جمهوری اسلامی ایران

مشخصات فنی عمومی و اجرایی
پست ها، خطوط فوق توزیع و انتقال
راکتورهای موازی در پست‌های فشار قوی

نشریه شماره ۲- ۴۸۳

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور
معاونت نظارت راهبردی
دفتر نظام فنی اجرایی
http://tec.mporg.ir

وزارت نیرو – شرکت توانیر
طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت برق
www.tavanir.org.ir

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

جمهوری اسلامی ایران

مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست ها، خطوط فوق توزیع و انتقال راکتورهای موازی درپست های فشارقوی

نشریه شماره ۲– ۴۸۳

معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور
معاونت نظارت راهبردی
دفتر نظام فنی اجرایی
http://tec.mporg.ir

وزارت نیرو – شرکت توانیر
طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت برق
www.tavanir.ir

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

بسمه تعالی

ریاست جمهوری
معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	شماره:	۱۰۰/۲۲۴۹۵
	تاریخ:	۱۳۸۸/۳/۱۰

موضوع:
مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست‌ها، خطوط فوق توزیع و انتقال- راکتورهای موازی در پست‌های فشار قوی (جلد اول) و (جلد دوم)

به استناد آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی، موضوع ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (مصوبه شماره ۴۲۳۳۹/ت۳۳۴۹۷هـ مورخ ۱۳۸۵/٤/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست نشریه شماره ۴۸۳ دفتر نظام فنی اجرایی، در دو مجلد با عنوان «**مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست‌ها، خطوط فوق توزیع و انتقال - راکتورهای موازی در پست‌های فشار قوی (جلد اول) و (جلد دوم)**» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود.

دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر می‌توانند از این نشریه به عنوان راهنما استفاده کنند و در صورتی که روش‌ها، دستورالعمل‌ها و راهنمای بهتری در اختیار داشته باشند، رعایت مفاد این بخشنامه الزامی نیست.

عوامل یاد شده باید نسخه‌ای از دستورالعمل‌ها، روش‌ها یا راهنماهای جایگزین را به دفتر نظام فنی اجرایی ارسال کنند.

امیرمنصور برقعی
معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور با استفاده از نظر کارشناسان برجسته، مبادرت به تهیه این دستورالعمل نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این رو، ***از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی، مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:***

۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

۲- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.

۳- در صورت امکان، متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.

۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.

کارشناسان این دفتر نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی شاه
معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، دفتر نظام فنی اجرایی

سازمان مرکزی- تهران ۱۱۴۹۹۴۳۱۴۱- خیابان صفی علی شاه
http://tec.mporg.ir

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

بسمه تعالی

پیشگفتار

در اجرای ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور و به منظور تعمیم استانداردهای صنعت برق و ایجاد هماهنگی و یکنواختی در طراحی و اجرای پروژه‌های مربوط به تولید، انتقال و توزیع نیروی برق، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور (معاونت نظارت راهبردی – دفتر نظام فنی اجرایی) با همکاری وزارت نیرو – شرکت توانیر در قالب طرح «ضوابط و معیارهای فنی صنعت برق» اقدام به تهیه مجموعه کاملی از استانداردهای مورد لزوم نموده است.

نشریه حاضر با عنوان « مشخصات فنی عمومی و اجرائی پست ها، خطوط فوق توزیع و انتقال- راکتورهای موازی در پست های فشار قوی– جلد دوم»، در برگیرنده مباحث مربوط به راکتورهای موازی شامل کلیات و تعاریف، معیارهای طراحی و مهندسی، آزمون های نوعی(که به منظور بررسی و تایید مشخصات فنی راکتورهای موازی، وسایل جانبی و تجهیزات کمکی انجام می گردد)، آزمونهای جاری(که برای تشخیص نقائص و خطاهای موجود در ساختار راکتورهای موازی صورت می گیرد) و دستورالعملهای بهره برداری و نگهداری می باشد.

معاونت نظارت راهبردی به این وسیله از کوشش‌های دست‌اندرکاران به ثمر رسیدن این نشریه و همچنین سازمان‌ها و شرکت‌های مهندسی مشاور که با اظهارنظرهای سازنده خود این معاونت را در جهت غنا بخشیدن به آن یاری نموده‌اند سپاسگزاری و قدردانی نموده و توفیق روزافزون آنان را از درگاه ایزد یکتا آرزومند است.

معاون نظارت راهبردی

۱۳۸۸

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست ها، خطوط فوق توزیع و انتقال - راکتورهای موازی در پست های فشار قوی - نشریه شماره ۲- ۴۸۳

تهیه کننده

این مجموعه به وسیله شرکت مهندسین مشاور نیرو با همکاری آقایان مهندسین پوریا معقولی، دکتر فرامرز رهبر و آقای دکتر عارف درودی تهیه و تدوین شده است و توسط آقای اسماعیل زارعی مورد ویراستاری قرار گرفته است.

کمیته فنی

این نشریه همچنین در کمیته فنی طرح با مشارکت مجری و مشاور طرح و نمایندگان شرکت‌های مهندسی مشاور تحت پوشش وزارت نیرو به شرح زیر بررسی، اصلاح و تصویب شده است.

آقای مهندس جمال بیاتی	وزارت نیرو – سازمان توانیر – مجری طرح
آقای مهندس بهمن الله مرادی	سازمان توسعه برق ایران
آقای دکتر عارف درودی	مهندسین مشاور نیرو
آقای مهندس محمود احمدی پور	شرکت مشانیر
آقای مهندس بهروز قهرمانی	سازمان توسعه برق ایران
آقای مهندس علی رحیم زاده خوشرو	کارشناس معاونت برنامه ریزی و توسعه شبکه
آقای مهندس هادی قیاسی معاصر	مهندسین مشاور قدس نیرو
آقای مهندس سید جمال الدین واسعی	پژوهشگاه نیرو
آقای مهندس احسان الله زمانی	وزارت نیرو – سازمان توانیر – دبیر کمیته فنی طرح

مسوولیت کنترل و بررسی نشریه در راستای اهداف دفترنظام فنی اجرائی به عهده آقایان مهندسین پرویز سیداحمدی و محمدرضا طلاکوب بوده است.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول ـ اهداف، تعاریف و کلیات

۱-۱- کلیات ۳

۱-۲- تعاریف ۴

۱-۲-۱- ولتاژ نامی (UN) ۴

۱-۲-۲- حداکثر ولتاژ عملکرد(Umax) ۵

۱-۲-۳- توان نامی(QN) ۵

۱-۲-۴- جریان نامی(IN) ۵

۱-۲-۵- راکتانس نامی(XN) ۵

۱-۲-۶- راکتانس مؤلفه صفر(X0): ۵

۱-۲-۷- راکتانس متقابل(XM) : ۵

۱-۲-۸- مشخصه مغناطیسی : ۵

۱-۳- ساختمان راکتور موازی ۶

۱-۴- مشخصه‌های راکتور موازی ۷

۱-۴-۱- مشخصه مغناطیسی ۷

۱-۴-۲- امپدانس مؤلفه صفر ۷

۱-۴-۳- تلفات ۸

۱-۴-۴- نویز صوتی ۸

۱-۴-۵- نوسانات مکانیکی ۸

۱-۴-۶- مشخصات عایقی ۹

فصل دوم ـ معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب راکتور موازی

۲-۱- کلیات ۱۳

۲-۲- ولتاژ نامی ۱۳

۲-۳- جریان نامی ۱۳

۲-۴- سطوح عایقی ۱۳

۲-۴-۱- سطوح عایقی نوترال ۱۴

omoorepeyman.ir

۲-۵- میزان مجاز افزایش درجه‌حرارت روغن و سیم پیچ ۱۴
۲-۵-۱- سیستم خنک‌کننده ۱۴
۲-۵-۲- حدود مجاز افزایش درجه حرارت ۱۵
۲-۶- بوشینگها ۱۵
۲-۷- نمونه‌ای از طراحی و انتخاب مشخصه‌های راکتور ۱۶
۲-۷-۱- مشخصات و ویژگیهای شبکه و سیستم ۱۶
۲-۷-۲- مشخصات محیطی و شرایط اقلیمی محل نصب ۱۶
۲-۷-۳- پارامترها و مشخصه‌های طراحی و انتخاب راکتور ۱۷
۲-۸- مطالعه یک نمونه واقعی ۱۸

فصل سوم ـ آزمونها

۳-۱- شرایط عمومی ۳۳
۳-۲- آزمونهای جاری ۳۳
۳-۲-۱- اندازه‌گیری مقاومت سیم‌پیچی ۳۳
۳-۲-۲- اندازه‌گیری راکتانس ۳۳
۳-۲-۳- اندازه‌گیری تلفات ۳۴
۳-۲-۴- آزمونهای عایقی ۳۴
۳-۲-۴-۱- آزمون تحمل ولتاژ با منبع مجزا ۳۴
۳-۲-۴-۲- آزمون تحمل اضافه ولتاژ القایی ۳۴
۳-۲-۴-۳- آزمون موج صاعقه ۳۴
۳-۲-۴-۴- آزمون موج کلیدزنی ۳۵
۳-۲-۴-۵- آزمون اندازه‌گیری نسبت ولتاژ و امپدانس اتصال کوتاه روی راکتور با بارگذاری اضافی روی سیم‌پیچ . ۳۵
۳-۳- آزمونهای نوعی ۳۵
۳-۳-۱- آزمون افزایش درجه حرارت ۳۵
۳-۳-۲- آزمونهای عایقی ۳۵
۳-۴- آزمونهای ویژه ۳۵
۳-۴-۱- اندازه‌گیری راکتانس مؤلفه صفر بر روی راکتورهای خطی و غیرخطی سه فاز ۳۵
۳-۴-۲- اندازه‌گیری راکتانس متقابل بین سیم‌پیچهای راکتورهای سه فاز ۳۶
۳-۴-۳- اندازه‌گیری سطح صدا براساس استاندارد IEC شماره ۶۰۵۵۱ ..... ۳۶
۳-۴-۴- اندازه‌گیری میزان لرزش ۳۶
۳-۴-۵- اندازه‌گیری هارمونیک‌های جریان ۳۶
۳-۴-۶- اندازه‌گیری توان مصرفی پمپهای روغن و فنها ۳۷
۳-۴-۷- اندازه‌گیری مشخصه مغناطیسی ۳۷

omoorepeyman.ir

فصل چهارم- دستورالعمل نگهداری راکتورها

۴-۱- مقدمه ۴۱
۴-۲- سرویسهای دوره‌ای راکتور ۴۱
۴-۲-۱- تانک اصلی ۴۱
۴-۲-۲- سیستم خنک‌کننده ۴۱
۴-۲-۳- بوشینگها ۴۱
۴-۲-۴- تابلو کنترل ۴۲
۴-۲-۵- دستگاههای حفاظتی و اندازه‌گیری ۴۲
۴-۲-۶- مهارتهای لازم ۴۲
۴-۲-۷- وسایل و ابزار مورد نیاز ۴۲
۴-۳- تعمیرات اساسی راکتور ۴۲
۴-۳-۱- مراحل اجرای کار ۴۳
۴-۳-۲- آزمونها ۴۴
۴-۴- دستورالعمل بازدیدهای دوره‌ای راکتور ۴۴
۴-۴-۱- بازدید روزانه از راکتور ۴۴
۴-۴-۲- بازدید هفتگی از راکتور ۴۴
۴-۴-۳- بازدید ماهیانه از راکتور ۴۵
۴-۴-۳-۱- بوشینگها ۴۵
۴-۴-۳-۲- کنسرواتور ۴۵
۴-۴-۳-۳- محفظه سیلیکاژل ۴۵
۴-۴-۳-۴- رله بوخهلتز ۴۶
۴-۴-۳-۵- تانک اصلی راکتور ۴۶
۴-۴-۳-۶- رادیاتورها و فن‌ها ۴۶
۴-۴-۳-۷- ترمومتر روغن و سیم‌پیچ ۴۶
۴-۴-۳-۸- تابلوی کنترل و تغذیه (مارشالینگ باکس) ۴۷

منابع و مراجع ۵۹

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

°C⊙↑↓ ↦ ⇆∀⊙℘∋E←⋘∓⊔⊔←∓

omoorepeyman.ir

مقدمه

هدف از این فصل معرفی و شناخت انواع راکتورهای موازی می‌باشد. راکتورهای موازی در شبکهٔ انتقال جهت جبران‌سازی تـوان راکتیو به کار می‌روند. این راکتورها در ولتاژ۴۰۰ کیلوولت (و ندرتاً درسطح ولتاژ ۲۳۰ کیلوولت) مورد بهره‌برداری قرار گرفته و از نـوع روغنی هستند. همچنین در بعضی از پست‌ها از راکتورهای ۲۰ کیلوولت قابل قطع و وصل که عمدتاً روی سیم‌پیچ سوم ترانس نصب می‌شوند نیز استفاده می‌شود.

۱-۱- کلیات

در شبکه‌های ولتاژ بالا و خطوط طولانی به منظور کاهش اثر خازنی خطوط در حالت کم‌باری که باعث افزایش ولتاژ می‌شـود، از راکتورهای موازی استفاده می‌شود. به این ترتیب دو هدف عمده زیر در استفاده از راکتور موازی مورد نظر است:

- پایداری سیستم از نظر خاصیت خازنی خط
- کنترل ولتاژ و نهایتاً جذب توان راکتیو شبکه در شرایط بار کم

راکتور موازی امپدانس ضربه مجازی[1] خط را افزایش داده و بار طبیعی مجازی، یعنی باری که در آن پروفیل ولتاژ مسطح حاصل می‌شود را کاهش می‌دهد. با جبرانسازی کامل، پروفیل ولتاژ در حالت بی‌باری مسطح خواهد بود [۱].

در عمل راکتورهای موازی نمی‌توانند به طور یکنواخت در طول خط پخش شوند. آنها در ابتدا و انتهای خط و در نقطه میانی خط (معمولاً در پست‌های سوئیچینگ[2] میانی) متصل می‌گردند. در خطوط بسیار طویل حداقل تعدادی راکتور موازی بطور دائم بـه خـط متصل می‌شوند تا اینکه حداکثر ایمنی در مقابل اضافه ولتاژ ناشی از قطع ناگهانی بار و یـا بازشـدن خـط فـراهم نماینـد. در خطـوط کوتاه‌تر و یا قسمتی از خطوط که بین راکتورهای سوئیچ نشونده قراردارند، مسأله اضـافه ولتـاژ از شـدت کمتـری برخـوردار اسـت و راکتورها را می‌توان به طور مکرر به مدار متصل نمود تا ساعت به ساعت به موازات تغییر بار، توان راکتیو را تنظیم نمایند.

طبقه‌بندی راکتورها بصورت زیر انجام می‌پذیرد:

الف- پارامترهای الکترومغناطیسی (هسته و ساختار آن، خطی بودن مشخصه وبر- آمپر، ویژگی سیم‌پیچ، تعداد فاز و امکان تغییر ضریب القائی)

ب- از دیدگاه محل کاربرد

ج- نحوه اتصال

د- نوع خنک‌کنندگی

برای کنترل شار نشتی دو شکل اساسی ساختار راکتور مطرح می‌باشد: نوع حفاظت شده مغناطیسی[3] (بدون هسته) و نوع با هسته دارای فاصله هوایی[4] انتخاب بین این سه راکتور بستگی به شرایط کاری مورد نیاز دارد. در بعضی موارد تا ولتاژهایی به بزرگی ۱۵۰٪ حد معمول به مشخصه ولتاژ جریان خطی نیاز خواهد بود. در سایر موارد مشخصه نزولی (کاهش اندوکتانس با افزایش ولتـاژ اعمـالی) یک مزیت به شمار می‌رود. علاوه بر آن تاحدودی غیرخطی‌بودن در ولتاژهای بالاتر از ولتاژ نامی شبکه قابل قبول مـی‌باشـد. راکتـور

1 . Virtual surge impedance
2 . Switching substation
3. Magnetically shielded
4. Gapped core

omoorepeyman.ir

نوع دوم نسبتاً ارزانتر از نوع اول بوده اما برای رساندن نویز صوتی به حداقل قابل‌قبول، باید ازتکنیکهای ویـژه‌ای اسـتفاده شـود [۲]. راکتورهای با هسته دارای فاصلهٔ هوایی، بخصوص در ولتاژهای بالا به علت دانسیته انرژی زیاد به راکتورهای بدون هسته ارجحیـت دارند. از طرف دیگر چگالی فوران در راکتورهای بدون هسته کمتر از راکتورهای با هسته شکاف‌دار بوده و جهت رسـیدن بـه چگـالی فورانی یکسان، باید قطر کویل‌های راکتور بدون هسته بزرگتر انتخاب شود.

راکتورهایی که به منظور جبران توان راکتیو در پستهای فشارقوی بکار می‌روند حتماً از نوع روغنی بوده و شکل ظـاهری آنهـا در پست شبیه ترانسفورماتور قدرت است. راکتورهای روغنی شامل هسته و سیم‌پیچ مسی غوطه‌ور در روغن می‌باشند. نوع دیگر راکتورها شامل راکتورهای خشک می‌باشد که مشخصات مربوط به آنها در استاندارد "راکتورهای مورد استفاده در شبکه‌های توزیـع" سـازمان توانیر آورده شده است.

راکتورهای موازی از نظر اتصال به شبکه به سه صورت مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند:

- اتصال مستقیم به خط انتقال
- اتصال مستقیم به شینه
- اتصال به سیم‌پیچ سوم ترانسفورماتور قدرت

راکتورهای سه‌فاز از سه سیم‌پیچ تشکیل شده که هر سیم‌پیچ روی یک ستون هسته پیچیده می‌شود. راکتورهای سه‌فاز می‌تواننـد بصورت پنج ستونه طراحی شوند که دو ستون آن بدون سیم‌پیچ می‌باشد. اگر هسته بصورت پنج ستونه طراحی گردد، امپدانس تـوالی صفر (Z_0) کمتری نسبت به هسته سه ستونه خواهد داشت، اما هسته کمتر گرم می‌شود.

راکتورها معمولاً با سیستم خنک‌کنندگی طبیعی (ONAN) طراحی می‌شوند که در آن رادیاتورها مستقیماً به بدنه راکتور متصـل می‌گردند. ولی مواردی هم وجود دارد که راکتورها بصورت ONAN/ONAF/OFAF طراحی شده و یا رادیاتورهای آنها نیز بصورت جداگانه بر روی فونداسیون مخصوص نصب می‌گردند.

۱-۲- تعاریف

۱-۲-۱- ولتاژ نامی[1] (U_N):

ولتاژی که در فرکانس نامی به ترمینالهای راکتور اعمال می‌شود و راکتور برای آن طراحی شده است. برای راکتـور تکفـازی کـه قرار است در یک بانک سه‌فاز با اتصال ستاره استفاده شود ولتاژ نامی بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$U_N = \frac{V_{L-L}}{\sqrt{3}} \qquad (۱-۱)$$

که V_{L-L} ولتاژ خط سیستم است.

omoorepeyman.ir

1. Rated voltage

۱-۲-۲- حداکثر ولتاژ عملکرد[1] (Um):

بیشترین مقدار ولتاژ در فرکانس نامی که راکتور باید بتواند در آن ولتاژ بدون افزایش غیرعادی درجه حرارت بطور پیوسته کار کند.

۱-۲-۳- توان نامی(Q_N):

توان راکتیو راکتور در ولتاژ و فرکانس نامی.

۱-۲-٤- جریان نامی(I_N):

جریان خط راکتور در توان و ولتاژ نامی. برای راکتور تکفازی که قرار است در یک بانک سه فاز با اتصال مثلث استفاده شود، جریان نامی بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$I_N = \frac{I_{line}}{\sqrt{3}} \qquad (۲-۱)$$

که I_{line} جریان خط است.

۱-۲-۵- راکتانس نامی[2] (X_N):

راکتانس در فرکانس و ولتاژ نامی بر حسب اهم بر فاز.

۱-۲-٦- راکتانس مؤلفه صفر(X_0):

سه برابر راکتانسی که در فرکانس نامی بین ترمینالهای راکتور با اتصال ستاره و نوترال، در حالیکه به هم متصل شده‌اند، دیده می‌شود.

۱-۲-۷- راکتانس متقابل[3] (X_M):

نسبت بین ولتاژ القاشده در فازی که باز است و جریانی که در فاز تحریک‌شده برقرار است (اهم بر فاز و در فرکانس نامی). راکتانس متقابل بر حسب پریونیت بر پایه راکتانس نامی بیان می‌شود.

۱-۲-۸- مشخصه مغناطیسی[4] :

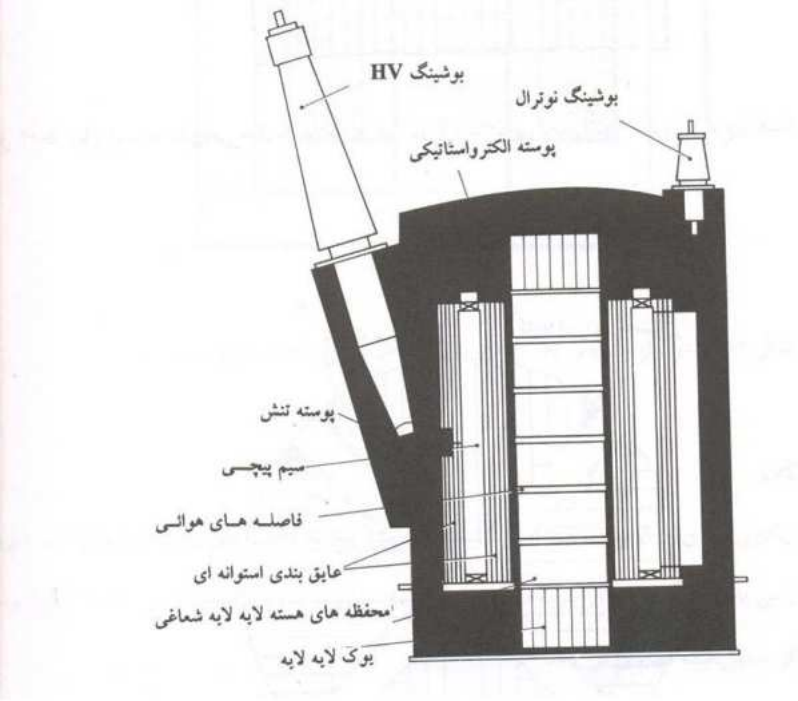
رابطه پیک جریان و پیک شار- دور سیم‌پیچ راکتور

omoorepeyman.ir

1 . Maximum operating voltage
2 . Rated reactance
3 . Mutual reactance
4 . Magnetic characteristic

۱-۳- ساختمان راکتور موازی

شکل (۱-۱) شمای موقعیت سیم‌بندی، هسته، محفظه و بوشینگ راکتور فشارقوی تکفاز را نشان می‌دهد [۲].



