶- خاصیت ماژولی داشتن جهت توسعه و جابجایی
۷- قابلیت اطمینان بالا
۸- کاهش تأثیرات محیطی
۹- حداقل زمان نصب و مونتاژ
۱۰-کاهش تلفات در شبکه و استفاده بهینه از خطوط ارتباطی
۱۱-کاهش‌اثرات زیست‌محیطی و هماهنگی با محیط اطراف
۱۲-کاهش هزینه‌های احداث و نگهداری به طور کلی

۲- ویژگی‌های انواع پستها

اینک به بررسی ویژگیهای هر یک از انواع پستهای ذکر شده و همچنین پستهای AIS در ارتباط با مشخصه‌های فوق‌الذکر پرداخته خواهدشد.

۲-۱- قابلیت انعطاف و مانور در طراحی و انجام اتصالات

در این ارتباط پستهای GIS با استفاده از باس‌داکت هرگونه چرخش و تغییر جهت فیدرها را امکانپذیر نموده و لذا خطوط ارتباطی از هر جهت می‌توانند به فیدر مربوطه متصل گردند، در حالیکه این موضوع در سایر انواع پست‌ها بسادگی عملی نمی‌باشد.

۲-۲- کاهش فضای مورد نیاز و امکان احداث در محلهای خاص

الف- در پستهای GIS کلیه تجهیزات بصورت فشرده در محفظه‌های SF6 قرار می‌گیرند و کمترین فضا را بخش HV اشغال خواهندنمود.

ب- در پستهای HIS بخشی از تجهیزات بصورت فشرده خواهند بود ولی اتصالات فیدرها و باس‌بار در فضای باز بوده و لذا نسبت به پستهای GIS فضای بیشتری مورد نیاز است.

ج- در پستهای سرپوشیده معمولی با استفاده از ارتفاع و استمرار تجهیزات در طبقات مختلف مشابه شکل‌های (۱) این امکان وجود دارد که

فضای اشغالی توسط بخش HV را به مقدار زیادی کاهش داد. این کاهش در مقایسه با پستهای AIS در حد ۳۵ درصد کاهش بوده ولی بازبیش‌ازدوبرابرپستهایGIS فضا مورد نیاز است.

در این ارتباط براساس طراحی‌های انجام شده و برای یک پست ۱۳۲/۲۰ کیلوولت با دو فیدر خط و چهار فیدر ترانس در شرایط مشابه کل زمین مورد نیاز برای هر یک از انواع پستها بشرح زیر می‌باشد:

- پست سرپوشیده GIS معادل ۱۴۰۰ مترمربع «ساختمان GIS و کنترل و رله دو طبقه می‌باشد»
- پست روباز HIS معادل ۲۸۰۰ مترمربع
- پست سرپوشیده AIS معادل ۳۲۰۰ مترمربع
- پست روباز AIS معادل ۴۸۰۰ مترمربع

همانطور که بیان گردید در این مقایسه شرایط عادی و مشابه برای هر چهار طرح منظور شده‌است مثلاً ترانسها در فضای باز قرار دارند و اتصالات ۱۳۲ کیلوولت هوایی می‌باشند.

۲-۳- افزایش شاخص در دسترس بودن انرژی

با توجه به مجموعه عوامل مؤثر در قطع انرژی و بی‌برق شدن پست چون اتفاقات و حوادث ناخواسته، نیاز به تعمیر و بازدیدهای دوره‌ای طبیعی است که در این ارتباط پستهای GIS از وضعیت بهتری برخوردار بوده و بدترین وضعیت را پست AIS روباز خواهدداشت.

۲-۴- امکان توسعه در پستهای موجود بخصوص در شرایط محدودیت فضا

سیستم‌های HIS بعلت خاصیت دوگانه‌ای که دارند یعنی تجهیزات فیدر بصورت فشرده و داخل محفظه SF6 و اتصالات باس بصورت هوایی، از شرایط بسیار مطلوبی در این ارتباط برخوردار می‌باشند و جدای از این سیستم در فضای محدود استفاده از تجهیزات GIS برای توسعه می‌تواند امکان دوم باشد.

۲-۵- جایگزینی بجای تجهیزات موجود پستها برای افزایش ظرفیت

امروزه افزایش ظرفیت اتصال کوتاه و جریان نامی در پستهای قدیمی بعلت توسعه روزافزون شبکه‌ها و طبیعتاً تعویض تجهیزات قدیمی و فرسوده امری ضروری می‌باشد. در این ارتباط نیز استفاده از تجهیزات HIS و در درجه دوم GIS این امر را کاملاً تسهیل و با حداقل قطعی امکانپذیر می‌نماید.

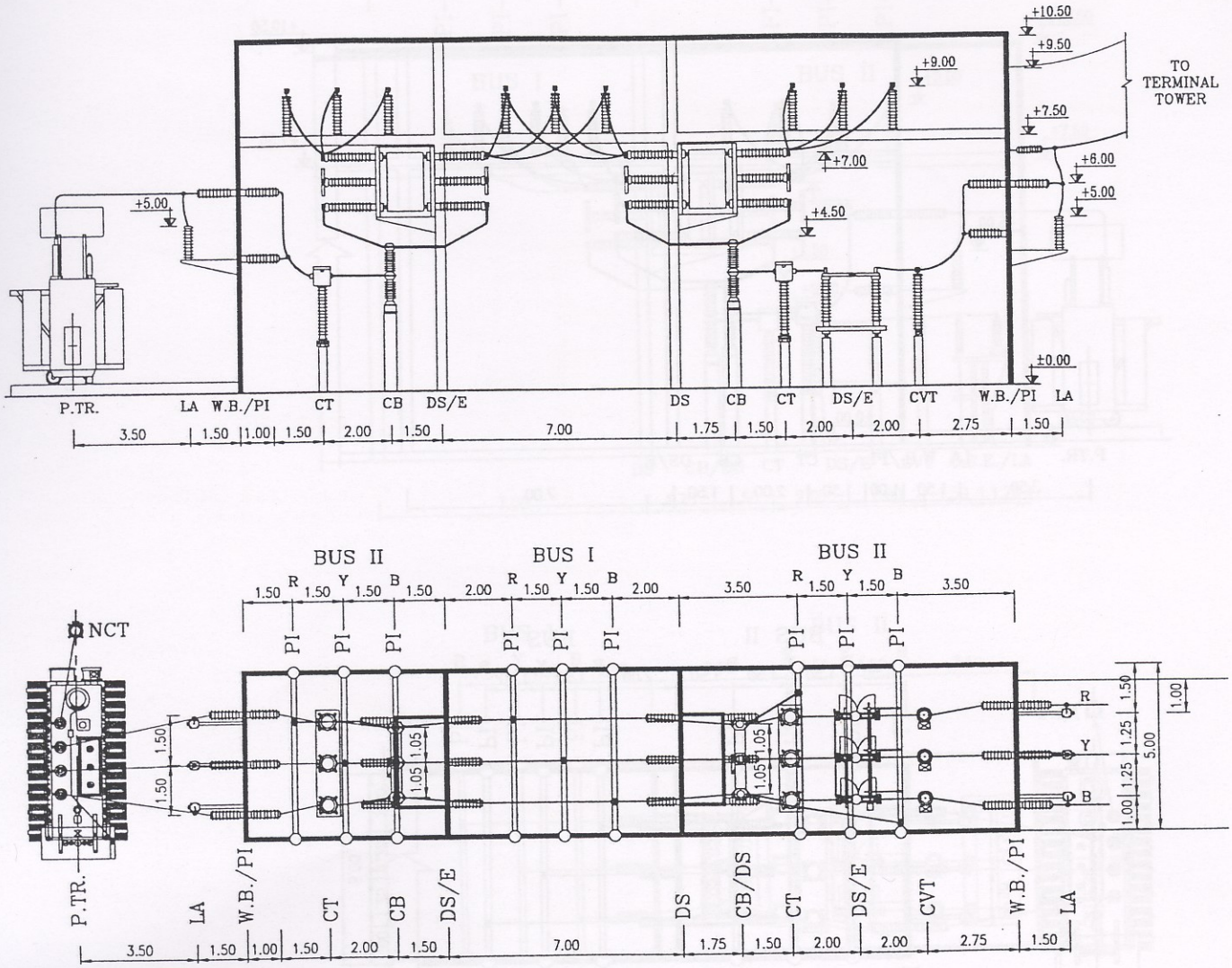
۲-۶- خاصیت ماژولی داشتن جهت توسعه و جابجایی

مشابه بند ۲-۵ در این موردنیز تجهیزات HIS و GIS از شرایط بهتری نسبت به indoor AIS و AIS معمولی برخوردار می‌باشند.

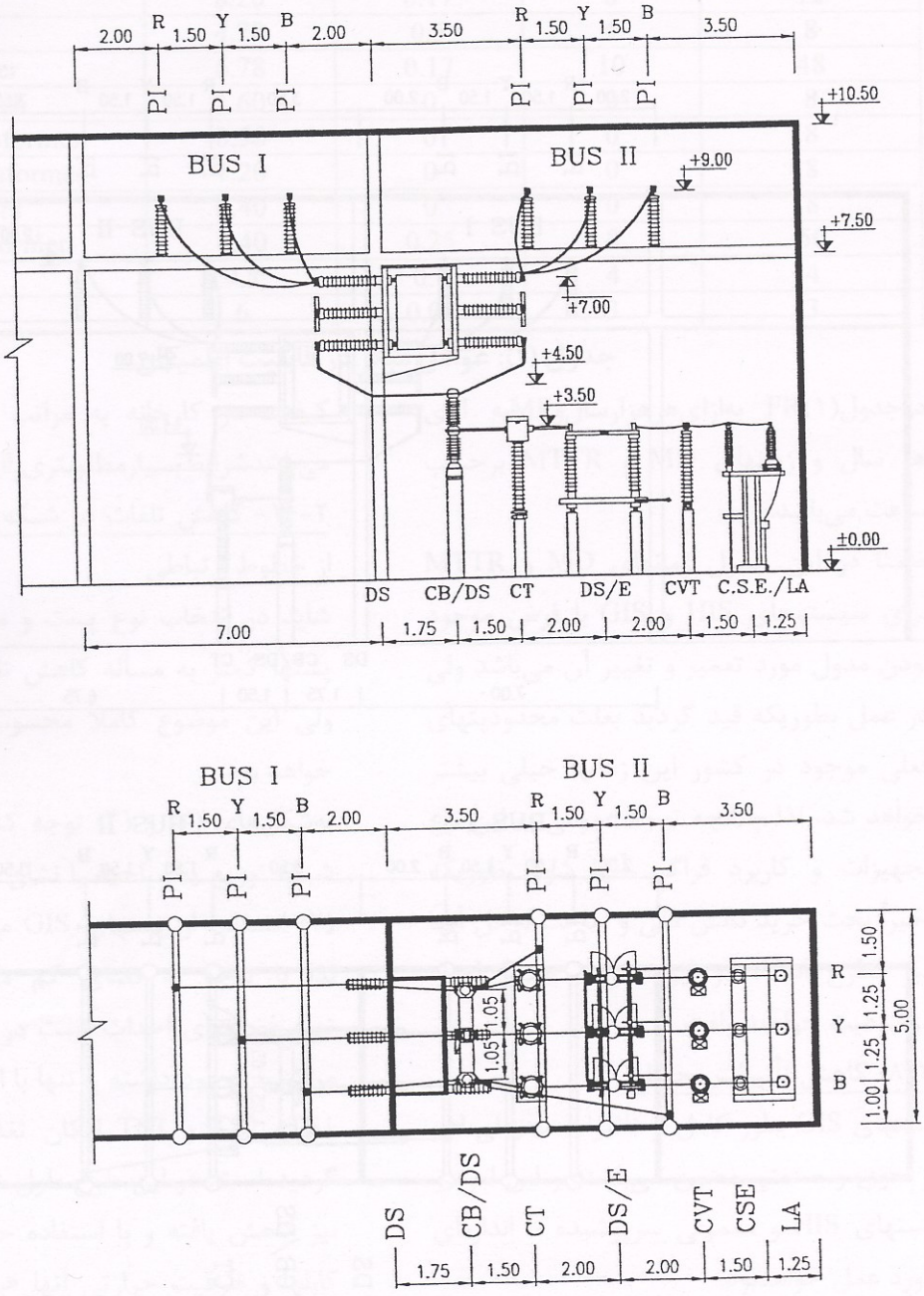
۲-۷- قابلیت اطمینان و ایمنی بالا

اگرچه زمان و مدت تعمیرات دوره‌ای "Maintenance Duration-MD" و تعمیرات ناشی‌ازخطا "Mean Time To Repair-MTTR" درپستهایGISوHISدرکشورمابعلت‌محدودیتهای موجود بیشتر از پستهای AIS می‌باشد ولی بعلت کم‌بودن احتمال و نرخ انجام و وقوع این مسائل"Maintenance Frequency-MF" و "Failure Rate-FR" در مجموع به ترتیب قابلیت اطمینان پستهای GIS و HIS از پستهای AIS بیشتر می‌باشد. در این ارتباط توجه به جدول (۱) بیانگر این ادعا می‌باشد.

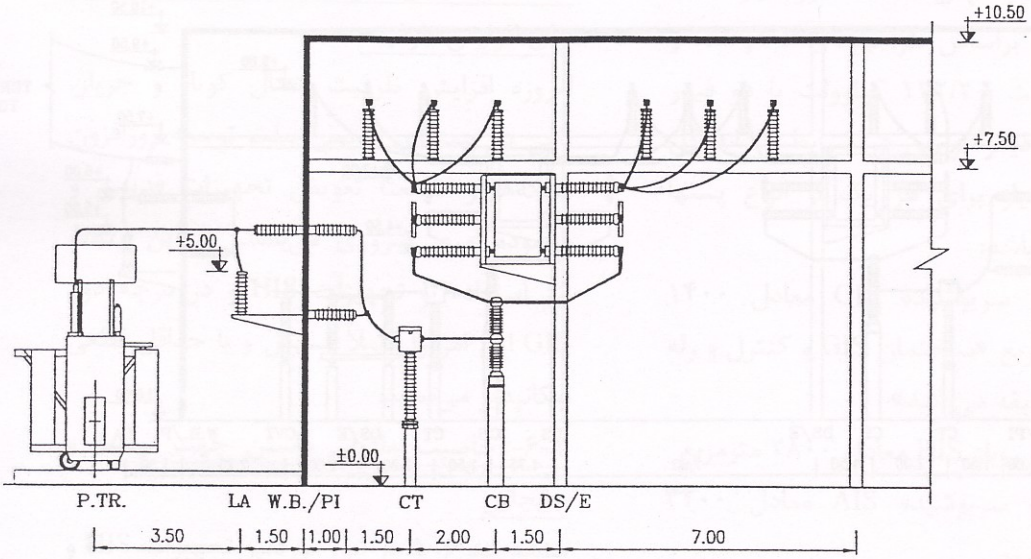
علاوه بر این ایمنی بالا در پستهای GIS که تمامی بخش HV دارای پتانسیل صفر می‌باشد، عامل عمده‌ای در مقبولیت این سیستم نسبت به سایر سیستم‌ها است [۱ و ۲].

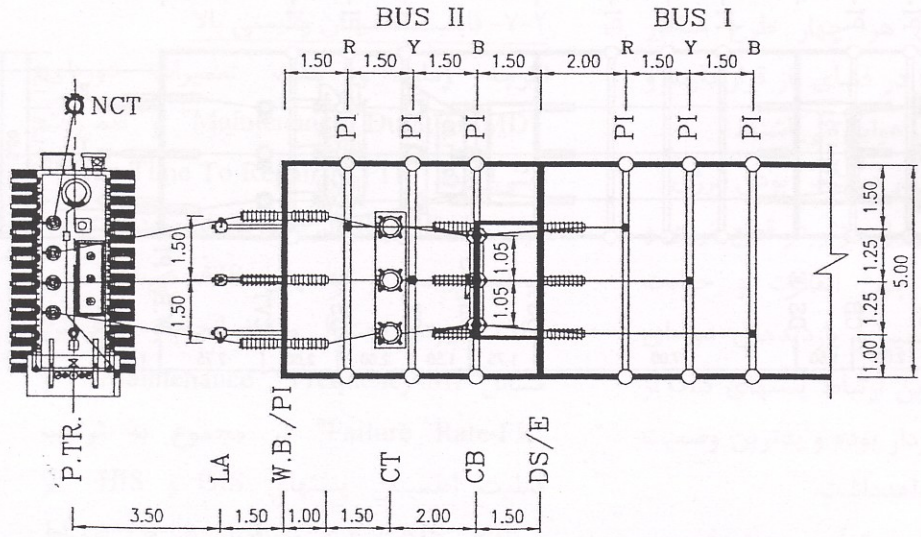


شکل (۱-الف): فیدر خط و ترانس در پست سرپوشیده معمولی ـ ولتاژ ۷۲/۵ کیلوولت

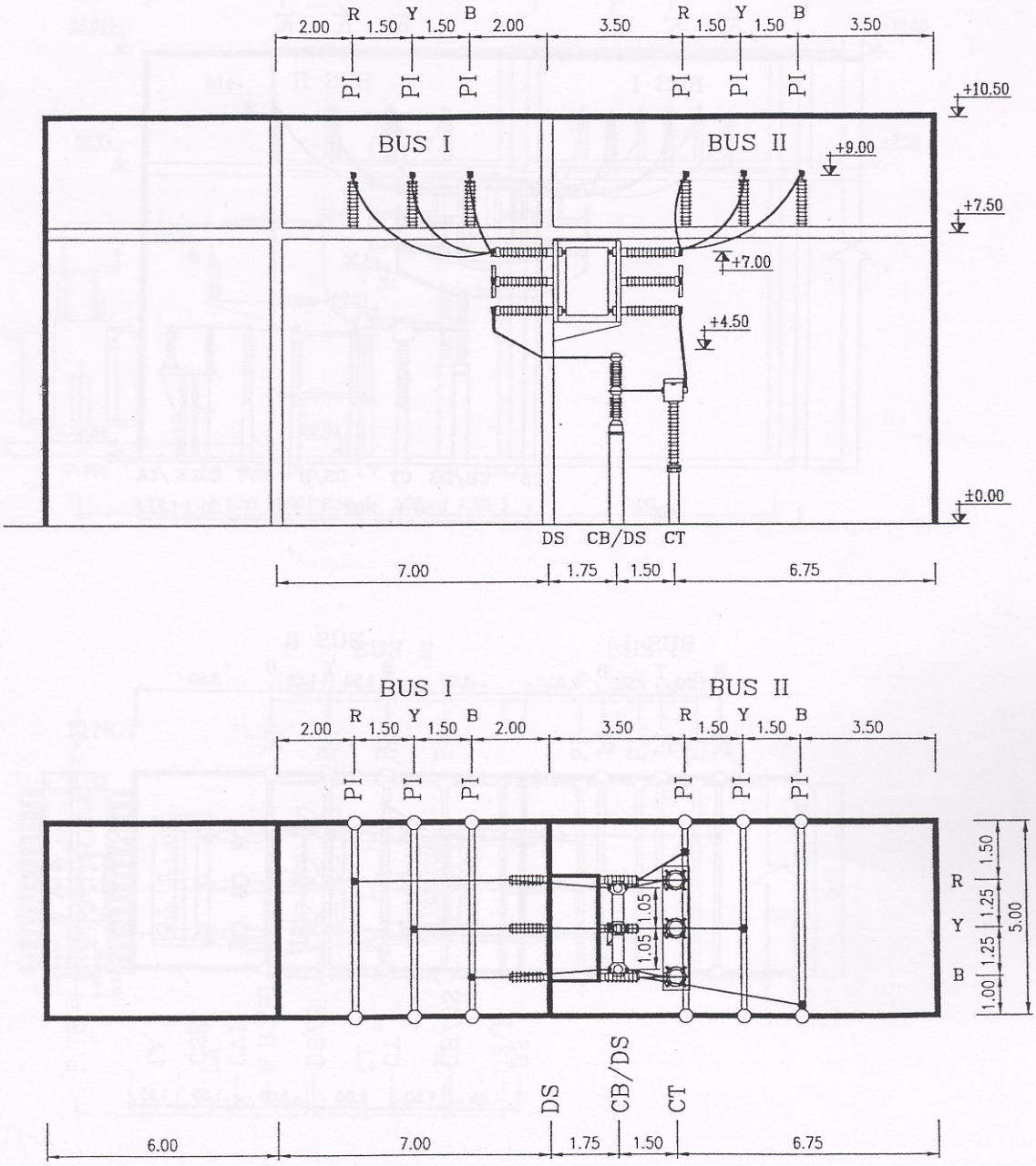


شکل (۱ـ ج): یک فیدر کابل در پست سرپوشیده معمولی ـ ولتاژ ۷۲/۵ کیلوولت





شکل (۱-ب) یک فیدر ترانسفورماتور در پست سرپوشیده معمولی ـ ولتاژ ۷۲/۵ کیلوولت



شکل (۱ـ د): یک فیدر باس کوپلر در پست سرپوشیده معمولی ـ ولتاژ ۷۲/۵ کیلوولت

Apparatus	FR	MF	MD	MTTR
Bus Bar	8.20	0.17	8	12
Disconnector	4.70	0.5	4	8
Circuit Breaker	6.78	0.17	10	48
Earthing Switch	1.60	0	0	8
Current Transformer	0.50	0	0	8
Voltage Transformer	1.20	0	0	8
Surge Arresters	0.40	0	0	8
Power Transformer	0.40	0.25	8	50
HIS	9.8	0.1	4	4
GIS	6	0.05	3	3

جدول (۱): عوامل موثر در قابلیت اطمینان

درجدول(۱)FR به‌ازای‌هرهزارسال‌وMFبه ازای هر سال و زمانهای MD و MTTR برحسب ساعت می‌باشد.

