

پیش‌نویس

راهنمای IEEE برای نوسازی نیروگاه‌های برق آبی

شهریور ماه ۱۳۹۶

ضابطه شماره ۴۴۵ - الف

پیش‌نویس

راهنمای IEEE برای نوسازی نیروگاه‌های برق‌آبی

شهریور ماه ۱۳۹۶

ضابطه شماره ۴۴۵-الف

پیشگفتار

امروزه نقش و اهمیت ضوابط، معیارها و استانداردها و آثار اقتصادی ناشی از به کارگیری مناسب و مستمر آنها در پیشرفت جوامع، تهیه و کاربرد آنها را ضروری و اجتناب ناپذیر ساخته است. نظر به وسعت دامنه علوم و فنون در جهان امروز، تهیه ضوابط، معیارها و استانداردها در هر زمینه به مجامع فنی - تخصصی واگذار شده است. با در نظر گرفتن مراتب فوق و با توجه به شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آب در ایران، تهیه استاندارد در بخش آب و آبفا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و از این رو طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور وزارت نیرو با همکاری سازمان برنامه و بودجه کشور به منظور تامین اهداف زیر اقدام به تهیه استانداردهای صنعت آب و آبفا نموده است:

- ایجاد هماهنگی در مراحل تهیه، اجرا، بهره‌برداری و ارزشیابی طرحها
- پرهیز از دوباره‌کاریها و اتلاف منابع مالی و غیرمالی کشور
- تدوین استانداردهای صنعت آب و آبفا با در نظر داشتن موارد زیر صورت می‌گیرد:
- استفاده از تخصصها و تجارب کارشناسان و صاحب نظران شاغل در بخش عمومی و خصوصی
- استفاده از منابع و مآخذ معتبر و استانداردهای بین المللی
- بهره‌گیری از تجارب دستگاههای اجرایی، سازمانها، نهادها، واحدهای صنعتی، واحدهای مطالعه، طراحی و ساخت
- توجه به اصول و موازین مورد عمل سازمان ملی استاندارد ایران و سایر موسسات معتبر تهیه کننده استاندارد استانداردها ابتدا به صورت پیش نویس برای نظرخواهی منتشر شده و نظرات دریافتی پس از بررسی تیم تهیه کننده و گروه نظارت در نسخه نهایی منظور خواهد شد.
- امید است کارشناسان و صاحب نظرانی که فعالیت آنها با این رشته از صنعت آب و آبفا مرتبط می‌باشد، با توجهی که مبذول می‌فرمایند این پیش نویس را مورد بررسی دقیق قراردادده و با ارائه نظرات و راهنمایی‌های ارزنده خود به دفتر طرح، این دفتر را در تنظیم و تدوین متن نهایی یاری و راهنمایی فرمایند.

تهیه و کنترل « راهنمای IEEE برای نوسازی نیروگاه‌های برق آبی »

[ضابطه شماره ۴۴۵- الف]

مجری: شرکت مدیریت منابع آب ایران

مترجم: رضا نژاد شرکت مدیریت منابع آب ایران فوق لیسانس مهندسی الکترونیک

اعضای گروه نظارت:

مسعود حدیدی مود مهندسین مشاور مه‌اب قدس فوق لیسانس مهندسی مکانیک
فاطمه قبادی حمزه‌خانی طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب دکتری مهندسی عمران- آب
کشور- وزارت نیرو

اعضای گروه تایید کننده (کمیته تخصصی مدیریت منابع آب طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور):

فرید استیری شرکت مدیریت منابع آب ایران لیسانس مهندسی برق
اصغر اکبری ازیرانی دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی دکترای مهندسی برق- قدرت
حسن اطاعتی شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران فوق لیسانس مهندسی مکانیک
خسرو باختری مهندسین مشاور مه‌اب قدس دکترای مهندسی انرژی
کمال الدین جعفری شرکت فراب فوق لیسانس مهندسی برق
مهرداد حاج زوار مهندسین مشاور زیستاب فوق لیسانس مهندسی عمران
مسعود حدیدی مود مهندسین مشاور مه‌اب قدس فوق لیسانس مهندسی مکانیک
فاطمه قبادی حمزه‌خانی طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب دکتری مهندسی عمران- آب
کشور- وزارت نیرو

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
۳	فصل اول - تعاریف
۵	۱-۱- نوسازی
۵	۲-۱- بهینه‌سازی
۵	۳-۱- ارتقا
۷	فصل دوم - معیارهای عمومی برای ارزیابی وضعیت نیروگاه
۹	۱-۲- ملاحظات کلی برای نوسازی
۱۰	۱-۱-۲- کاهش ضریب آمادگی واحدها
۱۰	۲-۱-۲- امکان بهبود یا اصلاح عملکرد واحدها
۱۱	۳-۱-۲- تغییر شرایط بهره‌برداری از نیروگاه یا واحدها
۱۲	۴-۱-۲- اتوماسیون نیروگاه
۱۲	۵-۱-۲- کاهش توان بهره‌برداری واحدها
۱۲	۶-۱-۲- عدم کارکرد تجهیزات مهم
۱۳	۷-۱-۲- رعایت الزامات زلزله
۱۳	۲-۲- رویکرد سیستمی در نوسازی نیروگاه
۱۵	۳-۲- مطالعات امکان‌سنجی
۱۵	۱-۳-۲- مقدمه
۱۵	۲-۳-۲- منافع و درآمدهای قابل پیش‌بینی
۱۷	۳-۳-۲- هزینه‌ها
۱۷	۴-۲- ارزیابی نیروی انسانی مورد نیاز نیروگاه
۱۹	فصل سوم - بهسازی آبراهه‌ها
۲۱	۱-۳- کلیات
۲۱	۲-۳- تلفات ناشی از نشت آب
۲۱	۱-۲-۳- دریچه‌های آبگیر نیروگاه
۲۲	۲-۲-۳- سازه‌های کنترل سیلاب
۲۲	۳-۲-۳- نشت آب از سازه‌ها

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۲۲	۳-۲-۴- نشت ناشی از واحدهای غیرفعال
۲۳	۳-۳- افت‌های هیدرولیکی
۲۳	۳-۳-۱- سیستم‌های آشغالگیر
۲۳	۳-۳-۲- تونل‌ها، کانال‌های آب بر و پن‌استاک
۲۳	۳-۳-۳- لوله مکش و پایاب
۲۴	۳-۴- ملاحظات مربوط به آبزیان
۲۴	۳-۴-۱- کلیات
۲۴	۳-۴-۲- ملاحظات نوسازی
۲۴	۳-۵- کیفیت آب
۲۴	۳-۵-۱- هوادهی به پایاب
۲۴	۳-۵-۲- کنترل دما
۲۵	۳-۶- هوای سرد
۲۷	فصل چهارم - تجهیزات قابل نوسازی
۲۹	۴-۱- کلیات
۲۹	۴-۲- توربین‌ها
۲۹	۴-۲-۱- مقدمه
۳۰	۴-۲-۲- ابزارهای کنترل و حفاظت توربین
۳۰	۴-۲-۳- تجهیزات روغن‌کاری توربین
۳۱	۴-۲-۴- سیستم روغن‌کاری یاتاقان
۳۱	۴-۲-۵- تجهیزات تشخیص خرابی خار برشی
۳۲	۴-۳- گاورنرها
۳۲	۴-۳-۱- مقدمه
۳۳	۴-۳-۲- بهبود عملکرد گاورنر
۳۳	۴-۳-۳- تبدیل گاورنر به نوع الکترونیکی
۳۳	۴-۳-۴- جایگزینی برخی از قطعات
۳۳	۴-۳-۵- جایگزینی کامل

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۳۴	۴-۴- ژنراتورها
۳۴	۴-۴-۱- مقدمه
۳۵	۴-۴-۲- ملاحظات الکتریکی سیستم
۳۹	۴-۴-۳- ملاحظات مکانیکی سیستم
۴۳	۴-۴-۴- تمیز کردن، بازرسی و آزمایش
۴۴	۴-۵- سیستم‌های تحریک
۴۴	۴-۵-۱- مقدمه
۴۴	۴-۵-۲- نوسازی
۴۴	۴-۵-۳- ادوات تکمیلی
۴۵	۴-۵-۴- جایگزینی قسمتی از تجهیزات تحریک
۴۵	۴-۵-۵- جایگزینی کامل تجهیزات
۴۶	۴-۶- خروجی‌های اصلی ژنراتور و سویچ‌گیر
۴۶	۴-۷- تجهیزات زمین کردن نقطه صفر ژنراتور
۴۷	۴-۸- ترانسفورماتورهای اصلی
۴۹	۴-۹- تجهیزات کنترل و ابزار دقیق
۵۱	۴-۱۰- حفاظت از تجهیزات الکتریکی
۵۲	۴-۱۱- تجهیزات تولید برق کمکی
۵۴	۴-۱۲- باتری‌ها، شارژرها و تجهیزات توزیع برق مستقیم
۵۵	۴-۱۳- تجهیزات تامین برق اضطراری
۵۶	۴-۱۴- منبع تغذیه بدون وقفه (UPS)
۵۶	۴-۱۵- روشنایی
۵۶	۴-۱۵-۱- کلیدزنی
۵۶	۴-۱۵-۲- کنترل خودکار
۵۶	۴-۱۵-۳- منابع روشنایی
۵۷	۴-۱۵-۴- روشنایی اضطراری
۵۷	۴-۱۶- سیستم‌های آبرسانی

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۵۷	۴-۱۶-۱- کلیات
۵۸	۴-۱۶-۲- آب سیستم خنک کننده و سیستم آببندی محور توربین
۵۹	۴-۱۶-۳- آتش نشانی
۶۰	۴-۱۶-۴- آب شرب
۶۰	۴-۱۷- سیستم جمع آوری آب های ناشی نیروگاه
۶۱	۴-۱۸- سیستم زمین
۶۲	۴-۱۹- کابل ها و مسیرهای عبور کابل
۶۴	۴-۲۰- سیستم های گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع
۶۴	۴-۲۰-۱- کلیات
۶۴	۴-۲۰-۲- مولفه های ساختمانی
۶۵	۴-۲۰-۳- بهبود سیستم HVAC
۶۵	۴-۲۱- حفاظت در برابر آتش
۶۵	۴-۲۱-۱- سیستم اعلام حریق
۶۶	۴-۲۱-۲- سیستم های اطفای حریق
۶۷	۴-۲۲- سیستم هوای فشرده
۶۸	۴-۲۳- جرثقیل ها
۶۹	۴-۲۴- تجهیزات تصفیه روغن های روانکاری و عایقی
۶۹	۴-۲۵- تلفن یا دیگر تجهیزات ارتباطی
۶۹	۴-۲۶- حفاظت فیزیکی نیروگاه
۶۹	۴-۲۷- کارگاه مکانیک
۷۱	منابع و مراجع

فهرست جدول‌ها

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۹	جدول ۱-۲- فهرست موارد موثر در ارزیابی نیروگاه و تجهیزات مربوطه
۳۵	جدول ۱-۴- چک لیست بهسازی ژنراتور - قسمت اول
۳۶	جدول ۲-۴- چک لیست بهسازی ژنراتور - قسمت دوم
۳۶	جدول ۳-۴- چک لیست بهسازی ژنراتور - قسمت سوم
۳۷	جدول ۴-۴- نتایج حاصل از بهسازی و ارتقای ظرفیت یک ژنراتور
۳۹	جدول ۵-۴- مولفه‌های اصلی در یکپارچگی مکانیکی ژنراتور
۶۷	جدول ۶-۴- سیستم‌های هوای فشرده

مقدمه

این راهنما، شامل بخش‌هایی برای ارائه تعاریف و مراجع (مرتبط با موضوع بحث) می‌باشد. بخش‌هایی نیز برای ارزیابی شرایط و نوسازی مسیرهای عبور آب و تجهیزات نیروگاه ارائه شده است.

- دامنه

این راهنما راه‌های متفاوتی را مطرح می‌کند که بهره‌برداران نیروگاه‌های برق‌آبی باید در هنگام نوسازی نیروگاه به آن توجه نمایند. البته بایستی مطمئن شویم که در این فرآیند از بهبودهای بالقوه چشم‌پوشی نمی‌شود.

- هدف

این راهنما برای هدایت فعالیت‌های مهندسی در زمینه نیروگاه‌های برق‌آبی با هدف یاری رساندن به مهندسی در زمینه اتخاذ تصمیم و طراحی برای نوسازی این نیروگاه‌ها تهیه شده است.

- مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد به آنها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد محسوب می‌شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

1. ANSI C50.10-1990, American National Standard for Rotating Electrical Machinery—Synchronous Machines
2. ASME PTC29, Speed-Governing Systems for Hydraulic Turbine-Generator Units.
3. IEEE Std 125™, IEEE Recommended Practice for Preparation of Equipment Specifications for Speed-
4. Governing of Hydraulic Turbines Intended to Drive Electric Generators
5. IEEE Std 810™, IEEE Standard for Hydraulic Turbine and Generator Integrally Forged Shaft Couplings and Shaft Runout Tolerances.
6. IEEE Std 1010™, IEEE Guide for Control of Hydroelectric Power Plants.
7. IEEE Std 1020™, IEEE Guide for Control of Small Hydroelectric Power Plants.
8. IEEE Std 1095™, IEEE Guide for Installation of Vertical Generators and Generator/Motors for Hydroelectric Applications.
9. IEEE Std 1207™, IEEE Guide for the Application of Turbine Governing Systems for Hydroelectric Generating Units.

10. IEEE Std 1248™, IEEE Guide for the Commissioning of Electrical Systems in Hydroelectric Power Plants.
11. IEEE Std 1249™, IEEE Guide for Computer-Based Control for Hydroelectric Power Plant Automation

فصل ١

تعريف

برای رسیدن به اهداف این مجموعه، مفاهیم ذیل مورد استفاده قرار خواهد گرفت. همچنین فرهنگ لغات استانداردهای IEEE برای مواردی که در این راهنما تعریف نشده، معتبر می‌باشد.

۱-۱- نوسازی

فرآیندی است که در آن به صورت برنامه‌ریزی شده نسبت به جایگزین نمودن، اصلاح یا افزودن تجهیزات به یک نیروگاه برقی موجود به منظور حفظ شرایط اولیه واحد از نظر ایمنی، قابلیت اطمینان، قابلیت نگهداری و یا قابلیت بهره‌برداری اقدام می‌شود.

۲-۱- بهینه‌سازی

به فرآیند جایگزین نمودن، اصلاح یا افزودن تجهیزات به یک نیروگاه برقی موجود به منظور بهبود عملکرد تجهیزات اطلاق می‌شود.

۳-۱- ارتقا

به فرآیند افزایش ظرفیت نامی تجهیزات یا بهبود راندمان آنها، به منظور افزایش ظرفیت نهایی تولید انرژی اطلاق می‌شود.

فصل ۲

معیارهای عمومی برای ارزیابی

وضعیت نیروگاه

۲-۱- ملاحظات کلی برای نوسازی

نوسازی تجهیزات در یک نیروگاه برق آبی زمانی مناسب است که حداقل یکی از شرایط ذیل در نیروگاه مشاهده شود.

- کاهش دسترسی به واحد برای تولید
- وجود پتانسیل‌هایی برای حفظ یا بهبود عملکرد نیروگاه
- تغییرات در شرایط بهره‌برداری واحد یا نیروگاه
- امکان اتوماسیون نیروگاه
- کاهش توان تولیدی
- از کارافتادگی تجهیزات اصلی
- عدم مقاومت در برابر اثرات نیروهای ناشی از زلزله
- نبودن قطعات یدکی
- افزایش هزینه‌های نگهداری
- وجود هزینه‌های سنگین در بهره‌برداری از نیروگاه
- شرایط نامطلوب ایمنی و امنیتی

شایسته است که هریک از موارد فوق را در مورد تمام تجهیزات اصلی نیروگاه برق آبی مد نظر قرار دهیم. بازرسی، آزمایش و نظارت پیوسته داده‌های مهم تا جایی که امکان دارد جزء جدایی‌ناپذیر این فرآیند ارزیابی می‌باشد. در جدول (۲-۱) موارد پیشنهادی برای ارزیابی نشان داده شده است.

در ستون سمت چپ آیتم‌های کلی و در ستون سمت راست عوامل مهم‌تری که باید مد نظر قرار گیرند ارائه شده است.

جدول ۲-۱- فهرست موارد موثر در ارزیابی نیروگاه و تجهیزات مربوطه

موارد مورد ارزیابی	موارد بررسی
در صورت امکان، احداث یک (یا چند) واحد جدید در نیروگاه می‌تواند بهره‌برداری از واحدهای موجود را محدود به زمان پیک بار کند که این کار باعث کاهش استهلاک واحدهای موجود خواهد شد و به حفظ شرایط اولیه واحدهای موجود کمک خواهد کرد. افزایش ظرفیت تولید از طریق ارتقای واحد جدید معمولاً هزینه‌بر است.	شرایط عملیات بهره‌برداری در دسترس بودن آب، اضافه نمودن واحدهای جدید، نیاز برای افزایش ظرفیت تغییر در دبی آب.
بررسی روندهایی که منجر به نقصان عملکرد می‌شود ^۱ مانند کاهش هد موثر به علت افت زیاد در آبگیر و پن‌استاک ^۱ که منجر به کاهش انرژی تولیدی می‌گردد. مشخص کردن قسمت‌های مساله‌دار، نوع خروج‌های اضطراری، تعداد و مدت زمان خروج‌ها، مقادیر بار، دبی، درجه حرارت و خنک‌کنندگی، و همه چیزهایی که روی عمر مورد انتظار تجهیزات موثر هستند.	بررسی رکوردهای بهره‌برداری شامل، دبی واحدها، هد و انرژی تولیدی، خروج‌های اضطراری (اجباری) اطلاعات مربوط به عملکرد تجهیزات

ادامه جدول ۱-۲- فهرست موارد موثر در ارزیابی نیروگاه و تجهیزات مربوطه

موارد بررسی	موارد مورد ارزیابی
بازبینی مدارک مربوط به عملیات نگهداری تجهیزات برنامه‌های گذشته و حال عملیات نگهداری تجهیزات بررسی این که چه تجهیزاتی در چه موقعی تعمیر شده است.	تعیین رابطه بین شرایط و عملیات نگهداری تجهیزات تعیین عوامل مشکل ساز اگر تجهیز اغلب نیاز به تعمیر پیدا می‌کند. به عنوان مثال تعمیرات مکرر رانر توربین ناشی از کاویتاسیون یا تغییر شرایط هیدرولیکی می‌تواند نشان دهنده نیاز برای تغییر جنس یا طراحی توربین باشد؛ تعمیرات مکرر یاتاقان ژنراتور می‌تواند نشان دهنده لزوم افزودن یک سیستم روغن کاری با فشار زیاد یا نیاز به کم کردن نیروی تراست هیدرولیکی باشد. در دسترس نبودن پی در پی واحدهای تولید ناشی از خرابی سیستم اتوماسیون موجود، سنسورها یا تجهیزات موجود می‌تواند بیانگر پایان عمر تجهیز یا سیستم مربوط باشد.
داده‌های طراحی تجهیزات، عمر مواد عملکرد طراحی و ظرفیت‌های نامی	داده‌های طراحی تجهیزات می‌تواند در پیش‌بینی عمر مورد انتظار موثر باشد. آیا طراحی اصلی با استفاده فعلی سازگاری دارد؟
نقشه‌ها و مدارک	نقشه‌ها و مدارک بایستی کامل و دقیق باشد
بازرسی تجهیزات، شرایط کلی قسمت‌هایی که به طور آشکار مساله‌دار هستند	موارد قابل رویت، مانند لکه‌های روغن، پوسیدگی، زنگ‌زدگی، نشت کردن، ترک خوردگی، وجود شیار و هرززدگی - مشکلات احتمالی مانند نشت کردن، لرزش، دماهای بهره‌برداری بالا و مشکل سیستم خنک‌سازی
آزمایش تجهیزات نتایج آزمایش‌ها	مقایسه نتایج آزمایش قبلی با آزمایش‌های جدید که می‌تواند تنزل کارایی و قابلیت اطمینان را نشان دهد. بعضی از این آزمایش‌ها عبارتند از: توربین - آزمایش راندمان، نسبی یا مطلق ژنراتور - آزمایش عایقی سوییچ‌گیر - آزمایش عایقی ترانسفورماتور - آزمایش کیفیت روغن ترانس
ایمنی کارکنان	آیا تجهیزات می‌توانند به صورت کاملاً ایمن بازرسی، استفاده و نگهداری شوند و آیا نیازهای ایمنی در حال حاضر تامین می‌شود.
اثرات زیست محیطی	آلاینده‌ها - مواد خطرناک

۱-۱-۲- کاهش ضریب آمادگی واحدها

کاهش ضریب آمادگی واحد موجب افزایش هزینه و کاهش درآمد می‌شود و بایستی مورد ارزیابی قرار گیرد. شرایط زیر که شاخصی برای کاهش دسترسی به واحد است را می‌توان از طریق بازبینی مدارک و مستندات نیروگاه مشخص کرد.

الف- عمر مفید (قابل انتظار) هر کدام از تجهیزات باید مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد و زمان مورد نیاز تعمیرات، هزینه جایگزینی و دسترسی به لوازم یدکی باید در این تجزیه و تحلیل لحاظ شوند.

ب- خروج‌های ناگهانی و نرخ وقوع آن بایستی مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد تا علت‌های ریشه‌ای منجر به خروج‌های ناگهانی معین شده و عملیات اصلاحی که می‌تواند باعث بهبود کارایی سیستم شوند مشخص گردند.

ج- عملیات نگهداری تجهیزات در صورتی که بیش‌تر از مقدار معمولی باشد می‌تواند باعث کاهش نرخ دسترسی به واحد شود. عواملی که باعث صرف زمان نگهداری بیش از حد نرمال می‌شود بایستی برای اتخاذ عملیات اصلاحی تعیین شوند.

۲-۱-۲- امکان بهبود یا اصلاح عملکرد واحدها

مشخصه‌های عملکردی واحدها در هنگام طراحی نیروگاه و متناسب با دانش و تکنولوژی روز تعیین گردیده است. در هنگام بهسازی مسلماً پیشرفت‌های قابل توجهی در زمینه مهندسی و ساخت توربین، ژنراتور و تجهیزات مرتبط با آن‌ها

حاصل شده که با توجه به آن‌ها بهبود قابل توجه در عملکرد و توان تولیدی واحدها امکان‌پذیر می‌باشد. چرخ توربین و برخی اجزای دیگر به مرور زمان در طول بهره‌برداری افت پیدا کرده و توان و عملکرد آن‌ها کاهش می‌یابد.

۲-۱-۳- تغییر شرایط بهره‌برداری از نیروگاه یا واحدها

تجهیزات تولیدکننده نیروی الکتریکی در نیروگاه‌های برق‌آبی، طوری طراحی شده‌اند که در یک شرایط بهره‌برداری خاص از پیش تعیین شده کارآیی سیستم بهینه می‌شود.

غالباً این شرایط بهره‌برداری در طول زمان می‌تواند تغییر کند که در چنین وضعیتی ترمیم تجهیزات برای بهبود کارآیی در یک شرایط بهره‌برداری جدید توجیه پیدا می‌کند. هر چند که به طور سنتی منظور از نوسازی افزایش توان خروجی یا ظرفیت نیروگاه بوده، ولی اخیراً مشخص شده که پست‌های نیروگاهی که ارتباط بین نیروگاه‌ها و سیستم‌های انتقال انرژی الکتریکی را برقرار می‌کنند نیز دارای اهمیت زیادی هستند. به عنوان مثال در امریکای شمالی پست‌های نیروگاهی ممکن است توسط یک سیستم عملیاتی مستقل (ISO) یا شرکت برق منطقه‌ای (RTO) بهره‌برداری شوند. هر یک از این نهادها ممکن است نیاز داشته باشند که نیروگاه (برق‌آبی) به صورت قراردادی توان رآکتیو مورد نیاز شبکه را تامین کند یا به صورت ذخیره گردان در اختیار شبکه باشد. این امر می‌تواند با فراهم کردن قابلیت کار در حالت کندانسور سنکرون برای واحدهای موجود تحقق یابد.