شکل۱-۱: ساختمان یک راکتور موازی تکفاز

در ساده‌ترین شکل، راکتور از نوع حفاظت شده مغناطیسی (بدون هسته) از یک سیم‌پیچ بدون هسته آهنی داخلی تشکیل شده‌است. سیم‌پیچ شبیه یک سلف منفرد با هسته هوایی عمل می‌کند، اگر چه در عمل معمولاً در روغن فرو برده می‌شود. دامنه شار درون سیم‌پیچ تحت ولتاژ نامی، ارتباط اساسی با قطر سیم‌بندی و تعداد دور آن دارد. مسیر برگشت شار خارج از سیم‌پیچ از طریق مناسبی از صفحات فلزی ورقه ورقه‌ای که دارای خاصیت مغناطیسی می‌باشد تأمین می‌گردد. این پوسته محافظ معمولاً با حداکثر چگالی شار یک تسلا کار می‌کند تا نویز صوتی را به حداقل ممکن کاهش دهد. پوسته بطور مؤثری شارهای خارجی را در بر می‌گیرد و از ورود آنها به محفظه یا سازه‌های فولادی همجوار که نتیجتاً باعث افزایش حرارت می‌گردد جلوگیری می‌کند. این راکتورها ضرورتاً دارای مشخصه ولتاژ- جریان خطی هستند. یک جایگزین راکتور حفاظت شده مغناطیسی (بدون هسته)، راکتور با هسته دارای فاصله هوایی است که هسته آن به قسمتهای مختلف تقسیم شده و در بین هر قسمت فاصلهٔ هوایی وجود دارد. با این نوع ساختار، سیم‌پیچ در اطراف هسته فولادی مغناطیسی ورقه ورقه‌شده پیچیده می‌شود. این هستهٔ فولادی دارای تعدادی بخش[1] که توسط جداکننده‌های غیر مغناطیسی از یکدیگر جداشده‌اند می‌باشد. در چگالی شارهای کمتر از حد اشباع، این فواصل هوایی تقریباً تمامی آمپردورهای مغناطیسی راکتور را جذب می‌کنند و متقابلاً اندوکتانس را کنترل می‌نمایند. نسبت مابین فواصل هوایی و فولاد

1 . Section

omoorepeyman.ir

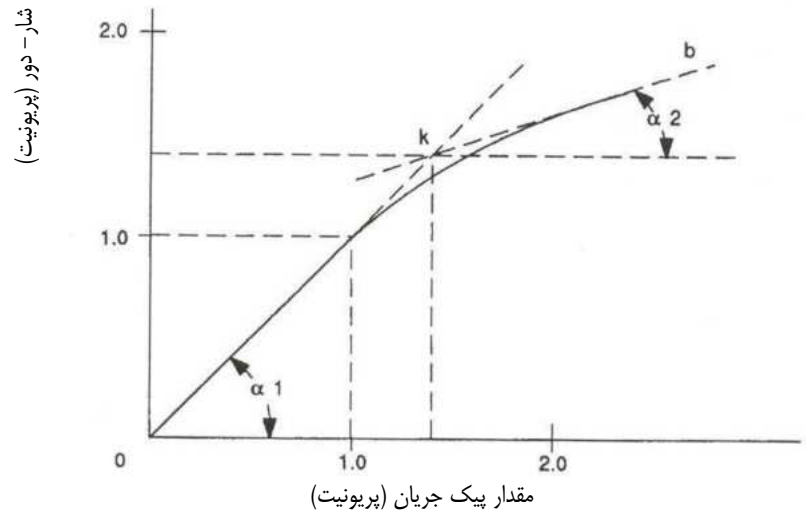
مغناطیسی درجه خطی‌بودن و نقطه زانوی اشباع را معین می‌سازد. همچنین، راکتورها می‌توانند دارای سیم‌پیچ ثانویه برای تغذیه بارهای محلی باشند.

۱-٤- مشخصه‌های راکتور موازی

۱-٤-۱- مشخصه مغناطیسی

مشخصه مغناطیسی هسته جهت تعیین محدوده نرمال‌کاری و کار در شرایط اضافه ولتاژ مورد نیاز است. به طور کلی مشخصه مغناطیسی هسته می‌تواند به یکی از سه صورت خطی، غیرخطی و یا اشباع باشد. به طور معمول راکتورهای موازی مورد استفاده جهت جبران‌سازی دارای مشخصه مغناطیسی غیرخطی هستند که نمونه‌ای از آن در شکل (۱-۲) نشان داده شده است.

α_1 : شیب بخش خطی
α_2: شیب بخش اشباع
k : نقطه زانوی اشباع



شکل ۱-۲: مشخصه غیرخطی مغناطیسی هسته

طراحی به گونه‌ای انجام می‌گیرد که عملکرد عادی راکتور در محدوده خطی باشد. هر چه میزان خطی بودن راکتور بیشتر باشد، امتیاز فنی بیشتری به آن تعلق می‌گیرد.

۱-٤-۲- امپدانس مؤلفه صفر

این امپدانس در عملکرد راکتور در مقابل ولتاژهای نامتعادل مؤثر است. برای یک بانک راکتور سه‌فاز متشکل از سه راکتور تکفاز، می‌بایست با تحریک تک‌تک فازها، امپدانسهای مربوطه اندازه‌گیری شده و آنگاه امپدانس راکتور برابر متوسط امپدانسهای اندازه‌گیری شده تک‌فاز در نظر گرفته شود.

omoorepeyman.ir

امپدانس مؤلفه صفر یک راکتور سه‌فاز، زمانیکه اندازهٔ امپدانسهای فازها بیشتر از ۵٪ تفاوت داشته باشد، می‌بایست با اتصال به یک سیستم ولتاژ متقارن و در حالتی که سیم‌پیچ فازهای آن بصورت ستاره متصل شده‌اند، اندازه‌گیری کرد. مقدار این امپدانس از رابطهٔ زیر بدست می‌آید:

$$Z_0 = \frac{\text{ولتاژ فاز به فاز}}{\sqrt{3} \times \text{میانگین مقدار مؤثر جریان اندازه‌گیری شده}} \qquad (۳-۱)$$

۱-٤-۳- تلفات

برای یک راکتور روغنی، مجموع تلفات مسی هادی، تلفات هسته، تلفات حفاظ الکترومغناطیسی[1] و سایر تلفات پراکنده[2] به عنوان تلفات راکتور در نظر گرفته می‌شود. تلفات در قیمت تمام‌شده راکتور تأثیر بسزائی دارد. چرا که راکتورها مخصوصاً راکتورهائیکه همواره به خط اتصال دارند در همه حال دارای تلفات بی‌باری هستند. در ارزیابی پیشنهادات مالی سازندگان جریمه تلفات برای کل راکتورها محاسبه شده و سپس این جریمه جهت مقایسه پیشنهادات به قیمت راکتور افزوده می‌شود. جریمه تلفات برای هر کیلووات توسط خریدار اعلام می‌شود.

محاسبه هزینه تلفات به پارامترهای متعددی همچون هزینه ارزی – ریالی احداث نیروگاهها، قیمت سوخت، هزینه‌های بهره‌برداری ضریب بار و ضریب تلفات وابسته است.

۱-٤-٤- نویز صوتی

نویز صوتی اساساً در هسته راکتور تولید می‌شود که دلیل آن پدیده magnetostriction است. ورقه‌های هسته در هارمونی‌های فرد موج مغناطیسی، تولید نویز می‌کنند.

در کنار این، مسالهٔ رزونانس مکانیکی هسته باعث افزایش مقدار اولیه این نویز می‌شود. بطور کلی عوامل زیر باعث ایجاد نویز صوتی می‌گردند: ارتعاشات هسته در محل اتصال ستون به قسمتهای بالایی و پائینی، تغییر طول ورقه‌های هسته، سیم‌پیچهای هادی جریان و نیز فنها و پمپها (در صورت وجود).

معمولاً سطح صدا متناسب با وزن هسته و توان نامی راکتور است که برمبنای دسی‌بل اندازه‌گیری می‌شود.

۱-٤-۵- نوسانات مکانیکی

نوسانات[3] مکانیکی که به دلیل نیروهای مغناطیسی متغیر با زمان ایجاد می‌شوند از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. طراحی و ساخت راکتورها باید به گونه‌ای باشد که از تأثیرات زیان آور نوسانات مکانیکی جلوگیری به عمل‌آید. در راکتورهای روغنی بایستی به نوسانات هسته و تانک توجه ویژه‌ای شود. لازم به ذکر است که این نوسانات در راکتورها حتی بیش از ترانسفورماتورهاست [۲].

omoorepeyman.ir

1 . Shielding loss
2 . Stray loss
3 .Vibration

۱-٤-٦- مشخصات عایقی

نحوهٔ عایق‌بندی سیم‌پیچهای راکتور روغنی به چگونگی زمین‌کردن نقطه نوترال بستگی دارد. در هنگام اعمال موج‌ضربه [1] به سیم‌پیچها، جریان در سیم‌پیچ وجود نداشته و راکتور توسط یک مدل خازنی جایگزین شده و معادلهٔ توزیع ولتاژ روی سیم‌پیچها را به کمک این مدل می‌توان بدست آورد [۳].

نحوهٔ زمین‌کردن نوترال تأثیر قابل توجهی بر این توزیع ولتاژ دارد و در حالت نوترال مستقیماً زمین‌شده می‌توان از عایق‌بندی کاهش داده شده، تدریجی یا ناهمگون استفاده نمود. از طرف دیگر اگر نوترال ایزوله باشد عایق‌بندی کامل یا همگون ضرورت پیدا می‌کند.

انواع مختلفی از عایقها در راکتورهای روغنی بکار می‌روند که بسته به حداکثر درجه حرارت مجاز می‌بایست انتخاب گردند. افزایش درجه حرارت بیش از مقدار مجاز باعث پیری عایقی و در نهایت شکست عایقی می‌شود. جدول (۱-۱) انواع مختلف عایق و میزان مجاز حداکثر درجه حرارت آنها را نشان می‌دهد.

جدول۱-۱: رده‌بندی عایقی راکتور موازی نسبت به حداکثر درجه حرارت مجاز

کلاس عایقی	حداکثر درجه حرارت مجاز (سانتی‌گراد)
A	۱۰۵
E	۱۲۰
B	۱۳۰
F	۱۵۵
H	۱۸۵
C	بالاتر از ۱۸۵

omoorepeyman.ir

1 . Surge

مقدمه

توان نامی راکتور موازی و نقطه اتصال آن به کمک مطالعات پخش بار و با در نظر گرفتن تمامی آرایش‌های ممکن سیستم تعیین می‌شود. در این فصل روش انتخاب راکتور و تعیین پارامترهای آن مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۱- کلیات

راکتورهایی که جهت جبران اثر خازنی خط بکار می‌روند معمولاً از نوع سه فاز و با اتصال ستاره هستند. راکتورها به سه صورت نصب می‌شوند: راکتور متصل به خط انتقال، راکتور متصل به شینه، راکتور متصل به سیم‌پیچ سوم ترانسفورماتور. به دلیل مسائل عایقی راکتورهای متصل به شینه و خط انتقال حتماً از نوع روغنی بوده و معمولاً در ابتدای ورود خط به پست متصل می‌شود و در اکثر موارد غیر قابل سوئیچ‌کردن هستند.

۲-۲- ولتاژ نامی

در شبکه ایران راکتورهای موازی معمولاً در خطوط ۴۰۰ کیلوولت استفاده می‌شوند. بنابراین اگر راکتور مستقیماً به خط متصل شود ولتاژ نامی آن ۴۰۰ کیلوولت خواهد بود. در مناطقی خاص که بالاترین ولتاژ شبکه انتقال ۲۳۰ کیلوولت باشد، راکتور به خط ۲۳۰ کیلوولت متصل شده و در این حالت ولتاژ نامی راکتور ۲۳۰ کیلوولت خواهد بود. در بعضی از پست‌ها از راکتورهای ۲۰ کیلوولت قابل قطع و وصل که عمدتاً روی سیم‌پیچ سوم ترانس نصب می‌شوند نیز استفاده می‌شود.

۲-۳- جریان نامی

بعد از تعیین توان نامی راکتور از مطالعات سیستم و انتخاب ولتاژ کار راکتور، مقدار جریان نامی راکتور را می‌توان به کمک رابطهٔ زیر بدست آورد:

$$I_n = \frac{P \times 10^3}{\sqrt{3}V} \qquad (۱-۲)$$

که در آن P توان نامی راکتور بر حسب کیلووار، V ولتاژ خط سیستم بر حسب کیلوولت و I جریان نامی راکتور بر حسب آمپر است.

۲-٤- سطوح عایقی

سطوح عایقی داخلی (سیم‌پیچها) و خارجی (بوشینگها) راکتور روغنی بطور کلی همان سطوح عایقی است که برای ترانسفورماتورهای قدرت بر مبنای استاندارد IEC شماره ۳-۶۰۰۷۶ منظور گردیده است، مگر اینکه مشخصاً مقادیر دیگری درخواست شده باشد. سطوح عایقی برای راکتورهای مورد استفاده در شبکه ایران در نشریه "هماهنگی عایقی در پستهای فشارقوی،

omoorepeyman.ir

از سری همین استاندارد آورده شده است. به طور معمول سطح عایقی بوشینگ را یک مرتبه بالاتر از سطح عایقی سیم‌پیچ در نظر می‌گیرند.

۲-٤-۱- سطوح عایقی نوترال

نحوه توزیع ولتاژ بر روی سیم‌پیچها وابسته به چگونگی زمین‌کردن نقطه نوترال است.در عین حال سطوح عایقی نوترال نیز خود به نحوهٔ زمین‌کردن این نقطه وابسته است. در صورتیکه نوترال مستقیماً زمین‌شده باشد بنا به استاندارد IEC شمارهٔ ۶۰۰۷۶ سطح عایقی در حد ۳۸ کیلوولت (تجربه اروپایی) و یا ۳۴ کیلوولت (تجربه امریکایی) کافی است. اگر نوترال توسط یک راکتور دیگر و یا مقاومت به زمین متصل شود سطح عایقی آن با توجه به مطالعات سیستم و شرایط کلیدزنی مشخص می‌شود. در این زمینه ذکر نکات زیر ضروری است:

الف) نیاز یا عدم نیاز به راکتور نوترال به شرایط وجود یا عدم استفاده از اتورکلوزینگ تکفاز در شبکه بستگی دارد. بطوریکه در صورت استفاده از اتورکلوزینگ تکفاز، ممکن است نیاز به راکتور نوترال باشد.

ب) میزان امپدانس و سطح عایقی راکتور نوترال، باید توسط شبیه‌سازی حالت‌گذاری الکترومغناطیسی شبکه تحت مطالعه تعیین شود.

۲-۵- میزان مجاز افزایش درجه حرارت روغن و سیم‌پیچ

حدود مجاز افزایش درجه حرارت کاملاً وابسته به شرایط محیطی است. شرایط محیطی استاندارد براساس استاندارد IEC شماره ۲-۶۰۰۷۶، به شرح زیر می‌باشد:

- حداکثر درجه حرارت مطلق: ۴۰ درجه سانتی‌گراد
- حداکثر درجه حرارت متوسط روزانه: ۳۰ درجه سانتی‌گراد
- حداکثر درجه حرارت متوسط سالیانه: ۲۰ درجه سانتی‌گراد
- ارتفاع: کمتر از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا

برای راکتورهائی که با هوا خنک شده و در محیطهایی با درجه حرارتهای بیشتر از مقادیر استاندارد نصب می‌شوند، میزان مجاز افزایش درجه حرارت روغن و سیم‌پیچ بایستی دقیقاً به مقدار میزان درجه حرارت افزایش یافته محیط کاهش داده شود.

چنانچه راکتور برای پستی طراحی شود که ارتفاع محل آن از ۱۰۰۰ متر بیشتر باشد، برای راکتورهای با خنک‌کنندگی اجباری هوا و روغن (ONAF,OFAF) مقدار افزایش درجه حرارت سیم‌پیچ و روغن بایستی به ازای هر ۲۵۰ متر افزایش ارتفاع، یک درجه سانتی‌گراد کاهش داده شود. برای راکتورها با خنک‌کنندگی طبیعی هوا، مقدار افزایش درجه حرارت سیم‌پیچ و روغن بایستی به میزان یک درجه سانتی‌گراد به ازاء هر ۴۰۰ متر افزایش ارتفاع، کاهش داده شود.

۲-۵-۱- سیستم خنک‌کننده

تلفاتی که در اثر اعمال ولتاژ و بارگیری در هسته و سیم‌پیچهای راکتورهای روغنی و در سیم‌پیچهای راکتورهای خشک ایجاد می‌شود به گرما تبدیل شده و درجه حرارت را بالا می‌برد. با توجه به مشخصه گرمایی عایقهای بکاررفته در راکتور باید به کمک

omoorepeyman.ir

سیستم خنک‌کنندگی مناسب، درجه حرارت داخل راکتور را در حد مجازی که آسیبی به عایق‌ها نرسد و عایقهـا دچـار پیـری زودرس نگردند نگه داشته شود. برای نشان دادن سیستم خنک‌کنندگی، حروفی مطابق جدول (۲-۱) بکاربرده می‌شود که نشـان‌دهنـدهٔ نـوع ماده خنک‌کننده و نوع گردش آن می‌باشد.

جدول ۲-۱: انواع ماده خنک‌کننده و روشهای خنک‌کنندگی

روش گردش		نوع ماده خنک‌کننده	
نوع گردش	حروف سمبولیک	نوع ماده	حروف سمبولیک
طبیعی	N	روغن معدنی	O
مصنوعی(فن یا پمپ)	F	روغن مصنوعی	L
جهت داده شده	D	هوا	A
		گاز	G
		آب	W

معمولاً سیستم خنک‌کنندگی راکتورهای موازی از نوع ONAN می‌باشد.

۲-۵-۲- حدود مجاز افزایش درجه حرارت

حدود مجاز افزایش درجه حرارت مطابق استاندارد IEC شماره ۲-۶۰۰۷۶ مطابق جدول (۲-۲) خواهد بود.

جدول ۲-۲: حدود مجاز درجه حرارت برای قسمتهای مختلف راکتور روغنی

قسمتهای مختلف راکتور	حداکثر مجاز افزایش درجه حرارت (سانتی‌گراد)
سیم‌پیچها (عـایق کـلاس A و انـدازه‌گیـری بـا روش مقاومت)	۶۵ درجه برای سیستم خنک‌کنندگی غیر از ODAF ۷۰ درجه برای سیستم خنک‌کنندگی ODAF
روغن قسمت بالا[1]	۶۰ درجه
هسته، قسمتهای فلزی و سایر قسمتها	تاحدی که به هسته و سایر قسمتها آسیبی نرسد

۲-۶- بوشینگها

سطوح عایقی بوشینگها در بخش (۲-۴) ارائه شده است. استاندارد IEC شماره ۶۰۱۳۷ مقادیر نامی ولتـاژ و جریـان بوشـینگها را ارائه داده که بایستی در مرحلهٔ انتخاب، این مقادیر مطابق با آن انتخاب شوند. طول فاصلهٔ خزشی [2] مطـابق بـا رابطـهٔ (۲-۲) تعیـین می‌شود:

$$\text{طول فاصلهٔ خزشی} = d_{cs}(mm/kv) \times U_m(kV) \qquad (۲-۲)$$

در این رابطه d_{cs} حداقل فاصلهٔ خزشی ویژه است که با توجه به سطح آلودگی منطقه و به کمک جدول (۲-۳) تعیین می‌گردد.

omoorepeyman.ir

1 . Top oil
2. Creepage distance

جدول ۲-۳: تعیین حداقل فاصلهٔ خزشی ویژه (d_{cs})

سطح آلودگی	حداقل فاصلهٔ خزشی ویژه mm /kV
سبک I	۱۶
متوسط II	۲۰
سنگین III	۲۵
خیلی سنگین IV	۳۱

جهت مشخص‌نمودن سطح آلودگی مناطق مختلف کشور می‌توان به گزارش "طبقه‌بندی شرایط اقلیمی و آلودگی" از سری همین استانداردها رجوع نمود. U_m حداکثر ولتاژ سیستم است که برای ۴۰۰ کیلوولت برابر ۴۲۰ و برای ۲۳۰ کیلوولت برابر ۲۴۵ خواهد بود.

۲-۷- نمونه‌ای از طراحی و انتخاب مشخصه‌های راکتور

هدف از این بخش ارائه مثالی عددی جهت آشنایی با نحوه تعیین پارامترهای راکتور موازی می‌باشد. همانطور که قبلاً گفته شد مقدار توان نامی راکتور و محل اتصال آن به کمک مطالعات سیستم تعیین می‌شود.

۲-۷-۱- مشخصات و ویژگیهای شبکه و سیستم

- ولتاژ نامی :۴۰۰ کیلوولت
- فرکانس نامی: ۵۰ هرتز
- تعداد فاز :۳
- قدرت اتصال کوتاه : ۵۰ کیلو آمپر
- توان نامی راکتور :۵۰ مگاوار
- نحوه زمین‌کردن نوترال راکتور: نوترال از طریق یک راکتور نوترال زمین شده است.

۲-۷-۲- مشخصات محیطی و شرایط اقلیمی محل نصب

- حداکثر درجه حرارت: ۴۵ درجه
- حداکثر متوسط روزانه درجه حرارت: ۳۲ درجه
- حداکثر متوسط سالیانه درجه حرارت: ۲۵ درجه
- حداقل درجه حرارت : ۲۵- درجه
- ارتفاع از سطح دریا : ۱۵۰۰ متر
- میزان آلودگی : سنگین

omoorepeyman.ir

۲-۷-۳- پارامترها و مشخصه‌های طراحی و انتخاب راکتور

- نوع راکتور:

با توجه به اینکه راکتور مستقیماً به خط ۴۰۰ کیلوولت متصل می‌شود لذا حتماً بایستی از نوع روغنی باشد.

- ولتاژ نامی:

ولتاژ نامی راکتور با توجه به ولتاژ سیستم ۴۰۰ کیلوولت خواهد بود.