ضمناً در این جدول زمانهای MD و MTTR برای سیستم‌های HIS و GIS با فرض موجود بودن مدول مورد تعمیر و تغییر آن می‌باشد ولی در عمل بطوریکه قید گردید بعلت محدودیتهای فعلی موجود در کشور این زمانها خیلی بیشتر خواهد شد، لذا چنانچه توجه عمومی به این نوع تجهیزات و کاربرد فراگیر آنها شود بطوریکه اخیراً بحث خرید دانش فنی و ساخت داخل آنها نیز مطرح است، در این صورت همین اعداد موضوعیت خواهند یافت.

۲-۸- کاهش تأثیرات محیطی

پستهای GIS بطور کامل از تأثیرات محیطی اعم از جوی و صنعتی مصون می‌باشند و این امر در پستهای HIS و معمولی سرپوشیده تا اندازه‌ای مورد عمل خواهدبود.

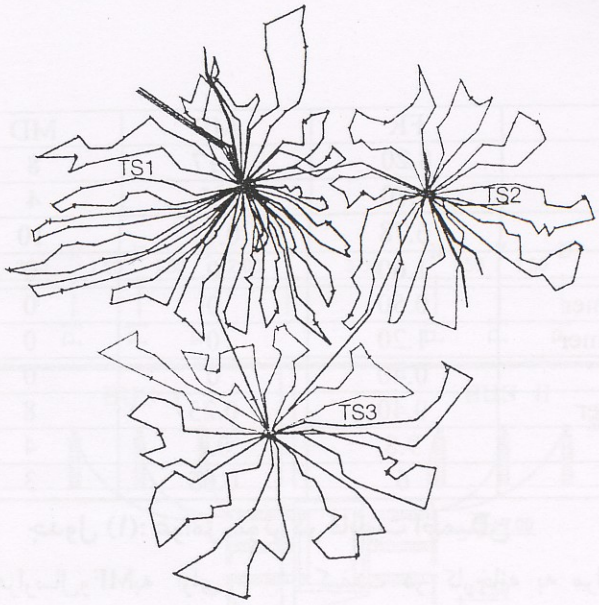
۲-۹- حداقل زمان نصب و مونتاژ

در پستهای GIS و HIS بخشهای عمده‌ای از تجهیزات بصورت مونتاژ شده در کارخانه به کارگاه حمل می‌گردند و لذا این امر نه تنها تسریع در نصب را به همراه خواهدداشت بلکه از نظر کیفیت نیز چون معمولاً امکان کنترل کیفیت در کارخانه به مراتب بیشتر از کارگاه می‌باشدشرایط‌بسیارمطلوبتری‌راایجادخواهدنمود.

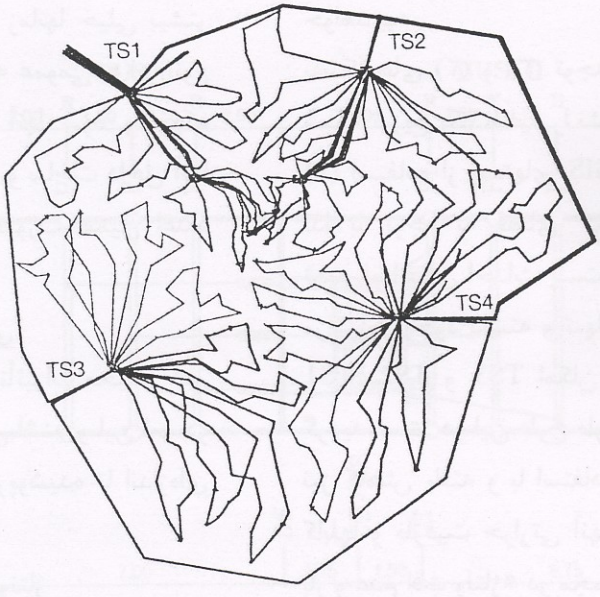
۲-۱۰- کاهش تلفات در شبکه و استفاده بهینه از خطوط ارتباطی

شاید در انتخاب نوع پست و مقایسه بین انواع پستها کمتر به مسأله کاهش تلفات توجه شود. ولی این موضوع کاملاً محسوس و قابل توجه خواهد بود.

به‌شکل‌های (۲) و (۳) توجه کنید هر دو شکل شبکه توزیع یک ناحیه را نشان می‌دهد. درشکل (۲) استفاده از پستهای GIS ملاک عمل بوده، لذا با توجه به فضای کم مورد نیاز امکان تهیه فضا برای احداث پست در نقاط نزدیک به مراکز بار وجود داشته و تنها با احداث سه پست TS1, TS2 و TS3 امکان تغذیه بارها فراهم گردیده‌است. در این طرح طول شبکه فوق توزیع نیز کاهش یافته و با استفاده حداکثر از مقاطع کابلها و ظرفیت حرارتی آنها «بعلت نزدیکی به بار و عدم افت ولتاژ» در مجموع طول شبکه فوق توزیع و میزان تلفات در آن نیز کاهش یافته‌است در حالیکه این امر در شکل (۳) که پست AIS ملاک عمل بوده با افزایش تعداد پستها، طول شبکه‌فوق‌توزیع‌وتلفات‌بیشترهمراه‌خواهدبود [۲].



شکل (۲): انتخاب پست GIS همراه با کاهش تعداد پست و متراژ کابل



شکل (۳): انتخاب پست AIS همراه با افزایش تعداد پست و متراژ کابل

۲-۱۱- کاهش اثرات زیست‌محیطی و هماهنگی با محیط اطراف

الف- در سیستم‌های GIS، HIS و AIS به ترتیب مقاومت الکتریکی مسیر بی‌ها معادل ۵۰ میکرواهم، ۸۵ میکرواهم و ۵۰۰ میکرواهم خواهدبودولذا "GWP" "Global Warming Potential" برای آنها متفاوت خواهدبود که این امر برای GIS وHIS بسیارمطلوب‌وبرایAIS نامناسب خواهدبود.

ب- انتشار امواج ناشی از میدانهای الکتریکی و الکترومغناطیسی

اینکه میدانهای شدید الکتریکی و تداخل امواج الکترومغناطیسی حاصل از سیستمهای فشار قوی اعم از شرایط عادی و یا تشعشعات ناشی از قطع و وصل کلیدها تا چه حد اثرات نامطلوب برروی ارگانهای زنده و بخصوص بافتهای مخاطی بدن انسان و همچنین بر روی سیستمهای مخابراتی و کامپیوتری می‌گذارد شاید بطور کامل و دقیق قابل محاسبه و دستیابی نباشد ولی قدر مسلم اینستکه نمی‌توان منکر تأثیر اینگونه میدانها و امواج بود و لذا این مطلب که در نقاط غیرشهری و غیرمسکونی می‌تواند عاری از اهمیت باشد، در مورد پستهای درون شهری بخصوص در مورد تأثیر بر حیات انسان از اهمیت خاص برخوردار است.

طبیعی است که در اطراف خطوط و مدارات الکتریکی دو میدان الکتریکی و مغناطیسی ایجاد می‌گردد که شدت میدان الکتریکی عموماً به میزان ولتاژ و شدت میدان مغناطیسی به فرکانس و جریان بستگی دارد.

هر یک از این دو میدان بسته به شدت و میزان آنها دارای تأثیرات فیزیکی و بیولوژیک بر روی انسان و موجودات زنده می‌باشند که با وجود آنکه چگونگی این تأثیرات در هیچ مجمع علمی بطورقطع‌ویقین‌مشخص و بیان نگردیده‌است ولی فرض‌رابر وجود این تأثیرات می‌گذاریم. اما سؤال اینست که‌این‌میدانهای‌الکتریکی‌والکترومغناطیسی با چه شدتی دارای تأثیرات سوء می‌باشند؟

مطالعات‌انجام‌شده‌در کشورها و مجامع مختلف و بخصوص‌شوروی‌سابق‌حاکی‌از آنست که میدانهای الکتریکی با شدتی کمتر از ۱۰ کیلوولت بر متر بر روی موجودات زنده، ترکیب خون، سیستم عصبی و روانی انسان هیچگونه اثر سوئی ندارد و این مطلب مورد تائید سازمان بهداشت جهانی نیز می‌باشد. ذکر این نکته ضروری است که در میدانی با شدت ۱۰ کیلوولت بر متر کل جریان القایی در بدن انسان از ۰/۲ میلی‌آمپر تجاوز نمی‌کند و این میزان در مقابل حد مجاز جریان برق قابل تحمل بدن انسان که ۳۰ میلی‌آمپر در یک ثانیه است بسیار ناچیز است [۴].

- و اما میدان مغناطیسی تا حد ۵ میلی تسلا یا معادل ۵۰ گوس نیز بر روی انسان اثر سوئی ندارد. با توجه به موارد فوق باید دید که شدت میدان الکتریکی و مغناطیسی در حوالی پستها و خطوط‌فشارقوی‌با ولتاژ ۱۳۲ کیلوولت که بطور معمول‌حداکثرولتاژفوق‌توزیع‌می‌باشدچقدر است؟

- محاسبات و مطالعات انجام شده نشانگر آن است که شدت میدان الکتریکی در حوالی یک خط ۱۳۲ کیلوولت و در فاصله ۱۲ متری از محور خط به کمتر از ۱ کیلوولت بر متر و در فاصله ۱۵ متری به کمتر از ۰/۵ کیلوولت بر متر می‌رسد که این مقادیر بسیار کمتر از حد مجاز می‌باشند و در مورد میدانهای مغناطیسی نیز این مقدار در بدترین شرایط و در مجاورت تجهیزاتی چون بریکر کمتر از ۴۰۰ میکروتسلا است که‌ضمن‌کمتربودن‌ازحدمجازدر حدود میدان مغناطیسی ناشی از یک تلویزیون رنگی می‌باشد.

با وجود آنکه مطالب فوق نشاندهنده تأثیر نه چندان این امواج بر روی انسان و سیستم‌های مخابراتی می‌باشد مع‌الوصف در پستهای GIS و تا اندازه‌ای HIS محصور بودن تجهیزات HV در فضای بسته فلزی و زمین شدن این محفظه حذف کامل تأثیر این امواج را در بر دارد و در پستهای AIS سرپوشیده نیز می‌توان با استقرار شبکه‌فلزی‌در ساختمانها به این مهم دست یافت.

ج- جلوگیری از آلودگی آبها و هوا از مواد مضر و آلوده‌کننده‌ازجمله‌روغن‌عایقی امری است که در پستهای‌درون‌شهری‌بایستی‌با اهمیت تلقی شود. علاوه‌براینکه‌در انتخاب نوع روغن و سایر مواردی که ممکن است ایجاد آلودگی نمایند بایستی توجه خاص شود، مراقبت ویژه از نظر آببندی و جلوگیری از هرگونه نشتی روغن از وسایلی که دارای روغن عایقی می‌باشند نیز ضرورت دارد.

در پستهای GIS بکارگیری ترانسهای جریان و ترانسهای ولتاژ از نوع گازی و غیر روغنی از اولویت برخوردارند که این امتیاز عمده‌ای در ارتباط برای این نوع پستها می‌باشد.

د- از دیگر عواملی که در مورد پستهای درون شهری‌حائز اهمیت است ارتعاشات و میزان سر و صدای‌بوجودآمده می‌باشد. این مورد که بیشترین نارضایتی را در ارتباط با پستهای شهری بوجود می‌آورد عمدتاً ناشی از ترانسفورماتورهای قدرت و کرونا و باز و بسته نمودن کلیدها است. در این مورد نیز پستهای GIS و تا اندازه‌ای HIS از نظر صدای باز و بسته نمودن کلیدها و کرونا کاملاً محافظت شده و عاری از اشکال می‌باشند.

در مورد صدای ناشی از ترانسفورماتورها نیز ضمن توجه به طراحی و استفاده از مواد مناسب در ساخت ترانس که باعث کاهش میزان صدا می‌گردد با استقرار ترانسفورماتورها در فضای بسته و یا احداث دیوار بتنی در اطراف آنها بمقدار زیادی می‌توان با این مشکل مقابله نمود که باز پستهای GIS بعلت ساختار خاصی که دارند در این زمینه نیز ارجح خواهند بود.

۲-۱۲- کاهش هزینه‌های احداث و نگهداری بطور کلی

در سرمایه‌گذاری و احداث یک پست بایستی به کل هزینه‌ها اعم از هزینه سرمایه‌گذاری اولیه و هزینه‌های مربوط به بهره‌برداری و تعمیرات فنی «Total Life Cycle Cost» TLCC توجه نمود.

$$TLCC = CI + CP + CR + CO$$

CI = هزینه سرمایه‌گذاری اولیه به طور عمده شامل هزینه‌های مهندسی، خرید تجهیزات، زمین، ساختمان و نصب می‌باشد.

CP = هزینه نگهداری و بهره‌برداری

CR = هزینه‌های تعمیرات دوره‌ای و قطعی‌ها

CO = هزینه‌های مشترک

هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه به روز می‌باشند و سه هزینه دیگر در طول بهره‌برداری و عمر پست محقق می‌گردند که بایستی معادل روز آنها را برای دوره عمر پست و با نرخ سود بدست آورد.

مقایسه اعداد و ارقام چندین پروژه واقعی و مشابه که طی سالهای گذشته انجام شده‌اند و بعضاً در مرحله مناقصه و استعلام قیمت آنها، استعلام از انواع مختلف پست مثلاً AIS معمولی و GIS بعمل آمده‌است و منظور نمودن هزینه زمین براساس متراژهای اعلام شده و قیمت مبناء دویست هزار تومان به ازای هر مترمربع زمین، ارقام زیر را برای انواع مختلف پست شامل دو فیدر خط و چهار فیدر ترانس که قبلاً نیز اشاره شد برای سرمایه‌گذاری اولیه بدست می‌دهد (جدول شماره ۲).

نوع هزینه / انواع مختلف پست	AIS	Indoor AIS	HIS	GIS
هزینه زمین	۹،۶۰۰۰	۶،۴۰۰	۵،۶۰۰	۲،۸۰۰
هزینه ساختمانی	۲،۴۱۰	۳،۱۹۰	۱،۵۷۰	۱،۵۶۰
هزینه تجهیزات و نصب	۱۱،۰۰۱	۱۱،۰۰۱	۱۲،۲۰۰	۱۵،۶۵۰
جمع هزینه	۲۳،۰۱۱	۲۰،۵۹۱	۱۹،۳۷۰	۲۰،۰۱۰

جدول (۲): هزینه سرمایه‌گذاری اولیه انواع پست به میلیون ریال

بطوریکه مشاهده می‌شود با فرض قیمت زمین معادل دویست هزار تومان به ازای هر مترمربع که امروزه حتی در نواحی حاشیه‌ای شهرهای بزرگ این قیمت بسیار متداول می‌باشد. تنها براساس سرمایه‌گذاری اولیه و آنهم بدون توجه به هزینه‌های مهندسی و هزینه‌های تبعی چون کاهش تلفات در شبکه و استفاده بهینه از خطوط ارتباطی که قبلاً بحث شد به نظر می‌رسد استفاده از پستهای GIS و HIS در نواحی شهری و بخصوص شهرهای بزرگ کاملاً دارای توجیه اقتصادی و فنی می‌باشد، اما برای ملحوظ‌نمودن‌هزینه‌های دوران بهره‌برداری شامل CR, CP و CO در مقایسه اقتصادی باید گفت متأسفانه‌درمطالعات و آمار مربوط به بهره‌برداری شبکه ایران اینگونه اطلاعات و آمار و ارقام بسیار کم بوده و توجه چندانی به آنها نشده‌است، لذا در این ارتباط به مطالعات انجام شده توسط منابع‌خارجی‌تکیه‌خواهدشدوسعی می‌گردد با یک بیان توضیحی و تشریحی به ارقامی دست یافت.