تامین این خدمات جانبی برای شبکه، می‌تواند درآمد قابل توجهی را برای بهره‌بردار نیروگاه به همراه داشته باشد.

موارد زیر مثال‌هایی از تغییر شرایط بهره‌برداری نیروگاه است.

الف- تغییرات در نحوه مصرف آب و امکان تولید برق از این آب می‌تواند باعث نیاز به افزایش توان خروجی توربین، ژنراتور و دیگر تجهیزات مربوطه شود.

ب- تغییر در روش بهره‌برداری واحد می‌تواند منجر به افزایش توان خروجی شود.

ج- تامین توان رآکتیو توسط واحد ممکن است نیازمند یک روش هماهنگ برای تعیین قابلیت تولید توان رآکتیو واحد باشد. این روش شامل ارزیابی مجدد پارامترهایی از قبیل ظرفیت نامی تولید توان رآکتیو ژنراتور، کارآیی و ظرفیت نامی سیستم تحریک ژنراتور و همچنین ارزیابی مجدد قدرت خروجی، ولتاژ و ظرفیت تپ فشار قوی ترانسفورماتور افزایشده واحد می‌باشد.

د- تغییر در مقررات مربوط به حفاظت محیط زیست، ممکن است ایجاب کند که تغییراتی در چرخ توربین ایجاد و یا تمهیداتی برای انحلال اکسیژن در آب برای مسیر عبور ماهی‌ها در نظر گرفته شود.

ه- رعایت مقررات مربوط به حفاظت محیط زیست نیازمند کنترل‌های متفاوتی هستند که در تجهیزات اولیه امکان‌پذیر نمی‌باشند.

۲-۱-۴- اتوماسیون نیروگاه

برنامه‌های اتوماسیون نیروگاه که به منظور ایجاد امکان عملیات خودکار واحد یا تبدیل کنترل واحد از حالت محلی به حالت کنترل از راه دور است نیاز به ایجاد اصلاحات گسترده‌ای در تجهیزات دارد. هر چند که مبحث اتوماسیون نیروگاه فراتر از حد این راهنما است اما توصیه شده که در مطالعات امکان‌سنجی نوسازی در مورد کنترل از راه دور واحد و همچنین اتوماسیون واحد بررسی شود.

۲-۱-۵- کاهش توان بهره‌برداری واحدها

کلیه تجهیزاتی که دارای محدودیت تولید توان در دامنه بهره‌برداری تعریف شده هستند، برای بهسازی مناسب می‌باشند. به عنوان مثال:

- الف- محدودیت جدی توربین برای عبور جریان.
- ب- ارتعاشات شدید در محدوده ناهموار به علت تغییرات هد یا رقوم پایاب یا کاویتاسیون شدید در چرخ توربین که غیرقابل تعمیر می‌باشد.
- ج- کارهای تعمیراتی مانند بریده شدن سیم‌پیچ استاتور که عملکرد واحد را محدود می‌کند.
- د- فرسایش تجهیزات در طول عمر آن‌ها که باعث کاهش توان تولیدی می‌شود.

۲-۱-۶- عدم کارکرد تجهیزات مهم

توقف‌های غیر برنامه‌ریزی شده به علت عدم کارکرد یکی از تجهیزات مهم در حین بهره‌برداری منجر به زیان‌های اقتصادی قابل توجه می‌شود؛ مخصوصاً اگر آب نتواند ذخیره شود یا به سایر واحدها منتقل گردد. زمانی که عدم کارکرد یکی از تجهیزات منجر به یک خروج طولانی مدت شود، مناسب است که هم تعمیر تجهیز موجود به عنوان یک آلترناتیو در نظر گرفته شود و هم به عنوان آلترناتیو دیگر به تعویض آن تجهیز (با یک تجهیز مشابه با ظرفیت یکسان) توجه نمود. مثال‌های زیر نشان می‌دهد که ارتقای تجهیز در چه مواردی می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

- معیوب شدن یکی از ترانسفورماتورهای اصلی

تهیه یک ترانسفورماتور جدید که تلفات کم‌تری داشته باشد و قابلیت پایداری آن در هنگام خطا بیش‌تر بوده و طراحی آن به گونه‌ای باشد که برای شرایط موجود و آتی بهره‌برداری مناسب باشد.

- از کارافتادگی توربین به صورتی که تعمیر آن امکان‌پذیر نباشد

ارتقای رانر توربین با یک رانر که طراحی جدید و راندمان بالاتری دارد باعث بهبود عملکرد بوده و از نظر اقتصادی باعث کاهش هزینه تولید خواهد شد.

- از کار افتادگی ژنراتور

امکان بازیابی سیم‌بندی ژنراتور به منظور افزایش قابلیت تولید برای هماهنگی بیش‌تر با قدرت خروجی توربین وجود دارد. هر چند که این امر ممکن است منجر به عدم هماهنگی بین قدرت خروجی ژنراتور و ظرفیت نامی ترانسفورماتور افزایش‌دهنده شود که می‌تواند مزایای حاصل از افزایش ظرفیت نامی ژنراتور را محدود کند.

۲-۱-۷- رعایت الزامات زلزله

نیازهای بهره‌بردار نیروگاه یا آیین‌نامه‌های ساختمانی جدید ممکن است باعث شود که نصب تجهیزات جدید به گونه‌ای انجام شود که این تجهیزات قادر به تحمل شدت نسبی زلزله بیش‌تری نسبت به طراحی اولیه نیروگاه باشند. در این حالت بهتر است پایداری سازه نیروگاه و تجهیزات اصلی در برابر زلزله را نیز بررسی کنیم. این کار شامل تعیین میزان حرکت زمین (حداکثر موج افقی و عمودی سرعت و شتاب ناشی از زلزله) برای شدیدترین زلزله محتمل در آن منطقه، و سپس تعیین قابلیت پایداری سازه نیروگاه و تجهیزات در صورت وقوع شدیدترین زلزله محتمل می‌باشد. این ارزیابی‌ها می‌تواند از طریق ترکیب تجزیه و تحلیل کامپیوتری (دینامیک) و تکنیک‌های دستی و بررسی مدل فیزیکی صورت گیرد.

در ادامه مثال‌هایی از مدرن‌سازی در جهت افزایش مقاومت در برابر زمین لرزه آمده است.

- الف- توقف اتوماتیک جریان آب یا بسته شدن خودکار دریچه‌های ورودی از طریق سنسورهای ارتعاشی.
- ب- کلیه تجهیزات اصلی که در هنگام خروج صحیح و مطمئن واحد از مدار نیاز به استفاده از آن‌ها می‌باشد باید در جای خود (توسط پیچ و رول-پلاک) تثبیت شوند. به عنوان نمونه‌ای از این نوع تجهیزات می‌توان از محفظه باتری، تجهیزات گاورنر، تابلوهای کنترل و حفاظت نام برد.
- ج- تثبیت تابلوهای کنترل و حفاظت در جای خود به منظور جلوگیری از سقوط تابلوهای مذکور هنگام وقوع زلزله.
- د- تقویت سازه‌های ساختمانی در مجاورت تجهیزات اصلی به منظور جلوگیری از ریزش آوار روی این تجهیزات در هنگام وقوع زلزله.
- ه- استفاده از قطعات قابل انعطاف به جای لوله‌های سفت و شکننده برای لوله‌های تحت فشار گاورنر.
- د- اصلاح و تغییر مدارهای سیستم کنترل و حفاظت به منظور خروج مطمئن مدار در صورت خرابی سیستم تغذیه DC ناشی از وقوع زلزله.

۲-۲- رویکرد سیستمی در نوسازی نیروگاه

در قسمت ۴-۱ شرایط کلی که منجر به نوسازی تجهیزات مهم می‌شود مورد بازبینی قرار گرفت. مهم است بدانیم که تغییرات در پارامترهای سیستم خارجی یا ضوابط آن و یا نوسازی یک قطعه اصلی می‌تواند تاثیر مهمی بر سایر سیستم‌های نیروگاه داشته باشد. در روش سیستماتیک نوسازی باید اثرات نوسازی سیستم‌های اصلی بر دیگر سیستم‌ها

را نیز مورد توجه قرار داد. مثالی در این زمینه در راهنمای مدرنیزه کردن نیروگاه‌های برق آبی مرکز تحقیقات نیروی الکتریکی (EPRI) مورد بررسی قرار گرفته است.

برای تشریح این مطلب فرض کنید که بهینه‌سازی یک توربین برای تولید توان بیش‌تر خروجی از طریق بالابردن راندمان رانر آن توربین انجام شده است. چنین بهینه‌سازی‌هایی غیر معمول نیستند ولی اثرات آن بر دیگر تجهیزات نیروگاه (شامل موارد ذیل) باید بررسی شود.

الف- افزایش جریان آب در توربین می‌تواند بر پناستاک تاثیرگذار باشد به این صورت که جریان بیش‌تر آب فشارهای گذرای بیش‌تری را به پناستاک وارد می‌کند.

ب- به دلیل تغییر در فشار آب، تنظیم و جایگزینی شیر تنظیم کننده فشار اغلب مورد نیاز است.

ج- به منظور بررسی امکان انتقال و تحمل قدرت گشتاور یافته، افزایش راندمان توربین نیازمند ارزیابی طراحی قطعاتی از قبیل کوپلینگ شفت، شفت توربین، استراکچر روتور و ژنراتور می‌باشد.

د- آیا افزایش قدرت خروجی توربین منجر به افزایش تولید الکتریکی می‌شود؟ به عبارت دیگر باید طراحی سیم‌پیچ‌های استاتور ژنراتور، هسته استاتور و تحریک میدان بررسی شود که آیا قابلیت تبدیل این انرژی مکانیکی افزایش یافته را به انرژی الکتریکی دارد یا نیاز به بهینه‌سازی ژنراتور نیز احساس می‌شود.

ه- قابلیت سیستم تحریک ژنراتور در تولید جریان لازم و کنترل ولتاژ مورد نیاز (با توجه به محدودیت‌های توان راکتیو)، باید بررسی شود.

و- ظرفیت باس داکت ژنراتور و کلیدهای مدارشکن مربوطه برای انتقال این جریان الکتریکی افزایش یافته بایستی مورد ارزیابی قرار گیرد.

ز- ترانسفورماتورهای اصلی و خطوط انتقال مربوطه بایستی مورد ارزیابی قرار گیرند تا معین شود که آیا قابلیت تبدیل و انتقال این انرژی افزایش یافته را دارند یا خیر.

ح- ترانسفورماتورهای جریان و تجهیزات حفاظتی و اندازه‌گیری مربوطه بایستی بر اساس ظرفیت ارتقا یافته توربین ژنراتور مورد ارزیابی قرار گیرند. تنظیمات حفاظتی ژنراتور نیز بایستی دوباره ارزیابی شوند.

ط- سیستم و اجزای خنک کننده ژنراتور بایستی از لحاظ کفایت مورد ارزیابی قرار گیرند.

ی- اثرات زیست محیطی نیز باید در نظر گرفته شوند.

از آنجا که انجام عملیات بهسازی تجهیزات اصلی نیروگاه مستلزم خروج طولانی مدت واحد از مدار می‌باشد، مسایل مربوط به رهاسازی آب و نیز سیستم انتقال برق نیز باید مورد ملاحظه قرار گیرد، دو مورد از اثرات خروج طولانی به شرح ذیل خاطر نشان می‌گردد.

- در طول مدت بهسازی، آب باید ذخیره شده یا به نیروگاه‌ها یا واحدهای دیگر هدایت شود. اگر این امر

امکان‌پذیر نباشد، زیان ناشی از عدم تولید انرژی باید در امکان‌سنجی بهسازی مورد توجه قرار گیرد.

- در زمان خروج، ظرفیت تولید شبکه و نیز درآمد حاصل از تولید برق کاهش می‌یابد.

با توجه به مثال‌های فوق اهمیت برنامه‌ریزی برنامه‌های بهینه‌سازی روشن می‌شود. در واقع باید برنامه‌ریزی به نحوی باشد که کم‌ترین اثر منفی بر جریان آب و سیستم‌های قدرت مرتبط با نیروگاه وارد شود.

۲-۳- مطالعات امکان‌سنجی

۲-۳-۱- مقدمه

در مطالعه امکان‌سنجی، گزینه‌های مختلف باید مورد بررسی قرار گیرند تا مناسب‌ترین روش نوسازی نیروگاه مشخص شود. ملاحظات مربوط به پرسنل پروژه و همچنین عملیات نگهداری و تعمیرات نیروگاه بایستی در این مطالعه مورد توجه قرار گیرند. گزینه‌های مختلف شامل تعمیر، جایگزینی، نوسازی، مدرن‌سازی و اتوماسیون تجهیزات نیز به اندازه آلترناتیو افزودن یک تجهیز با عملکرد جدید به واحد، باید مورد بررسی قرار گیرند. سپس این آلترناتیوها مورد به مورد از لحاظ عملکرد فنی و اقتصادی مورد بررسی قرار گرفته و تصمیم نهائی اتخاذ می‌شود.

مطالعه امکان‌سنجی یا تجزیه و تحلیل سود- هزینه ممکن است بسیار ساده یا کاملاً پیچیده باشد که این موضوع به حجم پروژه، تعداد و پیچیدگی عوامل مربوطه بستگی دارد. در این مطالعه گزینه‌های مختلف غالباً با استفاده از روش تبدیل کل مزایا و هزینه‌ها به ارزش کنونی، ارزیابی شده و گزینه‌هایی که توجیه اقتصادی ندارند حذف خواهند شد. برای تعیین اولیه محدوده کار، انجام مطالعات امکان‌سنجی، لازم و ضروری است. تجزیه و تحلیل امکان‌پذیری و امکان‌سنجی نوسازی واحد و تعیین محدوده کار با توجه به شرایط موجود، امری ضروری است. در ادامه بحث در این قسمت به جزئیات انجام مطالعات امکان‌سنجی خواهیم پرداخت ولی تأکید ادامه بحث بر نیاز انجام این مطالعات می‌باشد.

۲-۳-۲- منافع و درآمدهای قابل پیش‌بینی

۲-۳-۲-۱- افزایش توان تولیدی

مفهوم افزایش توان تولیدی، چه از نظر افزایش ظرفیت و چه از نظر افزایش انرژی الکتریکی، عملاً در برگیرنده تمام جنبه‌های مختلف نیروگاه می‌باشد. بعضی از روش‌ها برای افزایش خروجی واحد نیاز به صرف هزینه بیش‌تری نسبت به بقیه دارد و بعضی روش‌ها منافع بیش‌تری به همراه دارند. نیاز ما در هنگام انجام مطالعات امکان‌سنجی، تعیین آن دسته از روش‌هایی است که از لحاظ اقتصادی توجیه‌پذیرند. سرمایه‌گذاری کنونی برای مدرن‌سازی تجهیزات، بایستی با توجه به منافع بلند مدت حاصل از آن، سنجیده شود. به عنوان مثال ممکن است هزینه لازم برای سیم‌پیچی مجدد یک استاتور ۴۰ ساله بسیار قابل توجه باشد و منافع حاصل از آن ناچیز به نظر رسد ولی باید کل منافع حاصل از تجدید سیم‌پیچی استاتور را در دوره کاری جدید دستگاه به ارزش کنونی تبدیل کرده و سپس نتیجه‌گیری کرد.

۲-۲-۳-۲- کاهش نیروی انسانی

هنگام بررسی برنامه بهسازی تجهیزات، با مقایسه تعداد پرسنل شاغل قبل از بهسازی و پرسنل شاغل بعد از بهسازی در اغلب موارد کاهش چشمگیری ملاحظه می‌شود که منافع اقتصادی قابل توجهی را به همراه دارد. به ویژه هنگامی که نیاز به حضور پرسنل به صورت شبانه‌روزی نباشد یا یک شیفت حذف گردد.

۲-۲-۳-۲- استفاده بهتر از آب

طرح های بهسازی تجهیزات و سیستم‌ها فرصتی برای استفاده بهینه‌تر از آب را فراهم می‌کند. افزایش راندمان در توربین آبی و مسیرهای عبور آب مساله‌هایی است که باید به صورت منتقدانه به قصد رسیدن به منافع بلند مدت مورد بررسی قرار گیرد. حتی افزایش کوچکی در راندمان نیروگاه می‌تواند در طول عمر نیروگاه به منافع کلان اقتصادی منجر شود.

۲-۲-۳-۲- کاهش نیروی انسانی

با کاهش نرخ خروج اجباری و افزایش دسترسی به واحد که منجر به بهبود قابلیت اطمینان نیروگاه می‌شود می‌توان به منافع اقتصادی قابل توجهی دست یافت. می‌توان به چنین بهبودهایی، ارزش مالی نسبت داد و آن را در تحلیل امکان‌سنجی هنگام مقایسه هزینه‌ها در برابر منافع لحاظ کرد.

عملیات بهره‌برداری از واحد را می‌توان با به کارگیری روش‌های کنترل مدرن، کاهش تعداد وسایل کنترل، کاهش ثبت مستندات غیرضروری یا دیگر روش‌ها بهبود بخشید. ضریب آمادگی واحد را می‌توان با جایگزین کردن یا تعمیر کردن دستگاهی که در خطر تخریب قرار دارد یا خراب شده است، افزایش داد.

با افزایش قابلیت اطمینان، عملیات بهره‌برداری بهتر انجام خواهد شد و این امر منجر به کسب درآمدهای بالاتری برای نیروگاه می‌گردد.

یک سیستم مونیترینگ شرایط و پارامترهای بهره‌برداری نیروگاه می‌تواند باعث شود که شرایط سیستمی نیروگاه و دستگاه‌های آن به طور دقیقی نظارت و ثبت شود که این امر باعث تغییر از روش نگهداری رویدادگرا به روش نگهداری وضعیت‌گرا خواهد شد.

۲-۲-۳-۲- کاهش هزینه‌های مربوط به عملیات بهره‌برداری و نگهداری

استفاده از کنترل نظارتی و داده‌گیری اتوماتیک ممکن است بسیاری از عملیات دستی را که در نیروگاه‌های قدیمی‌تر معمولاً وجود دارد کاهش دهد. همچنین مونیترینگ بهبود یافته داده‌های نگهداری و بهره‌برداری می‌تواند در مشخص کردن نیازهای نگهداری کمک کرده و خروج‌های اجباری را کاهش دهد.

۲-۳-۳- هزینه‌ها

در مطالعات امکان‌سنجی هزینه‌های مربوط به نوسازی در نظر گرفته می‌شود. این هزینه‌ها به چندین دسته تقسیم می‌شوند. مطالعات امکان‌سنجی مربوط به نوسازی نیروگاه برق‌آبی اغلب نیاز به تست تجهیزات، بررسی تلفات مسیر عبور آب، سطح آب رودخانه و میزان جریان آن دارد تا شرایط موجود پیش از تغییرات نیروگاه را لحاظ نماید. تعیین مقادیر مرجع پیش از اینکه بتوان ارزیابی اقتصادی را به اتمام رساند و برنامه مشخصی را تهیه کرد، ضروری است.

۲-۳-۳-۱- هزینه‌های مستقیم

- الف- هزینه خرید و راه‌اندازی تجهیزات جدید یا تغییر در تجهیزات موجود
- ب- هزینه‌های طراحی، مهندسی، خرید، مطالعات زیست محیطی، نظارت بر تست‌های کارخانه‌ای، راه‌اندازی در سایت، آموزش و غیره.
- ج- بازرسی و نظارت کارگاهی

۲-۳-۳-۲- هزینه‌های غیر مستقیم

- الف- امور اداری
- ب- کارشناسان فنی و نیازهای آن‌ها همچون دستگاه‌های کپی، تدارکات، روشنایی، اجاره دفتر، تلفن و کامپیوترها
- ج- مدیریت عمومی

۲-۳-۳-۳- هزینه‌های مربوط به سرمایه‌گذاری

- الف- استهلاک سرمایه و ارزش بازیافتنی
- ب- بازگشت سرمایه
- ج- عدم امکان فروش برق در هنگام خروج واحد ناشی از برنامه نوسازی
- د- مالیات‌ها
- ه- بیمه
- و- هزینه تامین مالی هنگام نوسازی

۲-۴- ارزیابی نیروی انسانی مورد نیاز نیروگاه

نوسازی تجهیزات و سیستم‌های نیروگاه‌های برق‌آبی بایستی شامل ارزیابی نیروی انسانی موجود و مورد نیاز برای عملیات بهره‌برداری و نگهداری نیروگاه باشد. جایگزینی یا نوسازی سیستم‌ها یا تجهیزاتی که نیاز به نگهداری زیادی دارند اغلب میزان زمان و کار انجام شده توسط پرسنل در به کارگیری و نگهداری از دستگاه‌ها را تا حدی کاهش می‌دهد

که تعدیل نیروی انسانی امری بدیهی می‌شود. در این صورت است که تصمیم کاهش نیروی کار ممکن است اتخاذ شود. وقتی تجهیزات و سیستم‌ها با تکنولوژی جدید همراه باشند نیاز به افراد متخصص که اکنون و در حال حاضر در دسترس نیستند افزایش می‌یابد. آموزش نیروی کار موجود یا به کارگیری نیروی کار متخصص ممکن است در چنین شرایطی لازم باشد و از استفاده از منابع خارجی جلوگیری کند. در حقیقت نوسازی اساسی در یک نیروگاه برق‌آبی یک زمان مناسب برای ارزیابی نیروی کار موجود و ماهر است که در مطالب بالا به آن اشاره شد.

فصل ۳

بهبودی آبراهه‌ها

۳-۱- کلیات

تلفات انرژی در مسیرهای عبور آب نیروگاه‌های آبی ناشی از کاهش هد موثر آب و هرز رفتن جریان آب می‌باشد. این تلفات با فعالیت‌های بهره‌برداری نیروگاه و تجهیزات فیزیکی در سیستم‌های انتقال آب مرتبط است. در ادامه به صورت خلاصه در خصوص این تلفات بحث خواهد شد. در این بحث بهینه‌سازی‌های ممکن فقط در خصوص تجهیزات مهم ارائه خواهد شد. دستورالعمل‌های انجمن مهندسين ساختمان و مکانیک آمریکا (ASCE & ASME) را می‌توان به عنوان مرجعی برای نوسازی بسیاری از این تجهیزات مورد استفاده قرار داد. تجهیزاتی از قبیل دریچه‌های سرریز آب و دریچه‌های آبگیر برای بهره‌بردار نیروگاه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند چون بر ایمنی نیروگاه و تجهیزات عمده، تاثیرگذار می‌باشند. دستور العمل طراحی مکانیکی واحدهای برق آبی [B148] مرجع خوبی برای طراحی سیستم‌های مکانیکی و تجهیزات می‌باشد.

۳-۲- تلفات ناشی از نشت آب

نشتی آب از قسمت‌های مختلف نیروگاه باعث می‌شود که دبی عبوری از توربین کاهش یابد. مقدار نشتی معمولاً پایین است و از حدود ۰/۵ (نیم) درصد جریان نامی توربین کم‌تر است (گزارش EPRI, [B148] EM-2407). این نشتی شامل نشتی از دریچه‌های آبگیر، سیستم کنترل سیلاب، فوندانسیون‌ها، تونل آب بر، پن‌استاک، شیرهای ایزوله کننده و توربین است که همراه با علل بروز نشت، ذیلاً تشریح گردیده است.

۳-۲-۱- دریچه‌های آبگیر نیروگاه

۳-۲-۱-۱- آب بندها

دریچه‌های ورودی ممکن است فاقد آب بند بوده یا آب بندهای آن‌ها خراب باشند. نشتی ناشی از این امر می‌تواند مشکلات عمده‌ای در هنگام توقف واحد برای بازرسی و نگهداری توربین ایجاد کند. برای تخلیه آب ناشی از نشتی دریچه ورودی آب در هنگام تعمیرات ادواری یا نوسازی واحد، ممکن است نیاز به استفاده از پمپ‌های الکتریکی باشد.

۳-۲-۱-۲- نشان دهنده وضعیت

کالیبره نبودن، کالیبراسیون اشتباه یا محدودیت‌های ذاتی در طراحی سنسور موقعیت دریچه اطلاعات نادرستی در خصوص موقعیت دریچه به سیستم کنترل ارسال می‌کند که باعث عدم امکان باز کردن کامل یا بستن کامل دریچه می‌شود. این امر می‌تواند ایمنی سیستم را نیز کاهش دهد.

۳-۲-۱-۳- بالابرها

عملکرد غیر قابل پیش‌بینی تجهیزات بالا برنده دریچه ورود آب، می‌تواند منجر به نشتی آب از دریچه شود. اگر نوسازی سیستم دریچه ورود آب مد نظر باشد، بسیاری از مشخصه‌هایی که در بخش ۴-۲۳ همین راهنما مورد بررسی قرار گرفته در نوسازی سیستم‌های الکتریکی دریچه و تجهیزات بالابر آن قابل استفاده خواهند بود.

۳-۲-۲-۳- سازه‌های کنترل سیلاب

۳-۲-۲-۱- دیواره سرریز

اگر فلاش بوردها در مسیر سرریز آب سد نصب شوند، برای افزایش قابلیت ذخیره آب و کاهش سرریز آب از سد مورد استفاده قرار خواهند گرفت. فلاش بوردها مستعد ایجاد نشتی می‌باشند که دلیل این امر را می‌توان ترکیبی از طراحی، نحوه ساخت، بهره‌برداری و زوال تدریجی آن ذکر کرد.

۳-۲-۲-۲- دریچه‌های سرریز و بالابرها

دریچه‌های سرریز و سیستم‌های بالابر آن، سیستم‌های تشخیص موقعیت دریچه و سیستم‌های آب‌بندی دریچه، ممکن است در نشت آب سهیم باشند. اگر نوسازی سیستم دریچه‌های سرریز مد نظر باشد، بسیاری از مواردی که در بخش ۴-۲۳ همین راهنما مورد بررسی قرار گرفته در نوسازی سیستم‌های الکتریکی دریچه و تجهیزات بالابر آن قابل استفاده خواهند بود.

۳-۲-۲-۳- سرریزها

سرریز آب می‌تواند به خاطر زوال تدریجی یا فرسایش تاج سرریز در نشتی آب، اثرگذار باشد.

۳-۲-۳- نشت آب از سازه‌ها

علاوه بر سازه سرریز، نشتی ممکن است در سازه‌های مرتبط به سد، فونداسیون سد و نیروگاه، پن‌استاک، کانال یا تونل انتقال آب نیز رخ دهد.

۳-۲-۴- نشت ناشی از واحدهای غیرفعال

سازه‌های مرتبط با واحدهای متوقف (بدون تولید) یا واحدهایی که برای مدت زمان طولانی مورد استفاده قرار نگرفته‌اند نیز ممکن است همان‌طوری که پیش‌تر بررسی شد در نشتی آب سیستم سهیم باشند.

۳-۳-۳- افت‌های هیدرولیکی

۳-۳-۳-۱- سیستم‌های آشغالگیر

تراکم نخاله و مواد زاید در سیستم‌های آشغالگیر یک منبع ایجاد اتلاف هیدرولیکی در سیستم می‌باشد. سیستم‌های تشخیص دهنده گرفتگی در جایی که نصب می‌شوند معمولاً اختلاف هد در آشغالگیر را اندازه‌گیری کرده و برای تعیین شاخصی از تجمع نخاله در آشغالگیر درجه ورودی به منظور کنترل، حفاظت یا هشدار^۱ سیستم به کار می‌روند.

۳-۳-۳-۲- تونل‌ها، کانال‌های آب بر و پن‌استاک

۳-۳-۳-۱- پن‌استاک‌ها

پن‌استاک‌ها بیش‌ترین سهم را در تلفات هیدرولیکی دارند. در نیروگاه‌های قدیمی که دارای پن‌استاک چوبی یا فولادی پرچ‌دار هستند، تلفات هیدرولیکی خیلی زیاد است. سایر عوامل ایجاد افت فشار در پن‌استاک عبارتند از:

الف- خوردگی یا رسوب مواد معدنی یا آلی در جداره داخلی

ب- قوس‌های تند در مسیر پن‌استاک

ج- تبدیل‌های کاهنده مقطع

د- شیرهای ورودی پن‌استاک‌ها

۳-۳-۳-۲- تونل‌های آب بر

تونل‌های انتقال آب بدون پوشش که برای تامین آب توربین‌ها به کار می‌روند می‌توانند منابع ایجاد تلفات هیدرولیکی سیستم باشند. نصب پوشش فولادی یا بتنی در این تونل‌ها یا رنگ‌آمیزی پوشش درونی تونل‌های موجود می‌تواند این تلفات را کاهش دهد.

۳-۳-۳-۳- لوله مکش و پایاب

منابع تلفات سیستم هیدرولیکی در لوله مکش توربین به شرح ذیل می‌باشند.

الف- گرفتگی مسیر ناشی از تجمع رسوب یا مواد خارجی مانند سنگ

ب- تغییر مقطع نامناسب در انتهای پایاب

ج- صدمه سازه درفت تیوب^۲ یا ساختار آن

د- طراحی نامناسب شیر درجه ورودی

1- Alarm

2- Draft Tube

۳-۴- ملاحظات مربوط به آبیان

۳-۴-۱- کلیات

در صورت لزوم، سیستم‌های عبور ماهی به منظور تامین مسیر عبور ماهی‌های مهاجر اطراف سد و نیروگاه تعبیه خواهند شد. این سیستم‌ها می‌توانند به عنوان مسیر عبور برای ماهی‌هایی که به سمت بالا دست رودخانه حرکت می‌کنند و همچنین برای ماهی‌هایی که به سمت پایین دست رودخانه حرکت می‌کنند مورد استفاده قرار گیرند و تقریباً جوابگوی نیاز سالیانه ماهی‌های مهاجر باشند. مسیر عبور ماهی‌های مهاجر به بالادست شامل یک سیستم جهت انتقال ماهی‌ها به بالا دست سد می‌باشد. مسیر عبور ماهی‌ها به پایین دست از داخل شدن ماهی‌ها به ورودی توربین جلوگیری می‌کند. نوسازی این سیستم‌ها می‌تواند منجر به راندمان بیش‌تر عملیات بهره‌برداری گردد.

۳-۴-۲- ملاحظات نوسازی

نیاز به تعبیه سیستم‌های عبور ماهی‌ها و تجهیزات مربوط به آن معمولاً بعد از احداث سد و نیروگاه برق‌آبی احساس می‌شود. تجهیزات این سیستم‌ها معمولاً با نیروی برق کار می‌کنند و ممکن است نیاز به اینترلاک با سیستم کنترل موجود نیروگاه نیز داشته باشند. یک پروژه مهم نوسازی زمان مناسبی برای برآورد مجدد مصارف بارهای واحد ناشی از افزوده شدن سیستم‌های عبور ماهی می‌باشد. اینترلاک‌های لازم در سیستم عبور ماهی هنگام راه اندازی یا توقف واحد با سیستم کنترل موجود یا نیاز به جایگزین نمودن سیستم کنترل برای تحقق این امر نیز باید در برنامه نوسازی واحد گنجانده شود.

۳-۵- کیفیت آب

۳-۵-۱- هوادهی به پایاب

کیفیت آب در هنگام خروج از توربین بسیار مهم است. کاهش اکسیژن در آب اثر منفی بر زندگی آبیان (در پایین دست) دارد. یک راه حل این مشکل تامین اکسیژن توسط هوا دادن به آب است. با توجه به روش هوادهی انتخاب شده این امر ممکن است بر کارایی آینده واحد، سیستم‌های انرژی کمکی و کنترل کننده‌ها تاثیرگذار باشد.

۳-۵-۲- کنترل دما

مسیر خروج آب سد به سمت توربین برای تولید نیرو معمولاً در عمق آب در قسمت بالادست قرار دارد. بنابراین آب خروجی از توربین دمایی معادل دمای آب در عمق نصب دریچه ورودی آب را دارد که از دمای سطح آب در بالا دست کم‌تر می‌باشد. این امر ممکن است منجر به اثرات نامطلوب زیست محیطی در پایین دست شود. برای کاهش این اثر،

می‌توان از سازه‌هایی که قابلیت انتخاب تراز آب ورودی به سیستم را دارند، استفاده کرد تا بهره‌بردار نیروگاه امکان کنترل عمق آب ورودی به سیستم را داشته باشد.

۳-۶- هوای سرد

آب و هوای سرد و دمای زیر صفر می‌تواند عامل تشکیل یخ در مسیرهای عبور آب و سازه‌ها باشد. بار ناشی از وزن یخ یا حرکت یخ در سازه‌ها می‌تواند باعث ایجاد صدمه شود. ممکن است برای عملکرد صحیح تجهیزات بهره‌برداری مثل دریچه‌های سیستم سرریز نیاز به یک سیستم گرمایشی باشد تا از عمکرد این تجهیزات در شرایط یخ‌بندان بتوان اطمینان حاصل کرد. سیستم‌های جلوگیری از یخ زدگی مثل سیستم‌های گرمایش الکتریکی لوله‌ها، سیستم‌های هوای متراکم یا سیستم‌های ایجاد تلاطم فیزیکی را می‌توان برای جلوگیری از یخ زدن سطح آب مورد استفاده قرار داد. ممکن است برای مقابله با اثرات ناشی از یخ، نیاز به اصلاح وسایل اندازه‌گیری سطح آب داشته باشیم. سیستم‌های حباب ساز در صورتی که جریان هوا بتواند از یخ زدن آب جلوگیری کند، استفاده خواهند شد. چگالی^۱ یخ از آب بسیار بیش‌تر است و فشار بیش‌تری ایجاد می‌کند، بنابراین ممکن است سیستم‌های اندازه‌گیری سطح آب که بر اساس فشار آب کار می‌کنند نیاز به اصلاح داشته باشند.

فصل ۴

تجهيزات قابل نوسازی

۴-۱- کلیات

با توجه به وضعیت هریک از تجهیزات ممکن است بهتر باشد بجای پیاده کردن و تعمیر، آن‌ها را تعویض کرد. در صورت وجود هر کدام از موارد زیر (به تنهایی یا تواما)، توصیه می‌شود که قطعه (تجهیز) تعویض گردد.

الف- در صورت وجود صدمه فیزیکی یا فرسودگی

ب- در صورتی که قبلا به صورت مکرر تعمیر شده باشد.

ج- مشخصات فنی آن جوابگوی نیاز مربوطه نباشد.

د- مشخصات آن جوابگوی نیازهای سیستم نباشد.

ه- قطعه مورد نظر دارای دسترسی مناسب نباشد.

و- از نظر الزامات ایمنی مشکل داشته باشد.

علاوه بر این پیشنهاد می‌شود که ملاحظات برای جایگزینی تجهیزات با توجه به عمر مفید و ساعت‌های کاری هر یک، اتخاذ شود. به عنوان مثال در سیستم‌هایی که دارای مقره هستند، مقره‌ها به تدریج با گذشت زمان دچار فرسودگی و پیری می‌شوند که این امر از طریق بازرسی یا تست غیرمخرب قابل تشخیص نیست. اگر تجهیز مورد نوسازی یا جایگزینی قرار گرفت باید برای راه اندازی آن از استاندارد (IEEE Std 1248) استفاده کرد.

۴-۲- توربین‌ها

۴-۲-۱- مقدمه

به منظور تعیین محدوده کاری که باید (در هنگام نوسازی) انجام شود، مطالعات امکان‌سنجی نوسازی نیروگاه برق‌آبی بایستی تا حد امکان شامل بررسی دقیق قطعات مهم مکانیکی توربین باشد. این قطعات عبارتند از:

الف- چرخ توربین

ب- شفت توربین

ج- یاتاقان شفت توربین

د- سیستم‌های تنظیم کننده دور توربین شامل: ویکت گیت، پره‌های رانر، دفلکتورها، شیرهای سوزنی و سرو موتورها

ه- پکینگ باکس شفت یا آب بند مکانیکی

و- درپوش بالایی توربین و حلقه تحتانی

ز- سیستم‌های روغن کاری خنک کننده

ح- پره‌های ثابت

ط- لوله مکش

- ی- شیر ورودی توربین
- ک- شیر تنظیم فشار
- ل- ساییدگی روکش واشرها و بشقاب‌ها
- م- شیرهای خلاء‌شکن
- ن- واشر تخلیه
- س- هوادهی توربین

در ادامه بحث در خصوص تجهیزات جانبی الکتریکی صحبت می‌کنیم که از قطعات مکانیکی فوق‌الذکر حفاظت می‌کنند.

۴-۲-۲- ابزارهای کنترل و حفاظت توربین

سیستم‌های حفاظت و کنترل به کار گرفته شده در توربین با توجه به نوع و اندازه توربین نوسازی شده، تغییر می‌کنند. انتخاب تجهیزات به کار رفته در این سیستم‌ها بایستی بر اساس معیارهای زیر باشد.

الف- قابلیت اطمینان

ب- زمختی

ج- حساسیت

د- دقت

نیازهای اصلی سیستم‌های کنترل و حفاظت مثل قدرت نامی سوییچ کنتاکت یا نوع مقاومت تشخیص دهنده دما (RTD) باید با تجهیزات حفاظت و کنترل واحد هماهنگ گردد.

مرجع بحث حفاظت و کنترل واحد IEEE Std 1010 می‌باشد. مقدار تجهیزات مورد نیاز برای حفاظت و کنترل توربین و تجهیزات کمکی آن بر اساس توربین مورد نظر تغییر می‌کند. معمولاً اغلب توربین‌های جدید با کلیدهای محدود کننده و حس‌گرهای فشار و جریان آب تجهیز شده‌اند. جایگزین نمودن این کلیدها با حسگرهای آنالوگ امکان‌پذیر است. لحظه به لحظه پارامترهای مرتبط را فراهم می‌کند.

۴-۲-۳- تجهیزات روغن‌کاری توربین

روغن‌کاری کافی تجهیزات توربین برای افزایش طول عمر قطعات متحرک مثل ویکت گیت و تجهیزات کمکی مثل قفل ویکت گیت لازم است. اصولاً نصب توربین‌های آبی بزرگ‌تر یا نیروگاه‌هایی که بدون نیاز به مراقبت کار می‌کنند می‌تواند توجیه خوبی برای هزینه‌های اضافه شده جهت نصب یک سیستم روغن‌کاری خودکار توربین باشد.

رایج‌ترین شکل سیستم روغن کاری اتوماتیک، توسط یک سری دندانه‌های روی یک محور بادامک کنترل شده و برای تنظیم تعداد دفعات و طول مدت روغن کاری یک قطعه به کار می‌رود. سوییچ‌های فشارسنج برای تشخیص وجود روغن در مسیر جریان روغن تجهیزاتی که دور از پمپ روغن می‌باشند به کار می‌روند.

افزودن یا نوسازی تجهیزات روغن کاری توربین می‌تواند بر سائز استارتر موتور مورد نیاز برای پمپ روغن و همچنین افزایش تجهیزات کنترلی که باید با سیستم کنترل هماهنگ شوند تاثیرگذار باشد. در صورتی که نصب بوش‌های بدون نیاز به سیستم روغن کاری برای ویکت گیت و سیستم‌های تنظیم کننده توربین از نظر شرایط میدانی پاسخ‌گوی نیاز سیستم توربین باشد، نیاز به یک سیستم روغن کاری خودکار را می‌توان نادیده گرفت.

۴-۲-۴- سیستم روغن کاری یاتاقان

یک سیستم روغن کاری یاتاقان که به طور مناسبی طراحی شده باشد برای بهره‌برداری مطمئن و مداوم از یاتاقان‌های توربین و ژنراتور ضروری است. شرح مبسوطی از جنبه‌های مکانیکی مربوط به نیازهای طراحی سیستم روغن کاری در استاندارد ASME، LOS-5D1 [B144] ارائه شده است. برای طراحی سیستم روغن کاری بیرینگ یک بررسی کامل به منظور شناسایی موارد زیر باید صورت گیرد:

- الف- در دسترس بودن یک منبع تامین انرژی الکتریکی مطمئن و مداوم برای موتورهای سیستم روغن کاری و میزان نیاز سیستم روغن کاری به انرژی الکتریکی.
- ب- انتخاب مناسب ظرفیت موتور و پمپ سیستم روغن.
- ج- نیاز به یک سیستم تشخیص نشتی روغن برای اعلام خطر در صورت نشت روغن داخل آب سیستم خنک کننده یا نشت روغن از مخزن سیستم روغن کاری
- د- تجهیزات مربوط به سیستم‌های کنترل و حفاظت

۴-۲-۵- تجهیزات تشخیص خرابی خار برشی

خار برشی در قسمت ویکت گیت توربین برای محافظت ویکت گیت در برابر انباشته شدن نخاله و مواد زائد تعبیه شده است. سیستم تشخیص خرابی خار برشی، بریده شدن یک یا چند خار برشی را احساس کرده و در این وضعیت هشدار می‌دهد. این هشدار منجر به بسته شدن دستی یا خودکار دریچه‌های ورودی آب یا شیر آب ورودی به توربین شده و نهایتاً توربین را متوقف می‌کند. سازندگان توربین انواع مختلفی از سیستم‌های تشخیص خرابی توربین را ساخته‌اند که نهایتاً خروجی آن‌ها منجر به قطع آب توربین خواهد شد. در طرح توربین‌های کاپلان یا فرانسسیس می‌توان قابلیت افزودن یک سیستم تشخیص خرابی خار برشی را نیز تعبیه نمود که این امر با استفاده از ارتباط بین حلقه مربوط به دریچه ورودی آب و اهرم ویکت گیت انجام خواهد شد.

سیستم‌های پنوماتیک تشخیص خرابی خار برشی ممکن است از یک سویچ فشاری و یک روزنه برای تشخیص جریان هوای ایجاد شده درون یک خار برشی شکسته شده استفاده کنند. سویچ فشاری تنها در صورتی تریپ می‌دهد که جریان هوای کافی در روزنه ایجاد شده باشد. نوع دیگری از این سیستم در هر ویکت گیت دارای یک سویچ اختصاصی و یک فنر مرتبط با دریچه ورودی آب می‌باشد. از سیستم فنردار در توربین‌های کوچک‌تر استفاده می‌شود.

۴-۳- گاورنرها

۴-۳-۱- مقدمه

گاورنرهای قدیمی معمولاً دارای محرک مکانیکی - هیدرولیکی هستند. این سیستم از گاورنر هد (موتور بال هد، بال هد، دش پات، محدود کننده دریچه و مکانیسم تنظیم افت سرعت) تجهیزات تقویت کننده هیدرولیکی، (سوپاپ پایلوت و سوپاپ پخش کننده) و سیستم فشار روغن (پمپ‌های روغن، مخزن روغن، تانک فشار و کنترل کننده‌های مربوط به آن) تشکیل شده است. عمر مفید بعضی از قطعات گاورنر ممکن است از عمر مفید توربین (مربوط به آن گاورنر) کم‌تر باشد. در صورت وقوع هر یک از شرایط زیر باید گاورنر را برای نوسازی در نظر گرفت.

- هنگامی که هزینه نگهداری گاورنر بسیار زیاد شده باشد.

- هنگامی که تغییرات در حالت بهره‌برداری از پروژه رخ داده باشد.

- هنگامی که سیستم حفاظت مکانیکی بهتری مورد نیاز باشد.

اگر گاورنر برای تعیین کارآیی مورد تست قرار گیرد، برای بررسی نتایج جهت تعیین نیاز به بهسازی آن باید از استاندارد ASME PTC 29 استفاده کرد.

گاورنرهایی که هزینه نگهداری آن‌ها زیاد شده است دارای یکی از شرایط ذیل می‌باشند:

- نیاز به تنظیم مکرر دارند.

- نرخ خرابی بالایی دارند.

- ارائه خدمات بعد از فروش توسط سازنده با مشکلاتی همراه است (قطعات یدکی گران قیمت شده‌اند، تامین

آن‌ها مشکل شده یا نایاب شده‌اند و یا این‌که سازنده اصلی دیگر قطعات یدکی را تامین نمی‌کند).

بهبود عملکرد گاورنر شامل استفاده از سیستم کنترل سریع‌تر، کنترل‌های خودکار، کنترل از راه دور، کنترل متصل به بار، راندمان بالاتر، پایداری بهبود یافته یا الگوریتم کنترل غیرمعمول نیز ممکن است باعث ایجاد نیاز به بهسازی شوند. حفاظت مکانیکی بهبود یافته شامل افزودن وسایل قطع سیستم در شرایط اضطراری از قبیل دما، سطح یا فشار غیرمعمول می‌باشد. بحث بهسازی گاورنر در استاندارد IEEE Std 1207 ارائه شده و در صورت نیاز به بهسازی یا جایگزین نمودن یک گاورنر باید از استاندارد IEEE Std 125 نیز استفاده کرد.

۴-۳-۲- بهبود عملکرد گاورنر

یکی از ابتدایی‌ترین روش‌های بهبود عملکرد گاورنر، اضافه کردن تجهیزاتی است که عملکرد آن را راحت‌تر کند و یا حالات عملکردی جدیدی را ایجاد کند. این تجهیزات شامل کلیدهای محدود کننده سرعت برای کنترل اتوماتیک، تجهیزات مونیتورینگ از راه دور، کنترل اتوماتیک زاویه پره در توربین کاپلان، مقایسه کننده هد خالص، نشان دهنده خزش و وسایل حفاظت مکانیکی می‌باشند.

۴-۳-۳- تبدیل گاورنر به نوع الکترونیکی

مرحله بعدی در بهسازی گاورنر، استفاده از سیستم‌های الکترونیکی در گاورنر است. این امر شامل تعویض سیستم کنترل مکانیکی با تجهیزات الکترونیکی است که در گاورنرهای جدید یافت می‌شود. وسایلی که معمولاً باید جایگزین شوند شامل اهرم‌های شناور بالا و پایین، دشیپت و لینکیج، بال هد و موتور آن، شاخص نشان دهنده افت سرعت موتور، و گاهی اوقات ژنراتور مغناطیس دائم (PMG) است که در سنجش سرعت کاربرد دارد. تجهیزات افزوده شده معمولاً شامل یک واسط الکترو هیدرولیک، ترانسیدوسرهای مربوط به سنجش موقعیت دریچه سد و سیگنال پسخور، کنترلر الکترونیکی یا دیجیتال گاورنر، تجهیزات سنجش سرعت، تراگردان‌های اندازه‌گیری قدرت، تجهیزات تنظیم فشار روغن به صورت پیلوت و تجهیزات پیشرفته جهت فیلتر کردن روغن می‌باشد. با استفاده از سیستم‌های الکترونیکی در گاورنر معمولاً می‌توان تمام تغییرات لازم در حالت عملیاتی گاورنر را در زمان خروج نسبتاً کوتاهی انجام داد. و هزینه ناشی از بهبود عملکرد سیستم و کاهش هزینه‌های نگهداری آن را توجیه کرد. این روش معمولاً فقط در شرایطی قابل استفاده است که هزینه‌های ناشی از نگهداری شیر اصلی توزیع و سیستم تامین فشار هیدرولیک (HPSS) نسبتاً کم باشند.

۴-۳-۴- جایگزینی برخی از قطعات

جایگزینی برخی از قطعات نه تنها در برگیرنده استفاده از سیستم‌های الکترونیکی در گاورنر می‌باشد بلکه شامل جایگزینی هدگاورنر و شیر اصلی توزیع نیز می‌باشد. تنها HPSS موجود و سروموتورهای اصلی تعویض نخواهند شد. هزینه ناشی از جایگزینی برخی از قطعات را نیز می‌توان با توجه به بهبود عملکرد سیستم و کاهش هزینه‌های نگهداری سیستم توجیه کرد. از این روش زمانی استفاده می‌شود که هزینه نگهداری HPSS نسبتاً کم باشد.

۴-۳-۵- جایگزینی کامل

جایگزینی کامل گاورنر شامل جایگزینی (HPSS) می‌باشد. این امر معمولاً مستلزم داشتن یک سیستم عملگر فشار هیدرولیکی قویتری می‌باشد که به نوبه خود نیاز به جایگزین نمودن سروموتور اصلی دارد. هزینه ناشی از جایگزینی کامل را می‌توان با توجه به بهبود عملکرد سیستم، کاهش هزینه‌های نگهداری و بهبود حفاظت مکانیکی سیستم توجیه

کرد. از این روش تنها در صورتی استفاده خواهد شد که هزینه‌های نگهداری (HPSS) نسبتاً زیاد بوده یا حفاظت‌های مکانیکی سیستم کافی نباشند.

۴-۴- ژنراتورها

۴-۴-۱- مقدمه

- بهسازی ژنراتورها معمولاً شامل ارتقای ظرفیت آن‌ها می‌باشد.

قطعات مشخصی از قبیل حلقه‌های کلکتور، کفشک ترمز، تبادلهای کننده‌های حرارتی از روغن به آب یا از هوا به آب با گذشت زمان دچار فرسودگی خواهند شد. هرچند که این قطعات، از قطعات اصلی ژنراتور محسوب نمی‌شوند ولی خرابی این قطعات جانبی ممکن است اثر قابل ملاحظه‌ای در افزایش هزینه نگهداری ژنراتور داشته و بهسازی ژنراتور فرصتی را برای رفع مشکلات مذکور ایجاد نماید. به عنوان مثال، افزودن سیستم خلاء گرد ترمز ممکن است هزینه‌های ناشی از تمیز کردن ژنراتور را کاهش دهد.

سیم‌پیچ استاتور با گذشت زمان و افزایش درجه حرارت فرسوده خواهد شد. درصد زیادی از خروج‌های ناگهانی سیستم ناشی از خرابی‌های ایجاد شده در سیم‌پیچ‌های استاتور می‌باشند. به خاطر پیشرفت‌های بسیار زیاد در مواد عایقی و روش‌های طراحی، استفاده از سیم‌پیچی جدید در استاتور مزایای بسیاری از قبیل افزایش قدرت، قابلیت اطمینان و طول عمر به همراه خواهد داشت.

- هسته استاتور، سیم‌پیچی روتور یا هردو ممکن است در هنگام بهسازی تعویض شوند.

هسته روتور و سیم‌پیچی استاتور در ژنراتورهای قدیمی ممکن است دارای آزیست (پنبه نسوز) باشند. هنگام تعویض سیم‌پیچ‌های قدیمی یا دیگر مواد دارای آزیست باید به موارد ایمنی و مسایل مربوط به کار با این مواد کاملاً توجه نمود. در این بخش به بررسی امکان ارتقای قدرت ژنراتور با توجه به پیشرفت فن‌آوری‌های موجود در زمینه مواد عایقی خواهیم پرداخت. اغلب ژنراتورهایی که تا قبل از سال ۱۹۶۰ میلادی ساخته شده‌اند را می‌توان بهسازی کرده و ظرفیت خروجی آن‌ها را تا ۱۵٪ افزایش داد. هرچند که طراح باید مشخصات تمامی قطعات ماشین را (مثل اولین باری که ماشین طراحی شده) در نظر بگیرد. به عنوان مرجع برای انجام این کار می‌توان از استاندارد ANSI C50.10-1990 استفاده نمود.

انجام هر بهسازی در ژنراتور باید شامل ارزیابی موارد ساختمانی و مکانیکی واحد نیز باشد. جدول (۴-۱)، جدول (۴-۲) و جدول (۴-۳) به منظور اطمینان از بررسی تمام موارد مربوط به طراحی ژنراتور ارائه شده‌اند.

برای راه‌اندازی ژنراتورهای بهسازی شده باید از استانداردهای IEEE Std 1095 و IEEE Std 810 استفاده نمود.

ادامه جدول ۴-۱- چک لیست بهسازی ژنراتور - قسمت اول

عنوان	فونداسیون استاتور	فریم استاتور	هسته استاتور	سیم پیچ استاتور	بدنه قطب روتور	سیم پیچ قطب روتور	سیم پیچ‌های دمپر	قاب روتور	بدنه روتور	کلیدهای روتور	شفت
قدرت مکانیکی	چک شود	چک شود			چک شود	چک شود		چک شود	چک شود	چک شود	چک شود
ضریب اطمینان	چک شود				چک شود	چک شود	چک شود	چک شود	چک شود	چک شود	چک شود
زوال مواد عایقی				چک شود		چک شود					
تمیز بودن			چک شود	چک شود		چک شود					

جدول ۴-۲- چک لیست بهسازی ژنراتور - قسمت دوم

عنوان	یاناقان کفگرد	هادی یاناقان	سیستم تهویه	فونداسیون براکت	سازه براکت
خوردگی ناشی از سایش	چک شود	چک شود			
دمای هنگام کار	چک شود	چک شود			
آنالیز مسیر متوسط مایع خنک کننده	چک شود	چک شود	چک شود		
تلفات	چک شود	چک شود	چک شود		
بارگذاری	چک شود	چک شود			چک شود
ضریب اطمینان	چک شود	چک شود			چک شود
جوشکاری					چک شود
قدرت مکانیکی					چک شود
تغییر شکل	چک شود	چک شود			چک شود
استفاده از هوا به عنوان ماده خنک کننده			چک شود		
سالم و بی نقص بودن بتن				چک شود	
گشتاور لازم برای بستن و نصب				چک شود	چک شود
ترک‌ها و شکاف‌های موجود	چک شود	چک شود			چک شود
تمیز بودن	چک شود	چک شود	چک شود		
نشستی	چک شود	چک شود			

جدول ۴-۳- چک لیست بهسازی ژنراتور - قسمت سوم

عنوان	سیستم تبادل حرارت	ترمزها و جک‌ها	سیستم گردش روغن با فشار زیاد	کنترل کننده‌ها
تمیز بودن	چک شود		چک شود	
نشستی	چک شود	چک شود	چک شود	
قابلیت	چک شود	چک شود	چک شود	
سوابق تعمیرات و سرویس	چک شود	چک شود	چک شود	
کفایت سیستم حفاظت				چک شود
اصلاح و بهسازی به منظور افزایش قابلیت			چک شود	

جدول (۴-۴) نتایج حاصل از بهسازی و ارتقای ظرفیت یک ژنراتور را نشان می‌دهد، در این مورد سیم‌پیچ‌های روتور و استاتور تعویض شده‌اند ولی سیستم تحریک حفظ شده است.

جدول ۴-۴- نتایج حاصل از بهسازی و ارتقای ظرفیت یک ژنراتور

مشخصات	پیش از بهسازی	پس از بهسازی
سیم پیچ روتور	کلاس B - تسمه‌ای	کلاس F - تسمه‌ای
سیم پیچ استاتور	کلاس B - آسفالت	کلاس F - اپوکسی
ظرفیت نامی	125 MVA - 0/95 pf - 13.8 kV	125 MVA - 0/95 pf - 13.8 kV
اضافه بار	15%	ندارد
سیستم تحریک	655 kW-500 V- 750 V	بدون تغییر
SCR	0/885	0/885
جریان میدان در حداکثر بار	1040 A dc	1036 A dc
حداکثر افزایش درجه حرارت سیم پیچ روتور در بار حداکثر	80 °C	80 °C
حداکثر افزایش درجه حرارت سیم پیچ استاتور در بار حداکثر	80 °C	80 °C
راندمان در بار حداکثر	%98/11	%98/39
وزن مس در سیم پیچی روتور	20412 kg	31480 kg
وزن مس در سیم پیچی استاتور	12788 kg	17092 kg
حداکثر گشتاور بار	9011250 Nm	10880250 Nm

بهسازی و ارتقای ظرفیت ژنراتور ممکن است تغییراتی را در اینرسی، راکتانس‌ها یا ثابت‌های زمانی آن ایجاد کند. در هر یک از این موارد، پارامترهای ماشین را باید با توجه به مشخصات توربین موجود مجدداً ارزیابی نمود.

اعمال تغییرات در طرح توربین ممکن است منجر به ایجاد تغییراتی در سرعت توربین شود که نتیجتاً باعث ایجاد تنش بیش‌تری بر روی قسمت‌های چرخان شده و در هنگام حذف بار الکتریکی اضافه ولتاژ را افزایش دهد. چون جریان میدان ژنراتور با افزایش بار زیاد می‌شود، ظرفیت سیم‌پیچی روتور یا سیستم تحریک (با هر دو) ممکن است جوابگوی نیاز جدید سیستم نباشند. ضریب قدرت نامی ممکن است عوض شود، سیم‌پیچی روتور ممکن است تغییر یابد، یا ممکن است سیستم تحریک تعویض شود.

در قسمت‌های ۴-۴-۲ تا ۴-۴-۴، به بحث در خصوص اعمال موارد فوق بر ژنراتورهای موجود خواهیم پرداخت.

۴-۴-۲-۱- عایق سیم پیچ

سیستم‌های عایقی جدیدتر با کلاس حرارتی بالاتر برای سیم‌پیچ‌های استاتور، ضخامت کم‌تر و قابلیت هدایت حرارت بیش‌تری نسبت به سیستم‌های عایقی قدیمی دارند. سیستم‌های عایقی قدیمی بر اساس عایق آسفالت ساخته می‌شدند. چون در صورت استفاده از عایق‌های جدید با ضخامت کم‌تر و قابلیت هدایت حرارت بیش‌تر امکان استفاده از مس بیش‌تری در سیم‌پیچی‌ها فراهم می‌شود، لذا ظرفیت ژنراتور افزایش خواهد یافت. در سیم‌پیچ‌های تعویض شده می‌توان ابعاد هسته و نحوه طراحی آن را به منظور کاهش تلفات هسته (فوکو و هیستریزیس) تغییر داد.

۴-۴-۲-۲- سیستم تهویه ژنراتور

تست‌های سیستم تهویه در ژنراتورهای قدیمی نشان داده‌اند که در بسیاری از این ژنراتورها طرحی برای تهویه در نظر گرفته نشده است. در بعضی از موارد عملکرد مطلوب سیستم تهویه تنها در شرایط نامی ژنراتور امکان‌پذیر است.

بنابراین انجام تست‌های جریان هوا و عملکرد سیستم تهویه برای اطمینان از قابلیت سیستم تهویه در تبادل حرارت اضافی ناشی از افزایش ظرفیت ژنراتور (پس از بهسازی و ارتقا) ضروری است. این تست‌ها شامل اندازه‌گیری جریان و فشار هوا در مناطق بحرانی ماشین می‌باشد. کارآیی سیستم تهویه را می‌توان با استفاده از عوامل ذیل بهبود بخشید:

الف- افزودن یا طراحی مجدد پره‌های هواکش روتور

ب- افزودن یا طراحی مجدد مسیرهای عبور هوا برای کنترل جریان هوا

ج- تمیز کردن پوشش بیرونی سطوح انتقال دهنده حرارت (مثل سیم‌پیچ روتور) از آلودگی

د- تبدیل یک سیستم تهویه باز به یک سیستم تهویه از نوع بسته

ممکن است کل جریان هوا مهم‌ترین پارامتر مورد بررسی نباشد. مهم این است که جریان هوای خنک کننده باید به طور مناسب و متناسب با گرمای ایجاد شده در هر قسمت ژنراتور توزیع شود.

۴-۲-۳- آنالیز حرارتی

بررسی تست‌های کارآیی ماشین‌های قدیمی نشان می‌دهد که بسیاری از آن‌ها با توجه به شرایط گارانتی دارای ضرایب اطمینان قابل توجهی برای کار در حالت دائم می‌باشند. سیم‌پیچی مجدد این ماشین‌ها با استفاده از عایق اپوکسی میکا تا ۱۵٪ حداکثر دمای مجاز قابل تحمل توسط ماشین در شرایط کار دائم را بهبود می‌بخشد. استفاده از بسته‌های نرم افزاری جهت شبیه‌سازی مدل‌های انتقال حرارت مرتبط با سیم‌پیچی‌ها، دندانه، هسته و هوای سیستم تهویه با محاسبه دقیق تلفات حرارتی، این امکان را به طراح می‌دهد که دمای قسمت‌های مختلف ماشین را با دقت بسیار خوبی پیش‌بینی نماید. پیش‌بینی دقیق دمای قسمت‌های مختلف ماشین ضرایب اطمینان مورد نیاز برای کار ماشین در حالت دائم را کاهش داده و این امکان را می‌دهد تا از ماشین در دمای بالاتری نسبت به شرایط گارانتی (که به خاطر عدم امکان پیش‌بینی دقیق دمای ماشین در هنگام طراحی اولیه با ضرایب اطمینان بالا در نظر گرفته شده بوده است) بهره‌برداری گردد.

سیم‌پیچ‌های اصلی ژنراتور (مربوط به طراحی اولیه) معمولاً با ضرایب اطمینان بالاتری در نظر گرفته شده‌اند و بنابراین دارای قابلیت انتقال جریان اضافی ناشی از بهسازی و ارتقای ژنراتور می‌باشند. به خاطر ساختار نسبتاً ساده و تنش‌های کم در هنگام کار، سیم‌پیچ‌های روتور معمولاً دچار فرسودگی قابل توجهی نشده و به ندرت در هنگام بهسازی سیستم نیاز به تعویض آن‌ها احساس می‌شود.

هنگامی که نیازهای حرارتی و تلفات سیستم ارتقا یافته تعیین شوند، به منظور اطمینان از وجود ظرفیت کافی جهت انتقال گرما توسط سیستم تهویه می‌توان قابلیت این سیستم را در شرایط کار جدید، بررسی کرد. همان‌طور که پیش‌تر نیز گفتیم در مورد ژنراتورهای قدیمی به خاطر بالا منظور شدن ضرایب اطمینان در هنگام طراحی اولیه می‌توان دمای قابل تحمل توسط ژنراتور را در حالت کار دائم افزایش داد.

۴-۲-۴- آنالیز رایانه‌ای

روش‌های محاسبه پارامترهای الکتریکی ماشین بهبود یافته‌اند. استفاده از ابزارها و الگوریتم‌های جدید بر اساس تجارب کسب شده در سال‌های اخیر هم اکنون امکان‌پذیر است. هم اکنون می‌توان صحت یا سقم روابط و فرمول‌های موجود که به صورت تجربی به دست آمده بودند را با استفاده از روش آنالیز اجزای محدود بررسی کرد. تعداد و پیچیدگی شرایط و مقررات طراحی ژنراتورها افزایش یافته است. ممکن است به دست آوردن اطلاعات لازم جهت طراحی نیازمند بررسی و مدل‌سازی دقیق ژنراتور باشد.

۴-۳- ملاحظات مکانیکی سیستم

بحث آتی در خصوص مباحث مکانیکی خواهد بود که باید در مراحل اولیه مطالعات بهسازی و ارتقای سیستم مورد بررسی و توجه قرار گیرد و همچنین در مورد مشکلاتی که طراح در هنگام بررسی این مباحث با آن‌ها درگیر است نیز بحث خواهد شد. در جدول (۴-۵) یک چک لیست عمومی برای بررسی و تعیین صحت عملکرد مکانیکی سیستم ارائه شده است.

جدول ۴-۵- مولفه‌های اصلی در یکپارچگی مکانیکی ژنراتور

مولفه‌های اصلی	گشتاور	سرعت	اتصال کوتاه	کشش مغناطیسی	کفگرد
قاب	چک شود	چک شود	چک شود	چک شود	چک شود
فونداسیون استاتور	چک شود	چک شود	چک شود	چک شود	
ارتباط هسته به قاب	چک شود	چک شود	چک شود	چک شود	
بدنه	چک شود	چک شود			
ارتباط بدنه به لبه	چک شود	چک شود		چک شود	
لبه		چک شود			
نوک و ادامه قطب		چک شود			
سیم‌پیچ میدان		چک شود			
محور	چک شود	چک شود		چک شود	
ارتباط محور به بدنه	چک شود	چک شود			
کوپلینگ محور اصلی	چک شود	چک شود			
بیرینگ‌ها		چک شود		چک شود	چک شود
براکت‌ها		چک شود		چک شود	چک شود

۴-۳-۱- ملاحظات مربوط به طراحی مکانیکی ژنراتور

ژنراتورهای برق‌آبی واحدهای قدیمی از نظر مکانیکی طوری طراحی شده‌اند تا در هر شرایطی در محدوده کاری مجاز کار کنند و به خاطر عدم امکان مدل‌سازی دقیق ماشین (در هنگام طراحی اولیه)، در بسیاری از موارد ضرایب اطمینان آن‌ها در مقایسه با طراحی‌های فعلی (که بر اساس مدل‌سازی دقیق ماشین انجام می‌شود)، نسبتاً بزرگ در نظر گرفته شده‌اند. هنگام مرور طراحی اولیه ماشین به چهار دلیل ذیل باید این کار را با دقت انجام داد.

الف- روش‌های تحلیلی:

روش‌های پیشین طراحی ماشین محدود و بسیاری از تحلیل‌ها ساده بوده‌اند. استفاده از محاسبات رایانه‌ای و محاسبات پیچیده فنی که هم اکنون در طراحی ماشین‌ها به کار گرفته می‌شوند در آن زمان امکان‌پذیر نبوده است. لذا برای جبران عدم دقت در محاسبات از ضرایب اطمینان بزرگ استفاده می‌شده است.

ب- مواد:

هم اکنون کیفیت مواد و روش‌های تضمین کیفیت پیشرفت کرده است. برخی مواد از قبیل مواد ریخته‌گری شده اهمیت قابل ملاحظه‌ای دارند. به عنوان مثال بدنه ریخته‌گری شده ماشین ممکن است دارای ترک‌های قابل توجهی باشد که تنها به دلیل در نظر گرفتن ضرایب اطمینان بزرگ در طراحی اولیه هیچ‌گاه این ترک‌ها مساله ساز نمی‌شوند. مواد دیگر نیز ممکن است در معرض تنش‌های بار، شکنندگی یا خوردگی در دوره زمانی کارکرد ماشین تاکنون بوده باشند.

ج- فرآیند ساخت:

کنترل کیفیت، بازرسی، شکل دهی، روش ساخت و روش‌های کنترل ترانس‌های دستگاه‌ها چندان پیشرفته نبوده‌اند.

د- تجربه:

پیش‌تر سوابق تاریخی و تجارب اندوخته شده در هنگام طراحی، ساخت و کارکرد ماشین در مواردی که ماشین در حالت اضافه بار یا اضافه سرعت کار کرده در دسترس نبوده است. اطلاعات بیش‌تر از کارکرد ماشین در شرایط غیر عادی به طراحان امروزی یک برتری نسبت به پیشینیان خود می‌دهد.

یک مشکل اساسی در مرور طراحی به منظور بهسازی و ارتقای ماشین از نظر مکانیکی در دسترس نبودن مشخصات مواد اصلی، محدوده تنش محاسبه شده، نتایج کنترل کیفیت مواد اصلی، روش ساخت و دیگر داده‌های ثبت شده در زمان قدیم می‌باشد. قابل تصور است که نقشه‌های مربوط به ساخت، طرح و مواد ماشین موجود باشند، هر چند که ممکن است نتوان به سادگی اطلاعاتی در خصوص اصلاحات انجام شده در نقشه هنگام ساخت، تغییرات اعمال شده در ماشین هنگام نصب، دوره بهره‌برداری و همچنین شرایط بارگذاری واقعی ماشین در طول دوره بهره‌برداری را به دست آورد.

۴-۳-۲- اثرات ناشی از تغییر گشتاور

تغییر در بارگذاری قطعات مکانیکی ماشین، ناشی از افزایش گشتاور می‌باشد. گشتاور به طور مستقیم با قدرت متناسب است و با سرعت و راندمان نسبت معکوس دارد. چون در بهسازی و ارتقای واحد‌های موجود، امکان افزایش ظرفیت واحد از چند درصد تا حدود ۵۰٪ وجود دارد لذا بررسی اثرات حاصل از تغییر گشتاور قطعات ناشی از بهسازی و ارتقای واحد حائز اهمیت است.

بایستی بین پارامترهای اصلی سیستم قدیمی و پارامترهای سیستم جدید مقایسه انجام شود. در بعضی از موارد واحد برای دوره‌های زمانی طولانی در شرایط اضافه بار کار کرده و عملکرد واحد در این شرایط اضافه بار نشان می‌دهد که واحد چگونه در شرایطی فراتر از شرایط نامی خود، کار می‌کند. قطعاتی از ماشین که در صورت تغییر گشتاور (ناشی از بهسازی و ارتقای ظرفیت) بیش‌ترین تاثیرپذیری را دارند عبارتند از:

الف - محور:

بررسی اثرات ناشی از تغییر گشتاور محور اصلی در صورت تغییر کامل گشتاور، طراحی اصلی، پیکربندی و روش تحلیل نسبت به بررسی همین عوامل در هنگام تغییر گشتاور در بدنه ماشین آسان‌تر است. در صورت نیاز، با استفاده از تست اولتراسونیک محور در سایت (تست میدانی) می‌توان از صحت عملکرد مکانیکی آن مطمئن شد. در هنگام بررسی و مرور طراحی باید به کویلینگ‌ها نیز دقت و توجه نمود.

ب - بدنه:

گشتاور بار کامل از طریق محور توربین به بدنه منتقل می‌گردد. روش‌های طراحی متفاوت بوده و تحلیل آن‌ها می‌تواند پیچیده باشد. می‌توان گفت که تحلیل مسائل ناشی از افزایش گشتاور در بدنه ماشین پس از بهسازی و ارتقاء از بررسی همین امر در قطعات دیگر مشکل‌تر و پیچیده‌تر است. تنش‌های ناشی از گشتاور، تنها بخشی از کل تنش‌هایی هستند که در بدنه ماشین توزیع می‌شوند. تنش‌های ناشی از نیروی گریز از مرکز، وزن قطعات و انقباض لبه‌ها نیز مورد بررسی قرار می‌گیرند. بنابراین افزایش گشتاور الزاما به معنی افزایش تنش ماکزیمم در بدنه نیست.

ج - ارتباط لبه به بدنه و بدنه به محور:

این ارتباطات کل تغییر گشتاور را به بدنه منتقل می‌کنند ولی معمولا در شرایط افزایش بار ممکن است کمی مشکل‌ساز باشند.

د - استاتور:

بسته به تغییرات الکتریکی ایجاد شده، گشتاور اعمالی به استاتور در حالت اتصال کوتاه ممکن است تغییر کند. هرچند که این تغییر اغلب در مقایسه با گشتاور نامی ماشین چندان قابل توجه نیست. اتصالات فریم استاتور به فونداسیون و هسته استاتور به فریم آنرا نیز باید در مرحله مرور طراحی مورد بررسی قرار داد.

۴-۳-۳- کشش مغناطیسی و پایداری واحد

برخی تغییرات الکتریکی در استاتور روی پایداری عملکرد واحد موثر می‌باشد. کشش مغناطیسی غیر متعادل ما بین روتور و استاتور می‌تواند با تغییرات فاصله هوایی، تعداد و ترتیب قرار گرفتن مدارهای استاتور تغییر کند.

در یک استاتور که هسته و سیم‌پیچ آن تعویض شده باشد، کشش مغناطیسی می‌تواند به طور قابل توجهی با مقدار قبلی آن تغییر کند. چنین تغییری می‌تواند بر یاتاقان راهنما و باری که بر محور آن اعمال می‌شود، سرعت بحرانی واحد زیر بار، تکان دینامیکی محور در هنگام کار ماشین و رفتار استاتور ماشین تاثیرگذار باشد.

۴-۳-۴-۴- اثرات مربوط به توربین

برنامه بهسازی ممکن است شامل تغییر و اصلاح توربین نیز باشد. اگر بهسازی توربین قسمتی از برنامه کلی بهسازی باشد، طراح ژنراتور باید اثرات ناشی از تغییرات احتمالی ایجاد شده را نیز در نظر گیرد. اگر سرعت نامی، حداکثر سرعت فرار، وزن توربین یا نیروی هیدرولیکی آن تغییرات قابل توجهی را در شرایط بارگذاری توربین ایجاد کنند، در این صورت نیاز به بررسی این عوامل احساس می‌شود.

تغییرات سرعت استثنا بوده و در این بحث با جزئیات مورد بررسی قرار نخواهد گرفت. ایجاد تغییر در سرعت نامی یا حداکثر اضافه سرعت بر بیش تر قطعات مهم تاثیر خواهد گذاشت. اگر احتمال افزایش حداکثر سرعت یا سرعت نامی توربین متصور باشد، زمان لازم برای مرور طراحی، طولانی تر خواهد شد.

حتی در صورت استفاده مجدد از توربین موجود، مشخصات توربین از قبیل نیروی هیدرولیکی، ممکن است تغییر یافته باشد. طراح باید برای مرور طراحی ژنراتور شرایط بارگذاری اولیه توربین را از سازنده آن اخذ کند.

تغییر نیروی هیدرولیکی توربین، تاثیر مستقیمی بر یاتاقان کفگرد و سازه محافظ آن دارد. از نتایج حاصل از تحلیل کامل یاتاقان موجود می‌توان برای افزایش ظرفیت بار استفاده کرد. اگر به خاطر محدودیت‌های ناشی از یاتاقان مجبور به انجام اصلاحاتی باشیم، با اعمال کمی تغییر در قطعات موجود قادر به گرفتن نتیجه مطلوب خواهیم بود. مقایسه مقادیر اصلی طراحی شده اولیه با شرایط بارگذاری جدید باید با دقت زیادی انجام شود. دلیل عملکرد رضایت بخش یاتاقان یک توربین در خلال سال‌های متمادی ممکن است به این خاطر باشد که هیچ‌گاه باری معادل شرایط طراحی اولیه به آن اعمال نشده و همواره یاتاقان در حاشیه امنیتی خوبی کار کرده باشد. سازه محافظ مکانیکی نیز باید از نظر قابلیت تحمل تنش بیش تر و حداکثر قدرت شکست مورد بررسی قرار گیرد. اثر نیروی هیدرولیکی بر تنش شعاعی محور توربین معمولاً چندان قابل توجه نیست.

تغییر دبی نامی توربین ممکن است منجر به افزایش بار سروموتورهای کنترل کننده توربین شود. سروموتورهای ویکت گیت و سروموتورهای تیغه‌های رانر تحت تاثیر تغییر دبی نامی توربین قرار خواهند گرفت.

ابعاد سروموتور، فشار هیدرولیکی قابل تولید توسط سروموتور، سایز کردن پمپ روغن، پایپینگ سروموتور و طراحی شیر کنترل کننده گاورنر باید مجدداً مورد بررسی قرار گیرد تا تعیین شود که آیا جریان و قدرت تغییر یافته توربین، نیازمند ایجاد تغییراتی در عناصر سیستم کنترل توربین خواهد بود یا خیر.

۴-۴-۴- تمیز کردن، بازرسی و آزمایش

تنها با سیم‌پیچی مجدد استاتور، بدون داشتن اطلاعات دقیقی از شرایط ژنراتور و کارایی آن، نمی‌توان بهسازی را به صورت قابل اطمینان انجام داد. بسیاری از بهره‌برداران یا سازندگان نتایج حاصل از تست‌های کارایی ژنراتور را که در هنگام نو بودن ژنراتور انجام شده، ثبت کرده‌اند. اگر هیچ اصلاحی در سیستم تهویه اصلی و اولیه ماشین انجام نشده باشد، نتایج حاصل از تست دمای ماشین در شرایط اولیه می‌تواند اطلاعات بسیار مفیدی در زمینه طراحی ماشین ارتقا یافته را در اختیار طراح بگذارد. در یک ماشین قدیمی، تلفات هسته و دندانه ممکن است در اثر پیری و فرسایش عایق سیم‌پیچی‌ها و عایق بین ورقه‌ها افزایش یابد. بنابراین اگر در بهسازی اساسی ماشین قرار است مجدداً از هسته قدیمی استاتور استفاده شود، تست‌های صحت عملکرد عایق هسته و تست‌های اندازه‌گیری تلفات جدید ماشین باید انجام شوند چون تلفات هسته زیادتر باعث افزایش دمای سیم‌پیچی خواهد شد. بحث بیشتر در این خصوص در استاندارد IEEE Std 1TM [B71] انجام شده است.

تمیز نمودن کامل قطعات ژنراتور بخشی لازم و ضروری جهت اصلاح و ارتقای آن می‌باشد. این کار بایستی پیش از تعیین طرح ارتقای ژنراتور انجام شود تا امکان بازبینی دقیق قطعات مکانیکی ژنراتور فراهم آید. این امر به ویژه در صورتی که حتی یک قطعه از قطعات اصلی ژنراتور از جنس ریخته‌گیری شده باشد بسیار مهم است. بازرسی ژنراتور باید شامل یک بررسی کامل ظاهری قطعات ماشین مطابق جدول ۲ باشد. بهتر است برای بازرسی قطعاتی که در معرض تنش‌های شدید کاری قرار می‌گیرند از روش‌های دقیق‌تری از قبیل امواج اولتراسونیک، ذرات مغناطیسی یا رنگ‌های نفوذ کننده جهت آشکار شدن بیش‌تر ترک‌ها استفاده شود.

تحریک کننده‌های گردان و حلقه‌های کلکتور نیز، باید دقیقاً مورد بازرسی قرار گیرند. اگر قرار است از این قطعات به همراه سیم‌پیچ روتور بدون هیچ اصلاحی در ژنراتور ارتقا یافته شده استفاده شود، باید تست مقاومت عایقی بر روی این قطعات انجام شود. اگر تحریک کننده‌های استاتیک نیز در حیطه کار بهسازی ماشین قرار می‌گیرند، باید اطلاعات مربوط به ولتاژ قابل تحمل لایه‌ها و خرابی احتمالی عایق آن از سازنده ژنراتور اخذ گردد.

بهتر است به محض تکمیل کار ارتقای ژنراتور، با انجام یک سری تست، محدوده کار نامی ماشین ارتقا یافته را به منظور بهره‌برداری از ماشین در شرایط جدید تعیین نمود. به ویژه انجام تست‌هایی که مشخصه‌های ماشین در زمان طولانی بهره‌برداری را تعیین می‌کنند حائز اهمیت است. تست شیب DC، آنالیز تخلیه جزئی و اندازه‌گیری فاصله هوایی در هنگام بهره‌برداری از ژنراتور (در صورت تعبیه تجهیزات لازم اندازه‌گیری) از این قبیل تست‌ها می‌باشند.

۴-۵- سیستم‌های تحریک

۴-۵-۱- مقدمه

سیستم تحریک ژنراتور جریان لازم برای ایجاد میدان مغناطیسی را به منظور کنترل ولتاژ و توان راکتیو ماشین تامین می‌کند. بسیاری از سیستم‌های تحریک که تا پیش از سال ۱۹۶۰ میلادی نصب شده‌اند، شامل یک تحریک کننده چرخان هستند که میدان اصلی ژنراتور را تغذیه کرده و یک رگلاتور نیز دارند که خروجی تحریک کننده پایلوت را کنترل می‌کند. از سال ۱۹۶۰ تا کنون رایج ترین سیستم‌های تحریک استاتیک، سیستم‌هایی بوده‌اند که از رکتی فایرهای دارای پل تایریستوری استفاده می‌کنند. نوع دیگر سیستم تحریک رایج برای ماشین‌های کوچک تر پرسرعت از یک تحریک کننده فاقد جاروبک با یک ژنراتور چرخان AC و رکتی فایرهای چرخان تشکیل شده است. هر دو نوع سیستم تحریک مذکور را می‌توان به آسانی بهسازی نمود.

۴-۵-۲- نوسازی

دلایل موجود برای بهسازی سیستم‌های تحریک نیز مانند اغلب تجهیزات دیگر عبارتند از: افزایش راندمان و قابلیت اطمینان، کارایی بهتر و نیاز کم تر به تعمیرات و نگهداری. هنگام بهسازی ژنراتورهایی که سیستم تحریک آن‌ها دارای جاروبک و حلقه لغزشی است، باید استفاده از سیستم‌های تحریک استاتیک یا بدون جاروبک مورد توجه قرار گیرد. در این صورت به خاطر حذف قطعات مکانیکی از سیستم تحریک، نیاز سیستم به تعمیرات دوره‌ای نیز کم تر شده و عملیات تعمیر و نگهداری سیستم تحریک به شدت کاهش می‌یابد. قطعات مکانیکی سیستم تحریک نیاز به بررسی مرتب و تعویض دوره‌ای قطعاتی دارند که ممکن است با گذشت زمان دیگر امکان تهیه وسایل تعویضی آن‌ها به دلیل عدم تولید این قطعات وجود نداشته باشد.

۴-۵-۳- ادوات تکمیلی

ساده ترین روش بهسازی سیستم‌های تحریک افزودن لوازم جانبی به تجهیزات موجود سیستم تحریک است. این روش معمولاً در مورد سیستم‌های تحریک استاتیک قدیمی به کار برده شده و در بهسازی سیستم‌های چرخان کم تر از این روش استفاده می‌گردد. وسایلی که استفاده از آن‌ها به عنوان لوازم جانبی در این روش بهسازی مرسوم است عبارتند از: محدود کننده‌های حداکثر و حداقل تحریک، جبران کننده افت توان راکتیو، تثبیت کننده سیستم قدرت، رله میدان زمین، نشانگر دمای میدان استاتیک و کنترل کننده وار یا توان راکتیو. هرچند که این لوازم جانبی قابلیت‌های جدیدی را به سیستم اضافه می‌کنند، ولی استفاده از آن‌ها هیچگاه مزایای تعویض کل سیستم تحریک یا بخشی از قسمت‌های آن را ندارد.

۴-۵-۴- جایگزینی قسمتی از تجهیزات تحریک

جایگزینی بخشی از تجهیزات معمولاً شامل جایگزین نمودن رگلاتور ولتاژ و تحریک کننده پایلوت با یک تنظیم کننده ولتاژ مدرن (حالت جامد) می‌باشد که میدان تحریک کننده اصلی را به طور مستقیم تغذیه نماید. معمولاً رنوستای مربوط به میدان تحریک در این فرآیند حذف می‌شود. مزایای این روش بهسازی هزینه نسبتاً کم آن، بهبود کارایی و قابلیت اطمینان سیستم می‌باشد ولی در صورت استفاده از یک سیستم کاملاً استاتیک می‌توان مقدار راندمان سیستم را باز هم افزایش داد.

۴-۵-۵- جایگزینی کامل تجهیزات

یک تحریک کننده چرخان dc را ممکن است با یک تحریک کننده بدون جاروبک یا یک تحریک کننده استاتیک جایگزین نمود. در هر دو حالت، ممکن است در راندمان ژنراتور یک افزایش نسبی رخ دهد. هر دو حالت مذکور، مزایای از قبیل حذف شدن کموتاتور تحریک کننده و کاهش عملیات نگهداری آن را دارند. بهبود قابل توجهی که در راندمان رخ می‌دهد ناشی از حذف تلفات مکانیکی و مغناطیسی تحریک کننده چرخان و حذف مقاومت متغیر مدار تحریک می‌باشد. سیستم‌های تحریک چرخان قدیمی، دارای راندمانی حدود ۸۸٪ هستند و راندمان سیستم‌های تحریک استاتیک کنونی بیش از ۹۵٪ می‌باشد. همچنین قابلیت اطمینان این سیستم‌ها نیز بهبود قابل ملاحظه‌ای یافته چون سیستم‌های تحریک قدیمی هنگامی که جریانی نزدیک حد بالای طراحی اولیه از آن‌ها عبور کند ممکن است به خاطر استهلاک و فرسودگی در معرض قطعی قرار گیرند.

قابلیت در دسترس بودن سیستم‌های تحریک استاتیک نیز بسیار زیاد است. سیستم‌های تحریک از نوع چرخان، ممکن است در مقایسه با نیاز سیستم‌های کنترل کنونی زمان پاسخ طولانی داشته و در هنگام بروز خطاهای گذرا در سیستم عملکرد مطلوبی نداشته باشند. در مقابل زمان پاسخ سیستم‌های تحریک استاتیک در خطاهای گذرا مناسب بوده و می‌توان با استفاده از آن‌ها قابلیت پایداری ولتاژ سیستم را بالا برد. معایب سیستم‌های تحریک استاتیک هزینه اولیه زیاد و نیاز آن‌ها به فضای بزرگ جهت نصب می‌باشد. زمان خروج مورد نیاز واحد جهت نصب یک سیستم تحریک استاتیک حداقل ۳ هفته است.

زمان پاسخ سیستم‌های تحریک بدون جاروبک، طولانی تر از زمان پاسخ سیستم‌های تحریک استاتیک است. یکی از مزایای سیستم تحریک بدون جاروبک، حذف حلقه لغزشی ژنراتور و عملیات مربوط به نگهداری آن است. تعبیه یک سیستم تحریک بدون جاروبک معمولاً از نظر مکانیکی مشکلاتی را ایجاد می‌کند و بهمین خاطر سیستم‌های تحریک استاتیک معمولاً به عنوان سیستم‌های تحریک جایگزین سیستم‌های تحریک قدیمی، بیش‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۴-۶- خروجی‌های اصلی ژنراتور و سویچ‌گیر

خروجی‌های اصلی واحد و سویچ‌گیر قسمت‌هایی هستند که معمولاً در هنگام بهسازی تجهیزات واحد مورد بررسی قرار می‌گیرند. در صورتی که قرار باشد ظرفیت نامی واحد افزایش پیدا کند باید بررسی قسمت‌های مذکور را با دقت بیش‌تری انجام داد.

خروجی اصلی ژنراتور واحد ممکن است به صورت باس داکت یا کابل باشد. برای قطع جریان، ممکن است در کلید مدار شکن واحد از کلید پر شده با روغن، هوا - مغناطیس، خلاء، گاز SF₆، یا از روش دمیدن هوا استفاده نمود. برای تشخیص کفایت سیستم موجود باید مراحل ذیل را قدم به قدم انجام داد.

الف- بازرسی سیستم برای تشخیص صدمه‌های ظاهری و قابل رویت، از قبیل نشانه‌هایی از جرقه یا زوال عایق سیستم باید انجام شود. ممکن است شرایط فیزیکی سیستم نیاز به جایگزین نمودن تجهیزات را دیکته کند.

ب- در صورت امکان تهیه و بررسی فایل تعمیرات و نگهداری دستگاه برای بررسی این که آیا در مدت کار سیستم خرابی در آن رخ داده است یا خیر.

ج- در صورت امکان تهیه اطلاعات درج شده بر روی پلاک دستگاه، نقشه‌ها، اطلاعات درج شده در کاتالوگ سازنده، دیتا شیت‌ها، گزارش‌های تست‌های مختلف و دیگر مدارکی که ممکن است حاوی اطلاعاتی در خصوص مقادیر نامی مشخصه‌های دستگاه به شرح ذیل باشند:

۱- حداکثر ولتاژ

۲- سطح BIL

۳- جریان دائمی

۴- قابلیت تحمل جریان اتصال کوتاه

۵- حداکثر جریانی که در کار سیستم ایجاد وقفه نماید

د- مقادیر نامی خروجی‌های اصلی واحد و سویچ‌گیر را با مقادیر مربوطه در ژنراتور مقایسه کنید. مطالعات اتصال کوتاه سیستم را برای تعیین سطوح خطای سیستم انجام داده و نتایج حاصل را با ظرفیت نامی تجهیزات مقایسه کنید.

۴-۷- تجهیزات زمین کردن نقطه صفر ژنراتور

سیستم زمین نقطه صفر ژنراتور به عنوان قسمتی از مطالعات بهسازی سیستم بایستی مد نظر قرار گیرد. توصیه‌هایی که در خصوص زمین کردن نقطه صفر ژنراتور ارائه می‌شود، بستگی به نحوه اتصال ژنراتورها به سیستم دارد. زمین کردن نقطه خنثی با استفاده از آمپدانس زیاد اغلب برای ژنراتورهای متصل به واحد توصیه می‌گردد. در این حالت ممکن است ژنراتور به طور مستقیم یا با استفاده از یک مدارشکن به ترانسفورماتور افزایش‌دهنده وصل شده باشد،

بنابراین هیچ مسیر اتصالی برای جریان‌های مولفه صفر یا ولتاژهای مولفه صفر برقرار نمی‌باشد. رله خطای زمین (با سیستم انتخاب کننده) یا مصارفی که بار حالت نامتقارن دارد از روش‌های دیگری جهت زمین کردن نقطه خنثی استفاده می‌کنند. این موارد شامل کاربردهایی که در آن ژنراتور با همان سطح ولتاژ خروجی ژنراتور به ژنراتورهای دیگر یا خطوط هوایی انتقال انرژی و سیستم‌های توزیع قدرت متصل است نیز می‌گردد.

به عنوان بخشی از عملیات بهسازی هنگامی که سیم‌پیچ‌های جدید استاتور یک ژنراتور نصب می‌شوند، اتصال نقطه خنثی و سیستم حفاظت بایستی با توجه به توصیه‌های موجود IEEE بهسازی گردد. این سیستم‌های توصیه شده برای به حداقل رساندن صدمه ناشی از اتصال کوتاه یک فاز به زمین ژنراتور و محدود کردن اضافه ولتاژهای گذرا در سیستم طراحی شده است.

تجهیزات سیستم زمین ژنراتورهای موجود اغلب شامل ترانسفورماتورهای جریان، مقاومت به صورت مستقیم در اتصال زمین ژنراتور یا در اتصال زمین ثانویه ترانسفورماتور توزیع و ترانسفورماتورهای ولتاژ می‌باشد. تجهیزات حفاظت سیستم زمین شامل رله‌های ولتاژ و جریان متصل به ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری می‌باشند.

جایگزین نمودن ترانسفورماتورهای دارای عایق روغن در طرح زمین کردن نقطه خنثی به خصوص در حالتی که این ترانس‌ها در فضای سر بسته نصب شده باشند جهت اجتناب از وقوع آتش‌سوزی مطلوب است.

بسیاری از ترانسفورماتورها در برگیرنده روغنی هستند که با ترکیبات PCB آلوده شده است. انفجار این ترانسفورماتورها ممکن است باعث پخش و انتشار این مواد مضر در محیط گردد. قبل از دمونتاز و حمل ترانس موجود از سایت، بایستی روغن ترانس را آزمایش کرده و میزان ترکیبات PCB را در آن تعیین نمود.

هرگونه بازبینی و تجدید نظری در نحوه زمین کردن نقطه خنثی ژنراتور که تنش ولتاژ را در نقطه خنثی سیم‌پیچ استاتور ژنراتور قدیمی موجود افزایش دهد نیاز به بررسی دقیق شرایط عایقی ژنراتور در نقطه خنثی دارد.

تغییر تنش ولتاژ در این نقطه ممکن است زوال عایقی سیم‌پیچی قدیمی ژنراتور را تسریع کرده و باعث ایجاد خطای زمین در ژنراتور گردد.

زمین کردن نقطه خنثی با استفاده از مقاومت کم یا راکتور برای فراهم نمودن امکان هماهنگی عایقی در شرایط خطای زمین اغلب در مواردی که قدرت در سطح ولتاژ ژنراتور توزیع می‌شود مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مقاومت‌ها، ترانسفورماتورهای توزیع، ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری و نقشه‌های حفاظتی بایستی به عنوان قسمتی از فرآیند بهسازی مورد بازبینی قرار گیرند.

۴-۸- ترانسفورماتورهای اصلی

بهسازی و ارتقای توان تولیدی توربین و ژنراتور در یک واحد برقی ممکن است مستلزم افزایش متناظر قدرت ترانسفورماتور اصلی واحد باشد. عوامل دیگری نیز در کنار بهسازی و ارتقای توربین و ژنراتور واحد وجود دارند که می‌توانند نیازمند بازبینی مجدد ظرفیت و پارامترهای ترانسفورماتور اصلی باشند. این عوامل شامل رشد سیستم انتقال از

زمان نصب و راه‌اندازی اولیه واحد یا نیاز جدید سیستم انتقال به تولید توان رآکتیو توسط واحد می‌باشد. بازبینی مجدد ترانسفورماتور اصلی واحد بایستی شامل بررسی ظرفیت نامی واحد برحسب MVA، آمپدانس نامی و مشخصات تپ فشار قوی برای اطمینان از بهینه بودن قابلیت‌های تولید توان رآکتیو واحد با توجه به نیازهای شبکه به توان رآکتیو، باشد. بازبینی آمپدانس ترانسفورماتور بایستی با توجه به نتایج حاصل از بررسی مطالعات جریان اتصال کوتاه در مدارشکن‌های موجود یا جدید و سویچ‌گیر متصل به ترانسفورماتور اصلی واحد انجام شود. برای تعیین آمپدانس ترانس به نحوی که قابلیت‌های ژنراتور در تامین توان رآکتیو را بهینه کند و در عین حال وظیفه محدود نمودن جریان خطای مدار شکن ژنراتور را نیز انجام دهد استفاده از یک روش هماهنگ توصیه گردیده است. استاندارد [B39] IEEE Std. C57.116TM شامل دستورالعمل‌هایی در این خصوص می‌باشد.

اگر بهسازی و یا ارتقای توربین و ژنراتور واحد، ضرورت افزایش ظرفیت ترانس اصلی واحد را ایجاد کند، سیم‌پیچی مجدد ترانسفورماتور موجود واحد، روشی قابل اجرا برای افزایش ظرفیت ترانس می‌باشد، اما این روش به صرفه‌ترین روش ممکن نخواهد بود. اگر امکان استفاده از فن و پمپ روغن در سیستم خنک کننده ترانسفورماتور از ابتدا تعبیه شده باشد، افزودن فن و پمپ روغن نیز روش دیگری است که به افزایش ظرفیت نامی ترانسفورماتور منجر خواهد شد. اگر ظرفیت نامی ترانسفورماتور با استفاده از سیم‌پیچی مجدد ترانس یا تقویت سیستم خنک کننده آن افزایش یابد، بایستی قابلیت بوشینگ‌ها و ترانس‌های اندازه‌گیری جریان در تحمل میزان جریان افزوده شده ناشی از افزایش ظرفیت ترانس، بررسی شود.

علاوه بر این که نیاز به افزایش ظرفیت ترانس اصلی می‌تواند منجر به بهسازی ترانس شود، نیاز به بهبود قابلیت اطمینان ترانس اصلی نیز می‌تواند عامل دیگری باشد که منجر به بهسازی ترانس گردد. به عنوان مثال، ترانسفورماتورهای موجود که در آن‌ها از آب به عنوان ماده خنک کننده استفاده شده (OFWF, ODWF) را می‌توان با ترانسفورماتورهایی که سیستم خنک کننده قابل اطمینان‌تری دارند، مثلا سیستم‌هایی که به طور طبیعی خنک می‌شوند (ONAN) و یا سیستم‌هایی که در آن‌ها خنک شدن روغن به طور طبیعی و هوا به طور اجباری انجام می‌شود (ONAF)، یا دیگر سیستم‌های خنک کننده جایگزین نمود. (به استاندارد [B41] IEEE Std C57.12.00 رجوع کنید).

هنگام ارزیابی سیستم‌های خنک کننده جایگزین برای استفاده در یک ترانسفورماتور افزایش‌دهنده و پیش از انتخاب سیستم نهایی، باید به مشخصه‌های خاص بهره‌برداری از بعضی از این سیستم‌های خنک کننده توجه نمود. به عنوان مثال، استفاده از سیستم خنک کننده هوا اجباری - روغن اجباری (ODAF یا OFAF) باعث مزایای اقتصادی و کاهش حجم سیستم خنک کننده خواهد بود ولی در عوض محدودیتی را نیز به سیستم اعمال می‌کند که این صورت که باید همواره قسمتی از روغن خنک کننده سیستم، هنگامی که ترانس تحت بار است در مدار سیستم خنک کننده باشد. اگر حداقل نیاز سیستم به خنک کنندگی برآورده نشود، در این صورت ترانسفورماتور OFAF یا ODAF باید از مدار خارج شود تا از بروز اشکالات ناشی از دمای زیاد خودداری گردد. این محدودیت قابلیت در دسترس بودن سیستم را کاهش

می‌دهد. در مواردی که برق مورد نیاز واحد از طریق ترانسفورماتور اصلی تامین شود نیز قابلیت اطمینان سیستم کاهش خواهد یافت.

در خصوص نشتی روغن از محفظه ترانس نیز باید توجه ویژه‌ای مبذول داشت. همچنین اثر زوال تدریجی روغن با گذشت زمان و محافظت سیستم در برابر آتش‌سوزی نیز بایستی مورد توجه قرار گیرد. بهسازی فرصت مناسبی برای ارزیابی روغن عایقی و بازیابی آن به منظور بهبود خواص عایقی می‌باشد. اگر روغن ترانس حاوی ذرات PCB باشد بهتر است روغن را تعویض نموده و محفظه ترانسفورماتور را تمیز کرده و شستشو داد. در این صورت روغن تعویضی ترانسفورماتور باید طبق مقررات امحاء شود.

بهسازی همچنین فرصت مناسبی برای ارزیابی مجدد و بهبود سیستم حفاظت ترانسفورماتور می‌باشد. در هنگام ارزیابی مجدد سیستم حفاظت ترانسفورماتور، باید به اثر تلفات حرارتی ناشی از سیستم خنک‌کننده ترانسفورماتور در طرح حفاظتی آن توجه شود.

در هنگام این ارزیابی باید بین تعویض کامل ترانسفورماتور و بهسازی گسترده ترانسفورماتور موجود از نظر اقتصادی بررسی صورت گیرد. تعویض ترانسفورماتور می‌تواند باعث افزایش ظرفیت، بهبود راندمان و قابلیت اطمینان ترانس شود.

۴-۹- تجهیزات کنترل و ابزار دقیق

بهسازی تجهیزات کنترل و ابزار دقیق یک نیروگاه برق‌آبی قابلیت کارایی و میزان در دسترس بودن نیروگاه را بهبود بخشیده و همچنین عملیات تعمیر و نگهداری و هزینه بهره‌برداری از واحد را کاهش خواهد داد. کارایی واحد را می‌توان با کنترل توربین‌ها به منظور استفاده بهینه از آب موجود افزایش داد. در دسترس بودن واحد را می‌توان با استفاده از ثبت کردن جزئیات وقایع و داده‌های دقیق در هنگام بروز مشکلات به منظور پیش‌بینی و پیش‌گیری وقوع مشکلات بعدی افزایش داد. عملیات تعمیر و نگهداری واحد را می‌توان با نصب تجهیزات ثابت از قبیل ثبت‌کننده‌های نمودارهای میله به همراه تجهیزات ضبط اطلاعات، کاهش داد. هزینه‌های عملیاتی را می‌توان با خودکار نمودن عملیات نیروگاه (بدون نیاز به حضور پرسنل) یا متمرکز نمودن کنترل‌ها به منظور کاستن از تعداد افراد مورد نیاز جهت بهره‌برداری کاهش داد. در نیروگاه‌های موجود، عدم امکان تهیه قطعاتی که نیاز به تعویض دارند، عامل موثری در افزایش هزینه بهره‌برداری و کاهش قابلیت در دسترس بودن واحد می‌باشد. همچنین عملیات تعمیر و نگهداری نیز با دشواری فزاینده‌ای مواجه خواهد شد.

تعمیر و نگهداری قسمت‌های مورد نیاز و تجهیزات تست برای این‌که سیستم‌های کنترل و اندازه‌گیری همواره در حالت مطلوب باشند ممکن است پر هزینه و دشوار باشد. این امر می‌تواند باعث وابستگی بیش‌تر به تامین‌کننده تجهیزات کنترل و موسسه ارائه‌دهنده خدمات سرویس آن گردد.

هرچند که جایگزین نمودن تجهیزات قدیمی کنترلی و اندازه‌گیری با تجهیزات جدیدی که با فن‌آوری روز ساخته شده‌اند، می‌تواند باعث بهبود نحوه عملکرد واحد شده و نیاز به عملیات تعمیر و نگهداری را کاهش دهد، ولی در صورت

استفاده از فن‌آوری جدید باید به برگزاری دوره‌های آموزشی برای پرسنل، جهت آشنایی با تجهیزات جدید، دقت نمود. افزودن سنسورهای بیش‌تر و وسایل مونیتورینگ هوشمند تنها در صورتی می‌تواند مفید واقع شود که این تجهیزات به خوبی کالیبره شده و کاملاً قابل استفاده باشند و همچنین پرسنل بهره‌بردار به خوبی آموزش‌های لازم جهت تعمیر و نگهداری این تجهیزات را دیده باشند.

در هنگام بهسازی تجهیزات کنترلی و اندازه‌گیری نیروگاه باید به آیتم‌های زیر توجه ویژه‌ای مبذول داشت:

الف- لاجیک ترتیب گذاری استارت- استاپ توربین و ژنراتور و سیستم‌های کنترل برای زیر سیستم‌های مختلف در نیروگاه. اگر لاجیک توسط رله‌ها تحقق می‌یابد، بررسی شود که آیا جایگزین نمودن این رله‌ها با کنترلرهای قابل برنامه‌ریزی می‌تواند باعث بهبود عملیات بهره‌برداری از واحد و کاهش عملیات تعمیر و نگهداری تجهیزات گردد یا خیر؟ برای انجام این بررسی باید از مراجع IEEE Std 1010 و IEEE Std 1249 استفاده گردد.

ب- برای بررسی این که آیا جایگزین نمودن تجهیزات یا زیر سیستم‌ها باعث کاهش هزینه‌های بهره‌برداری و هزینه‌های عملیات تعمیر و نگهداری خواهد شد یا این که باعث سهولت در امر اتوماسیون واحد خواهد گردید یا خیر باید حجم عملیات بهره‌برداری دستی یا عملیات تعمیر و نگهداری تجهیزات موجود یا زیر سیستم‌ها را تعیین نمود.

ج- برای بررسی این که آیا بهبود عملیات بهره‌برداری واحد با استفاده از سیستم اتوماسیون، ایجاد یک سیستم کنترل متمرکز و یا ترکیبی از این دو قابل اجراست یا خیر باید موقعیت و نحوه قرارگیری کنترل‌های موجود در واحد را تعیین کرد. برای انجام این بررسی باید از استاندارد مرجع IEEE Std 1249 استفاده نمود.

د- برای بررسی این که آیا تجزیه و تحلیل اطلاعات و کنترل واحد از راه دور می‌تواند هزینه‌های بهره‌برداری را کاهش دهد، کارایی واحد را بهبود بخشد و باعث بهبود عملیات تعمیر و نگهداری واحد شود یا خیر باید طرح کلی حفاظتی واحد مورد بازبینی قرار گیرد. شاید قابلیت کنترل واحد و تجزیه و تحلیل اطلاعات از راه دور در هنگام تاسیس واحد موجود نبوده است. متمرکز نمودن و اتوماسیون کنترل‌ها و سیستم‌های آنالیز داده‌ها را می‌توان توسط روش‌های متعددی از قبیل استفاده از یک سیستم کنترل مبتنی بر رایانه، سیستم لاجیک سخت افزاری یا کنترلرهای قابل برنامه‌ریزی انجام داد.

ه- وسایل اندازه‌گیری از قبیل سنسورهای فشار، دما و سطح باید مورد بررسی قرار گیرند تا مشخص شود که آیا جایگزینی این وسایل با تجهیزات جدید می‌تواند داده‌های دقیق‌تر و مورد اطمینان‌تری را برای بهره‌برداری، نگهداری و حفاظت واحد فراهم آورد یا خیر.

و- تجهیزات اندازه‌گیری و ثبت اطلاعات باید مورد بررسی قرار گیرند تا تعیین گردد که آیا کم نمودن تعداد یا تغییر فرمت ارائه اطلاعات قابل حصول است یا خیر؟ کم کردن تعداد یا تغییر فرمت این تجهیزات می‌تواند خطا

- و سر درگمی اپراتور را کاهش دهد. اگر کارشناس خبره تحلیل اطلاعات در مکانی بیرون از نیروگاه مستقر باشد، باید امکان مونیترینگ کلی سیستم از مکانی خارج از سایت نیز بررسی شود.
- ز- سیستم آلارم نیروگاه باید مورد بررسی قرار گیرد تا مشخص شود که آیا اپراتورها دارای اطلاعات کافی هستند تا بدانند که در پاسخ به هر آلارمی چه کاری باید انجام دهند یا خیر؟ همچنین اپراتورها باید بتوانند آلارم‌های مزاحم غیر ضروری سیستم را نیز تشخیص داده و تصحیح کنند.
- ح- طرح سنکرونیزه شدن واحد باید مورد بررسی قرار گیرد تا مشخص شود که آیا استفاده از سنکرونیزاسیون اتوماتیک مطلوب است و آیا کلید زنی دستی به منظور انجام این کار با یک رله چک سنکرونیزاسیون کنترل می‌گردد یا خیر؟
- ط- بار نامی ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری، نسبت‌های آن و ضرایب دقت آن باید بررسی گردد تا مشخص شود که آیا کاربرد کنونی این تجهیزات صحیح هست یا خیر؟
- ی- عملیات بهره‌برداری از واحد باید مورد بررسی قرار گیرد تا مشخص شود که آیا کارایی کلی یا بهره‌برداری اقتصادی از واحد می‌تواند بهبود یابد یا خیر؟

۴-۱۰- حفاظت از تجهیزات الکتریکی

سیستم‌های رله الکتریکی به منظور حفاظت تجهیزات در شرایط بارگذاری غیرمعمول و شرایط بروز خطا طراحی می‌شوند. در هنگام بروز خطا، صدمه‌های احتمالی با عملکرد رله حذف شده یا کاهش می‌یابند. بنابراین حوزه عمل سیستم رله توسط هزینه تلفات احتمالی در صورت بروز خطا در سیستم و درک طراح از احتمال وقوع خطا در سیستم تعیین خواهد شد.

کاربرد تمام رله‌های حفاظتی بایستی مورد بازنگری قرار گیرد. مثال‌هایی از این قبیل عبارتند از:

الف- ترانسفورماتورهای قدرت

ب- تجهیزات تولید توان الکتریکی

ج- ترانسفورماتورهای مصرف داخلی

د- سویچ‌گیر

ه- سیستم‌های DC

و- مدارهای موتور

ز- مدارهای فیدر

ح- سیستم‌های تحریک

در هنگام بهسازی یک نیروگاه برق‌آبی، لازم است که هر یک از رله‌ها و سیستم‌های حفاظتی را آنالیز کرد. بررسی و تشخیص موارد ذیل در واحدهای قدیمی بسیار حائز اهمیت است.

- آیا رله‌های موجود قابل اطمینان، ایمن و قابل نگهداری هستند؟
- آیا با توجه به قدمت تجهیزات نیاز به استفاده از تجهیزات حفاظتی جدید در کنار سیستم موجود احساس می‌شود؟
- آیا می‌توان با استفاده از تجهیزات جدید کارآیی سیستم حفاظت را بهبود بخشید؟
- آیا استانداردها و معیارهای حفاظتی رایج در زمان حال، در خصوص سیستم حفاظت واحد قدیمی، صادق است؟

اگر قرار است در فرآیند بهسازی ظرفیت نامی تجهیزات عوض شوند، مهم است که کاربرد رله‌ها را مورد ارزیابی مجدد قرار داد، ستینگ رله‌ها را مجدداً حساب کرد، تست تجهیزات را انجام داد و مشخصات ترانس‌های اندازه‌گیری از قبیل بردن، دقت اندازه‌گیری و نسبت تبدیل‌ها را مورد بازبینی قرار داد.

هر چند که در واحدهای قدیمی به ندرت از رله رفع خطای بریکر استفاده شده ولی افزودن این رله به سیستم مطلوب بوده و این امر باید در بهسازی واحدهای برق آبی مورد توجه قرار گیرد.

رله‌های حفاظت دیجیتال دارای مزایایی از قبیل ثبت ترتیب وقوع حوادث، ثبت شکل موج خطا و استفاده از آن در تحلیل خطا و امکان پیش‌بینی خطا می‌باشند. برقراری ارتباط بین رله‌ها و سیستم کنترل از طریق یک بستر مخابراتی دیجیتال امکان انتقال اطلاعات ذخیره شده در رله‌های حفاظتی را فراهم می‌کند.

بهبود سیستم تحریک ژنراتور بخصوص در مواردی که سیستم تحریک استاتیک موجود از ترمینال‌های ژنراتور تغذیه می‌شود، ممکن است نیاز به ارزیابی مجدد رله‌های ژنراتور را از قبیل رله‌های جریان زیاد ایجاب کند.

۴-۱۱- تجهیزات تولید برق کمکی

تجهیزات برق مصرف داخلی معمولاً نیاز به اصلاح یا بهسازی ندارند، به شرط آنکه در ابتدای طراحی مشخصات آن‌ها به درستی انتخاب شده و در طول مدت بهره‌برداری نیز دچار مشکل خاصی از نظر تعمیر و نگهداری نشده باشند. اگر ظرفیت تجهیزات واحد افزایش داده شده باشد یا تجهیزات کمکی جدیدی نصب شده باشند باید نیاز کلی واحد به تجهیزات کمکی با دقت مورد بررسی و بازنگری قرار گیرد. همچنین ممکن است بارهای مصرفی جدید به نقاطی افزوده شوند که به طور جدی دارای مشکل اضافه بار بوده باشند. پیشنهاد می‌شود که مطالعات اتصال کوتاه، پخش بار و تنظیم ولتاژ در این صورت انجام شود.

برای یافتن امکان ایجاد بهبودهای احتمالی در کارآیی واحد و تشخیص تغییرات مورد نیاز ناشی از بهسازی واحد، تجهیزات کمکی ذیل باید بررسی شده و روش‌های بهره‌برداری از واحد باید مورد بازنگری قرار گیرند.

الف- باید بررسی شود که آیا ظرفیت ترانسفورماتورهای سرویس واحد برای شرایط جدید واحد (پس از بهسازی) مناسب می‌باشند یا خیر؟ افزایش ظرفیت واحد و بهبود دیگر مشخصه‌های واحد ممکن است باعث افزایش بار

- تجهیزات کمکی شده و این امر می‌تواند منجر به ایجاد تغییراتی در سیستم خنک کننده ترانسفورماتور و یا حتی تعویض ترانسفورماتور گردد.
- ب- اگر ترانسفورماتور موجود سرویس واحد از نوع عایق روغنی یا PCB باشد، باید برای آن یک ترانسفورماتور جایگزین در نظر گرفته شود.
- ج- برای بهبود عملیات بهره‌برداری واحد باید روش‌های بهره‌برداری از ترانس‌های سرویس واحد مورد بازنگری قرار گیرند. این بازنگری ممکن است منجر به حذف برخی از عملیات بهره‌برداری غیرضروری گردد که توسط بی‌بار شدن اجباری ترانسفورماتور کمکی واحد در هنگام راه‌اندازی و یا توقف واحد به سیستم تحمیل شده است.
- د- توسط بازرسی یا انجام تست باید تشخیص داد که آیا سویچ‌گیر کمکی واحد در شرایط مطلوب کاری قرار دارد یا خیر؟ در صورت لزوم باید نسبت به سرویس یا جایگزین نمودن آن اقدام شود. کنتاکت‌های کلید قدرت و دیگر نقاطی که در آن احتمال جرقه زدن وجود دارد باید مورد بازرسی قرار گیرند. قابلیت قطع جریان این تجهیزات باید بازنگری گردد. اگر نیاز به افزایش ظرفیت منبع قدرت کمکی احساس می‌شود، تعیین شود که آیا تجهیزات موجود دارای قابلیت انتقال جریان ماکزیمم مورد نیاز هستند یا خیر؟
- ه- تعیین شود که آیا سطوح ولتاژ برق مصرف داخلی واحد در تمام شرایط بهره‌برداری در حد مجاز باقی می‌مانند یا خیر؟
- و- ضریب قدرت برق مصرف داخلی واحد تعیین گردد. ضریب قدرت کم به معنی تلفات زیاد می‌باشد. در صورت نیاز، باید با استفاده از خازن موازی ضریب قدرت را اصلاح نمود.
- ز- نیاز به استفاده از تجهیزات خودکار انتقال باس برای بهبود قابلیت اطمینان سیستم و در برخی موارد کاهش تلفات سیستم مورد بررسی قرار گیرد.
- ح- اگر واحد دارای ژنراتور راه‌اندازی در حالت قطع سراسری شبکه برق نیست، نیاز سیستم به این ژنراتور بررسی شود.
- ط- بار مربوط به تابلوهای روشنایی، مراکز بار، مراکز کنترل موتورها و غیره بررسی شود تا تعیین گردد که دارای اضافه بار نیستند.
- ی- جایگزین نمودن موتورهای موجود با موتورهای جدید دارای کارایی بالا بررسی شود. باید دقت شود که برخی از موتورهای دارای کارایی بالا، دارای جریان‌های راه‌اندازی بسیار زیادی هستند که ممکن است باعث ایجاد تریپ‌های ناخواسته در سیستم حفاظت، در برابر اضافه بار شوند.

۴-۱۲- باتری‌ها، شارژرها و تجهیزات توزیع برق مستقیم

در هنگام انجام فرآیند بهسازی واحد، باید سیستم DC مورد بازرسی قرار گیرد تا کفایت آن برای کار پایدار واحد ارزیابی گردد. بار گذاری سیستم DC، عمر تجهیزات و هماهنگی رفع خطا در سیستم، از جمله عواملی هستند که در این بازرسی باید مورد توجه قرار گیرند.

در خلال سالیان متوالی بهره‌برداری از سیستم، بارگذاری سیستم DC احتمالاً تغییر کرده است. اضافه بار تحمیل شده به سیستم DC ناشی از افزوده شدن تجهیزات اضافی به واحد ممکن است ناشی از عوامل ذیل باشند:

الف- روشنایی اضطراری

ب- رله‌های حفاظتی و تجهیزات مونیتورینگ خطا (باید توجه کرد که رله‌های دیجیتال مانند یک باتری ثابت که نیاز به شارژ دارند عمل می‌نمایند در صورتی که رله‌های الکترومکانیکی قدیمی این چنین نیستند)

ج- تجهیزات کنترلی

د- سویچ‌گیرهای افزوده شده

ه- بریکرهای افزوده شده در پست

و- ترمینال‌های مربوط به کنترل و مونیتورینگ از راه دور

ز- سیستم‌های کنترل خودکار واحد

ح- فیلد فلشینگ مربوط به سیستم‌های تحریک استاتیک

ط- سیستم‌های تشخیص حریق

ی- سیستم‌های امنیتی

ک- سیستم‌های روغنکاری یاتاقان

برای تعیین این‌که آیا ظرفیت باتری‌ها برای تامین بارهای موجود و همچنین بارهای ناشی از بهسازی دیگر تجهیزات سیستم کافی است یا خیر باید محاسبات تعیین ظرفیت باتری‌های مورد نیاز انجام شود. در این محاسبات باید کاهش ظرفیت خروجی باتری با گذشت زمان نیز مورد توجه قرار گیرد. افزایش باری که باید توسط باتری‌ها تامین شوند از یک سو و کاهش ظرفیت باتری‌ها با گذشت زمان از سوی دیگر ممکن است منجر به تعویض باتری‌ها گردد.

روش‌های آزمایش باتری‌های واحد و انجام محاسبات سایزینگ ظرفیت باتری‌های مورد نیاز در استانداردهایی که در ضمیمه A (از B77 تا B92) لیست آن‌ها ارائه شده، موجود است.

افزایش بار سیستم DC همچنین بر روی باتری شارژرها نیز تاثیر دارد. محاسبه ظرفیت باتری شارژرها باید انجام شود تا مشخص شود که آیا نیاز به افزایش ظرفیت شارژر می‌باشد یا خیر.

تابلوهای DC بایستی مورد بررسی قرار گیرند. بریکرها نیز بایستی مورد بازرسی قرار گرفته و در صورت لزوم تعویض گردند. ممکن است جهت تامین برق DC مورد نیاز تجهیزات افزوده شده به سیستم در مرحله بهسازی نیاز به افزودن

بریکر و البته تابلوهای اضافی به سیستم احساس شود. در نهایت، به منظور تعیین هماهنگی حفاظتی بین بریکرهای تابلوها و باتری‌ها و سیستم حفاظت تابلوهای توزیع باید مطالعات نحوه رفع خطا انجام شود. بسیاری از واحدهای قدیمی دارای یک بانک باتری هستند که تامین کننده تمام مصارف تجهیزات کنترلی و حفاظتی هستند. در این موارد، باید بانک باتری دیگری نیز به منظور افزایش قابلیت اطمینان سیستم در نظر گرفت. بسیاری از واحدهای مدرن، به خصوص واحدهای بزرگ‌تر، با دو بانک باتری و دو شارژر تجهیز شده‌اند.

۴-۱۳- تجهیزات تامین برق اضطراری

به غیر از باتری واحد، رایج‌ترین منبع تامین برق اضطراری در یک نیروگاه استفاده از دیزل ژنراتور است. ظرفیت این دیزل ژنراتور بر اساس بارهای ضروری ذیل و برای چند ساعت کار محدود تعیین می‌شود.

الف- پمپ روغن گاورنر

ب- پمپ روغن یاتاقان راهنما

ج- پمپ روغن فشار قوی جک یاتاقان

د- پمپ‌های تخلیه آب واحد

ه- شارژهای باتری‌ها

و- روشنایی اضطراری

ز- دریچه‌های آبراهه‌ها

ح- تجهیزات اطفای حریق

ط- پمپ‌های آب خنک‌کننده (توربین، ژنراتور و غیره)

ظرفیت دیزل ژنراتور همچنین باید برای تامین بار مورد نیاز واحد در شرایط غیر عادی مانند راه‌اندازی واحد در هنگام قطع شبکه سراسری نیز کافی باشد. برای اطمینان از این که دیزل ژنراتور همواره آماده تولید نیرو و تامین بار مورد نیاز واحد می‌باشد، بازدیدهای دوره‌ای از دیزل ژنراتور و منبع سوخت آن باید صورت پذیرد.

اگر به خاطر بهسازی واحد، بارهای ضروری دیگری نیز به سیستم اضافه شوند، باید بررسی شود که آیا دیزل ژنراتور موجود توانایی تغذیه آن‌ها را دارد یا خیر؟

اگر نیاز به تغذیه یک بار موتوری بزرگ توسط دیزل ژنراتور باشد، باید مطالعات افت ولتاژ نیز انجام شود. این مطالعات به همراه شرایط مکانیکی کلی دیزل ژنراتور، تعیین کننده نیاز به بهسازی و یا جایگزین نمودن دیزل ژنراتور موجود می‌باشد.

بهبود طرح کلی حفاظت و رله‌های حفاظتی دیزل ژنراتور ممکن است مفید باشد. روشن شدن خودکار دیزل ژنراتور، شناسایی بارهای ضروری و حذف بارهای غیر ضروری به ویژه در مواردی که واحد بدون حضور بهره‌بردار و از راه دور کنترل می‌شود، می‌تواند باعث بهبود عملکرد دیزل ژنراتور شود.

۴-۱۴- منبع تغذیه بدون وقفه (UPS)

بهسازی سیستم‌های کنترلی ممکن است نیازمند افزودن یا جایگزین نمودن UPS باشد. یک منبع تغذیه بدون وقفه ولتاژ و فرکانس ثابت، برق مورد نیاز بعضی از سیستم‌های واحد را در هنگام قطع برق اصلی واحد تامین می‌کند. در هنگام قطع برق واحد، UPS قدرت مورد نیاز خود را از یک باتری اختصاصی یا از باتری خانه واحد تامین می‌کند. سیستم‌هایی که توسط UPS تغذیه می‌شوند، معمولاً سیستم‌هایی هستند که عملکرد آن‌ها در زمینه جمع‌آوری و ذخیره‌سازی اطلاعات می‌باشد. عملکرد این سیستم‌ها در هنگام بروز یک اختلال کلی در واحد بسیار مهم و حائز اهمیت می‌باشد. همچنین ممکن است در برخی موارد از UPS برای تغذیه سیستم‌های کنترل واحد نیز استفاده شود. این‌گونه سیستم‌ها معمولاً دارای مکانیزم میکروپروسسوری بوده و بنابراین به نوسانات قدرت حساس می‌باشند. اگر در حین بهسازی، چنین سیستم‌هایی به واحد افزوده شوند، استفاده از UPS در واحد نیز مورد نیاز است. راهنمای انتخاب UPS در استاندارد [B77] IEEE Std 944 ارائه شده است.

۴-۱۵- روشنایی

در هنگام بهسازی، بایستی سیستم روشنایی واحد مورد بررسی قرار گیرد تا کفایت سیستم موجود ثابت شده و در خصوص امکان صرفه‌جویی در مصرف برق (سیستم روشنایی) نیز تحقیق شود. همچنین باید به مواردی که در ادامه (از ۴-۱۵-۱ تا ۴-۱۵-۴) توضیح داده شده نیز توجه نمود.

۴-۱۵-۱- کلیدزنی

در بسیاری از واحدهای قدیمی‌تر، کلیدهای سیستم روشنایی مستقیماً در تابلوهای روشنایی قرار گرفته است. بنابراین اغلب لامپ‌ها دائماً روشن گذاشته می‌شوند. لذا بایستی کلیدهای سیستم روشنایی در مناطقی که بیش‌تر در دسترس باشند نیز تعبیه شود.

۴-۱۵-۲- کنترل خودکار

در مناطقی که خاموش شدن لامپ‌ها خطری به وجود نمی‌آورد، می‌توان سیستم کنترل خودکار روشنایی را با استفاده از ساعت، تایمر یا سلول‌های حساس به نور نصب کرد. این امر می‌تواند منجر به ذخیره قابل توجهی در میزان برق مصرفی شود. به خصوص در مناطقی که روشنایی روز نیز در دسترس باشد این صرفه‌جویی بیش‌تر خواهد بود.

۴-۱۵-۳- منابع روشنایی

در خصوص سیستم روشنایی موجود باید بررسی‌های لازم صورت گیرد تا تعیین گردد که آیا نیاز به جایگزین نمودن سیستم روشنایی موجود (با یک سیستم روشنایی جدید) احساس می‌شود یا خیر؟ چون راندمان سیستم‌های روشنایی

متفاوت می‌باشد، جایگزین نمودن سیستم روشنایی موجود با یک سیستم روشنایی کم مصرف می‌تواند باعث کاهش هزینه‌ها گردد. راندمان یک سیستم روشنایی با میزان نوری (لوکس) که توسط انرژی مصرفی (وات) تولید می‌گردد، اندازه‌گیری می‌شود. عواملی از قبیل هزینه قاب‌ها، کیفیت روشنایی، موارد استفاده از روشنایی و طول عمر لامپ نیز باید در ارزیابی سیستم روشنایی در نظر گرفته شود. باید توجه داشت که هرگونه تغییر در سیستم روشنایی ممکن است بر بار خنک‌کنندگی سیستم HVAC تاثیر بگذارد.

۴-۱۵-۴- روشنایی اضطراری

سیستم روشنایی اضطراری باید مورد بررسی قرار گیرد تا تعیین شود که آیا برای برآورده ساختن استانداردهای موجود جایگزین نمودن سیستم روشنایی اضطراری مورد نیاز می‌باشد یا خیر.

۴-۱۶- سیستم‌های آبرسانی

۴-۱۶-۱- کلیات

آب (خام) مورد نیاز نیروگاه توسط پن‌استاک از سد یا توسط پمپ از خروجی توربین تامین می‌گردد. این آب پیش از استفاده در سیستم خنک‌کننده، سیستم اطفای حریق و آب‌سردکن فیلتر می‌شود. برای برطرف ساختن نیاز تجهیزات واحد به سیستم خنک‌کننده قوی‌تر و همچنین برای افزایش قابلیت اطمینان و برآورده ساختن استانداردهای موجود، ممکن است نیاز به بهسازی تجهیزات سیستم خنک‌کننده داشته باشیم.

ارزیابی سیستم‌های آبی برای بهسازی باید شامل موارد ذیل باشد:

- الف- حفاظت در برابر خوردگی
- ب- آب‌بندهای دریچه‌ها و اتصالات
- ج- ارتعاش لوله و ساپورت‌های انبساطی
- د- عایق‌بندی صوتی و حرارتی و هیت تریسینگ
- و- کاهنده فشار و کاویتاسیون
- ز- فیلتر کردن و خالص نمودن
- ه- تعیین ترتیب عملیات تعمیر و نگهداری از لوله‌ها و دریچه‌ها
- و- استفاده از تجهیزات لازم برای بهره‌برداری بهینه و هشدار
- ز- بررسی مناسب بودن دمای آب موجود در گرم‌ترین روزهای تابستان به منظور استفاده در سیستم خنک‌کننده
- ح- زوال تدریجی دیواره های لوله‌ها که باعث محدود شدن جریان آب می‌شود
- ط- جریان آب

ی- منبع تامین آب

۴-۱۶-۲- آب سیستم خنک کننده و سیستم آب‌بندی محور توربین

آب سیستم خنک کننده یا به صورت مستقیم از منبع اصلی آب، یا از خروجی توربین توسط پمپ تامین می‌گردد. از نظر اقتصادی، استفاده از پمپ در سیستم خنک کننده بایستی در خصوص نیروگاه‌هایی که هد آب در آن‌ها بیش از ۱۸۰ متر می‌باشد، انجام شود. در یک نیروگاه آبی معمولاً تجهیزات ذیل توسط این سیستم خنک می‌شوند:

الف- قطعات توربین

- ۱- خنک کننده‌های بیرینگ‌ها
- ۲- آب بند شفت (شفت سیل)
- ۳- آب بند رانر توربین

ب- قطعات ژنراتور

- ۱- خنک کننده‌های بیرینگ
- ۲- خنک کننده‌های هوا

ج- تجهیزات الکتریکی

- ۱- خنک کننده‌های ترانسفورماتور افزایشنده
- ۲- خنک کننده‌های سیستم تحریک
- ۳- خنک کننده‌های باس

د- تجهیزات مکانیکی

- ۱- سیستم‌های تهویه هوا
- ۲- خنک کننده‌های کمپرسورهای هوا

ارزیابی سیستم خنک کننده آب برای بهسازی بایستی شامل موارد ذیل باشد:

- بررسی امکان استفاده بهینه از سیستم خنک کننده با آب، با استفاده از تنظیم دما توسط جریان هوا در خنک کننده‌های ژنراتور که توسط هوا خنک می‌شوند.
- بررسی سیستم فیلتراسیون برای تعیین این‌که آیا این سیستم جوابگوی نیازهای سیستم می‌باشد و یا این‌که آیا اصلاح و بهسازی آن باعث بهبود عملکرد آن خواهد شد. یک عامل مورد بررسی می‌تواند استفاده از

فیلترهای دولایه برای ایجاد امکان شستشوی فیلتر به صورت اتوماتیک یا دستی، بدون نیاز به خروج واحد از مدار باشد. همچنین ممکن است برای کاربردهای خاص نیاز به سیستم‌های فیلتراسیون اضافی باشد.

- تعیین نیاز به استفاده از تجهیزات مونیتورینگ اضافی جهت پایش فشار، جریان و دما برای بهسازی عملکرد سیستم و همچنین اعلام آلام در صورت کم بودن جریان و یا افزایش دما.
- بررسی و تعیین نیاز به سیستم‌های خنک کننده پس از ارتقای ظرفیت تجهیزات نیروگاه و افزایش توان خروجی آن.

تامین آب برای آب بند توربین و سیستم خنک کننده روغن بیرینگ ممکن است نیاز به اصلاح سیستم‌های کمکی ذیل داشته باشد:

- پمپ‌های افزایش فشار آب با استارترهای مورد نیاز
 - سویچ‌های فشار و جریان آب برای کنترل آب
 - سویچ‌های جریان آب برای خط‌های تامین آب در سیستم خنک کننده بیرینگ و آب بند توربین
 - شیرهای کنترلی که توسط موتور باز و بسته می‌شوند برای بستن جریان آب در سیستم خنک کننده هنگامی که واحد از مدار جدا می‌شود.
 - پمپ‌های مخزن (سامپ) آب برای نصب بر روی توربین (هد کاور) جهت خارج نمودن آب ناشی از آب بند توربین، به همراه کلیدهای تشخیص ارتفاع آب و موتورهای استارتر به منظور کنترل موتورهای مخزن آب
 - فیلترهای آب یا به صورت دستی و یا به صورت اتوماتیک به همراه کلیدهای تشخیص اختلاف فشار یا قابل کنترل توسط زمانهای از پیش تعیین شده
 - شیرهایی که توسط دما کنترل می‌شوند به منظور تنظیم جریان آب سرد به هریک از سیستم‌های خنک کننده روغن
- بسیاری از آیتم‌هایی که در بالا به آن‌ها اشاره شده و قسمتی از سیستم تامین آب نیروگاه هستند، ممکن است جهت تامین نیازهای توربین بهسازی شده، نیاز به ارتقا و افزایش ظرفیت داشته باشند. استفاده از فیلترهای آب اتوماتیک در نیروگاه‌های بهسازی شده که خود بخود تمیز می‌شوند، می‌تواند نیاز به استفاده از فیلترهای شبکه‌ای که نیاز به تمیز نمودن و سرویس دوره‌ای دارند را از بین ببرد.

۴-۱۶-۳- آتش‌نشانی

آب سیستم حفاظت در برابر آتش، معمولاً از منبع اصلی تامین آب نیروگاه گرفته شده و فشار آن تعدیل یا افزایش می‌یابد تا برای استفاده در سیستم آتش‌نشانی مناسب باشد. در مورد این سیستم در بخش ۲۱،۶ صحبت شده است.

۴-۱۶-۴- آب شرب

آب شرب معمولاً از منبع اصلی تامین آب نیروگاه گرفته شده و قبل از ورود به سیستم لوله کشی تصفیه شده و فشار آن تنظیم می‌گردد. عمل تصفیه آب معمولاً شامل فیلتر کردن و افزودن کلر به آن می‌باشد. سیستم افزودن کلر که بر اساس جریان آب کار می‌کند در مواردی که جریان آب کم باشد عملکرد رضایتبخشی ندارد و باید دقت شود که از روش‌های جدیدتری از قبیل تصفیه با اشعه فرابنفش استفاده گردد.

۴-۱۷- سیستم جمع‌آوری آب‌های ناشی نیروگاه

در طول عمر یک واحد برق‌آبی، تغییراتی ممکن است بوقوع بپیوندد که بر میزان، محل و نحوه خارج نمودن آب ناشی از واحد اثرگذار باشد. مسیر خروج آب ناشی، گالری، محفظه توربین و فونداسیون توربین (به خصوص در مواردی که ساختمان نیروگاه قسمتی از سازه سد محسوب می‌شود) ممکن است توسط رسوبات آب ناشی بسته شده و نیاز به باز نمودن مسیر با استفاده از ایجاد بازشو، دریل کردن یا برطرف نمودن گرفتگی مسیر و یا ایجاد مسیرهای جدید برای آب ناشی باشد. بهسازی واحد ممکن است نیاز به در نظر گرفتن سیستم جدا کننده آب از روغن یا جلوگیری از نشتی روغن در مخزن آب ناشی برای بهبود شاخص‌های زیست محیطی و کاهش آلودگی بر اساس قوانین جدید را داشته باشد. مقدار تراوش آب ناشی از گالری و فونداسیون توربین، ممکن است با مقداری که طراحی اولیه بر اساس آن انجام شده، متفاوت باشد.

منابع دیگر ورود آب ناشی به سیستم جمع‌آوری آب ناشی در قسمت هد کاور توربین ممکن است ناشی از نشت آب از ویکت گیت و یا شفت سیل توربین باشد.

شرایط جدید پایین دست یا شرایط جدید پیک ممکن است منجر به افزایش آب ناشی در قسمت خروجی توربین شوند. افزایش آب ناشی در قسمت خروجی توربین، ممکن است بر تعداد و راندمان پمپ‌های تخلیه آب از چاه‌های آب اثرگذار باشند. در هر صورت قابلیت تخلیه آب ناشی توسط سیستم باید متناسب با حجم آب ناشی در سیستم انتخاب شود.

بررسی مجدد سیستم تخلیه آب ناشی واحد که در آن ناشی آب از قسمت‌های مختلف در یک چاه جمع‌آوری می‌شود، به همراه پمپ‌ها و تجهیزات مرتبط، مسیرهای تخلیه آب و شیرهای مورد نیاز جهت تخلیه چاه واحد قسمت مهمی از پروژه بهسازی می‌باشد.

تغییرات پمپ‌ها و تجهیزات مربوط به آن‌ها که ممکن است ضروری بوده و شامل موارد ذیل می‌باشد:

الف- افزودن پمپ‌های جدید جهت حفظ کارایی یا ارتقای ظرفیت سیستم ناشی از تغییرات ایجاد شده در خلال بهسازی

ب- موتورهای جدید با راندمان بالا جهت بهسازی مصرف انرژی

ج- سیستم‌های جدید کنترل و آلارم برای پمپ‌ها با استفاده از کلیدهای شناور در سطح آب چاه و غیره

د- بازسازی قسمت‌های مستهلک شونده در پمپ‌ها و سیستم‌های کنترل اگر مسیر سیستم تخلیه آب توربین و درفت تیوب به چاه واحد منتهی شود، در این صورت این سیستم می‌تواند بر ظرفیت پمپ‌های آماده به کار یا ذخیره سیستم تاثیرگذار باشد.

۴-۱۸- سیستم زمین

کفایت و استفاده مناسب از سیستم زمین در یک نیروگاه برق آبی برای عملکرد ایمن سیستم بسیار مهم می‌باشد. این سیستم یک مسیر زمین با مقاومت کم برای جریان‌های خطا به وجود آورده و در نتیجه افزایش ولتاژ تجهیزات و مدارات الکتریکی را هنگام وقوع خطا کاهش می‌دهد. سیستم زمین یک نقطه مرجع تقریباً هم پتانسیل برای اتصال تجهیزات الکتریکی نیروگاه به وجود می‌آورد. این سیستم شامل صفحه‌های فلزی مدفون در زمین، رایزرها، کابل‌های زمین (روکار) و اتصال دهنده‌ها می‌باشد. در سیستم‌های مدرن کنترل و ابزار دقیق از یک سیستم زمین مجهز به روش‌های نوین شیلدینگ جهت کاهش تداخل استفاده می‌شود.

چون در بسیاری از موارد، سیستم زمین مجهز به روش‌های نوین جهت کاهش تداخل در امواج موجود نیست، لذا بهسازی سیستم موجود یا اصلاح آن به منظور ایجاد امکان بهسازی دیگر تجهیزات ممکن است دشوار باشد. در حالت کلی، باید تمام سیستم مورد بررسی قرار گرفته و تست شود تا از صحت عملکرد آن اطمینان حاصل شده و بررسی شود که مقاومت سیستم زمین با جریان خطای موجود همخوانی دارد یا خیر. در حقیقت، چون بسیاری از قسمت‌های سیستم زمین در نیروگاه‌های موجود مدفون هستند، امکان دسترسی به آن‌ها برای بازرسی وجود ندارد.

در مواردی که دسترسی به قسمت‌هایی از صفحات فلزی مدفون سیستم زمین امکان داشته باشد، مثلاً در کلیدخانه نیروگاه، بهتر است یک نمونه از صفحات فلزی مدفون سیستم زمین و اتصال دهنده‌های آن به منظور تعیین وضعیت سیستم مورد بازرسی قرار گیرد. اگر هدف بررسی کارایی سیستم زمین باشد، اندازه‌گیری مقاومت سیستم زمین توصیه می‌گردد. اگر مقاومت سیستم زمین از یک مقدار مشخصی بیش‌تر باشد، ممکن است بتوان با اتصال صفحه‌های فلزی جدید به قسمت‌هایی از سیستم موجود که در دسترس می‌باشد و گسترش سیستم زمین در یک سطح وسیع‌تر مقاومت سیستم زمین را کاهش داد.

این روش نمی‌تواند مشکل ناشی از زوال صفحات فلزی و اتصال دهنده‌ها را در قسمت‌هایی که بعضی از این صفحات دچار زوال و پوسیدگی شده‌اند حل کند و بنابراین ممکن است در هنگام وقوع خطا اضافه ولتاژهای خطرناکی در بعضی تجهیزات به وجود آید. در صورت امکان صفحات فلزی و اتصال دهنده‌هایی که دچار زوال و پوسیدگی شده‌اند را باید تعویض نمود. در مواردی که سیستم زمین دچار زوال شده و اصلاح آن امکان‌پذیر نمی‌باشد، و یا جریان اتصال کوتاه موجود افزایش یافته باشد، به منظور کاستن از خطر موجود برای افراد، باید توجه خاصی به محدود نمودن مقدار جریان اتصال کوتاه و مدت زمان وقوع خطا نمود. در واقع این روش جایگزین بهسازی و اصلاح بنیادی سیستم زمین می‌باشد. مدت زمان وقوع خطا را می‌توان با تنظیم زمان عملکرد رله و کلید مدار شکن کاهش داد.

طراحی اولیه هر تجهیز و ملاحظات اقتصادی تعیین کننده این است که در هر شرایطی، اصلاحاتی امکان پذیر است. بخش‌هایی از سیستم زمین که در معرض دید قرار دارد باید همواره مورد بازرسی قرار گرفته و در صورت لزوم جایگزین شوند. تمامی اتصالات سیستم زمین به تجهیزات موجود باید مورد بازرسی قرار گرفته و تمامی تجهیزات جدید باید به طور مناسبی زمین گردند.

۴-۱۹- کابل‌ها و مسیرهای عبور کابل

کابل‌ها و مسیرهای عبور کابل ممکن است در هر پروژه بهسازی تجهیزات و سیستم‌های نیروگاه دچار تغییر شده و ممکن است نیاز به بهسازی و اصلاح اساسی داشته باشند. از نقطه نظر این دستورالعمل، واژه «مسیرهای عبور کابل» شامل لوله‌های مدفون جهت کابل کشی، سینی کابل، چاله‌های بتنی جهت عبور کابل و دیگر سیستم‌های نصب کابل می‌باشد.

هنگامی باید نسبت به جایگزین نمودن کابل‌ها اقدام نمود که حداقل یکی از شرایط زیر وجود داشته باشد:

الف- از زمان نصب کابل‌ها بقدری میگذرد که جایگزین نمودن کابل‌ها در زمان بهسازی عاقلانه به نظر برسد هرچند که ممکن است چند سالی از عمر کابل‌ها باقی مانده باشد ولی تعویض کابل‌ها در غیر از حالت بهسازی امکان پذیر نخواهد بود.

ب- عایق یا پوشش بیرونی کابل به قدری دچار زوال و یا تخریب شده باشند که استفاده مداوم از کابل غیر قابل اطمینان بوده و یا نا امن باشد. بازرسی چشمی سطح بیرونی کابل نیز مفید است چون ممکن است در بعضی موارد نتیجه آزمایش مقاومت عایقی کابل رضایتبخش باشد ولی ترک‌های سطحی کابل اجازه نفوذ آب به داخل کابل را بدهد.

ج- ممکن است در ساخت کابل از مواد قابل احتراق یا سمی از قبیل سرب، آزبست، پارچه‌های آغشته به روغن یا لاستیک‌هایی استفاده شده باشد که بر اساس مقررات جدید استفاده از آن‌ها جایز نمی‌باشد.

د- برای بارهای مورد نیاز در بهسازی، ظرفیت عبور جریان از کابل‌ها کافی نبوده و یا افت ولتاژ بیش از مقدار مجاز باشد.

ه- تعداد هادی‌های کابل برای تامین نیازهای واحد بهسازی شده کافی نباشد.

هر یک از کابل‌هایی که در هنگام بهسازی دچار آسیب شوند باید برای اطمینان از صحت عملکرد عایق آن مورد بازرسی و آزمایش قرار گیرند. اگر هر یک از این کابل‌ها در آزمایش رد شوند، معیوب بوده و باید جایگزین شوند.

بازرسی سیستم کابل در یک واحد قدیمی معمولاً نشان می‌دهد که کابل‌های قدیمی دارای پلاک شماره نبوده و احتمالاً دچار آسیب شده‌اند. در خلال سال‌های متمادی کابل‌های گوناگون جهت انجام منظورهای مختلف به سیستم کابل اضافه شده‌اند و در کل سیستم کابل نامرتب و گیج کننده است. همچنین با توجه به مقررات جدید در خصوص حفاظت در برابر آتش‌سوزی و جلوگیری از آن، بررسی سیستم کابل موجود ممکن است احتمال ایجاد آتش‌سوزیهای ناخواسته توسط این سیستم را به وضوح نشان دهد.

در صورت وجود هر یک از موارد فوق، ممکن است نیاز به بهسازی اساسی سیستم کابل داشته باشیم. احتمال دارد که برداشتن کل کابل‌ها و جایگزین نمودن تمام آن‌ها در مقایسه با جایگزین نمودن بعضی از کابل‌ها مقرون به صرفه‌تر باشد. در صورتی که کابل‌ها درون لوله‌های مدفون در بتن نصب شده باشند، باید توجه داشت که جمع‌آوری تمام کابل‌ها و سپس کابلکشی مجدد تمام کابل‌ها راه حل بهتری است چون در واقع غیرممکن است که کشش مورد نیاز هنگام کابلکشی را با وجود کابل‌های دیگر در مسیر در حد قابل قبولی ثابت نگه داشت. همچنین ممکن است هنگام کابلکشی کابل جدید به کابل‌های موجود آسیب وارد شود.

معمولاً در یک نیروگاه آبی بسیاری از کابل‌ها مربوط به سیستم کنترل هستند. هنگامی که کابل‌های موجود در شرایط نامناسبی باشند، سیستم‌های کنترل دیجیتالی جدید که بر اساس دانش فنی روز طراحی شده‌اند، نیازمند جایگزین نمودن اغلب کابل‌های کنترلی با یک شبکه مخابراتی منفرد یا جایگزین می‌باشند. در این صورت کابل‌های شبکه را می‌توان در مسیرهای موجود نصب کرد.

در مسیرهای عبور کابل ممکن است تعداد کابل‌ها بیش از ظرفیت مسیر بوده باشد و از آن‌ها استفاده صحیح و مناسب نشده باشد لذا این مسیرها نیز باید از نظر امکان بهسازی مورد بررسی قرار گیرند. استحکام سازه این مسیرها باید تعیین شده و در صورت نیاز تقویت شود. برای کارآیی بیشتر، بازرسی و تعمیرات مسیرهای عبور کابل باید هنگامی صورت گیرد که کابل‌ها جمع‌آوری شده‌اند.

ممکن است لازم باشد تمام یا قسمتی از مسیرهای عبور کابل را اصلاح یا جایگزین نمود. این امر در هر یک از موارد ذیل ممکن است رخ دهد:

- سازه مسیر عبور کابل بقدری تخریب شده باشد که امکان تعمیر آن وجود نداشته باشد.
- مسیرهای بتنی عبور کابل زیر سطح زمین (ترنج) دارای زهکشی مناسب جهت دفع آب نباشند.
- مسیرهای عبور کابل موجود برای تامین نیازهای سیستم بهسازی شده کافی نباشند.
- مسیرهای عبور کابل از مواد قابل اشتعال (مثلاً تخته) ساخته شده باشند.
- مسیرهای عبور کابل به نحوی ساخته شده باشند که امکان تهویه مناسب کابل‌ها وجود نداشته باشد. به عنوان مثال، سینی کابلهایی که سطح زیرین آن‌ها بسته است در مقایسه با نردبان کابل‌ها که سطح زیرین آن باز است امکان تهویه کم‌تری برای کابل فراهم می‌آورد.
- سینی کابل‌ها ممکن است به طور مناسب زمین نشده باشند.
- ممکن است نزدیک تجهیزات جدید یا بهسازی شده سینی کابل وجود نداشته باشد.

در هنگام بهسازی مسیرهای عبور کابل، سیستم زمین مناسب بسیار حائز اهمیت است. قسمت‌های فلزی سینی و نردبان کابل باید توسط جامپر به یکدیگر وصل شده و اتصال مناسب آن‌ها به سیستم زمین نیروگاه توسط اتصال دهنده‌های مناسب برقرار شود. در بعضی موارد ممکن است بخواهیم مسیرهای عبور کابل در برابر آتش‌سوزی مقاوم بوده و در صورت وقوع حریق باعث انتقال آن به دیگر قسمت‌ها نباشند، در این صورت باید از کابلهایی مجهز به پوشش مقاوم در برابر آتش

استفاده کرد و یا مواد مقاوم در برابر آتش را بر روی کابل‌ها اسپری نمود. همچنین بهتر است در نزدیکی بعضی از محل‌های تجمع کابل‌ها، سنسورهای اعلام حریق نصب نمود. استانداردهای ایمنی، سیاست شرکت (بهره‌بردار)، هزینه، اهمیت واحد در شبکه و دیگر موارد حائز اهمیت محدوده نصب تجهیزات سیستم اعلام و اطفای حریق را مشخص می‌کنند.

۴-۲۰- سیستم‌های گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع

۴-۲۰-۱- کلیات

تنظیم دمای محیط در فضاهای بسته مختلفی درون یک نیروگاه برق آبی به عهده سیستم‌های گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع (HVAC) می‌باشد. مثال‌هایی از فضاهای بسته مختلف درون نیروگاه که دارای عملکردهای گوناگون بوده و دمای آن‌ها توسط این سیستم کنترل می‌شود شامل سیستم هوای ژنراتور، ساختمان اداری، اتاق‌های کنترل، گالری‌ها، تونل‌های نصب کابل و منطقه ورود و خروج پرسنل می‌باشد. هریک از این فضاهای بسته دارای نیازها و روش تهویه خاص خود می‌باشند. برای واحدهایی که دارای سیستم HVAC نبوده و تجهیزات جدیدی در آن‌ها نصب شده، اضافه نمودن یک سیستم HVAC ممکن است تامین کننده نیاز تجهیزات افزوده شده از قبیل سیستم‌های تحریک استاتیک یا شارژهای باتری به تهویه و سرمایش باشد.

مصرف انرژی توسط سیستم HVAC نیروگاه برق آبی را می‌توان با اصلاح خود سیستم HVAC و یا با تغییر مولفه‌هایی در فضاهای بسته از قبیل پنجره‌ها، درها، دیوارها، سقف و غیره کاهش داد. پیشنهاد می‌شود جهت تشخیص، تعیین مقدار و مستندسازی شاخص‌هایی برای تعیین عملکرد مناسب سیستم HVAC با توجه به استفاده بهینه از انرژی، ممیزی انرژی در واحد انجام شود. به خاطر ویژگی‌های مکانی خاص و منحصر بفرد هریک از نیروگاه‌های برق آبی، بحث چندانی در خصوص مولفه‌های ساختمانی نیروگاه‌های برق آبی و تجهیزات سیستم HVAC که می‌توانند در هنگام مطالعات بهسازی از نظر صرفه‌جویی در مصرف انرژی مورد بررسی قرار گیرند نمی‌توان ارائه داد و در هر مورد خاص باید مطالعات مربوط انجام گیرد.

۴-۲۰-۲- مولفه‌های ساختمانی

نتایج بسیاری از مطالعاتی که در سال‌های اخیر جهت کاستن از انرژی مصرفی سیستم‌های HVAC در ساختمان‌های صنعتی و تجاری انجام شده در نیروگاه‌های برق آبی نیز قابل استفاده است. استفاده از عایق‌های مناسب در ساختمان از قبیل شیشه‌های دوجداره، عایق مناسب حرارتی در سقف، کف و دیوارها و سیستم‌هایی که اثرات اشعه آفتاب را تعدیل کنند مثال‌هایی از موارد مورد بررسی هنگام مطالعات بهسازی مصرف سیستم HVAC به منظور تعیین بار آن می‌باشند.

۴-۲۰-۳- بهبود سیستم HVAC

سیستم‌های HVAC به دلایل مختلفی ممکن است مقادیر زیادی انرژی را مصرف کنند که این امر به معنای بالا رفتن هزینه تامین انرژی است. برای کاستن از انرژی مصرفی این سیستم، نیاز به بهبود سیستم می‌باشد. بعضی از مواردی که ممکن است منجر به بهبود این سیستم شوند در ذیل آورده شده است:

- تلفات توزیع در سیستم HVAC (نشتی یا عملکرد ضعیف داکت‌ها و کانال‌ها، پمپ‌ها و یا هواکش‌ها)
- فقدان سیستمی جهت کنترل و مدیریت انرژی مصرفی توسط سیستم HVAC (ترموستات)
- راندمان پایین سیستم HVAC (ضریب عملکرد پایین سیستم سرمایش)
- منطقه‌بندی و کنترل ضعیف سیستم HVAC
- عدم استفاده از هوای آزاد و گرمای زاید ژنراتور برای بالا بردن راندمان سیستم HVAC
- بار زیاد سیستم HVAC
- استفاده از موتورهای الکتریکی با راندمان پایین در سیستم HVAC

۴-۲۱- حفاظت در برابر آتش

هنگام بهسازی سیستم‌ها و تجهیزات اعلام و اطفای حریق، باید سیستم‌های نصب شده را با توجه به استانداردها و قوانین روز ارزیابی نمود.

۴-۲۱-۱- سیستم اعلام حریق

بعضی از قسمت‌ها و تجهیزاتی که باید سیستم اعلام حریق برای آن‌ها نصب شود عبارتند از:

- الف- مناطق اصلی نیروگاه
- ب- اتاق کنترل
- ج- قسمت‌های اداری
- د- انبار مایعات قابل اشتعال و کانال‌ها
- ه- تونل‌های عبور کابل و دیگر محل‌هایی که تجمع کابل در آن زیاد است
- و- ژنراتورها
- ز- گاورنرها
- ح- ترانسفورماتورها

سیستم‌های اعلام حریق می‌توانند به صورت خودکار خطاهای سیستم از قبیل اتصال کوتاه، خطای زمین و باز شدن مدارات را تشخیص دهند. این سیستم‌ها همچنین می‌توانند در شرایط خطا عمل کنند. سیستم‌های اعلام حریق می‌توانند

به صورت خودکار در مواقع مورد نیاز سیستم‌های حفاظتی را راه‌اندازی کنند. دامنه کاربرد اتوماسیون در این سیستم‌ها به عواملی از قبیل سیاست شرکت (بهره‌بردار)، ملاحظات اقتصادی و قوانین و استانداردهای مورد استفاده بستگی دارد.

۴-۲۱-۲- سیستم‌های اطفای حریق

سیستم‌های اطفای حریق به طیف گسترده‌ای از تجهیزات شامل کپسول‌های دستی اطفای حریق تا سیستم‌هایی که به صورت خودکار آب یا گاز را بر روی آتش می‌پاشند، اطلاق می‌شود. در مناطق اصلی نیروگاه، اتاق کنترل و قسمت‌های اداری اغلب سیستم اطفای حریق به صورت نازل‌هایی است که در سقف تعبیه شده و در مواقع بروز حریق آب را به صورت اسپری بر روی آتش می‌پاشند. در مناطقی که مایعات قابل اشتعال انبار شده، تونل‌ها و دیگر محل‌هایی که تراکم کابل‌ها در آن‌ها زیاد است و ترانسفورماتورها با سیستم‌های ثابت اسپری که به صورت دستی یا خودکار توسط سیستم اعلام حریق راه‌اندازی می‌شوند در برابر آتش محافظت می‌شوند. سیستم اطفای حریق در ژنراتورها معمولاً با استفاده از دی اکسید کربن و یا نصب شیرهای دیواری آتش‌نشانی تعبیه می‌شود. همچنین ممکن است گاورنرها و متعلقات آن نیز توسط سیستم‌های تزریق گاز در محیط در برابر آتش محافظت شوند. همانند سیستم‌های اعلام حریق، وسعت و نوع سیستم اطفای حریق در نیروگاه توسط سیاست شرکت (بهره‌بردار) و قوانین و استانداردهای قابل استفاده تعیین می‌گردد.

باید توجه ویژه‌ای به نصب سیستم‌های اعلام و اطفای حریق دقیق و مناسب برای تجهیزاتی که بدون حضور پرسنل کار می‌کنند، تجهیزاتی که زیر زمین نصب شده‌اند و تجهیزاتی که دسترسی پرسنل به آن‌ها محدود یا ممنوع می‌باشد، مبذول داشت. سیستم‌های اطفای حریق ممکن است برای محدود نمودن اکسیژن به منظور جلوگیری از سرایت آتش به دیگر مناطق، محبوس نمودن گاز دی اکسید کربن در محدوده آتش، خارج نمودن دود آتش و یا گاز دی اکسید کربن پس از مهار آتش‌سوزی به صورت خودکار، تغییراتی را در سیستم تهویه اعمال نموده و دریچه‌های خاصی را ببندند.

سیستم‌های اطفای حریق باید مورد ارزیابی و آزمایش قرار گیرند. این ارزیابی‌ها باید شامل موارد ذیل باشند:

الف- برای سیستم‌های دارای پمپ، باید تمام پمپ‌ها در وضعیت آماده به کار قرار گیرند و بهتر است این پمپ‌ها الکتریکی نباشند.

ب- برای سیستم‌هایی که تحت فشار کار می‌کنند، باید بازرسی نشست گاز از شیرها صورت گرفته و رگلاتور در وضعیت آماده به کار قرار گیرد.

ج- آزمایش شیرهای دیواری آتش‌نشانی مربوط به ژنراتور و ترانسفورماتورهای افزایشنده و بررسی این‌که توانایی پاشیدن آب با تمام ظرفیت را داشته باشند.

د- آزمایش شیرهای آتش‌نشانی که در فضای باز و نزدیک محوطه ورودی به نیروگاه نصب شده‌اند.

ه- بررسی سیستم قطع و وصل آب در سر لوله‌های آتش‌نشانی برای کاهش صدمات ناشی از آب.

- و- بررسی یکپارچگی آلام‌های راه‌اندازی سیستم‌های اطفای حریق با سیستم‌های اعلام حریق و قطع تجهیزات در هنگام وقوع حریق
- ز- در صورتی که در بهسازی نیروگاه تجهیزات جدیدی به سیستم اضافه شده باید بررسی شود که آیا نیازی به افزایش حجم ظرفیت مخزن آب آتش‌نشانی موجود می‌باشد یا خیر.
- ح- راه‌های ممکن جهت بالا بردن ایمنی پرسنل در صورت وقوع حریق بررسی شود.
- ط- افزایش سطح تزریق گاز دی اکسید کربن در سیستم اطفای حریق به منظور رساندن آن به مقدار کافی
- ی- هماهنگ بودن سیستم اعلام حریق و اطفای حریق با سیستم حفاظت ژنراتور
- ک- افزودن یک سیستم تزریق گاز به سیستم اطفای حریق در مناطقی که پرسنل حضور دارند.

۴-۲۲- سیستم هوای فشرده

اگر واحدها در مد کندانسور سنکرون مورد استفاده قرار گیرند، سیستم‌های هوای فشرده در عملیات بهره‌برداری از نیروگاه اهمیت ویژه‌ای خواهند داشت. بعضی از سیستم‌های هوای فشرده و کاربردهای آن‌ها در جدول (۴-۶) ارائه شده است.

جدول ۴-۶- سیستم‌های هوای فشرده

سیستم	مورد استفاده
سیستم هوای گاورنر	تامین روغن هیدرولیک گاورنر
سیستم هوای شیر ISO	شیر قطع جریان روغن هیدرولیک
سیستم هوای ایستگاه	تمیز کاری، سیستم ترمز ژنراتور، تجهیزات
سیستم هوای مقابله با کایتاسیون در درفت تیوب	مد کندانسور سنکرون
سیستم هوای مدار شکن	مدار شکن اگر سیستم قطع جرقه با دمیدن هوا صورت گیرد.

موتورهای الکتریکی که در این کمپرسورها مورد استفاده قرار گرفته اند، از بزرگ‌ترین موتورهای الکتریکی موجود در واحدهای برق‌آبی هستند. در سال‌های اخیر، دانش فنی ساخت موتورهای الکتریکی با راندمان بالا توسعه یافته و می‌توان این موتورهای جدید با راندمان بالا را جایگزین موتورهای موجود نموده و در نتیجه هزینه‌های بهره‌برداری از سیستم‌های جانبی واحد را کاهش داد. امکان استفاده از موتورهای با راندمان بالا و در نتیجه کاهش هزینه‌های واحد و افزایش قابلیت اطمینان را باید در هنگام انجام مطالعات بهسازی مورد توجه قرار داد. اگر برای بالا بردن قابلیت اطمینان سیستم نیاز به جایگزین نمودن کنترل‌های موجود باشد به قسمت ۴-۹ این دستورالعمل مراجعه شود.

اگر نیاز به بهبود کیفیت یا افزایش حجم هوای سیستم هوای فشرده باشد، باید تمام مولفه‌های مرتبط مورد بازبینی قرار گیرند. این مولفه‌ها شامل سیستم‌های دریافت کننده هوا، خشک کنها و غیره می‌باشند. اگر در کنترل تجهیزاتی که با فشار هوا کار می‌کنند، یک سیستم هوای فشرده مورد استفاده قرار گیرد، در این صورت باید توجه خاصی به خشک کننده‌ها، کمپرسورهای بدون روغن، و جدا کننده‌های روغن و هوا مبذول داشت.

۴-۲۳- جرثقیل‌ها

بهسازی جرثقیل‌ها بنا به دلایل ذیل ممکن است مفید و یا حتی ضروری باشد. برای درک بهتر سیستم‌های الکتریکی جرثقیل‌ها مراجعه به استاندارد [B141] ASME B30.2 توصیه می‌شود.

الف- ملاحظات ایمنی با توجه به استهلاک و خرابی جرثقیل‌های موجود و همچنین در نظر گرفتن الزامات و قوانین ایمنی و استانداردهای ایمنی جدید

ب- عدم امکان تعمیرات و نگهداری جرثقیل‌های موجود به طور مطلوب به خاطر عدم وجود لوازم یدکی مورد نیاز

ج- تغییر در عملیات بهره‌برداری، تغییر حجم بارهایی که نیاز به جرثقیل دارند و تغییر برنامه عملیات نت واحد چون جرثقیل‌ها برای انجام دیگر عملیات بهسازی در واحد (مثلا بهسازی توربین و ژنراتور) نیز مورد نیاز هستند، باید برنامه‌ریزی زمان تعمیرات و بهسازی جرثقیل‌ها به گونه‌ای انجام شود که با دیگر برنامه‌های بهسازی واحد (که نیاز به استفاده از جرثقیل دارند) تداخل نداشته باشد.

ممکن است سیستم‌های الکتریکی جرثقیل‌های قدیمی نیاز به بهسازی داشته باشد. موارد قابل توجه در بهسازی سیستم‌های الکتریکی جرثقیل‌های قدیمی به شرح ذیل می‌باشند:

- جایگزین نمودن کابل‌های قدرت که اتصال الکتریکی بین جرثقیل و تابلوی برق واحد را انجام می‌دهند. این امر در صورتی که کابل‌های موجود دچار آسیب و استهلاک شده باشند ضروری است.
- اضافه نمودن یا اصلاح تجهیزات قطع جریان الکتریکی به منظور برآورده ساختن مقرارت و استانداردهای جدید

- جایگزین نمودن ترمزهای مکانیکی با ترمزهای الکتریکی

- جایگزین نمودن یا تعمیر موتورها

- جایگزین نمودن سیستم کنترل

- جایگزین نمودن کابل‌های کنترل و قدرت

- جایگزین نمودن یا اصلاح سیستم روشنایی

- تبدیل سیستم تغذیه جریان مستقیم به جریان متناوب

در بهسازی ممکن است نیاز به افزودن قابلیت‌های جدیدی از قبیل سیستم کنترل از راه دور رادیویی، کنترل قلاب، استفاده از وسایلی جهت تشخیص اضافه بار یا پایان مسافت جابجایی (کلیدهای محدود کننده)، الکتریکی نمودن عملیاتی که پیش‌تر به صورت غیر الکتریکی انجام می‌گرفته، امکان عملکرد موازی قلاب‌ها با هم برای بلند کردن بارهای سنگین و غیره احساس شود.

در تمامی مواردی که بهسازی اساسی سیستم جرثقیل انجام می‌شود، بازبینی مجدد شاخص‌های ایمنی و همچنین تست مجدد جرثقیل در اتمام پروژه بهسازی حائز اهمیت است.

۴-۲۴- تجهیزات تصفیه روغن‌های روانکاری و عایقی

تجهیزات تصفیه روغن‌های روانکاری و عایقی ممکن است در طول عمر خود به نقطه‌ای برسند که دیگر تعمیر این تجهیزات مقرون به صرفه نبوده و در نتیجه جایگزین نمودن آن‌ها ضروری باشد. تجهیزات نیروگاه‌های جدید نیاز به سیستم‌های تصفیه روغن دقیق‌تری دارند و سیستم‌های تصفیه روغن قدیمی قادر به انجام این کار نیستند. برنامه بهسازی فرصتی جهت بازبینی نیازهای سیستم به کیفیت روغن تصفیه شده فراهم آورده و مشخص می‌کند که آیا جایگزین نمودن سیستم تصفیه روغن منطقی است یا خیر.

۴-۲۵- تلفن یا دیگر تجهیزات ارتباطی

تلفن، رادیو، انتقال اطلاعات از طریق خط انتقال (PLC)، میکروویو و دیگر سیستم‌های قدیمی ارتباطی انرژی زیادی مصرف کرده و می‌توانند با سیستم‌های جدید که دارای قابلیت اطمینان بالاتر و مصرف انرژی کم‌تری هستند جایگزین شوند. برنامه بهسازی ممکن است نیاز به استفاده از بستر یا ایستگاه‌های مخابراتی جدیدی را برای تجهیزات موجود ایجاد کند. گذشته از آن، پیشرفت‌های اخیر در کنترل دیجیتال واحد و سیستم‌های مخابراتی ممکن است تغییراتی را در نیازهای سیستم‌های ارتباطی واحد ایجاد کنند. نصب لینک‌های ارتباطی فیبرنوری ممکن است بستری را فراهم کند که کم‌تر در برابر نویز حساس است.

استفاده از فیبر نوری جهت ارتباط و انتقال داده‌های سیستم‌های کنترل دیجیتال و رایانه‌هایی که بر کار واحد نظارت می‌کنند و سیستم‌های جمع‌آوری و پردازش اطلاعات یک بستر مخابراتی مقاوم در برابر نویز را فراهم می‌کند. اگر انجام تغییرات در سیستم ارتباطی موجود مقرون به صرفه نباشد، ممکن است نیاز به خریداری تجهیزات جدید باشد.

۴-۲۶- حفاظت فیزیکی نیروگاه

بهسازی واحد می‌تواند منجر به احساس نیاز برای تقویت سیستم‌های ایمنی نیروگاه شود. تغییر عملیات بهره‌برداری بدون حضور پرسنل ممکن است نیاز به نصب تجهیزات تشخیص ورود افراد به محوطه با سیستم آلام در محوطه بیرونی داشته باشد. در بعضی از موارد، افزودن و نصب دوربین مدار بسته لازم است. افزودن این سیستم‌های ایمنی به واحد، بر سیستم‌های ارتباطی و جمع‌آوری واحد نیز اثرگذار است.

۴-۲۷- کارگاه مکانیک

در هنگام بررسی برنامه بهسازی واحد، کارگاه مکانیک قسمتی است که باید مورد توجه قرار گیرد. سیستم‌های کمکی (از قبیل آب مصرفی واحد، هوای فشرده، روشنایی، سیستم اطفای حریق، سیستم تهویه HVAC، و سیستم تامین برق

واحد) که در حال بهسازی هستند ممکن است بر این قسمت اثرگذار باشند. ایجاد تغییرات در این سیستم‌های کمکی ممکن است در جانمایی یا موقعیت کارگاه تغییراتی ایجاد کند.

در خصوص موقعیت ماشین‌های نصب شده درون کارگاه نیز باید توجه نمود هرچند که به ندرت ممکن است نیاز به جابجا نمودن ماشین‌های بزرگ نصب شده احساس شود. فن آوری جدید در ساخت تجهیزاتی که در نیروگاه‌های برق آبی مورد استفاده قرار می‌گیرند، لزوم افزودن تجهیزات جدید به کارگاه را ایجاب می‌کند ولی این امر ممکن است با جابجایی تجهیزات پیشتر نصب شده در کارگاه تحقق نیابد. به همین دلیل، ممکن است نیاز به گسترش فضای کارگاه احساس شود. همچنین ممکن است جهت تعمیرات و سرویس تجهیزات جدیدی که در بهسازی به واحد افزوده می‌شوند نیازمند نصب ماشین آلات جدیدی در کارگاه باشیم.

منابع و مراجع

IEEE 1147-2005 IEEE Guide for the Rehabilitation of Hydroelectric Power Plants