- جریان نامی:

با توجه به توان راکتور، جریان آن به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3}V} = \frac{50000}{\sqrt{3}\times 400} = 72.2$$ آمپر

- امپدانس راکتور

مقدار امپدانس راکتور بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$Z = \frac{400\times 10^3}{\sqrt{3}\times 72.2} = 3197 \approx 3200$$ اهم بر فاز

- سطوح عایقی:

با توجه به اینکه نوترال راکتور مستقیماً زمین‌شده نیست، مقادیر سطوح عایقی نوترال به کمک مطالعات سیستم بایستی تعیین گردد.

الف- سطوح عایقی سیم‌پیچ:

با توجه به مطالعات هماهنگی عایقی:

ولتاژ تحمل در مقابل موج صاعقه: برای ترمینال فشارقوی ۱۳۰۰ کیلوولت و برای نوترال ۵۵۰ کیلوولت

تحمل ولتاژ با فرکانس قدرت: برای ترمینال فشارقوی ۵۷۰ کیلوولت و برای نوترال ۲۳۰ کیلوولت

ولتاژ تحمل در مقابل موج کلیدزنی: برای ترمینال فشارقوی ۹۵۰ کیلوولت.

ب- سطوح عایقی بوشینگها:

همانطور که گفته شد سطح عایقی بوشینگها را معمولاً یک مرتبه بالاتر از سطح عایقی سیم‌پیچ درنظر می‌گیرند. به این ترتیب:

- ولتاژ تحمل در مقابل موج صاعقه :

ترمینال فشارقوی =۱۴۲۵ KV

نوترال = ۶۳۰ KV

- تحمل ولتاژ با فرکانس قدرت:

ترمینال فشارقوی = ۶۳۰ KV

نوترال = ۲۷۵ KV

- - ولتاژ تحمل در مقابل موج کلیدزنی:

omoorepeyman.ir

۱۱۷۵ KV = ترمینال فشارقوی

- کمترین فاصلهٔ خزشی :

کمترین فاصلهٔ خزشی بوشینگ با توجه به آلودگی محیط نصب تعیین می‌گردد (مطابق نشریه طبقه بندی شرایط اقلیمی):

۴۲۰×۲۵=۱۰۵۵ mm = ترمینال فشارقوی

انتخاب فواصل هوائی و آزاد بین ترمینال بوشینگ‌های فشارقوی از نقاط فلزی مطابق با نشریه " مشخصات فنی، عمومی و اجرایی ترانسفورماتورهای قدرت در پست‌های فشارقوی" صورت می‌گیرد.

- **میزان افزایش مجاز درجه حرارت سیم‌پیچ و روغن**

با توجه به اینکه درجه حرارت محیط نصب (۴۵ درجه) به میزان ۵ درجه بیشتر از شرایط استاندارد است لذا مقادیر مجاز افزایش درجه حرارت بایستی به همین مقدار کاهش داده شوند:

حداکثر افزایش درجه حرارت سیم‌پیچ : ۶۵–۵=۶۰ °C

حداکثر افزایش حرارت روغن بالای راکتور : ۶۰–۵=۵۵ °C

از طرف دیگر مقدار افزایش درجه حرارت روغن و سیم‌پیچ به علت بالابودن ارتفاع جغرافیایی محل نصب (۱۵۰۰ متر) بایستی به میزان ۲ درجه سانتی‌گراد کاهش داده شود. بنابراین:

حداکثر افزایش درجه حرارت سیم‌پیچ : ۶۰–۲=۵۸ °C

حداکثر افزایش حرارت روغن بالای راکتور : ۵۵–۲=۵۳ °C

۲-۸- مطالعه یک نمونه واقعی [۲۲]

بعنوان یک نمونه میزان راکتور مورد نیاز برای خط ۴۰۰ کیلوولت شازند– وردآورد کرج از سمت پست ۴۰۰ کیلوولت شازند که در سالهای آتی وارد شبکه می‌گردد محاسبه شده است. بدین منظور برای محدود کردن اثر فرانتی همچنین وجود وضعیت مناسب ولتاژها برای کلیه شینه‌ها در حداقل و حداکثر بار بدست آمده مطالعات مشروحه زیر صورت گرفته است.

۱- حداقل بار سال ۱۳۹۰، وضعیت شبکه عادی

۲- حداقل بار سال ۱۳۹۰، خروج خط وردآورد– شازند از سمت پست شازند

۳- حداقل بار سال ۱۳۹۰، خروج خط وردآورد– شازند از سمت پست شازند، نصب ۵۰ مگاوار راکتور سرخط در سمت پست شازند

۴- حداقل بار سال ۱۳۹۰، خروج خط وردآورد– شازند از سمت پست وردآورد، نصب ۵۰ مگاوار راکتور سر خط در سمت پست شازند

۵- حداقل بار سال ۱۳۹۰، خروج خط وردآورد– شازند از سمت پست وردآورد، نصب ۵۰ مگاوار راکتور سر خط در سمت پست شازند

۶- حداقل بار سال ۱۳۹۰، خروج خط وردآورد– شازند– از سمت پست وردآورد، نصب ۱۰۰ مگاوار راکتور در پست شازند

omoorepeyman.ir

۷- حداقل بار سال ۱۳۹۰، خروج خط وردآورد- شازند- از سمت پست وردآورد، نصب ۱۵۰ مگاوار راکتور در پست شازند

۸- حداکثر بار سال ۱۳۹۰، نصب ۱۵۰ مگاوار راکتور در پست شازند

۹- حداکثر بار سال ۱۳۹۰، نصب ۱۰۰ مگاوار راکتور در پست شازند

۱۰- حداکثر بار سال ۱۳۹۰، نصب ۱۵۰ مگاوار راکتور در پست شازند

جدول ۲-۴ ولتاژ شینه‌های شازند، شازند باز، وردآورد و وردآورد باز را در ۱۰ حالت بالا نشان می‌دهد.

دیاگرام‌های تک خطی و مطالعات پخش بار در ادامه آمده است.

جدول ۲-٤: ولتاژ شینه‌های شازند و وردآورد در حالات مختلف

	شازند	شازند باز	وردآورد	وردآورد باز
۱	۱/۰۳۹	–	۱/۰۰۹	–
۲	۱/۰۳۷	۱/۰۵۷	۱/۰۱	–
۳	۱/۰۴۴	–	۰/۰۹۹۲	۱/۰۶۵
۴	۱/۰۳۶	۱/۰۲۸	۱/۰۰۸	–
۵	۱/۰۴	–	۰/۹۹۲	۱/۰۶
۶	۱/۰۳۵	–	۰/۹۹۲	۱/۰۵۶
۷	۱/۰۳	–	۰/۹۹۱	۱/۰۵۱
۸	۱/۰۱۴	–	۰/۹۸۹	–
۹	۱/۰۱۸	–	۰/۹۹	–
۱۰	۱/۰۲۱	–	۰/۹۹	–

مطابق جدول فوق و دیاگرام‌های ضمیمه می‌توان به نتایج زیر دست یافت:

۱. در حالت حداقل بار و بدون راکتور در پست شازند اضافه ولتاژ دائمی وجود نخواهد داشت.

۲. در حالت حداقل بار و بدون راکتور در پست شازند در حالت باز بودن خط شازند- وردآورد از سر پست شازند ولتاژ خط از سمت شازند به مقدار ۱،۰۵۷ پریونت می‌رسد که بیش از حد مجاز می‌باشد.

۳. در حالت حداقل بار و بدون راکتور در پست شازند در حالت باز بودن خط شازند- وردآورد از سر پست وردآورد ولتاژ خط از سمت وردآورد به مقدار ۱،۰۶۵ پریونت می‌رسد که بیش از حد مجاز می‌باشد.

۴. در حالت حداقل بار و با فرض ۵۰ مگاوار راکتور در سر خط سمت پست شازند، در حالت باز بودن خط شازند- وردآورد از سر پست شازند ولتاژ خط از سمت شازند به مقدار ۱،۰۲۸ پریونت می‌رسد که در حد مجاز می‌باشد.

۵. در حالت حداقل بار و با فرض ۵۰ مگاوار راکتور در سر خط سمت پست شازند، در حالت باز بودن خط شازند- وردآورد از سر پست شازند ولتاژ خط از سمت شازند به مقدار ۱،۰۶ پریونت می‌رسد که در حد مجاز می‌باشد.

omoorepeyman.ir

۶. در حالت حداقل بار و با فرض ۱۰۰ مگاوار راکتور در پست شازند، در حالت باز بودن خط شازند- وردآورد از سر پست وردآورد ولتاژ خط از سمت وردآورد به مقدار ۱,۰۵۶ پریونت می‌رسد که در حد مجاز می‌باشد.

۷. با توجه به شکل ۱۶ مشاهده می‌شود در حالت حداقل بار و با فرض ۱۵۰ مگاوار راکتور در پست شازند، در حالت باز بودن خط شازند- وردآورد از سر پست وردآورد ولتاژ خط از سمت وردآورد به مقدار ۱,۰۵۱ پریونت می‌رسد که در مرز محدوده مجاز می‌باشد.

۸. در حالت حداکثر بار و با فرض ۱۵۰ مگاوار راکتور در پست شازند، در وضعیت عادی ولتاژ کلیه شینه‌ها در حد مجاز می‌باشد.

۹. در حالت حداکثر بار و با فرض ۱۰۰ مگاوار راکتور در پست شازند، در وضعیت عادی ولتاژ کلیه شینه‌ها در حد مجاز می‌باشد.

۱۰. در حالت حداکثر بار و با فرض ۵۰ مگاوار راکتور در پست شازند، در وضعیت عادی ولتاژ کلیه شینه‌ها در حد مجاز می‌باشد.

با توجه به موارد ارائه شده در بندهای ۱ تا ۱۰ نتیجه‌گیری مطالعات پخش بار لزوم ۵۰ مگاوار راکتور سر خط وردآورد- شازند در پست شازند تصریح می‌گردد. همچنین مقدار ۵۰ مگاوار راکتور بر سر خطوط دیگر متصل به پست شازند همانند خط شازند- گتوند با توجه به بلند بودن آن نسبت به بقیه خطوط پیشنهاد می گردد. همچنین مقدار دو راکتور ۲۵ مگاوار در سیم‌پیچ سوم ترانسفورماتورهای پست ۲۳۰/۴۰۰ کیلوولت شازند و یا نصب ۵۰ مگاوار راکتور قابل قطع و وصل روی شینه ۴۰۰ کیلوولت پیشنهاد می‌گردد.

omoorepeyman.ir

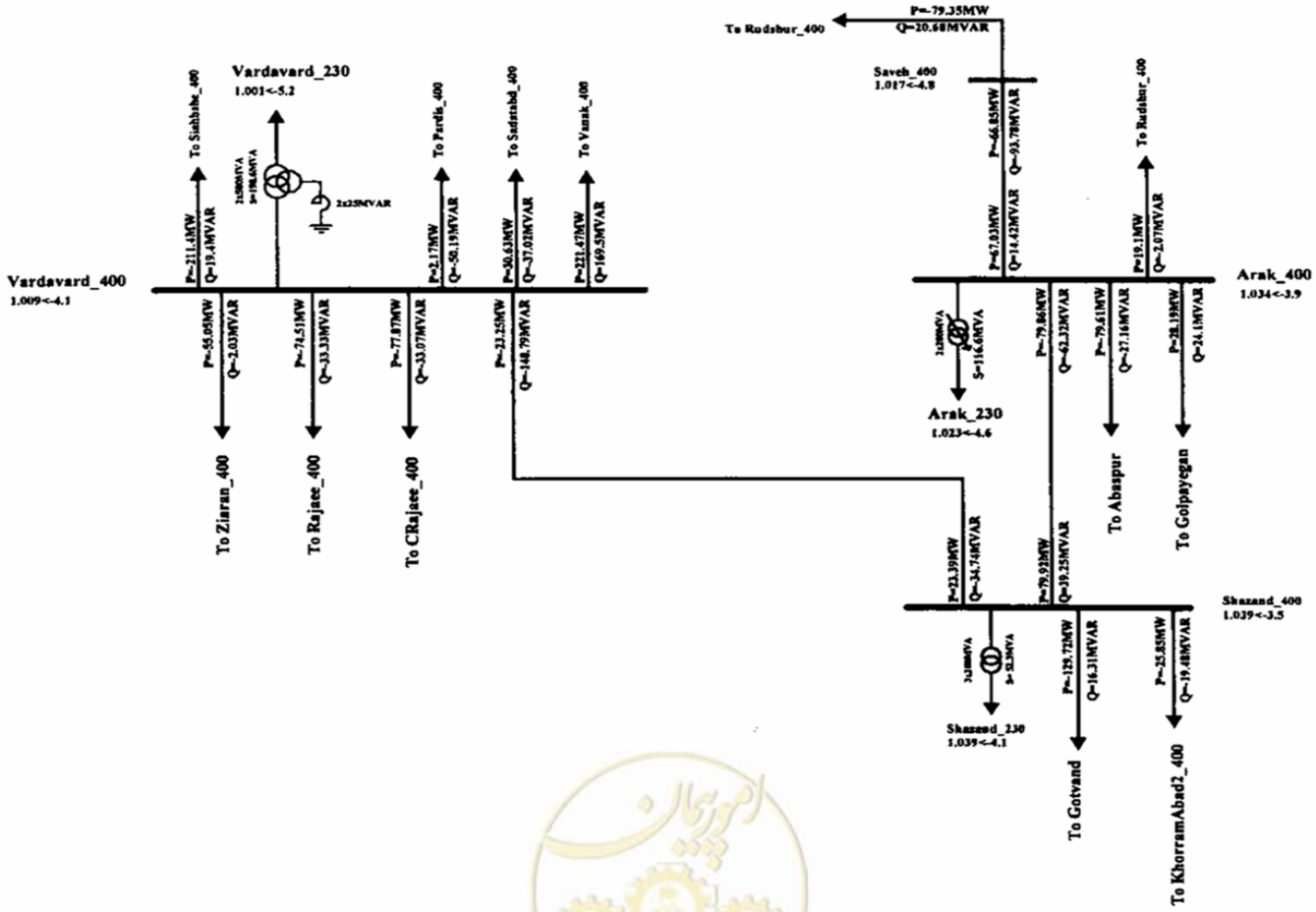


Fig. 1 - Power Flow Studies for Minimum Load 1390
Normal State - PU

omoorepeyman.ir

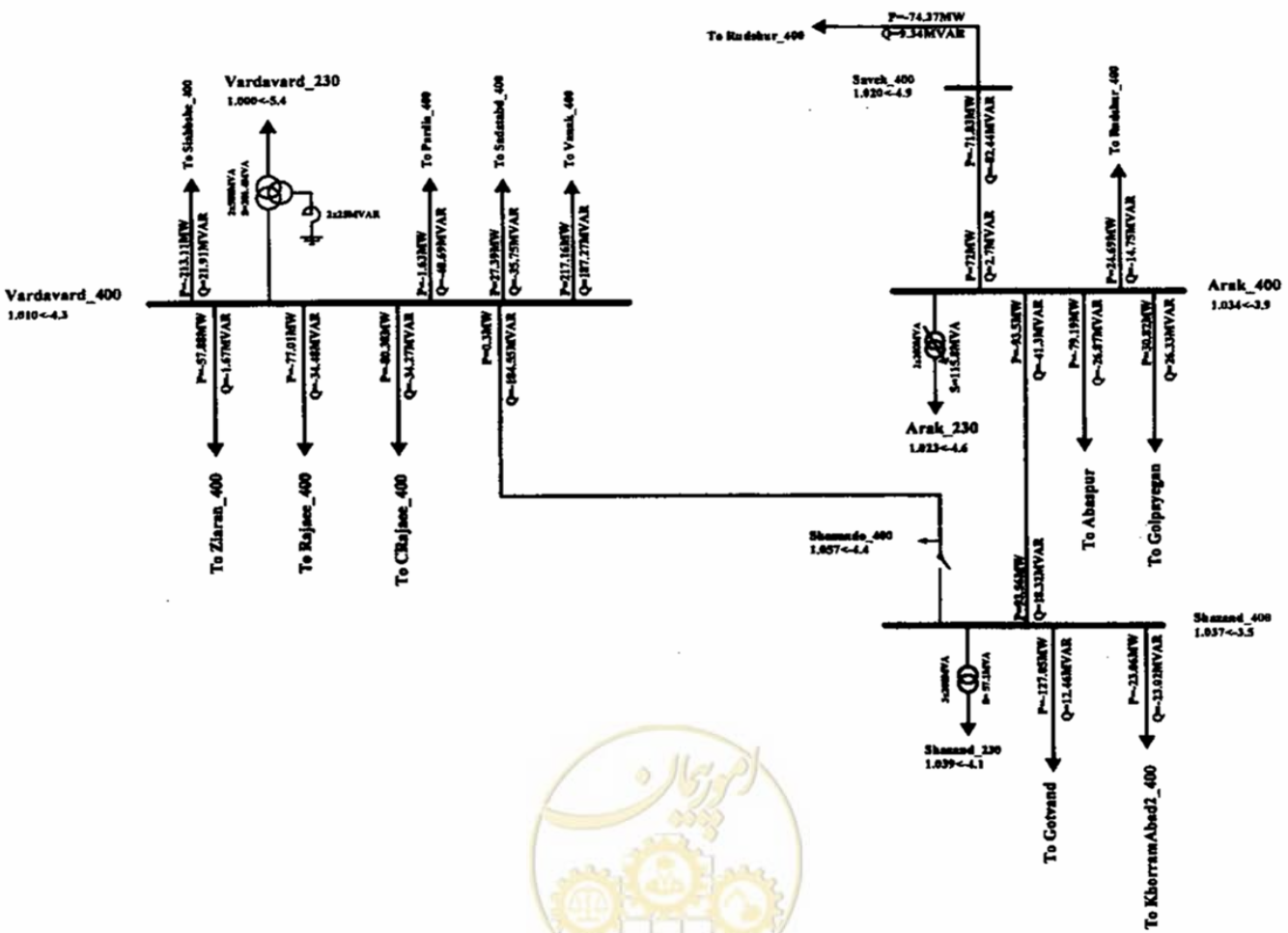


Fig. 2 - Power Flow Studies for Minimum Load 1390
Outage of Shazand-Vardavard, Shazand Side - PU

omoorepeyman.ir

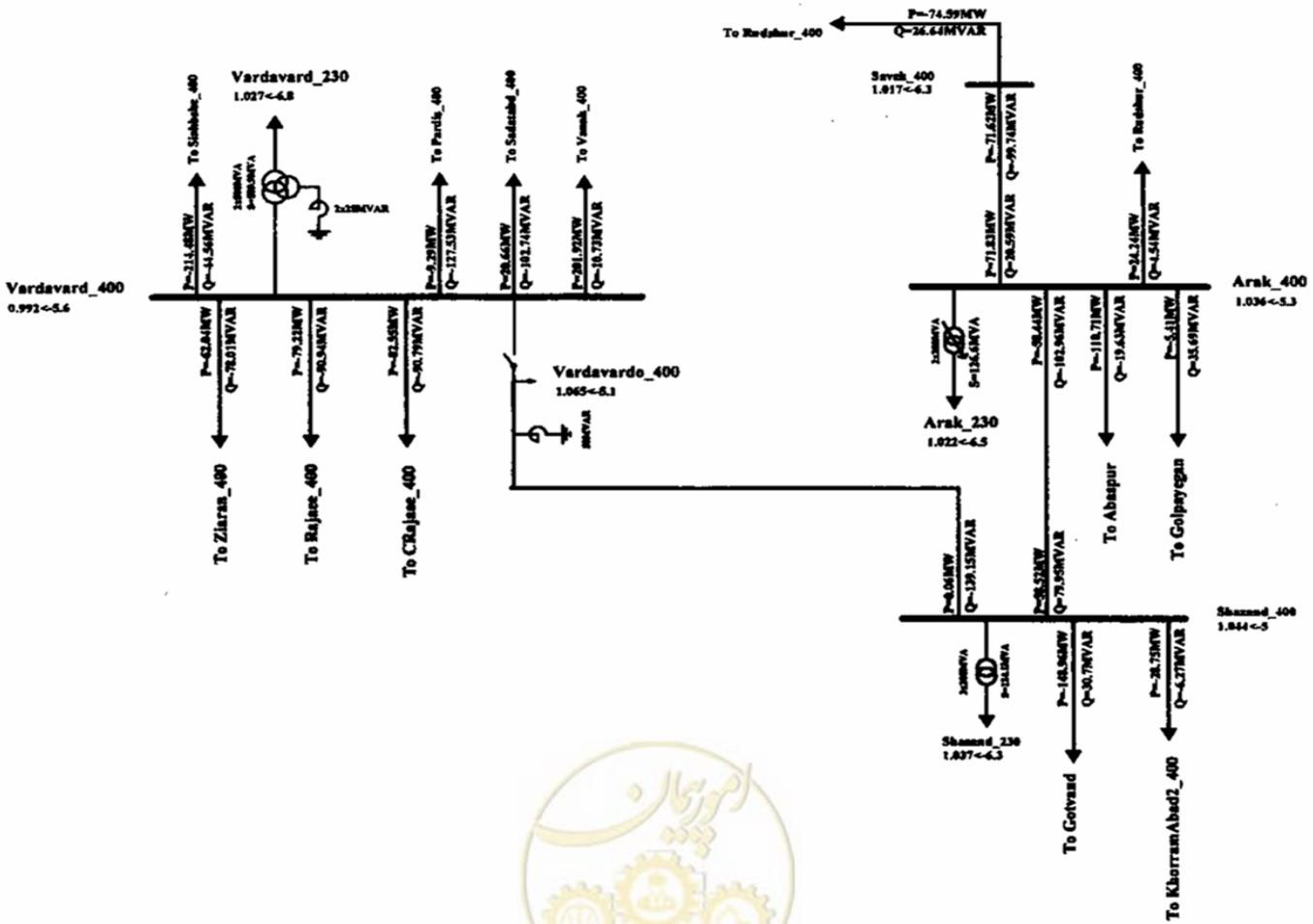


Fig. 3 - Power Flow Studies for Minimum Load 1390 Outage of Shazand-Vardavard, Vardavard Side - PU