در مرجع شماره [۱] هزینه‌های ثابت دوران بهره‌برداری را که در واقع همان CP می‌باشد و هزینه متغیر را که معادل CR می‌باشد به ترتیب برای پستهای AIS و HIS معادل ۱۳ درصد و ۲۳ درصد هزینه اولیه پست AIS و ۶/۴ درصد و ۴/۹ درصد هزینه اولیه پست HIS بیان نموده‌است که این ارقام قابل استناد می‌باشند. متأسفانه در مورد پستهای Indoor AIS در رابطه با هزینه‌های دوران بهره‌برداری هیچگونه مدرک و عدد و رقمی در دسترس نبود ولی بطور مقایسه‌ای و توضیحی می‌توان ادعا نمود که در اکثر مواردی که هزینه‌های دوران بهره‌برداری را به دنبال دارد چون تأثیرات محیطی، کاهش فضا، افزایش شاخص در دسترس بودن انرژی، اتفاقات‌وقابلیت‌اطمینان‌شرایط‌پستهای‌سرپوشیده معمولی مطلوبتر از پستهای معمولی روباز و بدتر از پستهای HIS می‌باشد لذا می‌توان این اعداد را برای پست سرپوشیده معمولی حدفاصل بین HIS و AIS روباز فرض نمود. پس اعداد فوق به ترتیب برای پست سرپوشیده معمولی ۹/۷درصد و ۱۳/۹۵درصدسرمایه‌گذاری اولیه فرض می‌شود.

از اطلاعات موجود در مراجع [۲ و ۳] و مقایسه عملی بین مشخصه‌های پستهای GIS، HIS و AIS به درصد هزینه‌های دوران بهره‌برداری یعنی CP و CR برای پستهای GIS به ترتیب معادل ۴ درصد و ۲/۵ درصد می‌رسیم.

به این ترتیب و با فرض هزینه‌های مشترک برای کلیه پستها بصورت یکسان هزینه کلی TLCC برای انواع مختلف پستها و برای یک طول عمر متوسط ۲۵ ساله بشرح زیر خواهد شد (جدول شماره ۳):

نوع هزینه / انواع مختلف پست	AIS	Indoor AIS	HIS	GIS
CI- هزینه سرمایه‌گذاری اولیه	۲۳،۰۱۱	۲۰،۵۹۱	۱۹،۳۷۰	۲۰،۰۱۰
CP- درصد هزینه بهره‌برداری ونگهداری نسبت به CI	۱۳	۹/۷	۶/۴	۴
CR- درصد هزینه تعمیرات و قطعی‌ها نسبت به CI	۲۳	۱۳/۹۵	۴/۹	۲/۵
TLCC- کل هزینه	۳۱،۲۹۵	۲۵،۴۶۰	۲۱،۵۵۹	۲۱،۳۱۰

جدول (۳): هزینه سرمایه‌گذاری کلی شامل سرمایه‌گذاری اولیه و دوران بهره‌برداری به روز شده برای انواع مختلف پست به میلیون ریال

۳- نتیجه‌گیری

بحث افزایش دانسیته بار در مناطق شهری و لزوم احداث پستهای فوق توزیع در این مناطق که مشکل فضا و زمین مورد نیاز و همینطور قیمت بالای زمین وجود دارد دیگر از یک موضوع مربوط به آینده‌نگری کاملاً خارج و مشکل روز اکثر برقهای منطقه‌ای می‌باشد.

برای انتخاب یک راه‌حل مناسب و مقابله با این مشکل در متن مقاله انواع مختلف پستها که فضای بسیار کمتری نسبت به پستهای معمولی نیاز دارند بیان گردیده و در مورد ویژگیهای فنی و اقتصادی آنها در حدامکان مطالبی بیان شده‌است، حاصل این بررسیها در جدول شماره (۴) درج گردیده و این نتیجه‌گیری کلی را بدست می‌دهد که‌درهر جا که قیمت زمین بالای متری دویست هزار تومان می‌باشد سیستمهای GIS از توجیه کاملاًمناسب فنی و اقتصادی برخوردار می‌باشند.

1- Gas Insulated Switchgear.
2- Air Insulated switchgear.
3- Hybrid Insulated Switchgear Highly Integrated Swtichgear.
4- Life Cycle Cost.

شرح مشخصه	GIS	*HIS*	Indoor AIS	AIS
۱- قابلیت انعطاف و مانور در طراحی و انجام اتصالات	****	**	**	**
۲- کاهش فضای مورد نیاز و امکان احداث در محلهای خاص	****	***	**	*
۳- افزایش شاخص در دسترس بودن انرژی	****	***	**	*
۴- امکان توسعه در پستهای موجود بخصوص در شرایطی که محدودیت فضا وجود دارد	***	****	**	**
۵- جایگزینی بجای تجهیزات موجود پستها برای افزایش ظرفیت	***	****	**	**
۶- خاصیت ماژولی داشتن جهت توسعه و جابجایی	***	****	**	*
۷- قابلیت اطمینان بالا	****	***	**	*
۸- کاهش تاثیرات محیطی	****	***	***	*
۹- حداقل زمان نصب و مونتاژ	****	***	**	**
۱۰- کاهش تلفات در شبکه و استفاده بهینه از خطوط ارتباطی	****	***	***	*
۱۱- کاهش اثرات زیست محیطی و هماهنگی با محیط اطراف	****	***	***	*
۱۲- کاهش هزینه‌های احداث و نگهداری بطور کلی	****	***	**	*

جدول (۴): مقایسه کلی بین مشخصه‌های انواع مختلف پست و قابلیت آنها

* قابلیت ضعیف
** قابلیت متوسط
*** قابلیت خوب
**** قابلیت عالی

۴- مراجع

[1] Ruggero Bordon ABB, Adda Innovative Engineering for Today's Environment Tutorial on compaction of substation, Cigre 4th southern Africa Regional Conference.

[2] Werner Zimmerman, Andre` Osterholt Dr.jurgen Backs Comparison of GIS and AIS systems for urban supply networks-ABB calor Emag schaltanlagen AG

[3] Dr. Eng. D. Helbig Life cycle cost comparison between GIS and conventional High Voltage substations, Siemens Germany

15th International Power System Conference

[۴] دکتر محمد حسین بحرینی طوسی و دکتر مجتبی میرصالحی میدان‌های الکترومغناطیسی ELF و سلامت انسان سیزدهمین کنفرانس بین‌المللی برق

آقای حسین بختیاری‌زاده دارای لیسانس مهندسی برق از دانشگاه امیرکبیر (پلی تکنیک تهران) می‌باشد. ایشان جمعاً ۲۹ سال سابقه کار دارند که ۲۴ سال آن در شرکت قدس‌نیرو بوده‌است. زمینه فعالیت و علاقمندی آقای بختیاری‌زاده مشاوره و طراحی پستهای فشار قوی می‌باشد.

Hbakhtiari zadeh@ghods-niroo.com

ارزیابی نمونه‌های ساخته شده بتنی

منصوره جعفرزاده

سرپرست خاک و پی و سازه ـ معاونت مهندسی پستهای انتقال

چکیده:

نتایج آزمایشات فشاری نمونه‌های بتن باید از نظر مطابقت آن با حداقل مقاومت موردنظر و مورد استفاده در طراحی، مورد بررسی و ارزیابی واقع شوند. معمولاً حداقل مقاومت مورد نظر در طراحی به صورت مقاومت نمونه بتنی که با سیمان پرتلند تیپ I ساخته شده و سن آن ۲۸ روز می‌باشد عنوان می‌شود. در صورتیکه طراحی بتن بر مبنای آئین‌نامه امریکایی ACI و یا آئین‌نامه "آبا" در ایران انجام شده باشد شکل نمونه موردنظر، استوانه استاندارد (به قطر 15cm و ارتفاع 30cm) می‌باشد. چنانچه طراحی بتن بر مبنای سایر آئین‌نامه‌های بین‌المللی (اروپائی) انجام شود، معمولاً شکل نمونه موردنظر، مکعب به ابعاد 15×15×15cm و یا 20×20×20cm می‌باشد.

در عمل ممکن است بتن‌های ساخته شده در کارگاه به دلایل مختلف با سیمانهای پرتلند غیر از سیمان پرتلند تیپ I ساخته شوند. همچنین ممکن است شکل نمونه آزمایش با شکل موردنظر مطابقت نداشته‌باشد. علاوه بر اینها ممکن است سن نمونه بتن در موقع آزمایش از ۲۸ روز کمتر و یا بیشتر باشد، کما اینکه غالباً برای ارزیابی سریعتر کیفیت بتن و کنترل طرح اختلاط، نمونه بتن را در سن ۷ و یا ۱۱ روز مورد آزمایش قرار می‌دهند. در انتها برای حالاتی که مقاومت فشاری نمونه‌های بتن کمتر از مقاومت فشاری مورد نظر باشد، شرایط قبول یا رد بتن، به صورتیکه در آئین‌نامه آبا ذکر شده ارائه گردیده‌است.

مقدمه

- این مقاله به منظور یکنواخت کردن ارزیابی نمونه‌هایی تهیه شده است که دارای شرایط متفاوتی از قبیل ابعاد نمونه، سن نمونه و نوع سیمان مصرفی می‌باشند. نظر به اهمیت بررسی بتن در کارهای ساختمانی تبعیت از مشخصات فنی عمومی آئین‌نامه بتن ایران (آبا) لازم می‌باشد. در این مجموعه سعی شده‌است که به اختصار تأثیر هر یک از عوامل فوق (شکل نمونه، نوع سیمان و سن نمونه) در مقاومت فشاری بتن تشریح شده و ضرایب تصحیح شده برای تأثیر هر یک از عوامل به منظور تبدیل مقاومت فشاری نمونه آزمایش شده به مقاومت فشاری نمونه با مشخصات موردنظر، ارائه گردد.

این مجموعه تا حدامکان با تکیه بر آئین‌نامه بتن ایران (آبا) و برای آزمایشات از استاندارد ASTM به رشته تحریر آمده‌است.

۱- شکل نمونه، سیلندری، مکعبی

در استانداردهای مختلف آزمایش مقاومت فشاری بتن بر روی نمونه‌های مختلفی انجام می‌شود. این نمونه‌ها غالباً به صورت نمونه سیلندری، با قطر ۱۵cm و ارتفاع ۳۰cm می‌باشد و یا نمونه‌های مکعبی‌شکل به وجه ۱۰ یا ۱۵ و یا ۲۰ می‌باشد.

در غیاب نتایج آزمایشگاهی می‌توان ضرایب تبدیل مقاومت نمونه‌های مختلف را به مقاومت نمونه‌های سیلندری استاندارد مطابق با ضرایب پیشنهادی از جدول (۱) به دست آورد.

۲- نوع سیمان مصرفی

مقاومت فشاری بتن در یک سن معین، بستگی به نوع سیمان مصرفی دارد. مثلاً سیمان زودگیر در بتن باعث می‌گردد مقاومت ۳ روزه آن حدوداً معادل مقاومت ۷ روزه بتن با سیمان معمولی گردد. اثر نوع سیمان در مقاومت بتن به صورت ضرایبی برای ۵ نوع سیمان پرتلند و برای مقاومتهای ۳ روزه، ۷ روزه و ۲۸ روزه در جدول (۲) آمده‌است. این ضرایب به صورت درصدی از مقاومت بتن ساخته شده با سیمان معمولی می‌باشد.

۳- سن نمونه

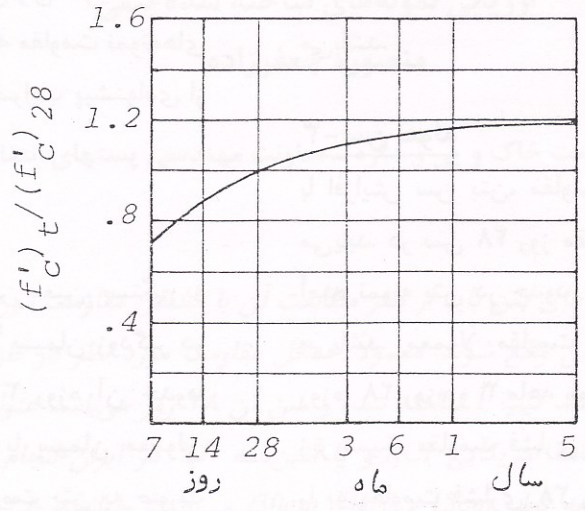
با افزایش سن بتن، مقاومت فشاری آن افزایش می‌یابد. در سن ۲۸ روز مقاومت فشاری به دست آمده نمونه بتن در حدود ۹۰٪ مقاومت نهائی آن می‌باشد. معمولاً مقاومت فشاری نمونه‌های ۷ روزه، ۲۸ روزه و ۳ ماهه موردنظر هستند. دیاگرام زیر نسبت مقاومت فشاری بتن در سنین مختلف را به مقاومت فشاری ۲۸ روزه به دست می‌دهد. نمودار (۱) برای بتن ساخته شده با سیمان تیپ (I) مورد استفاده قرار می‌گیرد.

نوع نمونه	ابعاد	ضریب تبدیل
استوانه	$d=15cm, h=30cm$	1
استوانه	$d=10cm, h=20cm$	0.97
مکعب	$15\times15\times15\,cm$	0.72
مکعب	$20\times20\times20\,cm$	0.8

جدول (۱)

نوع سیمان پرتلند	درصد مقاومت فشاری بتن در سنین مختلف با سیمانهای گوناگون نسبت به سیمان نوع I		
	۳ روزه	۷ روزه	۲۸ روزه
سیمان نوع I	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
سیمان نوع II	۸۴	۹۰	۸۵
سیمان نوع III	۱۹۵	۱۶۰	۱۳۰
سیمان نوع IV	۵۰	۶۰	۶۵
سیمان نوع V	۶۵	۸۰	۷۵

جدول (۲)



نمودار (۱): اثر عمر بتن روی مقاومت فشاری

۴- نمونه‌برداری

مقصود از هر نمونه‌برداری تهیه دو آزمونه می‌باشد که آزمایش فشاری آنها در سن ۲۸ روزگی یا هر سن دیگری انجام شود. متوسط مقاومت‌های فشاری به دست آمده به عنوان نتیجه نهایی آزمایش منظور می‌شود.

نمونه‌های بتنی بایستی مطابق ASTM C72 نمونه‌گیری شود و مطابق با ASTM C31 ساخته و در آزمایشگاه عمل‌آوری شوند.

خلاصه روش قالب‌گیری بمراحل زیر می‌باشد:

- نمونه‌بایستی‌هنگام بتن‌ریزی گرفته شود.
- قالبها مطابق ASTM C470 می‌توانند قالب فولادی یا مقوایی پوشش‌دار یک بار مصرف باشند.
- قالبها بایستی روی یک سطح صاف محکم و افقی قرار گیرند.
- قالبها در سه لایه مساوی پر شوند و هر لایه ۲۵ مرتبه با میله استاندارد به قطر ۱۶mm کوبیده شود. به جهت از بین بردن کلیه حفرات بعد از کوبیدن هر لایه به اطراف قالبها ضربه زده شود.
- در بتن‌های با اسلامپ پائین (کمتر از ۷۵mm) می‌توان از روش لرزاندن داخلی یا خارجی جهت تراکم بتن استفاده نمود.
- طی ۲۴ ساعت اول نمونه‌ها بایستی در دمای ۱۶ الی ۲۷ درجه سانتی‌گراد نگهداری شوند و جهت جلوگیری از تبخیر آب بایستی پوشانده شوند. در این مدت نمونه‌ها نبایستی تکان داده و یا جابجا شوند. جهت حفظ دما بایستی از محفظهٔ نگهداری عایق استفاده نمود. در هوای سرد از لامپ روشن درون محفظه و در هوای گرم از ماسه مرطوب یا گونی خیس استفاده می‌شود.
- نمونه‌هابایستی‌درسن ۱۶ تا ۲۴ ساعت از قالب خارج شده و در اتاق رطوبت در دمای ۱/۷±۲۳ درجه سانتیگراد نگهداری شوند. اگراتاق رطوبت در دسترس نباشد نمونه‌هادرآب آهک اشباع قرار داده شوند.
- نمونه‌ها بایستی پس از پایان عمل‌آوری و هنگامی که هنوز مرطوب هستند مورد آزمایش قرار گیرند.

- بارگذاری بایستی بصورت پیوسته و با سرعت مشخص با دستگاه هیدرولیکی و یا مکانیکی انجام شود. استفاده از دستگاههای دستی مجاز نمی‌باشد.
- برگه نتایج آزمایشات بایستی ابعاد نمونه، سن آن، نوع سیمان مصرفی، بار نهائی و مقاومت به دست آمده را بیان نماید.

روش آزمایش نمونه‌های مقاومت فشاری در ASTM C39 بیان شده‌است.

۴-۱- تعداد نمونه‌برداری

در صورتیکه حجم هر اختلاط بتن بیشتر از یک مترمکعب باشد تعداد نمونه‌برداری به صورت زیر می‌باشد:

- برای دال‌ها و دیوارها یک نمونه‌برداری از هر ۳۰مترمکعب‌بتن‌یا ۱۵۰ مترمربع سطح
- برای تیرها و کلاف‌ها یک نمونه‌برداری از هر ۱۰۰ متر طول
- برای ستونها یک نمونه‌برداری از هر ۵۰ متر طول

حداقل یک نمونه‌برداری از هر رده بتن در هر روز الزامی است.

حداقل ۶ نمونه‌برداری از کل هر سازه الزامی است.

۴-۲- دستگاه نظارت می‌تواند برای کنترل کیفیت عمل آوردن و مراقبت بتن در سازه، انجام آزمایشهای مقاومت روی نمونه‌های عمل آمده و مراقبت شده در شرایط کارگاهی را درخواست نماید (مطابق بخش ۴-۷ ASTM C31). این نمونه‌ها باید در همان زمان و از همان بتنی قالب‌گیری شوند که نمونه آزمایشی عمل آمده در آزمایشگاه تهیه می‌شود.

۵- ارزیابی مقاومت نمونه‌ها

۵-۱- چنانچه یکی از دو شرط زیر برقرار باشد بتن قابل قبول می‌باشد.

الف: در آزمایش فشاری سه نمونه متوالی مقاومت هیچکدام‌ازنمونه‌هاکمتر از مقاومت مشخصه نباشد.

ب: متوسط مقاومت نمونه‌ها حداقل ۱/۵ مگاپاسکال بیشتر از مقاومت مشخصه باشد و کوچکترین مقاومت نمونه‌ها از مقاومت مشخصه ۴- مگاپاسکال کمتر نباشد.

۵-۲- در صورتی بتن غیرقابل قبول است که متوسط مقاومت نمونه‌ها از مقاومت مشخصه کمتر باشد یا کوچکترین مقاومت نمونه‌ها از مقاومت مشخصه ۴- مگاپاسکال کمتر باشد.

- چنانچه بتن مطابق با بند ۵-۲ غیرقابل قبول نباشد ولی مطابق بند ۵-۱- ب مورد قبول هم به شمار نیاید می‌توان به تشخیص طراح و بدون بررسی بیشتر آن را از نظر سازه‌ای قابل قبول دانست.
- چنانچه بتن بر رده مورد نظر قابل قبول نباشد اما از نظر تأمین مقاومت سازه قابل قبول باشد می‌توان با رده کمتر بتن را مورد قبول دانست.
- در صورتیکه بتن قابل قبول نباشد می‌توان روی مغزه‌های گرفته شده از بتن مطابق ASTM C42 آزمایش به عمل آورد. بایستی حداقل سه مغزه تهیه و آزمایش نمود.
- مغزه‌ها با استفاده از مته مغزه‌گیری و معمولاً با تیغه مته الماسی گرفته می‌شوند. طول مغزه‌ها بایستی دو برابر قطر آن باشد و قطر مغزه بایستی از سه

برابر اندازه بزرگترین سنگدانه بیشتر باشد. در صورتیکه سطوح انتهائی مغزه ناصاف باشد بایستی آنرا برید تا سطح صافی به دست آید.