omoorepeyman.ir

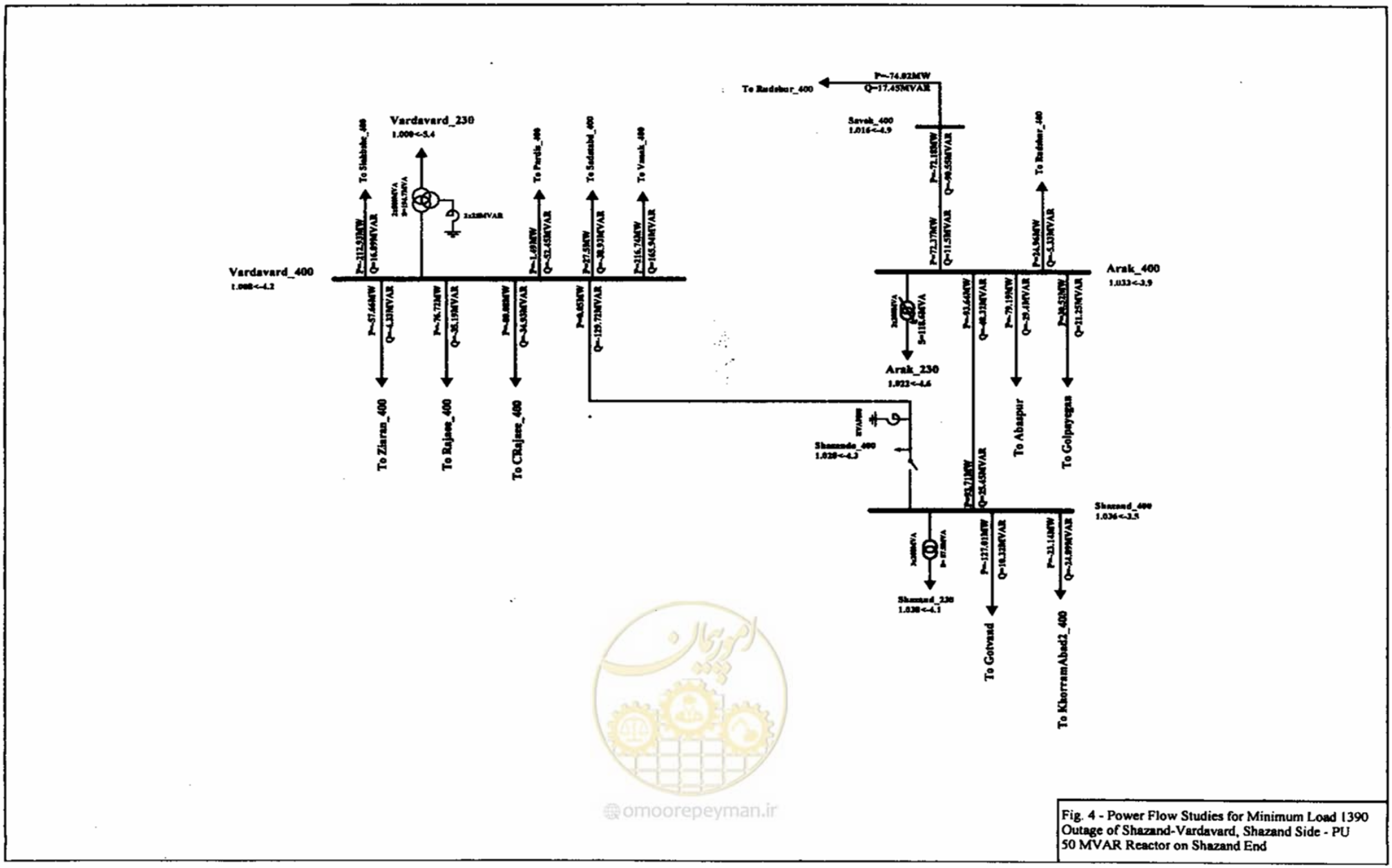


Fig. 4 - Power Flow Studies for Minimum Load 1390
Outage of Shazand-Vardavard, Shazand Side - PU
50 MVAR Reactor on Shazand End

omoorepeyman.ir

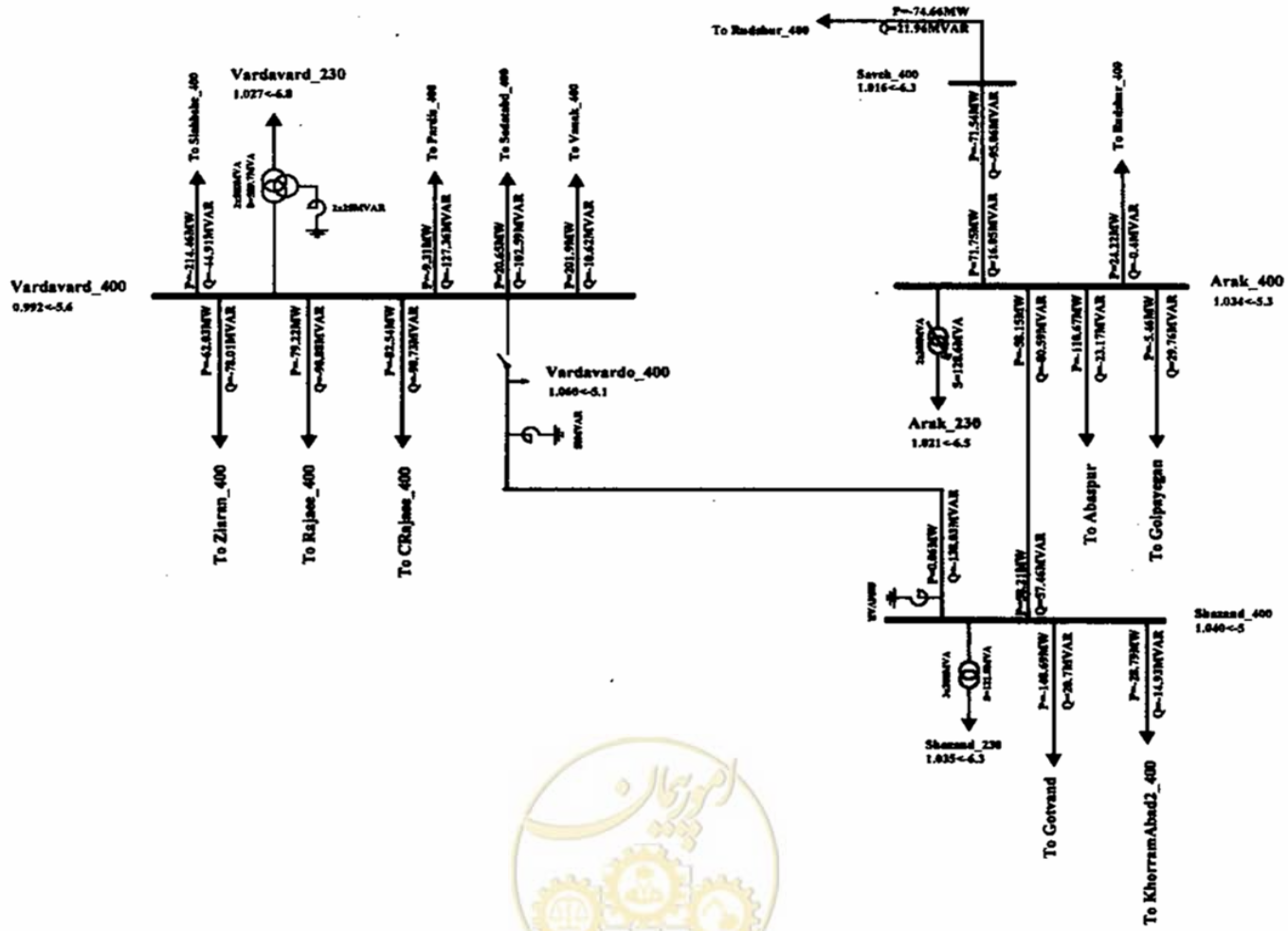


Fig. 5 - Power Flow Studies for Minimum Load 1390 Outage of Shazand-Vardavard, Vardavard Side - PU 50 MVAR Reactor in Shazand Subsatation

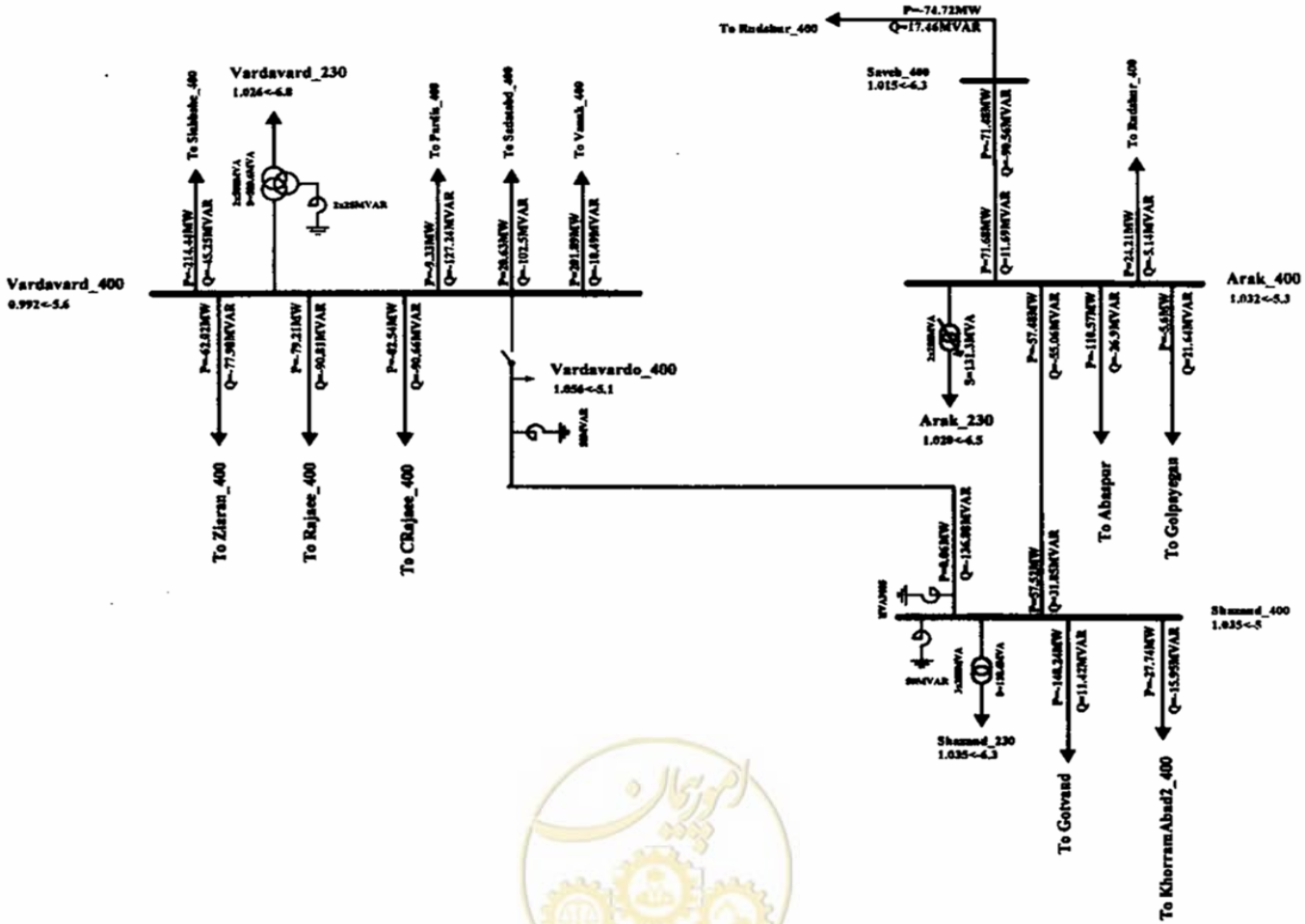


Fig. 6 - Power Flow Studies for Minimum Load 1390 Outage of Shazand-Vardavard, Vardavard Side - PU 100 MVAR Reactor in Shazand Subsatation

omoorepeyman.ir

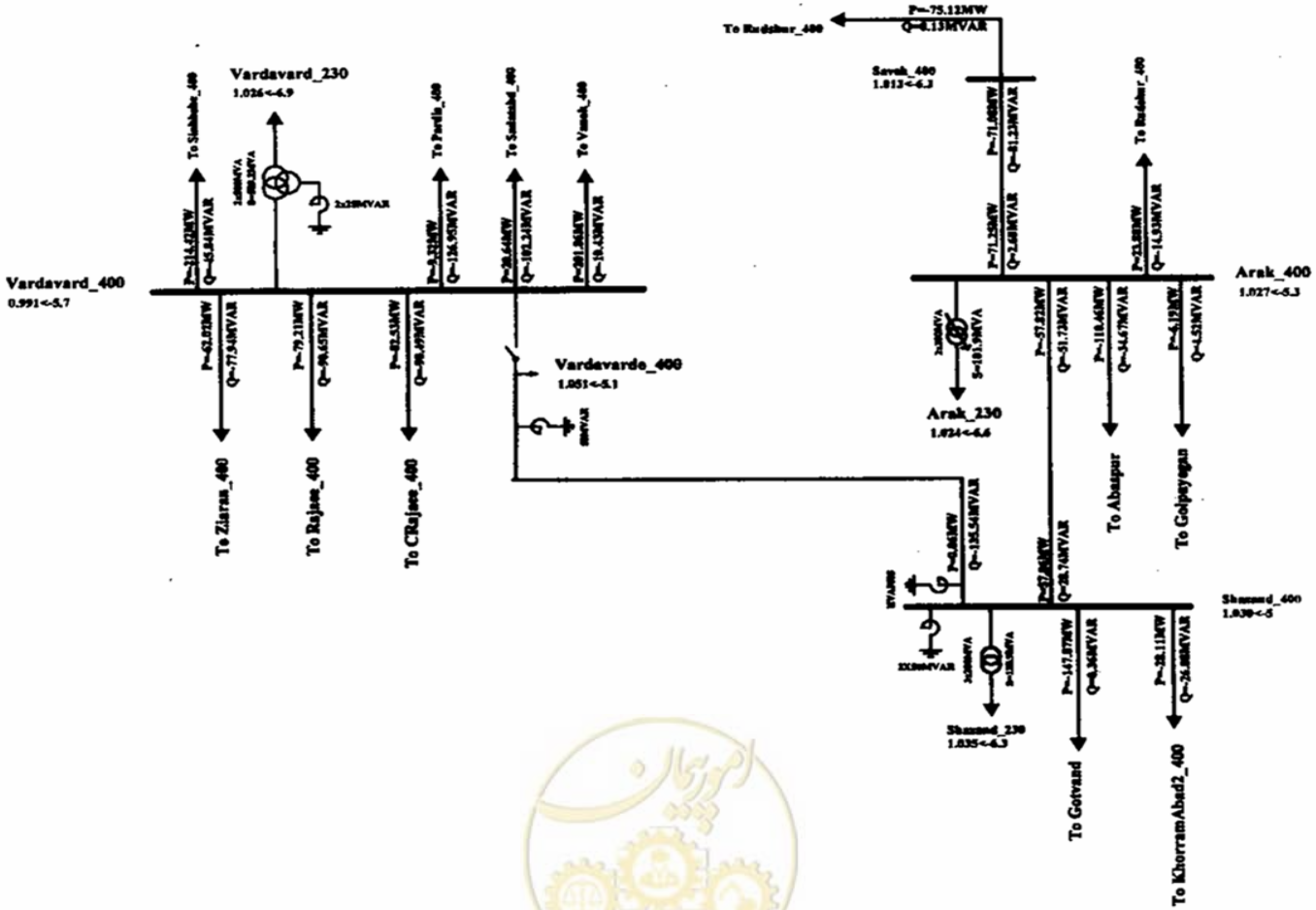


Fig. 7 - Power Flow Studies for Minimum Load 1390 Outage of Shazand-Vardavard, Vardavard Side - PU 150 MVAR Reactor in Shazand Subsatation

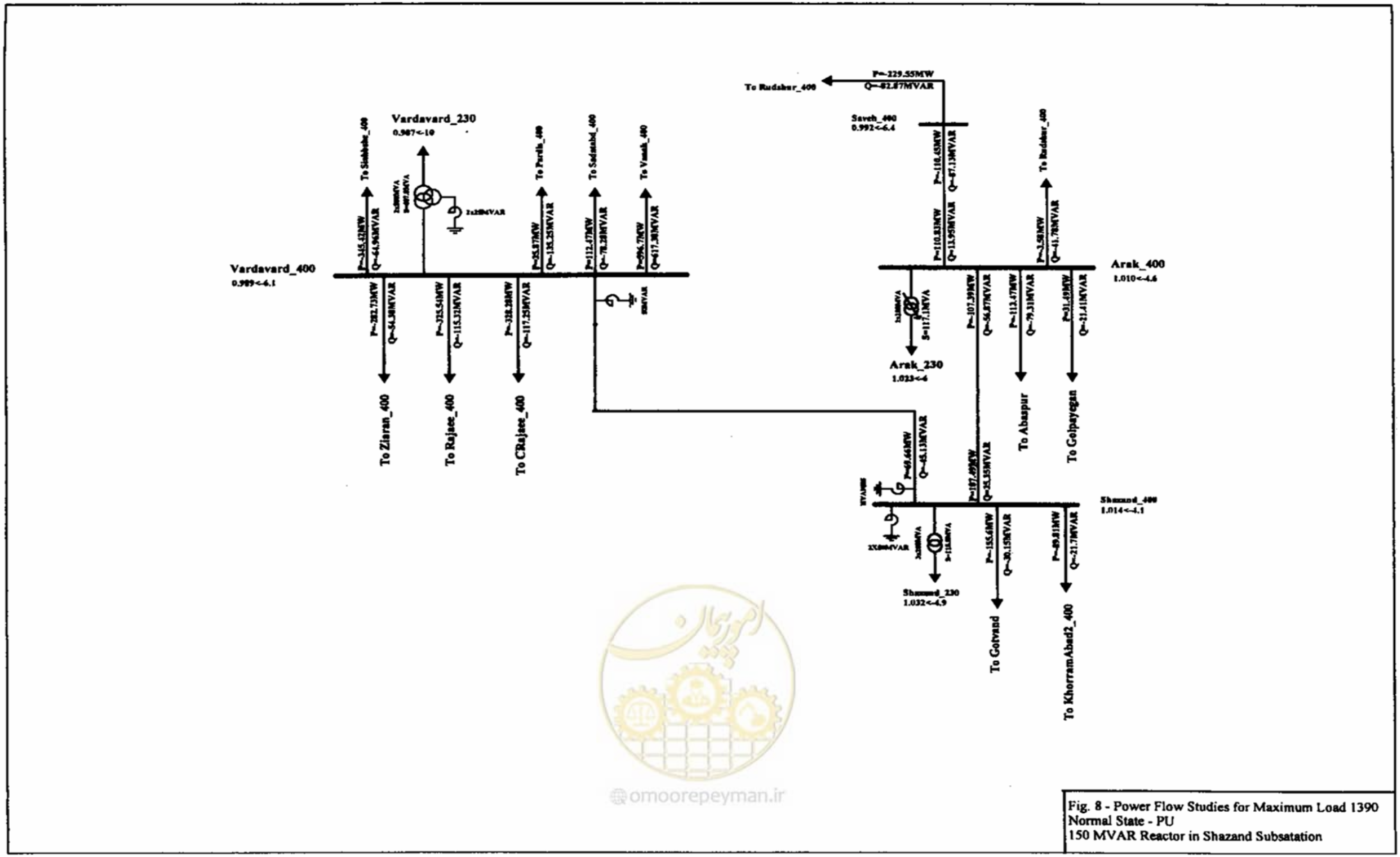


Fig. 8 - Power Flow Studies for Maximum Load 1390
Normal State - PU
150 MVAR Reactor in Shazand Subsatation

omoorepeyman.ir

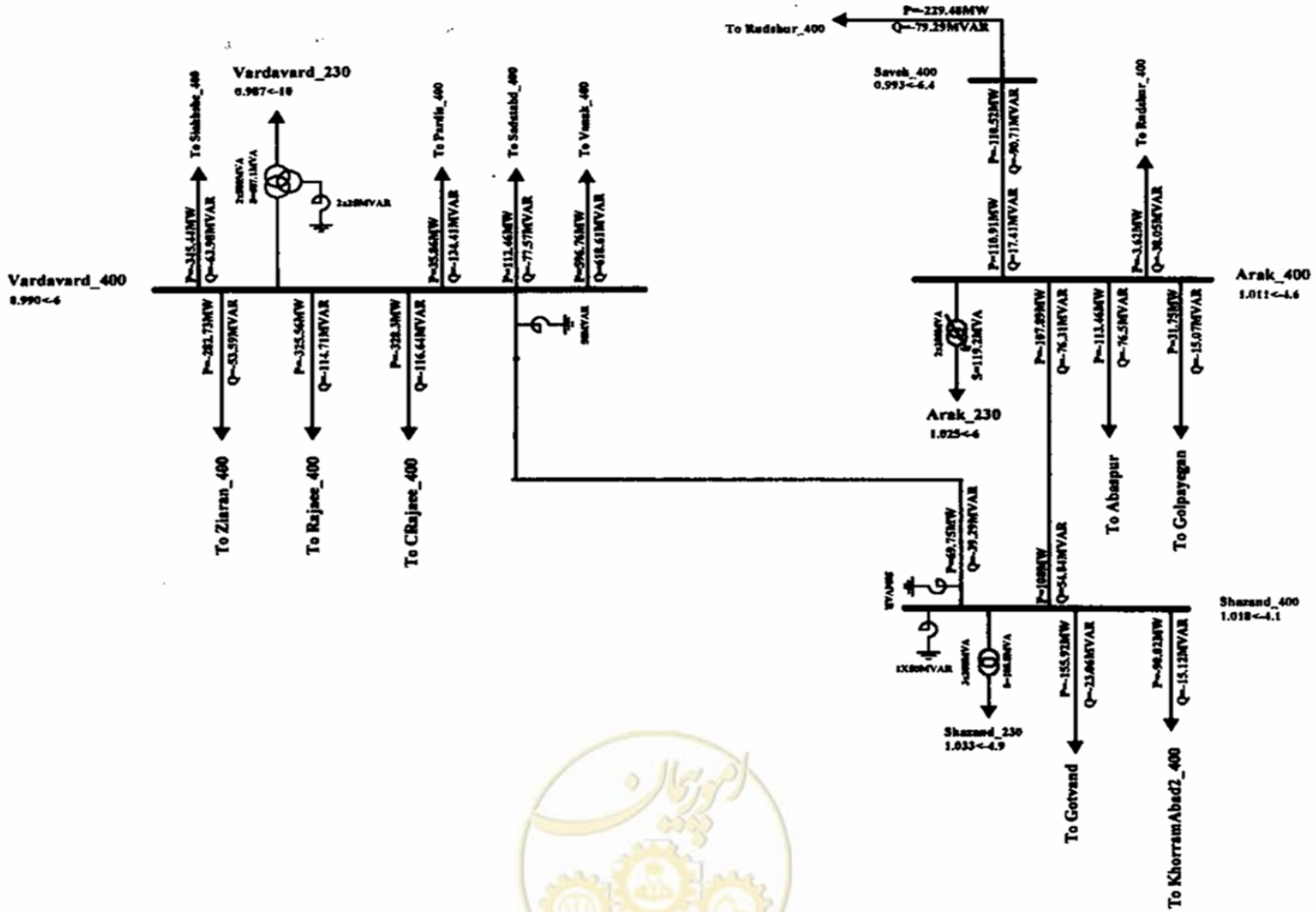


Fig. 9 - Power Flow Studies for Maximum Load 1390
Normal State - PU
100 MVAR Reactor in Shazand Subsatation

omoorepeyman.ir

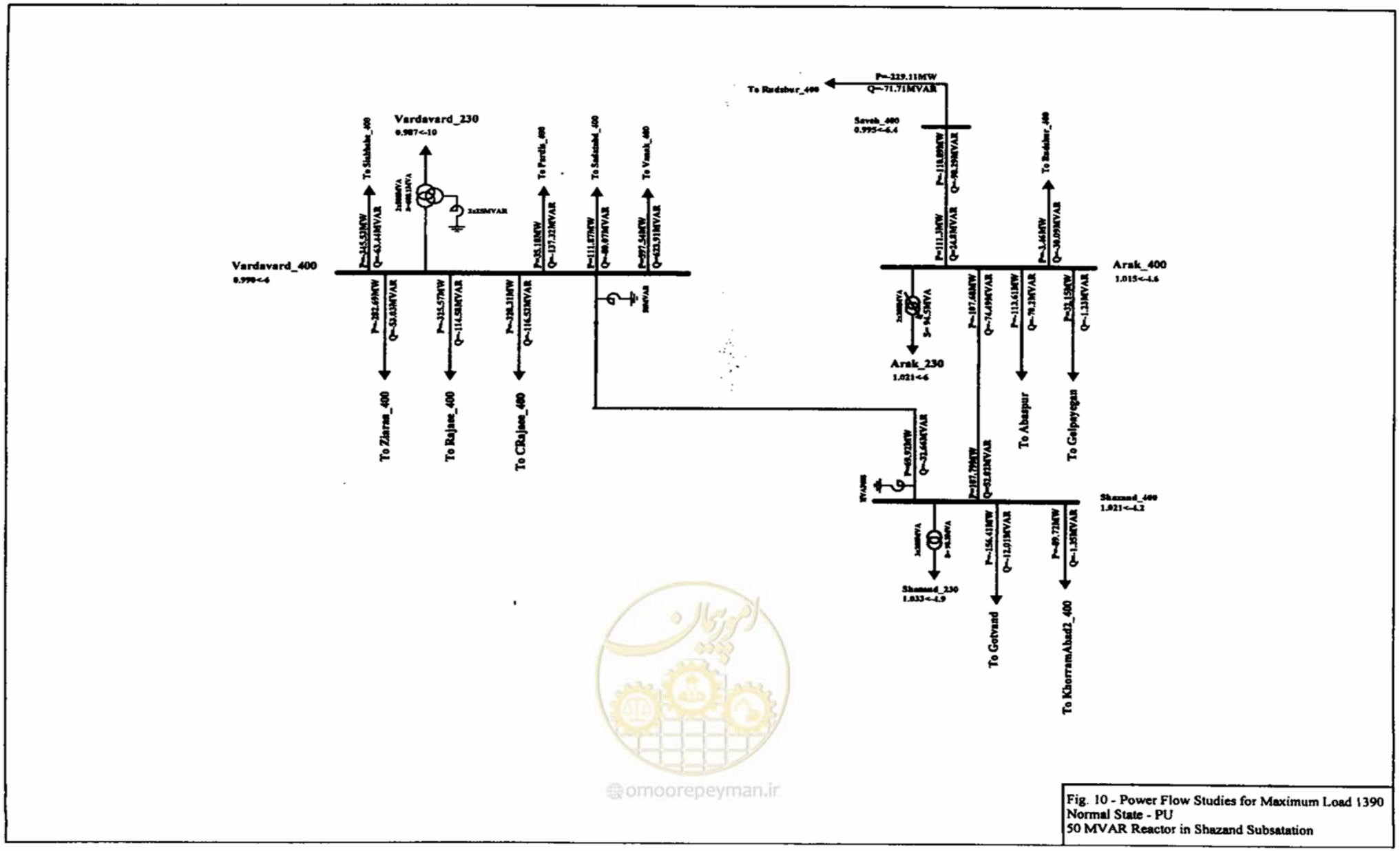


Fig. 10 - Power Flow Studies for Maximum Load 1390
Normal State - PU
50 MVAR Reactor in Shazand Subsatation

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

مقدمه

در این فصل آزمونهای مربوط به راکتورهای موازی آورده شده است. بسیاری از این آزمونها بـه دلیـل یکسـان بـودن بـا آزمـون ترانسفورماتور به نشریه مربوطه ارجاع داده شده‌اند.

۳-۱- شرایط عمومی

آزمونها بایستی دردمای محیطی ۱۰ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد انجام گیرد. کلیه وسایل جانبی که ممکـن اسـت در کـارایی آزمونهـا تأثیر داشته باشند بایستی به راکتور ملحق شوند. تپ راکتور (درصورت وجود) بایستی در مقدار پایه خود گرفته باشـد مگـر در آزمـون خاصی که غیر از آن خواسته شود.

۳-۲- آزمونهای جاری[1]

۳-۲-۱- اندازه‌گیری مقاومت سیم‌پیچی

این آزمون مطابق با آزمون مشابه آن که در نشریه " مشخصات فنی و عمومی و اجرایی ترانسـفورماتورهای قـدرت در پسـتهای فشار قوی" آمده است انجام می‌گیرد.

۳-۲-۲- اندازه‌گیری راکتانس

راکتانس راکتور برابر نسبت ولتاژ نامی به جریان اندازه‌گیری شده (مقدار موثر) است با این فرض که بخش مقاومتی امپدانس قابل صرفنظرکردن باشد. راکتانس بایستی در فرکانس نامی و با اعمال ولتاژ با شکل موج تقریبی سینوسی اندازه‌گیری شود. ولتـاژ اعمـالی بایستی متقارن باشد و راکتانس از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$X_r = \frac{\text{ولتاژ خط به خط اعمال‌شده}}{\sqrt{3} \times \text{متوسط جریان خط اندازه‌گیری‌شده}} \qquad (۱-۳)$$

برای راکتورهای سه فازی که مسیر فلزی مغناطیسی جهت عبور مؤلفه صفر شار دارند، لازم است اندازه‌گیری راکتـانس بصـورت تکفاز نیز انجام گیرد. ولتاژ آزمون می‌تواند به یکی از دو حالت زیر انتخاب گردد:

- برای راکتورهایی که نه هسته با فاصله هوایی دارند و نه از نظر مغناطیسی حفاظت شده‌اند، انـدازه‌گیـری مـی‌توانـد در هـر ولتاژی بین ۱۰ تا ۱۰۰ درصد ولتاژ نامی انجام شود.
- برای راکتورهای با هسته دارای فاصله هوایی و یا حفاظت‌شده از نظر مغناطیسی، اندازه‌گیری بایستی در ولتاژ نـامی انجـام شود. در موارد استثنائی مثلاً ولتاژهای خیلی بالا و یا توان نامی بسیار بالا، این شرایط آزمون مشکل خواهد بود. در اینگونه

1 . Routine tests

omoorepeyman.ir

موارد می‌توان ولتاژ آزمون را حداکثر تا ۹۰ درصد ولتاژ نامی کاهش داد و در چند نقطه بین ۹۰ درصد ولتاژ نامی تا ولتاژ نامی اندازه‌گیری و سپس مقدار نامی را تقریب زد.

۳-۲-۳- اندازه‌گیری تلفات

تلفات بایستی در ولتاژ و فرکانس نامی اندازه‌گیری شود. ولتاژ بایستی توسط ولتمتری اندازه‌گیری شود که به مقدار میانگین ولتاژ پاسخ می‌دهد اما درجه‌بندی آن طوریست که مقدار مؤثر موج سینوسی با همان مقدار میانگین را قرائت می‌کند.

درموارد خاص، مانند راکتور با توان نامی بسیار بالا و یا ولتاژ بالا، ایجاد شرایط نامی مشکل خواهد بود. در این موارد مقدار تلفات اندازه‌گیری شده در ولتاژ کاهش یافته، بایستی در توان دوم نسبت جریان نامی به جریان اندازه‌گیری شده ضرب شود. روش اندازه‌گیری تلفات با توافق سازنده و خریدار تعیین می‌شود. از آنجا که ضریب توان راکتور بسیار پایین است، روشهای اندازه‌گیری متداول تلفات با خطای زیادی همراه خواهند بود. روش پل دراین حالت می‌تواند روش مناسبی باشد و در مواردخاص می‌توان از روش کالری‌متری نیز استفاده کرد.

تلفات در بخشهای مختلف راکتور (تلفات مسی، هسته و غیره) در آزمایش قابل تفکیک نیستند. به همین دلیل ترجیح داده می‌شود که آزمایش زمانی انجام شود که دمای میانگین سیم‌پیچ همان دمای مرجع باشد.

۳-۲-٤- آزمونهای عایقی

۳-۲-٤-۱- آزمون تحمل ولتاژ با منبع مجزا [1]

این آزمون مطابق با آزمون مشابه آن که در نشریه "مشخصات فنی و عمومی و اجرایی ترانسفورماتورهای قدرت در پستهای فشارقوی" آمده است انجام می‌شود.

۳-۲-٤-۲- آزمون تحمل اضافه ولتاژ القایی [2]

در صورتیکه راکتور دارای سیم‌پیچ ثانویه باشد، این آزمون مطابق با آزمون مشابه آن که در نشریه " مشخصات فنی و عمومی و اجرایی ترانسفورماتورهای قدرت در پستهای فشار قوی" آمده است انجام می‌شود. بسته به نوع عایق‌بندی (یکنواخت و یا کاهش داده شده)، ولتاژ آزمون اعمالی متفاوت خواهد بود. اگر انجام آزمون با مشکلاتی همراه باشد می‌توان به جای آن آزمون موج ضربه صاعقه را انجام داد.

۳-۲-٤-۳- آزمون موج صاعقه [3]

این آزمون مطابق با آزمون مشابه آن که در نشریه "مشخصات فنی و عمومی و اجرایی ترانسفورماتورهای قدرت در پستهای فشارقوی" آمده است انجام می‌شود.

omoorepeyman.ir

1 . Separate – source voltage withstand test
2 . Induced over voltage withstand test
3 . Lightning impulse test

۳-۲-٤-٤- آزمون موج کلیدزنی[1]

این آزمون مطابق با آزمون مشابه آن که در نشریه" مشخصات فنی و عمومی و اجرایی ترانسفورماتورهای قدرت در پستهای فشارقوی" آمده است انجام می‌شود.

۳-۲-٤-٥- آزمون اندازه‌گیری نسبت ولتاژ و امپدانس اتصال کوتاه روی راکتور با بارگذاری اضافی روی سیم‌پیچ

این آزمون تنها برروی راکتورهای موازی که دارای سیم‌پیچ دوم هستند و مطابق با آزمون مشابه آن که در نشریه " مشخصات فنی و عمومی و اجرایی ترانسفورماتورهای قدرت در پستهای فشارقوی" آمده است انجام می‌شود.

۳-۳- آزمونهای نوعی[2]

۳-۳-۱- آزمون افزایش درجه حرارت[3]

این آزمون بایستی در فرکانس نامی و در حداکثر ولتاژ عملکرد انجام شود. درصورتیکه نتوان به این ولتاژ رسید بایستی در ولتاژی کمتر که از ۹۰ درصد حداکثر ولتاژ عملکردکمتر نباشد، آزمون انجام شود.

این آزمون مطابق با آزمون مشابه آن که در نشریه "مشخصات فنی وعمومی و اجرایی ترانسفورماتورهای قدرت در پستهای فشارقوی" آمده است انجام می‌شود.

۳-۳-۲- آزمونهای عایقی

این آزمونها مطابق بند (۳-۲-۴) انجام می‌شود.

۳-٤-آزمونهای ویژه[4]

۳-٤-۱-اندازه‌گیری راکتانس مؤلفه صفر بر روی راکتورهای خطی و غیرخطی سه فاز

این آزمون بایستی در ولتاژی انجام شود که بواسطه آن جریان نوترال از جریان نامی فاز بیشتر نشود.

این آزمون مطابق با آزمون مشابه آن که در نشریه" مشخصات فنی و عمومی واجرایی ترانسفورماتورهای قدرت در پستهای فشارقوی" آمده است انجام می‌شود.

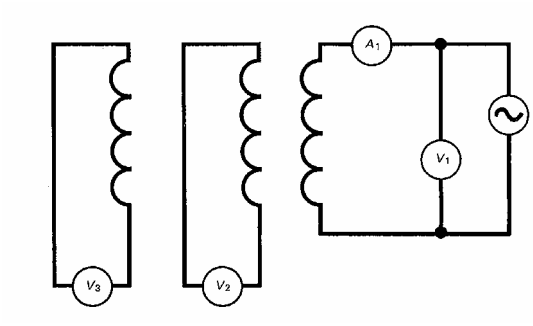
omoorepeyman.ir

1 . Switching impulse test
2 .Type test
3 . Temperature rise test
4 . Special tests

۳-٤-۲- اندازه‌گیری راکتانس متقابل[1] بین سیم‌پیچهای راکتورهای سه فاز

آزمون بایستی در ولتاژ نامی و مطابق شکل (۳-۱) انجام شود. با توجه به این شکل، برای اندازه‌گیری راکتانس متقابل بین هر فـاز و دو فاز دیگر، ولتاژ نامی را به یک فاز اعمال کرده و جریان آن فاز و ولتاژهای دو فاز دیگر را که مدار باز هستند، اندازه‌گیری می‌کنیم. مقدار راکتانس متقابل از رابطه (۳-۲) بدست می‌آید:

$$\text{راکتانس متقابل} = \frac{V_2}{A_1} = \frac{V_3}{A_1} \qquad (۳-۲)$$



شکل ۳-۱ : مدارآزمون اندازه‌گیری راکتانس متقابل

۳-٤-۳- اندازه‌گیری سطح صدا[2] براساس استاندارد IEC شماره ٦٠٥٥١

این آزمون مطابق با آزمون مشابه آن که در نشریه "مشخصات فنی و عمومی و اجرایـی ترانسـفورماتورهای قـدرت در پسـتهای فشار قوی" آمده است انجام می‌شود. برای راکتورها با توان بالا، این آزمون می‌تواند در محل نصب انجام گیرد.

۳-٤-٤- اندازه‌گیری میزان لرزش[3]

قبل از انجام آزمون موارد زیر بایستی مورد توافق قرارگیرد:

- آزمون به عنوان آزمون نوعی بر روی یک واحد انجام شود یا به عنوان آزمون جاری بر روی همه واحدها
- درصورتیکه ولتاژ نامی و حداکثر ولتاژ عملکرد متفاوت هستند، آزمون در کدامیک از این سطوح ولتاژ انجام شود.
- چگونه و کجا اندازه‌گیری بایستی انجام شود (به صورت عادی در هر چهارطرف دیوارهای تانک و در تعداد نقاطی که بتوان به کمک آن میانگین گرفت).

اندازه‌گیری بایستی برحسب دامنه پیک به پیک لرزش بیان شود و مقدار پیشنهادی حداکثر ۲۰۰ میکرومتر است.

۳-٤-۵- اندازه‌گیری هارمونیک‌های جریان

این آزمون تنها بر روی راکتورهایی که هسته قابل اشباع دارند انجام می‌شود. هارمونیکهای جریان در هرسه فاز در ولتاژ نامی بـه کمک یک تحلیلگر هارمونیکی[4] اندازه‌گیری شده و اندازه آنها بصورت درصدی از جریان مولفه اصلی [5] بیان می‌شـود. هارمونیکهـای

1 . Mutual reactance
2 . Acoustic sound level
3 . Vibration
4 .Harmonic analyzer
5 .Fundamental component

omoorepeyman.ir

ولتاژ اعمالی نیز بایستی درمدت آزمون اندازه‌گیری شود. لازم است دقت شود که این آزمون تنها هنگامی به پاسخ درست منجر می‌شود که ضریب اعوجاج [1] ولتاژ کمتر از ۲٪ برای دامنه یا پیک باشد.

۳-٤-٦- اندازه‌گیری توان مصرفی پمپهای روغن و فنها

درصورتیکه راکتور مجهز به فن یا پمپ باشد، توان مصرفی آنها بایستی به کمک روشهای متداول اندازه‌گیری شود.

۳-٤-۷- اندازه‌گیری مشخصه مغناطیسی

این آزمون برروی راکتورهای غیرخطی و راکتورهای اشباع شونده انجام می‌شود. آزمون بایستی در حداکثر ولتاژ عملکرد، جریان نامی و فرکانس نامی انجام شود. این آزمون مطابق با آزمون مشابه آن که در نشریه "مشخصات فنی و عمومی و اجرایی ترانسفورماتورهای قدرت در پستهای فشارقوی" آمده است انجام می‌شود.

omoorepeyman.ir

1 . Distortion factor

Dp–V| J◊ŦV| VFII– ↘ ←ЯV| JXII

omoorepeyman.ir

٤-١- مقدمه

در این فصل دستورالعمل نگهداری راکتورها ارائه خواهد شد. نحوه بازدیدهای دوره‌ای و انجام سرویس روی راکتور نیـز از دیگـر مباحث مطرح شده در این فصل خواهد بود. در انتهای فصل فرمهای مربوط به بازدیدهای راکتور آمده است.

٤-٢- سرویسهای دوره‌ای راکتور

٤-٢-١- تانک اصلی

- کنترل وضعیت ظاهری بدنه راکتور از نظر خوردگی یا پریدگی یا پوسته‌شدن رنگ
- کنترل نشتی روغن از نقاط جوش یا فلنج‌دار، شیر و واشرها و رله
- کنترل سیم اتصالات زمین از لحاظ شل‌شدگی و فرسودگی اتصالات و پارگی
- کنترل وضعیت حرارت در سطح بدنه و اتصالات بوسیله دستگاه ترموویژن
- اندازه‌گیری سطح صدا و لرزش
- کنترل سطح روغن در کنسرواتور با توجه به دما و تمیزنمودن نشان‌دهنده‌های مربوطه
- -کنترل چرخها و عامل‌های نگهدارنده آنها (در صورت وجود)، گریس‌کاری درصورت لزوم
- کنترل وضعیت ریل و فونداسیون از نظر ترک و شکستگی یا نشست و ترازبودن
- کنترل رطوبت‌گیر و تمیزنمودن فیلتر سیستم تنفسی و تعویض یا احیاء رطوبت‌گیر و روغن
- کنترل نشان‌دهنده‌های درجه حرارت روغن و سیم‌پیچ و عملکرد صحیح آلارم‌ها و کنتاکتهای تریپ
- نمونه‌گیری روغن جهت آنالیز گازهای محلول در روغن و آزمایشات عایقی

٤-٢-٢- سیستم خنک‌کننده

- تمیزکردن و هواگیری رادیاتورها
- کنترل اتصالات لوله‌ها و شیرها از نظر نشتی روغن و خوردگی یا پوسیدگی لوله‌ها
- کنترل فن‌ها از نظر گریس‌کاری بلبرینگ و محکم‌بودن پایه نگهدارنده

٤-٢-٣- بوشینگها

- تمیزنمودن و کنترل سطح مقره از نظر شکستگی و ترک‌خوردگی
- کنترل سطح روغن هواگیری درصورت لزوم
- تمیزنمودن شیشه نشان‌دهنده سطح روغن
- کنترل نشتی روغن
- کنترل شاخکهای جرقه‌گیر (در صورت وجود) و اندازه‌گیری فاصله مابین آنها

omoorepeyman.ir

- کنترل ترمینالهای بوشینگها و آچارکشی درصورت لزوم
- اندازه‌گیری تانژانت دلتا

٤-۲-٤- تابلو کنترل

- کنترل ظاهری از نظر رنگ، قفل و آب‌بندی
- کنترل وضعیت روشنایی، ترموستات و هیتر جهت عدم وجود شبنم و آچارکشی ترمینالها
- کنترل و آزمون فیوزها، لامپ‌ها،کنتاکتها و کویل‌های مربوط به رله و کنتاکتورها، رله‌های حرارتی حفاظتی و اتصالات مربوطه
- آزمون مقاومت عایقی کابلهای سیستم تغذیه و مدارات حفاظتی وکنترل و اندازه‌گیری
- تمیز نمودن داخل تابلو و ترمینالها و اتصالات از گردوغبار و زنگ‌زدگی
- تعمیر یا تعویض تیغه کنتاکتها درکلیدهای اتوماتیک و کنتاکتورها درصورت نیاز

٤-۲-٥- دستگاههای حفاظتی و اندازه‌گیری

- آزمون مکانیزم و عملکرد رله بوخهلتز شامل مدار حفاظتی، کابلهای اتصال، کنتاکتها و شناورهای آلارم و تریپ
- کنترل و آزمون وجود گاز درون رله بوخهلتز و تمیزنمودن شیشه نشان‌دهنده سطح روغن
- کنترل و کالیبره‌نمودن ترمومتر درجه حرارت روغن و سیم‌پیچ و لوله موئین مربوطه
- اندازه‌گیری مقاومت عایقی
- اندازه‌گیری ضریب تلفات عایقی (تانژانت دلتا)
- اندازه‌گیری مقاومت اهمی

٤-۲-٦- مهارتهای لازم

- کارشناس : یک نفر
- تکنسین : دو نفر
- کارگر ماهر: دو نفر

٤-۲-۷- وسایل وابزار مورد نیاز

جعبه ابزار کامل، تلمبه باد، ظرف شیشه جهت گرفتن نمونهٔ روغن، وسیله گرمکن روغن جهت آزمون نشان‌دهنده درجه حرارت، دستگاه آزمون عایقی، ولتمتر، اهم‌متر، آمپرمتر، کنتاکت شور، دستگاه سنجش تانژانت دلتا، دستگاه سنجش لرزش صدا.

٤-۳- تعمیرات اساسی راکتور

تعمیرات اساسی بصورت یک فعالیت جامع تعمیراتی انجام می‌پذیرد. تعمیرات اساسی، مکمل سایر سیستم‌های تعمیراتی و نگهداری بوده و در طی آن کلیه اجزاء تجهیز بصورت کامل دمونتاژ می‌گردند. همچنین کلیه اجزاء بازرسی گردیده و فعالیتهای لازم

omoorepeyman.ir

از قبیل سرویسهای معمولی (روغن‌کاری، گریس‌کاری، آچارکشی و ...)، انجام تعمیرات برروی قطعات مورد نیاز و تعویض قطعات صورت می‌گیرد.