- چنانچه بتن در شرایط بهره‌برداری خشک باشد بایستی مغزه‌ها به مدت ۷ روز در هوا با دمای ۱۶ تا ۲۷درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی کمتر از ۶۰ درصد خشک شود و سپس مورد آزمایش قرار گیرد.
- چنانچه بتن در شرایط بهره‌برداری از ساختمان مرطوب یا غرقاب باشد بایستی مغزه‌ها حداقل ۴۰ ساعت در آب غوطه‌ور شوند و سپس مورد آزمایش قرار گیرد.
- نتایج مقاومت روی مغزه‌ها از نظر تأمین مقاومت مورد قبول است در صورتیکه متوسط مقاومت‌های فشاری سه مغزه حداقل ۸۵ درصد مقاومت مشخصه باشد و مقاومت هیچکدام از مغزه‌ها از ۷۵ درصد مقاومت مشخصه کمتر نباشد.
- در صورتیکه نتایج مقاومت بر روی مغزه‌ها نیز مورد تائید نباشد و ظرفیت باربری سازه مورد تائید باشد، می‌توان آزمایش بارگذاری روی قسمتهای مشکوک را انجام داد.
- چنانچه مقاومت نمونه‌های کارگاهی کمتر از ۸۵ درصد نمونه‌های نظیر عمل‌آورده شده در آزمایشگاه باشد روش عمل‌آوری بایستی بهبود یابد اما چنانچه مقاومت نمونه‌های کارگاهی به اندازه ۴ مگاپاسکال بیشتر از مقاومت مشخصه باشد می‌توان از ۸۵٪ صرفنظر کرد.

۶- نتیجه‌گیری

غالباً نتایج آزمایشات فشاری بتن حاوی ابعاد نمونه، سن آن، نوع سیمان مصرفی، بار نهایی و مقاومت نهایی می‌باشد. لذا لازم است با استفاده از ضرایب داده شده مقاومت نهایی برای نمونه سیلندری به دست آید و سپس مطابق مشخصات ارائه شده ارزیابی گردد. در صورت منطبق نبودن مشخصات بر رده مورد نظر می‌توان از سازه ساخته شده مغزه‌گیری نمود و نتایج حاصل از مغزه‌ها را ارزیابی نمود.

۷- مراجع

- آئین‌نامه بتن ایران (آبا) ۱۳۸۲ دفتر امور فنی و تدوین معیارها، نشریه شماره ۱۲۰
- Building Code Requirements for Reinforced concrete ACI 318-89
- Design of Concrete Structure Winter & Nilson 8e MC Graw Hill
- طراحی سازه‌های بتن مسلح، شاپور طاحونی ۱۳۶۸
- نشریه شماره ۵۵ دفتر امور فنی و تدوین معیارها

خانم منصوره جعفرزاده دارای لیسانس مهندسی عمران در سال ۱۳۶۸ از دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران) می‌باشد. ایشان فوق‌لیسانس مهندسی خاک و پی را نیز از دانشگاه صنعتی امیرکبیر دریافت نموده‌اند. خانم جعفرزاده ۷ سال سابقه کار به عنوان طراح سازه دکلهای انتقال‌نیرو و فونداسیون دکلها و ابنیه و ساختمانهای نیروگاههای آبی، بخاری و گازی در مشانیر داشته و مدت ۷ سال نیز به عنوان سرپرست خاک و پی سازه و طراح ابنیه و ساختمانهای پستهای‌انتقال در قدس‌نیرو فعالیت داشته‌اند. زمینه کاری و علاقمندی ایشان خاک و پی می‌باشد.

Email: mjafarzadeh @ ghods-niroo.com

زلزله‌های القایی و سدها

مسعود عامل سخی

کارشناس ارشد ژئوتکنیک ـ معاونت مهندسی سازه‌های آبی

چکیده:

کشور ایران از مناطق لرزه‌خیز دنیا به شمار می‌رود. برخلاف آنچه که در کشور ما رخ می‌دهد و خسارات بسیار به بار می‌آورد، زلزله بلای طبیعی نبوده، بلکه پدیده‌ای طبیعی می‌باشد که عدم برنامه‌ریزی و اطلاع کارشناسان، زلزله را به بلا مبدل می‌سازد.

زلزله‌های القایی، فعالیتهای لرزه‌ای می‌باشند که در اثر احداث سدها بوجود می‌آیند و عدم توجه به آن، باعث افزایش فعالیتهای لرزه‌خیزی مناطق مجاور می‌شوند. لذا توجه به اثرات زلزله القائی از مباحث مهم در امر سدسازی بوده و بر این اساس لازم است که این پدیده و عوامل مؤثر بر آن شناخته شوند. در این مقاله سعی شده‌است که ابتدا وضعیت لرزه‌خیزی مناطقی از ایران که فعالیت‌های سدسازی در آنها جریان دارد به اجمال مورد بحث واقع شده و در پی آن کلیاتی پیرامون زلزله‌های القایی و همچنین عوامل موثر در بروز و ظهور آنها بیان گردد. نهایتاً نمونه‌هایی از وقوع این پدیده در جریان آبگیری سدهای مختلف ارائه شده‌است.

مقدمه:

ایران با قرار داشتن در کمربند زلزله‌خیز آلپ ـ هیمالیا، از نظر خطر زمین‌لرزه از جمله کشورهای آسیب‌پذیر جهان به شمار می‌رود. ثبت زلزله‌های بسیار در این سرزمین و نیز لرزشهای بزرگ در هر ۱۰ سال، بیانگر اهمیت مبحث زلزله و نیز خسارتهای جانی و مالی حاصله می‌باشد، به گونه‌ای که زلزله همنشین مردمان ایران زمین است. حرکت صفحات تکتونیکی از جنوب شرق و جنوب غرب به زیر پوسته ایران باعث انباشت انرژی می‌گردد که آزاد شدن این انرژی‌ها موجب وقوع زلزله در ایران می‌شود. از این رو هرگونه تلاش برای کاهش خسارتهای ناشی از زلزله چه از نظر جانی، اقتصادی و سیاسی مغتنم است، به خصوص در مملکت ما که وقوع زلزله‌های نه چندان بزرگ باعث تلفات و خسارات فراوانی می‌گردد، به نحوی که این امر حیثیت مهندسی و ساخت و ساز در کشور ما را زیر سؤال برده‌است. براین اساس با دخالت دادن عوامل لرزه‌خیزی‌نواحی‌گوناگون در توزیع سکونتگاه‌های انسانی و مراکز مهم تولیدی و اقتصادی و یا با وضع مقررات ایمنی متناسب با خطر زمین‌لرزه، می‌توان از تلفات و خسارات ناشی از زلزله که پدیده‌ای اجتناب‌ناپذیر می‌باشد، کاست.

اخیراً مجامع و کارشناسان بین‌المللی سدسازی توجه‌ویژه‌ای‌را نسبت به مبحث زلزله‌های القایی[1] نشان داده‌اند. احداث سدها به علت ارتفاع زیاد و در نتیجه ذخیره آب و رسوبات زیاد در مخزن پشت سدها می‌تواند با ایجاد تغییر در وضعیت تنش پوسته زمین خصوصیات لرزه‌خیزی منطقه را تحت‌تأثیر قرار دهد. در این تحقیق زلزله‌های القایی ناشی از پر شدن دریاچه پشت سدها مورد بررسی قرار گرفته‌است.

1- Induced Seismicity.

۱- گسل و سدها

شکستگی‌های پوسته جامد زمین که در راستای آنها جابه‌جایی نسبی روی می‌دهد، گسل[1] نامیده می‌شود. حرکت برشی دو سوی گسل که از سطح زمین تا عمق زیاد ادامه می‌یابد، به سبب انباشته‌شدن تنشهای ناشی از حرکت صفحات تکتونیکی نسبت به یکدیگر و جنبشهای درون گوشته بالایی زمین رخ می‌دهد.

به دلیل پراکندگی گسل‌ها در اکثر مناطق کوهستانی ایران که محل مناسب احداث سدها و نیروگاهها است، ساختگاه بسیاری از سدها بر روی چنین مناطقی می‌باشد که مناطق آذربایجان، زاگرس و خوزستان از مهمترین این مناطق بوده و به طور اجمالی لرزه‌خیزی این مناطق مورد اشاره قرار می‌گیرد.

۱-۱- لرزه زمین ساخت منطقه آذربایجان

منطقه آذربایجان از دیدگاه تقسیم‌بندی‌های لرزه‌زمین ساختی، ادامه شمال‌غربی زون ایران مرکزی می‌باشد که در آن سنگهای آتشفشانی و نهشته‌های دوران سنوزوئیک از گستردگی بالایی برخوردار است و از گسترده‌ترین مناطق لرزه زمین ساختی ایران است. منطقه آذربایجان فعال‌ترین بخش این زون است که با داشتن گسل‌های لرزه‌خیز از سایر بخشهای آن متمایز گردیده‌است و از مهمترین گسل‌ها می‌توان به گسل شمال تبریز با طول حداقل ۹۰ کیلومتر و گسل سلماس با طولی در حدود ۲۰ کیلومتر اشاره نمود.

۱-۲- لرزه زمین ساخت منطقه زاگرس

از دیدگاه لرزه زمین ساختی این منطقه در درون زون لرزه زمین ساختی سنندج ـ سیرجان و زاگرس قرار می‌گیرد که برخی از پژوهشگران هر دو زون را در پیوند با یکدیگر نیز دانسته‌اند. راندگی‌های شمال‌غربی ـ جنوب‌شرقی موجود در این زون باعث وقوع زلزله‌های بزرگی در این مناطق شده‌است. از مهمترین گسل‌های این منطقه می‌توان به گسل زاگرس به طول ۱۵۰۰ کیلومتر و گسل آوج به طول حدود ۶۰ کیلومتر اشاره نمود.

۱-۳- لرزه زمین ساخت منطقه خوزستان

از دیدگاه لرزه زمین ساختی این منطقه در بخش زیر گسل‌های زاگرس چین‌خورده و زاگرس کوهپایه قرار می‌گیرد. مرز بین این دو ناحیه، گسل لبه کوهستان است که سبب متمایزشدن این دو ناحیه گردیده و با جنبشهای خود، زلزله‌های بزرگی را ایجاد نموده‌است. به عنوان نمونه می‌توان به گسل لهباری به طول حدود ۱۵۰ کیلومتر و گسل مسجدسلیمان به طول حدود ۳۰ کیلومتر اشاره کرد.

با توجه به موارد فوق‌الذکر مشاهده می‌گردد که محل احداث اکثر سدهای کشور ما در مناطق لرزه‌خیز واقع شده‌است. براین اساس لزوم مطالعات دقیق‌تر از حساسیت ویژه‌ای برخوردار است.

۲- زلزله‌های القایی

تأثیر آب بر روی سازه‌های عمرانی در اکثر مواقع تأثیری منفی بوده‌است، به گونه‌ای که همواره آب‌بندی نمودن و فرار از آب از مهمترین مسائل مهندسی عمران و به خصوص ژئوتکنیک می‌باشد. همانگونه که افزایش فشار آب منفذی باعث کاهش تنش موثر در خاک و در نهایت در

1- Fault.

صورت وجود شرایط مناسب باعث ایجاد پدیده روانگرایی می‌گردد، نفوذ آب در درزهای موجود میان سنگها باعث افزایش فشار آب منفذی و تغییر وضعیت تنش در سنگ و کاهش تنش کل به تنش موثر می‌شود. این امر سبب می‌گردد تا لایه‌های ضعیف و هوازده در امتداد درزها و نیز گسلها دچار شکستگی شده که اثرات این تغییر شکلها در سطح زمین، به صورت لرزشهای خفیف و یا حتی قوی بروز می‌کند. مطالعات صورت‌گرفته در مناطق نزدیک چندین سد بزرگ در دنیا نشان‌دهنده این مطلب است که در صورت وجود شرایط مناسب، آبگیری دریاچه پشت سدها، تخلیه مخازن سدها، تخلیه رسوبات و نیز تغییرات سطح آب در آنها با توجه به تغییرات بارهای موجود باعث تغییر در تعادل پوسته زمین و نیز لرزه‌خیزی این مناطق شده‌است و در بعضی موارد باعث ایجاد زلزله‌های القایی گردیده‌است. تعدادی از اینگونه زلزله‌ها به علت شتابهای بالایی که ایجاد کرده‌اند خسارتهای قابل ملاحظه‌ای را نیز باعث شده‌اند. به نظر می‌رسد زلزله‌های القایی بیش از آنکه به وزن مخزن مربوط باشد ناشی از افزایش فشار آب منفذی در سنگهای زیرین می‌باشد.

در مورد زلزله‌های القایی می‌توان موارد ذیل را مدنظر قرار داد:

- نفوذ آب در لایه‌های کم‌عمق سنگی پوسته زمین باعث افزایش فشار آب منفذی و در نتیجه کاهش تنش در اینگونه سنگها می‌شود. این کاهش تنش باعث ایجاد تغییر شکل و جابجایی‌هایی می‌گردد که می‌تواند موجب افزایش لرزه‌خیزی منطقه و نیز در بعضی موارد باعث وقوع زلزله گردد.
- ایجاد مخزن‌های بزرگ پشت سدها علاوه بر افزایش خطر لرزه‌خیزی، حتی می‌تواند منجر به وقوع زلزله‌های بزرگ نیز بشود، لذا این امر احتمال وقوع زلزله حتی در مناطق غیرزلزله‌خیز را نیز نشان می‌دهد.
- احتمال رخ دادن زلزله در گسلهای امتداد لغز و معکوس بیشتر است.
- در حین اولین دوره آبگیری دریاچه پشت سد، در صورتی که پس از دوره‌ای طولانی ارتفاع آب دریاچه سد افزایش قابل ملاحظه‌ای پیدا کند و نیز ارتفاع زیاد آب پشت بدنه سد و مدت زمان مربوطه می‌تواند باعث ایجاد لرزش در منطقه گردد. لازم به ذکر است که واکنش زمین به صورت سریع و آنی نمی‌باشد و زمانی برای انتقال از طریق درزها و شکافها به طبقات زیرین و افزایش فشار آب منفذی، لازم است.
- همانگونه که وجود درزها و گسلها در مناطق احداث سد می‌تواند از جهات گوناگون ایجاد مشکل نماید، نفوذ آب در سطوح درزها و گسیختگی‌ها باعث تشدید ضعف سنگها در این مناطق و ایجاد شرایط مساعد برای جابجایی لایه‌ها می‌گردد. وجود درزها در زیرمخزن سد نیز باعث نفوذ آب به لایه‌های پایین‌تر و افزایش فشار آب منفذی در آن مناطق و در نتیجه کاهش پایداری و در بعضی موارد منجر به وقوع زلزله می‌گردد.
- وجود سنگهای هوازده و به طور کلی سنگهایی که قابلیت نفوذپذیری بالایی

داشته‌باشند با عبور آب از خود، باعث افزایش فشار آب منفذی می‌گردند.

- خالی شدن و پر شدن متناوب دریاچه مخزن می‌تواند باعث لرزه‌خیزی منطقه گردد.
- زلزله‌های القایی معمولاً کم‌عمق بوده و از عمق ۱۰ کیلومتری تجاوز نمی‌کنند.
- اگر آبگیری سد در طی زمان طولانی صورت بگیرد، این احتمال وجود دارد که از شدت چنین زلزله‌هایی کاسته شود.
- احتمال وقوع زمین‌لرزه‌های القایی در فواصل نزدیک به مخزن دریاچه سد بیشتر است.
- احتمال وقوع زمین لرزه‌های القایی در محل گسلها بیشتر است.
- زلزله‌های القایی می‌تواند در انواع گسلها و حتی در سنگهایی که با مارن سیمانته شده‌اند اتفاق بیفتد. نمونه این حالت در سد Mangla در پاکستان دیده شده‌است.
- در صورتی که گسل فعالی در مخزن پشت سد وجود داشته‌باشد، در اثر تغییر تراز آب دریاچه پشت سد، تحت تأثیر قرار خواهد گرفت.

۲-۱- مواردی از زلزله‌های القایی

الف ـ منطقه سفیدرود

پیش از احداث سد سفیدرود، در منطقه سد و نواحی اطراف آن زمین‌لرزه قابل توجهی گزارش نشده‌بود. مطالعه لرزه نگاشتهای سد سفیدرود نشان‌دهنده این مطلب است که از آغاز ساخت سد همه ساله نزدیک به ۱۲۰ زلزله خفیف ثبت شده‌است. حداکثر مرکز این زلزله‌ها، ۴۰ کیلومتری محل سد و شدت مطلق اغلب آنها کمتر از ۲ درجه در مقیاس ریشتر بوده‌است. تعداد این زلزله‌ها که در ماه، بین ۵ تا ۱۵ متغیر بوده به طور قابل توجهی از تغییرات ارتفاع آب دریاچه سد تبعیت نموده‌است. بطوری که در زمانی که سطح آب دریاچه پایین بوده، تعداد کمی زلزله در منطقه ثبت گردیده و با افزایش مقدار آب مخزن، تعداد زلزله‌های بیشتری به وقوع پیوسته است، اما دو ماه پس از رسیدن آب به حداکثر رقوم سالیانه، زمین‌لرزه‌ای به شدت V درجه مرکالی در فاصله کمتر از ۱۰ کیلومتری سد به وقوع پیوست که خود زلزله و پس‌لرزه‌های آن از نظر تعداد و شدت، بی‌سابقه گزارش شده‌است.

ب ـ منطقه آسوان (Aswan)

در دهه ۱۹۷۰ سدی خاکی بر روی رودخانه نیل (طول رودخانه نیل در حدود ۱۶۰۰۰ کیلومتر می‌باشد) در ۱۰ کیلومتری جنوب Aswan با ارتفاع ۱۱۱ متر، ۳۸۳۰ متر طول تاج و طول خاکریز ۳/۶ کیلومتر احداث گردید. مخزن این سد با طول تقریبی ۳۰۰ کیلومتر به نام دریاچه ناصر نامیده‌شد. به منظور جلوگیری از زیر آب رفتن، یکی از اهرام باستانی در ساخت سد جابجا شد. ظرفیت این مخزن برابر $1/64\times10^{11}$ مترمکعب می‌باشد. آبگیری این سد از سال ۱۹۶۴ آغاز گردید و در نوامبر ۱۹۸۷ به ارتفاع ۱۷۷/۵ متر رسید. معمولاً زمان حداکثر رقوم آب در مخزن در ماههای اکتبر و نوامبر می‌باشد و پس از آن تا ماه ژولای به پایین‌ترین رقوم آب در مخزن می‌رسد. تغییرات معمول در سطوح تراز آب در حدود ۴ تا ۵ متر می‌باشد. در

۱۴ نوامبر ۱۹۸۱ زلزله‌ای به بزرگی (M_L = ۵/۶) در منطقه Aswan احساس شد. عمق کانونی این زلزله در اعماق کم و در حدود ۶۰ کیلومتری سد بزرگ Aswan ثبت گردید و این زلزله دارای چند پیش‌لرزه و هزاران پس‌لرزه بود. در منطقه Aswan شدت زلزله برحسب مرکالی برابر VI تخمین زده‌شد. در اثر این زلزله تنها تعدادی ساختمان قدیمی فرو ریخت و به سد و سازه‌های متعلق به آن آسیبی وارد نشد. نکته جالب توجه آن بود که در منطقه Aswan طی ۱۰۰۰ سال گذشته آن زلزله‌ای ثبت نشده‌بود و ازاین‌حیث‌جزءمناطق لرزه‌خیز به شمار نمی‌رفت. براین اساس دلیل وقوع زلزله مذکور، آب جمع شده در مخزن پشت سد عنوان گردید. لازم به ذکر است سنگهای ماسه‌ای اطراف رودخانه نیل بسیار متخلخل گزارش شده‌بود که خود این امر باعث نفوذ آب به داخل درزها و شکافها و افزایش فشار آب منفذی گردیده‌بود. چنانچه پس از شروع آبگیری مخزن سد، شتاب نگاشتها لرزشهای بسیار خفیفی را در حدود (M>2.5) گزارش می‌کردند.