لازم به ذکر است از آنجا که تعمیرات اساسی معمولاً بر اساس دستورالعمل سازندگان با توجه به تعداد عملکرد و یا دوره بهره‌برداری، هرچند سال یکبار صورت می‌گیرد و در طی آن اجزاء تجهیز بازبینی می‌شوند که ممکن است تا دوره بعدی تعمیرات اساسی مورد بازرسی قرار نگیرند. لذا ضروریست تعمیرات اساسی با دقت عمل بالا و نیز در کمترین زمان ممکن بعلت توقف بهره‌برداری از تجهیز صورت پذیرد.

٤-۳-۱- مراحل اجرای کار

- تخلیه روغن و بازدید از داخل تانک و نگهدارنده هسته تا حد امکان
- شستشوی هسته و داخل تانک با روغن (لجن زدایی)
- بازدید و بررسی عایقها و اتصالات زیربوشینگ به سیم‌پیچ و ترمیم آنها درصورت لزوم
- تعویض اورینگها و واشرآلات
- کالیبره وتنظیم نمودن نشان‌دهنده سطح روغن و سیم‌پیچ
- تمیزکردن کنسرواتور از آب و لجن وکنترل گیج روغن شامل شناور، کنتاکتهای الکتریکی، اهرم مکانیکی یا مغناطیسی، شیشه نمایشی (عدم شکستگی وکثیف بودن سطح آن)، کالیبره و تنظیم‌بودن با توجه به سطح روغن و درجه حرارت
- کنترل صحت وضعیت شیرها
- بازدید وکنترل چرخها از نظر لقی و عامل نگهدارنده گریس‌کاری درصورت لزوم
- تصفیه روغن (همراه با خلاء نمودن) با توجه به نتایج آزمایشات روغن
- رنگ نمودن بدنه، رادیاتورها و اتصالات درصورت لزوم
- هواگیری از رادیاتورها، لوله‌های اصلی، کنسرواتور
- کنترل هسته از نظر بانداژ آن
- کنترل فن‌ها و پمپها از نظر جهت چرخش، سالم بودن و تقارن پره‌ها، گریس‌کاری و درصورت لزوم تعویض بلبرینگ‌ها
- کنترل و آزمایش مدارات، روشنایی و هیترها و رفع اشکال احتمالی
- آب‌بندی و نظافت کامل تابلوی کنترل و تغذیه
- محکم‌بودن پایه‌های نگهدارنده فن (ضدلرزش)
- آزمون کامل فن و پمپ بصورت دستی و اتوماتیک
- آچارکشی کلیه تجهیزات جانبی و شستشوی کامل
- کنترل و تمیزنمودن اتصال زمین تانک، موتورهای فن و قسمتهای فلزی
- تکمیل و تنظیم فرمهای آزمون مربوطه
- FR Analysis

omoorepeyman.ir

٤-٣-٢- آزمونها

- آزمون مقاومت عایقی (میگر ۵۰۰۰ ولت)
- اندازه‌گیری مقاومت سیم‌پیچها
- اندازه‌گیری ضریب تلفات عایقی (تانژانت دلتا)
- اندازه‌گیری ضریب تلفات عایقی بوشینگ HV
- آزمون کالیبره بودن ترمومترهای روغن
- آزمون مقاومت عایقی هسته و بدنه (میگر ۵۰۰ ولت)
- آزمون استقامت الکتریکی روغن (ولتاژ شکست)
- اندازه‌گیری صدا و لرزش بدنه تانک

٤-٤- دستورالعمل بازدیدهای دوره‌ای راکتور

از آنجایی که بازدیدهای دوره‌ای نقش مؤثری در جلوگیری از آسیب رسیدن به راکتورها دارند، کلیه بهره‌برداران ملزم بـه رعایـت دستورالعملهای تدوین‌شده دراین زمینه می‌باشند. نحوه یا زمان بازدید بستگی به نوع و خصوصیات راکتور مورد استفاده داشته و علاوه بر این، دستورالعمل صادره از سوی سازنده راکتور نیز باید مدنظر قرار گیرد. باتوجه به عوامل فوق‌الـذکر بازدیـدهای روزانـه، هفتگـی وماهانه از راکتورها مورد نیاز خواهد بود.

هدف از تدوین این دستورالعمل ارائه چگونگی انجام بازدیدهای دوره‌ای جهت راکتورها بوده که باید توسط اپراتورها انجام گرفتـه و در فرمهای مربوطه ثبت و بصورت مرتب به مسئولین مربوط گزارش شود.

٤-٤-١- بازدید روزانه از راکتور

- وضعیت ظاهری از نظر نظافت، صدا و لرزش غیرعادی
- ترمینالهای اصلی و بوشینگها از نظر آلودگی، ترک و شکستگی
- عدم وجود نشتی روغن در تانک اصلی، کنسرواتور، رادیاتورها، بوشینگ، رله بوخهلتس و شیرها
- مطلوب‌بودن سطح روغن کنسرواتور و بوشینگ
- مطلوب‌بودن وضعیت ظاهری محفظه سیلیکاژل، رنگ سیلیکاژل و روغن زیر آن
- سالم بودن روشنایی و گرمکن تابلوی کنترل و تغذیه
- طبیعی بودن وضعیت ظاهری فن‌ها
- طبیعی بودن درجه حرارت روغن

٤-٤-٢- بازدید هفتگی از راکتور

- سالم یا معیوب بودن بوشینگها و طبیعی یا غیرطبیعی بودن سطح روغن آن

omoorepeyman.ir

- طبیعی یا غیرطبیعی بودن سطح روغن کنسرواتور
- سالم یا معیوب بودن ترمومتر سیم‌پیچ
- سالم یا معیوب بودن ترمومتر روغن
- وجود یا عدم وجود نشتی روغن از قسمتهای مختلف راکتور و تعیین محل نشتی
- وجود یا عدم وجود لرزش و صدای غیرعادی در راکتور
- سالم یا معیوب بودن سیستم روشنایی، ترموستات و گرمکن تابلوهای راکتور
- برقراربودن یا نبودن برق DC,AC مربوط به مدارات کنترل
- تغییر رنگ $\frac{2}{3}$ سیلیکاژل و نیاز یا عدم نیاز به تعویض آن
- تمیز یا کثیف بودن روغن محفظه سیلیکاژل و پر یا خالی بودن روغن محفظه تا خط نشانه
- کامل یا ناقص بودن اتصال سیم زمین به بدنه راکتور در نقاط مختلف
- کامل یا ناقص بودن اتصالات هادی‌های فشارقوی
- سایر اشکالات مشاهده شده

٤-٤-٣- بازدید ماهیانه از راکتور

٤-٤-٣-١- بوشینگها

- کامل یا ناقص بودن اتصال هادی متصل به بوشینگ
- طبیعی یا غیرطبیعی بودن سطح روغن
- وجود یا عدم وجود نشتی روغن
- تمیز یا کثیف بودن و نیاز یا عدم نیاز به شستشو یا تمیزکردن
- سالم بودن یا نبودن مقره‌های فاز
- طبیعی یا غیرطبیعی بودن وضعیت فاصله جرقه‌گیر (در صورت وجود) سه فاز

٤-٤-٣-٢- کنسرواتور

- طبیعی یا غیرطبیعی بودن سطح روغن تانک اصلی بر روی نشان‌دهنده
- تمیز یا کثیف‌بودن نشان‌دهنده روغن تانک اصلی و قابل رویت بودن یا نبودن روغن آن
- وجود یا عدم وجود نشتی روغن در کنسرواتور

٤-٤-٣-٣- محفظه سیلیکاژل

- آبی بودن یا نبودن رنگ بیشتر یا کمتر از $\frac{2}{3}$ سیلیکاژل
- تمیز یا کثیف بودن روغن محفظه سیلیکاژل وخالی یا پربودن روغن محفظه تا خط نشانه

omoorepeyman.ir

- محکم بودن یا نبودن پیچهای محفظه سیلیکاژل
- مشخص کردن اینکه رنگ سیلیکاژل از بالا به پایین تغییر می‌کند یا برعکس

٤-٤-٣-٤- رله بوخهلتز

- وجود یا عدم وجود نشتی روغن در رله بوخهلتز
- سالم یا معیوب بودن شیشه نشان‌دهنده روغن رله بوخهلتز
- تمیز یا کثیف بودن شیشه نشان‌دهنده روغن رله بوخهلتز و قابل رویت بودن یا نبودن سطح روغن آن
- وجود یا عدم وجود گاز یا هوا در رله بوخهلتز

٤-٤-٣-٥- تانک اصلی راکتور

- وجود یا عدم وجود نشتی روغن درتانک اصلی
- تمیز یا کثیف بودن بدنه تانک اصلی و نیاز یا عدم نیاز به شستشو
- وجود یا عدم وجود زنگ‌زدگی در بدنه تانک اصلی و محفظه‌های زیر بوشینگ
- کامل یا ناقص بودن اتصال سیم زمین به بدنه راکتور در نقاط مختلف

٤-٤-٣-٦- رادیاتورها و فن‌ها

- وجود یا عدم وجود نشتی روغن در رادیاتورها
- ثبت تعداد رادیاتورهایی که بدنه آنها صدمه دیده است
- وجود یا عدم وجود آشیانه پرندگان در بین پره‌های رادیاتور
- به موقع به مدارآمدن یا نیامدن فن ها
- تعداد فنهای صدمه‌دیده
- قطع‌شدن یا نشدن کلید فن‌ها بطور اتوماتیک

٤-٤-٣-٧- ترمومتر روغن و سیم‌پیچ

- سالم یا معیوب‌بودن شیشه ترمومتر روغن
- سالم یا معیوب‌بودن بدنه ترمومتر روغن
- کارکردن یا نکردن ترمومتر روغن
- سالم یا معیوب‌بودن شیشه ترمومتر سیم‌پیچ
- سالم یا معیوب‌بودن بدنه ترمومتر سیم‌پیچ
- کارکردن یا نکردن ترمومتر سیم‌پیچ

omoorepeyman.ir

٤-٤-٣-٨-تابلوی کنترل و تغذیه (مارشالینگ باکس)

- سالم یا معیوب‌بودن قفل و درب مارشالینگ باکس و بسته‌شدن یا نشدن درب آن بطورکامل
- سالم یا معیوب‌بودن آب‌بندی درب
- سالم یا معیوب‌بودن سیستم روشنایی، ترموستات و گرمکن مارشالینگ
- نیاز یا عدم نیاز به آچارکشی ترمینالهای داخل مارشالینگ باکس

omoorepeyman.ir

پیوست ٤-١: آزمونهای راکتور

نام پست:	شماره راکتور:	تیپ و سازنده:
مدل راکتور:	سال شروع بهره‌برداری:	شماره سریال:
سال ساخت:		

- آزمون امپدانس و تقسیم شار

	W_N	V_N	U_N	I(mA)
Z_{UN}				
Z_{VN}				
Z_{WN}				

- آزمون مقاومت اهمی

درجه حرارت سیم‌پیچ:

$\frac{V_{dc}}{W-N}$	$\frac{V_{dc}}{V-N}$	$\frac{V_{dc}}{U-N}$	I(dc)

$$R = V_{dc} / I_{dc}$$

- آزمون مقاومت عایقی (آزمون میگر)

درجه حرارت روغن:

R15 s / R60 s	R60 s	R15 s	ولتاژ آزمون میگر

- آزمون ضریب تلفات عایقی (tg δ)

درجه حرارت روغن:

C^{PF}	٪(tgδ)	ولتاژ آزمایش

omoorepeyman.ir

پیوست ٤-١: آزمونهای راکتور (ادامه)

نام پست:	شماره راکتور:	تیپ و سازنده:
مدل راکتور:	سال شروع بهره‌برداری:	شماره سریال:
سال ساخت:		

- آزمون عایقی روغن

مشخصات دستگاه آزمون: درجه حرارت روغن:

ملاحظات	میانگین	۶	۵	۴	۳	۲	۱	شماره آزمون	
								نمونه‌برداری از تانک اصلی	ولتاژ شکست (KV)

- آزمون عملکرد رله بوخهلتز

ردیف	آزمون	کامل	ناقص	ملاحظات
۱	مدارهای حفاظتی			
۲	کابلهای اتصال			
۳	مدارات آلارم وتریپ			

omoorepeyman.ir

پیوست ٤-١: آزمونهای راکتور (ادامه)

نام پست:	شماره راکتور:	تیپ و سازنده:
مدل راکتور:	سال شروع بهره‌برداری:	شماره سریال:
سال ساخت		

- آزمونهای الکتریکی و شیمیایی نمونه روغن راکتور

وزن روغن: نمونه روغن شماره:

تاریخ نمونه‌گیری: دمای روغن هنگام نمونه‌گیری: نمونه روغن: بالا وسط پایین

شماره	نام آزمایش	مقدارمجاز	نتایج	ملاحظات
۱	چسبندگی جنبشی (mm^2/S) در۴۰ درجه سانتیگراد			
۲	چسبندگی جنبشی (mm^2/S) در۱۰۰ درجه سانتیگراد			
۳	درجه حرارت اشتعال (درجه سانتیگراد)			
۴	درجه حرارت خمیری‌شدن (درجه سانتیگراد)			
۵	شکل ظاهری			
۶	چگالی (کیلوگرم بر دسیمترمکعب)			
۷	کشش سطحی (نیوتن برمتر)			
۸	درجه خنثی‌بودن (میلی‌گرم پتاس برگرم روغن)			
۹	خورندگی گوگردی			
۱۰	مقدار آب محلول (میلی‌گرم برکیلوگرم روغن)			
۱۱	ولتاژ شکست عایقی (کیلوولت)			
۱۲	ضریب تلفات (در ۹۰ درجه سانتیگراد)			
۱۳	مواد افزودنی ضداکسیدکننده			
۱۴	مقدار لجن روغن (درصد وزنی روغن)			

توضیحات:

مسئول نمونه‌گیری:

omoorepeyman.ir

پیوست ٤-۲: فرم بازدید روزانه از راکتور

نام پست ولتاژ: ماه: سال:

ردیف	نام تجهیز یا سیستم معیوب	ولتاژ	شماره تجهیز	وضعیت	ایام ماه ۱ ۲ ۳ ۴ ۵ ۶ ۷ ۸ ۹ ۱۰ ۱۱ ۱۲ ۱۳ ۱۴ ۱۵ ۱۶ ۱۷ ۱۸ ۱۹ ۲۰ ۲۱ ۲۲ ۲۳ ۲۴ ۲۵ ۲۶ ۲۷ ۲۸ ۲۹ ۳۰ ۳۱
				معیوب	
				بهره‌برداری: مجاز	
				بهره‌برداری: غیرمجاز	
				معیوب	
				بهره‌برداری: مجاز	
				بهره‌برداری: غیرمجاز	
				معیوب	
				بهره‌برداری: مجاز	
				بهره‌برداری: غیرمجاز	
				معیوب	
				بهره‌برداری: مجاز	
				بهره‌برداری: غیرمجاز	
				معیوب	
				بهره‌برداری: مجاز	
				بهره‌برداری: غیرمجاز	
				معیوب	
				بهره‌برداری: مجاز	
				بهره‌برداری: غیرمجاز	
				معیوب	
				بهره‌برداری: مجاز	
				بهره‌برداری: غیرمجاز	
				معیوب	
				بهره‌برداری: مجاز	
				بهره‌برداری: غیرمجاز	
	نام و نام خانوادگی اپراتور بازدیدکننده و امضاء				
	نام و نام خانوادگی مسئول پست و امضاء				

omoorepeyman.ir

پیوست ٤-۳: بازدید هفتگی راکتور

نام پست: ولتاژ: شماره تجهیز: ظرفیت:

موضوع بازدید و شماره ردیف / تاریخ بازدید	وضعیت بوشینگ‌ها و سطح روغن				سطح روغن کنسرواتور		ترمومتر سیم‌پیچ		ترمومتر روغن		نشتی روغن		لرزش و صدای غیرعادی			سیستم روشنایی، ترموستات و گرمکن تابلوها			برق AC و DC مدارات کنترل			تغییر رنگ وتعویض سیلیکاژل			
	سالم	معیوب	طبیعی	کم	طبیعی	کم	سالم	معیوب	سالم	معیوب	محل دارد نشتی	ندارد	دارد		ندارد	سالم	معیوب		برقرار	قطع		تغییررنگ		نیاز به تعویض	
													لرزش	صدا		روشنایی		گرمکن		AC	DC	دارد	ندارد	دارد	ندارد

omoorepeyman.ir

پیوست ٤-۳: بازدید هفتگی راکتور(ادامه)

نام پست: ولتاژ: شماره تجهیز: ظرفیت:

وضعیت روغن محفظه سلیکاژل و مقدار آن				اتصال سیم زمین به بدنه راکتور در نقاط مختلف		اتصالات هادی‌های ورودی وخروجی		سایر اشکالات راکتور	امضاء اپراتور بازدیدکننده	امضاء مسئول پست
تمیز	کثیف	خالی	پر	کامل	ناقص	کامل	ناقص			

omoorepeyman.ir

پیوست ٤-٤: بازدید ماهانه راکتور

نام پست: ولتاژ: شماره تجهیز: ظرفیت:

موضوع بازدیدو شماره ردیف / تاریخ بازدید	اتصال هادی به سوزنی بوشینگ‌ها					سطح روغن بوشینگ‌ها					نشتی روغن در بوشینگ‌ها					تمیزبودن بوشینگ‌ها					سالم‌بودن بوشینگ‌ها				
	کامل	ناقص				طبیعی	کم				ندارد	دارد				تمیز	نیازبه شستشو				سالم	معیوب			
		A	B	C	N		A	B	C	N		A	B	C	N		A	B	C	N		A	B	C	N

omoorepeyman.ir

پیوست ٤-٤: بازدید ماهانه راکتور(ادامه)

نام پست: ولتاژ: شماره تجهیز: ظرفیت:

وضعیت و فاصله شاخکهای قوسی بوشینگها						سطح روغن تانک اصلی		تمیزبودن نشان‌دهنده روغن تانک اصلی		نشتی روغن کنسرواتور		رنگ $\frac{2}{3}$ سلیکاژل		وضعیت روغن محفظه سیلیکاژل				وضعیت پیچهای محفظه سیلیکاژل		نحوه تغییر رنگ سیلیکاژل		نشتی روغن رله بوخهلتس		وضعیت شیشه نشان‌دهنده روغن بوخهلتس		تمیزبودن شیشه نشان‌دهنده روغن بوخهلتس	
طبیعی	غیرطبیعی					طبیعی	کم	تمیز	کثیف	دارد	ندارد	آبی	غیر آبی	تمیز	کثیف	پر	خالی	محکم	غیر محکم	از بالا به پایین	از پایین به بالا	دارد	ندارد	سالم	معیوب	تمیز	کثیف
	A	B	C	N																							

پیوست ٤-٤: بازدید ماهانه راکتور(ادامه)

نام پست: ولتاژ: شماره تجهیز: ظرفیت:

وجودگاز یا هوا در بوخهلتس		نشتی روغن در تانک اصلی		تمیزبودن تانک و نیاز به شستشو		زنگ‌زدگی				اتصال سیم زمین به بدنه راکتور در نقاط مختلف		نشتی روغن رادیاتور		تعداد رادیاتورهای صدمه دیده	وجود آشیانه پرنده در بین رادیاتورها		درمدارآمدن اتوماتیک فن‌ها			تعداد فن‌های صدمه دیده	وضعیت کلید فن‌ها			وضعیت شیشه ترمومتر روغن	
دارد	ندارد	دارد	ندارد	دارد	ندارد	ندارد	دارد			کامل	ناقص	دارد	ندارد		دارد	ندارد	به موقع	درمدار نمی‌آید		وصل		قطع		سالم	معیوب
							تانک اصلی	زیر پوشینگ										گروه۱	گروه۲			گروه۱	گروه۲		

omoorepeyman.ir

پیوست ٤-٤: بازدید ماهانه راکتور(ادامه)

نام پست: ولتاژ: شماره تجهیز: ظرفیت:

وضعیت بدنه ترمومتر روغن		وضعیت کارکردن ترمومتر روغن		وضعیت شیشه ترمومتر سیم‌پیچ		وضعیت بدنه ترمومتر سیم‌پیچ		وضعیت کارکردن ترمومتر سیم‌پیچ		وضعیت قفل و درب مارشلینگ باکس			آب‌بندی بودن درب مارشلینگ باکس		وضعیت روشنایی، ترموستات و گرمکن مارشالینگ باکس				نیاز به آچارکشی ترمینالها	
سالم	معیوب	سالم	معیوب	سالم	معیوب	سالم	معیوب	سالم	معیوب	سالم	معیوب		سالم	معیوب	سالم	معیوب			دارد	ندارد
											قفل	درب				روشنایی	ترموستات	گرمکن		

omoorepeyman.ir

پیوست ٤-٤: بازدید ماهانه راکتور (ادامه)

نام پست: ولتاژ: شماره تجهیز: ظرفیت:

سایر اشکالات راکتور	امضاء اپراتور بازدیدکننده	امضاء مسئول پست

omoorepeyman.ir

منابع و مراجع

[۱] . کنترل توان راکتیو در سیستمهای الکتریکی، تی.جی.ای میلر، رضا قاضی، مشهد، ۱۳۷۱.

[۲]. تجربیات نیروگاههای پیشرفته، انتقال EHV ، جلد ۲۷ ، ترجمه فریدون وارث ، تهران، ۱۳۷۹.

[3] Eectrical Transients in Power Systems, Allan Greenwood, New York, 1991.

[4] IEC 60289, Reactors, 1988.

[5] IEEE C57.21, IEEE Standard Requirements, Terminology, and Test code for shunt Reactors Rated Over 500KVA, 1990.

[6] IEC60076-1, Power transformers: General, 1993.

[7] IEC 60076-2, Power Trans formers: Temperature rise, 1993.

[8] IEC 60076-3, Power transformers: Insulation Levels and dielectric tests, 2000.

[9] IEC 60076-8, Power transformers: Application Guide, 1997.

[10] IEC 60551, Measurements of transformer and reactor Sound Level, 1987.

[11] IEC 60772, Guide to the lightning impulse and switching Impulse testing of power transformers and reactors, 1982.

[12] IEC 60137, Bushing for alternating Voltage above 1000V, 1995.

[13] Bs 4504, flanges and bolting for pipes Valve and Fittings.

[14] SS PB, Vol . 4, Apparatus Specifications, 1978.

[۱۵] استاندارد طراحی بهینه پستهای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت، جلد ۲۰۲، معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب راکتور سری و موازی، مهندسین مشاورنیرو، ۱۳۷۷.

[۱۶] استاندارد طراحی بهینه پستهای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت، جلد ۳۰۲، مشخصات فنی راکتور سری و موازی، مهندسین مشاور نیرو، ۱۳۷۷.

[۱۷] استاندارد طراحی بهینه پستهای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت، جلد ۲۰۱، معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب ترانسفورماتور قدرت، ۱۳۷۷.

[۱۸] قرارداد عملیات ساختمانی، نصب، آزمایش و راه‌اندازی راکتور ۴۰۰ کیلوولت و راکتور نوترال و تجهیزات جنبی پست ۴۰۰ کیلوولت یزد، مهندسین مشاور نیرو، ۱۳۷۳.

[19] Contract Document for 8×50 MvAR, 400 KV Shurt reactor and associated switchgear for Bandas Abbas – Sirjan – Yazd S/S, TAVANIR engineering and inspection department ,

[۲۰] استاندارد و آیین بهره‌برداری، تعمیرات وآزمون دوره‌ای تجهیزات و تأسیسات پستهای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت ، تعمیرات، سرویس و آزمونهای دوره‌ای تجهیزات بیرونی پستهای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت، مهندسین مشاور نیرو، ۱۳۸۰.

[۲۱] استاندارد و آئین بهره‌برداری، تعمیرات و آزمونهای دوره‌ای تجهیزات و تأسیسات پستهای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت، بازدیدهای دوره‌ای،مهندسین مشاور نیرو،۱۳۷۹.

[۲۲] محمود احمدی‌پور " راکتورهای شنت و کاربرد آن در شبکه‌های قدرت" مجموعه مقالات ارائه شده در نخستین سمینار تخصصی راکتور شنت، کارخانجات ایران ترانسفو، ۱۳۸۴.

omoorepeyman.ir

فصل ۳

آزمونها

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

مقدمه

در این فصل آزمونهای مربوط به راکتورهای موازی آورده شده است. بسیاری از این آزمونها به دلیل یکسان بودن با آزمون ترانسفورماتور به نشریه مربوطه ارجاع داده شده‌اند.

۳-۱- شرایط عمومی

آزمونها بایستی دردمای محیطی ۱۰ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد انجام گیرد. کلیه وسایل جانبی که ممکن است در کارایی آزمونها تأثیر داشته باشند بایستی به راکتور ملحق شوند. تپ راکتور (درصورت وجود) بایستی در مقدار پایه خود گرفته باشد مگر در آزمون خاصی که غیر از آن خواسته شود.

۳-۲- آزمونهای جاری[1]

۳-۲-۱- اندازه‌گیری مقاومت سیم‌پیچی

این آزمون مطابق با آزمون مشابه آن که در نشریه " مشخصات فنی و عمومی و اجرایی ترانسفورماتورهای قدرت در پستهای فشار قوی" آمده است انجام می‌گیرد.

۳-۲-۲- اندازه‌گیری راکتانس

راکتانس راکتور برابر نسبت ولتاژ نامی به جریان اندازه‌گیری شده (مقدار موثر) است با این فرض که بخش مقاومتی امپدانس قابل صرفنظرکردن باشد. راکتانس بایستی در فرکانس نامی و با اعمال ولتاژ با شکل موج تقریبی سینوسی اندازه‌گیری شود. ولتاژ اعمالی بایستی متقارن باشد و راکتانس از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$X_r = \frac{\text{ولتاژ خط به خط اعمال‌شده}}{\text{متوسط جریان خط اندازه‌گیری‌شده} \times \sqrt{3}} \qquad (۱-۳)$$

برای راکتورهای سه فازی که مسیر فلزی مغناطیسی جهت عبور مؤلفه صفر شار دارند، لازم است اندازه‌گیری راکتانس بصورت تکفاز نیز انجام گیرد. ولتاژ آزمون می‌تواند به یکی از دو حالت زیر انتخاب گردد:

- برای راکتورهایی که نه هسته با فاصله هوایی دارند و نه از نظر مغناطیسی حفاظت شده‌اند، اندازه‌گیری می‌تواند در هر ولتاژی بین ۱۰ تا ۱۰۰ درصد ولتاژ نامی انجام شود.
- برای راکتورهای با هسته دارای فاصله هوایی و یا حفاظت‌شده از نظر مغناطیسی، اندازه‌گیری بایستی در ولتاژ نامی انجام شود. در موارد استثنائی مثلاً ولتاژهای خیلی بالا و یا توان نامی بسیار بالا، این شرایط آزمون مشکل خواهد بود. در اینگونه

1 . Routine tests

omoorepeyman.ir

موارد می‌توان ولتاژ آزمون را حداکثر تا ۹۰ درصد ولتاژ نامی کاهش داد و در چند نقطه بین ۹۰ درصد ولتاژ نامی تا ولتاژ نامی اندازه‌گیری و سپس مقدار نامی را تقریب زد.

۳-۲-۳- اندازه‌گیری تلفات

تلفات بایستی در ولتاژ و فرکانس نامی اندازه‌گیری شود. ولتاژ بایستی توسط ولتمتری اندازه‌گیری شود که به مقدار میانگین ولتاژ پاسخ می‌دهد اما درجه‌بندی آن طوریست که مقدار مؤثر موج سینوسی با همان مقدار میانگین را قرائت می‌کند.

درموارد خاص، مانند راکتور با توان نامی بسیار بالا و یا ولتاژ بالا، ایجاد شرایط نامی مشکل خواهد بود. در این موارد مقدار تلفات اندازه‌گیری شده در ولتاژ کاهش یافته، بایستی در توان دوم نسبت جریان نامی به جریان اندازه‌گیری شده ضرب شود. روش اندازه‌گیری تلفات با توافق سازنده و خریدار تعیین می‌شود. از آنجا که ضریب توان راکتور بسیار پایین است، روشهای اندازه‌گیری متداول تلفات با خطای زیادی همراه خواهند بود. روش پل دراین حالت می‌تواند روش مناسبی باشد و در مواردخاص می‌توان از روش کالری‌متری نیز استفاده کرد.

تلفات در بخشهای مختلف راکتور (تلفات مسی، هسته و غیره) در آزمایش قابل تفکیک نیستند. به همین دلیل ترجیح داده می‌شود که آزمایش زمانی انجام شود که دمای میانگین سیم‌پیچ همان دمای مرجع باشد.

۳-۲-٤- آزمونهای عایقی

۳-۲-٤-۱- آزمون تحمل ولتاژ با منبع مجزا [1]

این آزمون مطابق با آزمون مشابه آن که در نشریه "مشخصات فنی و عمومی و اجرایی ترانسفورماتورهای قدرت در پستهای فشارقوی" آمده است انجام می‌شود.

۳-۲-٤-۲- آزمون تحمل اضافه ولتاژ القایی [2]

در صورتیکه راکتور دارای سیم‌پیچ ثانویه باشد، این آزمون مطابق با آزمون مشابه آن که در نشریه " مشخصات فنی و عمومی و اجرایی ترانسفورماتورهای قدرت در پستهای فشار قوی" آمده است انجام می‌شود. بسته به نوع عایق‌بندی (یکنواخت و یا کاهش داده شده)، ولتاژ آزمون اعمالی متفاوت خواهد بود. اگر انجام آزمون با مشکلاتی همراه باشد می‌توان به جای آن آزمون موج ضربه صاعقه را انجام داد.

۳-۲-٤-۳- آزمون موج صاعقه [3]

این آزمون مطابق با آزمون مشابه آن که در نشریه "مشخصات فنی و عمومی و اجرایی ترانسفورماتورهای قدرت در پستهای فشارقوی" آمده است انجام می‌شود.

omoorepeyman.ir

1 . Separate – source voltage withstand test
2 . Induced over voltage withstand test
3 . Lightning impulse test

۳-۲-٤-٤- آزمون موج کلیدزنی[1]

این آزمون مطابق با آزمون مشابه آن که در نشریه" مشخصات فنی و عمومی و اجرایی ترانسفورماتورهای قدرت در پستهای فشارقوی" آمده است انجام می‌شود.

۳-۲-٤-٥- آزمون اندازه‌گیری نسبت ولتاژ و امپدانس اتصال کوتاه روی راکتور با بارگذاری اضافی روی سیم‌پیچ

این آزمون تنها برروی راکتورهای موازی که دارای سیم‌پیچ دوم هستند و مطابق با آزمون مشابه آن که در نشریه " مشخصات فنی و عمومی و اجرایی ترانسفورماتورهای قدرت در پستهای فشارقوی" آمده است انجام می‌شود.

۳-۳- آزمونهای نوعی[2]

۳-۳-۱- آزمون افزایش درجه حرارت[3]

این آزمون بایستی در فرکانس نامی و در حداکثر ولتاژ عملکرد انجام شود. درصورتیکه نتوان به این ولتاژ رسید بایستی در ولتاژی کمتر که از ۹۰ درصد حداکثر ولتاژ عملکردکمتر نباشد، آزمون انجام شود.

این آزمون مطابق با آزمون مشابه آن که در نشریه "مشخصات فنی وعمومی و اجرایی ترانسفورماتورهای قدرت در پستهای فشارقوی" آمده است انجام می‌شود.

۳-۳-۲- آزمونهای عایقی

این آزمونها مطابق بند (۳-۲-۴) انجام می‌شود.

۳-٤-آزمونهای ویژه[4]

۳-٤-۱-اندازه‌گیری راکتانس مؤلفه صفر بر روی راکتورهای خطی و غیرخطی سه فاز

این آزمون بایستی در ولتاژی انجام شود که بواسطه آن جریان نوترال از جریان نامی فاز بیشتر نشود.

این آزمون مطابق با آزمون مشابه آن که در نشریه" مشخصات فنی و عمومی واجرایی ترانسفورماتورهای قدرت در پستهای فشارقوی" آمده است انجام می‌شود.

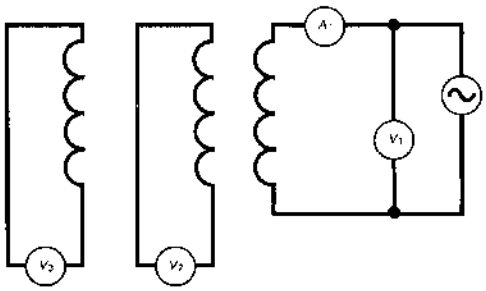
omoorepeyman.ir

1 . Switching impulse test
2 .Type test
3 . Temperature rise test
4 . Special tests

۳-٤-۲- اندازه‌گیری راکتانس متقابل[1] بین سیم‌پیچهای راکتورهای سه فاز

آزمون بایستی در ولتاژ نامی و مطابق شکل (۳-۱) انجام شود. با توجه به این شکل، برای اندازه‌گیری راکتانس متقابل بین هر فاز و دو فاز دیگر، ولتاژ نامی را به یک فاز اعمال کرده و جریان آن فاز و ولتاژهای دو فاز دیگر را که مدار باز هستند، اندازه‌گیری می‌کنیم. مقدار راکتانس متقابل از رابطه (۳-۲) بدست می‌آید:

$$\text{راکتانس متقابل} = \frac{V_2}{A_1} = \frac{V_3}{A_1} \qquad (۳-۲)$$



شکل ۳-۱ : مدارآزمون اندازه‌گیری راکتانس متقابل

۳-٤-۳- اندازه‌گیری سطح صدا[2] براساس استاندارد IEC شماره ٦٠٥٥١

این آزمون مطابق با آزمون مشابه آن که در نشریه "مشخصات فنی و عمومی و اجرایی ترانسفورماتورهای قدرت در پستهای فشار قوی" آمده است انجام می‌شود. برای راکتورها با توان بالا، این آزمون می‌تواند در محل نصب انجام گیرد.

۳-٤-٤- اندازه‌گیری میزان لرزش[3]

قبل از انجام آزمون موارد زیر بایستی مورد توافق قرارگیرد:

- آزمون به عنوان آزمون نوعی بر روی یک واحد انجام شود یا به عنوان آزمون جاری بر روی همه واحدها
- درصورتیکه ولتاژ نامی و حداکثر ولتاژ عملکرد متفاوت هستند، آزمون در کدامیک از این سطوح ولتاژ انجام شود.
- چگونه و کجا اندازه‌گیری بایستی انجام شود (به صورت عادی در هر چهارطرف دیوارهای تانک و در تعداد نقاطی که بتوان به کمک آن میانگین گرفت).

اندازه‌گیری بایستی برحسب دامنه پیک به پیک لرزش بیان شود و مقدار پیشنهادی حداکثر ۲۰۰ میکرومتر است.

۳-٤-٥- اندازه‌گیری هارمونیک‌های جریان

این آزمون تنها بر روی راکتورهایی که هسته قابل اشباع دارند انجام می‌شود. هارمونیکهای جریان در هرسه فاز در ولتاژ نامی به کمک یک تحلیلگر هارمونیکی[4] اندازه‌گیری شده و اندازه آنها بصورت درصدی از جریان مولفه اصلی[5] بیان می‌شود. هارمونیکهای

1 . Mutual reactance
2 . Acoustic sound level
3 . Vibration
4 .Harmonic analyzer
5 .Fundamental component

omoorepeyman.ir

ولتاژ اعمالی نیز بایستی درمدت آزمون اندازه‌گیری شود. لازم است دقت شود که این آزمون تنها هنگامی به پاسخ درست منجر می‌شود که ضریب اعوجاج [1] ولتاژ کمتر از ۲٪ برای دامنه یا پیک باشد.

۳-٤-٦- اندازه‌گیری توان مصرفی پمپهای روغن و فنها

درصورتیکه راکتور مجهز به فن یا پمپ باشد، توان مصرفی آنها بایستی به کمک روشهای متداول اندازه‌گیری شود.

۳-٤-۷- اندازه‌گیری مشخصه مغناطیسی

این آزمون برروی راکتورهای غیرخطی و راکتورهای اشباع شونده انجام می‌شود. آزمون بایستی در حداکثر ولتاژ عملکرد، جریان نامی و فرکانس نامی انجام شود. این آزمون مطابق با آزمون مشابه آن که در نشریه "مشخصات فنی و عمومی و اجرایی ترانسفورماتورهای قدرت در پستهای فشارقوی" آمده است انجام می‌شود.

omoorepeyman.ir

1 . Distortion factor

omoorepeyman.ir

فصل ۴

دستورالعمل نگهداری راکتورها

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

٤-١- مقدمه

در این فصل دستورالعمل نگهداری راکتورها ارائه خواهد شد. نحوه بازدیدهای دوره‌ای و انجام سرویس روی راکتور نیز از دیگر مباحث مطرح شده در این فصل خواهد بود. در انتهای فصل فرمهای مربوط به بازدیدهای راکتور آمده است.

٤-٢- سرویسهای دوره‌ای راکتور

٤-٢-١- تانک اصلی

- کنترل وضعیت ظاهری بدنه راکتور از نظر خوردگی یا پریدگی یا پوسته‌شدن رنگ
- کنترل نشتی روغن از نقاط جوش یا فلنج‌دار، شیر و واشرها و رله
- کنترل سیم اتصالات زمین از لحاظ شل‌شدگی و فرسودگی اتصالات و پارگی
- کنترل وضعیت حرارت در سطح بدنه و اتصالات بوسیله دستگاه ترموویژن
- اندازه‌گیری سطح صدا و لرزش
- کنترل سطح روغن در کنسرواتور با توجه به دما و تمیزنمودن نشان‌دهنده‌های مربوطه
- -کنترل چرخها و عامل‌های نگهدارنده آنها (در صورت وجود)، گریس‌کاری درصورت لزوم
- کنترل وضعیت ریل و فونداسیون از نظر ترک و شکستگی یا نشست و ترازبودن
- کنترل رطوبت‌گیر و تمیزنمودن فیلتر سیستم تنفسی و تعویض یا احیاء رطوبت‌گیر و روغن
- کنترل نشان‌دهنده‌های درجه حرارت روغن و سیم‌پیچ و عملکرد صحیح آلارم‌ها و کنتاکتهای تریپ
- نمونه‌گیری روغن جهت آنالیز گازهای محلول در روغن و آزمایشات عایقی

٤-٢-٢- سیستم خنک‌کننده

- تمیزکردن و هواگیری رادیاتورها
- کنترل اتصالات لوله‌ها و شیرها از نظر نشتی روغن و خوردگی یا پوسیدگی لوله‌ها
- کنترل فن‌ها از نظر گریس‌کاری بلبرینگ و محکم‌بودن پایه نگهدارنده

٤-٢-٣- بوشینگها

- تمیزنمودن و کنترل سطح مقره از نظر شکستگی و ترک‌خوردگی
- کنترل سطح روغن هواگیری درصورت لزوم
- تمیزنمودن شیشه نشان‌دهنده سطح روغن
- کنترل نشتی روغن
- کنترل شاخکهای جرقه‌گیر (در صورت وجود) و اندازه‌گیری فاصله مابین آنها

omoorepeyman.ir

- کنترل ترمینالهای بوشینگها و آچارکشی درصورت لزوم
- اندازه‌گیری تانژانت دلتا

٤-٢-٤- تابلو کنترل

- کنترل ظاهری از نظر رنگ، قفل و آب‌بندی
- کنترل وضعیت روشنایی، ترموستات و هیتر جهت عدم وجود شبنم و آچارکشی ترمینالها
- کنترل و آزمون فیوزها، لامپ‌ها،کنتاکتها و کویل‌های مربوط به رله و کنتاکتورها، رله‌های حرارتی حفاظتی و اتصالات مربوطه
- آزمون مقاومت عایقی کابلهای سیستم تغذیه و مدارات حفاظتی وکنترل و اندازه‌گیری
- تمیز نمودن داخل تابلو و ترمینالها و اتصالات از گردوغبار و زنگ‌زدگی
- تعمیر یا تعویض تیغه کنتاکتها درکلیدهای اتوماتیک و کنتاکتورها درصورت نیاز

٤-٢-٥- دستگاههای حفاظتی و اندازه‌گیری

- آزمون مکانیزم و عملکرد رله بوخهلتز شامل مدار حفاظتی، کابلهای اتصال، کنتاکتها و شناورهای آلارم و تریپ
- کنترل و آزمون وجود گاز درون رله بوخهلتز و تمیزنمودن شیشه نشان‌دهنده سطح روغن
- کنترل و کالیبره‌نمودن ترمومتر درجه حرارت روغن و سیم‌پیچ و لوله موئین مربوطه
- اندازه‌گیری مقاومت عایقی
- اندازه‌گیری ضریب تلفات عایقی (تانژانت دلتا)
- اندازه‌گیری مقاومت اهمی

٤-٢-٦- مهارتهای لازم

- کارشناس : یک نفر
- تکنسین : دو نفر
- کارگر ماهر: دو نفر

٤-٢-٧- وسایل وابزار مورد نیاز

جعبه ابزار کامل، تلمبه باد، ظرف شیشه جهت گرفتن نمونهٔ روغن، وسیله گرمکن روغن جهت آزمون نشان‌دهنده درجه حرارت، دستگاه آزمون عایقی، ولتمتر، اهم‌متر، آمپرمتر، کنتاکت شور، دستگاه سنجش تانژانت دلتا، دستگاه سنجش لرزش صدا.

٤-٣- تعمیرات اساسی راکتور

تعمیرات اساسی بصورت یک فعالیت جامع تعمیراتی انجام می‌پذیرد. تعمیرات اساسی، مکمل سایر سیستم‌های تعمیراتی و نگهداری بوده و در طی آن کلیه اجزاء تجهیز بصورت کامل دمونتاژ می‌گردند. همچنین کلیه اجزاء بازرسی گردیده و فعالیتهای لازم

omoorepeyman.ir

از قبیل سرویسهای معمولی (روغن‌کاری، گریس‌کاری، آچارکشی و ...)، انجام تعمیرات برروی قطعات مورد نیاز و تعویض قطعات صورت می‌گیرد.

لازم به ذکر است از آنجا که تعمیرات اساسی معمولاً بر اساس دستورالعمل سازندگان با توجه به تعداد عملکرد و یا دوره بهره‌برداری، هرچند سال یکبار صورت می‌گیرد و در طی آن اجزاء تجهیز بازبینی می‌شوند که ممکن است تا دوره بعدی تعمیرات اساسی مورد بازرسی قرار نگیرند. لذا ضروریست تعمیرات اساسی با دقت عمل بالا و نیز در کمترین زمان ممکن بعلت توقف بهره‌برداری از تجهیز صورت پذیرد.

٤-٣-١- مراحل اجرای کار

- تخلیه روغن و بازدید از داخل تانک و نگهدارنده هسته تا حد امکان
- شستشوی هسته و داخل تانک با روغن (لجن زدایی)
- بازدید و بررسی عایقها و اتصالات زیربوشینگ به سیم‌پیچ و ترمیم آنها درصورت لزوم
- تعویض اورینگها و واشرآلات
- کالیبره وتنظیم نمودن نشان‌دهنده سطح روغن و سیم‌پیچ
- تمیزکردن کنسرواتور از آب و لجن وکنترل گیج روغن شامل شناور، کنتاکتهای الکتریکی، اهرم مکانیکی یا مغناطیسی، شیشه نمایشی (عدم شکستگی وکثیف بودن سطح آن)، کالیبره و تنظیم‌بودن با توجه به سطح روغن و درجه حرارت
- کنترل صحت وضعیت شیرها
- بازدید وکنترل چرخها از نظر لقی و عامل نگهدارنده گریس‌کاری درصورت لزوم
- تصفیه روغن (همراه با خلاء نمودن) با توجه به نتایج آزمایشات روغن
- رنگ نمودن بدنه، رادیاتورها و اتصالات درصورت لزوم
- هواگیری از رادیاتورها، لوله‌های اصلی، کنسرواتور
- کنترل هسته از نظر بانداژ آن
- کنترل فن‌ها و پمپها از نظر جهت چرخش، سالم بودن و تقارن پره‌ها، گریس‌کاری و درصورت لزوم تعویض بلبرینگ‌ها
- کنترل و آزمایش مدارات، روشنایی و هیترها و رفع اشکال احتمالی
- آب‌بندی و نظافت کامل تابلوی کنترل و تغذیه
- محکم‌بودن پایه‌های نگهدارنده فن (ضدلرزش)
- آزمون کامل فن و پمپ بصورت دستی و اتوماتیک
- آچارکشی کلیه تجهیزات جانبی و شستشوی کامل
- کنترل و تمیزنمودن اتصال زمین تانک، موتورهای فن و قسمتهای فلزی
- تکمیل و تنظیم فرمهای آزمون مربوطه
- FR Analysis

omoorepeyman.ir

٤-٣-٢- آزمونها

- آزمون مقاومت عایقی (میگر ۵۰۰۰ ولت)
- اندازه‌گیری مقاومت سیم‌پیچها
- اندازه‌گیری ضریب تلفات عایقی (تانژانت دلتا)
- اندازه‌گیری ضریب تلفات عایقی بوشینگ HV
- آزمون کالیبره بودن ترمومترهای روغن
- آزمون مقاومت عایقی هسته و بدنه (میگر ۵۰۰ ولت)
- آزمون استقامت الکتریکی روغن (ولتاژ شکست)
- اندازه‌گیری صدا و لرزش بدنه تانک

٤-٤- دستورالعمل بازدیدهای دوره‌ای راکتور

از آنجایی که بازدیدهای دوره‌ای نقش مؤثری در جلوگیری از آسیب رسیدن به راکتورها دارند، کلیه بهره‌برداران ملزم به رعایت دستورالعملهای تدوین‌شده دراین زمینه می‌باشند. نحوه یا زمان بازدید بستگی به نوع و خصوصیات راکتور مورد استفاده داشته و علاوه بر این، دستورالعمل صادره از سوی سازنده راکتور نیز باید مدنظر قرار گیرد. باتوجه به عوامل فوق‌الذکر بازدیدهای روزانه، هفتگی وماهانه از راکتورها مورد نیاز خواهد بود.