ج ـ سد نورک (Nurek)

سد نورک در ۷۰ کیلومتری پایین دست رودخانه Vakhsh احداث شده‌است. زمان آغاز ساخت این سد در سال ۱۹۷۲ بوده‌است. Simpson و Negmatullaev در سال ۱۹۸۱ زلزله‌های ثبت شده را به دو بخش قبل از آبگیری (۱۹۷۰-۱۹۶۰) و پس از آبگیری (۱۹۷۸-۱۹۷۰) تقسیم کردند. بررسی‌ها نشان دادکه بزرگترین زلزله القایی در منطقه Nurek، برابر M = 4.6 بوده‌است. از سال ۱۹۶۰ تا سال ۱۹۷۱ تعداد متوسط زلزله‌ها در سه ماه، ۲۶ مورد و در سال ۱۹۷۱ در هر سه ماه ۴۰ مورد و در آخرین سه ماهه سال ۱۹۷۲، تعداد ۱۳۳ مورد به ثبت رسید.

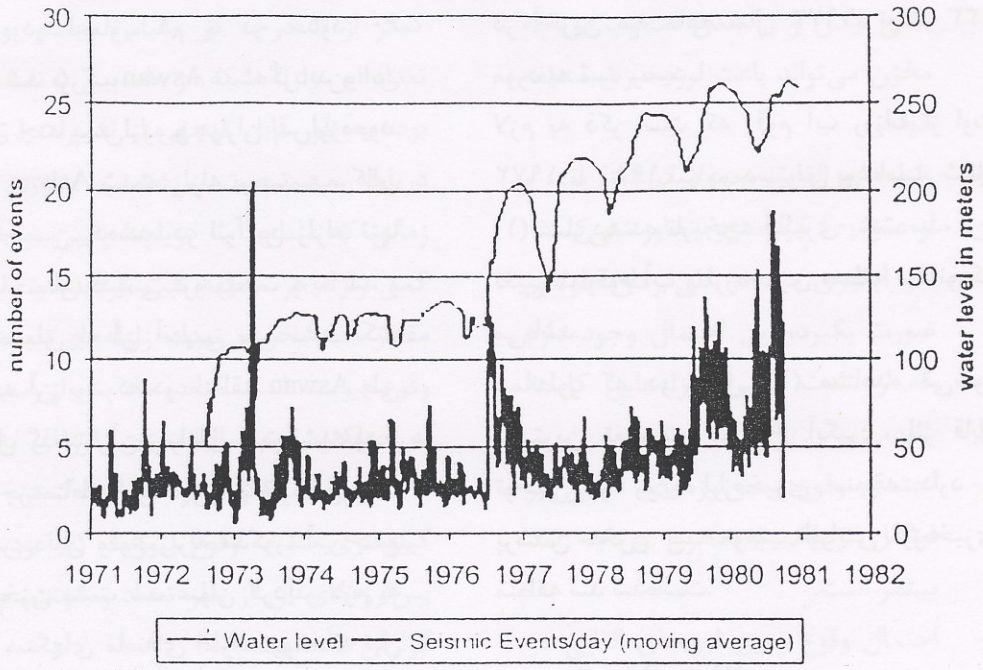
لازم به ذکر است که رقوم آب روزانه از اوت ۱۹۷۲ تا ۱۹۸۱ نیز در دسترس بوده‌است. شکل (۱) نشان‌دهنده تاریخچه آبگیری پشت سد، نرخ تغییرات رقوم آب و لرزه‌خیزی منطقه سد نورک می‌باشد.

همانطور که در شکل (۱) مشاهده می‌شود بیشترین تغییرات در نرخ آبگیری، اثر قابل توجهی بر روی لرزه‌خیزی منطقه دارد و پرشدن مخزن سد موجب افزایش لرزه‌خیزی منطقه سد شده‌است.

د ـ سد کوینا (Koyna)

سد کوینا در کشور هند قرار دارد. ارتفاع این سد در حدود ۱۰۳ متر و حجم مخزن آن ۲/۷ میلیارد مترمکعب می‌باشد. قبل از احداث سد، منطقه به مدت حدود ۱۰۰ سال فاقد آثار زلزله بوده‌است. اما با آغاز آبگیری مخزن سد در سال ۱۹۶۲، زلزله‌هایی به وقوع پیوست و در سال ۱۹۶۷ مهمترین زلزله این منطقه تا شدت حدود ۶ ریشتر در مرکز زلزله رخ داد. شتاب‌سنجهای درون سد، شتاب‌سنجی را تا ۰/۵g و مدت لرزش را ۵ ثانیه نشان دادند.

از موارد دیگر می‌توان به سد کرماست (Kremasta) در یونان با ارتفاع ۱۴۷ متر و حجم مخزن ۴/۸ میلیارد مترمکعب اشاره نمود که پس از آبگیری در سال ۱۹۶۶، زلزله‌ای با شدت حدود ۶/۳ ریشتر در فاصله ۲۰ کیلومتری از مخزن اتفاق افتاد و یا می‌توان به سد کاریبا



شکل (۱)

(Kariba) به ارتفاع حدود ۱۲۸ متر و حجم مخزن ۱۷۵ میلیارد مترمکعب در زامبیا اشاره شد که طی سال‌های ۱۹۷۱-۱۹۵۶ آبگیری شد. نکته جالب توجه این است که وقوع زلزله‌ها با تداوم آبگیری مخزن سد، همخوانی داشته‌است، به طوری که حداکثر شدت زلزله حدود ۶/۳ ریشتردرهنگامی اتفاق افتاد که سطح تراز آب به حداکثر مجاز خود رسیده‌بود. موارد دیگر سد Kurobe در ژاپن، Hoover در آمریکا، Manic در کانادا و Hsinfengkiang و Talbingo در استرالیا را می‌توان بر شمرد که برای مثال در مورد اخیر، ۱۳ سال قبل از ساخت سد مذکور یک زلزله اتفاق افتاده‌بود اما پس از ساخت و آبگیری سد، بیش از یکصد زلزله در طی ۱۵ ماه به وقوع پیوست و هنگامی که سطح آب دریاچه به حداکثر خود رسید، حداکثر شدت زلزله به قدرت ۳/۵ ریشتر در نزدیکی محل سد، به وقوع پیوست.

۲-۲- تقسیم‌بندی مناطق براساس پدیده زلزله القایی

براساس تجربیات موجود، در بعضی از نواحی که سدهای بزرگ و مخازن عظیم ایجاد شده‌است، هیچگونه زمین‌لرزه‌ای اتفاق نیفتاده است که این مناطق از نقطه‌نظر زلزله القایی، بی‌اهمیت هستند. در بعضی از نقاط، زمین‌لرزه‌هایی در حد کم مشاهده شده‌است. تناوب وقوع این نوع زلزله‌ها با بالا آمدن سطح تراز آب پشت سد افزایش می‌یابد و پس از رسیدن سطح آب به حداکثر تراز خود، تعداد و شدت زلزله‌ها افزایش یافته‌است. مطالعات انجام شده در مورد سد لار این مطلب را تأیید می‌نماید. لازم به ذکر است

که این نوع زلزله‌ها مشکل پایداری ایجاد نمی‌کنند. در نوع دیگری از زلزله‌های القایی، پس از آغاز آبگیری سد، زمین‌لرزه‌های کم‌اتفاق می‌افتد و تناوب و شدت آنها با افزایش تراز آب تا رسیدن به یک حد خاص افزایش می‌یابد. معمولاً هنگامی که ارتفاع آب و یا حجم آب مخزن به حدی برسد زلزله‌ای شدیدتر به وقوع می‌پیوندد و پس از آن، زلزله‌های خفیف شروع و نهایتاً قطع می‌شود. اینگونه زلزله‌ها از اهمیت بیشتری برخوردارند.

از سوی دیگر مشاهدات موجود نشان می‌دهد که احداث بسیاری از سدها باعث ایجاد زلزله‌های القایی نشده‌است و در بعضی موارد، احداث سد، لرزه‌خیزی منطقه را نیز کاهش داده‌است که دلیل این‌امر، افزایش تنش بر لایه‌های سطحی و بسته‌شدن درزهای سنگها و افزایش پایداری آنها می‌باشدکه‌نمونه‌این مورد، سد Tarbela می‌باشد.

۳- نتیجه‌گیری

با توجه به قرارگیری سرزمین ایران در مناطق لرزه‌خیز دنیا، توجه خاص به مسأله زلزله‌های القایی در مورد مناطق احداث سدهای بزرگ کشور، ضروری به نظر می‌رسد. از سوی دیگر بعضی مشاهدات حاکی از آن است که احداث سدها باعث کاهش لرزه‌خیزی آن مناطق شده‌است. نکته قابل توجه آن است که با توجه به لرزه‌خیزی ایران، تشخیص زلزله‌های القایی از زلزله‌هایی که روزانه به وقوع می‌پیوندند، مشکل به نظر می‌رسد. براین اساس زمینه مطالعات بیشتر و گسترده‌تر، پیش‌روی جامعه مهندسی کشور قرار دارد.

۴- مراجع

1- Baranova, V., Viadut, T., and Mustaqeem, A., "An experimental approach to mitigate the risk of Reservoir Seismicity for the Rogun Dam, Tajikistan." Conference of Canadian Society of Exploration Geophysicists, 2000.

2- Simpson, D.W, and Negmatallaev, S., 1981, "Induced Seismicity at Nurek Reservoir, Tajikistan, USSR, "BULLETIN of THE SEISMOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA; Vol.71, No.5, PP.1561-1586.

۳- مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران، پهنه‌بندی خطر نسبی زمین‌لرزه در ایران، ۱۳۷۶.

۴- دکتر محمود وفاییان، سدهای خاکی، انتشارات‌جهاددانشگاهی‌دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۷۷.

۵- دکتر حسین معماریان، زمین‌شناس مهندسی‌و ژئوتکنیک، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۱.

۶- مسعودپیمان،جوادپورصدرا....،ویژگیهای طرح‌تجهیزسدهای‌کشوربه دستگاههای لرزه‌نگاری‌و شتاب‌سنجی، اولین سمینار سدسازی ایران، ۱۳۶۶.

۷- نشریه شماره ۱۵ کمیته ملی سدهای بزرگ‌ایران، سدو محیط زیست، ۱۳۷۶.

آقای مسعود عامل سخی دارای لیسانس مهندسی عمران - عمران از دانشگاه ارومیه و فوق‌لیسانس مهندسی عمران - ژئوتکنیک از دانشگاه صنعتی اصفهان می‌باشد. ایشان ۳ سال سابقه تجربه کاری دارند که یکسال آن در قدس‌نیرو بوده‌است. زمینه فعالیت و علاقمندی آقای عامل‌سخی در زمینه ژئوتکنیک لرزه‌ای و طراحی مسیر می‌باشد.

Mamel sakhi@ghods-niroo.com

سیستمهای تحریک ژنراتورهای سنکرون

مجتبی طاهری اسبق

کارشناس برق کارگاه سهند ـ مدیریت مهندسی نیروگاههای بخاری

چکیده:

ژنراتورهای سنکرون منابع اصلی تأمین انرژی در شبکه قدرت می‌باشند و سیستم تحریک یکی از بخش‌های اساسی آنها محسوب می‌گردد. در این مقاله انواع سیستمهای تحریک مورد استفاده در نیروگاههای جدیدالاحداث بطور اجمالی معرفی شده، سپس ضمن ارائه توضیحات مختصر در مورد اجزاء تشکیل‌دهنده آنها، بین انواع مختلف سیستمهای فوق‌الذکر مقایسه بعمل آمده‌است.

مقدمه:

ژنراتورهای سنکرون، منابع عمدهٔ تأمین انرژی الکتریکی می‌باشند. یکی از اجزاء اصلی ژنراتور سنکرون، سیستم تحریک است که وظیفه آن تأمین جریان مستقیم سیم‌پیچ میدان (روتور) می‌باشد. تغییر مقدار توان راکتیو ژنراتور (Q)، توسط سیستم تحریک با تغییر جریان تحریک صورت می‌گیرد و تنظیم مقدار Q باعث تثبیت ولتاژ شبکه می‌شود. علاوه بر کنترل ولتاژ، برخی حفاظت‌های مربوط به ژنراتور نیز از طریق سیستم تحریک اعمال می‌گردد. این حفاظت مربوط به قسمتهای مختلف ژنراتور بوده و سیستم تحریک با کنترل میزان تحریک، عمل حفاظت را انجام داده و مانع از صدمه دیدن ژنراتور می‌گردد.

۱- انواع سیستم‌های تحریک

سیستم تحریک انواع گوناگونی دارد و از انواع جدید آنها می‌توان به سیستم‌های تحریک استاتیک و بدون جاروبک اشاره کرد که در نیروگاههایی که اخیراً به شبکه سراسری متصل گردیده‌اند، مورد استفاده قرار گرفته‌است.

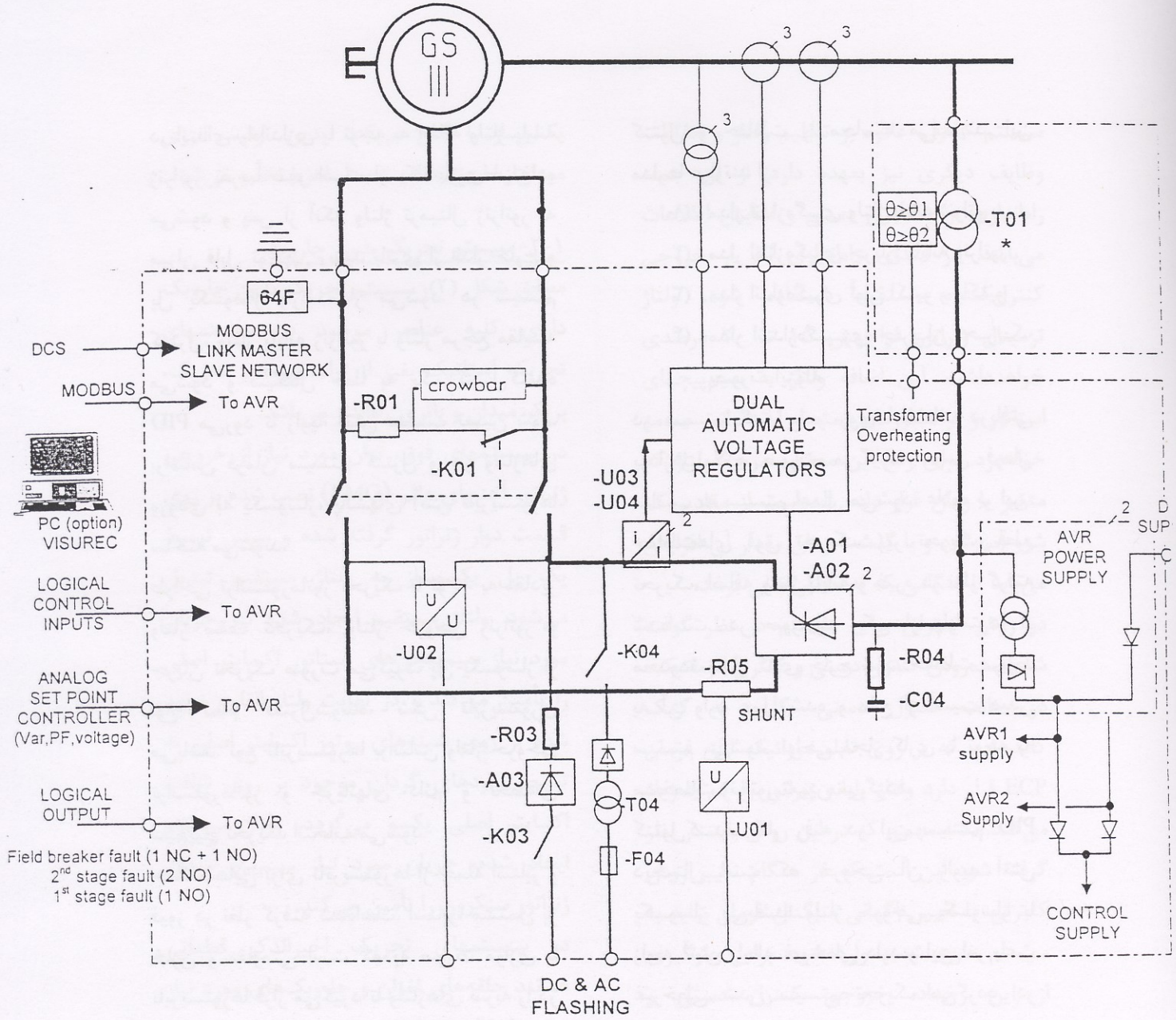
۱-۱- سیستم تحریک استاتیک

همانگونه که در شکل (۱) نشان داده شده‌است، سیستم تحریک استاتیک شامل قسمتهای اصلی زیر می‌باشد:

۱) ترانسفورماتور قدرت
۲) پل یکسوساز
۳) مدارهای اندازه‌گیری
۴) سیستم کنترل و حفاظت
۵) مدار راه‌انداز تریستورها
۶) باتری راه‌انداز

در این روش تحریک، توان مورد نیاز از خروجی ژنراتور گرفته شده و ولتاژ پایانه ژنراتور به وسیله ترانسفورماتور تحریک به سطح ولتاژ مطلوب کاهش داده می‌شود. سپس توسط یک پل یکسوساز، ولتاژ سمت ثانویه ترانس تحریک به ولتاژ مستقیم تبدیل می‌شود. ولتاژ مستقیم ایجاد شده نیز جریان مورد نیاز سیم‌پیچ میدان را تأمین می‌کند. با تغییر اندازهٔ ولتاژ مستقیم میزان تحریک تنظیم می‌شود.

سیستم تحریک و حفاظت، نیاز به اطلاعاتی از جمله جریان استاتور، ولتاژ پایانه و جریان تحریک ژنراتور دارد.



شکل (۱): بلوک دیاگرام سیستم تحریک استاتیک

مدارهای اندازه‌گیری، این اطلاعات را جمع‌آوری و پس از کالیبره کردن، در اختیار سیستمهای کنترل و حفاظت قرار می‌دهند. سیستم کنترل با توجه به مقدار ولتاژ پایانه ژنراتور، و ولتاژ مرجع فرمان لازم را به پل یکسوساز می‌دهد و مدار راه‌انداز تریستورها سیگنال فرمان را دریافت کرده و پس از تقویت و ایزوله کردن به پل یکسوساز می‌فرستد. یکسوساز، ولتاژ مستقیمی متناسب با زاویه آتش تعیین شده توسط سیستم کنترل، تولید می‌نماید. حفاظت‌های لازم با توجه به شرایط کاری و مشخصات ژنراتور، تعیین و تنظیم می‌شود.

در ابتدای راه‌اندازی با توجه به اینکه ولتاژ پایانه ژنراتور تقریباً صفر است، از یک باتری استفاده می‌شود و پس از آنکه ولتاژ ترمینال ژنراتور به میزان قابل توجهی رسید باتری از مدار خارج و پل یکسوساز وارد مدار می‌شود. در سیستم کنترل، ولتاژ پایانه ژنراتور با ولتاژ مرجع مقایسه می‌شود و سیگنال خطا به یک کنترل‌کننده PID می‌رود تا زاویه آتش مناسب تعیین شود. براساس فرمان سیستم کنترل و فاز ولتاژهای ورودی به یکسوساز، پالسهای آتش تایریستورها ساخته می‌شوند.

طراحی ترانسفورماتور تحریک با توجه به مقادیر ولتاژ سقف تحریک، ولتاژ خروجی ژنراتور و جریان تحریک صورت می‌گیرد. پل یکسوساز از نوع تمام کنترل‌شونده، شش تایریستوری می‌باشد. نوع تایریستورها براساس ولتاژ خروجی ترانسفورماتور و جریانهای دائم و لحظه‌ای سیم‌پیچ تحریک انتخاب می‌شود.

حفاظت‌هایی برای تایریستورها از جمله اسنابر و فیوز در نظر گرفته شده‌است. اسنابر، مشتمل بر خازن و مقاومتی است که به صورت موازی با تایریستورها قرار می‌گیرد تا ولتاژهای ضربه را در هنگام خاموش شدن تایریستورها از بین ببرد. با توجه به سلفی بودن بار و راکتانس نشتی ترانسفورماتور،نیازی‌به سلف محدودکننده جریان برای حفاظت تایریستورها نمی‌باشد، اما چون بار پل یکسوساز شدیداً القایی می‌باشد باید اسنابر مناسبی برای آن طراحی گردد تا ولتاژهای ضربه که در اثر خاموش شدن تایریستورها در دو سر تایریستورها بوجود می‌آید حذف گردد.

مدارهای اندازه‌گیری، براساس اطلاعاتی که از ترانسفورماتورهای نمونه‌برداری جریان و ولتاژ دریافت می‌کنند، پارامترهای مورد نیاز سیستم کنترل و حفاظت را محاسبه می‌نمایند. این مدارها عبارتند از:

۱) مدار اندازه‌گیری ولتاژ پایانه ژنراتور
۲) مدار اندازه‌گیری جریان پایانه ژنراتور
۳) مدار اندازه‌گیری توان اکتیو و راکتیو
۴) مدار اندازه‌گیری جریان تحریک بصورت ایزوله

در سیستم کنترل، بر روی اطلاعات دریافتی پردازش لازم صورت می‌گیرد. سپس فرمان مناسب به سیستم اعمال می‌شود. علاوه بر این، حفاظت‌های فوق تحریک، زیر تحریک، قطع تحریک، اضافه ولتاژ پایانه و غیره در نظر گرفته شده‌است. در صورتیکه یکی از پارامترها از محدودهٔ مجاز کاری خارج شود، حفاظت مربوط به آن وارد عمل شده و مانع از آسیب دیدن سیستم می‌شود. نواحی مجاز کاری با توجه به مشخصات ژنراتور تعیین می‌گردد.

کنترل‌کننده بکار رفته در این سیستم PID دیجیتال است که خروجی آن زاویه آتش یکسوساز می‌باشد. ولتاژ خروجی یکسوساز با زاویه آتش رابطه غیرخطی دارد و این امر باعث غیرخطی شدن سیستم تحریک می‌گردد. در سیستم غیرخطی در نقاط مختلف کاری، بهره سیستم متفاوت است. بهمین علت این امکان وجود دارد که کنترل‌کننده طراحی شده، در یک نقطه کاری پایدار باشد و در نقطهٔ دیگری سیستم را ناپایدار کند. بهمین علت در حلقه کنترلی، از یک تابع غیرمنطقی برای خطی کردن سیستم استفاده شده‌است.

مدار مولد پالس‌گیت تایریستورها، با توجه به زاویه آتش و سنکرون با ولتاژهای ورودی پل یکسوساز، پالسهای فرمان را پس از تقویت و ایزوله کردن به گیت تایریستورها انتقال می‌دهد.

سیستم کنترل، علاوه بر تنظیم ولتاژ و حفاظت وظایف دیگری نیز بعهده دارد. از آن جمله راه‌اندازی نرم، کنترل دستی و نمایش اطلاعات می‌باشد. در ابتدای راه‌اندازی اگر از خروجی کنترل‌کننده مستقیماً استفاده شود، ولتاژ ترمینال ژنراتور فراجهش ۱۵ تا ۲۰ درصدی خواهدداشت. این اضافه ولتاژ به سیم‌پیچهای استاتور و ترانسفورماتور متصل به ژنراتور صدمه خواهدزد. برای رفع این معضل، مرجع ولتاژ که متغیر با زمان قرار داده شده‌است از مقادیر کم شروع‌می‌شود و با گذشت زمان مقدار آن افزایش می‌یابد تا هنگامی که به مقدار اصلی برسد.

دو روش کنترلی برای سیستم در نظر گرفته شده‌است:روش کنترل دستی و کنترل اتوماتیک.

در حالت کنترل دستی، کاربر به کمک کلیدهایی که بر روی تابلو موزائیک اتاق فرمان ECP قرار دارد ولتاژ پایانه ژنراتور را کم یا زیاد می‌کند. نکته مهمی که در این روش باید در نظر گرفته شود این است که در هنگام تغییر روش کنترلی، با تغییر ناگهانی سیگنال فرمان نباید به سیستم ضربه شدید وارد شود. برای جلوگیری از این رخداد، خروجی کنترل دستی و کنترل‌کننده اتوماتیک باید همواره یکدیگر را دنبال کنند تا در هنگام تغییر روش کنترلی صدمه‌ای به سیستم وارد نشود.

در صورت بروز اتصال کوتاه، جریان تحریک به میزان قابل توجهی افزایش می‌یابد. در صورتیکه این جریان محدود نشود باعث آسیب دیدن تایریستورهای پل یکسوساز و سیم‌پیچ میدان خواهدشد. برای حفاظت پل یکسوساز و سیم‌پیچ میدان از مدار اهرم (Crowbar) استفاده می‌گردد. با تشخیص اتصال کوتاه مدار اهرم آتش می‌شود و همزمان بریکر میدان ورودی پل یکسوساز را قطع می‌کند. بدین ترتیب انرژی میدان‌از طریق مقاومت مدار اهرم تخلیه می‌شود.

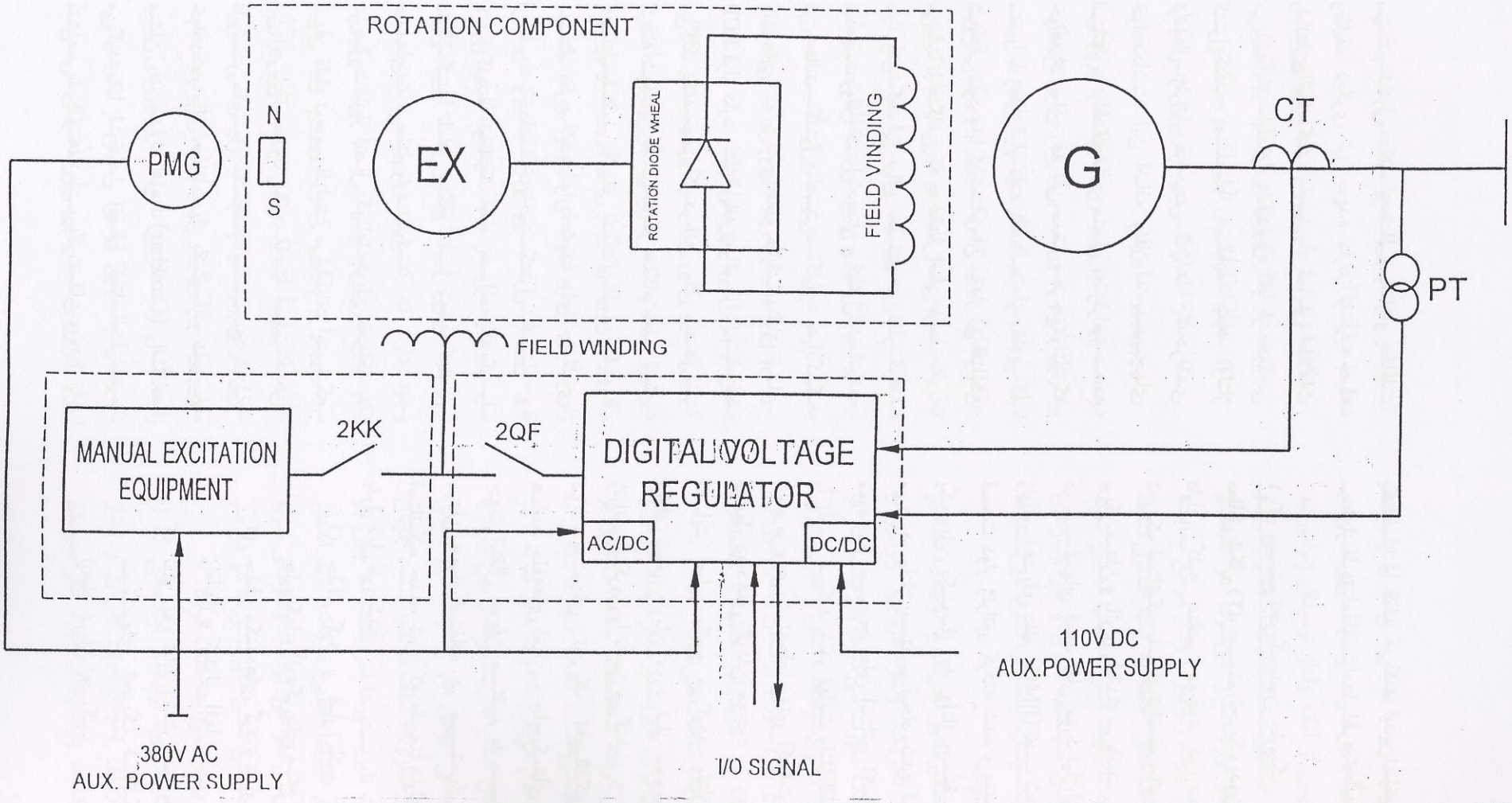
۱-۲- سیستم تحریک بدون جاروبک

مطابق شکل (۲)، سیستم تحریک بدون جاروبک دارای کلیه عناصر موجود در سیستمهای تحریک استاتیک بغیر از ترانسفورماتور تحریک، بریکر میدان و باتری راه‌انداز می‌باشد.

در سیستمهای فوق، توان مورد نیاز از خروجی ژنراتور آهنربای دائم (PMG) نصب شده بر روی قسمت دوار ژنراتور گرفته شده و سپس توسط یک پل یکسوساز به ولتاژ مستقیم تبدیل می‌شود. ولتاژ مستقیم ایجاد شده نیز جریان مورد نیاز سیم‌پیچی‌های استاتور اکسایتر اصلی را تأمین می‌کند و در نهایت ولتاژ القایی تولید شده بر روی شینه‌های روتور اکسایتر اصلی به توسط دیودهای گردان موجود بر روی شافت اکسایتر اصلی یکسو می‌گردد. ولتاژ مستقیم ایجاد شده، جریان مورد نیاز سیم‌پیچ میدان ژنراتور سنکرون را تأمین می‌کند.

در سیستمهای تحریک اخیرالذکر قطعاتی همانند حلقه‌های لغزان و جاروبک‌های مورد نیاز جهت انتقال جریان مستقیم به سیم‌پیچی‌های میدان مورد استفاده در سیستمهای تحریک استاتیک، حذف شده که طبیعتاً دارای مزایایی بقرار ذیل می‌باشد:

۱) حذف گرد و غبار ناشی از سایش جاروبکها و آلودگی‌های منتج از آن
۲) حذف مکنده‌های گرد و غبار و مدارات راه‌انداز و کنترلی آنها
۳) نیاز به توان کمتر در مقایسه با سیستمهای تحریک استاتیک جهت ایجاد جریان تحریک.



شکل (۲): بلوک دیاگرام سیستم تحریک بدون جاروبک

سیستمهای تحریک بدون جاروبک در مقایسه با سیستم تحریک استاتیک دارای زمان پاسخ کندتری می‌باشد که باعث می‌شود در تزریق توان راکتیو به سیستم کند باشد، لذا نقش این سیستم در پایداری گذرا ضعیف است. از آنجائیکه تحریک استاتیک دارای بهره بالا بوده و ثابت زمانی آن کم می‌باشد، این سیستمها قابلیت کنترل بهتر و کاربرد موثرتری در کنترل نوسانات دینامیکی دارند. با اینحال بعلت خصوصیات مذکور سیستم تحریک استاتیک می‌تواند منشأ نوسانهای فرکانس پائین در انتقال توان و در نتیجه باعث ناپایداری دینامیکی شبکه شود. بنابراین نیاز بوجود PSS در چنین سیستمهایی احساس می‌شود. سیستمهای تحریک استاتیک بعلت داشتن قسمتهای مکانیکی و گردان کمتر در مقایسه با سیستمهای تحریک بدون جاروبک، دارای هزینه تعمیرات پایین‌تری می‌باشند.

۲- نتیجه‌گیری

با توجه به مطالب ارائه شده روشن می‌گردد سیستم تحریک استاتیک در مقایسه با انواع دیگر سیستمهای تحریک دارای پاسخ سریعتری می‌باشد که این امر به بهبود پایداری گذرا کمک می‌کند. در این نوع تحریک با کوتاه شدن طول شافت امکان تشدید زیر سنکرون کاهش می‌یابد. راندمان این نوع تحریک بالاتر می‌باشد و با توجه به کاهش هزینهٔ نگهداری دارای توجیه اقتصادی خوبی برای استفاده در نیروگاههایی که قرار است احداث گردند و نیز جایگزینی سیستمهای تحریک قدیمی می‌باشد.

۳- مراجع

1- Modern power system analysis, kothai & nagrath

۲- مدارک و نقشه‌های سیستم تحریک نیروگاه برقابی کارون (۴)

۳- مدارک و نقشه‌های سیستم تحریک نیروگاه حرارتی سهند

آقای مجتبی طاهری اسبق دارای مدرک لیسانس مهندسی برق قدرت از دانشگاه تبریز بوده و جمعاً ۷ سال سابقه کار در شرکت‌های پارس ژنراتور، فراب و قدس‌نیرو دارد. زمینه فعالیت و علاقمندی آقای مهندس طاهری اسبق، تجهیزات اصلی برق نیروگاه (ژنراتور، ترانسفورماتور، باس‌داکت و ...) می‌باشد.

Mta74@msn.com

آشنایی با نیروگاه‌های هسته‌ای

رسول محرمی

کارشناس ارشد پروژه‌های کنترل کیفیت ـ مدیریت مهندسی صنایع نیروگاهی

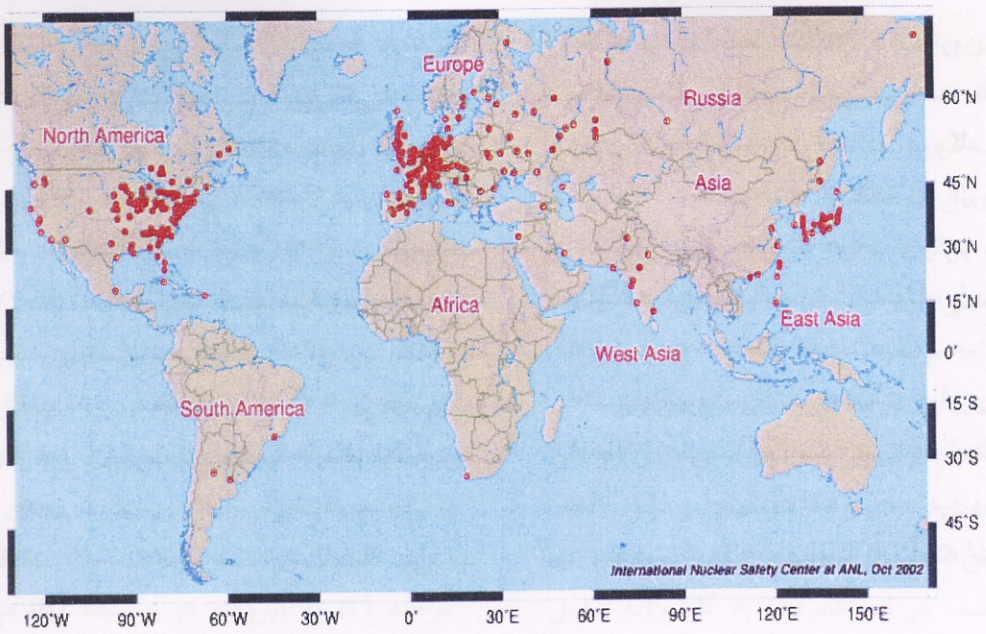
چکیده:

براساس گزارش آژانس بین‌المللی انرژی هسته‌ای نیروگاههای هسته‌ای در حدود هفده درصد برق جهان را تأمین می‌کنند. پیش‌بینی‌ها حاکی از افزایش سهم این انرژی پایان‌ناپذیر در تولید انرژی الکتریکی است. در این رابطه آشنایی صاحبنظران و مهندسین شاغل در صنایع نیروگاهی با نحوه کارکرد، قسمتهای مختلف و مزایا و معایب این نوع نیروگاه‌ها امری لازم می‌باشد. در این مقاله ابتدا جایگاه نیروگاه‌های هسته‌ای در تولید انرژی الکتریکی در جهان امروز مورد بررسی قرار گرفته و به دنبال آن نحوه کار این نوع نیروگاهها و مقایسه آن با نیروگاههای دیگر از لحاظ هزینه اولیه نصب و راه‌اندازی، نحوه تبدیل انرژی گرمایی به انرژی الکتریکی و آلایندگی محیط‌زیست نیز به طور مختصر شرح داده شده‌است.

مقدمه:

در سال ۱۹۵۱ برای اولین بار از انرژی هسته‌ای در تولید انرژی الکتریسیته استفاده شد. از آن سال تاکنون با افزایش توانایی کنترل این انرژی، سهم انرژی هسته‌ای در تولید انرژی الکتریسیته دائماً در حال افزایش می‌باشد. بطوریکه براساس گزارش آژانس بین‌المللی انرژی هسته‌ای نیروگاههای هسته‌ای در حدود هفده درصد برق جهان را تأمین می‌کنند. این میزان انرژی الکتریسیته از حدود ۴۳۵ نیروگاه هسته‌ای موجود در ۳۳ کشور تولید می‌گردد. برخی از کشورها نسبت به دیگر کشورها برق هسته‌ای بیشتری را تولید و استفاده می‌کنند. به عنوان مثال کشور فرانسه حدود هفتاد و هشت درصد و کشورامریکاحدود بیست درصد برق مصرفی خود راازنیروگاههای‌هسته‌ای‌بدست‌می‌آورد. در شانزده کشورجهان‌نیروگاههای‌هسته‌ای‌بیش‌ازیک چهارم تولید انرژی الکتریکی را برعهده دارند. هم‌اکنون بیست‌وشش‌نیروگاه‌هسته‌ای‌دریازده کشوردر حال ساخت می‌باشد. در شکل (۱) توزیع نیروگاههای هسته‌ای در جهان مشخص شده‌است. در جدول (۱) نقش نیروگاههای هسته‌ای در تولید انرژی الکتریکی برخی کشورها با هم مقایسه شده‌است.

با توجه به نقش نیروگاههای هسته‌ای در تولید انرژی الکتریکی و با در نظر داشتن اهمیت انرژی الکتریکی‌درزندگی امروزه آشنایی با این شاخه از صنایع نیروگاهی می‌تواند برای مهندسین و به ویژه مهندسین شاغل در صنعت نیروگاهی مفید باشد. امروزه‌این فناوری علاوه بر تولید انرژی الکتریکی درپزشکی،کشاورزی،صنایع غذایی و دیگر صنایع نیز بطور گسترده‌ای مورد استفاده می‌باشد. از مواردمصرف‌تکنولوژی‌هسته‌ای‌در پزشکی می‌توان به تهیه داروهای رادیو ایزوتوپ برای درمان بیماری‌سرطان و ساخت تجهیزات تصویربرداری داخلی از بدن،درکشاورزی‌وصنایع غذایی در استریل‌کردن بذر و موادغذایی، و در صنایع فلزی دربرخی از تست‌های غیرمخرب مثل رادیوگرافی جوش به عنوان منبع تشعشع اشاره کرد.



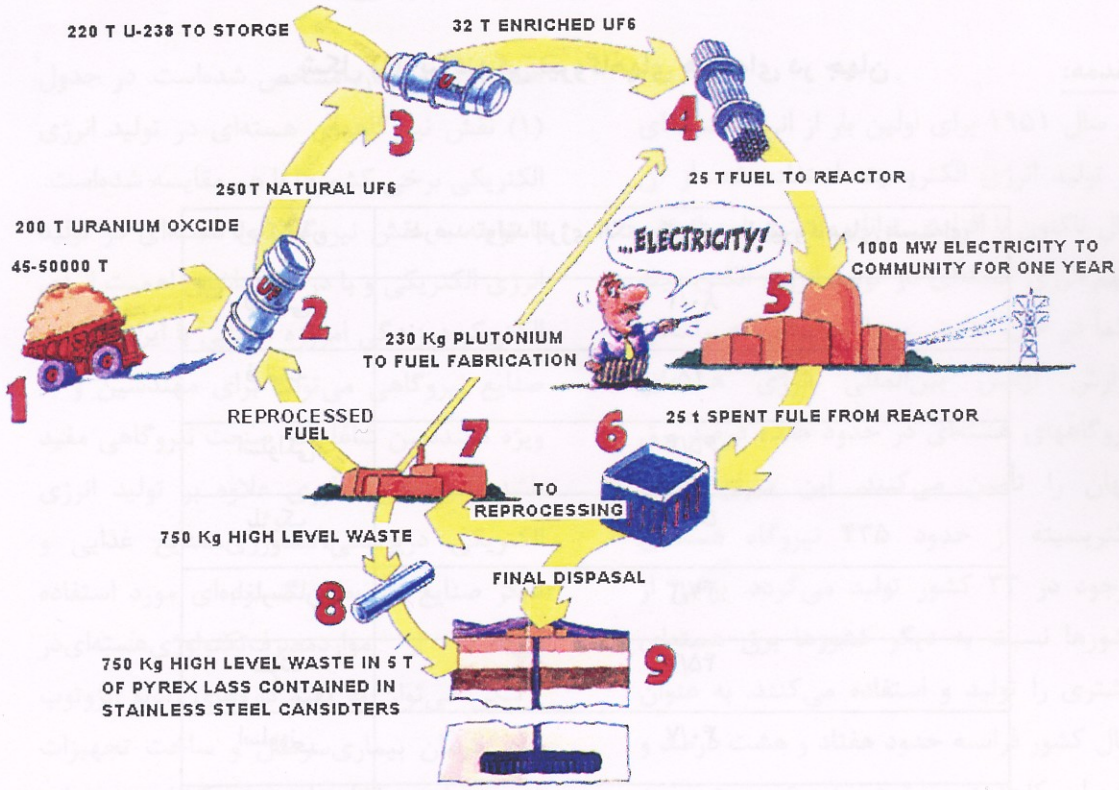
شکل (۱): پراکندگی نیروگاههای هسته‌ای در جهان

نام کشور	درصد تولید انرژی الکتریکی توسط نیروگاههای هسته‌ای
لیتوانی	۸۰/۱
فرانسه	۷۸
اسلواکی	۶۵/۴
بلژیک	۵۷/۳
بلغارستان	۴۷/۳
سوئد	۴۵/۷
اسلوونی	۴۰/۷
ارمنستان	۴۰/۵
سوئیس	۳۹/۵

جدول (۱)

۱- انرژی هسته‌ای

اورانیوم به صورت اکسید اورانیوم یکی از عناصر موجود در طبیعت می‌باشد که عمدتاً به صورت ایزوتوپهای U-۲۳۸ و U-۲۳۵ وجود دارند. ایزوتوپ U-۲۳۸ حدود ۹۹/۳٪ و ایزوتوپ U-۲۳۵ حدود ۰/۷٪ اکسیداورانیوم موجود در طبیعت را تشکیل می‌دهند. از ایزوتوپ U-۲۳۵ در تولید انرژی هسته‌ای استفاده می‌شود. یک اتم از این ایزوتوپ در برخورد با یک نوترون به دو عنصر سبک‌تر تبدیل می‌شود. حاصل این عملیات که شکافت هسته‌ای نامیده می‌شود علاوه بر دو عنصر سبکتر، دو نوترون دیگر و مقدار بسیار زیادی انرژی می‌باشد. با کنترل انرژی ایجاد شده، از آن در نیروگاه استفاده می‌شود. سوخت مورد استفاده در نیروگاههای هسته‌ای دارای ۳ تا ۵ درصد ایزوتوپ U-۲۳۵ می‌باشد. برای تهیه سوخت نیروگاه، باید بر روی اورانیوم موجود در طبیعت که به صورت اکسیداورانیوم می‌باشد، عملیات فرآوری که در اصطلاح غنی‌سازی نامیده می‌شود انجام گیرد. شکل (۲) مراحل مختلف چرخه تهیه و استفاده از سوخت نیروگاه به صورت کلی آمده است.

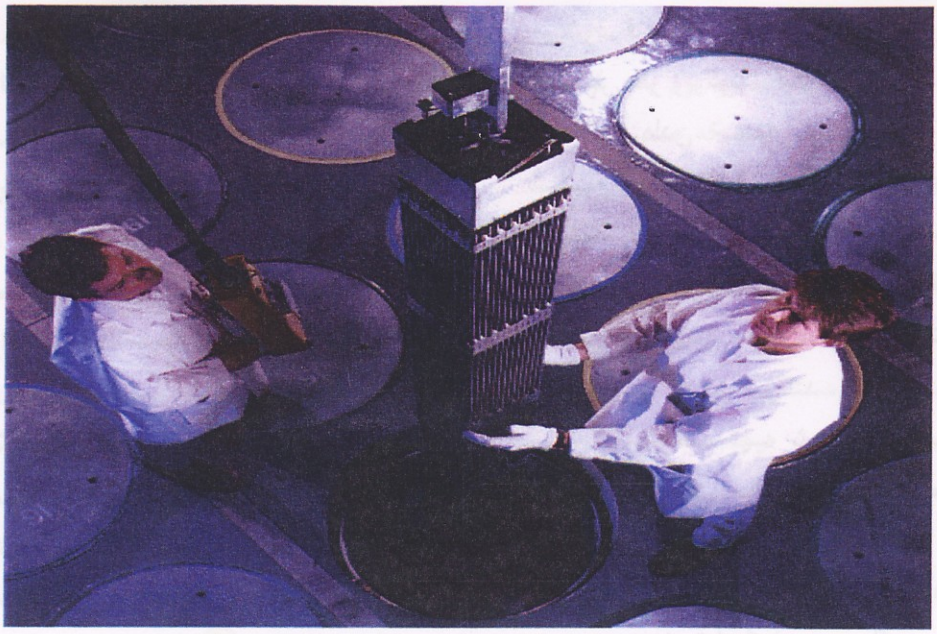


1- URANIUM MINING (URANIUM OXIDE)
2- CONVERSION TO UF6 (GAS)
3- ENRICHMENT TO 3-4% U-235
4- FUEL FARBRICATION
5- NUCLEAR POWER STATION
6- STORGE OF SPENT FUEL
7- REPROCESSING OF SPENT FUEL
8- VERIFICATION
9- FINAL DEPOSAL OF HUGH LEVEL WASTE

شکل (۲): مراحل مختلف چرخه تهیه و استفاده از سوخت هسته‌ای

با توجه به شکل (۲) می‌توان یک چرخه کامل تهیه‌و استفاده از سوخت هسته‌ای را به ۹ مرحله تفکیک کرد. ایستگاه (۱) معدن اورانیم می‌باشد که در آن موادمعدنی دارای اکسیداورانیوم به صورت ترکیب وجود دارد. در اولین مرحله از موادمعدنی برداشت شده اکسیداورانیوم U_3O_6 استخراج می‌شود و به ایستگاه بعدی منتقل می‌گردد. جهت داشتن دید بهتر می‌توان گفت که‌دریک‌معدن‌باعیار متوسط از۵۰-۴۵هزار تن موادمعدنی دارای اکسیداورانیم می‌توان حدود ۲۰۰ تن اکسیداورانیم تهیه نمود. اکسید اورانیم تهیه شده در ایستگاه (۲) به گاز UF_6 تبدیل می‌گردد به طوری که به ازای ۲۰۰ تن اکسید اورانیوم در این مرحله ۲۵۰ تن گاز فلوراید اورانیم تهیه می‌شود. در ایستگاه بعدی ۲۵۰ تن گاز UF_6 با استفاده از دستگاههای سانتریفوژ و بر مبنای نیروی گریز از مرکز غنی‌سازی‌شده‌و ایزوتوپ‌های U-۲۳۸ و U-۲۳۵ از هم جدا می‌شوند.اساس روش جداسازی دو ایزوتوپ، اختلاف در جرم آنها می‌باشد. گاز UF_6 توسط دستگاههای سانتریوفوژ در داخل محفظه‌ای با دور بسیار بالا به چرخش می‌نمایند که در این حالت نیروی گریز از مرکز ایزوتوپ سنگین‌تر را به کنار می‌راند و ایزوتوپ سبکتر U-۲۳۵ در وسط باقی می‌ماند. در طی عملیات غنی‌سازی درصد ایزوتوپهای رادیواکتیو U-۲۳۵ که قبلاً در حدود ۰/۷ درصد بود به ۳ تا ۵ درصد رسانده می‌شود. در ایستگاه (۳) از ۲۵۰ تن گاز فلوراید اورانیوم غنی نشده حدود ۳۲ تن گاز فلوراید غنی شده تهیه می‌شود که با انتقال به ایستگاه (۴) از آن ۲۵ تن سوخت نیروگاه هسته‌ای که معمولاً به شکل قرص‌های گرد می‌باشند، تهیه می‌شود. قرصهای تهیه شده در داخل میله‌هایی از جنس فلز زیرکونیم قرارداده می‌شوند. با کنار هم قرار دادن چندین میله حاوی قرصهای اورانیوم غنی شده، مجموعه سوخت تهیه می‌شود. سوخت تولید شده در مرحله (۴) به نیروگاه ایستگاه (۵) منتقل شده و بعد از قرار گرفتن در راکتور، بعنوان منبع حرارت نیروگاه کار خود را شروع می‌کند. در شکل (۳) یک نمونه از سوخت تهیه شده برای استفاده در راکتور نیروگاه در حال قرار دادن در محل خود نشان داده شده‌است. سوخت تولید شده در مرحله (۴) به نیروگاه در ایستگاه (۵) منتقل شده و بعد از قرار گرفتن در راکتور، به عنوان منبع حرارت نیروگاه کار خود را شروع می‌کند.

درایستگاه (۶) سوخت مصرف شده که زباله هسته‌ای نامیده شده و شدیداً آلوده‌کننده است، یا با شرایط مخصوصی در ایستگاه (۹) دفن می‌شود و یا در ایستگاه (۷) که مستلزم داشتن تکنولوژی‌بسیارپیشرفته‌ای‌است فرآوری می‌گردد. در ایستگاه فرآوری از باقیمانده سوخت نیروگاه مواد قابل استفاده جدا شده و جهت استفاده مجدد به ایستگاههای (۴) و (۲) ارسال می‌شود. باقیمانده مواد در ایستگاه (۷)، در ایستگاههای (۸) انبار و یا در ایستگاه (۹) دفن می‌شوند. نگهداری و دفن باقیمانده سوخت بدلیل آلوده‌کننده بودن شدید آن مشکل بوده و با تمهیدات خاصی انجام می‌شود. معمولاً برای دفن مواد آنها را در مخزنی از جنس شیشه پیرکس و فولاد زنگ نزن قرارداده و درعمق زمین قرار می‌دهند.



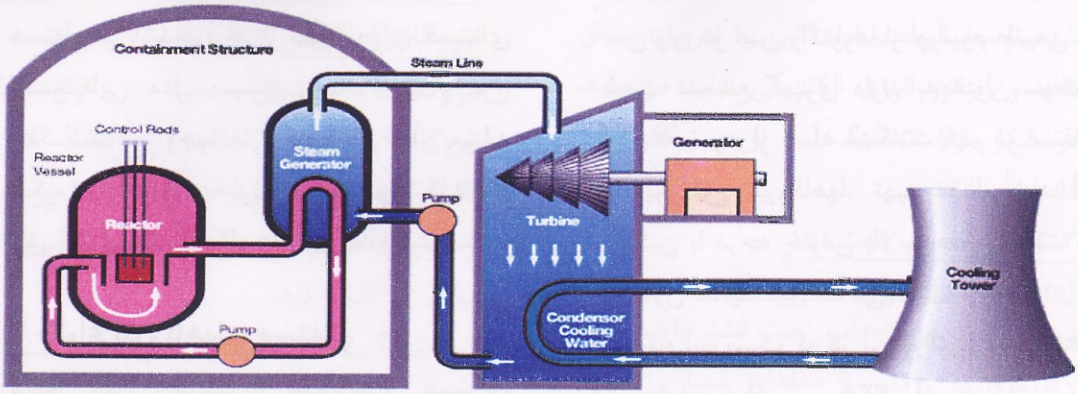
شکل (۳): سوخت‌گذاری در راکتور یک نیروگاه هسته‌ای

۲- قسمتهای مختلف نیروگاه هسته‌ای

نیروگاههای هسته‌ای از نظر کارکرد و نحوه تولید انرژی الکتریکی شبیه نیروگاههای حرارتی عادی می‌باشند. در یک نیروگاه وظیفه تأمین بخار مورد نیاز ژنراتور برعهده راکتور می‌باشد. راکتور در نیروگاههای حرارتی عادی با استفاده از گرمای اشتعال سوخت‌هایی مثل گاز یا مازوت و یا زغال‌سنگ، آب را به بخار تبدیل می‌نماید. در نیروگاههای هسته‌ای منبع ایجاد حرارت هسته‌ای دارای قسمتهای مختلفی می‌باشد که واکنش هسته‌ای کنترل شده در داخل راکتور می‌باشد. با استفاده از حرارت ایجاد شده، مثل دیگرنیروگاهها،بخارآب، تولید و استفاده می‌شود. تنها تفاوت نیروگاههای هسته‌ای با نیروگاههای حرارتی‌عادی، نحوه تولید حرارت و مسایل ایمنی مربوطبه‌آن می‌باشد. یک نیروگاه هسته‌ای دارای قسمتهای مختلفی می‌باشد که هر یک دارای وظیفه‌ای خاص هستند. قسمتهای عمده نیروگاه هسته‌ای را می‌توان در شکل (۴) مشاهده کرد.

در اغلب نیروگاه هسته‌ای دو مدار گردش سیال وجود دارد که در اصطلاح به مدار اولیه و ثانویه موسوم هستند.

مدار اولیه یعنی مداری که به مدار هسته‌ای نیز معروف است از داخل راکتور عبور می‌کند و وظیفه آن انتقال حرارت تولید شده در راکتور به مبدل‌های حرارتی و در نتیجه آن خنک‌کاری هسته راکتور می‌باشد. سیال مورد استفاده در مدار اولیه اغلب آب سبک (H_2O) یا آب سنگین (D_2O) می‌باشد ولی در برخی از نیروگاهها برای داشتن انتقال حرارت بیشتر و خنک‌کاری بهتر از سیال‌هایی مثل سدیم و پتاسیم مذاب استفاده می‌شود. بدلیل اینکه راکتور و سیستم کنترل راکتور جزء مدار اولیه می‌باشد، هرگونه اختلال در کار این مدار خطرناک می‌باشد. بدلیل نقش مدار اولیه در ایمنی کل نیروگاه و توانایی آن در ایجاد آلودگی هسته‌ای اهمیت فوق‌العاده‌ای به ایمنی این مدار داده می‌شود.



شکل (۴): قسمتهای عمده یک نیروگاه هسته‌ای

قسمتهای عمده در مدار اولیه نیروگاه عبارتند از:

۱- راکتور: وظیفه این قسمت تولید انرژی حرارتی با استفاده از سوخت هسته‌ای می‌باشد.این‌واحدمهمترین‌وحساس‌ترین قسمت یک نیروگاه هسته‌ای است.

۲- سیستم کنترل راکتور: این قسمت بر کار راکتور نظارت و کنترل دائمی داشته و وظیفه آن کنترل عملکرد و نیز جلوگیری از ایجاد اختلال در کار راکتور و قسمتهای مرتبط با آن است.

۳- پمپها: وظیفه به گردش درآوردن سیال خنک‌کاری‌درداخل‌راکتورو انتقال انرژی گرمایی به مدل‌های حرارتی را عهده‌دار است.

۴- فشارنده‌ها: این تجهیزات جهت کنترل فشار سیال در مدار به کار می‌روند.

۵- سیستم‌های لوله‌کشی: با استفاده از آن سیال‌جهت انتقال انرژی جابجا می‌شود.

مدار ثانویه وظیفه تولید و انتقال بخار به توربین‌ها را برعهده دارد. این مدار در مبدلهای حرارتی بدون تماس با سیال مدار اول، گرمای مدار اولیه را به آب منتقل کرده و بخار تولید می‌نماید. بخار تولید شده به توربین منتقل شده و باعث تولید انرژی الکتریکی در ژنراتور می‌شود. به دلیل اینکه در مدار ثانویه، سیال موجود با مواد هسته‌ای تماسی ندارد، بحث ایمنی در این مدار نسبت به مدار اولیه حساسیت کمتری دارد.

قسمتهای‌عمده در مدار ثانویه نیروگاه عبارتند از:

۱- مبدلهای حرارتی: با استفاده از این تجهیزات انرژی تولید شده در راکتور و مداراولیه به مدار ثانویه منتقل می‌شود. در این واحد بخار لازم جهت استفاده در توربینها تولید می‌گردد.

۲- پمپها: وظیفه به گردش درآوردن سیال در مدار ثانویه را بعهده دارد.

۳- سیستم‌های لوله‌کشی: با استفاده از آن سیال‌جهت‌انتقال‌انرژی‌جابجایی‌می‌شود.

۴- توربین: کار تبدیل انرژی گرمایی بخار تولیدشده‌در مبدلهای حرارتی به انرژی مکانیکی را انجام می‌دهند.

۵- ژنراتور: در این قسمت تبدیل انرژی مکانیکی خروجی از توربین به انرژی الکتریکی انجام می‌شود.

علاوه بر موارد ذکر شده که مختص نیروگاههای هسته‌ای‌می‌باشد،دربرخی‌از نیروگاههای هسته‌ای قسمت‌هایی مثل سیستم خنک‌کاری و برج خنک‌کننده‌نیز وجود دارد که هدف از آن مشابه دیگر نیروگاههای بخار می‌باشد. در شکل (۵) اتاق کنترل یک نیروگاه هسته‌ای داده شده‌است.

۳- انواع نیروگاههای هسته‌ای

تاکنون انواع مختلفی از نیروگاههای هسته‌ای توسط شرکتها و کشورهای مختلف ساخته شده‌است. این نیروگاهها در مسائلی مثل شکل ساختمان نیروگاه، نحوه کار راکتور، ایمنی و تکنولوژی مورد استفاده در قسمتهای مختلف با هم اختلاف دارند. در حالت کلی می‌توان نیروگاههای هسته‌ای را به دو نوع نیروگاه آب سنگین و نیروگاه آب سبک تقسیم نمود.

در نیروگاههای آب سنگین، از آب سنگین (D_2O) در مدار اولیه راکتور استفاده می‌شود. به علت اینکه مقاومت آب سنگین در مقابل عبور نوترون در مقایسه با آب سبک کمتر است می‌توان در این راکتورها از اورانیوم طبیعی که شدت تشعشع کمتری دارند به عنوان سوخت، استفاده نمود. از جمله مشکلات مهم در استفاده از این نوع نیروگاهها، تهیه مقدار زیاد آب سنگین با درجه خلوص بالا و حفظ کیفیت آن در طول فعالیت نیروگاه می‌باشد.

نیروگاه آب سبک که در آن اورانیوم غنی شده با ۳ تا ۵ درصد ایزوتوپ U-۲۳۵ به عنوان سوخت و از آب معمولی به عنوان سیال مدار اولیه راکتور استفاده می‌شود، به علت اینکه بیشترین تعداد نیروگاهها در جهان از این نوع نیروگاهها می‌باشند این مقاله سعی در معرفی آن دارد.

شکل (۵): نمایی از اتاق کنترل نیروگاه که وظیفه حساس کنترل فرآیند تولید انرژی الکتریکی را بر عهده دارد.

نیروگاههای آب سبک نیز دارای دو نوع عمده می‌باشندکه‌این‌دو نوع در ادامه معرفی می‌گردند.

۳-۱- نیروگاه آب جوشان (Boiling water reactors)

دراین‌نوع‌نیروگاه‌ها آب مستقیماً در داخل راکتور

گرم شده و به بخار تبدیل می‌گردد. بخار تولید شده توسط سیستم لوله‌کشی به توربین منتقل شده و ژنراتور انرژی الکتریکی تولید می‌نماید. در شکل (۶) شماتیک این نوع نیروگاه نشان داده شده است.

۳-۲- نیروگاه آب تحت فشار (Pressurized water reactors)

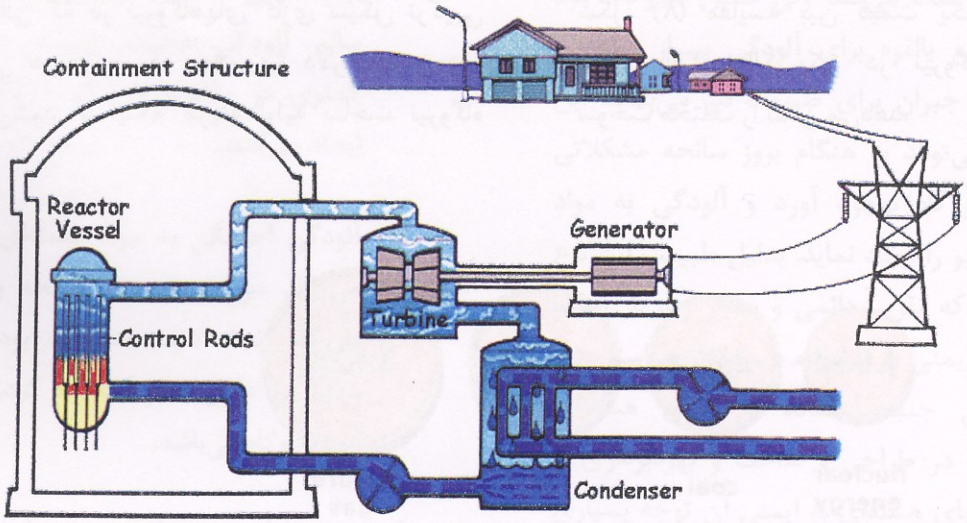
در این نوع نیروگاه آب تحت فشار بالا (حدود ۱۵۰بار)، در راکتور تا دماهای بسیار بالا گرم می‌شود. آب داغ فشار بالا توسط پمپ از راکتور به مبدلهای حرارتی منتقل می‌شود. در مبدل حرارتی حرارت آب داغ به آب یک مدار دیگر منتقل شده و باعث تولید بخار می‌گردد. بخار تولید شده در مدار دوم به توربین‌منتقل شده و صرف تولید انرژی‌الکتریکی در ژنراتور می‌گردد. در شکل (۷) شماتیک این نوع نیروگاه نشان داده شده‌است.

۴- مقایسه نیروگاههای هسته‌ای با نیروگاههای دیگر

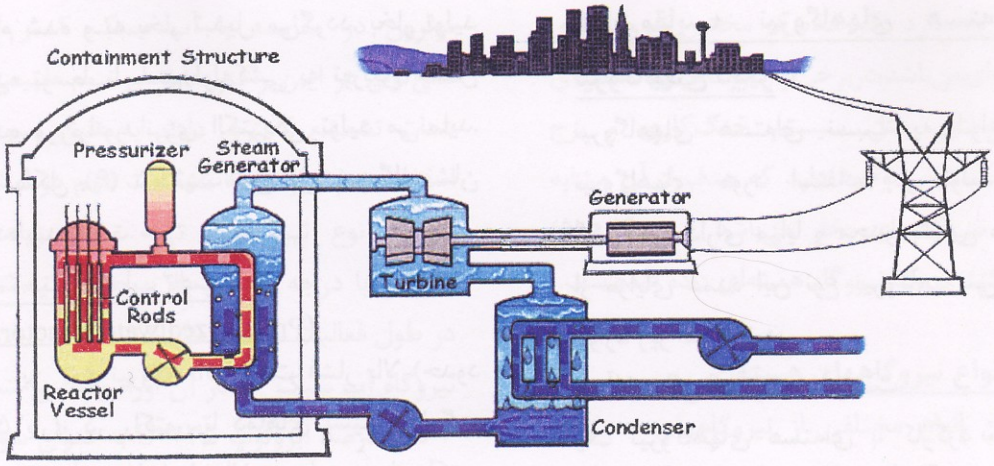
نیروگاههای هسته‌ای نسبت به انواع دیگر نیروگاههای مورد استفاده در تولید انرژی الکتریکی، دارای مزایا و محدودیتهایی می‌باشد. از مزایای عمده این نوع نیروگاهها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. آلایندگی کمتر محیط‌زیست.

یک نیروگاههای هسته‌ای با کارکرد سالم در مقایسه‌با نیروگاههای تولید انرژی الکتریکی مواد آلاینده‌کمتری وارد محیط زیست می‌کند. در نیروگاههای‌هسته‌ای‌برخلاف‌دیگر انواع نیروگاهها آلاینده‌هایی مانند محصولات ناشی از احتراق ایجاد نمی‌شود و تنها خروجی آن بخار آب می‌باشد.



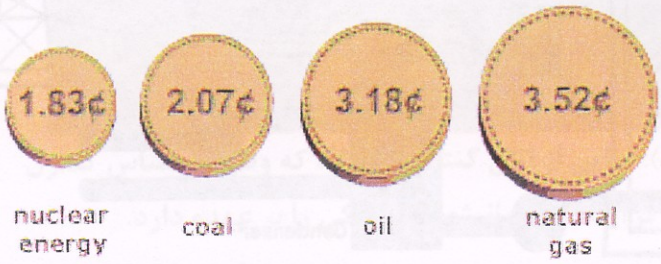
شکل (۶):شماتیک نیروگاه آب جوشان (BWR)



شکل (۷): شماتیک نیروگاه آب تحت فشار (PWR)

۲. اقتصادی بودن تولید انرژی الکتریکی

در مقایسه بین هزینه اولیه ساخت نیروگاه هسته‌ای با دیگر نیروگاهها می‌توان گفت که هزینه نیروگاه هسته‌ای به ازای هر کیلووات ظرفیت نیروگاه ۴۰۰۰-۳۰۰۰ دلار می‌باشد در حالی که در نیروگاههای گازی سیکل ترکیبی این هزینه حدود ۶۰۰-۴۰۰ دلار تخمین زده می‌شود. با اینکه هزینه اولیه ساخت نیروگاه هسته‌ای بالا است ولی به علت اینکه در طول مدت فعالیت طولانی خود هزینه‌های بعدی خیلی کمتری نیاز دارد، قیمت انرژی الکتریکی تولید شده در نیروگاه هسته‌ای در مقایسه با دیگر نیروگاههای حرارتی بسیار مناسب می‌باشد. شکل (۸) مقایسه بین قیمت یک کیلووات ساعت انرژی الکتریکی در نیروگاههایی با سوخت مختلف را نشان می‌دهد.



شکل (۸): مقایسه بین قیمت انرژی الکتریکی در نیروگاههایی با سوخت مختلف

۳. استفاده از منبع انرژی طبیعی و بی‌پایان

امروزه با علم به اینکه منبع نفت، گاز و زغال‌سنگ در سالهای آینده به اتمام خواهند رسید، استفاده از انرژی‌های پایان‌ناپذیر جزء هدف‌های جوامع انسانی شده‌است. در این میان وابستگی صنایع و بطور کلی زندگی انسانها به انرژی الکتریکی این نیاز را تشدید می‌کند. استفاده از انرژی هسته‌ای در تولید انرژی الکتریکی توسط نیروگاههای هسته‌ای راهی برای پاسخ به این نیاز می‌باشد.

هر چند استفاده از نیروگاههای هسته‌ای دارای مزیتهای زیادی است ولی مشکلات و محدودیتهای خاص خود را نیز دارا می‌باشد. از مشکلات عمده نیروگاههای هسته‌ای و شاید مهمترین مشکل آن، بحث ایمنی می‌باشد. همان‌طور که گفته شد یک نیروگاه هسته‌ای در حال کارکرد سالم، کمترین آلودگی را وارد محیط زیست می‌کند ولی همین نیروگاه خود یک منبع بالقوه برای آلودگی بسیار شدید و غیرقابل جبران برای طبیعت نیز می‌باشد. این حالت می‌تواند به هنگام بروز سانحه مشکلاتی برای نیروگاه بوجود آورد و آلودگی به مواد رادیواکتیو را ایجاد نماید. بدلیل طبیعت این نوع آلودگی که تقریباً دائمی و بسیار زیان‌بار است، موضوع ایمنی در نیروگاه هسته‌ای حساسترین و مهمترین جنبه استفاده از انرژی هسته‌ای می‌باشد. در طراحی و ساخت و بهره‌برداری از نیروگاههای هسته‌ای به ایمنی آن توجه بسیاری می‌شود، به طوری که در یک نیروگاه برای حالت‌های مختلفی که ممکن است اتفاق بیفتد مکانیزمهای مناسبی جهت جلوگیری از ایجاد سانحه تعبیه می‌شود. این مکانیزمها در مواقع بروز مشکل در کارکرد نیروگاه، فعال شده و از بروز سانحه غیرقابل کنترل جلوگیری می‌نمایند.

۵- نتیجه‌گیری

۱- نیروگاههای هسته‌ای از نظر نحوه تبدیل انرژی گرمایی به انرژی الکتریکی مشابه دیگر نیروگاههای بخار می‌باشند.

۲- تفاوت نیروگاههای هسته‌ای و دیگر نیروگاههای بخار در نحوه تولید انرژی گرمایی مورد استفاده در تولید بخار می‌باشد.

۳- نیروگاههای هسته‌ای قابلیت تولید برق با قیمت مناسب در مدت زمان طولانی را دارا می‌باشند.

۴- نیروگاههای هسته‌ای در صورت کارکرد سالم آلودگی محیط زیست بسیار کمتری در مقایسه با دیگر نیروگاهها ایجاد می‌کنند.

۵- آلودگی احتمالی به مواد هسته‌ای که می‌تواند در صورت بروز سانحه برای نیروگاه ایجاد شود خطرناک بوده و مهمترین عامل خطر استفاده کردن از این نیروگاه می‌باشد.

۶- در طراحی، ساخت و استفاده از نیروگاههای هسته‌ای احتمال بوجود آمدن سوانح طبیعی و غیرطبیعی در نظر گرفته شده و

راهکارهای مناسب برای پیشگیری از خطر بکار گرفته می‌شود.

۶- مراجع

۱- سایت www.world-nuclear.org

۲-سایت International Atomic Energy Agency

و دیگر سایتهای مرتبط

آقای رسول محرمی دارای کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک از دانشگاه صنعتی امیرکبیر بوده و از ۴ سال پیش با پروژه‌های کنترل کیفیت قدس‌نیرو همکاری دارد. آقای محرمی هم‌اکنون دانشجوی دکترای مهندسی مکانیک در دانشگاه صنعتی امیرکبیر می‌باشد. زمینه علاقمندی ایشان تکنولوژی جوشکاری و طراحی و ساخت سازه‌های جوشکاری و مخازن تحت فشار می‌باشد.

r-moharami@yahoo.com

مهندسین مشاور قدس نیرو
GHODS NIROO CONSULTING ENGINEERS

رویکرد به مدل سرآمدی EFQM

- نخستین شرکتی که موفق به دریافت گواهینامه ایزو ۹۰۰۱ در زمینه خدمات مهندسی و مشاوره ای در صنعت آب و برق در ایران گردیده است.
- شرکت کننده در دومین دوره جایزه ملی بهره وری و تعالی سازمانی

شرکت مهندسین مشاور قدس نیرو

خدمات مشاوره ،مهندسی و طراحی جزئیات ،تهیه مشخصات فنی ،نظارت عالی ،نظارت بر اجرا و راه اندازی طرحها و مدیریت اجرایی را در زمینه‌های ذیل ارائه نماید:

- نیروگاههای حرارتی (بخاری ،گازی وسیکل ترکیبی)
- پست های فشار قوی
- خطوط انتقال نیرو،شبکه های توزیع برق
- سدها و نیروگاههای برق آبی ،شبکه‌های آبیاری وزهکشی
- مطالعات زیست‌محیطی
- همکاری با کارفرمایان بصورت مدیریت پیمان
- همکاری درپروژه‌های بزرگ بصورت EPC
- همکاری درپروژه‌های بزرگ بصورت EPC و MC در صنایع مختلف بخصوص در صنعت نفت و گاز

GHODS NIROO CONSULTING ENGINEERS

GNCE provides services, details design and engineering, project management and supervisory services in the following fields:

- *Thermal Power Plants (Steam, Gas Turbine & Combined Cycle)*
- *Substation & Switch - Yards*
- *Transmission Lines& Distribution Networks*
- *Dams & Hydropower Plants, Water Transmission Lines, Irrigation& Drainage networks.*
- *Environmental Studies*
- *Cooperation with Clients in Management Contract*
- *Participation in major EPC Contracts*
- *Participation in major "EPC" and "MC" Contracts in different types of industrial areas especially in Oil and Gas.*

CERTIFICATE OF REGISTRATION

Quality Management System

This is to certify that:
Ghods Niroo Consulting Engineers
No 98, Motahari Ave
Tehran
1566775711
Iran

Holds Certificate: FS 72635
and operate a Quality Management System which complies with the requirement of BS EN ISO 9001:2000
for the following scope:
Provision of consulting and engineering services including:
Feasibility studies, Preliminary and detailed design and and preparation of tender documents and supervision over manufacturing, project execution, erection and commissioning for different kinds of power plants, HV substations, power transmission Lines and distribution networks, dam and hydro power plants, irrigation and drainage networks and environmental studies.

For and behalf of BSI
Certification Manager, Systems Assessment

Originally registered: 8 Apr 2003 Latest issue: 8 Apr 2003 Page: 1 of 1

This certificate remains the property of BSI and shall be returned immediately upon request.
To check its validity telephone +44(0)20 8996 9001 or visit www.bsi-global.com/ClientDirectory.
Further clarifications regarding the scope of this certificate and the applicability of ISO 9001:2000 requirements may be obtained by consulting the organization.
The British Standards Institution is incorporated by Royal Charter.
BSI Management Systems

Add: No.98, Ostad motahari Ave.
Tehran - 1566775711 - IRAN
Tel: 8403613 - 8416344
Telfax: 8411704
E-MAIL: INFO@GHODS-NIROO.COM
WWW.GHODS-NIROO.COM

آدرس :خیابان استاد مطهری ، چهارراه سهروردی ،شماره ۹۸
کدپستی :۱۵۶۶۷۷۵۷۱۱ - تهران
تلفن :۸۴۰۳۶۱۳-۸۴۱۶۳۴۴
فاکس :۸۴۱۱۷۰۴

تهران - خیابان استاد مطهری - جهارراه سهروردی ، شماره ۹۸، کدپستی ۱۵۶۶۷۷۵۷۱۱
تلفن : ۸۴۰۳۶۱۳- ۸۴۳۰۴۵۴ فاکس : ۸۴۱۱۷۰۴
تلگراف : شرقذس 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
CABLE : SHERGHODS NIROO IRAN - FAX : 8411704