هدف از تدوین این دستورالعمل ارائه چگونگی انجام بازدیدهای دوره‌ای جهت راکتورها بوده که باید توسط اپراتورها انجام گرفته و در فرمهای مربوطه ثبت و بصورت مرتب به مسئولین مربوط گزارش شود.

٤-٤-١- بازدید روزانه از راکتور

- وضعیت ظاهری از نظر نظافت، صدا و لرزش غیرعادی
- ترمینالهای اصلی و بوشینگها از نظر آلودگی، ترک و شکستگی
- عدم وجود نشتی روغن در تانک اصلی، کنسرواتور، رادیاتورها، بوشینگ، رله بوخهلتس و شیرها
- مطلوب‌بودن سطح روغن کنسرواتور و بوشینگ
- مطلوب‌بودن وضعیت ظاهری محفظه سیلیکاژل، رنگ سیلیکاژل و روغن زیر آن
- سالم بودن روشنایی و گرمکن تابلوی کنترل و تغذیه
- طبیعی بودن وضعیت ظاهری فن‌ها
- طبیعی بودن درجه حرارت روغن

٤-٤-٢- بازدید هفتگی از راکتور

- سالم یا معیوب بودن بوشینگها و طبیعی یا غیرطبیعی بودن سطح روغن آن

omoorepeyman.ir

- طبیعی یا غیرطبیعی بودن سطح روغن کنسرواتور
- سالم یا معیوب بودن ترمومتر سیم‌پیچ
- سالم یا معیوب بودن ترمومتر روغن
- وجود یا عدم وجود نشتی روغن از قسمتهای مختلف راکتور و تعیین محل نشتی
- وجود یا عدم وجود لرزش و صدای غیرعادی در راکتور
- سالم یا معیوب بودن سیستم روشنایی، ترموستات و گرمکن تابلوهای راکتور
- برقراربودن یا نبودن برق DC,AC مربوط به مدارات کنترل
- تغییر رنگ $\frac{2}{3}$ سیلیکاژل و نیاز یا عدم نیاز به تعویض آن
- تمیز یا کثیف بودن روغن محفظه سیلیکاژل و پر یا خالی بودن روغن محفظه تا خط نشانه
- کامل یا ناقص بودن اتصال سیم زمین به بدنه راکتور در نقاط مختلف
- کامل یا ناقص بودن اتصالات هادی‌های فشارقوی
- سایر اشکالات مشاهده شده

٤-٤-٣- بازدید ماهیانه از راکتور

٤-٤-٣-١- بوشینگها

- کامل یا ناقص بودن اتصال هادی متصل به بوشینگ
- طبیعی یا غیرطبیعی بودن سطح روغن
- وجود یا عدم وجود نشتی روغن
- تمیز یا کثیف بودن و نیاز یا عدم نیاز به شستشو یا تمیزکردن
- سالم بودن یا نبودن مقره‌های فاز
- طبیعی یا غیرطبیعی بودن وضعیت فاصله جرقه‌گیر (در صورت وجود) سه فاز

٤-٤-٣-٢- کنسرواتور

- طبیعی یا غیرطبیعی بودن سطح روغن تانک اصلی بر روی نشان‌دهنده
- تمیز یا کثیف‌بودن نشان‌دهنده روغن تانک اصلی و قابل رویت بودن یا نبودن روغن آن
- وجود یا عدم وجود نشتی روغن در کنسرواتور

٤-٤-٣-٣- محفظه سیلیکاژل

- آبی بودن یا نبودن رنگ بیشتر یا کمتر از $\frac{2}{3}$ سیلیکاژل
- تمیز یا کثیف بودن روغن محفظه سیلیکاژل وخالی یا پربودن روغن محفظه تا خط نشانه

omoorepeyman.ir

- محکم بودن یا نبودن پیچهای محفظه سیلیکاژل
- مشخص کردن اینکه رنگ سیلیکاژل از بالا به پایین تغییر می‌کند یا برعکس

٤-٤-٣-٤- رله بوخهلتز

- وجود یا عدم وجود نشتی روغن در رله بوخهلتز
- سالم یا معیوب بودن شیشه نشان‌دهنده روغن رله بوخهلتز
- تمیز یا کثیف بودن شیشه نشان‌دهنده روغن رله بوخهلتز و قابل رویت بودن یا نبودن سطح روغن آن
- وجود یا عدم وجود گاز یا هوا در رله بوخهلتز

٤-٤-٣-٥- تانک اصلی راکتور

- وجود یا عدم وجود نشتی روغن درتانک اصلی
- تمیز یا کثیف بودن بدنه تانک اصلی و نیاز یا عدم نیاز به شستشو
- وجود یا عدم وجود زنگ‌زدگی در بدنه تانک اصلی و محفظه‌های زیر بوشینگ
- کامل یا ناقص بودن اتصال سیم زمین به بدنه راکتور در نقاط مختلف

٤-٤-٣-٦- رادیاتورها و فن‌ها

- وجود یا عدم وجود نشتی روغن در رادیاتورها
- ثبت تعداد رادیاتورهایی که بدنه آنها صدمه دیده است
- وجود یا عدم وجود آشیانه پرندگان در بین پره‌های رادیاتور
- به موقع به مدارآمدن یا نیامدن فن ها
- تعداد فنهای صدمه‌دیده
- قطع‌شدن یا نشدن کلید فن‌ها بطور اتوماتیک

٤-٤-٣-٧- ترمومتر روغن و سیم‌پیچ

- سالم یا معیوب‌بودن شیشه ترمومتر روغن
- سالم یا معیوب‌بودن بدنه ترمومتر روغن
- کارکردن یا نکردن ترمومتر روغن
- سالم یا معیوب‌بودن شیشه ترمومتر سیم‌پیچ
- سالم یا معیوب‌بودن بدنه ترمومتر سیم‌پیچ
- کارکردن یا نکردن ترمومتر سیم‌پیچ

omoorepeyman.ir

٤-٤-٣-٨-تابلوی کنترل و تغذیه (مارشالینگ باکس)

- سالم یا معیوب‌بودن قفل و درب مارشالینگ باکس و بسته‌شدن یا نشدن درب آن بطورکامل
- سالم یا معیوب‌بودن آب‌بندی درب
- سالم یا معیوب‌بودن سیستم روشنایی، ترموستات و گرمکن مارشالینگ
- نیاز یا عدم نیاز به آچارکشی ترمینالهای داخل مارشالینگ باکس

omoorepeyman.ir

پیوست ٤-١: آزمونهای راکتور

نام پست:	شماره راکتور:	تیپ و سازنده:
مدل راکتور:	سال شروع بهره‌برداری:	شماره سریال:
سال ساخت:		

- آزمون امپدانس و تقسیم شار

	W_N	V_N	U_N	I(mA)
Z_{UN}				
Z_{VN}				
Z_{WN}				

- آزمون مقاومت اهمی

درجه حرارت سیم‌پیچ:

$\frac{V_{dc}}{W-N}$	$\frac{V_{dc}}{V-N}$	$\frac{V_{dc}}{U-N}$	I(dc)

$$R = V_{dc} / I_{dc}$$

- آزمون مقاومت عایقی (آزمون میگر)

درجه حرارت روغن:

R15 s / R60 s	R60 s	R15 s	ولتاژ آزمون میگر

- آزمون ضریب تلفات عایقی (tg δ)

درجه حرارت روغن:

C^{PF}	٪(tgδ)	ولتاژ آزمایش

omoorepeyman.ir

پیوست ٤-١: آزمونهای راکتور (ادامه)

نام پست:	شماره راکتور:	تیپ و سازنده:
مدل راکتور:	سال شروع بهره‌برداری:	شماره سریال:
سال ساخت:		

- آزمون عایقی روغن

مشخصات دستگاه آزمون: درجه حرارت روغن:

شماره آزمون		۱	۲	۳	۴	۵	۶	میانگین	ملاحظات
ولتاژ شکست (KV)	نمونه‌برداری از تانک اصلی								

- آزمون عملکرد رله بوخهلتز

ردیف	آزمون	کامل	ناقص	ملاحظات
۱	مدارهای حفاظتی			
۲	کابلهای اتصال			
۳	مدارات آلارم وتریپ			

omoorepeyman.ir

پیوست ٤-۱: آزمونهای راکتور (ادامه)

نام پست:	شماره راکتور:	تیپ و سازنده:
مدل راکتور:	سال شروع بهره‌برداری:	شماره سریال:
سال ساخت		

- آزمونهای الکتریکی و شیمیایی نمونه روغن راکتور

وزن روغن نمونه روغن شماره:

تاریخ نمونه‌گیری: دمای روغن هنگام نمونه‌گیری: نمونه روغن: بالا وسط پایین

شماره	نام آزمایش	مقدارمجاز	نتایج	ملاحظات
۱	چسبندگی جنبشی (mm^2/S) در۴۰ درجه سانتیگراد			
۲	چسبندگی جنبشی (mm^2/S) در۱۰۰ درجه سانتیگراد			
۳	درجه حرارت اشتعال (درجه سانتیگراد)			
۴	درجه حرارت خمیری‌شدن (درجه سانتیگراد)			
۵	شکل ظاهری			
۶	چگالی (کیلوگرم بر دسیمترمکعب)			
۷	کشش سطحی (نیوتن برمتر)			
۸	درجه خنثی‌بودن (میلی‌گرم پتاس برگرم روغن)			
۹	خورندگی گوگردی			
۱۰	مقدار آب محلول (میلی‌گرم برکیلوگرم روغن)			
۱۱	ولتاژ شکست عایقی (کیلوولت)			
۱۲	ضریب تلفات (در ۹۰ درجه سانتیگراد)			
۱۳	مواد افزودنی ضداکسیدکننده			
۱۴	مقدار لجن روغن (درصد وزنی روغن)			

توضیحات:

مسئول نمونه‌گیری:

omoorepeyman.ir

پیوست ٤-۲: فرم بازدید روزانه از راکتور

نام پست ولتاژ: ماه: سال:

ردیف	نام تجهیز یا سیستم معیوب	ولتاژ	شماره تجهیز	وضعیت	ایام ماه ۱ ۲ ۳ ۴ ۵ ۶ ۷ ۸ ۹ ۱۰ ۱۱ ۱۲ ۱۳ ۱۴ ۱۵ ۱۶ ۱۷ ۱۸ ۱۹ ۲۰ ۲۱ ۲۲ ۲۳ ۲۴ ۲۵ ۲۶ ۲۷ ۲۸ ۲۹ ۳۰ ۳۱
				معیوب	
				بهره‌برداری: مجاز	
				بهره‌برداری: غیرمجاز	
				معیوب	
				بهره‌برداری: مجاز	
				بهره‌برداری: غیرمجاز	
				معیوب	
				بهره‌برداری: مجاز	
				بهره‌برداری: غیرمجاز	
				معیوب	
				بهره‌برداری: مجاز	
				بهره‌برداری: غیرمجاز	
				معیوب	
				بهره‌برداری: مجاز	
				بهره‌برداری: غیرمجاز	
				معیوب	
				بهره‌برداری: مجاز	
				بهره‌برداری: غیرمجاز	
				معیوب	
				بهره‌برداری: مجاز	
				بهره‌برداری: غیرمجاز	
				معیوب	
				بهره‌برداری: مجاز	
				بهره‌برداری: غیرمجاز	
	نام و نام خانوادگی اپراتور بازدیدکننده و امضاء				
	نام و نام خانوادگی مسئول پست و امضاء				

omoorepeyman.ir

پیوست ٤-۳: بازدید هفتگی راکتور

نام پست: ولتاژ: شماره تجهیز: ظرفیت:

موضوع بازدید و شماره ردیف / تاریخ بازدید	وضعیت بوشینگ‌ها و سطح روغن				سطح روغن کنسرواتور		ترمومتر سیم‌پیچ		ترمومتر روغن		نشتی روغن		لرزش و صدای غیرعادی			سیستم روشنایی، ترموستات و گرمکن تابلوها				برق AC و DC مدارات کنترل			تغییر رنگ وتعویض سیلیکاژل			
	سالم	معیوب	طبیعی	کم	طبیعی	کم	سالم	معیوب	سالم	معیوب	محل دارد نشتی	ندارد	دارد		ندارد	سالم	معیوب		گرمکن	برقرار	قطع		تغییررنگ		نیاز به تعویض	
													لرزش	صدا				روشنایی			AC	DC	دارد	ندارد	دارد	ندارد

omoorepeyman.ir

پیوست ٤-۳: بازدید هفتگی راکتور(ادامه)

نام پست: ولتاژ: شماره تجهیز: ظرفیت:

وضعیت روغن محفظه سلیکاژل و مقدار آن				اتصال سیم زمین به بدنه راکتور در نقاط مختلف		اتصالات هادی‌های ورودی وخروجی		سایر اشکالات راکتور	امضاء اپراتور بازدیدکننده	امضاء مسئول پست
تمیز	کثیف	خالی	پر	کامل	ناقص	کامل	ناقص			

omoorepeyman.ir

پیوست ٤-٤: بازدید ماهانه راکتور

نام پست: ولتاژ: شماره تجهیز: ظرفیت:

موضوع بازدیدو شماره ردیف / تاریخ بازدید	اتصال هادی به سوزنی بوشینگ‌ها					سطح روغن بوشینگ‌ها					نشتی روغن در بوشینگ‌ها					تمیزبودن بوشینگ‌ها					سالم‌بودن بوشینگ‌ها				
	کامل	ناقص				طبیعی	کم				ندارد	دارد				تمیز	نیازبه شستشو				سالم	معیوب			
		A	B	C	N		A	B	C	N		A	B	C	N		A	B	C	N		A	B	C	N

omoorepeyman.ir

پیوست ٤-٤: بازدید ماهانه راکتور(ادامه)

نام پست: ولتاژ: شماره تجهیز: ظرفیت:

وضعیت و فاصله شاخکهای قوسی بوشینگها						سطح روغن تانک اصلی		تمیزبودن نشان‌دهنده روغن تانک اصلی		نشتی روغن کنسرواتور		رنگ $\frac{2}{3}$ سلیکاژل		وضعیت روغن محفظه سیلیکاژل				وضعیت پیچهای محفظه سیلیکاژل		نحوه تغییر رنگ سیلیکاژل		نشتی روغن رله بوخهلتس		وضعیت شیشه نشان‌دهنده روغن بوخهلتس		تمیزبودن شیشه نشان‌دهنده روغن بوخهلتس	
طبیعی	غیرطبیعی					طبیعی	کم	تمیز	کثیف	دارد	ندارد	آبی	غیر آبی	تمیز	کثیف	پر	خالی	محکم	غیر محکم	ازبالا به پایین	از پایین به بالا	دارد	ندارد	سالم	معیوب	تمیز	کثیف
	A	B	C	N																							

پیوست ٤-٤: بازدید ماهانه راکتور(ادامه)

نام پست: ولتاژ: شماره تجهیز: ظرفیت:

وجودگاز یا هوا در بوخهلتس		نشتی روغن در تانک اصلی		تمیزبودن تانک و نیاز به شستشو		زنگ‌زدگی			اتصال سیم زمین به بدنه راکتور در نقاط مختلف		نشتی روغن رادیاتور		تعداد رادیاتورهای صدمه دیده	وجود آشیانه پرنده در بین رادیاتورها		درمدارآمدن اتوماتیک فن‌ها			تعداد فن‌های صدمه دیده	وضعیت کلید فن‌ها			وضعیت شیشه ترمومتر روغن	
دارد	ندارد	دارد	ندارد	دارد	ندارد	ندارد	دارد		کامل	ناقص	دارد	ندارد		دارد	ندارد	به موقع	درمدار نمی‌آید			وصل	قطع		سالم	معیوب
							تانک اصلی	زیر پوشینگ									گروه ۱	گروه ۲			گروه ۱	گروه ۲		

omoorepeyman.ir

پیوست ٤-٤: بازدید ماهانه راکتور(ادامه)

نام پست: ولتاژ: شماره تجهیز: ظرفیت:

وضعیت بدنه ترمومتر روغن		وضعیت کارکردن ترمومتر روغن		وضعیت شیشه ترمومتر سیم‌پیچ		وضعیت بدنه ترمومتر سیم‌پیچ		وضعیت کارکردن ترمومتر سیم‌پیچ		وضعیت قفل و درب مارشلینگ باکس			وضعیت آب‌بندی بودن درب مارشلینگ باکس		وضعیت روشنایی، ترموستات و گرمکن مارشالینگ باکس				نیاز به آچارکشی ترمینالها	
سالم	معیوب	سالم	معیوب	سالم	معیوب	سالم	معیوب	سالم	معیوب	سالم	معیوب		سالم	معیوب	سالم	معیوب			دارد	ندارد
											قفل	درب				گرمکن	ترموستات	روشنایی		

omoorepeyman.ir

پیوست ٤-٤: بازدید ماهانه راکتور (ادامه)

نام پست: ولتاژ: شماره تجهیز: ظرفیت:

سایر اشکالات راکتور	امضاء اپراتور بازدیدکننده	امضاء مسئول پست

omoorepeyman.ir

منابع و مراجع

[۱] . کنترل توان راکتیو در سیستمهای الکتریکی، تی.جی.ای میلر، رضا قاضی، مشهد، ۱۳۷۱.

[۲]. تجربیات نیروگاههای پیشرفته، انتقال EHV ، جلد ۲۷ ، ترجمه فریدون وارث ، تهران، ۱۳۷۹.

[3] Eectrical Transients in Power Systems, Allan Greenwood, New York, 1991.

[4] IEC 60289, Reactors, 1988.

[5] IEEE C57.21, IEEE Standard Requirements, Terminology, and Test code for shunt Reactors Rated Over 500KVA, 1990.

[6] IEC60076-1, Power transformers: General, 1993.

[7] IEC 60076-2, Power Trans formers: Temperature rise, 1993.

[8] IEC 60076-3, Power transformers: Insulation Levels and dielectric tests, 2000.

[9] IEC 60076-8, Power transformers: Application Guide, 1997.

[10] IEC 60551, Measurements of transformer and reactor Sound Level, 1987.

[11] IEC 60772, Guide to the lightning impulse and switching Impulse testing of power transformers and reactors, 1982.

[12] IEC 60137, Bushing for alternating Voltage above 1000V, 1995.

[13] Bs 4504, flanges and bolting for pipes Valve and Fittings.

[14] SS PB, Vol . 4, Apparatus Specifications, 1978.

[۱۵] استاندارد طراحی بهینه پستهای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت، جلد ۲۰۲، معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب راکتور سری و موازی، مهندسین مشاورنیرو، ۱۳۷۷.

[۱۶] استاندارد طراحی بهینه پستهای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت، جلد ۳۰۲، مشخصات فنی راکتور سری و موازی، مهندسین مشاور نیرو، ۱۳۷۷.

[۱۷] استاندارد طراحی بهینه پستهای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت، جلد ۲۰۱، معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب ترانسفورماتور قدرت، ۱۳۷۷.

[۱۸] قرارداد عملیات ساختمانی، نصب، آزمایش و راه‌اندازی راکتور ۴۰۰ کیلوولت و راکتور نوترال و تجهیزات جنبی پست ۴۰۰ کیلوولت یزد، مهندسین مشاور نیرو، ۱۳۷۳.

[19] Contract Document for 8×50 MvAR, 400 KV Shurt reactor and associated switchgear for Bandas Abbas – Sirjan – Yazd S/S, TAVANIR engineering and inspection department ,

[۲۰] استاندارد و آیین بهره‌برداری، تعمیرات وآزمون دوره‌ای تجهیزات و تأسیسات پستهای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت ، تعمیرات، سرویس و آزمونهای دوره‌ای تجهیزات بیرونی پستهای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت، مهندسین مشاور نیرو، ۱۳۸۰.

[۲۱] استاندارد و آئین بهره‌برداری، تعمیرات و آزمونهای دوره‌ای تجهیزات و تأسیسات پستهای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت، بازدیدهای دوره‌ای،مهندسین مشاور نیرو،۱۳۷۹.

[۲۲] محمود احمدی‌پور " راکتورهای شنت و کاربرد آن در شبکه‌های قدرت" مجموعه مقالات ارائه شده در نخستین سمینار تخصصی راکتور شنت، کارخانجات ایران ترانسفو، ۱۳۸۴.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

خواننده گرامی

دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر چهارصد عنوان نشریه تخصصی- فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه حاضر در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشر شده در سال‌های اخیر در سایت اینترنتی **http://tec.mporg.ir** قابل دستیابی می‌باشد.

دفتر نظام فنی اجرایی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

Islamic Republic of Iran
Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision

General Technical Specification and Execution Procedures for Transmission and Subtransmission Networks Shunt Reactors at HV Substations

NO: 483-2

Office of Deputy for Strategic Supervision
Bureau of Technical Execution System
http://tec.mporg.ir

Energy Ministry - Tavanir Co.
Power Industry Technical Criteria Project
www.tavanir.ir

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

این نشریه

با عنوان «مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست ها، خطوط فوق توزیع و انتقال - راکتورهای موازی در پست های فشار قوی»، جلد دوم از یک مجموعه دو جلدی است. در این مجلد مباحث مربوط به راکتورهای موازی شامل کلیات و تعاریف، معیارهای طراحی و مهندسی، آزمون های نوعی و جاری و همچنین دستورالعملهای بهره برداری و نگهداری ارائه شده است.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir