شرکت مدیریت تولید، انتقال
و توزیع نیروی برق ایران(توانیر)
معاونت هماهنگی توزیع
دفتر پشتیبانی فنی

دستورالعمل‌های نصب، نظارت برنصب، بهره برداری و سرویس و نگهداری

پست هوایی

شرکت مدیریت تولید، انتقال و توزیع نیروی برق ایران (توانیر)

دستورالعمل های نصب، نظارت بر نصب، بهره‌برداری و سرویس و نگهداری

پست هوایی

وضعیت سند	تاریخ	تهیه کننده	تایید کننده	تصویب کننده
چاپ صفر ویرایش یک	مردادماه ۱۳۹۰	پژوهشگاه نیرو کمیته تخصصی پست	شرکت توزیع نیروی برق تهران بزرگ	شرکت توانیر
		امضا	امضا	امضا

پیشگفتار

در دهه های اخیر شاهد توسعه کمی و کیفی بسیار شتابدار در تمام وجوه علم وصنعت هستیم و صنعت برق نیز بعنوان صنعت پیشرفته و پیچیده با استفاده از تکنولوژی مدرن دارای تجهیزات بسیار متنوع در رسته‌های مختلف از این قاعده مستثنا نبوده و هر روزه با توجه به روند تغییرات در نوع و سطح نیاز بهره‌برداران، انجام تغییرات در نوع توپولوژی شبکه ها و بواسطه آن استفاده از تجهیزات جدید در شبکه‌ها ضروری می‌گردد. صنعت توزیع نیروی برق نیز بواسطه نزدیکی با نقطه مصرف و تنوع در شرایط و تجهیزات دارای بیشترین سطح تغییرات می باشد که ضرورت دارد کاربران از این تغییرات آگاه و متناسب با آن نسبت به ارتقای قابلیت‌های عملیاتی و نیروی انسانی خود اقدام نمایند. این مهم در مجاورت سیاست‌ها و استراتژی های کلی صنعت برق کشور مبنی بر واگذاری فعالیت‌های اجرایی به بیرون از سازمان‌ها، اهمیتی دوچندان می‌یابد که بتوان علاوه بر ایجاد زبان مشترک فنی، روابط مابین ارکان دست‌اندرکاران پروژه ها را نیز از بدو انجام طراحی طرح تا بهره برداری، سرویس و نگهداری از تجهیزات پروژه را شفاف نموده و در چارچوب آن اقدام گردد که در اینصورت با ایجاد وحدت نظر فنی، ارتقای اثربخشی طرح‌ها و کاهش هزینه‌های جاری را شاهد خواهیم بود.

معاونت هماهنگی توزیع شرکت توانیر در راستای سیاست های شرکت توانیر در راهبرد شرکت‌های توزیع و ایجاد بسترهای مناسب برای ارتقای سطح مهندسی و اجرای پروژه های توزیع به موازات برنامه تدوین "دستورالعمل‌های تعیین الزامات، معیارهای ارزیابی فنی و آزمون‌های مترتب بر کالاهای کثیرالمصرف" برنامه تدوین "دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب، بهره برداری و سرویس و نگهداری تجهیزات کثیرالمصرف" را در دستور کار قرارداده و با توجه به پتانسیل کارشناسی و مدیریتی موجود در شرکت توزیع نیروی برق تهران بزرگ، دبیرخانه مدیریت و تدوین دستورالعمل های مذکور را در قالب تفاهم‌نامه ای به شرکت مذکور واگذار نمود که در اینجا لازم است از جناب آقای مهندس سید محمد هاشمی رئیس هیئت مدیره و مد یرعامل شرکت توزیع نیروی برق تهران بزرگ که با بلندنظری متقبل زحمت انجام این پروژه شدند تشکر و قدردانی شود.

اینک با لطف و عنایت حضرت خداوند متعال *دستورالعمل حاضر* در معرض استفاده عموم کارشناسان و صاحبنظران قرار می‌گیرد. بدیهی است کاستی‌های آن با رهنمودهای ارزنده دست اندرکاران صنعت مرتفع خواهد شد.

غلامرضا خوش خلق

معاون هماهنگی توزیع شرکت توانیر

مقدمه و تاریخچه سند

پس از تبادل تفاهم نامه و واگذاری مسئولیت مدیریت تهیه "دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب، بهره‌برداری و سرویس و نگهداری تجهیزات شبکه‌های توزیع" با هدف تدوین راهنمای دست‌اندرکاران در زمینه نصب، نظارت، بهره‌برداری و سرویس و نگهداری تجهیزات توزیع از طرف شرکت توانیر به شرکت توزیع نیروی برق تهران بزرگ، استفاده از خدمات نهادهای مشاوره‌ای جهت تدوین پیش‌نویس دستورالعمل های مذکور در دستور کار قرار گرفت.

دستورالعمل حاضر تحت عنوان ***"دستورالعمل نصب، نظارت بر نصب، بهره‌برداری و سرویس و نگهداری پست هوایی"*** مشتمل بر چهار دستورالعمل به منظور استفاده پیمانکاران و مجریان در حوزه نصب تجهیزات و همکاران و پیمانکاران شاغل در حوزه بهره برداری و سرویس و نگهداری و همچنین دستگاه‌های نظارت جهت کنترل و نظارت بر اجرای عملیات نصب و بهره برداری تجهیزات توسط پژوهشکده انتقال و توزیع نیروی پژوهشگاه نیرو و با حضور اعضا به شرح زیر تدوین گردیده است.

صفر	فرضعلی‌زاده	رئیس پژوهشکده انتقال و توزیع نیرو
محمدرضا	شریعتی	مدیر گروه پژوهشی خط و پست
حمیده	قدیری	مدیر گروه تدوین
علی	نادری‌آسا	کارشناس تدوین
سارا	خیامیم	کارشناس تدوین

پیش نویس مذکور با حضور و مشارکت متخصصین و صاحبنظران صنعت برق در قالب کمیته‌ای با حضور اعضای گروه تدوین و افراد مشروحه ذیل در تاریخ ۹۰/۵/۲۳ مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفته است.

محمد	آریان‌فر	شرکت توزیع نیروی برق نواحی استان تهران
محمد علی	احمدی	شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد
حسین	اردکانی	شرکت توزیع نیروی برق نواحی استان تهران
وحید	باغشنی	شرکت توزیع نیروی برق خراسان شمالی
کیوان	حاجی‌بک‌زاده	شرکت مپنا
محمدصادق	حمیدی	شرکت صبا خازن
اسماعیل	خیام	شرکت وطن نیرو
افشین	رادمهر	شرکت تکوپادساز
داود	ربانی	شرکت توزیع نیروی برق شمالغرب تهران
محمود	سلام‌زاده	شرکت پایشگران برق آب نیروی البرز
علیرضا	صالحی	شرکت توزیع نیروی برق تهران بزرگ
سارا	صبرآموز	شرکت توزیع نیروی برق نواحی استان تهران
مجتبی	طاهریانفر	شرکت مهندسین البرز نیرو تابش

مهدی	فتحی‌رضایی	شرکت تابش تابلو
اکبر	فخاری	شرکت توزیع نیروی برق تهران بزرگ
محمدرضا	فراهانی	شرکت توزیع نیروی برق تهران بزرگ
کامران	قلی‌زاده	شرکت توزیع نیروی برق تهران بزرگ
امیر	کفایی	شرکت پارس تابلو
عباس	محمدی	شرکت منیران
مهرداد	مستقیمی	شرکت قدس نیرو
رضا	میهنی	شرکت توزیع نیروی برق نواحی استان تهران

بر خود لازم می دانم از آقای مهندس محمدرضا مشهدی فراهانی – مدیر پروژه، آقای مهندس اکبر یاورطلب – مدیر کل پشتیبانی فنی توزیع شرکت توانیر و آقای مهندس عبدالحمید ارسطو – قائم مقام و معاون مهندسی و نظارت شرکت توزیع نیروی برق تهران بزرگ به جهت حمایت و پشتیبانی و از آقای دکتر سید ابراهیم موسوی ترشیزی – ریاست پژوهشگاه نیرو و آقای مهندس محسن مرجانمهر – معاونت پژوهشی و کلیه اعضای تیم پروژه پژوهشگاه نیرو به جهت تدوین پیش نویس و کلیه اعضای محترم کمیته فنی که زحمت بررسی دستورالعمل را متقبل شدند و همچنین از آقای مهندس اکبر فخاری نیز به جهت اهتمام و پیگیری تدوین و تصویب دستورالعمل مذکور، تشکر و قدردانی نمایم. موجب امتنان خواهد بود اگر متخصصین، کارشناسان و دست اندرکاران با رهنمودهای ارزنده خویش ما را در رفع کاستی ها یاری نمایند.

سید محمد هاشمی

رئیس هیئت مدیره و مدیرعامل

شرکت توزیع نیروی برق تهران بزرگ

درباره دستورالعمل نصب، نظارت بر نصب، بهره‌برداری و سرویس و نگهداری پست هوایی

مطالعه دقیق این دستور العمل و سایر مدارک فنی و دستورالعمل‌های سازنده تجهیزات پست هوایی که به هنگام تحویل همراه تجهیزات می‌باشند، به کاربران این اجازه را می‌دهد تا استفاده بهینه را از تجهیز ببرند. لذا توجه به نکات زیر الزامی است:

- قبل از نصب، بهره‌برداری و سرویس و نگهداری یا تست پست هوایی این دستورالعمل و دستورالعمل سازنده تجهیزات پست بدقت مطالعه شود. بهره‌برداری، سرویس و نگهداری نادرست پست هوایی می‌تواند منجر به مرگ یا صدمات جانی بسیار شدید شود.
- کارایی رضایت‌بخش پست هوایی به نصب صحیح و سرویس و نگهداری کافی آن بستگی دارد.
- تجهیز توسط پرسنل دارای صلاحیت و آموزش دیده نصب، بهره‌برداری، سرویس و نگهداری شود.
- توجه شود که آسیب‌دیدگی تجهیزات پست هوایی ممکن است عملکرد درست آن را تحت‌الشعاع قرار دهد.
- لازم بذکر است توضیحات کامل درباره روش‌های استاندارد رفع عیب، اصول حفظ سلامتی و عملیات تعمیر در داخل این دستورالعمل وجود ندارد.

فهرست نسخ:

چاپ	ویرایش	تاریخ	توضیحات
صفر	یک	مرداد ماه ۱۳۹۰	این نسخه توسط پژوهشگاه نیرو تهیه و در کمیته تخصصی پست هوایی مورخ ۹۰/۵/۲۳ برگزار شده در پژوهشگاه نیرو مورد تایید اعضای کمیته قرار گرفته است.

دریافت‌کنندگان سند:

فهرست مطالب

۱-هدف و دامنه کاربرد ۱۶
۲-مراجع ۱۶
۳-محدوده اجرا ۱۷
۴-تعاریف و علائم ۱۷
۵-پست هوایی ۲۰
۵-۱-محل نصب پست هوایی ۲۱
۵-۲-محدوده نصب ۲۲
۵-۳-بخش‌های مختلف پست هوایی ۲۲
۵-۳-۱-ترانسفورماتور ۲۶
۵-۳-۱-۱-مخزن (تانک) ۲۹
۵-۳-۱-۲-کنسرواتور (منبع انبساط) ۲۹
۵-۳-۱-۳-بوشینگ‌ها ۲۹
۵-۳-۱-۴-تپ‌چنجر ۲۹
۵-۳-۱-۵-نشان‌دهنده سطح روغن (روغن نما) ۳۰
۵-۳-۱-۶-رطوبت‌گیر ۳۰
۵-۳-۱-۷-شیر نمونه‌برداری و تخلیه روغن ۳۰
۵-۳-۱-۸-ترمینال زمین ۳۱
۵-۳-۱-۹-برقگیر آرماتور (میله‌ای یا شاخکی) ۳۱
۵-۳-۱-۱۰-پلاک مشخصات ۳۱
۵-۳-۲-کات‌اوت فیوز ۳۲
۵-۳-۲-۱-پایه نصب ۳۴
۵-۳-۲-۲-مقره اتکایی ۳۴
۵-۳-۲-۳-پایه فیوز ۳۴
۵-۳-۲-۴-فیوزگیر (دسته کات‌اوت) ۳۴
۵-۳-۲-۵-لینک فیوز ۳۴

۵-۳-۳-برقگیر ۳۴
۵-۳-۴-تابلوی فشار ضعیف ۳۵
۵-۳-۵-پایه ۳۶
۵-۳-۵-۱-آرایش شبکه ۳۷
۵-۳-۶-سکوی ترانسفورماتور ۳۷
۵-۳-۷-کابل ۴۰
۵-۳-۸-سیستم زمین ۴۰
۵-۳-۹-مقره ۴۱
۵-۳-۱۰-هادی آلومینیوم- فولاد ۴۲
۵-۳-۱۱-کنسول ۴۳
۵-۳-۱۲-سکوی زیر تابلو فشار ضعیف ۴۳
۶-دستورالعمل نصب ۴۵
۶-۱-فهرست ابزار و ماشین‌آلات مورد نیاز ۴۵
۶-۲-انبارداری و حمل و نقل ۴۶
۶-۲-۱-انبارداری و حمل و نقل پایه‌های بتنی ۴۶
۶-۲-۱-۱-انبارداری ۴۷
۶-۲-۱-۲-حمل و نقل ۴۸
۶-۲-۲-انبارداری و حمل و نقل ترانسفورماتور ۵۰
۶-۲-۲-۱-انبارداری ۵۰
۶-۲-۲-۲-حمل و نقل ۵۱
۶-۲-۳-انبارداری و حمل و نقل تابلوی فشار ضعیف ۵۲
۶-۲-۳-۱-انبارداری ۵۲
۶-۲-۳-۲-حمل و نقل ۵۳
۶-۲-۴-انبارداری و حمل و نقل کات‌اوت فیوز و برقگیر ۵۳
۶-۲-۴-۱-انبارداری ۵۳
۶-۲-۴-۲-حمل و نقل ۵۴
۶-۳-مراحل نصب ۵۵

۶-۳-۱-دستورالعمل نصب پست هوایی تک‌پایه ۵۵
۶-۳-۱-۱-پایه ۵۷
۶-۳-۱-۲-سکوی ترانسفورماتور ۶۱
۶-۳-۱-۳-ترانسفورماتور ۶۲
۶-۳-۱-۴-کات‌اوت فیوز و برقگیر ۶۳
۶-۳-۱-۵-تابلو ۶۴
۶-۳-۱-۶-نحوه اتصالات ۶۴
۶-۳-۱-۷-سیستم زمین ۶۹
۶-۳-۱-۸-کاورینگ ترانسفورماتور ۷۲
۶-۳-۲-دستورالعمل نصب پست هوایی دو پایه ۷۲
۶-۳-۲-۱-پایه ۷۳
۶-۳-۲-۲-سکوی ترانسفورماتور ۷۴
۶-۳-۲-۳-ترانسفورماتور ۷۴
۶-۳-۲-۴-کات‌اوت فیوز و برقگیر ۷۴
۶-۳-۲-۵-تیغه جداسازی هوایی ۷۵
۶-۳-۲-۶-سکوی سرکابل ۷۵
۶-۳-۲-۷-تابلو ۷۶
۶-۳-۲-۸-نحوه اتصالات ۷۸
۶-۳-۲-۹-سیستم زمین ۸۱
۶-۳-۲-۱۰-کاورینگ ترانسفورماتور ۸۱
۶-۴-آزمون‌های مورد نیاز پیش از راه‌اندازی ۸۱
۶-۵-مراحل راه‌اندازی ۸۳
۷-دستورالعمل نظارت بر نصب تجهیز ۸۴
۷-۱-فهرست ابزارآلات مورد نیاز ۸۴
۷-۲-آیین‌کار و روش اجرایی ۸۴
۸-دستورالعمل بهره‌برداری ۹۱
۸-۱-فهرست ابزار و ماشین‌آلات مورد نیاز ۹۱

۸-۲-شرایط بهره‌برداری ۹۱
۸-۲-۱-تابلوی فشار ضعیف ۹۱
۸-۲-۲-ترانسفورماتور ۹۴
۸-۲-۳-کات‌اوت فیوز ۹۴
۸-۲-۴-برقگیر ۹۶
۸-۳-روش بهره‌برداری ۹۷
۸-۳-۱-قطع و وصل فیدر تغذیه‌کننده پست ۹۷
۸-۳-۲-نحوه عملکرد انواع کلیدفیوز ۹۹
۸-۳-۳-تحلیل ۱۰۰
۸-۳-۴-کار با خط گرم ۱۰۰
۸-۳-۵-چک‌لیست سیستم زمین ۱۰۱
۹-دستورالعمل سرویس و نگهداری ۱۰۳
۹-۱-فهرست ابزار و ماشین‌آلات مورد نیاز ۱۰۳
۹-۲-آیین‌کار و روش اجرایی ۱۰۴
۹-۳-سرویس و نگهداری ۱۰۸
۹-۳-۱-سرویس و نگهداری ترانسفورماتور ۱۰۸
۹-۳-۱-۱-دوره‌ای ۱۰۸
۹-۳-۱-۲-پس از وقوع خطا ۱۱۰
۹-۳-۲-سرویس و نگهداری تابلو فشار ضعیف ۱۱۲
۹-۳-۲-۱-دوره‌ای ۱۱۲
۹-۳-۲-۲-پس از وقوع خطا ۱۱۳
۹-۳-۳-سرویس و نگهداری کات‌اوت فیوز ۱۱۴
۹-۳-۳-۱-دوره‌ای ۱۱۴
۹-۳-۳-۲-پس از وقوع خطا ۱۱۴
۹-۳-۴-سرویس و نگهداری برقگیر ۱۱۵
۹-۳-۴-۱-دوره‌ای ۱۱۵
۹-۳-۵-پس از وقوع خطا ۱۱۶

۹-۴-گزارش‌گیری ۱۱۶
۹-۴-۱-گزارش سرویس و نگهداری ۱۱۶
۹-۴-۲-گزارش بروز نقص فنی ۱۱۷
پیوست (۱): پست هوایی RMU ۱۱۸
پیوست (۲): جنس زمین ۱۲۱
پیوست (۳): دستورالعمل استفاده از بنتونیت (مواد کاهش‌دهنده مقاومت) ۱۲۲
پیوست (۴): حریم ۱۲۴
پیوست (۵): جریان فشار ضعیف ترانسفورماتور ۱۲۶
پیوست (۶): آمپراژ المان فیوز فشار متوسط ۱۲۷

فهرست اشکال

شکل (۱): پست هوایی نصب شده بر روی شبکه فشار متوسط هوایی ۲۲
شکل (۲): پست هوایی تک‌پایه ۲۳
شکل (۳): پست هوایی نصب شده بر روی شبکه فشار متوسط زمینی ۲۴
شکل (۴): شماتیک پست هوایی نصب شده بر روی شبکه فشار متوسط هوایی ۲۵
شکل (۵): انواع متداول ترانسفورماتورهای ۲۵ و ۵۰ کیلوولت‌آمپر ۲۷
شکل (۶): انواع متداول ترانسفورماتورهای با ظرفیت بیش از ۵۰ کیلوولت‌آمپر ۲۸
شکل (۷): یک نمونه تپ‌چنجر ۲۹
شکل (۸): یک نمونه از نشان‌دهنده‌های سطح روغن (روغن‌نما) ۳۰
شکل (۹): انواع کات اوت فیوزها از لحاظ ساختمان ۳۲
شکل (۱۰): کات اوت فیوز ۳۳
شکل (۱۱): نمونه‌ای از پایه بتنی ۳۶
شکل (۱۲): نمونه‌ای از انواع آرایش هادی‌ها در شبکه هوایی ۳۸
شکل (۱۳): سکوی ترانسفورماتور تک‌پایه ۳۹
شکل (۱۴): سکوی ترانسفورماتور دوپایه ۳۹
شکل (۱۵): هادی‌های آلومینیوم–فولاد استاندارد متداول در شبکه توزیع ۴۲
شکل (۱۶): نمونه‌ای از سکوی بتنی پیش‌ساخته ۴۴
شکل (۱۷): نمونه‌ای از سکوی آجرچینی شده ۴۴
شکل (۱۸): طرز قرار گرفتن تیرهای بتنی چهارگوش به روی زمین و یا بر روی کف تریلر ۴۸
شکل (۱۹): قرار دادن تیرهای برروی تریلر ۴۹
شکل (۲۰): شاهین جهت بلند کردن تیر ۵۰
شکل (۲۱): اجرای فونداسیون و نصب پایه‌های بتونی ۵۹
شکل (۲۲): نحوه سنگ چینی دور پایه برای مناطقی با احتمال آب گرفتگی ۵۹
شکل (۲۳): روش گودبرداری، نصب و دورچینی‌های تیرهای بتونی در زمین‌های باتلاقی ۶۱
شکل (۲۴): نحوه نصب سکوی ترانسفورماتور تک‌پایه ۶۲
شکل (۲۵): اجرای سیستم زمین حفاظتی و الکتریکی و سیستم پد در اطراف پست هوایی ۶۸
شکل (۲۶): نمونه‌ای از تیغه جداساز هوایی ۷۶
شکل (۲۷): فونداسیون سکوی پیش‌ساخته بتنی ۷۷

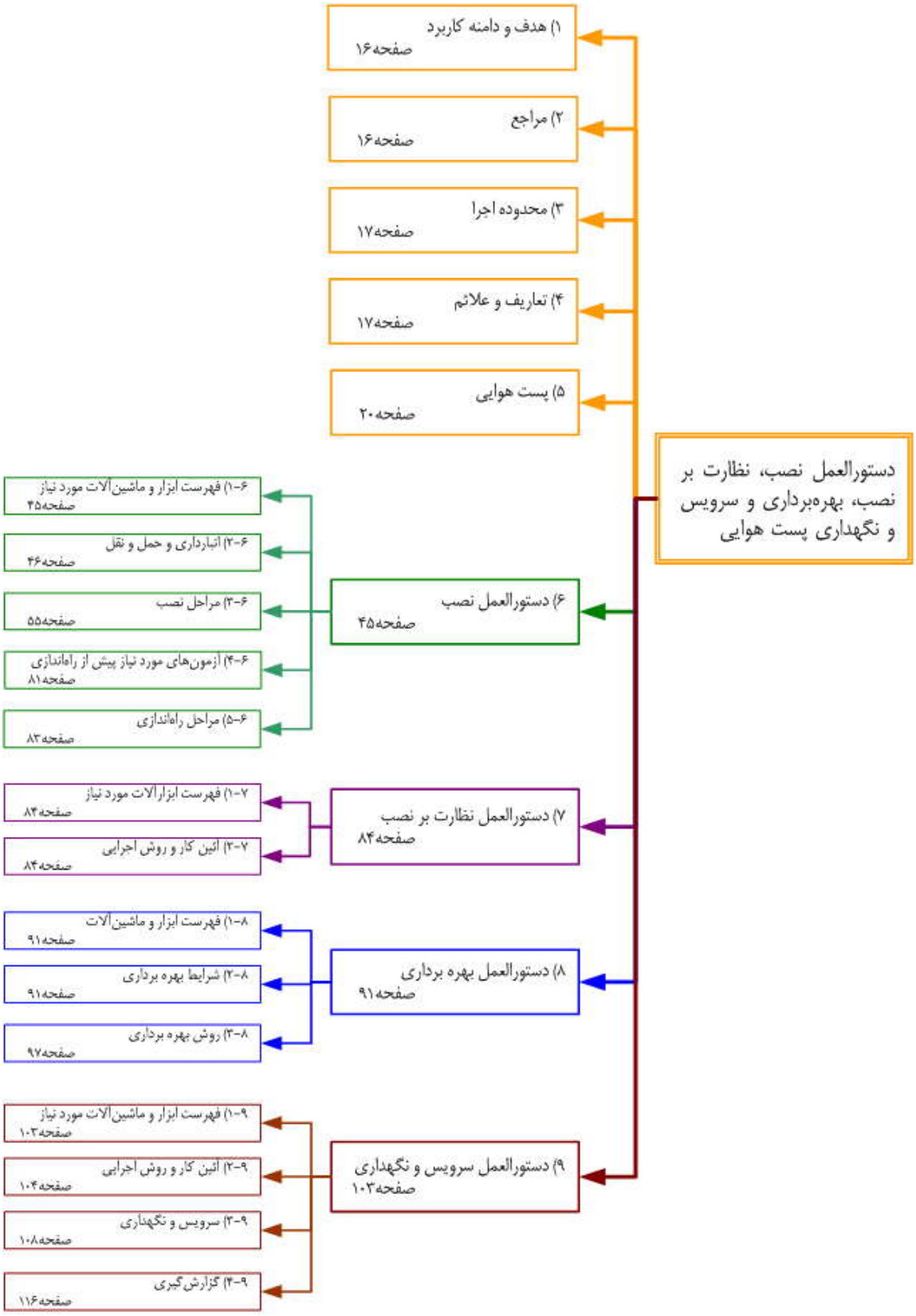
شکل (۲۸): سکوی آجرچینی شده ۷۸
شکل (۲۹): تعیین ضریب K_A برای تصحیح ارتفاع محل نصب کلید قدرت ۹۶
شکل (پ-۱-۱): نمونه‌ای از پست هوایی RMU ۱۲۰

پیش نویس

فهرست جداول

جدول (۱): مقایسه پست‌های هوایی و زمینی ۲۰
جدول (۲): ابعاد ترانسفورماتورهای متداول در پست‌های توزیع ۲۶
جدول (۳): هادی آلومینیوم – فولاد استاندارد متداول در شبکه‌های توزیع ۴۲
جدول (۴): فهرست ابزار و ماشین‌آلات مورد نیاز ۴۵
جدول (۵): ابعاد گودال مناسب جهت دفن تیرهای بتنی ۵۸
جدول (۶): نوع پایه و نحوه قرارگیری ترانسفورماتور ۵۸
جدول (۷): مفتول‌های اصلی ۷۹
جدول (۸): فهرست ابزارآلات مورد نیاز جهت نظارت بر نصب ۸۴
جدول (۹): چک لیست کنترلی نظارت بر نصب پست هوایی ۸۵
جدول (۱۰): فهرست ابزار و ماشین‌آلات مورد نیاز جهت بهره‌برداری پست هوایی ۹۱
جدول (۱۱): ضرایب تصحیح برحسب ارتفاع ۹۳
جدول (۱۲): پارامترهای آب و هوایی در شرایط کاری استاندارد ترانسفورماتورها ۹۴
جدول (۱۳): پارامترهای محیطی و شرایط کاری استاندارد ۹۴
جدول (۱۴): پارامترهای آب و هوایی و شرایط کاری استاندارد برقگیر ۹۶
جدول (۱۵) چک لیست الکترود زمین ۱۰۲
جدول (۱۶): فهرست ابزار و ماشین‌آلات مورد نیاز جهت سرویس و نگهداری پست هوایی ۱۰۳
جدول (۱۷): کارت مشخصه سرویس و نگهداری پست هوایی ۱۰۵
جدول (پ–۴–۱): حریم خطوط توزیع ۱۲۴
جدول (پ–۴–۲): فواصل هوایی مجاز هادی خطوط فشار متوسط و فشار ضعیف ۱۲۵
جدول (پ–۵–۱): جریان سمت فشار ضعیف ترانسفورماتور ۱۲۶
جدول (پ–۶–۱): آمپراژ المنت فیوز و متناسب با ظرفیت ترانسفورماتور ۱۲۷

رهیابی سریع مطالب



۱- هدف و دامنه کاربرد

این سند با هدف ایجاد وحدت رویه در تعیین روش‌های نصب، نظارت بر نصب، بهره‌برداری و سرویس و نگهداری پست هوایی و هماهنگ سازی و شفافیت در نحوه انجام فرآیندهای مربوطه تهیه و تدوین گردیده است. دامنه کاربرد مطالب در این دستورالعمل معیارها و ویژگی‌های فنی و اجرایی پست های توزیع هوایی را شامل می‌شود. موارد مرتبط با تعیین الزامات و معیارهای ارزیابی فنی و آزمون‌های تجهیزات شبکه های توزیع در محدوده کاربرد این دستورالعمل قرار نمی‌گیرد.

۲- مراجع

دستورالعمل سیستم اتصال زمین شبکه‌های توزیع	مرکز تحقیقات نیرو (متن) دی‌ماه ۷۴
دستورالعمل نصب پست هوایی تک‌پایه	معاونت هماهنگی توزیع دفتر پشتیبانی فنی توزیع- کمیته تحقیقات بررسی پست‌های هوایی تک‌پایه، ویرایش ۱، ۸۷/۹/۹
استاندارد تابلوهای مورد استفاده در شبکه توزیع	جلدهای اول و دوم و سوم، آذرماه ۷۴
استاندارد خطوط هوایی توزیع	شماره S-۵۱
استاندارد خطوط هوایی توزیع	جلدهای دوم و پنجم، مرداد و شهریور ۷۶
نشریه شماره ۳۷۴ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور	مشخصات فنی عمومی و اجرایی خطوط توزیع برق هوایی و کابلی فشار متوسط و فشار ضعیف
نشریه شماره ۳۷۵ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور	مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست های توزیع هوایی و زمینی ۲۰ و ۳۳ کیلوولت
بروشورها و مدارک سازندگان	

۳- محدوده اجرا

محدوده اجرای این دستورالعمل در برگیرنده کلیه شرکت‌های توزیع، مشاوران، سازندگان، تامین‌کنندگان و پیمانکاران توزیع نیروی برق کشور است.

۴- تعاریف و علائم

پست به مجموعه‌ای از تجهیزات قدرت شامل کلیدها، ترانسفورماتورها، ادوات حفاظتی، اندازه‌گیری و ... که وظیفه انتقال و یا تبدیل انرژی الکتریکی را به عهده دارند پست گویند.

پست هوایی به پست هایی که تجهیزات آن در هوای باز و بر روی پایه نصب می‌شوند پست هوایی می‌گویند (در شرکت های توزیع به این پست ها، ترانس هوایی نیز اطلاق می‌شود).

ترانسفورماتور قدرت مبدلی است که توان مورد نیاز مصرف کننده را در سطح ولتاژ مشخص بدون تغییر در فرکانس سیستم تامین می‌کند.

تابلو فشار ضعیف توزیع برق فشار ضعیف به مشترکین، همچنین تامین روشنایی معابر و خیابان ها توسط تابلوی فشار ضعیف انجام می‌گیرد. تابلوهای بکار گرفته شده در سطح ولتاژ زیر یک کیلوولت را در اصطلاح تابلوهای فشار ضعیف گویند.

کات‌اوت فیوز کات‌اوت فیوز وسیله‌ای است که دارای یک عنصر ذوب شونده بوده و به هنگام عبور جریان خطا و در اثر افزایش دما ذوب شده و جریان عبوری از آن قطع می‌شود.

برقگیر برقگیرها عناصری هستند که جهت مهار اضافه ولتاژهای ناشی از عواملی نظیر کلیدزنی و صاعقه بکار گرفته می‌شوند.

کنسول	جهت نگهداری هادی‌ها و مقره‌ها بر روی پایه از کنسول استفاده می‌شود.
مقره	مقره ها وسایلی هستند که وظیفه عایق سازی شبکه با زمین را به عهده دارند.
زمین کردن	عبارت است از اتصال یک مدار الکتریکی یا تجهیز با زمین و یا یک بدنه فلزی به اندازه کافی بزرگ که می تواند به صورت زمین فرض شود.
جریان زمین	جریانی که به زمین وارد و یا از زمین خارج می‌گردد.
الکترود زمین	یک قطعه یا قسمتی از هادی یا گروهی متشکل از قطعات هادی که در تماس بسیار نزدیکی با زمین بوده و با آن اتصال الکتریکی برقرار می‌کند.
هادی زمین	هادی است که یک مسیر رسانا یا قسمتی از یک مسیر رسانا را بین یک نقطه خاص از سیستم یا دستگاه و یک الکترود زمین فراهم می‌کند.
مقاومت زمین	مقاومت الکتریکی موجود بین الکترود زمین و زمین، مقاومت زمین نامیده می‌شود.
ترانسفورماتور روغنی کنسرواتوری	به ترانسفورماتوری که هسته و سیم‌پیچ آن داخل روغن قرار دارد و افزایش و کاهش حجم روغن در اثر گرم شدن و سردتر شدن روغن در مخزن کنسرواتور آن جبران می شود، ترانسفورماتور روغنی کنسرواتوری گویند.
ترانسفورماتور هرمتیک	به ترانسفورماتوری که روغن آن با هوای آزاد هیچگونه ارتباطی نداشته و مخازن آن کاملا مسدود است ترانسفورماتور هرمتیک گویند.
مفتول اصلی	مفتولی است که جهت بستن هادی به مقره بکار می‌رود.
اصلی کردن هادی	بستن هادی به مقره توسط مفتول را اصلی کردن هادی گویند که به دو صورت اصلی کردن هادی به بالای مقره و اصلی کردن هادی به کنار مقره تحقق می‌یابد.

فیوز وسیله‌ای که به هنگام عبور جریان های خطا، المان ذوب شونده آن ذوب شده و جریان خطا قطع می‌گردد.

هادی آلومینیوم- فولاد به هادی با تعدادی مفتول از جنس آلومینیوم به همراه مفتول یا مفتول‌های فولادی در مرکز گفته می‌شود.

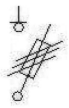
حریم در احداث یا اصلاح خط هوایی و یا تاسیسات الکتریکی، فواصل هوایی مجاز بین خطوط برقدار با عناصر و طبیعت اطراف آن، تابع قوانین و مقرراتی است که در کلیه کشورهای جهان تحت عنوان "حریم خطوط انتقال و توزیع نیرو برق" رعایت می‌شوند.

پایه واحد اصلی تکیه‌گاه هادی‌ها است.

این علامت در مدارهای الکتریکی نمایشگر پایه عبوری است.

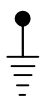
این علامت در مدارهای الکتریکی نمایشگر پایه انتهایی است.

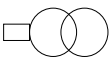
این علامت در مدارهای الکتریکی نمایشگر ترانسفورماتور هوایی است.

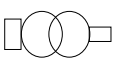

این علامت در مدارهای الکتریکی نمایشگر کات‌اوت فیوز است.

این علامت در مدارهای الکتریکی نمایشگر برقگیر است.

این علامت در مدارهای الکتریکی نمایشگر خطوط سه فاز است.


این علامت در مدارهای الکتریکی نمایشگر زمین الکتریکی یا حفاظتی است.


این علامت در مدارهای الکتریکی نمایشگر پست هوایی تک‌پایه است.


این علامت در مدارهای الکتریکی نمایشگر پست هوایی دو پایه است.

۵- پست هوایی

پست هوایی مجموعه ای از تجهیزات مشتمل بر ترانسفورماتور، تابلوی فشار ضعیف، کات‌اوت فیوز، برقگیر و ... است که در هوای آزاد و بر روی پایه نصب می‌گردد. پست های هوایی به فیدرهای فشار متوسط متصل می‌شود و ولتاژ فشار متوسط را به ولتاژ مصرف کاهش می‌دهند. سطوح ولتاژی فشار متوسط در شبکه برق ایران ۱۱، ۲۰ و ۳۳ کیلوولت می‌باشند که گستردگی شبکه ۲۰ کیلوولت در سطح کشور بیشتر و سطوح ولتاژی ۱۱ و ۳۳ کیلوولت در چند شهر جنوبی کشور کاربرد دارند. سطوح ولتاژ فشار ضعیف (ولتاژ مصرف) در شبکه برق کشور (۴۰۰-۳۸۰) ولت سه فاز و (۲۳۱-۲۲۰) ولت تک‌فاز است.

چنانچه افزایش نصب پست هوایی باعث گسترش بهینه شبکه‌های فشار متوسط شود می‌تواند مزایایی از قبیل کاهش اقتصادی تلفات، رفع مشکل ناشی از عدم تعادل جریان در فیدرهای فشار ضعیف طولانی، امکان متعادل‌سازی بار ترانسفورماتورها به دلیل کاهش تعداد مشترکین تحت پوشش هر ترانسفورماتور، کاهش چشمگیر هزینه‌های مربوط به تعمیر و نگهداری فیدرهای فشار ضعیف، افزایش کیفیت برق با جداسازی مشترکین، رفع مشکلات افت ولتاژ در فیدرهای فشار ضعیف طولانی و کاهش انتشار اختلالات را در بردارد. البته استفاده مناسب از شبکه فشار ضعیف نیز مزایایی از جمله رفع مشکلات حریم موجود در شبکه‌های فشار متوسط، افزایش قابلیت اطمینان شبکه از طریق امکان انجام مانور در سطح فشار ضعیف، افزایش ضریب بهره برداری ترانسفورماتورهای شبکه از طریق ایجاد پوشش موثر در ناحیه سرویس دهی ترانسفورماتور، افزایش زیبایی شهری از طریق کاهش تعداد ترانسفورماتورهای منصوبه و پایین بودن هزینه های احداث در مقایسه با شبکه‌های فشار متوسط را در بر دارد. پست های هوایی در مقایسه با پست‌های زمینی دارای مزایا و معایبی هستند که در جدول (۱) به آن پرداخته شده است.

جدول (۱): مقایسه پست‌های هوایی و زمینی

	پست‌هوایی	پست زمینی
مزایا	متعادل سازی بار ترانسفورماتور به دلیل کاهش تعداد مشترکین تحت پوشش هر ترانسفورماتور تلفات کمتر با توجه به محدودسازی گسترش شبکه فشار ضعیف و نزدیکی به مصرف‌کننده عیب یابی سریع و آسان هزینه سرمایه گذاری اولیه کمتر کیفیت مناسب توان تحویلی کاهش مشکلات ناشی از زمین پست	حفظ زیبای محیطی سرویس و نگهداری سریع‌تر و راحت‌تر و ایمنی بیشتر عدم امکان استفاده غیر مجاز برق عدم مشکل حریم عمر بیشتر تجهیزات پست استفاده از ظرفیت‌های بالاتر قابلیت اطمینان بالاتر با توجه به رینگ شبکه قابلیت اتوماسیون سهل‌تر سرویس دهی پایدار در شرایط آب و هوایی نامساعد

ادامه جدول (۱):

	پست‌هوایی	پست زمینی
معایب	هزینه بهره برداری و تعمیر و نگهداری بیشتر تجهیـز در طول سال‌های بهره‌برداری مشکل رعایت حریم و محدودیت‌های نصب کاهش طول عمر شبکه و تجهیزات در معرض حوادث جوی طبیعی و خطاهای انسانی بـوده و نرخ خطا در آن بالاست بر هم زدن زیبایی و مبلمان شهری احتمال بالای سرقت برق ایمنی کمتر و احتمال حادثه آفرینی بالا	توزیع نامتقارن بار با توجه به افزایش تعداد مشترکین هزینه بیشتر تجهیز پست قیمت بالای زمین جهت احداث پست ساختمانی عدم امکان تخصیص زمین پست در تمامی مناطق مورد نیاز عیب‌یابی زمان‌بر و پر هزینه است.

۵-۱- محل نصب پست هوایی

پست های هوایی از لحاظ محل نصب به سه دسته به شرح ذیل تقسیم‌بندی می‌شوند.

- پست های هوایی نصب شده در انتهای خط هوایی
- پست های هوایی نصب شده در وسط خط هوایی
- پست هایی هوایی نصب شده به روی خطوط زمینی[۱]

محل نصب پست هوایی بایستی دارای مشخصات و شرایط ذیل باشد.

- زمین محل احداث پست هوایی بایستی خشک و عاری از هر گونه موانع هوایی مانند درخت‌های بلند باشد.
- محل احداث پست هوایی بایستی از نظر راه های دسترسی مناسـب باشـد تـا در هنگـام نصـب و تعمیـرات مشکلی به وجود نیاید.
- اطراف پایه های پست هوایی بایستی به شعاع ۱/۵ متر خالی از معارض باشد.
- خاک اطراف پایه های پست هوایی بایستی عاری از هر گونه مانع جهت نصب پایه ها و سیستم زمین باشد.
- محل احداث پست هوایی بایستی خارج از محدوده‌های حریم باشد[۲].

---

[۱] - در صورتی که به هیچ وجه امکان تجهیز پست زمینی، زیرزمینی و پیش ساخته وجود نداشته باشد، پسـت هـوایی بـه روی خطـوط فشار متوسط زمینی نصب می‌گردد.

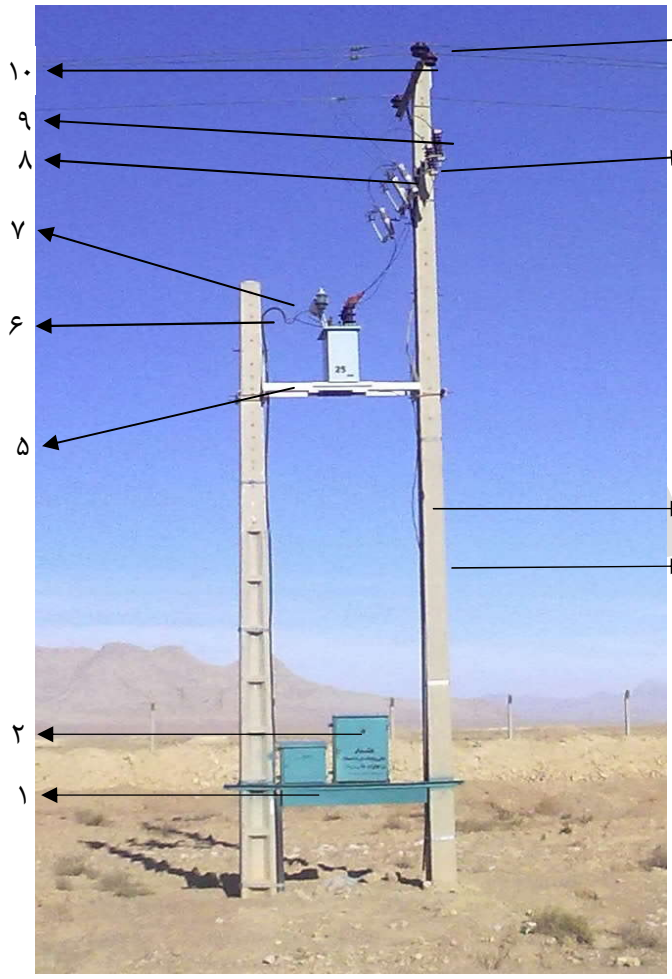
[۲] – در پیوست شماره ۳ به محدوده حریم مورد استفاده در این دستورالعمل اشاره شده است.

۵-۲- محدوده نصب

پست‌های هوایی به طور معمول در محدوده‌ها حاشیه بزرگراه‌ها، اتوبان‌های کمربندی و مبادی ورودی شهر و در درون شهرک‌های مسکونی حاشیه‌ای و خیابان های با عرض بیشتر از ۱۲ متر نصب می‌گردند.

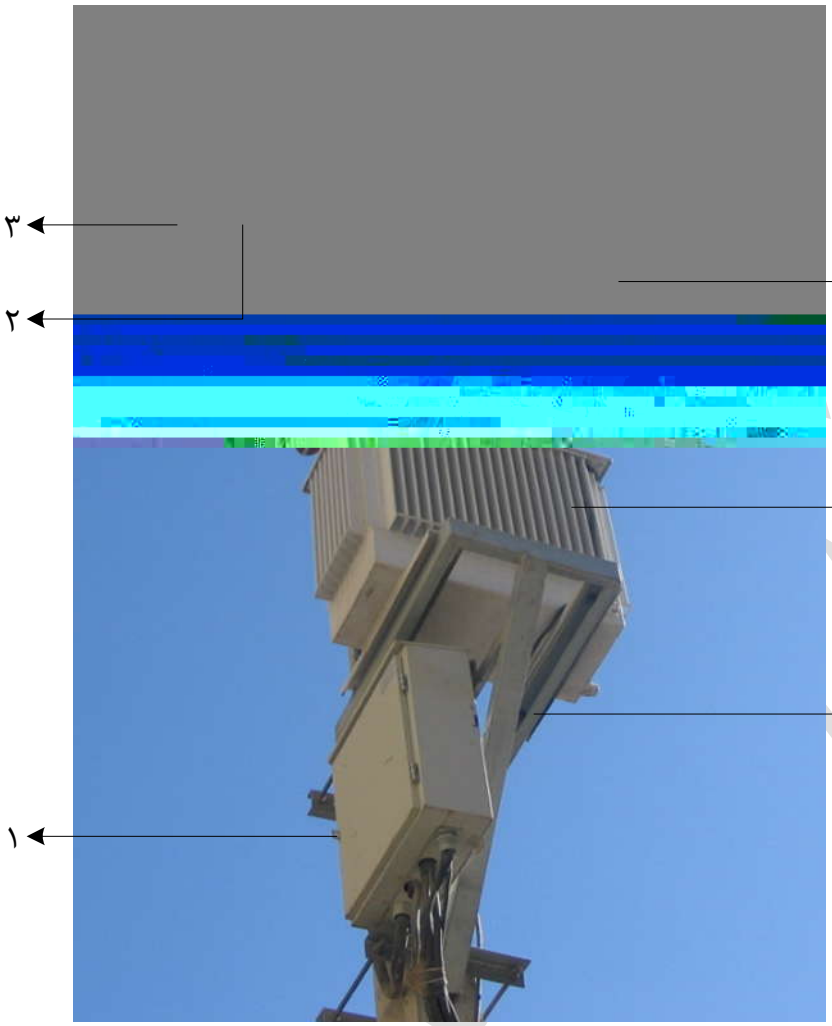
۵-۳- بخش‌های مختلف پست هوایی

شکل واقعی و شماتیک پست هوایی با معرفی بخش‌های مختلف آن در شکل‌های (۱) الی (۴) نشان داده شده است. در ادامه هر یک از قسمت‌های مختلف آن معرفی و تشریح می‌گردد.



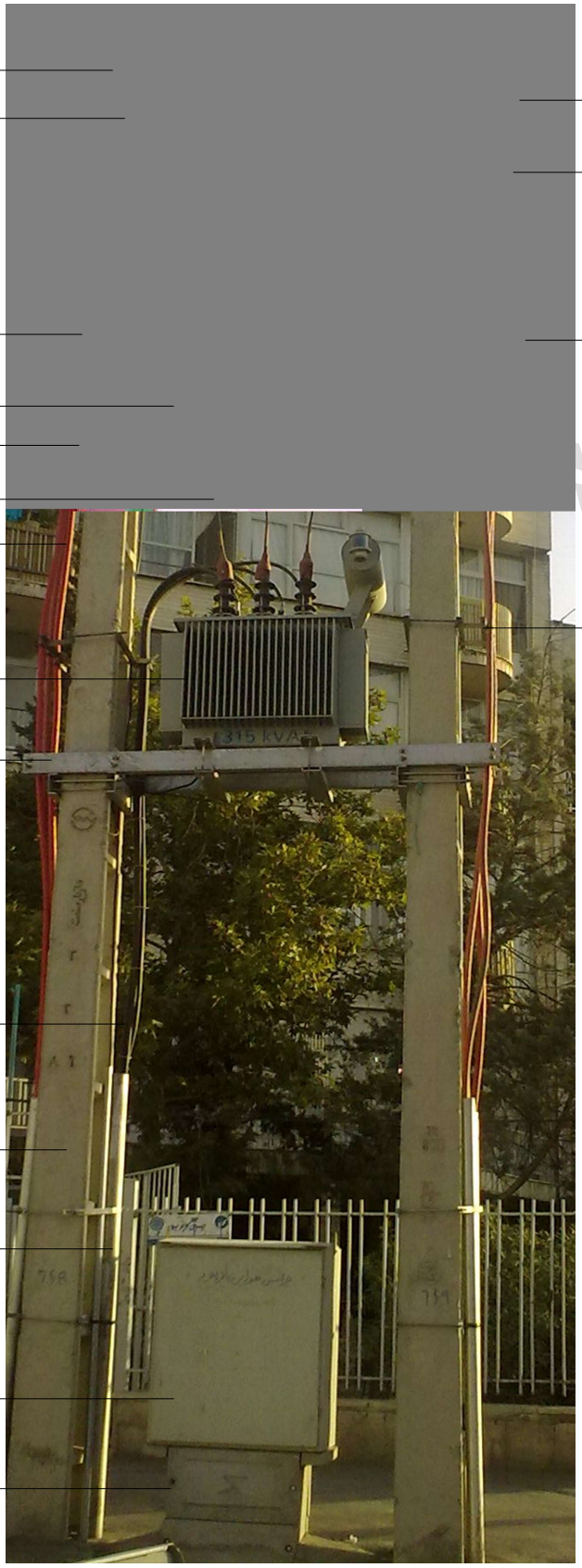
۱	سکوی فلزی
۲	تابلوی فشار ضعیف
۳	پایه ۱۲ متری
۴	کابل ۵۰×۱
۵	سکوی ترانسفورماتور
۶	پایه ۹ متری
۷	کابل ارتباط دهنده ترانسفورماتور و تابلو
۸	کات‌اوت‌فیوز
۹	برقگیر
۱۰	کنسول افقی
۱۱	مقره
۱۲	سکوی کات‌اوت – برقگیر

شکل (۱): پست هوایی نصب شده بر روی شبکه فشار متوسط هوایی



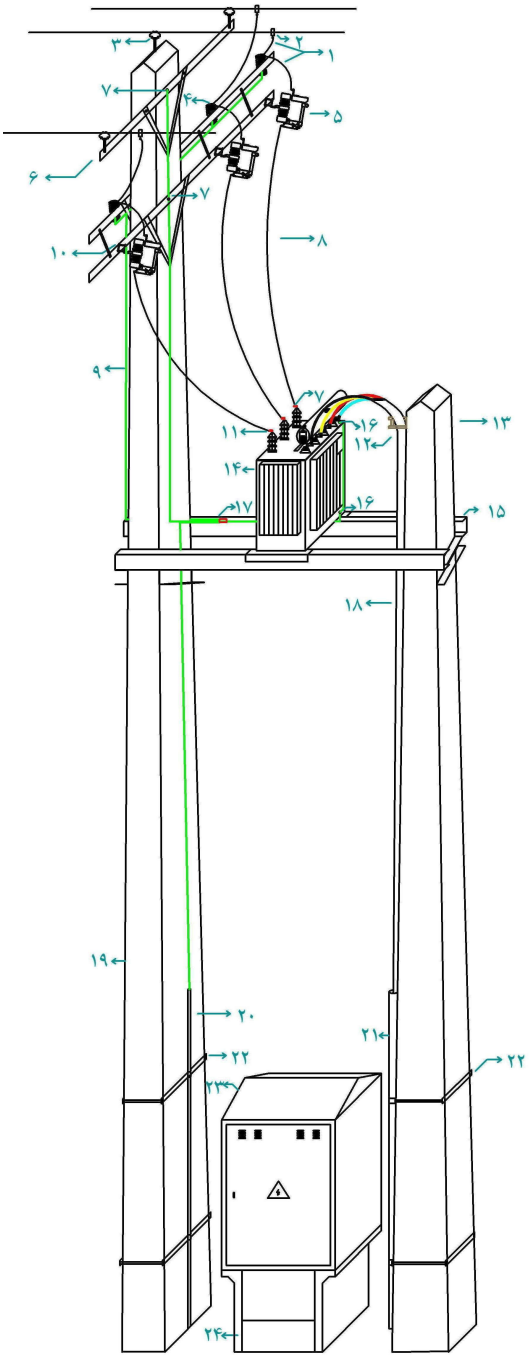
۱ تابلو فشار ضعیف
۲ برقگیر
۳ سکوی کات‌اوت فیوز- برقگیر
۴ سکوی ترانسفورماتور تک‌پایه
۵ ترانسفورماتور
۶ کات‌اوت فیوز

شکل (۲): پست هوایی تک‌پایه



۱ سکوی بتنی پیش‌ساخته
۲ تابلو فشار ضعیف
۳ لوله متناسب با قطعه کابل
۴ پایه بتونی ۱۲ متری
۵ سکوی ترانسفورماتور
۶ ترانسفورماتور
۷ کابل ارتباط ترانس به تابلو
۸ کابل مسی به مقطع ۵۰ × ۱
۹ سیم مسی روکشدار نمره ۵
۱۰ کات اوت‌فیوز
۱۱ سکوی سرکابل غیر روغنی
۱۲ سکوی کات‌اوت فیوز–برقگیر
۱۳ کنسول ۹۰ درجه
۱۴ مقره سوزنی
۱۵ هادی آلومینیوم – فولاد
۱۶ سرکابل حرارتی
۱۷ نگهدارنده کابل
۱۸ تیغه جداساز هوایی

شکل (۳): پست هوایی نصب شده بر روی شبکه فشار متوسط زمینی



۱ هادی آلومینیوم–فولاد (هادی روکش‌دار) فشار متوسط
۲ گیره های لاین آلومینیومی و یا کلمپ دو پیچه آلومینیومی
۳ مقره
۴ برقگیر
۵ کات‌اوت فیوز
۶ کنسول ۱/۵ متری نمره ۷
۷ کابلشو مسی نمره ۵۰
۸ سیم یا کابل مسی به مقطع ۵۰ میلیمتر مربع
۹ کابل مسی به مقطع ۵۰ × ۱
۱۰ براکت کات اوت‌فیوز
۱۱ شینه مسی
۱۲ آتریه
۱۳ پایه بتونی ۹ متری
۱۴ ترانسفورماتور
۱۵ سکوی ترانسفورماتور
۱۶ پیچ محل اتصال سیستم ارتینگ
۱۷ کلمپ مسی نمره ۵۰
۱۸ کابل ارتباط ترانس به تابلو
۱۹ پایه بتونی ۱۲ متری
۲۰ لوله فلزی گالوانیزه یک اینچ
۲۱ لوله (متناسب با قطر کابل)
۲۲ تسمه گالوانیزه
۲۳ تابلو فشار ضعیف
۲۴ سکوی بتنی پیش‌ساخته

شکل (۴): شماتیک پست هوایی نصب شده بر روی شبکه فشار متوسط هوایی

۵-۳-۱- ترانسفورماتور

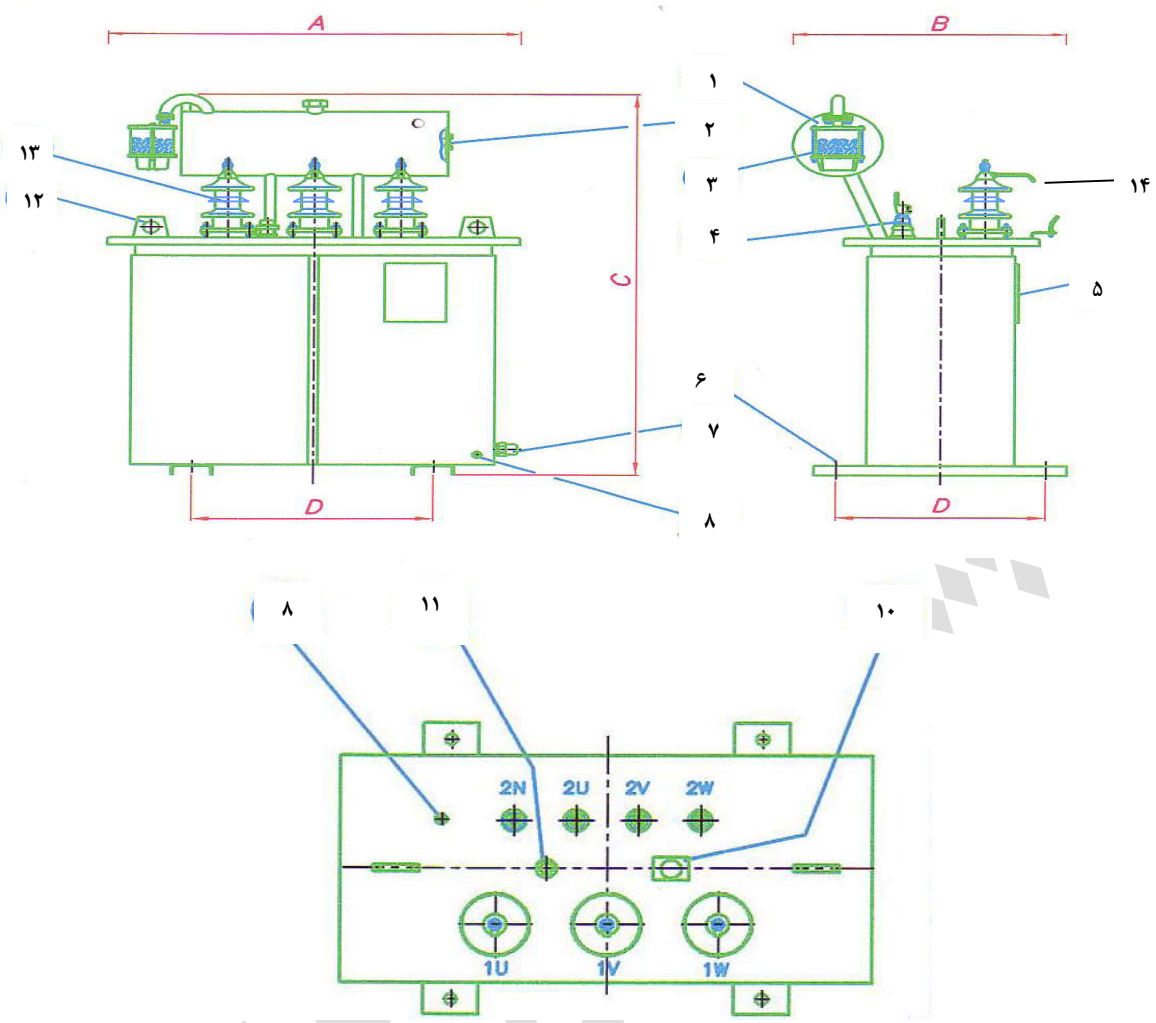
یکی از تجهیزات اصلی مورد نیاز در صنعت برق (از مبدا تولید انرژی الکتریکی تا نقطه مصرف) ترانسفورماتور است که همچون حلقه اتصال، این شبکه گسترده را به هم متصل کرده و با کاهش یا افزایش فاکتورهای الکتریکی (ولتاژ و جریان) امکان انتقال بهینه این انرژی ارزشمند را فراهم نموده است. به عبارت دیگر ترانسفورماتور مبدلی است که بدون تغییر د ر فرکانس سیستم، توان مورد نیاز مصرف کننده را در سطح ولتاژ مشخص تامین می‌کند.

ترانسفورماتورهای نصب شده در پست‌های هوایی به طور معمول در ظرفیت‌های ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۱۶۰، ۲۰۰، ۲۵۰، ۳۱۵ و ۴۰۰ کیلوولت آمپر و از نوع روغنی کنسرواتوری و روغنی هرمتیک است که سطوح ولتاژی فشار متوسط را به ولتاژ فشار ضعیف تبدیل می‌کند. در برخی شرکت های توزیع ترانسفورماتور با بوشینگ Plua-in و پست‌های هوایی RMU مورد استفاده قرار گرفته‌اند که در پیوست شماره (۱) به آنها اشاره شده است. اجزای اصلی تشکیل دهنده ترانسفورماتورهای روغنی کنسرواتوری متداول در شکل‌های (۵) و (۶) با دسته‌بندی ظرفیت‌های مربوطه نشان داده شده است. همانگونه که ملاحظه می‌شود انواع معمول ترانسفورماتورهای با ظرفیت‌های ۲۵ و ۵۰ کیلوولت‌آمپر فاقد رادیاتور هستند. ابعاد ترانسفورماتورهای مذکور به شرح مندرج در جدول (۲) است.

جدول (۲): ابعاد ترانسفورماتورهای متداول در پست‌های توزیع

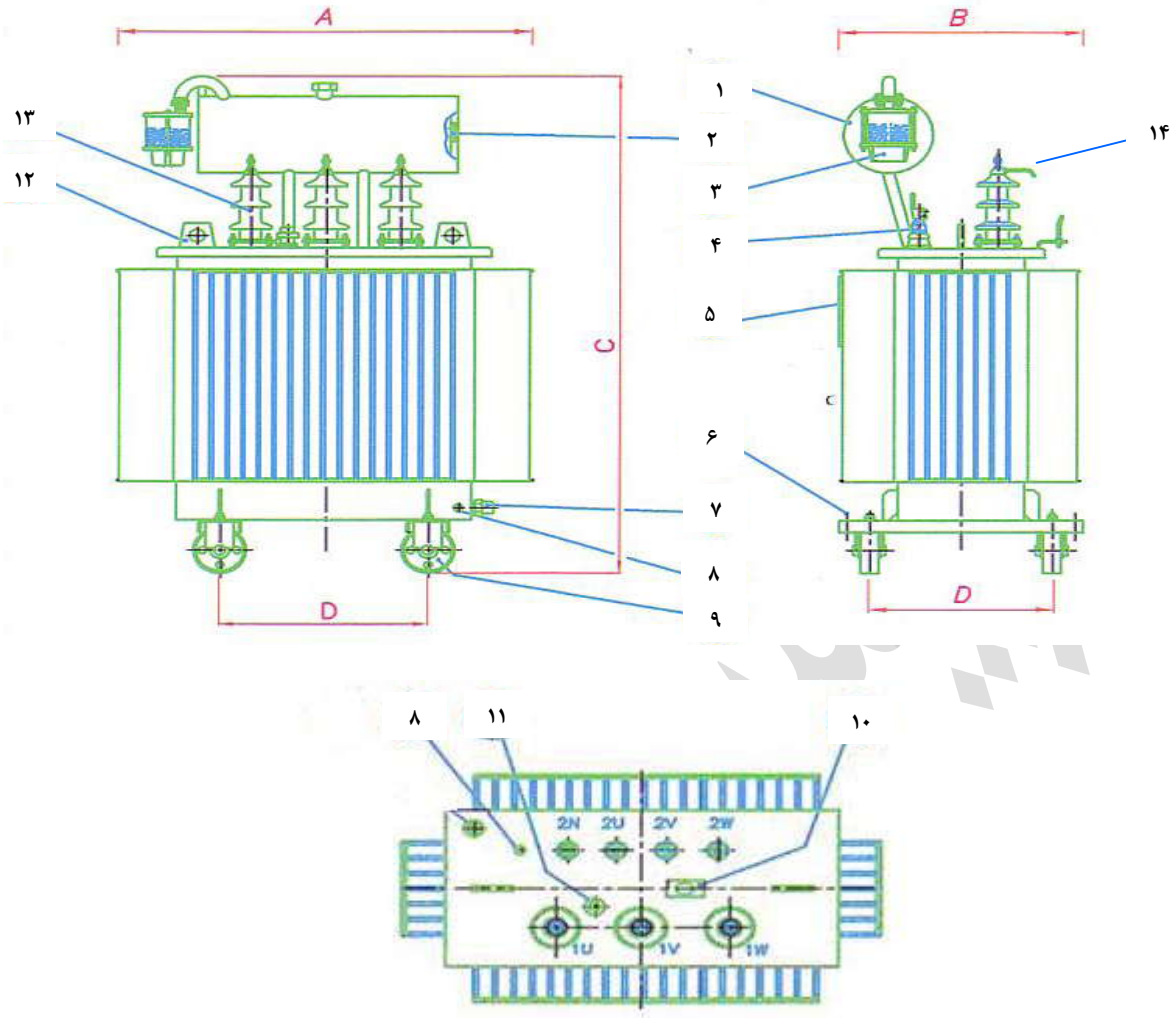
قدرت (kVA)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	وزن (kg)
۲۵	۸۵۰	۶۹۰	۱۲۰۰	۵۲۰	۳۵۰
۵۰	۸۵۰	۶۹۰	۱۳۵۰	۵۲۰	۴۶۰
۱۰۰	۹۶۰	۶۹۰	۱۵۲۰	۵۲۰	۶۰۰
۲۰۰	۱۰۵۰	۷۲۰	۱۶۵۰	۵۲۰	۸۶۰
۲۵۰	۱۳۹۰	۸۱۰	۱۶۰۰	۵۲۰	۱۰۱۰
۳۱۵	۱۴۸۰	۹۷۰	۱۶۳۰	۶۷۰	۱۲۱۰
۴۰۰	۱۶۹۰	۹۷۰	۱۷۵۰	۶۷۰	۱۴۹۰

در ادامه بخش های مختلف ترانسفورماتور تشریح شده است.



۱	کنسرواتور	۸	ترمینال زمین
۲	نشاندهنده سطح روغن	۹	چرخ دو جهته
۳	رطوبت‌گیر	۱۰	پلاک ترمینال‌ها
۴	بوشینگ فشار ضعیف	۱۱	تپ‌چنجر
۵	پلاک مشخصات	۱۲	چشمی برای اتصال به جرثقیل
۶	ناودانی	۱۳	بوشینگ فشار متوسط
۷	دریچه نمونه‌برداری از روغن	۱۴	برقگیر شاخکی

شکل (۵): انواع متداول ترانسفورماتورهای ۲۵ و ۵۰ کیلوولت‌آمپر



۱	کنسرواتور	۸	ترمینال زمین
۲	نشاندهنده سطح روغن	۹	چرخ دو جهته
۳	رطوبت‌گیر	۱۰	پلاک ترمینال‌ها
۴	بوشینگ فشار ضعیف	۱۱	تپ‌چنجر
۵	پلاک مشخصات	۱۲	چشمی برای اتصال به جرثقیل
۶	ناودانی	۱۳	بوشینگ فشار متوسط
۷	دریچه نمونه‌برداری از روغن	۱۴	برقگیر شاخکی

شکل (۶): انواع متداول ترانسفورماتورهای با ظرفیت بیش از ۵۰ کیلوولت‌آمپر

۵-۳-۱-۱- مخزن (تانک)

به منظور حفاظت از قسمت موثر ترانسفورماتور و تقویت عایقی و انتقال حرارت از طریق روغن از مخزن ترانسفورماتور استفاده می‌شود که مجموعه سیم پیچی و هسته در داخل آن قرار می‌گیرد.

هسته در یک ترانسفورماتور وظیفه ایجاد مسیر مناسب عبور شار و سیم‌پیچ وظیفه تبدیل ولتاژ را به عهده دارد. ترانسفورماتور روغنی دارای سیستم خنک کننده طبیعی است بدین منظور برروی مخزن ترانسفورماتور پره‌هایی نصب می‌گردد تا سرعت خنک سازی را افزایش و تسهیل بخشند.

۵-۳-۱-۲- کنسرواتور (منبع انبساط)

به منظور انجام تنفس در هنگام انبساط و انقباض روغن کنسرواتور برروی مخزن ترانسفورماتور نصب می‌گردد.

۵-۳-۱-۳- بوشینگ‌ها

از بوشینگ‌ها جهت اتصال ترانسفورماتور به شبکه و نیز حفظ فاصله عایقی بین بدنه ترانسفورماتور و سیم‌ها و کابل های رابط استفاده می‌شود.

۵-۳-۱-۴- تپ‌چنجر

کلید تنظیم ولتاژ غیر قابل تغییر زیر بار[1] و ولتاژ بوده و می‌توان تغییرات جزیی ولتاژ شبکه را توسط تغییر نقاط اتصال سیم پیچ فشار قوی بر طرف کرد به نحوی که ولتاژ مورد استفاده مصرف کننده (۳۸۰ ولت سه فاز و ۲۲۰ ولت تک‌فاز) تامین گردد. یک تپ‌چنجر نمونه در شکل (۷) نشان داده شده است.

شکل (۷): یک نمونه تپ‌چنجر

[1] - Off load

۵-۳-۱-۵- نشان‌دهنده سطح روغن (روغن نما)

نمایانگر سطح حداکثر، حداقل و عادی روغن است و چنانچه سطح روغن موجود در ترانسفورماتور از حد مجاز پایین‌تر آید می بایست روغن تا سطح مجاز اضافه گردد. در دمای ۲۰+ درجه سانتیگراد عقربه روغن‌نما برروی عدد ۲۰+ قرار می‌گیرد. در شکل (۸) نمونه‌ای از نشان دهنده سطح روغن نشان داده شده است.

شکل (۸): یک نمونه از نشان‌دهنده‌های سطح روغن (روغن‌نما)

۵-۳-۱-۶- رطوبت‌گیر

به منظور عمل تنفس در هنگام گرم و سرد شدن سیم‌پیچ ها و روغن ترانسفورماتور و برای جلوگیری از ورود رطوبت هنگام تنفس ترانسفورماتور، از محفظه‌ای که در آن ذرات سیلیکاژل وجود دارد استفاده می‌شود. ذرات سیلیکاژل در حالت عادی به رنگ آبی تیره است و در اثر جذب رطوبت فاسد شده و به رنگ صورتی و سفید تغییر رنگ می‌دهد.

در صورتی که روغن ترانسفورماتور به داخل محفظه سیلیکاژل نفوذ کند، ذرات سیلیکاژل را فاسد و رنگ آن را به قهوه‌ای تیره تبدیل می‌کند.

۵-۳-۱-۷- شیر نمونه‌برداری و تخلیه روغن

جهت تخلیه و یا تصفیه روغن ترانسفورماتورها در مواقع لزوم از شیر نمونه برداری و تخلیه روغن استفاده می‌شود.

۵-۳-۱-۸- ترمینال زمین

اتصال زمین به بدنه ترانسفورماتور از طریق پیچ مخصوص اتصال زمین انجام می‌گیرد. معمولا یکی روی درپوش ترانسفورماتور بوده و دیگری زیر مخزن ترانسفورماتور قرار دارد که بایستی هر دو به سیستم ارت اتصال یابد.

۵-۳-۱-۹- برقگیر آرماتور (میله‌ای یا شاخکی)

برقگیر آرماتور (میله‌ای یا شاخکی)، بوشینگ فشار متوسط ترانسفورماتور را در برابر اضافه ولتاژ حفاظت می‌کند. برقگیر آرماتور از دو میله فلزی شاخکی که نسبت به هم دارای یک فاصله هوایی است تشکیل می‌شود و در دو سر بوشینگ فشار متوسط ترانسفورماتور نصب می‌گردد. و بدین ترتیب طول مقره های فشار متوسط ترانسفورماتور را به طور مصنوعی قدری کوتاه می‌کند. در این صورت اگ ر به دلیلی ولتاژ شبکه زیاد شود تخلیه الکتریکی بین دو الکترود ایجاد می‌شود و چون الکترود پایین تر از ایزولاتور به بدنه ترانسفورماتور و بدنه ترانسفورماتور نیز به زمین اتصال دارد موج جریان حاصل از صاعقه یا عوامل دیگر را به زمین منتقل می‌کند.

در صورت عدم استفا ده از این برقگیر، اضافه ولتاژ باعث ایجاد جرقه بین دو سر مقره عبوری شده و این جرقه منجر به سوزاندن سطح خارجی آن می‌شود.

فاصله داخلی بین جرقه گیرها در هر بوشینگ فشار متوسط در سطوح ولتاژی ۱۱، ۲۰ و ۳۳ به ترتیب ۸۵، ۱۵۵ و ۲۲۰ میلیمتر است.

۵-۳-۱-۱۰- پلاک مشخصات

به منظور معرفی مشخصات ترانسفورماتور نصب می گردد که حاوی اطلاعات به شرح ذیل است.

- نوع ترانسفورماتور
- شماره استاندارد
- نام کارخانه سازنده
- شماره سریال سازنده
- تاریخ ساخت
- تعداد فاز
- توان نامی
- فرکانس نامی
- ولتاژ نامی
- جریان نامی

- نحوه اتصالات و گروه‌برداری
- امپدانس ولتاژ برحسب درصد
- نوع سیستم خنک کننده
- وزن کل
- وزن روغن

۵-۳-۲- کات‌اوت فیوز

لازمه عملکرد صحیح و مطلوب سیستم قدرت، رفع خطاهای به وجود آمده در کوتاه‌ترین زمان ممکن است. کات اوت فیوز به عنوان عنصر محدود کننده جریان خطا نصب می‌گردد و جریان های خطای ناشی از اتصال کوتاه اضافه بار را قطع می‌نماید.

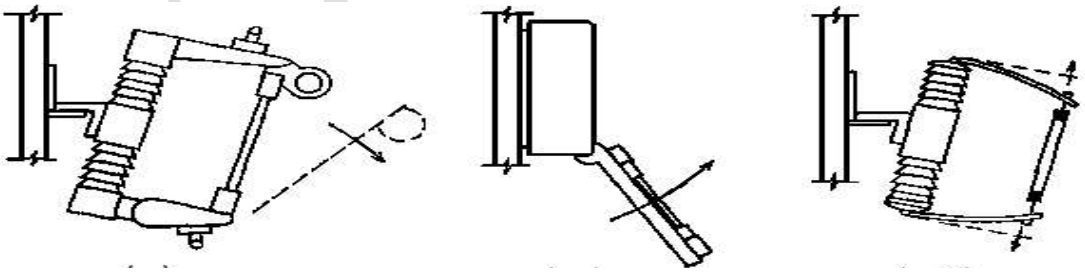
کات‌اوت فیوز دارای یک عنصر ذوب شونده است که به هنگام عبور جریان خطا و در اثر افزایش دما ذوب شده و جریان عبوری از آن قطع می‌شود[۱]. گستردگی کاربرد این کلید غیر قابل قطع زیر بار به دلیل سهولت نصب روی انواع پایه و ارزانی نسبت به کلیدهای قدرت و سبکی و سهولت سرویس و نگهداری این کلید است.

انواع کات‌اوت فیوز به شرح زیر است.

الف- انواع کات‌اوت فیوز از لحاظ ساختمان

کات اوت فیوزها از لحاظ ساختمان به دو دسته روغنی (پر شده از مایع) و افتادنی تقسیم‌بندی می‌شوند. در فیوزهای نوع روغنی عنصر ذوب شونده در داخل مایع و در محفظه‌ای کاملا آب‌بندی شده قرار دارند. از این نوع فیوزها در مکان هایی با رطوبت و آلودگی بالا استفاده می‌شود.

کات اوت فیوزهای افتادنی نیز خود به سه دسته عمده باز، بسته و فنری تقسیم‌بندی می‌شوند.



الف) کات اوت فیوز نوع باز **ب) کات اوت فیوز نوع بسته** **ج) کات اوت فیوز نوع فنر**

شکل (۹): انواع کات اوت فیوزها از لحاظ ساختمان

---

[۱] - آمپراژ المنت فیوز متناسب با ظرفیت ترانسفورماتور، در پیوست شماره ۵ ارایه شده است.

در کات اوت فیوزهای نوع باز، لینک فیوز بین دو نگهدارنده قرار داشته و در نوع بسته در داخل محفظه‌ای بسته محصور است. در کات‌اوت فیوز نوع فنری لینک فیوز توسط دو فنر تحت فشار به پایه فیوز متصل می‌گردد. وجود فنرها، بازشدن و جداسازی مدار را به هنگام عملکرد فیوز تضمین می‌کند. همچنین می‌توان از کات‌اوت فیوز با قطع سه فاز همزمان نیز بهره برد.

ب- انواع کات اوت فیوز از لحاظ سرعت عملکرد

المان کات‌اوت فیو زها از لحاظ مشخصه عملکرد زمانی در برابر جریان های خطا طبق استاندارد IEC ۶۰۲۸۲-۲ به دو دسته تندکار K و کندکار T تقسیم‌بندی می‌شوند. نوع دیگری از کات‌اوت فیوز با نام تندکند TK ساخته می‌شود.

برروی پلاک مشخصات کات اوت فیوز اطلاعات به شرح ذیل درج می‌گردد

۱- نام و علامت مشخصه تولید کننده

۲- نوع فیوز کات‌اوت

۳- محدوده ولتاژ اسمی

۴- جریان مداوم مجاز

۵- سطح عایقی

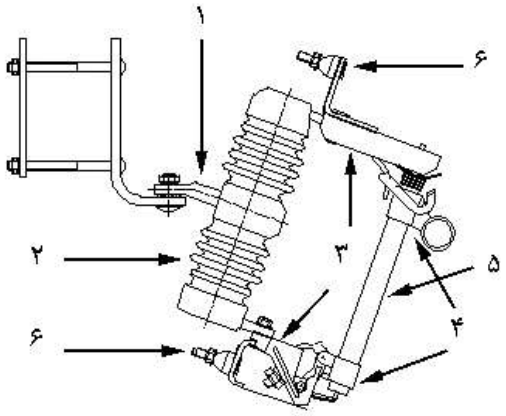
۶- ظرفیت شکست (قطع)

۷- شماره سریال

۸- سال تولید

۹- فرکانس نامی

اجزای اصلی کات‌اوت فیوز در شکل (۱۰) نشان داده شده است.



۱ پایه نصب
۲ مقره اتکایی
۳ پایه فیوز
۴ فیوزگیر
۵ لینک فیوز
۶ ترمینال

شکل (۱۰): کات اوت فیوز

۵-۳-۲-۱- پایه نصب

این عنصر قسمت ثابت فیوز است و تمامی بخش‌های دیگر کات‌اوت فیوز برروی آن نصب می‌گردند. همچنین این پایه فاصله عایقی کات اوت فیوز را نسبت به زمین تامین می‌کند.

۵-۳-۲-۲- مقره اتکایی

از مقره اتکایی به عنوان نگهدارنده کنتاکت‌ها و همچنین عایق نمودن کنتاکت‌های برقدار از ساختار فلزی استفاده می‌شود.

۵-۳-۲-۳- پایه فیوز

این قسمت هادی جریان بوده وارتباط بین لینک فیوز و سیستم را تامین می‌کند.

۵-۳-۲-۴- فیوزگیر (دسته کات‌اوت)

بخش متحرک کات اوت فیوز که وظیفه ارتباط بین لینک فیوز و پایه‌های اتصال فیوز را به عهده دارند فیوزگیر نامیده می‌شوند.

۵-۳-۲-۵- لینک فیوز

المان لینک فیوز در اثر اضافه جریان، ذوب شده و موجب قطع مدار می‌شود. لینک فیوز به همراه المان فیوز داخل آن اصلی‌ترین بخش کات‌اوت فیوز است.

۵-۳-۳- برقگیر[1]

در پست‌های هوایی برای جلوگیری از آسیب به ترانسفورماتور د ر اثر اضافه ولتاژهای گذرا ناشی از عواملی نظیر کلیدزنی (اضافه ولتاژهای ناشی از سوئیچینگ) و صاعقه در طرف فشار قوی ترانسفورماتور در هر فاز از برقگیر استفاده می‌گردد.

برقگیر در شرایط عادی مقاومتی در حدود چند صد مگا اهم از خود نشان می‌دهد و عملا مدار باز است و همان موج سیال خط را از ترانسفورماتور عبور می‌دهد. اما وقتی که موجی مانند صاعقه (چندمگاولت) از خط عبور می‌کند این

[1] - Arrester

مقاومت عدد بسیار کوچکی نزدیک به صفر از خود نشان می‌دهد. و در یک لحظه اتصال کوتاه با زمین برقرار می‌کند تا موج بسیار بزرگ (ولتاژ) از طریق این خط اتصال کوتاه شده به زمین منتقل شود.

ازدیاد ولتاژ در شبکه را می توان به دو دسته کلی تقسیم نمود:

- اضافه ولتاژهای گذرا[1]
- اضافه ولتاژهای دائمی[2]

ازدیاد ولتاژ ماندگار یا دائمی در اثر بروز خطا و یا عمل ناصحیح سیستم و ازدیاد ولتاژ گذرا در اثر برخورد صاعقه و یا سوئیچینگ در شبکه ایجاد می‌گردد. در مورد ازد یاد ولتاژ در اثر برخورد صاعقه، توسط تعبیه برقگیر مناسب، سیستم می‌تواند مورد حفاظت قرار گیرد. با توجه به شرایط محل نصب می توان از برقگیرهای با جریان تخلیه نامی (مقدار پیک) ۵ و ۱۰ کیلوآمپر و همچنین برقگیرهای نوین استفاده کرد.

۵-۳-۴- تابلوی فشار ضعیف

تابلوهای فشار ضعیف وظیفه کنترل و قطع و وصل خطوط فشار ضعیف و همچنین حفظ تجهیزات کلید زنی و اندازه‌گیری را از عوامل محیطی و جوی، بر عهده دارد و شامل بخش‌های اصلی زیر می‌باشد.

الف- کلید اتوماتیک ورودی و دستگاه‌های اندازه‌گیری جریان و ولتاژ

ب- روشنایی معابر

ج- خروجی

تابلوهای فشار ضعیف دو کاربرد اصلی دارند.

- عملیات حفاظت سیستم توزیع در شرایط غیر عادی
- عملیات کنترل سیستم توزیع در شرایط عادی شبکه

تابلوهای فشار ضعیف در کلیه شرایط عادی و غیر عادی به شبکه متصل هستند بنابراین اثر تمامی موارد مربوط به شرایط غیر عادی شبکه نباید باعث خرابی یا عدم عملکرد صحیح آنها شود. تابلوهای توزیع باید قابلیت تحمل جریان اتصال کوتاه و اثرات ناشی از آن و همچنین عملکرد مناسب در حالت گذرا را داشته باشد.

---

[1] Transient over voltages

[2] Sustained over voltages

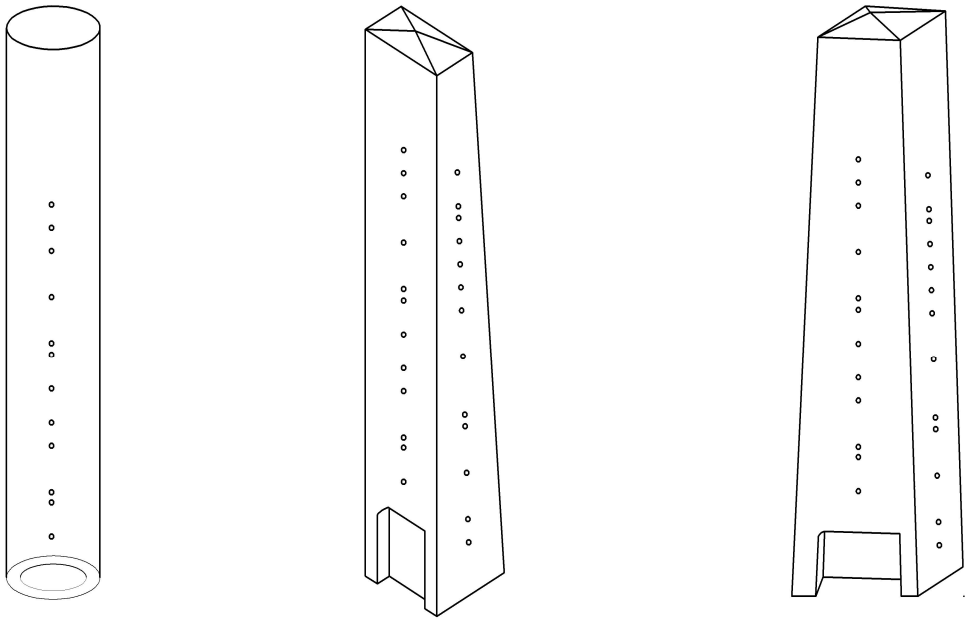
۵-۳-۵- پایه

با توجه به کارگیری گسترده پایه‌های بتنی در شبکه‌های توزیع، در این دستورالعمل پایه‌های بتنی در نظر گرفته شده است.

پایه‌های متداول مورد استفاده جهت نصب ترانس هوایی به دو دسته عمده به شرح ذیل تقسیم می‌شوند:

- پایه‌های بتنی مسلح یا توپر با مقطع H، I و چهارگوش
- پایه‌های بتنی پیش‌تنیده با مقطع گرد (توخالی)

در شکل (۱۱) نمونه‌ای از پایه‌های بتنی مسلح و پیش‌تنیده نشان داده شده است.



الف) مسلح **ب) پیش‌تنیده**

شکل (۱۱): نمونه‌ای از پایه بتنی

پایه ها براساس نیروهای وارد بر آنها و بار گزاریشان از لحاظ محل نصب به سه دسته به شرح ذیل تقسیم می‌شوند:

۱- پایه‌های توخطی (میانی)[1] که همان پایه های میانی در یک خط مستقیم هستند

۲- پایه‌های کششی[1] که در نقاط زاویه و انحراف خط و در فاصله بین دو سکشن نصب می‌شوند

[1] - Tangent

۳- پایه‌های انتهایی خط[۲] که در انتهای یک خط نصب می‌شوند

قدرت پایه‌های بتنی مسلح و پیش تنیده که به صورت معمول در نصب ترانسفورماتور هوایی کاربرد دارند به شرح ذیل هستند[۳]:

۱۲/۱۲۰۰-۱۲/۸۰۰-۱۲/۶۰۰-۱۲/۴۰۰-۹/۸۰۰-۹/۶۰۰-۹/۴۰۰

که رقم سمت چپ نمایانگر ارتفاع پایه و رقم‌های سمت راست نمایانگر قدرت پایه (مقاومت نرمال پایه) هستند.

مشخصات زیر برروی پایه‌های بتنی درج می‌گردد.

- علامت اختصاری یا نام شرکت توزیع یا برق منطقه‌ای
- طول تیر به متر و مقاومت طبیعی تیر برحسب کیلوگرم
- نام کارخانه سازنده پایه
- تاریخ ساخت – روز- ماه- سال

۵-۳-۵-۱- آرایش شبکه

منظور از آرایش پایه چگونگی نگهداری سیم‌های هوایی نسبت به یکدیگر بوده و مقطع عرضی موقعیت سیم‌ها را نسبت به یکدیگر نمایش می‌دهد که اغلب دارای آرایش‌های زیر است.

الف- آرایش مثلثی هادی‌ها

ب- آرایش افقی هادی‌ها

ج- آرایش عمودی هادی‌ها

در شکل (۱۲) نمونه‌ای از آرایش‌های فوق‌الذکر نشان داده شده است.

۵-۳-۶- سکوی ترانسفورماتور

سکوی ترانسفورماتور جهت نصب ترانسفورماتور به صورت هوایی به انواع متداول زیر تقسیم‌بندی می‌شود.

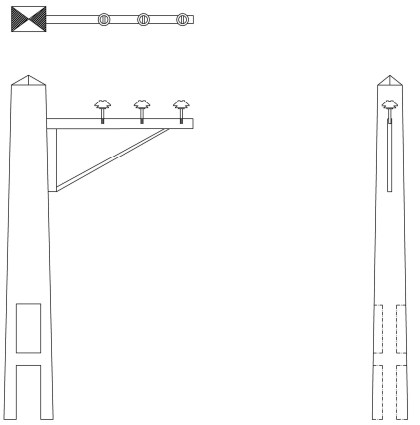
- سکوی ترانسفورماتور جهت نصب به صورت تک پایه
- سکوی ترانسفورماتور جهت نصب ترانسفورماتور تا قدرت ۲۵۰KVA
- سکوی ترانسفورماتور جهت نصب ترانسفورماتور با قدرت ۳۱۵kVA و ۴۰۰kVA[۱]

---

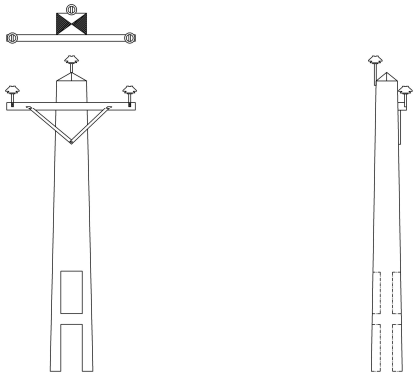
[1] - Dead end

[2] - End pole

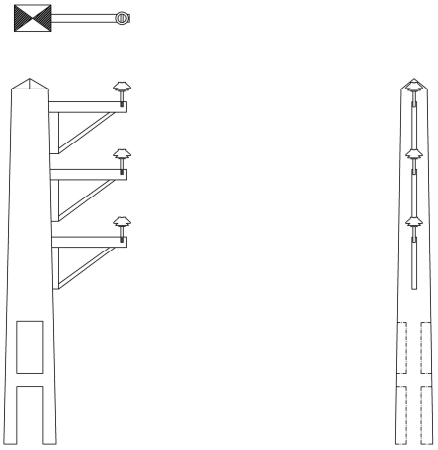
[۳] – ترانسفورماتورها قابل نصب برروی پایه‌های ۱۴ و ۱۵ متری نیز هستند.



الف) آرایش افقی هادی‌ها



ب) آرایش مثلثی هادی‌ها

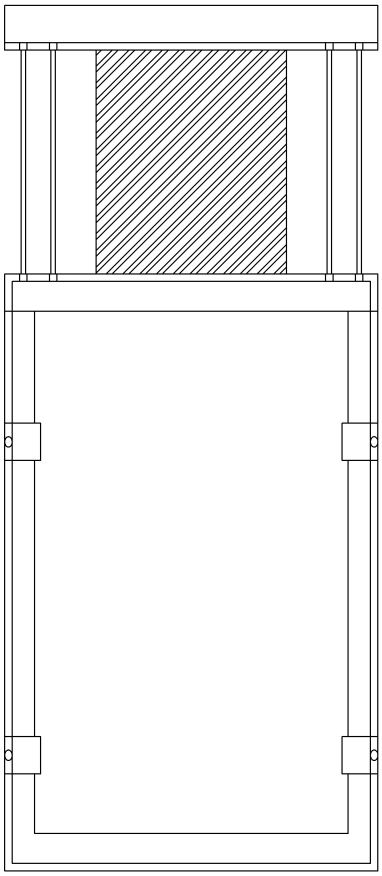


ج) آرایش عمودی هادی‌ها

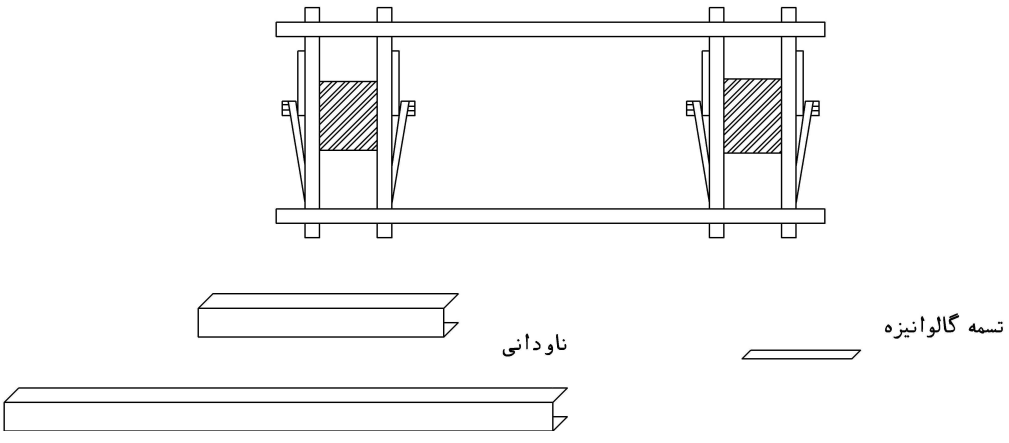
شکل (۱۲): نمونه‌ای از انواع آرایش هادی‌ها در شبکه هوایی

[۱] – در شرایط خاص و در صورتی که امکان احداث پست‌های زمینی و پیش ساخته و پست هوایی دیگری با ظرفیت مناسب میسر نبوده و تقویت پست‌های مجاور امکان‌پذیر نباشد می توان از ترانسفورماتور با ظرفیت ۵۰۰ کیلوولت‌آمپر نیز استفاده نمود.

برروی سکوی ترانسفورماتور علامت اختصاری سازنده بایستی به صورت مشخص حک گردد. در شکل‌های (۱۳) و (۱۴) انواع متداول سکوی ترانسفورماتور تک پایه و دوپایه نشان داده شده است.



شکل (۱۳): سکوی ترانسفورماتور تک‌پایه



شکل (۱۴): سکوی ترانسفورماتور دوپایه

۵-۳-۷- کابل

از کابل‌های فشار ضعیف جهت ارتباط بین ترانسفورماتور و تابلو فشار ضعیف استفاده می‌شود. کابل‌ها به گونه‌ای انتخاب و استفاده شود که دمای هادی و عایق آنها، اتصالات و ترمینال های تجهیزات در شرایط عادی، بهره‌برداری ویژه و شرایط رخداد اتصال کوتاه از حداکثر دمای مجاز فراتر نرود. طراحی و انتخاب کابل ها با توجه به ظرفیت ترانسفورماتور و در نظر گرفتن میزان جریان‌دهی کابل ، دمای محیط، دمای کار کابل و افت ولتاژ مجاز (۱٪) صورت می‌گیرد. هادی کابل های مورد استفاده عموما از جنس مس و یا آلومینیوم[۱] و عایق آنها از نوع PVC [۲] هستند.

حداقل شعاع خمش کابل، برای کابل‌های تک رشته و کابل‌های چند رشته‌ای با ولتاژ بیش از ۶۰۰ ولت ۱۵ برابر قطر خارجی کابل است. جهت سیستم هم‌بندی ارتینگ از کابل تک‌رشته مسی به مقطع $۵۰mm^۲$ استفاده می‌شود.

مشخصات ذیل برروی کابل درج می‌گردد.

- نوع کاربرد کابل
- ولتاژ نامی
- شماره استاندارد
- مشخصه کارخانه سازنده
- تعداد رشته ها، نوع و سطح مقطع هادی
- متراژ کابل نسبت به ابتدای کابل
- سال ساخت

۵-۳-۸- سیستم زمین

به طور کلی در انواع سیستم‌های الکتریکی، اتصال نول سیستم و بدنه فلزی تجهیزات به جرم کلی زمین از دو دیدگاه مورد توجه است.

۱- حفظ عایق‌بندی و تامین صحت کار لوازم و دستگاه های الکتریکی و محدود کردن دامنه اضافه ولتاژها و کمک به عملکرد صحیح مدارهای حفاظتی و قطع‌کننده‌ها. به این نوع اتصال زمین، اتصال زمین عملیاتی یا اتصال زمین سیستم می‌گویند. به طور خلاصه اتصال نقطه خنثی سیستم به زمین را اتصال زمین سیستم می‌گویند.

---

[۱] - در برخی مناطق به دلیل احتمال سرقت کابل‌های مسی از کابل های آلومینیومی استفاده می‌شود.

[2] - Poly vinyle choride

۲- ایجاد ایمنی برای افرادی که بنا به وظیفه شغلی در تماس با تجهیزات و سیستم‌های الکتریکی هستند از یک سو و افراد جامعه که مصرف‌کننده نهایی انرژی برق هستند از سوی دیگر، بـه عـلاوه محـدود کـردن خطـر آتش سوزی از راه قطع سریع مدار معیوب، که به کمک اتصال بدنه فلزی تجهیزات الکتریکی به هادی خنثـی یا زمین صورت می‌گیرد. به این نوع اتصال زمین، اتصال زمین ایمنی یا حفاظتی می‌گویند. بـه طـور خلاصـه اتصال بدنه فلزی تجهیزات به نقطه خنثی و زمین را اتصال زمین حفاظتی می‌گویند.

در پست های هوایی به دلیل احتمال برخورد صـ اعقه، بایستی سیستم زمین که نقطه خنثی شبکه فشار ضعیف به آن متصل است (و تجهیزات فشار ضعیف شبکه و مشترکین به آن متصل می‌شوند) از سیستم زمین شبکه فشـار متوسـط (که تخلیه صاعقه از طریق آن صورت می‌گیرد) از هم مجزا باشند. این کـار بـه دلیـل جلـوگیری از ایجـاد ولتاژهـای خطرناک ناشی از صاعقه برروی سیستم خنثی صورت می‌گیرد. انجام این کار با ایجاد یک فاصله حداقل ۲۰ متری بین چاه های الکتریکی و حفاظتی انجام می‌گیرد.

در پست های توزیع اعم از زمینی و هوایی مرکز ستاره یا زیگزاگ ترانسفورماتور بایستی توسـط چـاه زمـین شـود. مقاومت زمین نقطه خنثی ترانسفورماتور در این حالت نباید از ۵ اهم تجاوز نماید.

از آنجایی که سیستم اتصال زمین به گونه ای طراحی و اجرا گردد که خطر برق گرفتگی برای پرسنل و عموم مردم به حداقل رسیده و سیستم حفاظتی نیز به فوریت عمل نماید لذا مقاومت چاه حفاظتی باید به مقدار کافی کوچک باشد. اندازه این مقاومت در سیستم‌های TN نباید از ۲Ω تجاوز نماید.

به طور کلی هر پست هوایی بایستی دارای دو حلقه چاه ارت باشد که چاه ارت حفاظتی در نزدیک‌ترین فاصـله بـه پست هوایی و چاه ارت الکتریکی به فاصله حداقل ۲۰ متر از چاه حفاظتی احداث می‌گردد. همچنین سیستم پد بایستی در شعاع یک متری اطراف پست هوایی (در فضاهایی که امکان اجرا وجود دارد) با سیم مسـی بـه مقطـع ۵۰ میلیمتـر مربع و در عمق ۴۰ سانتیمتری اجرا شود و ارتباط آن به الکترود حفاظتی صورت گیرد.

در پست‌های هوایی کلیه اتصال بدنه‌های تجهیزات وخروجی برقگیر با کابل $۵۰mm^۲$ × ۱ مسی (و یا سیم مسی نمره ۵۰) به چاه حفاظتی مرتبط و شینه نول تابلو فشار ضعیف که از بدنه تابلو ایزوله است توسط سیم یا کابل با مقطع $۵۰mm^۲$ به الکترود چاه الکتریکی متصل می‌گردد.

۵-۳-۹- مقره

مقره ها وسایلی است که برای عایق‌بندی الکتریکی و نگهداری و تثبیت مکانیکی هادی‌ها که نسبت به زمین دارای اختلاف سطح الکتریکی هستند مورد استفاده واقع می‌شوند. به عبارتی مقره ها دارای دو کارکرد مکانیکی و الکتریکـی

هستند. از نظر مکانیکی مقره ها باید استقامت مکانیکی لازم برای نگاهداشتن سیم هـوایی و تحمـل نیروهـای وارد از طرف آن را داشته باشد و از نظر الکتریکی از نشت جریان الکتریکی از خط به سمت پایه‌ها جلوگیری نماید.

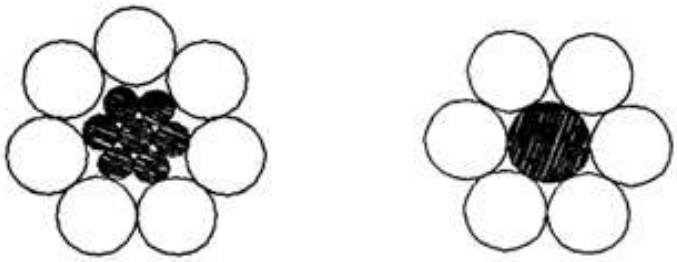
۵-۳-۱۰- هادی آلومینیوم- فولاد

جهت ارتباط شبکه فشار متوسط به برقگیر و کات‌اوت فیوز، به طور معمول از هادی‌های آلومینیوم- فولاد اسـتفاده می‌گردد[۱] که مقطع هادی ارتباطی می‌بایست هم مقطع با هادی شبکه فشار متوسط باشد.

در جدول (۳) مشخصات هادی‌های آلومینیوم-فولاد استاندارد متداول در شبکه های توزیع بیان شده است و شـکل (۱۵) نمایانگر تعداد مفتول های آلومینیوم و فولاد هادی‌ها است.

جدول (۳): هادی آلومینیوم – فولاد / استاندارد متداول در شبکه‌های توزیع

نام تجاری	تعداد مفتول		قطر مفتول (mm)		سطح مقطع (mm^2)			وزن (kg/km)		
	آلومینیوم	فولاد	آلومینیوم	فولاد	آلومینیوم	فولاد	کل	آلومینیوم	فولاد	کل
فاکس	۶	۱	۲/۷۹	۲/۷۹	۳۶/۶۶	۶/۱۱	۴۲/۷۷	۱۰۱	۴۸	۱۴۹
مینک	۶	۱	۳/۶۶	۳/۶۶	۶۳/۱۳	۱۰/۵۲	۷۳/۶۵	۱۷۳	۸۲	۲۵۵
هاینا	۷	۷	۴/۳۹	۱/۹۳	۱۰۵/۹۵	۲۰/۴۸	۱۲۶/۴۳	۲۹۰	۱۶۰	۴۵۰



الف) سیم فاکس و مینک **ب)سیم هاینا**

شکل (۱۵): هادی‌های آلومینیوم-فولاد استاندارد متداول در شبکه توزیع

[۱] – اگر هادی شبکه فشار متوسط از جنس مس باشد، باید از هادی همجنس و هم مقطع و کلمپ‌های مسی جهت ارتباط‌هـا اسـتفاده شود.

به دلایل زیر مناسب‌تر است از هادی روکشدار استفاده شود.

- حفاظت در مقابل صاعقه و تخلیه‌های جزئی
- کاهش قطعی‌ها
- کاهش انرژی توزیع نشده
- کاهش جریان نشتی
- کاهش هزینه تمام شده در طول دوره بهره‌برداری
- کاهش تعمیرات اضطراری

⚠ ***هادی روکشدار عایق نبوده و قابل لمس نیست.***

۵-۳-۱۱- کنسول

جهت نگهداری هادی‌ها و مقره‌ها روی تیر، از کنسول استفاده می‌شود. به نوعی از کنسول که به شکل بازوی متقاطع با پایه (به شکل صلیب) ساخته می‌شود کراس آرم گفته می‌شود. هدف از نصب کنسول و کراس‌آرم علاوه بر نگهداری هادی‌ها و مقره ها برروی پایه، حفظ حریم الکتریکی هادی‌ها از یکدیگر است.

انواع کنسول‌های متداول مورد استفاده در شبکه توزیع به شرح ذیل است:

- کنسول‌های افقی
- کنسول‌های جانبی ۹۰ درجه

کنسول‌های افقی و ۹۰ درجه در طول های متداول به شرح ذیل ساخته می‌شوند.

- کنسول افقی ۱/۵، ۲، ۲/۴۴ و ۳ متری
- کنسول جانبی ۹۰ درجه ۰/۷۵، ۰/۹۰، ۱/۲، ۱/۵ متری

۵-۳-۱۲- سکوی زیر تابلو فشار ضعیف

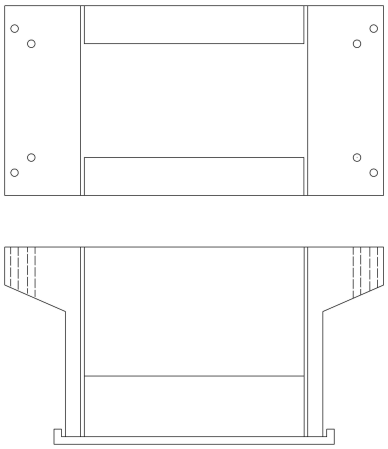
سکوهای قابل نصب در زیر تابلو فشار ضعیف به سه دسته عمده به شرح ذیل تقسیم‌بندی می‌شوند:

- سکوی بتنی پیش ساخته
- سکوی فلزی
- سکوی آجر چینی شده

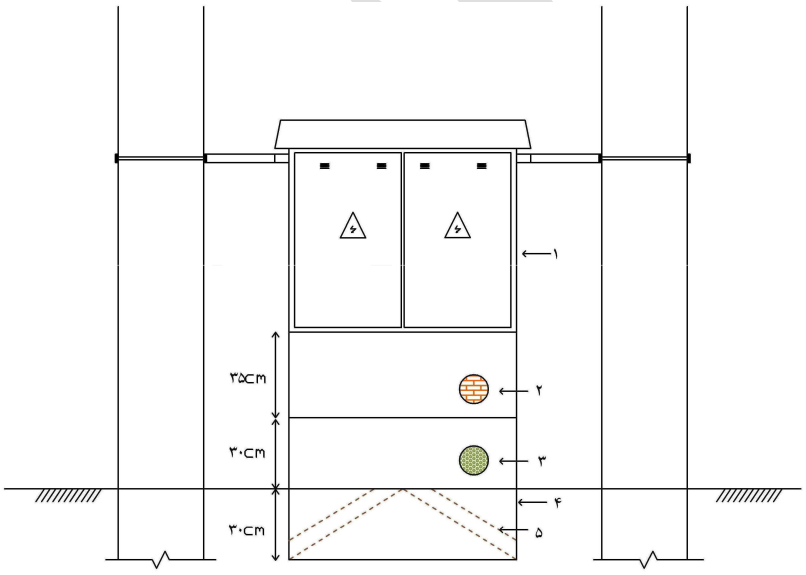
به صورت معمول پس از آماده‌سازی فونداسیون سکوی بتنی پیش ساخته، سکوی بتنی متناسب با ابعاد تابلو فشار ضعیف جهت نگهداری و مهار تابلو و رعایت فاصله مجاز تابلو با سطح زمین نصب می‌گردد. ابعاد سکوی بتنی

پیش‌ساخته می‌بایست متناسب با ابعاد تابلو فشار ضعیف تهیه گردد. در شکل (۱۶) نمونه‌ای از انواع سکوهای بتنی پیش‌ساخته نشان داده شده است. در صورتی که تهیه سکوی بتنی پیش‌ساخته ممکن نباشد از سکوی آجرچینی شده استفاده می‌گردد (شکل (۱۷)).

در شرایطی که رطوبت تاثیری برروی سکوی زیر تابلو فشار ضعیف نداشته باشد می‌توان از سکوی فلزی استفاده کرد که در این صورت ابعاد و مشخصات سکو بایستی طبق وزن تابلو محاسبه و انتخاب گردد.



شکل (۱۶): نمونه‌ای از سکوی بتنی پیش‌ساخت



۱ تابلو فشار ضعیف
۲ آجر سفال ۴ سانتی
۳ سنگ دو تیشه
۴ بتون با عیار ۳۰۰
۵ لوله پلیکا نمره ۱۰

شکل (۱۷): نمونه‌ای از سکوی آجرچینی شده

۶- دستورالعمل نصب

این قسمت شامل بخش‌های فهرست ابزار و ماشین آلات مورد نیاز، انبارداری و حمل و نقل تجهیزات، مراحل نصب، آزمون های مورد نیاز و مراحل راه اندازی است که در ادامه به شرح آنها پرداخته شده است.

پست هوایی شامل ترانسفورماتور، تابلوی فشار ضعیف، کات‌اوت فیوز و برقگیر و ... جهت نصب در فضای آزاد و قابل نصب برروی یک یا دو پایه و عملکرد تحت شرایط محیطی نرمال طراحی می‌شود.

۶-۱- فهرست ابزار و ماشین‌آلات مورد نیاز

فهرست ابزار و ماشین آلات مورد نیاز جهت تجهیز پست هوایی به شرح مندرج در جدول (۴) است.

جدول (۴): فهرست ابزار و ماشین‌آلات مورد نیاز

ردیف	نام ابزار و یا ماشین‌آلات	توضیحات
۱	جرثقیل	جهت جابجایی تجهیزات
۲	وسیله نقلیه مجاز	جهت حمل تجهیزات به محل کارگاه
۳	کمپرسور	جهت حفاری مسیر و محل پایه‌ها
۴	زنجیر یا تسمه بلند کننده	جهت بلند کردن تجهیزات به وسیله جرثقیل
۵	دستگاه پرس هیدرولیک	جهت پرس کابلشو
۶	چاقوی مخصوص لخت کردن کابل	برای برداشتن پوسته کابل جهت نصب کابلشو
۷	قیچی آهن‌بر (اره آهن‌بر)	جهت بریدن کابل یا هادی
۸	سوهان	جهت تمیز کردن محل اتصالات و...
۹	برس سیمی	جهت تمیز کردن محل اتصالات
۱۰	خمیر ضداکسید	جهت استفاده در محل اتصالات
۱۱	سمباده	جهت تمیز کردن محل اتصالات و...
۱۲	کابل‌بر	جهت بریدن کابل
۱۳	آچار رینگی در اندازه‌های مختلف	جهت محکم کردن اتصالات
۱۴	آچار بکس در اندازه‌های مختلف	جهت محکم کردن اتصالات
۱۵	پیچ‌گوشتی	
۱۶	انبردست	
۱۷	متر	جهت اندازه‌گیری فواصل
۱۸	فازمتر	

ادامه جدول (۴):

ردیف	نام ابزار و یا ماشین‌آلات	توضیحات
۱۹	دستگاه ویبره	اطمینان از پر شدن بتن مابین سنگ‌های لاشه
۲۰	سشوار صنعتی یا نازل	جهت حرارت دادن سرکابل حرارتی (هیت شیرینگ)
۲۱	تراز	جهت نصب ترانسفورماتور و تجهیزات
۲۲	ترکمتر	جهت محکم کردن اتصالات با گشتاور مناسب
۲۳	ارت تستر	جهت اندازه‌گیری مقاومت زمین
۲۴	شاقول	جهت تراز کردن پایه
۲۵	بیل	جهت حفاری مسیر – حفر چاه- حفر چاله تیر
۲۶	کلنگ	جهت حفاری مسیر – حفر چاه- حفر چاله تیر
۲۷	دیلم	جهت کوبیدن سنگ لاشه
۲۸	پتک	
۲۹	متر لیزری	جهت اندازه‌گیری فواصل عمودی
۳۰	فاز متر فشار قوی	

۶-۲- انبارداری و حمل و نقل

در این بخش مطالب و نکات مربوط به نحوه انبارداری تجهیزات پست هوایی، حمل و نقل بدون ریسک و ایمنی کامل آن و همچنین نحوه ورود تجهیز به محل استقرار ذکر گردیده است. لازم به ذکر است که نحوه انبارداری و حمل و نقل تجهیزات مطابق دستورالعمل سازنده نیز می بایست مورد توجه قرار گیرد.

۶-۲-۱- انبارداری و حمل و نقل پایه‌های بتنی

پایه‌های بتنی برخلاف پایه های فلزی و چوبی شکننده هستند و در مقابل ضربه و فشار زیاد آسیب‌پذیر هستند. به عنوان مثال چنانچه تیرهای چوبی یا قطعات فولادی از ارتفاع ۲ تا ۳ متری به زمین ریخته شوند آسیب چندانی نمی‌بینند ولی تیرهای بتنی اگر از ارتفاع نیم متری به زمین بیافتد در هم می‌شکنند.

در اصطلاح فنی تیرهای چوبی و فلزی در مقابل تنش‌های کشش مقاومند ولی مقاومت قطعات بتنی در مقابل کشش به شدت پایین است. با در نظر گرفتن این خصیصه در حمل و نقل و جابجایی تیرهای سیمانی لازم است نهایت دقت و مر اقبت به عمل آید و شاید به جرات بتوان گفت که اهمیت حمل و نقل و جابجایی این تیرها از ساخت آنها کمتر نیست.

چه بسا تیرهای سیمانی که در تهیه و ساخت آن جمیع جهات فنی مراعات شده ولی در حین بارگیری و تخلیه به علت شتابزدگی و بی دقتی تیر شکسته و یا صدمه دیده و تمام زحمات ساخت و مصالح مورد استفاده به هدر رفته است. در ادامه طریقه صحیح انبارداری، بارگیری و حمل و تخلیه و جابجایی تیرهای سیمانی تشریح شده است.

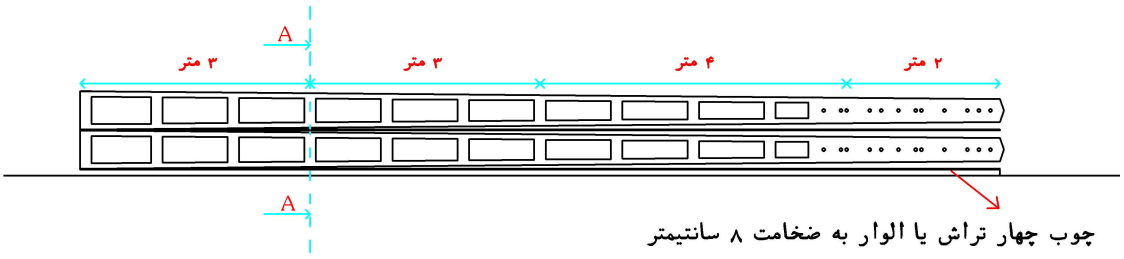
۶-۲-۱-۱- انبارداری

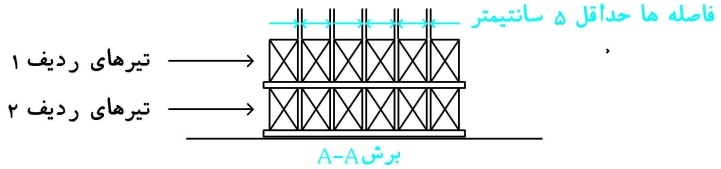
- بلافاصله پس از ورود محموله بایستی مورد بررسی قرار گیرد تا اطمینان حاصل شود که پایه‌ها با مشخصات فنی و استاندارد مطابقت دارد. در صورت هر گونه مغایرت مراتب فورا به تولید کننده یا فروشنده اطلاع داده شود.
- در صورت مشاهده هر گونه آسیب ناشی از حمل و نقل، فورا بیمه‌گذار و تولیدکننده مطلع شوند.
- محل دپو کردن پایه ها بایستی کاملا صاف و یکنواخت باشد.
- برای سهولت جابجایی آینده پایه‌ها، بایستی در زیر تمام پایه‌ها در هر ردیف به فاصله ۳ تا ۴ متر چوب یا چهار تراش به ضخامت حداقل ۸ سانتیمتر قرار داده شود (شکل (۱۸)).
- فاصله پایه‌ها در هر ردیف حداقل ۵ سانتیمتر باشد تا در موقع بارگیری بتوان از این فاصله برای عبور دادن زنجیر یا تسمه استفاده کرد.
- قرار گرفتن تیرهای ردیف های بعدی نیز عینا مانند ردیف اول است. به خصوص دقیقا بایستی توجه شود که چوب‌ها یا چهارتراش‌ها در راستای چوب های ردیف اول باشد در غیر این صورت خطر شکستن تیرهای زیرین زیاد است.
- حداکثر تعداد ردیف برای تیرهای سبک (۲۰۰) پنج و برای تیرهای نیمه سنگین (۴۰۰ و ۶۰۰) چهار و برای تیرهای سنگین ۳ است.
- پایه های وارد شده به انبار قرنطینه در صورتی که با مشخصات فنی مورد درخواست مطابقت داشته باشد و از سالم بودن آن اطمینان حاصل گردد، اجازه ورود به محل نگهداری دائمی کالا در انبار را می‌یابند.
- مسئول انبار در فواصل زمانی یک ماهه اقدام به بازبینی کالاهای موجود در انبار به صورت ظاهری نماید و در صورتی که علائمی از شکستگی و یا ترک در پایه‌ها مشاهده گردد. به موجب حواله انتقال از انبار جاری خارج و به انبار اسقاط تحویل می‌گردد.

⚠ ***در زمان انبار ش برای جابجایی مختصر پایه ها مطلقا نبایستی از دیلم یا هر قطعه فلزی دیگری ا ستفاده شود زیرا موجب شکستن لبه تیرها می‌گردد.***

پایه‌ها پس از سپری شدن مدت زمان‌های زیر پس از تاریخ بتن‌ریزی قابل حمل به خارج از کارگاه محل ساخت خواهند بود که این مورد می‌بایست توسط انباردار در زمان تحویل مورد بررسی قرار گیرد.

- برای تیرهایی که با سیمان پرتلند معمولی به حالت عادی عمل آورده شده باشند ۲۸روز.
- برای تیرهایی که با سیمان پرتلند معمول با بخار عمل آورده شده باشند ۱۴ روز.





شکل (۱۸): طرز قرار گرفتن تیرهای بتنی چهارگوش به روی زمین و یا بر روی کف تریلر

۶-۲-۱-۲- حمل و نقل

جهت حمل و نقل پایه ها بایستی موارد زیر رعایت گردد.

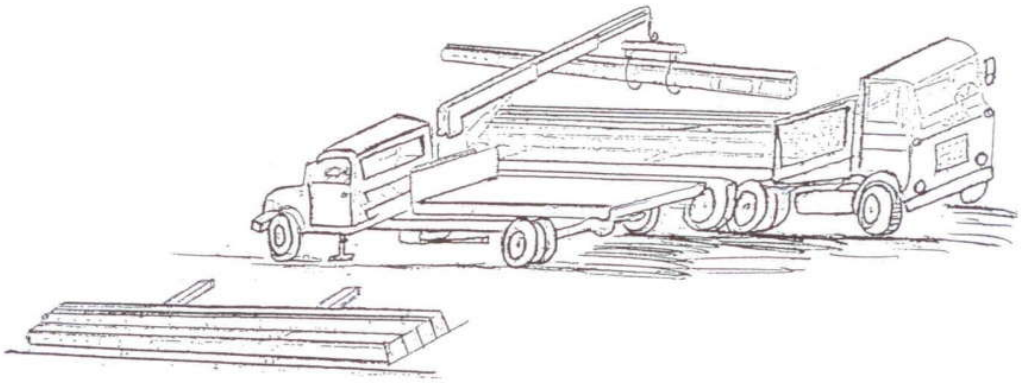
- طول وسیله نقلیه باید متناسب با طول تیر باشد.
- برای بارگیری با جرثقیل حتما از شاهین (شکل (۲۰)) استفاده شود.
- زنجیر جرثقیل به قلاب شاهین محکم بسته شود.
- زنجیرها با تسمه‌های دو طرف شاهین در قسمت پر تیر در طرفین مرکز ثقل تیر محکم بسته شود (شکل (۲۰))
- از بستن بیش از یک تیر به زنجیره، به کلی خودداری شود.
- با حرکت آرام، تیر را از جای خود حرکت داده و پس از بالا بردن به اندازه لازم با هدایت کمک راننده تیر به آرامی به روی تریلی قرار گیرد. هر گونه حرکت حساب نشده یا شتاب‌زده در این حالت ممکن است به قیمت شکستن تیر یا پریدن گوشه آن تمام شود.
- بر روی تریلر و زیر تمام پایه‌های هر ردیف به فاصله ۳ تا ۴ متر چوب یا چهار تراش به ضخامت ۸ سانتیمتر قرار داده شود.

- در موقع قراردادن تیرها در روی تریلی بایستی فاصله منا سب بین تیرها دقیقا رعایت گردد تا در موقع تخلیه اشکالی پیش نیاید (شکل (۱۹)).
- پس از تکمیل بارگیری در فاصله بین تیرها گوه چوبی مناسب قرار دهند تا از حرکت تیر در حین حمل جلوگیری شود. سپس با سیم بکسل بر روی تریلی بسته شود.
- در موقع بستن سیم بکسل بایستی در نقاط ت ماس سیم بکسل با تیرها از قطعات چوبی به صورت تخته یا الوار استفاده گردد.
- برای مسیرهای طولانی سعی شود تریلی با حداکثر ظرفیت بارگیری شود. سبک بار بودن تریلی موجب ازدیاد سرعت و آسیب‌دیدگی تیرها می‌گردد.
- به رانندگان توصیه می‌شود در جاده‌های خاکی یا دست‌انداز تا حد ممکن با سرعت کمتری رانندگی کنند.
- تخلیه عینا مانند بارگیری است در این حالت نیز بایستی حتما از شاهین استفاده گردد و در موقع انبار کردن، الوار زیر تیرها و به فاصله مناسب از یکدیگر قرار گیرد و همانند آنچه در بارگیری به آنها اشاره شد موارد دقیقا رعایت گردد.

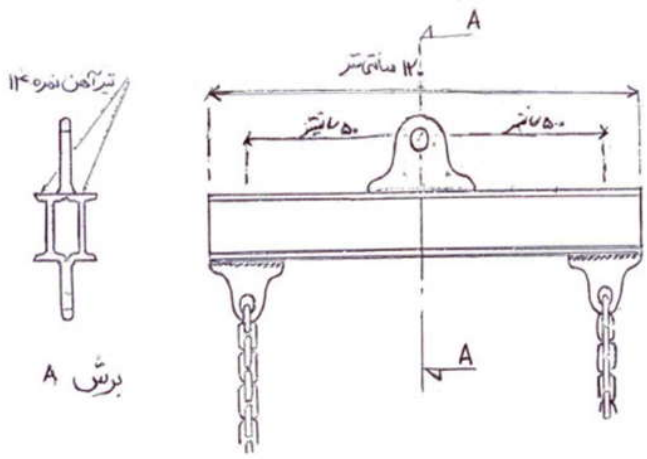
⚠ ***در هر حال از بارگیری و تخلیه تیرها به صورت دوبل قویا بایستی خودداری گردد و تنها تیرها به صورت تک‌تک بایستی بارگیری و تخلیه شوند.***

⚠ ***همواره باید توجه داشت که به هنگام تخلیه پایه‌ها از وارد آمدن ضربه به آنها جلوگیری شود.***

⚠ ***هنگام بلند کردن پایه‌های بتنی به وسیله جرثقیل بایستی قلاب یا زنجیر در مرکز ثقل تیر بسته شود.***



شکل (۱۹): قرار دادن تیرهای برروی تریلر



شکل (۲۰): شاهین جهت بلند کردن تیر

۶-۲-۲- انبارداری و حمل و نقل ترانسفورماتور

۶-۲-۲-۱- انبارداری

- پس از دریافت ترانسفورماتور محموله بررسی گردد تا اطمینان حاصل شود که تجهیزات کامل دریافت شده‌اند. در صورت مشاهده هر گونه کسری در اجزای تشکیل دهنده، مراتب فورا به تولیدکننده یا فروشنده تجهیز اطلاع داده شود.
- هنگام ورود ترانسفورماتور به انبار و قبل از تخلیه آن بازرسی کاملی از بدنه به عمل آید و در صورت مشاهده نشانه‌های بارز آسیب‌دیدگی در اثر حمل از جمله کاهش سطح روغن شرکت حمل‌کننده، بیمه‌گر حمل و نقل، نمایندگی مجاز و کارخانه سازنده به سرعت مطلع گردند. خسارت های جزیی که ممکن است مهم به نظر نیاید نیز گزارش گردند، ادعاهای بعد از مهلت مقرر در هنگام مذاکره با شرکت‌های بیمه‌ای ایجاد اشکال خواهد نمود.
- ترانسفورماتور توسط جرثقیل در محل های از پیش تعیین شده قرار داده شوند.
- ترانسفورماتور قبل از ثبت در کاردکس انبار و ملحق شدن به مجموعه کالاهای انبار قرنطینه شده و پس از بازرسی و آزمون طبق روش اجرایی بازرسی و آزمون، انبارش شوند.
- ترانسفورماتورهای وارد شده به انبار ق رنطینه فقط در صورتی که با نمونه ارائه شده توسط فروشنده و با مشخصات فنی مورد درخواست مطابقت داشته باشند واز سالم بودن آن اطمینان حاصل گردد، اجازه ورود به محل نگهداری دائمی کالا در انبار را می‌یابند.
- به منظور حصول اطمینان از مطلوب بودن وضعیت ترانسفورماتورهای موجود در انبار و تشخیص وجود خرابی و نشتی روغن در آنها، مسئول انبار در فواصل زمانی یک ماهه اقدام به ارزیابی کالای موجود در انبار

به صورت ظاهری نماید و سالم بودن بدنه ترانسفورماتور، بوشینگ ها، مبنع ژل سیلیکاژل و ... مورد بازدید قرار گیرد.

- د ر صورت مشاهده هر گونه خرابی در ترانسفورماتورها علت خرابی شناسایی شده و دستورات لازم جهت حفظ و نگهداری تجهیزات به نحو صحیح در انبارها صادر شود.
- در صورت معیوب بودن (قابل تعمیر بودن) ترانسفورماتور طبق دستورالعمل مربوطه جهت رفع عیب از انبار خارج و پس از تعمیر به انبار تحویل گردد.
- در صورت ناسالم و اسقاط (غیر قابل تعمیر) بودن ترانسفورماتور، به موجب حواله انتقال از انبار جاری خارج و به انبار اسقاط تحویل می‌گردند.
- در صورتی که ترانسفورماتور تحت شرایط گارانتی دچار خرابی شده باشد می‌بایست قبل از تعمیر هماهنگی با شرکت سازنده صورت پذیرد.

موقعیت ترانسفورماتورها در انبار بایستی به گونه‌ای باشد که دسترسی آن به راحتی انجام پذیرد و بازرسی آن به راحتی صورت گیرد. همچنین حمل و نقل ترانسفورماتورها باعث صدمه دیدن ترانسفورماتورهای دیگر نگردد.

ترانسفورماتورها بایستی به همان ترتیب که وارد انبار می‌گردند از انبار خارج گردند تا ترانسفورماتور در زمان طولانی در انبار نماند.

۶-۲-۲-۲- حمل و نقل

ترانسفورماتورهای توزیع عموما به صورت کامل در کارخانه مونتاژ و تست گردیده‌اند و به هنگام تحویل در محل آماده بهره‌برداری است. در هنگام بارگیری، ترانسفورماتورها با چوب های الوار به کف تریلر یا وسیله نقلیه مربوطه میخ‌کوبی می‌شوند و توسط سیم‌بکسل‌ها از محل قلاب های مهار یا پایه های ترانسفورماتور به کف خودرو مهار می‌شوند. شتاب حمل می بایست ثابت بوده و از حرکت و توقف سریع و تکان های شدید جلوگیری گردد.

برای تخلیه ترانسفورماتور، مناسب ترین شیوه استفاده از جرثقیل است. در این هنگام ترانسفورماتور یا وسیله حامل آن زیر بازوی جرثقیل قرار گرفته و بعد از باز شدن بندها و مهارها به آرامی از جا بلند شود و به محل مورد نظر منتقل شود.

هنگام جابجایی ترانسفورماتور دقت نمود که امتدا د اصلی آن همواره در وضعیت قائم قرار گیرد. و تحت هیچ شرایطی بیش از ۱۵ درجه منحرف نشود. همچنین باید توجه داشت که حلقه قلاب های تعبیه شده در بالای

ترانسفورماتور عموما به منظور بلند کردن کامل ترانسفورماتور به وضعیت قائم طراحی گردیده و برای کشیدن ترانسفورماتور به کمک سیم و قرقره باید از حلقه های مخصوص که در قسمت شاسی و پایه آن تعبیه شده استفاده نمود.

⚠ ***جابجایی ترانسفورماتور در هر یک از مراحل بارگیری و تخلیه تا استقرار نهایی آن روی سکوی مربوطه می‌باید به آرامی و بدون وارد آوردن ضربه و شتاب زیاد انجام گیرد.***

۶-۲-۳- انبارداری و حمل و نقل تابلوی فشار ضعیف

۶-۲-۳-۱- انبارداری

- پس از دریافت تابلو فشار ضعیف باید مورد بررسی قرار گرفته تا اطمینان حاصل شود که تجهیزات کامل دریافت شده‌اند. در صورت مشاهده هر گونه کسری در اجزای تشکیل دهنده مراتب فورا به تولید کننده یا فروشنده تجهیز اطلاع داده شود.
- به هنگام ورود تابلو فشار ضعیف به انبار و قبل از تخلیه آن بازرسی کاملی از بدنه و تجهیزات داخلی به عمل آید و در صورت مشاهده هر گونه آسیب‌دیدگی در اثر حمل، شرکت حمل‌کننده، بیمه‌گر حمل و نقل، نمایندگی مجاز و کارخانه سازنده به سرعت مطلع گردند.
- در هنگام بلند کردن تابلو از جرثقیل استفاده شود[۱].
- برای جابجایی تابلو از وسایل مناسب مثل جرثقیل و لیفتراک استفاده شود.
- در صورتی که کف تابلو از قطعات فلزی مستحکم مانند ناودانی ساخته شده باشد. قرار دادن لوله زیر کلاف تحتانی و یا لغزاندن آن روی صفحات فلزی مجاز است.
- تابلو فشار ضعیف قبل از ثبت در کاردکس انبار و ملحق شدن به مجموعه کالاهای انبار قرنطینه شده و پس از بازرسی و آزمون طبق روش اجرایی بازرسی و آزمون، انبارش شوند.
- تابلو فشار ضعیف وارد شده به انبار قرنطینه فقط در صورتی که با نمونه ارائه شده فروشنده و با مشخصات فنی مورد در خواست مطابقت داشته باشند اجازه ورود به محل نگهداری دائمی کالا در انبار را می‌یابند.
- مسئول انبار در فواصل یک ماهه اقدام به بازبینی و ارزیابی کالای موجود در انبار به صورت ظاهری نماید.

---

[۱]- تابلوهای بارانی با ابعاد کوچک توسط کارگران جابجا می‌شوند.

- در صورت معیوب بودن (قابل تعمیر بودن) تابلو طبق دستورالعمل مربوطه جهت رفع عیب از انبار خارج و پس از تعمیر به انبار تحویل گردد و در صورت غیر قابل تعمیر بودن به موجب حواله انتقال از انبار خارج و به انبار اسقاط تحویل می‌گردند.
- در صورتی که تابلو فشار ضعیف در مدت ضمانت کارخانه سازنده دچار خرابی و نقص گردد و نقص ایجاد شده در تعهد شرکت سازنده باشد. قبل از هر گونه تعمیر بایستی هماهنگی جهت رفع عیب به عمل آید.

⚠ ***در مورد تابلوهایی که برای استفاده در محیط‌های با رطوبت و تغییرات دمای زیاد در نظر گرفته شده‌اند اقدامات مناسب برای جلوگیری از تعریق زیان‌آور به عمل آید.***

۶-۲-۳-۲- حمل و نقل

تابلو، طبق مشخصات فنی خریدار در کارخانه سازنده مونتاژ و بعد از تکمیل برگه آزمون‌های معمول (روتین) کارخانه، به محل پست حمل می‌گردند. لذا برای جلوگیری از صدمات مکانیکی و یا تاثیرات محیطی ناشی از حمل و نقل و پیاده کردن تابلو، بعد از ساخت بایستی به گونه‌ای مناسب بسته‌بندی شوند و برروی بسته‌بندی اطلاعات لازم از جمله نام شرکت سازنده بایستی درج شده باشد.

تابلو فشار ضعیف می بایست برروی وسیله حمل کننده به صورت کامل مهار گردد و شتاب جهت حمل ثابت بوده و از حرکت و توقف سریع و تکان‌های شدید جلوگیری گردد.

در هنگام حمل،تابلو را بایدبا نایلون حباب دار ویا کارتون پوشاند. زیرادر صورت ایجاد خراش بر روی بدنه،درشرایط رطوبت باعث فرسایش و زنگ زدگی در بدنه تابلو می شود.

برای تخلیه تابلو از جرثقیل و یا لیفتراک استفاده شود. در صورت حمل با لیفتراک باید از لیفتراکی استفاده شود که طول شاخک‌های آن بزرگتر یا مساوی عمق تابلو باشد.

۶-۲-۴- انبارداری و حمل و نقل کات‌اوت فیوز و برقگیر

۶-۲-۴-۱- انبارداری

- پس از دریافت بسته‌بندی‌های حاوی کات‌اوت فیوز و یا برقگیر، باید مورد بررسی قرار گیرند تا اطمینان حاصل شود که تجهیزات به صورت کامل دریافت شده است و در صورت هر گونه کسری در اجزای تشکیل دهنده مراتب فورا به تولید کننده یا فروشنده تجهیز اطلاع داده شود.

- کات اوت فیوز و برقگیر پس از تخلیه به صورت دستی توسط کارگران و یا توسط لیفتراک حمل شود و در محل های از پیش تعیین شده قرار گیرند.
- تجهیزات قبل از ثبت در کاردکس انبار و ملحق شدن به مجموعه کالاهای انبار قرنطینه شده و پس از بازرسی و آزمون طبق روش اجرایی بازرسی و آزمون، انبارش شوند.
- بسته‌های حاوی کات اوت فیوز و برقگیر در محل خشک انبار نگهداری شود[۱].
- بسته‌های کات اوت فیوز و برقگیر وارده شده به انبار قرنطینه فقط در صورتی که با نمونه ارائه شده فروشنده و با مشخصات فنی مورد درخواست مطابقت داشته باشند اجازه ورود به محل نگهداری دائمی کالا در انبار را می‌یابند.
- مسئول انبار در فواصل یک ماهه اقدام به بازبینی و ارزیابی کالای موجود در انبار به صورت ظاهری نماید.
- در صورت معیوب بودن (قابل تعمیر بودن) تابلو طبق دستورالعمل مربوطه جهت رفع عیب از انبار خارج و پس از تعمیر به انبار تحویل گردد و در صورت غیر قابل تعمیر بودن به موجب حواله انتقال از انبار خارج و به انبار اسقاط تحویل می‌گردند.

۶-۲-۴-۲- حمل و نقل

احتیاط لازم جهت محافظت از تجهیز حین حمل و نقل صورت گیرد و همچنین لرزش ها هنگام حمل و نقل به حداقل برسد. بسته بندی قطعات باید ضد آب بوده و برروی آن یک برچسب حاوی اطلاعات به شرح ذیل نصب گردد.

- احتیاطات لازم جهت حمل و نقل
- نام و آدرس کارخانه سازنده
- نوع تجهیز
- وزن کامل
- شماره سریال
- سال تولید
- فرکانس نامی
- محدوده ولتاژ
- جریان اسمی

---

[۱] – بسته‌های کات اوت فیوز و برقگیر لازم است برروی سکو و با فاصله از سطح زمین انبارش شوند.

⚠ ***بسته‌بندی ها با علامت دستگاه‌های حساس "شکستنی" و غیره علامت‌گذاری شود.***

⚠ ***بسته‌بندی محموله به گونه‌ای باشد که از صدمات ناشی از جابجایی و انبار کردن در فضای باز محفوظ بماند و دارای استحکام کافی باشد.***

۶-۳- مراحل نصب

در این بخش مراحل نصب و تجهیز پست هوایی تک پایه و دو پایه تشریح می‌گردد.

افراد دارای صلاحیت که با پست هوایی آشنایی کامل دارند می‌توانند آن را نصب کرده، مورد بررسی قرار دهند و سرویس و نگهداری آن را به عهده داشته باشند.

فرد دارای صلاحیت فردی است که مهارت‌های زیر را داشته باشد.

- کاملا با این دستورالعمل و دستورالعمل سازنده تجهیزات مورد استفاده آشنا باشد.
- کاملا با قطع و وصل کردن و ایزوله کردن و زمین کردن تجهیزات سیستم توزیع آشنا باشد.
- کاملا با نحوه بهره‌برداری ایمن از تجهیزات فشار قوی و فشار ضعیف آشنا باشد.
- مواردی نظیر: استفاده از تکنیک‌های پیشگیرانه، تجهیزات حفاظت شخصی موارد ایمنی لازم برای کار در نزدیکی ادوات برقدار الکتریکی و ... را در عملیات نصب رعایت نماید.
- کاملا با مقررات ایمنی درباره حمل و نقل تجهیزات سیستم توزیع آشنا باشد.
- دوره های آموزشی مرتبط را سپری کرده باشد و دارای گواهینامه های مورد تایید شرکت توزیع باشد.
- دارای سابقه کار بر روی شبکه های متوسط هوایی و زمینی و شبکه های فشار ضعیف باشد.

قبل از تجهیز پست هوایی موارد زیر به طور کلی باید مورد بازرسی قرار گیرند:

- پلاک مشخصات تجهیزات و مقایسه آن با مشخصات سفارش شده به تامین کننده
- وضعیت کلی قطعات تشکیل‌دهنده تجهیزات

۶-۳-۱- دستورالعمل نصب پست هوایی تک‌پایه

مشخصات کلی پست‌های هوایی تک پایه از دیدگاه نصب به شرح زیر است.

۱-حداکثر ظرفیت پست تک‌پایه ۱۰۰kVA است[۱].

۲- نصب ترانسفورماتور روی یک پایه انجام می‌گیرد.

۳-استقامت پایه بتنی با لحاظ کردن اثرات زلزله متناسب با ظرفیت ترانس انتخاب میگردد.

۴- تعداد برقگیرهای نصب شده با توجه به طول خط ۲۰ کیلوولت لحاظ شده، و در محل مناسب نصب می‌گردد (معمولا نصب برقگیر در تمامی ترانس‌ها ضروری نیست).

۵-ارتفاع نصب

الف- ترانسفورماتور

حداقل ارتفاع نصب سکوی ترانسفورماتور از سطح زمین ۵/۵۰ متر است.

ب- تابلو فشار ضعیف:

تابلو فشار ضعیف، بسته به مسائلی همچون استفاده غیر مجاز می تواند در بالای پایه قرار گیرد و یا در قسمت پایین آن واقع شود. کنتور مربوطه نیز با توجه به شرایط موجود و نظر طراح بالا و یا پایین تیر و یا در منزل مشترکین قرار داده شود[۲].

ج- کات‌اوت فیوز و برقگیر

ارتفاع نصب کات اوت فیوز و برقگیر با توجه به آرایش شبکه و رعایت فواصل مجاز از هادی خطوط و رعایت فاصله سکوی کات اوت فیوز و برقگیر از سکوی زیر ترانس تعیین می‌گردد.

در صورتی که پست هوایی تک پایه در انتهای خط ۲۰ کیلوولت با آرایش افقی و یا مثلثی نصب می‌گردد. برقگیرها در بالای پایه خط و کات‌اوت فیوز ۱۲۵ سانتیمتر پایین‌تر از برقگیر نصب می‌شود.

اگر پست هوایی در زیر خط عبوری با آرایش افقی و یا مثلثی نصب گردد. کات اوت فیوز و برقگیر در فاصله ۱۴۵ سانتیمتری از بالای پایه نصب می‌شود.

---

[۱]- معمولا ظرفیت ترانسفورماتور پست هوایی تک‌پایه بر حسب کیلوولت‌آمپر عبارت از ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ است. در شرایط خاص ترانسفورماتور تا ظرفیت ۲۰۰kVA برروی تک پایه ۱۲/۱۲۰۰ نصب می‌شود.

[۲] - در صورت نصب لوازم اندازه گیری در ارتفاع زیاد بر روی پایه برای قرائت کنتور نیاز به بالابر است که برای حل مشکل می‌توان از فناوری قرائت از راه دور استفاده کرد. استفاده از تابلوی کنتور فلزی در بالا ی تیر به ویژه در مناطق گرمسیری موجب صدمه دیدن کنتور و کاهش دقت اندازه گیری خواهد بود که در این موارد و در صورت اجبار می‌توان از کنتورهای outdoor، و تابلوهای غیر فلزی استفاده کرد.

در آرایش پرچمی یا عمودی سکوی کات‌اوت فیوز و برقگیر با توجه به رعایت فواصل مجاز از هادی خطوط و همچنین با فاصله مناسب از سکوی ترانسفورماتور نصب می‌شوند. همچنین مناسب‌ترین فاصله بین سکوی ترانسفورماتور تا سکوی کات‌اوت فیوز ۲۸۵ سانتیمتر است.

۶- آرایش کلی تجهیزات پست

آرایش تجهیزات در پست‌های هوایی تک پایه به دو حالت کلی زیر تقسیم می‌گردد:

الف- آرایش تجهیزات پست هوایی زیر خط ۲۰ کیلوولت

ب- آرایش تجهیزات پست هوایی در انتهای خط ۲۰ کیلوولت

دستورالعمل اجرایی تجهیزات مختلف پست هوایی تک پایه به تفکیک در ادامه ارائه شده است.

۶-۳-۱-۱- پایه

چاله تیر

برای کندن یک چاله تیر به اندازه مناسب که بتواند همه نیروها و گشتاور (لنگر)های وارده را تحمل کرده و پایه را در خاک استوار نگهدارد باید موارد زیر را در نظرگرفت:

- جنس زمین
- طول تیر
- وزن
- عوامل کشش

معمول‌ترین روش نصب پایه‌های بتنی دفن مستقیم آنها در خاک است. مقدار طول تیر دفن شده در خاک با توجه به مقاومت جانبی خاک (جنس زمین) بدست می‌آید. قطر چاله‌ای که کنده می شود متناسب با اندازه قطر پایه مورد نظر که باید در چاله قرار گیرد است. یعنی قطر چاله به اندازه ای باشد که فضای کافی در هر طرف پایه برای پر کردن اطراف و محکم نمودن آن و همچنین برای مانور تیر و قرار دادن آن در طول خط وجود داشته باشد. به عنوان یک قانون تجربی می‌توان عمق گودال را برابر ۱۰ درصد طول تیر به علاوه ۶۰ سانتیمتر در زمین معمولی در نظر گرفت.

عمق گودال در زمین‌های سخت و سنگی ۱۴ درصد طول تیر در نظر گرفته می‌شود. ابعاد جانبی گودال بایستی به گونه‌ای باشد که در ته تیر از هر طرف ۲۰ سانتیمتر فاصله وجود داشته باشد. ابعاد گودال مناسب جهت دفن تیرهای بتنی با توجه به مشخصات و جنس زمین به عنوان نمونه در جدول (۵) درج است.

جدول (۵): ابعاد گودال مناسب جهت دفن تیرهای بتنی

قدرت اسمی (kgf)	طول تیر (m)	زمین‌های سست		زمین‌های معمولی		زمین‌های سفت و سخت و سنگلاخ	
		عرض × طول (cm^2)	عمق (cm)	عرض × طول (cm^2)	عمق (cm)	عرض × طول (cm^2)	عمق (cm)
۲۰۰ تا ۶۰۰	۹	۹۰ × ۸۰	۱۷۰	۹۰ × ۸۰	۱۵۰	۹۰ × ۸۰	۱۴۰
۲۰۰ تا ۶۰۰	۱۲	۱۰۰ × ۸۰	۲۰۰	۱۰۰ × ۸۰	۱۸۰	۱۰۰ × ۸۰	۱۷۰
۲۰۰ تا ۶۰۰	۱۵	۱۱۰ × ۹۰	۲۲۰	۱۱۰ × ۹۰	۲۱۰	۱۱۰ × ۹۰	۲۰۰
۸۰۰ تا ۱۲۰۰	۹	۱۰۰ × ۸۰	۱۷۰	۱۰۰ × ۸۰	۱۵۰	۱۰۰ × ۸۰	۱۴۰
۸۰۰ تا ۱۲۰۰	۱۲	۱۱۰ × ۹۰	۲۰۰	۱۱۰ × ۹۰	۱۸۰	۱۱۰ × ۹۰	۱۷۰
۸۰۰ تا ۱۲۰۰	۱۵	۱۲۰ × ۱۰۰	۲۲۰	۱۲۰ × ۱۰۰	۲۱۰	۱۲۰ × ۱۰۰	۲۰۰

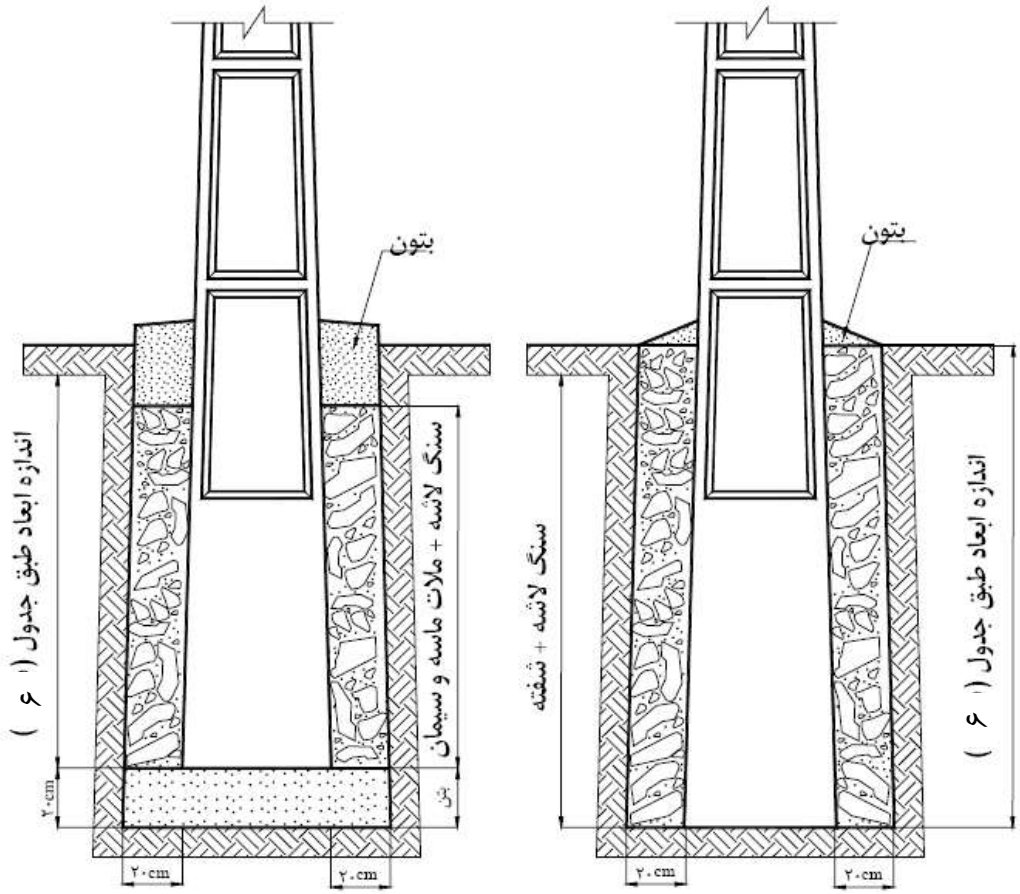
نوع پایه

نوع پایه متناسب با ظرفیت و نحوه قرارگیری ترانسفورماتور تعیین می‌گردد[۱] در شرایط معمول، در نصب ترانسفورماتور تک پایه قدرت پایه‌ها مطابق جدول (۶) است.

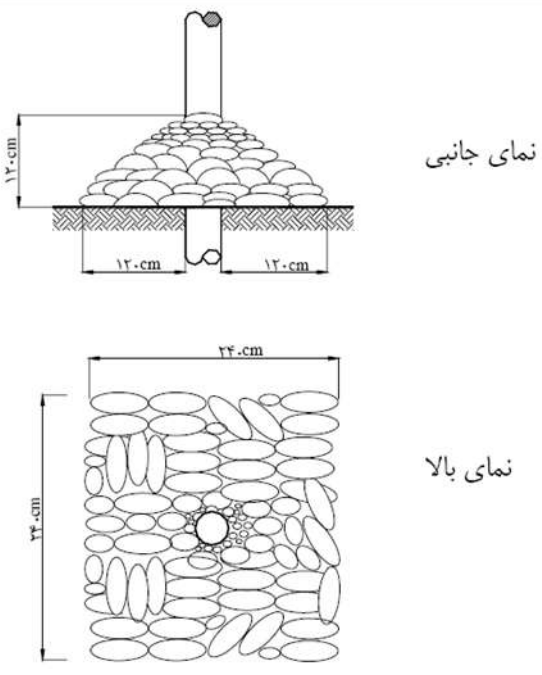
جدول (۶): نوع پایه و نحوه قرارگیری ترانسفورماتور

جهت نصب / نوع ترانس	پایه بتنی مسلح چهارگوش نصب ترانس در طرف نری	پایه بتنی مسلح چهارگوش نصب ترانس در طرف مادگی	پایه بتنی پیش تنیده
۲۵kVA	۱۲/۴۰۰	۱۲/۴۰۰	۱۲/۴۰۰
۵۰kVA	۱۲/۶۰۰	۱۲/۸۰۰	۱۲/۶۰۰
۱۰۰kVA	۱۲/۸۰۰	۱۲/۱۲۰۰	۱۲/۸۰۰

[۱] – در تجهیز پست هوایی تک پایه مجموعه پایه و ترانسفورماتور از پایدار استاتیکی و مکانیکی کمتری نسبت به پست هوایی دو پایه برخوردار است. لذا نیاز به تعیین دقیق مشخصات پایه و ابعاد آن با توجه به شرایط منطقه است.



شکل (۲۱): اجرای فونداسیون و نصب پایه‌های بتونی



شکل (۲۲): نحوه سنگ چینی دور پایه برای مناطقی با احتمال آب گرفتگی

نصب پایه

جهت نصب پایه بایستی مراحل زیر صورت گیرد:

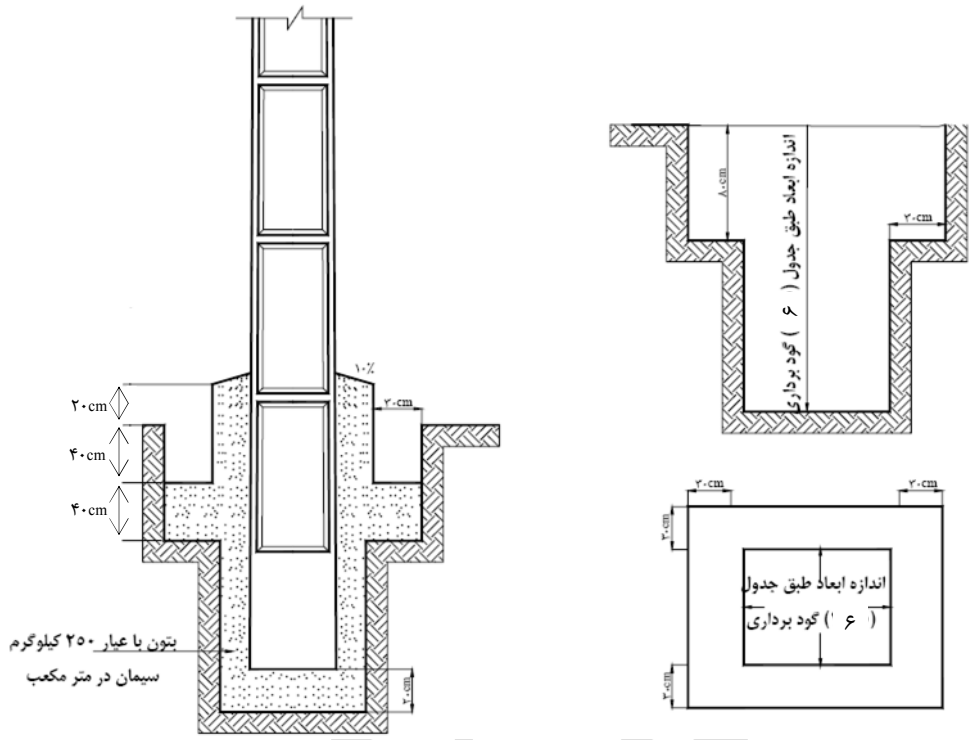
- هنگام بلند کردن پایه های بتنی به وسیله جرثقیل بایستی قلاب یا زنجیر در مرکز ثقل تیر بسته شود.
- برای جابجایی پایه‌های بتنی از شاهین و یا حائل بزرنتی استفاده شود.
- پایه بایستی در وسط گود قرار داده شود و اطراف آن با سنگ لاشه پر شود.
- پایه را توسط شاقول بایستی طوری تنظیم کرد که پایه عمود بر زمین باشد.
- هنگام نصب پایه بتنی جهت حصول به استقامت کافی پس از سنگ‌چین با سنگ لاشه، هر لایه سنگ توسط دیلم کوبیده شده و تا زمانی که عملیات کوبیدن اطراف پایه خاتمه نیافته است جرثقیل پایه را رها نکند.
- بتن بایستی بلافاصله پ س از تهیه مصرف شود و بتنی که بیش از یک ساعت از تهیه آن گذشته باشد به هیچ‌وجه نباید استفاده شود.
- بتن با ماشین، و بتنیر ماشین مخلوط‌کن ساخته شود.
- اگر عمل بتن ریزی در هوای خیلی سرد صورت گیرد باید دمای بتن حداقل ۴ درجه سانتیگراد باشد.
- جهت پایه‌های نگهدارنده ترانسفورماتورمی بایستی از بتن با عیار ۳۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب استفاده شود.
- بتن بایستی با همان عیار و به صورت ر قیق باشد تا خلل و فرج به صورت کامل پر شود.
- پای تیر بایستی به صورت سطح شیب‌دار ایجاد گردد تا به وسیله آب باران شسته نشود.

بتن نسبت به خاک درشت دانه‌ای که خوب کوبیده شده باشد دارای مزیت خاصی نیست. تنها امتیاز پر کردن با بتن این است که به علت یکپارچه‌سازی فونداسیون نیازی به کوبیدن خاک نیست. معمولا در اجرا برای هر گود پایه فشار متوسط تقریبا به ۰/۷ متر مکعب سنگ لاشه و برای هر گود پایه فشار ضعیف تقریبا به ۰/۵ متر مکعب سنگ لاشه نیاز است. در شکل (۲۱) نحوه اجرای فونداسیون و نصب پایه‌های بتنی نشان داده شده است.

جهت نصب پایه در زمین هایی که احتمال آب گرفتگی وجود دارد از روش سنگ‌چینی دور پایه استفاده شود در این روش اطراف پایه به شعاع ۱۲۰ سانتیمتر و به ارتفاع ۱۲۰ سانتیمتر از سطح زمین به صورت مخروط، سنگ‌چینی صورت می‌گیرد. در شکل (۲۲) نمونه‌ای از نحوه سنگ چینی دور پایه برای مناطق با احتمال آب گرفتگی نشان داده شده است.

در زمین های سست و باتلاقی نیز جهت غلبه بر سستی زمین بایستی برای استقرار پایه بتونی گودالی به ابعاد مناسب طبق جدول (۵) حفر گردد با این تفاوت که تا عمق ۸۰ سانتیمتری از سطح زمین ابعاد چاله از هر طرف ۳۰ سانتیمتر افزایش یافته و قبل از نصب جهت افزایش استقامت پایه کف گودال به ارتفاع ۲۰ سانتیمتر با بتن پر شود. بعد از قرارگیری پایه در وسط گود اطراف پایه با بتن با عیار ۲۵۰ کیلوگرم سیمان در متر مکعب پر شود و در ارتفاع ۲۰

سانتیمتر بالاتر از سطح زمین شیب مناسب اطراف پایه ایجاد شود. در شکل (۲۳) نمونه‌ای از روش گودبرداری، نصب و دورچینی تیرهای بتنی در زمین های باتلاقی نشان داده شده است.



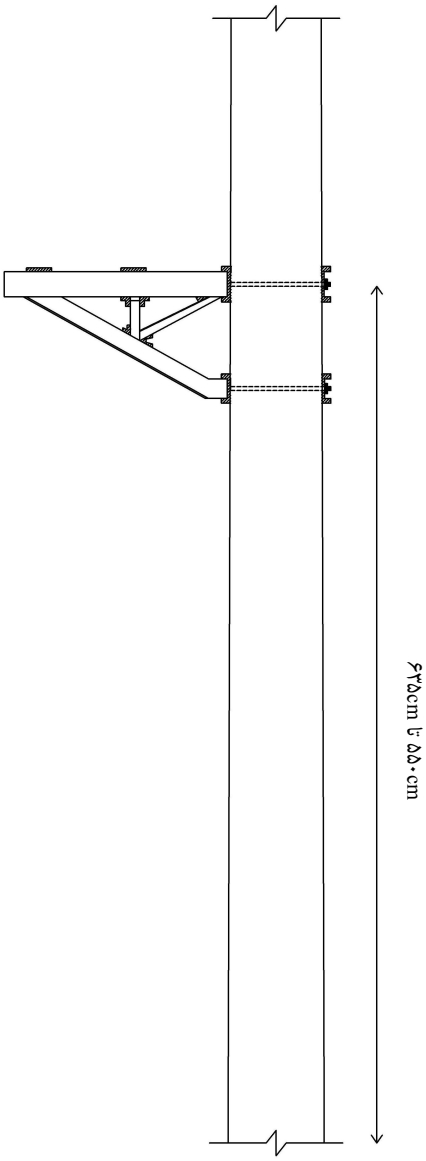
شکل (۲۳): روش گودبرداری، نصب و دورچینی های تیرهای بتونی در زمین‌های باتلاقی

- ***نبایستی پایه‌های بتنی را از سمت مادگی بر روی زمین خواباند زیرا اگر زمین ناصاف باشد باعث شکستن تیر می‌شود.***
- ***نبایستی پایه یک مرتبه از جا برداشته شود زیرا باعث خورده شدن بتن در محل آویز قلاب می‌گردد.***
- ***استفاده از بتنی که در سرما آسیب دیده باشد به هیچ‌وجه مجاز نیست.***
- ***نصب حلقه آرماتور در طرفین پایه به منظور حمل و نقل و بلند کردن مجاز نیست.***

۶-۳-۱-۲- سکوی ترانسفورماتور

سکوی ترانسفورماتور تک پایه با گالوانیزه گرم با رعایت فاصله از سطح زمین که معمولا بین ۵/۵۰ تا ۶/۳۵ متر است و با رعایت فاصله مناسب ترانسفورماتور از سکوی کات اوت فیوز و برقگیر به وسیله پیچ و مهره با اندازه مناسب به صورت تراز نصب می‌گردد.

ابعاد و مشخصات سکوی ترانسفورماتور با توجه به وزن و ابعاد ترانسفورماتور تعیین می‌گردد. در شکل (۲۴) نحـوه نصب سکوی ترانسفورماتور تک‌پایه نشان داده شده است.



شکل (۲۴): نحوه نصب سکوی ترانسفورماتور تک‌پایه

۶-۳-۱-۳- ترانسفورماتور

برای انتقال ترانسفورماتور بر روی سکو از جرثقیل استفاده می‌شود. در این هنگام ترانسفورماتور زیر بازوی جرثقیل قرار گرفته و برای انتقال بر روی سکو از دو چنگک که در محل قلاب‌ها قرار می‌گیرد استفاده می‌شود تا در هنگام بالا بر دن ترانسفورماتور، تعادل آن حفظ شود.

هنگام شروع به بالا بردن ترانسفورماتور توسط جرثقیل تعادل به وسیله نگهداشتن آن حفظ شود تا از برخورد مخزن ترانسفورماتور با زمین جلوگیری گردد. دقت شود که زاویه انحراف ترانسفورماتور در هنگام جابجایی بیشتر از ۱۵ درجه نباشد.

ترانسفورماتور بایستی کاملا بر روی سکو تراز شده و طوری نصب گردد که بوشینگ‌های LV به طرف پایه باشد و فاصله ترانسفورماتور در سمت بوشینگ‌های HV تا پایه کمتر از ۶۵ سانتیمتر نباشد.

ترانسفورماتور بر روی سکو طو ری مستقر گردد که ریل زیر آن بر روی ناودانی قرار داشته و توسط چهار عدد پیچ و مهره محکم گردد.

⚠ ***ترانسفورماتور بایستی همیشه در حالت افقی و رو به بالا جابجا گردد مگر آنکه در دستورالعمل سازنده اعلام گردیده باشد که آن را بایستی به صورت دیگری جابجا نمود.***

۶-۳-۱-۴- کات‌اوت فیوز و برقگیر

پست هوایی زیر خط عبوری

کات اوت فیوز و برقگیر برروی دو عدد کنسول ۲/۴۴ متری نمره ۷ که بر روی پایه ۱۲ متری نصب می‌شود قرار می‌گیرند. جهت افزایش استقامت کنسول‌های افقی ۲/۴۴ متری برروی پایه از دو تسمه حائل فلزی استفاده شده و در سه نقطه توسط پیچ و مهره به یکدیگر متصل شوند. کات‌اوت فیوز جهت ارتباط به بوشینگ‌های فشار متوسط به طرف سکوی نصب ترانسفورماتور و برقگیر در پشت پایه نصب می‌گردند و جهت محکم کردن آنها بر روی کنسول از براکت و پیچ و مهره با اندازه مناسب استفاده شود. زاویه نصب کات‌اوت فیوز نسبت به حالت قائم حدود ۱۵ تا۲۰ درجه است.

فاصله محل نصب سکوی کات اوت فیوز و برقگیر از سکوی ترانسفورماتور حدود ۲۸۵ سانتیمتر و فاصله آنها از انتهای پایه حدود ۱۴۵ سانتیمتر در نظر گرفته شود.

در نصب سکوی کات اوت فیوز و برقگیر دقت کافی جهت مستحکم بودن تمام پیچ‌ها و اتصالات صورت گیرد تا از پایداری کافی در برابر نیروهای شدید ناشی از اتصال کوتاه و یا سوختن فیوز برخوردار باشد.

پست هوایی در انتهای خط

در این پست ها محل استقرار برقگیر در امتداد خط است و از آنجایی که در این حالت الزاما پایه انتهایی مقره بشقابی و ملزومات آن را دارد مناسب‌تر است از کلمپ انتهایی موجود، جهت اتصال هادی خط به برقگیر استفاده و برقگیر توسط براکت مخصوص خود روی کنسول بیرونی خط قرار گیرد.

جهت استقرار کات‌اوت فیوز از دو عدد کنسول ۲/۴۴ متری که به فاصله حدودا ۱/۲ متری زیر کنسول افقی خط نصب می‌گردد استفاده می‌شود و برای افزایش استقامت کنسول از دو تسمه حائل فلزی استفاده می‌گردد.

۶-۳-۱-۵- تابلو

در پست های هوایی تک پایه تابلو فشار ضعیف بارانی به صورت معمول با فاصله مناسب از سطح (۲/۳ متری از سطح زمین) بر روی پایه توسط تسمه‌ای حائل (پشت‌بند) محکم می‌گردد. هنگام نصب تابلو دقت شود که درب اصلی تابلو در سمت پیاده‌رو واقع گردد. آمپراژ کلید کل تابلوی فشار ضعیف متناسب با جریان سمت فشار ضعیف و ضریب باردهی ترانسفورماتور تعیین می‌گردد. در پیوست شماره ۴ جریان سمت فشار ضعیف ترانسفورماتورهای متداول در پست هوایی ارایه شده است.

۶-۳-۱-۶- نحوه اتصالات

اتصال کات‌اوت فیوز به ترانسفورماتور

ارتباط بین کات‌اوت فیوز و بوشینگ‌های فشار متوسط ترانسفورماتور با استفاده از سیم مسی و یا سیم مسی روکش‌دار با سطح مقطع ۵۰ میلیمتر مربع و کابلشوی مسی نمره ۵۰ برقرار می‌گردد. کابلشو مورد استفاده بایستی دارای عیار مناسب و ابعاد آن مطابق مشخصات فنی باشد[۱] و توسط دستگاه پرس هیدرولیک با لقمه نمره ۵۰ در دو نقطه برروی کابلشو و با فاصله مناسب از یکدیگر پرس شوند.

جهت جلوگیری از فشار وارد بر بوشینگ‌ها در هنگام ارتباط کابلشو به بوشینگ بایستی از دو آچار استفاده کرد و محل ارتباط بر روی بوشینگ‌ها از هر گونه زنگ‌زدگی و آلودگی پاک شده و با یک پوشش از گریس هادی پوشانیده شود. پس از محکم کردن پیچ ها گریس اضافی از کلیه سطوح زدوده شود. با توجه به شرایط محیطی و جغرافیایی می‌توان از سیم روکش‌دار نمره ۵۰ مسی نیز جهت ارتباط استفاده کرد. در محل ارتباط‌ها بایستی از واشر و واشر فنری با ابعاد مناسب استفاده شود.

⚠ ***هادی ارتباط کات‌اوت فیوز به ترانسفورماتور بایستی انعطاف پذیر بسته شود تا انبساط و انقباض ناشی از سرد و گرم شدن هوا باعث قطعی نشود و همچنین در شرایط باد و طوفان فازها با یکدیگر برخورد نداشته باشد.***

⚠ ***در هنگام نصب کابلشو نبایستی مفتول‌های هادی بریده شود.***

---

[۱] – کلیه تجهیزات از جمله کابلشو باید از لیست تعیین صلاحیت شده شرکت توزیع تهیه شوند.

ارتباط به شبکه

۱- پست هوایی زیر خط عبوری

جهت ارتباط خط به کات‌اوت فیوز و برقگیر از سیم آلومینیوم – فولاد و گیره قابل قطع تحت ولتاژ (گیره‌خط گرم آلومینیومی) و یا کلمپ دو پیچه آلومینیومی در طرف خط استفاده می‌شود. توجه گردد که محل اتصال گیره هات‌لاین یا کلمپ دو پیچه آلومینیومی بر روی هادی خط توسط پیچاندن یک رشته سیم آرموراد[1] یا آلومینیوم بر روی هادی تقویت گردد. سیم آلومینیوم- فولاد ارتباط به برقگیر نیز توسط یک کلمپ دو پیچه شکافدار از سیم‌کات اوت فیوز انشعاب شده و با کابلشوی بی متال به برقگیر متصل می‌گردد[2]. فاصله هوایی میان فازها نباید از مقدار فاصله بین فازهای خطوط کمتر باشد. در ضمن لازم است جمپر های ارتباطی دارای فلش لازم باشند تا در شرایط جوی نامناسب به هم برخورد نداشته باشند و در مواقع اتصال کوتاه بتوانند تنش های الکتریکی ناشی از آن را تحمل کنند.

پیرو مطالب ارائه شده در بخش (۶-۳-۱-۸) می‌توان از هادی روکش‌دار جهت ارتباط خط به کات‌اوت فیوز و برقگیر استفاده کرد.

۲- پست هوایی در انتهای خط

در این حالت هادی اصلی خط با کابلشوی متناسب با محل اتصال به برقگیر متصل می‌گردد. در شرایطی که احداث پست هوایی همزمان با احداث شبکه فشار متوسط هوایی صورت می‌گیرد مناسب‌تر است هادی اصلی خط پس از عبور از کلمپ انتهایی به برقگیر متصل شود و جهت ارتباط خط به کات اوت فیوز از گیره قابل قطع تحت ولتاژ (گیره‌های لاین آلومینیومی) و یا کلمپ دو پیچه آلومینیومی متناسب با مقطع هادی خط استفاده شود.

⚠ ***سطح مقطع هادی ارتباط خط به کات‌اوت فیوز و برقگیر هم‌مقطع با سطح مقطع هادی خط در نظر گرفته شود.***

⚠ ***عدم هماهنگی جنس کلمپ و کابلشو با هادی خطوط باعث اکسید شدن آنها در محل اتصال می‌گردد.***

⚠ ***اتصال شل جمپرها باعث افزایش دما در محل اتصال می‌گردد.***

[1] - Armourad

[۲] – با توجه به نوع برقگیر نحوه اتصال متفاوت است.

اتصال کابل ترانسفورماتور به تابلو

جهت ارتباط بین بوشینگ های فشار ضعیف ترانسفورماتور و کلید اصلی تابلوی فشار ضعیف عموما از کابل‌های چهار رشته‌ای که رشته های سه فاز و نول در داخل یک پوسته قرار گرفته است استفاده می‌شود. در کابل‌های چند رشته‌ای ابتدا پوسته کابل به اندازه مناسب[1] برداشته شده و هر رشته از کابل به اندازه عمق کابلشو لخت می‌شود و پس از پرس ضمن آرایش و فرم‌دهی کابل و به وسیله شمش مسی ۱۰ سانتی، مطابق رنگ‌بندی فازها در فشار ضعیف (رعایت ترتیب فازها) به بوشینگ‌های ترانسفورماتور متصل می‌گردد.

جهت برقراری ارتباط کابل به کلید اصلی تابلوی فشار ضعیف نیز پوسته کابل به طول ۲۵ تا ۳۰ سانتیمتر (متناسب با فاصله کلید تا محل گلند تابلو) برداشته و هر رشته به اندازه عمق کابلشو لخت و پس از پرس مطابق آنچه گفته شد به ورودی کلید اصلی و شینه نول تابلو متصل می‌گردد. کابلشو باید متناسب با جنس و مقطع کابل و دارای عیار مناسب بوده و با مشخصات فنی مورد تایید مطابقت داشته باشد. در صورت استفاده از کابل‌های آلومینیومی بایستی از کابلشوهای بی‌متال استفاده کرد. تعداد پرس کابلشو، متناسب با مقطع کابلشو است.

قسمتی از کابل که دارای پوسته بوده و درون تابلو قرار گرفته است توسط بست مناسب یا گلند به بدنه تابلو محکم می‌شود.

توجه به این نکته ضروری است که کابل به نحوی بر روی پایه محکم شود که از وارد شدن وزن کابل بر روی بوشینگ ترانسفورماتور جلوگیری کند. بدین منظور بهتر است که کابل حدود ۲۰ سانتیمتر بالاتر از سطح بوشینگ بر روی پایه توسط راک تک‌خانه و یا بست مناسب مستقر گردد.

- ***در آرایش و فرم‌دهی کابل‌ها رعایت شعاع خمش کابل الزامی است.***
- ***کابلشو می‌بایست توسط دستگاه پرس هیدرولیک و با فواصل مناسب پرس گردد و تعداد پرس و نوع لقمه متناسب با سطح مقطع کابل باشد.***
- ***پس از برداشتن عایق کابل، بایستی بلافاصله کابلشو در محل قرار گیرد، زیرا رشته‌های هادی با طول‌های نامساوی بر روی یکدیگر حرکت خواهند کرد . توجه به اینکه ضروریست که مفتول‌های رشته کابل نباید بریده شود.***
- ***پرس‌ها بایستی توسط دستگاه پرس هیدرولیک به صورت کامل اجرا شود و لبه‌ها زائد ایجاد شده در محل پرس توسط سوهان برطرف گردد.***

---

[1] – با توجه به آرایش و فرم‌دهی مناسب رشته ها کابل در محل ارتباط به بوشینگ های فشار ضعیف پوسته کابل برداشته می‌شود.

در صورتی که مقدار لخت شده کابل کوتاه تر از عمق کابلشو باشد احتمال بریده شدن کابلشو وجود دارد.

اتصال برقگیر به زمین

جهت اتصال نقطه خنثی برقگیر به زمین از کابل مسی تک رشته به مقطع ۵۰ میلیمتر مربع استفاده می‌شود. این کابل در محل های اتصال به خروجی برقگیر لخت شده و پس از اتصال به برقگیر به سمت چاه حفاظتی هدایت می‌گردد و سیستم هم‌بندی ارتینگ در محل سکوی ترانسفورماتور به آن متصل می گردد که در بخش سیستم زمین پست هوایی (۶-۳-۱-۷) به تفصیل به آن پرداخته خواهد شد. جهت ارتباط نقطه خنثی برقگیر به زمین به نوع برقگیر و دستورالعمل سازنده توجه شود.

اتصال تجهیزات به سیستم زمین حفاظتی

سیستم زمین حفاظتی بایستی در نزدیک‌ترین فاصله به پست هوایی اجرا گردد. سپس کنسول‌ها – سکوی کات‌اوت برقگیر- سکوی ترانسفورماتور، در پوش فوقانی ترانسفورماتور، بدنه ترانس و ارت برقگیر با کابل به مقطع ۵۰ × ۱ میلیمتر مربع به وسیله کابلشو و کلمپ مسی در محل سکوی ترانسفورماتور به یکدیگر متصل گردد. سپس از محل سکو با کابل مسی به مقطع ۵۰ × ۱ میلیمتر مربع از داخل لوله به قطر ۲۰mm و ارتفاع ۳ متر عبور داده شده و به الکترود زمین حفاظتی متصل می‌گردد[۱]. همچنین بدنه تابلوی فشار ضعیف که به شینه ارت PE متصل و از شینه نول جدا است با سیم مسی به مقطع ۵۰ میلیمتر مربع پس از اجرای سیستم پد (حلقه) به الکترود زمین حفاظتی متصل می‌شود.

اتصال نقطه نوترال به سیستم زمین الکتریکی (نقطه خنثی)

الکترود نقطه خنثی بایستی در فاصله حداقل ۲۰ متری از الکترود زمین حفاظتی احداث شود[۲]. سپس این سیستم زمین الکتریکی به شینه نول تابلو (که باید با مقره اتکایی از بدنه تابلو ایزوله باشد و از شینه ارت PE نیز جدا شده باشد) مرتبط می‌شود این ارتباط به یکی از دو روش زیر برقرار می‌گردد:

- روش ۱: در صورتی که پست هوایی فاقد شبکه فشار ضعیف باشد می بایست شینه نول تابلو فشار ضعیف (ایزوله با بدنه) با کابل مسی $۵۰mm^۲$ ×۱ مطابق با استاندارد کابل‌کشی زمینی اجرا و به الکترود اتصال زمین نقطه خنثی که در فاصله ۲۰ متری از سیستم حفاظتی قرار دارد وصل شود. فاصله بین دو چاه حفاظتی

---

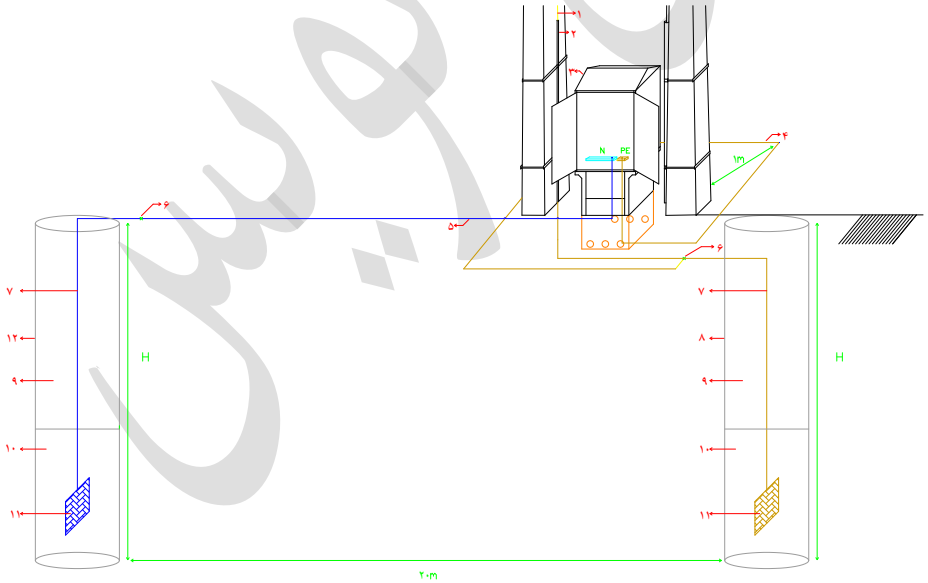
[۱] – با توجه به شرایط منطقه و جلوگیری از سرقت کابل می توان از تسمه فلزی با ابعاد مناسب حد فاصل سکوی ترانسفورماتور تا چاه حفاظتی استفاده کرد و یا طول لوله محافظ کابل مسی را به ارتفاع ۶ متر در نظر گرفت.

[۲] – فاصله بین دو چاه باید به اندازه‌ای باشد که چاه ها در حوزه مقاومت یکدیگر قرار نگیرد.

و الکتریکی می‌بایست به اندازه‌ای باشد که چاه‌ها در حوزه یکدیگر قرار نگیرند. بهتر است کابل ۵۰×۱ از لوله پلی‌اتیلن فشار قوی به قطر ۱۱۰mm در مسیر خود تا محل سیستم اتصال زمین نقطه خنثی عبور داده شود که امکان تداخل با سیستم زمین حفاظتی در فاصله ۲۰ متر فراهم نشود. به جای کابل مسی $۵۰mm^۲ \times ۱$ فشار ضعیف می‌توان از کابل مسی $۵۰mm^۲ \times ۱$ فشار متوسط استفاده نمود که در این حالت احتمال خرابی در اثر تخلیه اضافه ولتاژهای شبکه زمین حفاظتی در زمین اطراف پست هوایی وجود ندارد.

- روش ۲: در پست های هوایی با شبکه فشار ضعیف هوایی در پای اولین پایه فشار ضعیف بعد از ترانسفورماتور که فاصله آن کمتر از ۲۰ متر نباشد. سیم نول شبکه هوایی که باید مقطع آن کمتر از $۵۰mm^۲$ مسی نباشد توسط کابل یا سیم مسی به مقطع ۵۰ × ۱ میلیمتر مربع از داخل لوله به قطر ۲۰mm و به ارتفاع ۳ متر عبور داده شده و به الکترود سیستم زمین الکتریکی وصل می‌گردد، و شینه نول تابلو فشار ضعیف نیز مطابق موارد اشاره شده در روش یک به الکترود نقطه خنثی متصل شود.

تبصره: یک حلقه پد در پست هوایی و به فاصله یک متر از تاسیسات در هر سمت که امکان اجرا باشد با استفاده از سیم مسی به مقطع $۵۰mm^۲$ در عمق ۴۰ سانتیمتری زمین می بایست ایجاد و به الکترود سیستم زمین حفاظتی متصل گردد. در شکل (۲۵) سیستم زمین حفاظتی و الکتریکی و سیستم پد اطراف پست هوایی به تصویر کشیده شده است.



۱ کابل تک رشته به مقطع ۵۰ میلیمتر مربع
۲ لوله گالوانیزه ۱/۵ اینچ ۳ متری
۳ تابلو فشار ضعیف
۴ سیم مسی به مقطع ۵۰ میلیمتر مربع (سیستم پد)
۵ کابل تک رشته به مقطع ۵۰ میلیمتر مربع
۶ کلمپ مسی دو پیچه مقطع ۵۰
۷ سیم مسی به مقطع ۵۰ میلیمتر مربع
۸ چاه حفاظتی
۹ خاک رس
۱۰ مخلوط خاک-زغال-نمک
۱۱ صفحه مسی
۱۲ چاه الکتریکی

شکل (۲۵): اجرای سیستم زمین حفاظتی و الکتریکی و سیستم پد در اطراف پست هوایی

۶-۳-۱-۷- سیستم زمین

با توجه به شرایط محل نصب پست هوایی از نظر جنس زمین و نوع خاک جهت رسیدن به مقاومت مورد نظر نحوه اجرای سیستم زمین متفاوت است. متداولترین روش اجرای سیستم زمین استفاده از صفحه مسی به ابعاد ۵۰۰ × ۵۰۰ × ۵ میلیمتر مکعب و یا سبد بافته شده از سیم مسی نمره ۵۰ به عنوان الکترود زمین است که در عمق زمین دفن می‌شود. عمق نصب الکترود در منطقه ای از زمین محاسبه می شود که در آن نم طبیعی به طور دائم وجود داشته باشد.

جهت اجرای سیستم زمین، در زمین های معمولی چاه به قطر یک متر و ارتفاع مناسب (حداقل ۱۰ متر) حفر شود. پس از رسیدن به رطوبت دائمی چاه به وسیله صفحه مسی یا سبد بافته شده از سیم مسی به مقطع ۵۰ میلیمتر مربع (چمبره) و وزن حداقل ۲۰ کیلوگرم، نمک، خاک ذغال و خاک رس به روش زیر تجهیز می‌گردد.

هنگام استفاده از صفحه مسی و سبد به عنوان الکترود زمین، صفحه مسی یا سبد به صورت قائم در ته چاه قرار داده شود. هادی زمین (سیم مسی نمره ۵۰) به یکی از دو روش زیر به صفحه مسی متصل می‌شود:

الف- هادی توسط کلمپ دو پیچه مسی که به دو عدد پیچ یا مهره‌های قفل کننده مجهز است و یا کابلشو با پرس هیدرولیک توسط پیچ مسی مجهز به مهره های اصلی و قفل کننده به صفحه مسی محکم شود.

ب- به جای استفاده از پیچ می توان اتصالات را با استفاده از جوش اکسیژن (لحیم سخت) انجام داد. در این حالت دقت شود هادی به کابلشو و کابلشو به صفحه مسی در کل سطح تماس خود جوشکاری شده باشد و تنها به جوشکاری در طول محیط کابلشو اکتفا نشود. استفاده از این روش به دلیل استقامت و استحکام بیشتر و خوردگی کمتر، پیشنهاد می‌گردد.

می‌توان به جای صفحه مسی از سبد بافته شده از سیم مسی نمره ۵۰ که وزن آن حداقل ۲۰ کیلوگرم باشد استفاده کرد و به عنوان الکترود در زمین قرار داد. سبد بایستی به صورت فشرده و به شکل حلقه بافته شود و سیم آن یکپارچه و بدون اتصا ل باشد و به صورت قائم در چاه قرار گیرد.

عمل آوردن خاک به جهت کم کردن مقاومت زمین به روش‌های ذیل صورت می‌گیرد:

۱- مخلوط نمک و ذغال و خاک

سنگ نمک کوبیده شده و سرند شده با خاک ذغال چوب و خاک سر ند شده که بهتر است خاک رس یا مشابه آن باشد با نسبت وزنی زیر با هم مخلوط و حداقل تا ارتفاع ۱/۵ متری از ته چاه پوشیده و کوبیده شود.

نمک/ذغال چوب/خاک رس با نسبت ۱، ۰/۵، ۱۰

بقیه چاه با خاک سر ند شده پوشیده، پر و لایه به لایه کوبیده شود.

۲- لایه‌بندی نمک و ذغال

خاک ذغال چوب در اطراف صفحه الکترود ریخته شده و کوبیده شود به نحوی که حداقل ۰/۲ متر ذغال بالاتر از الکترود قرار گیرد سپس به تناوب یک لایه نمک و یک لایه ذغال چوب در لایه‌های به ضخامت ۰/۱۵ متر در اطراف الکترود تا ارتفاع ۱/۵ متر از ته چاه پوشیده شده و کمپکت شود و بقیه چاه با خاک سرند شده پر و کوبیده شود.

از آنجایی که عمل آوردن خاک معمولا یک بار انجام شده و در طول عمر الکترود قابل تجربه نیست بایستی دقت لازم در نحوه اجرا صورت گیرد.

هنگام اجرای عملیات یاد شده باید تا جایی که ممکن است الکترود هادی در وسط چاه قرار بگیرد و به هیچ‌وجه نباید آن را تحت نیروی کشش قرار داد.

همچنین هادی زمین از محل اتصال به صفحه مسی تا خارج شدن از چاه (و یا محل ارتباط به شینه ارت یا نول) یکپارچه باشد و هیچ نوع زدگی و خوردگی در طول آن وجود نداشته باشد. در صورت استفاده از سبد بافته شده و سیم مسی ، به صورت یکپارچه و بدون استفاده از اتصال و کلمپ تا محل ارتباط ادامه یابد. جهت عمر بیشتر چاه باید تا حد امکان اتصالات را در طول مسیر کاهش داد. مقدار مقاومت زمین جهت چاه حفاظتی (چاه نزدیک) کمتر از ۲ Ω و جهت چاه الکتریکی (چاه دور) کمتر از ۵ Ω است.

- ***در هنگام اتصال صفحه مسی به هادی نباید از لحیم نرم (سرب یا قلع) استفاده شود.***
- ***چاهی که به منظور احداث الکترود در زمین حفر می شود باید مختص همان کار باشد و از آن نباید برای هیچ منظور دیگری استفاده شود.***
- ***استفاده از هر گونه چاه (آب یا فاضلاب و غیره) به منظور ایجاد اتصال زمین، تحت هر عنوان و به هر دلیلی ممنوع است.***
- ***هادی‌های دفن شده به عنوان الکترود زمین و همچنین هادی ارتباط الکترود به زمین نباید از نوع افشان باشد.***
- ***قطر هر مفتول هادی‌های چند مفتولی نباید از ۱/۸ میلیمتر کمتر باشد.***

در صورتی که مقاومت زمین به حد مطلوب نرسد می توان از یک چاه موازی بهره برد که در این صورت سعی شود که الکترود در خارج از حوزه مقاومت الکترود دیگر قرار گیرد. فقط در این حالت است که هر الکترود به صورت مستقل عمل کرده و مقاومت معادل آنها در حداقل ممکن خواهد بود. جهت ارتباط دو چاه از کابل تک رشته به مقطع ۵۰

میلیمتر استفاده می‌شود که می بایست مطابق دستورالعمل کابل کشی اجرا گردد و همچنین می‌توان فاصله بین دو چاه کابل را از داخل لوله پلی‌اتیلن عبور داد.

عمر الکترود و مدت زمان اثر عمل آوردن خاک به عوامل زیر بستگی دارد.

- جنس الکترود هادی
- بست ها و نوع اتصالات الکترود
- ترکیب خاک
- مواد عمل آوردن خاک

در مواردی که نوع خاک منطقه به نحوی است که الکترود احداث شده در آن دارای مقاومتی بیش از حد معمول شود با استفاده از مواد شیمیایی مجاز می توان از مقدار مقاومت زمین کاست.

مواد شیمیایی مورد استفاده نباید دارای خاصیت خورندگی الکترود و یا آلایندگی بیش از حد محیط زیست باشد.

از انواع موادی که در عمل بیش از همه مورد مصرف هستند عبارتند از:

- نمک طعام (سنگ)
- سولفات منیزیم
- سولفات مس
- خاک زغال چوب یا کک در اختلاط با نمک

خاصیت خوردگی سولفات منیزیم کمتر از سایر موارد است و نمک طعام ارزان‌تر از همه و دارای خاصیت خورندگی بالا است.

نوع الکترود و مشخصات فیزیکی آنها در هنگام نصب لازم است به تفصیل ارائه شود و در پرونده پست هوایی ثبت شود.

الکترود چمبره‌ای، جنس، ساختار (تعداد × قطر مفتول‌ها)، سطح مقطع، طول کل بخش دفن شده (بخش زیرزمینی با احتساب بخش قائم هادی)

الکترود صفحه‌ای جنس، ابعاد (طول × عرض × ضخامت) سطح مقطع هادی اتصال، نوع اتصال هادی به صفحه (جوش، پیچی – پرسی).

عمق چاه، قطر چاه، نوع عمیق ترین لایه خاک و تاریخ خاتمه حفر چاه، نحوه عمل آوردن خاک، موارد بکار رفته در آن.

در صورتی که چاه ارت در زمین های خشک و سنگی حفرگردد می‌توان از بنتونیت (مواد کاهش دهنده مقاومت) بجای مخلوط نمک و ذغال استفاده کرد. که در این صورت قطر و عمق چاه کاهش یافته و فوائد زیر را به دنبال دارد.

- بالا رفتن خاصیت تبادل یونی، بالا بردن قدرت جذب و نگهداری آب به علت اکتیو شدن و ترکیب با زئولیت.
- پایین آمدن مقاومت الکتریکی زمین در جریان مصرف.
- قابلیت استفاده در مناطق خشک که فصول خشک و طولانی دارند.
- نقطه انجماد خاک را کاهش می‌دهد.
- در این سیستم می‌توان از میله ارت نیز به عنوان الکترود زمین استفاده کرد.

دستورالعمل استفاده از بنتونیت (مواد کاهش‌دهنده مقاومت) در پیوست (۲) درج شده است.

۶-۳-۱-۸- کاورینگ ترانسفورماتور

جهت کاهش خاموشی و کاهش انرژی توزیع نشده ناشی از اتصال کوتاه می توان از سیستم کاورینگ استفاده کرد. در این حالت برروی بوشینگ های فشار متوسط و برقگیر از کاور عایق استفاده شده وجهت ارتباط بین هادی خطوط و کات‌اوت فیوز و برقگیر از هادی روکش‌دار آلومینیوم- فولاد و جهت ارتباط بین کات‌اوت فیوز و بوشینگ‌های فشار متوسط از سیم مسی روپوش‌دار به مقطع ۵۰ میلیمتر مربع استفاده می‌گردد.

استفاده از سیستم کاورینگ خطاهای اتصال کوتاه ناشی از برخورد فازها در اثر باد و طوفان، برخورد پرندگان و ... را به شدت کاهش می‌دهد.

۶-۳-۲- دستورالعمل نصب پست هوایی دو پایه

مشخصات کلی پست های هوایی دو پایه از دیدگاه نصب به شرح زیر است.

۱- حداکثر ظرفیت پست هوایی دو پایه ۴۰۰kVA است[۱].

۲- نصب ترانسفورماتور به روی دو پایه انجام می‌گیرد.

۳- استقامت پایه های بتنی با لحاظ کر دن اثرات زلزله متناسب با ظرفیت ترانس انتخاب می‌گردد.

۴- با توجه به شرایط محل و برقگیرهای موجود در طول خط ۲۰ کیلوولت، نصب برقگیر صورت می‌گیرد.

۵-ارتفاع نصب

---

[۱] - ظرفیت ترانسفورماتور پست هوایی دو پایه برحسب کیلوولت‌آمپر ۲۵-۵۰-۱۰۰-۱۲۵-۱۶۰-۲۰۰-۲۵۰-۳۱۵ و ۴۰۰ است. ترانسفورماتور با ظرفیت ۵۰۰ کیلوولت آمپر در شرایط خاص و در مکان‌هایی که امکان نصب پست‌های زمینی، پیش‌ساخته و پست هوایی دیگری با ظرفیت کمتر از ۵۰۰ کیلوولت آمپر وجود نداشته باشد پست هوایی با ظرفیت ۵۰۰ kVA برروی دو پایه نصب می‌گردد.

الف- ترانسفورماتور: معمولا حداقل ارتفاع نصب سکوی ترانسفورماتور از سطح زمین ۵ متر است.

ب- تابلو فشار ضعیف: به صورت معمول تابلو فشار ضعیف در ارتفاع ۶۵ سانتیمتری از سطح زمین برروی سکوهای پیش ساخته بتنی نصب می‌گردد.

ج-کات اوت فیوز و برقگیر: در صورتی که پست هوایی دو پایه در انتهای خط ۲۰ کیلوولت با آرایش افقی و یا مثلثی نصب گردد برقگیرها در بالای پایه خط و کات‌اوت فیوز ۱۲۵ سانتیمتر پایین‌تر از برقگیر نصب می‌شود اگر پست هوایی در زیر خط عبوری با آرایش افقی و یا مثلثی نصب گردد کات‌اوت فیوز و برقگیر با فاصله ۱۴۵ سانتیمتری بالای پایه نصب می‌گردد.

در آرایش پرچمی یا عمودی فاصله سکوی کات‌اوت فیوز و برقگیر با توجه به رعایت فاصله مجاز از هادی خطوط و سکوی ترانسفورماتور صورت می‌گیرد. مناسب ترین فاصله بین سکوی ترانسفورماتور تا سکوی کات‌اوت فیوز ۲۸۵ سانتیمتر است.

۶- آرایش کلی تجهیزات پست

آرایش تجهیزات در پست‌های هوایی دوپایه به حالات کلی زیر تقسیم می‌گردد.

الف- آرایش تجهیزات پست هوایی زیر خط ۲۰ کیلوولت

ب- آرایش تجهیزات پست هوایی در انتهای خط ۲۰ کیلوولت

ج- آرایش تجهیزات پست هوایی بر روی شبکه ۲۰ کیلوولت زمینی

دستورالعمل اجرایی تجهیزات مختلف پست هوایی دو پایه به تفکیک در ادامه ارائه شده است.

۶-۳-۲-۱- پایه

جهت تجهیز ترانسفورماتور هوایی به روی شبکه فشار متوسط هوایی پایه‌های بتنی در خلاف جهت یکدیگر (متناسب با محل نصب و نیروهای وارده به پایه) و با فاصله ۱/۸ متر از یکدیگر (داخل به داخل پایه‌های بتنی) نصب می‌گردند[۱]. که ارتفاع و قدرت پایه ها با توجه به ظرفیت ترانسفورماتور و شرایط محل نصب تعیین می‌گردد. در شرایط معمول و با توجه به احتمال افزایش قدرت پست ارتفاع و قدرت پایه‌ها ۱۲/۶۰۰ و۹/۶۰۰ انتخاب می‌گردد[۲].

---

[۱] - جهت ترانسفورماتور با ظرفیت ۵۰۰ و ۴۰۰ کیلوولت آمپر فاصله داخلی پایه‌های بتنی ۲ متر از یکدیگر لحاظ می‌گردد.

[۲] - ارتفاع و قدرت پایه ها با توجه به ظرفیت ترانسفورماتور، نوع زمین، محل جغرافیایی محل نصب و محاسبات مکانیکی خط (شرایط باد و طوفان و ...) تعیین می‌گردد.

در شبکه فشار متوسط زمینی جهت احداث پست هوایی از دو پایه ۱۲ متری که به صورت موازی قرار دارند استفاده می‌شود که قدرت پایه‌ها در شرایط معمول و با توجه به احتمال افزایش قدرت پست ۱۲/۶۰۰ لحاظ مـی‌گـردد. نحـوه اجرای چاله تیر و نصب پایه مطابق مواد مندرج در بخش ۶-۳-۱-۱ صورت می‌گیرد.

۶-۳-۲-۲- سکوی ترانسفورماتور

سکوی ترانسفورماتور با رعایت فاصله از سطح زمین که باید بین ۵ تا ۶/۳۵ متر باشد[۱] به صورت تراز و بـه وسـیله پیچ و مهره‌ها با اندازه مناسب نصب می‌گردد.

۶-۳-۲-۳- ترانسفورماتور

نحوه انتقال و استقرار ترانسفورماتور برروی سکو مطـابق مـوارد منـدرج در بخـش ۶-۳-۱-۳ صـورت مـی‌گیـرد. ترانسفورماتور به نحوی بر روی سکو قرار میگیرد که بوشینگهای فشار متوسط به طرف پایه ۱۲ متـری و بوشـینگهای فشارضعیف به طرف پایه کمکی (پایه ۹ متری) قرار گرفته و فاصله مجاز تا پایه رعایت گردد،در این حالت ریل ها بـر روی ناودانی های سکوی ترانسفورماتور قرار گرفته و توسط پیچ و مهره محکم می‌گردد.در شرایطی که بـا ایـن روش نصب بوشینگ های فشار متوسط در حریم قرار گیرند جهت رعایـت حـریم مـی تـوان ترانسـفورماتور را مطـابق روش دیگری و به صورتی نصب کرد که بوشینگ های فشار متوسط به سمت سواره‌رو و بوشینگ های فشار ضعیف به سمت پیاده‌رو قرار گیرد. در این روش ترانسفورماتور توسط ناودانی و پیچ و مهره با اندازه مناسب و بـه فاصـله یکسـان از دو طرف نصب می‌شود.

۶-۳-۲-۴- کات‌اوت فیوز و برقگیر

پست هوایی دو پایه زیر خط عبوری

کات‌اوت فیوز و برقگیر بر روی دو عدد کنسول افقی ۲/۴۴ متری بر روی پایه ۱۲ متری و به فاصـله ۱/۲ متـر از هادی خط نصب می‌گردد[۲]. جهت نصب کنسول های افقی و افزایش اسـتقامت کنسـول هـا از تسـمه‌هـای حائـل استفاده شده و کنسول های افقی در سه نقطه توسط پیچ و مهره به یکدیگر متصل شوند. در این حالت برقگیرهـا به سمت خارج از پایه و کات اوت فیوز به سمت داخل پایه‌ها نصب می‌شود. در شرایطی که با توجه به محل نصب

---

[۱] – با توجه به نوع آرایش شبکه تعیین می‌گردد.

[۲] – جهت تسهیل در نصب و جداسازی لینک فیوز، کات‌اوت فیوزها با زوایه ۱۵ تا ۲۰ درجه نسبت به امتداد قائم نصب می‌شوند.

و رعایت حریم، ترانسفورماتور مطابق روش جدید نصب گردد سکوی کات‌اوت برقگیر حد فاصل دو پایه اجرا می گردد که در این حالت به صورت معمول کات‌اوت فیوز به سمت سواره‌رو و برقگیر به سمت پیاده‌رو قرار می‌گیرد. با توجه به شرایط نصب بهتر است کات اوت فیوز به سمتی نصب گردد که امکان قطع و وصل و تعویض المان آن در شرایط ایمن صورت پذیرد.

پست هوایی دو پایه در انتهای خط

در این پست‌ها محل استقرار برقگیر در امتداد خط است و از آنجایی که در این حالت پایه انتهایی دارای مقره بشقابی و ملزومات آن می‌باشد مناسب‌تر است از کلمپ انتهایی موجود جهت اتصال سیم به برقگیر استفاده شود. در صورتی که اجرای پست و شبکه هوایی به صورت همزمان نشود، جهت ارتباط می‌توان از کلمپ دو پیچه آلومینیومی که از سیم هادی ارتباط کات‌اوت به خط منشعب می شود و سیم آرموراد در محل اتصال بهره برد. در این حالت کات اوت فیوز با فاصله ۱/۲ متر زیر کنسول افقی خط و برروی کنسول ۲/۴۴ متری نصب شده برروی پایه ۱۲ متری (در امتداد کنسول افقی) قرار می‌گیرد. در صورتی که ترانسفورماتور به جهت رعایت حریم به روش جدید نصب گردد. مطابق موارد یاد شده در بند فوق اجرا صورت می‌گیرد.

پست هوایی نصب شده برروی شبکه زمینی

کات اوت فیوز و برقگیر بر روی دو عدد کنسول ۲/۴۴ متری حد فاصل دو پایه ۱۲ متری و به فاصله ۱/۲ متر از کنسول خط نصب می‌گردد.

۶-۳-۲-۵- تیغه جداسازی هوایی

در تجهیز پست هوایی بر روی شبکه زمینی تیغه جداسازی هوایی بالاتر از سکوی سرکابل و برروی سکوی مناسب نصب می‌گردد. تیغه جداساز تجهیزی غیر قابل قطع زیر بار بوده و جهت ا نجام تعمیرات و عملیات سرویس و نگهداری در حالت بی برق و مانور شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در شکل (۲۶) نمونه‌ای از تیغه جداساز هوایی نشان داده شده است.

۶-۳-۲-۶- سکوی سرکابل

در پست های نصب شده برروی شبکه زمینی سکوی سر کابل در محل سکوی کات‌اوت برقگیر، توسط تسمه‌های حائل و پیچ و مهره به صورت تراز نصب می‌گردد. ابعاد سکوی سر کابل بایستی به نحوی انتخاب گردد که سر کابل از

بدنه پایه حداقل ۴۵ سانتیمتر فاصله داشته باشد. کابل فشار متوسط پس از نصب سرکابل، برروی سکوی سر کابل، توسط بست فلزی روکشدار در دو نقطه مهار می‌گردد. جهت رعایت فاصله کابل تا بدنه پایه، کابل فشار متوسط در نزدیکی سکوی ترانسفورماتور توسط جلوبر، حائل کنسول (تسمه) و بست فلزی روکش‌دار مهار می‌گردد. محل نصب جلوبر در محل پله های پایه، و بالاتر از سکوی ترانسفورماتور است. جهت کابل های روغنی از سکوی سرکابل روغنی و جهت کابل های خشک از سکوی سرکابل غیر روغنی استفاده می‌شود. که در شبکه های جدیدالاحداث عموما از کابل های خشک استفاده می‌گردد.

شکل (۲۶): نمونه‌ای از تیغه جداساز هوایی

۶-۳-۲-۷- تابلو

تابلوهای فشار ضعیف در پست‌های هوایی برروی سکوی بتنی پیش‌ساخته، سکوهای آجر چینی شده و یا سکوی فلزی مشابه با سکوهای ترانسفورماتور قدرت نصب می‌گردند. آمپراژ کلید کل تابلوی فشار ضعیف متناسب با جریان سمت فشار ضعیف ترانسفورماتور و ضریب باردهی ترانسفورماتور تعیین می‌گردد. جریان سمت فشار ضعیف ترانسفورماتور در پیوست شماره ۴ ارایه شده است[۱].

[۱] – تنظیمات کلید فشار ضعیف با توجه به درصد بارگذاری ترانسفورماتور در شبکه توزیع صورت می‌گیرد.

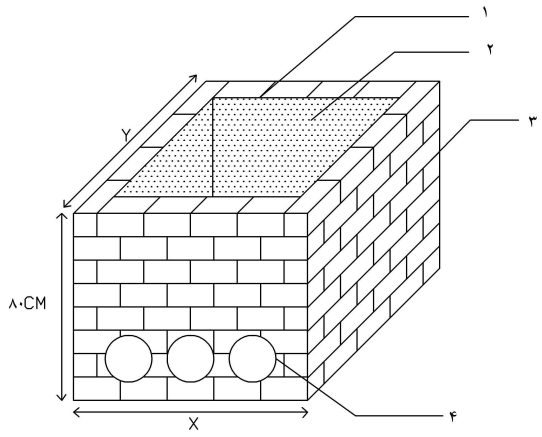
در پست های هوایی دو پایه، تابلو فشار ضعیف بارانی به صورت معمول برروی سکوهای پیش ساخته نصب می‌گردد. در این حالت بایستی قبل از نصب سکو، آماده سازی فونداسیون سکوی بتنی پیش ساخته صورت گیرد. جهت اجرای فونداسیون از هشت ردیف آجر همراه با ملات ماسه سیمان (به صورت دیوارچینی) و لوله های ورود و خروج کابل استفاده می‌شود (شکل (۲۷)).

ابعاد دیوارچینی باید متناسب با ابعاد سکوی بتنی پیش ساخته باشد و از سه ردیف لوله در دو طرف طول فونداسیون جهت کابل های ورودی و خروجی استفاده شود.

لوله ها از جنس پلیکا و یا پلی اتیلن و به قطر ۱۵۰ میلیمتر بوده و پس از اجرای دیواره ها، فضای داخل سیمان و کفی سکو بر روی فونداسیون توسط ملات سیمان محکم می‌گردد.

ارتفاع نصب تابلو از سطح زمین ۶۵ سانتیمتر است. کفی سکو همسطح با سطح زمین قرار گرفته و دریچه‌های بازدید بایستی بالاتر از سطح قرار گیرند.

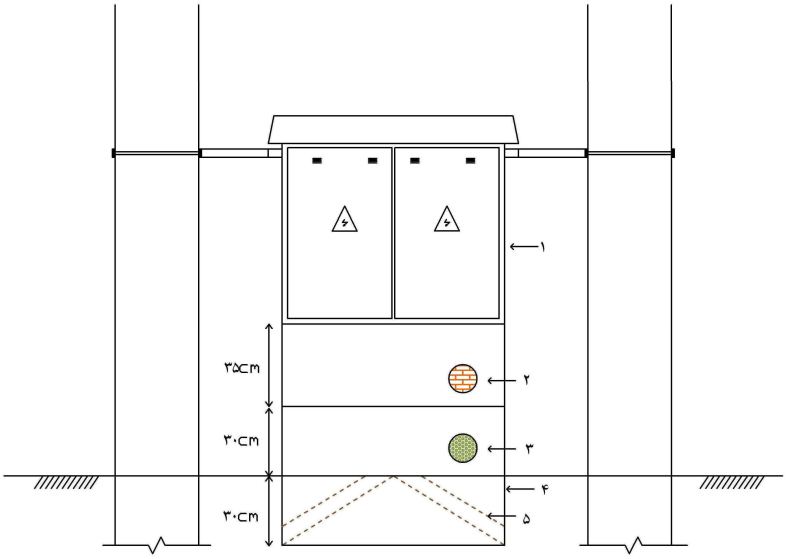
پس از نصب سکوی پیش ساخته به صورت تراز تابلوی فشار ضعیف توسط ۴ عدد پیچ یکسر تخت گالوانیزه به سکو مرتبط می گردد که سر تخت پیچ به سمت پایین و مهره دورن تابلو قرار می‌گیرد.



۱ محل استقرار کفی سکوی شالتر پیش ساخته بتنی
۲ دیواره داخلی با سطح سیمان
۳ دیوار چینی با اجر و ملات سیمان
۴ لوله پلیکا با نمره ۱۵۰
X و Y: با توجه به ابعاد سکوی پیش‌ساخته بتنی تعیین می‌گردد.

شکل (۲۷): فونداسیون سکوی پیش‌ساخته بتنی

در صورتی که تهیه سکوی بتنی پیش ساخته جهت نصب تابلوی فشار ضعیف بارانی ممکن نباشد از سکوی آجرچینی شده طبق شکل (۲۸) استفاده می‌گردد. در این حالت تابلو توسط پشتبند نیز به پایه‌ها متصل می‌شود. در صورت استفاده از سکوهای فلزی جهت نصب تابلوی فشار ضعیف، ابعاد و مشخصات سکو بایستی طبق وزن تابلو محاسبه و انتخاب گردد. در این حالت تابلو مشابه ترانسفورماتور قدرت توسط پیچ و مهره برروی سکو نصب می‌گردد.



۱ تابلوی فشار ضعیف
۲ آجر سفال ۴ سانتی
۳ سنگ دو تیشه
۴ بتون با عیار ۳۰۰
۵ لوله پلیکا نمره ۱۰

شکل (۲۸): سکوی آجرچینی شده

⚠ ***تست تراز بودن قبل و بعد از نصب، تابلوی فشار ضعیف صورت گیرد.***

⚠ ***پس از نصب از محکم شدن سکو و تابلو اطمینان حاصل گردد.***

۶-۳-۲-۸- نحوه اتصالات

اتصال کات‌اوت فیوز به ترانسفورماتور

نحوه اتصال مطابق موارد مندرج در بخش ۶-۳-۱-۶ است.

ارتباط به شبکه

در صورتی که جهت نصب ترانسفورماتور نیاز به نصب پایه در زیر خط عبوری و یا انتهای خط باشد نوع آرایش شبکه متناسب با آرایش شبکه موجود انتخاب گردد. کراس آرم و یا کنسول توسط پیچ یکسر رزوه که از جنس فولاد گالوانیزه است در محل مناسب به روی پایه محکم می‌گردد. در صورتی که از کنسول افقی استفاده گردد. به منظور افزایش استقامت مکانیکی بین کنسول و سینه تیر از تسمه‌های فولادی (حائل کنسول) استفاده شود.

در پایه های میانی خطوط هوایی از مقره‌های سوزنی استفاده می‌شود که توسط میله مقره به روی کنسول محکم می‌گردد. هادی خط توسط مفتول که باید از جنس آلومینیوم نرم و فاقد روکش باشد به مقره، اصلی می‌شود. سطح مقطع مفتول‌های اصلی متناسب با قطر هادی خط در جدول (۷) مشخص شده است.

جدول (۷): مفتول‌های اصلی

هادی خط هوایی	سطح مقطع مفتول اصلی (mm^2)	وزن در واحد طول (gr/m)
فاکس	۱۶	۴۳
مینک	۲۵	۶۸
هاینا	۲۵	۶۸

در پایه های انتهایی از مقره بشقابی و کلمپ انتهایی استفاده می گردد که قدرت پایه با توجه به محاسبات مکانیکی خط و ظرفیت ترانسفورماتور تعیین شود.

در صورتی که پست هوایی بر روی شبکه زمینی فشار متوسط نصب گردد بایستی مراحل ذیل صورت گیرد:

در این حالت کنسول ها با توجه به آرایش پیشنهادی توسط طراح برروی پایه‌ها نصب می‌گردد. حد فاصل دو پایه از سیم آلومینیوم فولاد جهت ارتباط بین دو سرکابل ا ستفاده شده و توسط کابلشو آلومینیومی با پرس هیدرولیک و پیچ و مهره به کابلشوی سر کابل متصل می‌گردد. سیم آلومینیوم- فولاد توسط سیم اصلی به مقره سوزنی محکم می‌گردد.

جهت ارتباطات می‌توان از هادی روکش دار آلومینیومی با مقطع مناسب نیز بهره برد.

کابل‌های فشار متوسط از داخل لوله[۱] ۳ متری دال بر شده با قطر ۲ برابر مجموع قطر کابل های فشار متوسط عبور کرده و لوله توسط تسمه در دو محل بر روی پله‌های تیر مهار می‌شود. جهت مهار کابل برروی پایه از جلوبر و سکوی سرکابل استفاده می‌گردد.که در بخش (۶-۵-۹) به آن پرداخته شده است.

⚠ ***کابلشو، تعداد پرس و نوع لقمه باید متناسب با سطح مقطع هادی باشد.***

نحوه اتصال خط اصلی به کات‌اوت فیوز و برقگیر به شرح زیر است.

۱- پست هوایی دو پایه زیر خط عبوری

[۱] – لوله از نوع فلزی گالوانیزه و در صورت صلاحدید شرکت توزیع می‌توان از لوله پلی اتیلن فشار قوی مقاوم در برابر اشعه UV نیز استفاده کرد.

مطابق موارد مندرج در بخش ۶-۳-۱-۶ اجرا صورت می‌گیرد.

۲- پست هوایی دو پایه در انتهای خط

مطابق موارد مندرج در بخش ۶-۳-۱-۶ اجرا صورت می‌گیرد.

۳- پست هوایی دو پایه برروی شبکه زمینی

جهت ارتباط خط به کات‌اوت فیوز و برقگیر از سیم آلومینیوم –فولاد و گیره قابل قطع تحت ولتاژ و یا کلمپ دو پیچه آلومینیومی استفاده می‌شود. فاصله بین فازها رعایت گردد و به صورتی صورت گیرد که در اثر انقباض و انبساط، سیم تحت کشش نباشد و باعث بروز قطعی نشود.

اتصال کابل ترانسفورماتور به تابلو

جهت ارتباط کابل به کلید اصلی تابلوی فشار ضعیف پوسته کابل به طول ۲۵ تا ۳۰ سانتیمتر (متناسب با فاصله کلید تا محل گلند) برداشته شده[۱] و هر رشته از کابل به اندازه عمق کابلشو لخت و پس از پرس به ورودی کلید و شینه نول با رعایت ترتیب فازها و آرایش مناسب مطابق رنگ‌بندی متصل می‌گردد. طول معینی از کابل در پای تیر به عنوان رزرو منظور می گردد و کابل پس از عبور از داخل لوله به بالای پایه جهت ارتباط به بوشینگ‌های فشار ضعیف ترانسفورماتور هدایت می‌شود. توجه به این نکته ضروری است که کابل به نحوی بر روی پایه محکم شود که از وارد آمدن وزن کابل بر روی بوشینگ ترانسفورماتور جلوگیری گردد. بدین منظور کابل حدود ۲۰ سانتیمتر بالاتر از سطح بوشینگ، بر روی پایه توسط راک تک‌خانه مستقر گردد.

جهت ارتباط کابل چهار رشته‌ای به بوشینگ های فشار ضعیف ابتدا پوسته کابل به اندازه مناسب برداشته شده و هر رشته از کابل به اندازه عمق کابلشو لخت می‌گردد. پس از پرس کابلشو توسط دستگاه پرس هیدرولیک ضمن آرایش و فرم‌دهی کابل توسط پیچ و مهره با اندازه مناسب، واشر تخت برنجی و واشر فنری از جنس فسفر برنز مطابق رنگ‌بندی کابل در فشار ضعیف (رعایت ترتیب فازها) به بوشینگ متصل می‌گردد[۲]. در صورت استفاده از کابل‌های تک‌رشته، سه رشته کابل های فاز و رشته نول بایستی از یک لوله عبور کند.

به طور معمول طول کابل ارتباط ۱۲ متر انتخاب می‌گردد. قسمتی از کابل که دارای پوسته بوده و درون تابلو قرار گرفته است توسط بست مناسب یا گلند به بدنه تابلو محکم می‌گردد.

---

[۱] – در صورت استفاده از کابل های تک رشته جهت ارتباط، هر رشته از کابل به اندازه عمق کابلشو لخت می‌گردد.

[۲] – جهت ارتباط کابل‌های ارتباط ترانسفورماتور به بوشینگ فشار ضعیف ترانسفورماتور تا قدرت ۲۰۰kVA به طور معمول از شینه ۱۰ سانتی و برای ترانسفورماتور با قدرت ۲۰۰kVA و بالاتر از کفشک مسی استفاده می‌شود.

- ***سطح مقطع لوله بایستی بیشتر از ۱/۵ برابر قطر کابل (مجموع رشته کابل‌ها) باشد[1].***
- ***تسمه‌های حائل لوله بایستی برروی پله‌های تیر و با فواصل مناسب نصب گردند.***
- ***طول تسمه های حائل و پیچ و مهره باید متناسب با سطح مقطع پایه انتخاب گردند.***
- ***در صورتی که جهت ارتباط از کابل‌های تک رشته استفاده می شود. رشته کابل‌های سه فاز و نول از داخل یک لوله با اندازه مناسب عبور داده شود.***
- ***در آرایش و فرم‌دهی کابل‌ها رعایت شعاع خمش کابل الزامی است.***
- ***جهت عدم آسیب به پوسته کابل در محل ورود به لوله فلزی بایستی لوله به صورت صحیح فارسی بر شود.***

اتصال برقگیر به زمین

نحوه اجرا مطابق موارد مندرج در بخش ۶-۳-۱-۶ است.

۶-۳-۲-۹- سیستم زمین

نحوه اجرا مطابق موارد مندرج در بخش ۶-۳-۱-۷ است.

۶-۳-۲-۱۰- کاورینگ ترانسفورماتور

نحوه اجرا مطابق موارد مندرج در بخش ۶-۳-۱-۸ است.

۶-۴- آزمون‌های مورد نیاز پیش از راه‌اندازی

برای اطمینان از آمادگی کامل پست هوایی برای راه‌اندازی، آزمون‌های جاری پست هوایی انجام شود. آزمون‌هایی که با علامت * مشخص شده‌اند در صورتی که برگه آزمایش جاری کارخانه‌ای ترانسفورماتور موجود باشد ضروری نخواهد بود. لیکن با توجه به وسایل و امکانات و با توجه به اهمیت ترانسفورماتور پست، انجام این آزمون‌ها می‌توانند سابقه‌ای برای تعمیر و نگهداری و آزمون‌های آینده به شمار آیند.

---

[1] - لوله از نوع فلزی گالوانیزه و در صورت صلاحدید شرکت توزیع می‌توان از لوله پلی‌اتیلن فشار قوی مقاوم در برابر اشعه UV نیز استفاده کرد.

آزمون‌های زیر بعد از تجهیز پست هوایی در محل توصیه می‌گردد.

- اندازه گیری مقاومت عایقی بین بوبین های فشار قوی و ضعیف ترانسفورماتور نسبت به هم و نسبت به بدنه
- *اندازه گیری نسبت تبدیل و تست عملکرد کلید تنظیم ولتاژ و مقایسه آن با مقادیر پلاک مشخصات ترانسفورماتور
- *اندازه‌گیری مقاومت اهمی (DC) سیم‌پیچ ها به کمک پل الکتریکی و مقایسه آن با نتایج آزمون‌های کارخانه سازنده ترانسفورماتور
- کنترل مسیرهای گردش روغن ترانسفورماتور
- کنترل استقامت عایقی روغن ترانسفورماتور
- اندازه گیری مقاومت زمین چاه های حفاظتی و الکتریکی پست هوایی
- بازدید چشمی از سطح روغن و ژل سیلیکاژل
- بازدید چشمی از برقگیر و کات اوت فیوز و صحت سالم بودن آنها
- بازدید چشمی از مقره‌های خط و صحت سالم بودن آنها
- بازدید چشمی از بوشینگ های ترانسفورماتور
- آزمون های عملکرد مکانیکی کلید اصلی تابلو فشار ضعیف
- آزمون های عملکرد مکانیکی کلید فیدرهای خروجی تابلو فشار ضعیف
- آزمون های عملکرد مکانیکی دسته کات‌اوت فیوز توسط پرچ
- بازدید چشمی از محل اتصالات و اطمینان از برقراری ارتباط صحیح در محل اتصالات
- تجهیزات داخل تابلو از قبیل کلیدها، باسبارها، فیدرها و لوازم اندازه گیری بازرسی وکلیه سیم‌بندی‌ها و مدارهای الکتریکی مطابق دیاگرام های سازنده بازرسی و استحکام سیم ها به ترمینال ها مورد معاینه قرار گیرند.

⚠ ***در صورتی که مقدار مقاومت چاه‌های الکتریکی و حفاظتی اندازه‌گیری شده در تابلوی فشار ضعیف به هم نزدیک بوده و این مقدار با مقاومت اندازه‌گیری شده از سرچاه مغایرت زیادی داشته باشد. جهت جلوگیری از ارتباط دو چاه بایستی بازرسی مجدد به عمل آید.***

⚠ ***به هنگام استفاده از دستگاه تست مقاومت، "مگر" تماس دست با رشته کابل‌های در حال آزمایش وجود نداشته باشد.***

۶-۵- مراحل راه‌اندازی

پس از آنکه تجهیز پست هوایی به پایان رسید و در صورت نیاز کلیه آزمون های آن انجام گرفت تجهیز آماده راه‌اندازی و بهره‌برداری خواهد بود. برای برقدار کردن و راه‌اندازی تجهیز کارهای زیر انجام شود.

۱- تیغه کات اوت فیوز به صورت باز نگهداشته شود.

۲- با رعایت کلیه اصول ایمنی و فنی و مطابق دستورالعمل مربوطه قطع موقت شبکه صورت گیرد.

۳- پس از قطع موقت شبکه، بی برق بودن آن توسط یک دستگاه تست مطمئن سنجیده شود.

۴- خطوط بی برق شده توسط ادوات زمین کردن سیار زمین شود، این کار با اندازه گیری مداوم مقاومت اتصال زمین کنترل شود.

۵- با رعایت کلیه اصول ایمنی و مطابق دستورالعمل مربوطه، خطوط ورودی به شبکه متصل گردند.

۶- در حالی که فیدرهای خروجی تابلو فشار ضعیف باز است و کلید اصلی تابلو در حالت off است، تیغه کات‌اوت فیوز پس از نصب المان فیوز بسته شود و اطمینان از برقراری اتصال کامل حاصل شود و مطابق دستورالعمل مربوطه شبکه برقدار شود.

۷- ولتاژ ثانویه بررسی شده و صحت توالی فاز آن ارزیابی شود.

۸- پس از آنکه ترانسفورماتور با ولتاژ مورد نظر آزمایش و راه اندازی شد برق آن برای مدتی قطع شود تا اتصالات آن مورد بازرسی مجدد قرار گیرد.

۹- بعد از برقراری مجدد جریان و اطمینان از صحت عملکرد، کلید ثانویه ترانسفورماتور (کلید اصلی تابلو فشار ضعیف) در وضعیت ON قرار گیرد تا شینه‌ها برقدار گردد.

۱۰- پس از زمان انتظار بی باری تجهیزات که توسط سازنده توصیه شده، آماده بارگذاری است.

⚠ ***شیر یا مجرای بین محفظه روغن و تانک ترانسفورماتور بازرسی شود و از باز بودن کامل آن اطمینان حاصل شود.***

⚠ ***قبل از برقدار کردن ترانسفورماتور باید توجه داشت که ترمینال ثانویه ترانسفورماتور اتصال کوتاه نباشد.***

⚠ ***پلمپ منبع سیلیکاژل قبل از برقدار کردن ترانسفورماتور برداشته شود.***

⚠ ***هنگام اعمال ولتاژ به ترانسفورماتور بایستی صدای وزوز آرام و یکنواختی از آن بدون سوت کشیدن یا صدا ناهنجار شنیده شود.***

⚠ ***قبل از راه‌اندازی از بی‌برق بودن کابل‌های خروجی فشار ضعیف اطمینان حاصل شود.***

۷- دستورالعمل نظارت بر نصب تجهیز

این قسمت شامل بخش های فهرست ابزار آلات مورد نیاز و آیین کار و روش اجرایی نظارت بر فرآیند نصب است که در ادامه به صورت مشروح به این موضوعات پرداخته می‌شود.

به طور کلی دستگاه نظارت شرکت هایی هستند که مسئولیت نظارت بر اجرای استانداردها در پروژه‌های توزیع نیروی برق را به عهده دارند و ناظر کسی است که مسئولیت نظارت بر رعایت استانداردها در پروژه‌های توزیع و تشکیل پرونده نظارتی و ارزیابی پیمانکاران را بر عهده دارد.

۷-۱- فهرست ابزارآلات مورد نیاز

در این بخش فهرست ابزار آلات مورد نیاز جهت نظارت بر نصب تجهیز در جدول (۸) درج شده است.

جدول (۸): فهرست ابزارآلات مورد نیاز جهت نظارت بر نصب

ردیف	نام ابزارآلات	توضیحات
۱	دستگاه تست مقاومت زمین	جهت اندازه‌گیری مقدار مقاومت چاه‌های حفاظتی و الکتریکی
۲	دستگاه تست استقامت عایقی	جهت اندازه‌گیری استقامت عایقی
۳	تراز	جهت تست تراز بودن تجهیزات
۴	ترکمتر	جهت اندازه‌گیری مقدار گشتاور نیرو (بررسی اتصالات)
۵	کولیس	جهت اندازه‌گیری ابعاد و اندازه شینه‌های تابلو و ...
۶	چرخ متر (متر)	جهت اندازه‌گیری فواصل
۷	متر لیزری	جهت اندازه‌گیری فواصل عمودی
۸	میکرومتر (ریزسنج)	جهت اندازه‌گیری ضخامت ورق تابلو
۹	ضخامت‌سنج	جهت اندازه‌گیری ضخامت رنگ، ضخامت گالوانیزه و ...

۷-۲- آیین‌کار و روش اجرایی

در این بخش از دستورالعمل چک لیست کنترلی نظارت بر نصب پست هوایی در جدول (۹) درج شده است.

جدول (۹): چک لیست کنترلی نظارت بر نصب پست هوایی

نام تجهیز :		تاریخ تکمیل فرم:			
تاریخ نصب :		کد GIS:			
سازنده :		نوع :		شماره سریال :	
ردیف	شرح فعالیت	وضعیت انجام		شرایط رد یا پذیرش	توضیحات
		قابل قبول	غیر قابل قبول		
۱	آیا عمق و ابعاد چاله‌ها جهت نصب پایه مناسب است؟				
۲	آیا پایه ها فاقد ترک خوردگی و شکستگی است؟				
۳	آیا قدرت پایه‌ها متناسب با ظرفیت ترانسفورماتور و مطابق طرح است؟				
۴	آیا وضعیت ظاهری پایه ها مطابق با شرایط استاندارد است؟				
۵	آیا پایه‌ها به صورت قائم نصب گردیده است؟				
۶	آیا پایه های پست هوایی در جهت متناسب با نیروی وارده به آنها نصب شده‌اند؟				
۷	آیا مراحل پر کردن چاله تیر و بتن‌ریزی پایه‌ها به صورت صحیح اجرا شده است؟				
۸	آیا در پست هوایی دو پایه فاصله بین پایه‌ها طبق استاندارد رعایت گردیده است؟				
۹	آیا اجرای فونداسیون سکوی بتنی پیش ساخته به صورت صحیح صورت گرفته است؟				
۱۰	آیا کلید ورودی تابلو فشار ضعیف متناسب با ظرفیت ترانسفورماتور و مطابق طرح است؟				
۱۱	آیا ابعاد سکوی بتونی پیش ساخته (در صورت استفاده) متناسب با ابعاد تابلوی فشار ضعیف است؟				
۱۲	آیا سکوی بتونی پیش ساخته فاقد ترک خوردگی و سالم است؟				
۱۳	آیا ضخامت ورق تابلو مطابق با مشخصات فنی ارائه شده توسط شرکت توزیع(کارفرما) است؟				

ادامه جدول (۹):

ردیف	شرح فعالیت	وضعیت انجام		شرایط رد یا پذیرش	توضیحات
		قابل قبول	غیر قابل قبول		
۱۴	آیا ضخامت رنگ تابلو مطابق با مشخصات فنی ارائه شده توسط شرکت توزیع(کارفرما) است؟				
۱۵	آیا اندازه و ابعاد شینه های تابلوی فشار ضعیف مطابق با مشخصات فنی ارائه شده توسط شرکت توزیع(کارفرما) است؟				
۱۶	آیا فواصل بین شینه ها رعایت گردیده است ؟				
۱۷	آیا رنگ‌بندی شینه ها مطابق با الزامات شرکت توزیع است؟				
۱۸	آیا درب تابلوی فشار ضعیف توسط سیم مسی بافته شده نمره ۱۶ به بدنه تابلو ارتباط دارد؟				
۱۹	آیا تابلوی فشار ضعیف در ارتفاع مناسب از سطح زمین نصب شده است؟				
۲۰	آیا فاصله سکوی ترانسفورماتور از سطح زمین رعایت شده است؟				
۲۱	آیا سکوی ترانسفورماتور به صورت صحیح و تراز نصب شده است؟				
۲۲	آیا فاصله سکوی ترانسفورماتور از سکوی کات اوت فیوز و برقگیر رعایت شده است؟				
۲۳	آیا اندازه ناودانی های سکوی ترانس مطابق استاندارد است؟				
۲۴	آیا ناودانی های سکوی ترانسفورماتور از نوع گالوانیزه گرم با ضخامت گالوانیزه مناسب (حداقل ۸۰ میلیون) است؟				
۲۵	آیا ظرفیت ترانسفورماتور هوایی مطابق طرح است؟				
۲۶	آیا ترانسفورماتور دارای رطوبت گیر سالم است؟				
۲۷	آیا تانک روغن ترانسفورماتور دارای درجه روغن‌نما و سطح روغن مناسب است؟				
۲۸	آیا بوشینگ های فشار قوی و فشار ضعیف ترانسفورماتور سالم و عاری از آلودگی است؟				

ادامه جدول (۹):

ردیف	شرح فعالیت	وضعیت انجام		شرایط رد یا پذیرش	توضیحات
		قابل قبول	غیر قابل قبول		
۲۹	آیا فاصله ترانسفورماتور از پایه رعایت گردیده است؟				
۳۰	آیا تپ‌چنجر ترانسفورماتور روی محدوده مناسب تنظیم شده است؟				
۳۱	آیا سطح مقطع کابل ارتباط ترانس به تابلوی فشار ضعیف متناسب با ظرفیت ترانسفورماتور و مطابق طرح است؟				
۳۲	آیا جهت حفاظت کابل‌ها از صدمات مکانیکی از لوله با قطر مناسب استفاده شده است؟				
۳۳	آیا جهت جلوگیری از زخمی شدن کابل، لوله‌ها دال بر شده اند؟				
۳۴	آیا کابل ارتباط ترانس به تابلوی فشار ضعیف به صورت صحیح در بالای پایه و با فاصله مناسب از سطح بوشینگ‌ها مهار شده است؟				
۳۵	آیا تسمه های حائل نگهدارنده لوله در فواصل مناسب بر روی پله های تیر نصب شده است؟				
۳۶	آیا کابل ارتباط ترانس به تابلوی فشار ضعیف توسط بست فلزی روکش‌دار و یا گلند با اندازه مناسب داخل تابلو مهار شده است؟				
۳۷	آیا رنگ بندی فازها داخل تابلوی فشار ضعیف و در محل ارتباط به بوشینگ‌های فشار ضعیف رعایت گردیده است؟				
۳۸	آیا فرم‌دهی کابل‌ها به صورت صحیح صورت گرفته است؟				
۳۹	آیا رزرو کافی جهت کابل ارتباط ترانس به تابلو منظور شده است؟				
۴۰	آیا شعاع خمش کابل‌ها با توجه به مقطع کابل‌ها مناسب است؟				
۴۱	آیا جنس کابلشو متناسب با جنس کابل مورد استفاده است؟				
۴۲	آیا کابلشو به نحو صحیح توسط دستگاه پرس هیدرولیک، پرس شده است؟				

ادامه جدول (۹):

ردیف	شرح فعالیت	وضعیت انجام		شرایط رد یا پذیرش	توضیحات
		قابل قبول	غیر قابل قبول		
۴۳	آیا تعداد پرس کابلشو متناسب با سطح مقطع کابل است؟				
۴۴	آیا لقمه مورد استفاده جهت پرس متناسب با سطح مقطع کابل است؟				
۴۵	آیا در محل اتصال کابلشو از پیچ و مهره،واشر و واشر فنری با اندازه و جنس مناسب استفاده شده است؟				
۴۶	آیا سکوی کات اوت فیوز و برقگیر توسط پیچ و مهره و به صورت محکم بر روی پایه نصب شده است؟				
۴۷	آیا سکوی کات‌اوت فیوز و برقگیر به صورت تراز نصب شده است؟				
۴۸	آیا زاویه نصب کات‌اوت فیوز مناسب است؟				
۴۹	آیا المان کات‌اوت فیوز متناسب با ظرفیت ترانسفورماتور و مطابق طرح است؟				
۵۰	آیا سطح مقطع هادی‌های ارتباط خط به کات‌اوت فیوز و برقگیر متناسب با هادی خط است؟				
۵۱	آیا سطح مقطع هادی ارتباط کات‌اوت فیوز به بوشینگ فشار قوی مناسب است؟				
۵۲	آیا نوع نبشی کراس‌آرم (کنسول) درست انتخاب شده است؟				
۵۳	آیا تسمه‌های حائل با صورت صحیح نصب شده است؟				
۵۴	آیا ضخامت گالوانیزه یراق‌آلات فلزی مناسب است؟				
۵۵	آیا مقره‌ها فاقد ترک خوردگی و سالم هستند؟				
۵۶	آیا مقره‌ها به صورت صحیح به شبکه، اصلی شده است؟				
۵۷	آیا جنس سیم اصلی و اندازه آن متناسب با هادی خط است؟				

ادامه جدول (۹):

ردیف	شرح فعالیت	وضعیت انجام		شرایط رد یا پذیرش	توضیحات
		قابل قبول	غیر قابل قبول		
۵۸	آیا جهت نصب کلیه یراق‌آلات فلزی (کراس‌آرم، کنسول، سکوی ترانسفوماتور و ...) از پیچ و مهره با اندازه مناسب استفاده شده است؟				
۵۹	آیا فاصله بین چاه‌های حفاظتی و الکتریکی رعایت شده است؟				
۶۰	آیا درصد مواد عمل آورنده خاک در چاه‌های حفاظتی و الکتریکی مطابق با استاندارد است؟				
۶۱	آیا نحوه تجهیز چاه ها به صورت صحیح ومطابق دستورالعمل اجرا شده است؟				
۶۲	آیا مقدار مقامت چاه‌های حفاظتی و الکتریکی مناسب است؟				
۶۳	آیا کنسول، سکوی کات‌اوت، برقگیر، سکوی ترانسفورماتور، محل ارت بدنه و درپوش ترانسفورماتور، در محل سکوی ترانسفورماتور به کابل ارت برقگیر متصل و به چاه حفاظتی (چاه نزدیک) ارتباط داده شده است؟				
۶۴	آیا شینه ارت تابلو فشار ضعیف (بدنه) توسط سیم با سطح مقطع مناسب به چاه حفاظتی متصل شده است؟				
۶۵	آیا شینه نول تابلو فشار ضعیف توسط کابل با سطح مقطع مناسب به چاه الکتریکی متصل شده است؟				
۶۶	آیا شینه ارت و نول تابلو فشار ضعیف از یکدیگر مجزا است؟				
۶۷	آیا فاصله هادی های فشار متوسط از پایه در حد قابل قبول است و فواصل ایزولاسیون بین هادی فازها رعایت شده است؟				
۶۸	آیا تجهیزات مصرفی در لیست سازندگان تشخیص صلاحیت شده شرکت توزیع قرار دارند؟				

ادامه جدول (۹):

ردیف	شرح فعالیت	وضعیت انجام		شرایط رد یا پذیرش	توضیحات
		قابل قبول	غیر قابل قبول		
۶۹	آیا چک لیست ترانسفورماتور با پلاک مشخصات و شماره حک شده در بالای ترانس آن مطابقت دارد؟				
۷۰	آیا ترانسفورماتور دارای چک لیست، برگ فروش، ضمانتنامه و بارنامه اصلی کارخانه سازنده است؟				
۷۱	آیا مشخصات تجهیزات مطابق با مشخصات فنی ابلاغی از طرف شرکت توزیع به سازنده است؟				

۸- دستورالعمل بهره‌برداری

این قسمت شامل بخش‌های فهرست ابزار و ماشین‌آلات مورد نیاز، شرایط بهره‌برداری و روش بهره‌برداری از پست‌های هوایی است.

۸-۱- فهرست ابزار و ماشین‌آلات مورد نیاز

فهرست ابزار و ماشین‌آلات مورد نیاز جهت بهره‌برداری از پست های هوایی به شرح مندرج در جدول (۱۰) است.

جدول (۱۰): فهرست ابزار و ماشین‌آلات مورد نیاز جهت بهره‌برداری پست هوایی

ردیف	نام	تعداد	توضیحات
۱	بالابر	۱	جهت نز دیک شدن به تجهیزات منصوبه در بالای پایه
۲	چوب پرچ (قلاب‌گیر)	۱	جهت مانور و قطع و وصل کات اوت فیوز
۳	دستکش عایق	۱	جهت جلوگیری از خطر برق گرفتگی
۴	اپرومتر	۱	جهت تست بی‌برق بودن شبکه فشار متوسط
۵	ادوات زمین کردن سیار	۱	جهت زمین کردن خطوط ورودی و خروجی
۶	جرثقیل	۱	جهت جابجایی تجهیزات

۸-۲- شرایط بهره‌برداری

پست هوایی متشکل از تجهیزاتی همچون ترانسفورماتور، تابلوی فشار ضعیف، کات‌اوت فیوز و برقگیر است که در ادامه شرایط بهره برداری هر یک از تجهیزات بیان شده است.

⚠ ***در هنگام انجام هر کاری در نزدیکی تجهیزات برق‌دار، اکیدا تمامی قوانین ایمنی رعایت شود. رعایت نکردن این مقررات باعث آسیب‌های جدی یا مرگ می‌گردد.***

۸-۲-۱- تابلوی فشار ضعیف

شرایط بهره‌برداری عادی

شرایط بهره برداری به شرح ذیل معتبر است.

۱- دمای محیط

دمای هوای محیط نباید از C° ۴۰+ تجاوز نماید و میانگین آن نیز در یک دوره ۲۴ ساعته نباید از C° ۳۵+ فراتر رود. حد پایین دمای هوای محیط بر روی آب و هوای معتدل برابر با C° ۲۵- و برای آب و هوای سرد و یخبندان برابر با C° ۵۰- است.

۲- شرایط جوی

افزایش رطوبت نسبی تا ۱۰۰ درصد در حداکثر دمای C° ۲۵+ - مجاز است.

۳- درجه آلودگی

درجه آلودگی به شرایط محیطی که تابلو برای آن طراحی شده است وابسته است.

درجه آلودگی ۱: هیچ آلودگی وجود ندارد و یا تنها آلودگی های خشک و بدون هدایت الکتریکی دیده می‌شود.

درجه آلودگی ۲: معمولا تنها آلودگی بدون هدایت الکتریکی وجود دارد. هر چند به ندرت یک هدایت موقت ایجاد شده در اثر میعان انتظار می‌رود.

درجه آلودگی ۳: آلودگی با هدایت الکتریکی وجود دارد یا اینکه آلودگی خشک غیر رسانا که در اثر میعان هادی می‌شوند، دیده می‌شود.

درجه آلودگی ۴: در اثر عواملی مانند ذرات هادی باران یا برف، هدایت الکتریکی پایدار ایجاد می‌کند. به غیر از موارد خاص در مورد تابلوهایی که برای محیط های صنعتی در نظر گرفته می‌شوند. درجه آلودگی ۳ برای محیط نصب آنها در نظر گرفته می‌شود.

۴- ارتفاع

ارتفاع محل نصب نباید بیشتر از ۱۰۰۰ متر باشد.

۵- سرعت وزش باد

در صورت افزونی سرعت باد از ۳۴ متر بر ثانیه مقدار آن برای سازنده مشخص گردد.

۶- ضخامت یخ

در مواردی که ضخامت یخ بیش از ۲۰ میلیمتر باشد با سازنده توافق حاصل گردد.

۷- لرزش‌ها

بار زلزله به عنوان ضریبی از شتاب ثقل زمین بین g(۰/۵-۰/۳) انتخاب می‌شود. برای تاسیساتی که احتمال وقوع زلزله در محل نصب آنها بالاست. استحکام لرزه ای مناسب برای تجهیز طبق استاندارد IEC 61166 تامین گردد.

۸- سایر پارامترها

در صورتی که دیگر پارامترهای محیطی تاثیرگذار در محل نصب تابلو وجود داشته باشد این پارامترها مطابق استاندارد IEC 60727 توسط خریدار تعیین گردد.

شرایط بهره‌برداری ویژه

چنانچه شرایط ویژه بهره برداری به شرح زیر موجود باشد ملزومات مورد نیاز تهیه گردد و یا توافق خاصی بین سازنده و مصرف کننده صورت گیرد.

الف- مقادیر نامی سطح عایقی ارایه شده، برای ارتفاع‌های ۱۰۰۰ متر و کمتر از آن بکار رود. برای ارتفاع‌های بیش از ۱۰۰۰ متر (تا ۳۰۰۰ متر) ضرایب تصحیح مطابق جدول (۱۱) اعمال شود.

جدول (۱۱): ضرایب تصحیح برحسب ارتفاع

ضریب تصحیح برای ولتاژهای نامی	ضریب تصحیح برای ولتاژهای آزمون نسبت به سطح دریا	حداکثر ارتفاع
۱	۱	۱۰۰۰
۰/۹۵	۱/۰۵	۱۵۰۰
۰/۸	۱/۲۵	۳۰۰۰

برای حالتی که ارتفاع بین ۱۵۰۰ و ۳۰۰۰ متر قرار دارد با استفاده از میان یابی خطی از جدول (۱۱) ضرایب تصحیح بدست می‌آیند.

ب- برای تاسیسات در هوای آزاد، سازنده باید وجود رطوبت، باران، برف، لایه‌ای از یخ یا برف تا ۵ کیلوگرم به متر مربع، تغییرات سریع دما و فشار بالا تا ۷۰۰ نیوتن بر متر مربع و اثرات تشعشع خورشیدی را مد نظر قرار دهد.

ج- برای تاسیساتی که در مکان هایی قرار دارند که دمای محیط آنها به طور شاخص، خارج از محدوده شرایط بهره برداری عادی است بازده دمایی که باید در نظر گرفته شود به شرح ذیل است:

- $-50\,^{\circ}C$ و $+40\,^{\circ}C$ برای آب و هوای بسیار سرد
- $-5\,^{\circ}C$ و $+50\,^{\circ}C$ برای آب و هوای بسیار گرم

۸-۲-۲- ترانسفورماتور

به منظور عملکرد بهینه یک ترانسفورماتور بایستی شرایط پارامترهای آب و هوایی مندرج در جدول (۱۲) بـه طـور کامل مشخص گردد. مقادیر ذکر شده برای این پارامترها طبق استاندارد IEC 60076 شرایط کاری استاندارد اسـت و در صورتی که ترانسفورماتور برای شرایط کاری دیگری طراحی شود بایستی ضریب تصحیح مناسب به هنگام طراحی به کار برده شود.

جدول (۱۲): پارامترهای آب و هوایی در شرایط کاری / استاندارد ترانسفورماتورها

پارامترهای آب و هوایی	شرایط کاری استاندارد ترانسفورماتورها مطابق با استاندارد IEC 60076
حداکثر درجه حرارت محیط	۴۰ $^{\circ}C$
حداکثر متوسط درجه حرارت سالیانه محیط	۲۰ $^{\circ}C$
حداکثر متوسط درجه حرارت روزانه محیط	۳۰ $^{\circ}C$
حداقل درجه حرارت محیط	در فضای آزاد ۲۵ $^{\circ}C$- و در فضای بسته ۵ $^{\circ}C$-
ارتفاع از سطح دریا	کمتر از ۱۰۰۰ متر
حداکثر سرعت باد	۱۰-۲ متر بر ثانیه
رطوبت نسبی	کمتر از ۹۰ درصد در طول یک ماه
ضخامت یخ	۱ میلیمتر
میزان و نوع آلودگی	آلودگی متوسط یا درجه ۲
شتاب زلزله	۰/۳g متر بر مجذور ثانیه

۸-۲-۳- کات‌اوت فیوز

از عوامل بسیار مهم و تعیین‌کننده انتخاب کات اوت فیوز شناخت دقیق و صحیح شرایط محیطـی و اقلیمـی محـل نصب است. پارامترهای محیطی و شرایط کاری عادی طبق استاندارد IEC 62271-100 در جدول (۱۳) اشـاره شـده است.

جدول (۱۳): پارامترهای محیطی و شرایط کاری / استاندارد

پارامتر محیطی	شرایط کارکرد استاندارد ترانسفورماتورها مطابق با استاندارد IEC 60076
حداکثر دمای روزانه	۴۰ $^{\circ}C$
حداکثر دمای متوسط روزانه	۳۵ $^{\circ}C$
حداقل دمای روزانه	۱۰ $^{\circ}C$- برای کلیدهای با کلاس منهای ۱۰ درجه
	۲۵ $^{\circ}C$- برای کلیدهای با کلاس منهای ۲۵ درجه
	۴۰ $^{\circ}C$- برای کلیدهای با کلاس منهای ۴۰ درجه

ادامه جدول (۱۳):

پارامتر محیطی	شرایط کارکرد استاندارد ترانسفورماتورها مطابق با استاندارد IEC 60076
تابش خورشید	کمتر از ۱۰۰۰ وات بر متر مربع
آلودگی	طبق استاندارد IEC60815 حداکثر آلودگی محیط درجه II یا متوسط باشد
ارتفاع محل نصب	کمتر از ۱۰۰۰ متر
سرعت باد	کمتر از ۳۴ متر بر ثانیه
ضخامت یخ	کمتر از ۱ میلیمتر برای کلاس ۱
	کمتر از ۱۰ میلیمتر برای کلاس ۱۰
	کمتر از ۲۰ میلیمتر برای کلاس ۲۰

در صورتی که برای شرایط کاری غیر از آنچه که در جدول (۱۲) آمده است طراحی صورت گیرد. بایستی نکاتی به شرح ذیل رعایت گردد.

- اگر دمای محیط از مقادیر ارایه شده در جدول (۱۳) تجاوز نماید محدوده دمای کار برای مناطق سردسیر از $-۵۰^{\circ}C$ الی $۴۰^{\circ}C$ و برای مناطق گرمسیر از $-۵^{\circ}C$ الی $۵۰^{\circ}C$ لحاظ گردد.
- برای تعیین سطوح عایقی با توجه به میزان آلودگی محیط یکی از سطوح آلودگی طبق استاندارد IEC60815 بایستی انتخاب گردد.
- اگر ارتفاع محل نصب بیشتر از ۱۰۰۰ متر باشد سطح ولتاژ عایقی خارجی طبق شرایط جوی بایستی با ضرب در ضریب تصحیح k_a که در شکل (۲۶) آمده اصلاح گردد. همچنین می‌توان این ضریب را با استفاده از رابطه زیر به صورت ذیل محاسبه نمود.

$$k = e^{m(H-1000)/8150}$$

که در رابطه بالا

H: ارتفاع نصب [m]

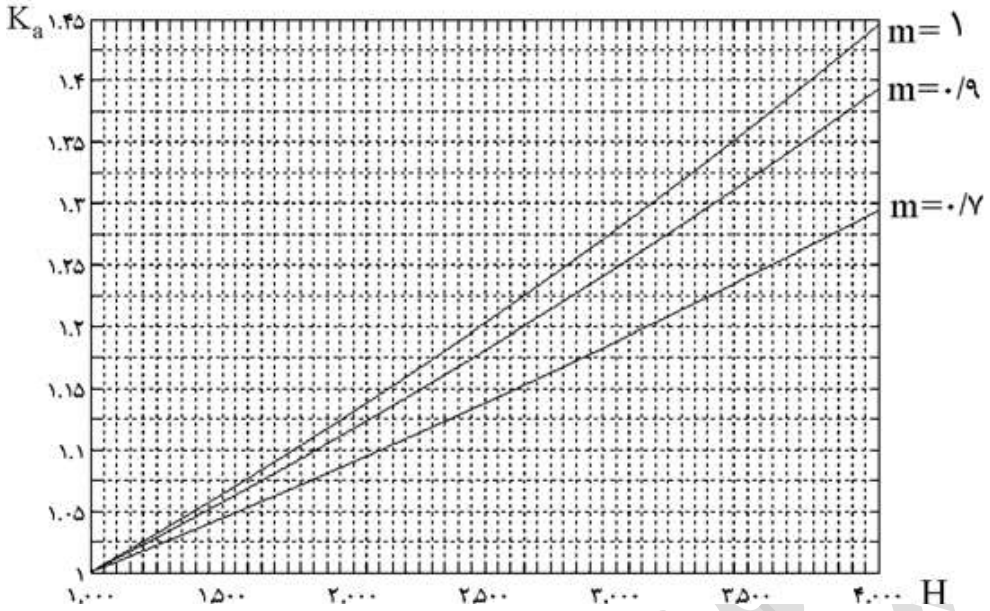
m: مقداری ثابت است که برای حالات مختلف به صورت ذیل انتخاب می‌گردد.

m =۱: برای ولتاژهای با فرکانس قدرت، ضربه صاعقه و ولتاژ ضربه کلیدزنی فاز به فاز

m =۰/۹۵ برای ولتاژهای ضربه صاعقه طولانی مدت

m = ۰/۷۵ برای ولتاژهای ضربه فاز به زمین

در مناطق زلزله خیز بایستی طبق استاندارد IEC 61166 ملاحظات لازم انجام گیرد.



شکل (۲۹): تعیین ضریب K_a برای تصحیح ارتفاع محل نصب کلید قدرت

۸-۲-۴- برقگیر

برای ایجاد تطابق کافی بین برقگیر انتخابی و محل نصب بایستی شرایط محیطی و اقلیمی محل نصب قبل از طراحی مشخص گردد. این پارامترها به همراه شرایط کاری عادی طبق استاندارد IEC 60099-4 در جدول (۱۴) درج گردیده است.

جدول (۱۴): پارامترهای آب و هوایی و شرایط کاری استاندارد برقگیر

پارامترهای آب و هوایی	شرایط کارکرد استاندارد برقگیرها مطابق با استاندارد IEC 60099-4
حداکثر درجه حرارت محیط	۴۰ $^{\circ}C$
حداقل دمای محیط	-۴۰ $^{\circ}C$
ارتفاع نصب از سطح دریا	کمتر از ۱۰۰۰ متر
رطوبت نسبی	کمتر از ۹۰ درصد در طول یک ماه
تابش خورشید	کمتر از ۱/۱ وات بر متر مربع
میزان و نوع آلودگی	آلودگی متوسط یا درجه ۲
شتاب زمین لرزه	۰/۳g
سرعت باد	کمتر از ۴۵ متر بر ثانیه
ضخامت یخ و برف	کمتر از ۳۰ میلیمتر

۸-۳- روش بهره‌برداری

در بهره‌برداری از پست های هوایی، جهت اصلاحات و تعمیرات پیشگیرانه، رفع خطاهای احتمالی، تعویض یا تعمیر تجهیزات و همچنین افزایش (کاهش) قدرت پست و کلیه اقداماتی که نیازی به بی‌برق نمودن پست هوایی باشد، مطابق روش‌های اجرایی بی برق نمودن تاسیسات در شبکه ۲۰ کیلوولت و برقراری مجدد جریان اقدام شود، عملیات بی برق نمودن با توجه به نوع شبکه تغذیه کننده (هوایی یا زمینی) ، موقعیت نصب و تجهیزات قابل قطع زیر بار منصوبه برروی فیدر مورد نظر صورت پذیرد.

۸-۳-۱- قطع و وصل فیدر تغذیه‌کننده پست

جهت قطع و وصل فیدر تغذیه کننده پست هوایی در شبکه های فشار متوسط هوایی به طور معمول از سکسیونرهای قابل قطع زیر بار خارجی و در مواردی که در شرایط خاص پست هوایی برروی شبکه فشار متوسط زمینی نصب شده باشد از سکسیونرهای قابل قطع زیر بار داخلی و یا تیغه جداساز نصب شده بر روی پایه پست هوایی استفاده می شود که در این خصوص توجه به جهت جریان تغذیه و نزدیکترین سکسیونر قابل قطع زیر بار بایستی صورت گیرد. در صورت وجود تیغه جداساز هوایی بر روی پایه پست هوایی تیغه‌ها در حالت بی‌باری باز شوند[۱].

قبل از قطع فیدر فشار متوسط تغذیه‌کننده، پست هو ایی با قطع کلید اصلی تابلوی فشار ضعیف از زیر بار خارج و پس از آن فیدر تغذیه کننده مطابق دستورالعمل مربوطه بی‌برق گردد و سیستم ارت موقت در طرفین شبکه دایر شود[۲]. اطراف محل پست باید با نصب علایم هشداردهنده ایمن گردد. جهت کار برروی بخش پایین دست سکسیونر لازم ا ست کلیه مقررات ایمنی مربوطه رعایت شوند. تعدادی از این قوانین عبارتند از:

۱- در شبکه فشار متوسط هوایی سکسیونر مطابق دستورالعمل مربوطه باز شود و از باز بودن آن با مشاهده نشان دهنده وضعیت سکسیونر اطمینان حاصل شود[۳].

۲- از بسته شدن ناگهانی و ناخواسته سکسیونر توسط تمهیداتی نظیر علائم هشداردهنده، قفل کردن مکانیزم عملکرد دستی و ... جلوگیری شود.

---

[۱]- تیغه جداساز غیرقابل قطع زیر بار است.

[۲] - دیزل ژنراتورهای مشترکین می تواند باعث برگشت جریان شوند.

[۳] – در شرایطی که فیدر تغذیه کننده پست هوایی، شبکه فشار متوسط زمینی باشد لازم است جهت بی‌برق کردن شبکه، سکسیونر داخلی باز شود و از باز بودن پل های آن اطمینان حاصل شود و با استفاده از فازمتر فشار متوسط مورد بازبینی قرار گیرد.

۳- اطمینان حاصل شود که خط کاملا بی‌برق شده و بی برق شدن آن توسط یک دستگاه تست مطمئن سنجیده شود.

۴- در صورت وجود داشتن کلید زمین بخش بی برق پایین دست سکسیونر توسط آن زمین شود[۱]

۵- جهت ایمنی بیشتر دو طرف پست هوایی توسط ادوات زمین کردن سیار زمین شود. سیستم زمین باید در معرض دید کاربران بوده و مقاومت آن به صورت مداوم اندازه‌گیری شود.

⚠ ***به منظور کار برروی پست هوایی که فیدر تغذیه‌کننده آن توسط سکسیونر بی‌برق شده باشد. در صورتی که سکسیونر فاقد کلید زمین بوده و بخواهیم فیدر پایین دست را با ابزارهای زمین کردن دستی زمین کنیم. اکیدا توصیه می شود که از بی‌ولتاژ بودن هر سه فاز سکسیونر توسط فاز متر فشار متوسط اطمینان حاصل شود. از آنجایی که ممکن است مکانیزم سکسیونر یک یا دو فاز از فازهای آن را باز نکرده باشد و این امر باعث برق‌گرفتگی شدید سمیبانان شود.***

⚠ ***در صورتی که به همراه سکسیونر ترانسفورماتورهای جریان[۲] هم بکار رفته باشد این ترانسفورماتورها باید حتما زمین شوند.***

پس از اطمینان از بی‌برق بودن کامل پست و کابل های فشار ضعیف خروجی[۳] مراحل زیر صورت گیرد:

- المان‌های کات‌اوت فیوز توسط چوب پرچ که در ضامن فیوزگیر قرار می‌گیرد با حرکت روبه پایین از پایه فیوز جدا شود.
- فیدرهای خروجی با توجه به نوع فیدر و نحوه عملکرد آن که در بخش (۸-۳-۲) به آن پرداخته خواهد شد در حالت باز قرار داده شود[۴].

بعد از انجام اصلاحات مورد نظر که خام وشی جهت آن صادر شده است بایستی مراحل ذیل صورت پذیرد:

۱- تجهیزاتی که مورد تعویض و یا تعمیر قرار گرفته است بررسی و از صحت عملکرد آنها اطمینان حاصل شود.

---

[۱] – در صورت وجود نداشتن کلید زمین برای بخش پایین دست سکسیونر، خطوط بی برق شده و پست هوایی توسط ادوات زمین کردن سیار زمین شوند و این کار با اندازه گیری مداوم مقاومت اتصال زمین چک شود.

[2] - Carrent transformers

[۳] – کابل های فشار ضعیف می توانند باعث برگشت جریان از شبکه‌های برق‌دار همجوار شوند.

[۴] – از آنجایی که کات اوت فیوز نوع فنری به صورت متداول مورد استفاده قرار می گیرند لذا مورد بحث در این بخش هستند.

۲- در صورتی که تجهیزات اصلی پست مورد اصلاح قرار گرفته اند بایستی از تطابق قدرت ترانسفورماتور با کلید اصلی تابلوی فشار ضعیف و محدوده المان فیوز و همچنین مقطع کابل ارتباط ترانسفورماتور به تابلوی فشار ضعیف اطمینان حاصل شود.

۳- کلیه تجهیزات، اتصالات و ارتباط ها بررسی و از سالم بودن و تطابق آن با اصول استاندارد اطمینان حاصل شود.

۴- محدوده تنظیمی تپ چنجر ترانسفورماتور با توجه به طول فیدر محل نصب پست هوایی و همچنین درصد افت ولتاژ مورد بازبینی و تنظیم قرار گیرد.

۵- از روغن ترانسفورماتور نمونه برداری و تست روغن صورت گیرد.

۶- مقاومت چاه های الکتریکی و حفاظتی اندازه‌گیری شود.

۷- سطح روغن ترانسفورماتور و سالم بودن ژل سیلیکاژل مورد بررسی قرار گیرد و در صورت نیاز اصلاح شود.

۸- تنظمیات کلید اتوماتیک با توجه به بار مجاز ترانسفورماتور صورت گیرد[۱].

پس از ثبت فعالیت های صورت گرفته و موارد بازبینی و اصلاح شده در دفاتر، مطابق روش برقراری مجدد جریان برق در شبکه ۲۰ کیلوولت اقدام و المان‌های کات‌اوت فیوز توسط اهرم (چوب پرچ) در محل پایه فیوز قرار گرفته و فیدر فشار متوسط با وصل مجدد تحت بار قرار گیرد.

بعد از برق دار شدن ترانسفورماتور و اطمینان از صحت عملکرد آن، تابلوی فشار ضعیف از طریق کلید اتوماتیک (کلید اصلی تابلوی فشار ضعیف) و با وصل اهرم و قرار دادن کلید در وضعیت ON برقدار می‌گردد. سپس فیدرهای خروجی به ترتیب و با فاصله زمانی تحت بار قرار می‌گیرند.

در ادامه به نحوه عملکرد کلید فیوزها با توجه به انواع آن پرداخته شده است.

۸-۳-۲- نحوه عملکرد انواع کلیدفیوز

کلید فیوزها به طور معمول در انواع زیر ساخته و مورد استفاده قرار می‌گیرند.

- کلید فیوزهای معمولی

در کلید فیدرهای معمولی سه فیوز در داخل محل تعبیه شده در درب فیدر قرار گرفته و با حرکت کشویی و رو به جلو فیوزها در محل پایه فیوز قرار گرفته و اتصال برقرار می‌گردد.

---

[۱] - عملکرد کلید اتوماتیک باید به گونه ای باشد که همیشه قبل از اینکه جریان خطا به ترانسفورماتور آسیب برساند. جریان خطا را قطع نماید. به این منظور استفاده از منحنی تخریب ترانسفورماتور یا روابط تقریبی در این زمینه الزامی است.

- کلید فیوزهای گردان

در کلید فیدرهای گردان فیوزها در حالت قطع off در داخل فیدر قرار گرفته و کاربر با حرکت دورانی دسته تعبیه شده بر روی فیدر اقدام به برق‌دار نمودن سه فاز می‌نماید.

- کلید فیوزهای عمودی

کلید فیدرهای عمودی به دو دسته کلید فیدرهای عمودی با قابلیت قطع تک‌فاز و سه فاز تقسیم می‌شود.

- کلید فیدر عمودی با قابلیت قطع تک‌فاز

در این نوع کلید فیدر، فیوزها در داخل درب کشویی و در محل تعبیه شده قرار گرفته و به صورت تک‌فاز با حرکت روبه جلوی درب در محل پایه فیوز قرار گرفته و تحت بار قرار می‌گیرند.

در این نوع کلید فیدر با قطع تک‌فاز تعداد مشترکین تک‌فاز کمتری دچار خاموش می‌شوند ولی باعث اختلال در سیستم‌های سه‌فاز می‌گردند.

- کلید فیدر عمودی با قابلیت قطع سه‌فاز

در این نوع کلید فیدر، فیوزها در محل تعبیه شده برروی درب های فیدر قرار گرفته و با حرکت رو به جلو هر سه فاز به طور همزمان برقرار می‌گردند. در این نوع باید دقت کافی به عمل آید تا فیوزها به صورت صحیح در محل پایه فیوز قرار گرفته و اتصال صحیح برقرار گردد.

۸-۳-۳- تحلیل

در بهره‌برداری از پست های هوایی به منظور کاهش حوادث و در نتیجه کاهش خسارات، همچنین جلوگیری از اتلاف وقت نیروی انسانی و کاهش طول عمر تجهیزات و جلب رضایت مشترکین می‌بایست بازدیدهای ادواری صورت گرفته و موارد ذیل مدنظر قرار گیرد.

- شناسایی حوادث و خطاهای مهم و تجزیه و تحلیل آنها به منظور ریشه یابی و شناسایی منشا بروز خطا
- شناسایی حوادث و خطاهای تکراری و تجزیه و تحلیل آنها به منظور جلوگیری از تکرار خطا
- جهت دهی فعالیت سرویس، تعمیرات و نگهداری صحیح و به موقع
- شناسایی نقاط قابل بهبود تجهیزات

۸-۳-۴- کار با خط گرم

جهت کاهش زمان خاموشی می توان اصلاحات را به روش خط گرم انجام دارد. در این حال باید کلیه مقررات ایمنی کار با خطوط گرم مورد توجه قرار گرفته و کلیه موارد ذکر شده در دستورالعمل‌های شرکت پیمانکار در خصوص کار با خطوط گرم نیز رعایت شود.

۸-۳-۵- چک‌لیست سیستم زمین

برای هر الکترود زمین مستقل (چاه‌های حفاظتی و الکتریکی)، لازم است یکی شناسنامه با مشخصات مندرج در جدول (۱۵) و به ترتیب زیر تهیه شود.

۱- محل الکترود

هر الکترود با استفاده از نام، شماره یا کد پست و یا هر نوع مشخصه دیگری که محل استقرار آن را به سادگی و بدون ایجاد ابهام، تعیین می‌کند، مشخص شود.

۲- تاریخ احداث

روز، ماه و سال خاتمه عملیات احداث الکترود اتصال زمین مشخص شود.

۳- مقدار اندازه‌گیری شده مقاومت

مقدار مقاومت اندازه‌گیری در خاتمه احداث الکترود و همچنین مقدار مقاومت در اندازه‌گیری‌های دوره‌ای، باید با ذکر نوع و فواصل و محل و جهت و عمق الکترودها در هر اندازه‌گیری تعیین شده و درصد دقت اندازه‌گیری نیز مشخص شود. لازم است برای محل استقرار الکترودها و فواصل آنها طرح‌واره‌ای ارائه شود.

۴- تاریخ، زمان و شرایط دیگر اندازه‌گیری

برای هر نوبت اندازه گیری، لازم است موارد زیر یادداشت و در چک لیست قید شود.

- تاریخ
- ساعت
- دمای هوای محیط
- رطوبت نسبی هوا یا شرایط ظاهری جوی
- مقدار تقریبی بارندگی در ۴۸ ساعت گذشته

فاصله زمانی بین دو اندازه‌گیری نباید از ۶ ماه بیشتر باشد.

۵- وسیله یا دستگاه اندازه‌گیری

شرح و مختصری از وسیله یا دستگاه مورد استفاده در اندازه‌گیری، ارایه شود.

جدول (۱۵) چک لیست الکترود زمین

ردیف	عنوان
۱	نام/شماره/کد
۲	تاریخ احداث
۳	تاریخ اندازه‌گیری
۴	ساعت اندازه‌گیری
۵	دمای هوا
۶	درجه رطوبت نسبی
۷	بارندگی در ۴۸ ساعت گذشته
۸	مقدار مقاومت
۹	نوع چاه ☐ حفاظتی ☐ الکتریکی
۱۰	نوع الکترود ☐ صفحه ☐ چمبره ☐ میله‌ای ☐ غیره
۱۱	توضیحات:

۹- دستورالعمل سرویس و نگهداری

این قسمت شامل بخش های فهرست ابزار و ماشین آلات مورد نیاز و آیین کار و روش اجرایی است که در ادامه به صورت مشروح به موضوعات پرداخته می‌شود.

۹-۱- فهرست ابزار و ماشین‌آلات مورد نیاز

فهرست ابزار و ماشین آلات مورد نیاز جهت سرویس و نگهداری پست هوایی در جدول (۱۶) درج شده است.

جدول (۱۶): فهرست ابزار و ماشین‌آلات مورد نیاز جهت سرویس و نگهداری پست هوایی

ردیف	نام	توضیحات
۱	دستگاه اندازه‌گیری مقاومت زمین	جهت اندازه‌گیری مقاومت چاه‌های حفاظتی و الکتریکی
۲	دستگاه اندازه‌گیری مقاومت عایقی	جهت اندازه‌گیری مقاومت عایقی
۳	دستگاه ترموویژن	جهت بررسی اتصالات پست
۴	آمپرمتر	
۵	فازمتر	
۶	آچار ترکمتر	جهت محکم کردن اتصالات مکانیکی
۷	پارچه بدون پرز	جهت تمیز کردن تجهیزات
۸	دستکش عایقی	
۹	دستگاه مکش	جهت تمیز کردن تابلو فشار ضعیف
۱۰	مواد شوینده	جهت تمیز کردن تجهیزات
۱۱	برس سیمی برنجی	جهت تمیز کردن اتصالات
۱۲	برس سیمی فولادی	جهت تمیز کردن اتصالات
۱۳	سوهان	جهت تمیز کردن اتصالات
۱۴	سنباده	جهت تمیز کردن اتصالات
۱۵	بالابر	جهت نزدیک شدن به تجهیزات
۱۶	اپرومتر	جهت تست بی‌برق بودن شبکه فشار متوسط
۱۷	ادوات زمین کردن سیار	جهت زمین کردن خطوط ورودی و خروجی
۱۸	هندلاین	جهت جابجایی و انتقال تجهیزات برروی پایه
۱۹	جرثقیل	جهت جابجایی تجهیزات
۲۰	گریس نسوز	جهت استفاده در محل اتصالات

۹-۲- آیین کار و روش اجرایی

در این بخش سرویس و نگهداری دوره‌ای تجهیزات اصلی تشکیل‌دهنده پست هوایی فشار متوسط و نگهداری پس از وقوع آنها مورد بحث قرار می‌گیرد. در جدول (۱۷) کارت مشخصه سرویس و نگهداری پست هوایی ارایه شده است.

تجهیزات اصلی پست هوایی مشتمل بر ترانسفورماتور، تابلوی فشار ضعیف، کات اوت فیوز و برقگیر هستند که در بازدیدهای دوره‌ای و سرویس و نگهداری مورد ارزیابی و مدنظر قرار گیرند.

جهت بازدید، سرویس و نگهداری تجهیزات بایستی برنامه زمان‌بندی بازدید طبق فرم مربوطه تنظیم گردیده و سپس کلیه معایب مشهود، طبق کد عیب در چک لیست مربوطه با تعیین اولویت وارد می‌شود. بازدید دوره‌ای از پست هوایی با توجه به شرایط نصب و نیز توصیه کارخانه سازنده تجهیزات، حداقل به صورت سالیانه صورت می‌گیرد.

معایب مشخص شده در چک لیست براساس فرم زمان‌بندی و دستورالعمل‌های مرتبط اقدام به رفع عیب می‌گردد.

جهت رفع معایب، کلیه گروه‌های تعمیراتی می بایست براساس دستورالعمل تعمیرات و تعویض تجهیزات معیوب شبکه فشار متوسط و پس از کسب اجازه کار و رعایت کامل مسائل ایمنی و با توجه به روش اجرایی نحوه بی‌برق نمودن تاسیسات شبکه فشار متوسط و یا به روش خط گرم مبادرت به انجام کار و رفع معایب نمایند.

معایب کلیه تجهیزات هنگام بی‌برقی و یا با روش خط گرم و با رعایت کامل دستورالعمل‌ها برطرف شود.

پس از پایان سرویس مراتب را جهت برقراری مجدد جریان برق باید اعلام نموده و پس از اطمینان از برقراری جریان و برق دار شدن کلیه مشترکین، گروه تعمیرات محل را ترک نمایند.

- ***در هنگام سرویس از بی برق بودن کامل پست و بالاخص از بی‌برق بودن کابل‌های خروجی فشار ضعیف و عدم بازگشت جریان‌های شبکه‌های برقدار همجوار اطمینان حاصل شود.***
- ***اطراف محل کار رابا ید با نصب علائم هشدار دهنده ایمن گردد.***
- ***با توجه به اینکه در پست از تجهیزاتی استفاده می‌گردد که مربوط به سازندگان مختلف است لذا رعایت دستورالعمل سازنده جهت تعمیرات و سرویس ضروری است.***
- ***در هنگام بازدید تجهیزاتی که معایب آن مشهود نیست از طریق قطع برق معایب آن مشخص شود و یا با مراجعه به سوابق مربوطه اطلاعات مورد نیاز اخذ گردد.***
- ***سطوح اکسید شده هادی‌ها و خراش‌های موجود در روی آنها باید توسط برس سیمی فولادی صاف و تمیز شده و بلافاصله بعد از آن سطوح مذکور توسط گریس مخصوص به منظور جلوگیری از اکسید شدن مجدد آن پوشانیده شود.***
- ***لایه اکسید آلومینیوم باعث افزایش مقاومت شده و ممکن است افزایش دمای خطرناکی را ایجاد نماید.***

جدول (۱۷): کارت مشخصه سرویس و نگهداری پست هوایی

نام تجهیز : تاریخ تکمیل فرم:

تاریخ نصب : کد GIS:

سازنده : نوع : شماره سریال :

ردیف	شرح فعالیت	وضعیت انجام		شرایط رد یا پذیرش	توضیحات
		قابل قبول	غیر قابل قبول		
۱	آیا ترانسفورماتور فاقد نشت روغن در محل اتصال درپوش، بست‌ها و شیر تخلیه می باشد؟				
۲	آیا سطح روغن مخزن انبساط ترانسفورماتور با در نظر گرفتن درجه حرارت محیط مناسب است؟				
۳	آیا محفظه سیلیکاژل ترانسفورماتور سالم است؟				
۴	آیا سیلیکاژل سالم است؟				
۵	آیا سطح روغن ترانسفورماتور مناسب است؟				
۶	آیا بوشینگ های ترانسفورماتور سالم است؟				
۷	آیا آثار حرارتی ناشی از جرقه اتصال کوتاه روی کابل و شینه‌ها در محل اتصال به بوشینگ های ترانسفورماتور وجود دارد؟				
۸	آیا اتصالات سیستم زمین در محل ارت درپوش ترانسفورماتور و محل ارت مخزن به درستی برقرار شده است؟				
۹	آیا بدنه ترانسفورماتور نیاز به شستشو و رنگ‌آمیزی دارد؟				
۱۰	آیا تپ ترانسفورماتور با توجه به موقعیت نصب در محل صحیح تنظیم شده است؟				
۱۱	آیا سکوی نصب تابلو فشار ضعیف سالم است؟				
۱۲	آیا تابلو به صورت صحیح بر روی سکو نصب شده است؟				
۱۳	آیا وضعیت ظاهری تابلو مناسب است؟				
۱۴	آیا صفحه محافظ و ایمنی تابلو بر روی شینه ها وجود داشته و سالم است؟				
۱۵	آیا مقره های اتکایی تابلو فشار ضعیف فاقد هر گونه ترک خوردگی و شکستگی است؟				

ادامه جدول (۱۷):

ردیف	شرح فعالیت	وضعیت انجام		شرایط رد یا پذیرش	توضیحات
		قابل قبول	غیر قابل قبول		
۱۴	آیا صفحه محافظ و ایمنی تابلو بر روی شینه ها وجود داشته و سالم است؟				
۱۵	آیا مقره های اتکایی تابلو فشار ضعیف فاقد هر گونه ترک خوردگی و شکستگی است؟				
۱۶	آیا داخل تابلو فشار ضعیف نیاز به تمیز کردن دارد؟				
۱۷	آیا آمپراژ و ستینگ کلید اصلی تابلو متناسب با ظرفیت ترانسفورماتور است؟				
۱۸	آیا آمپراژ فیوزها متناسب با مقاطع هادی فیدرها است؟				
۱۹	آیا سیستم روشنایی تابلو فشار ضعیف به درستی برقرار شده است؟				
۲۰	آیا کلید اتوماتیک ازنظرظاهری سالم است؟				
۲۱	آیا مقره اتکایی کات‌اوت فیوز سالم و فاقد شکستگی است؟				
۲۲	آیا سطح مقره کات اوت فیوز نیاز به رفع آلودگی دارد؟				
۲۳	آیا سیم ها دارای آرایش صحیح و فاصله فازها مناسب است؟				
۲۴	آیا برقگیر در محل نصب شده است؟				
۲۵	آیا خروجی برقگیر به سیستم زمین توسط اتصالات مطمئن مرتبط شده است؟				
۲۶	آیا برقگیر از لحاظ ظاهری سالم است؟				
۲۷	آیا مقاومت چاه حفاظتی مطابق دستورالعمل کمتر از Ω ۲ است؟				
۲۸	آیا مقاومت چاه الکتریکی مطابق دستورالعمل کمتر از Ω ۵ است؟				
۲۹	آیا آمپراژ فیوزهای فشار متوسط متناسب با ظرفیت ترانسفورماتور است؟				
۳۰	آیا پایه های پست هوایی سالم است؟				
۳۱	آیا پایه ها به صورت قائم قرار گرفته‌اند؟				

ادامه جدول (۱۷):

ردیف	شرح فعالیت	وضعیت انجام		شرایط رد یا پذیرش	توضیحات
		قابل قبول	غیر قابل قبول		
۳۲	آیا اندازه و ارتفاع پایه‌ها متناسب با ظرفیت ترانسفورماتور است؟				
۳۳	آیا سیستم ارتینگ و هم‌بندی به صورت صحیح برقرار است؟				
۳۴	آیا ارتفاع نصب ترانسفورماتور مناسب است؟				
۳۵	آیا فاصله بین سکوی ترانسفورماتور و سکوی برقگیر مناسب است؟				
۳۶	آیا فاصله بین شاخک‌های جرقه‌گیر ترانسفورماتور به صورت صحیح رعایت گردیده است؟				
۳۷	آیا ترانسفورماتور به صورت تراز به روی سکوی ترانسفورماتور قرار گرفته است؟				
۳۸	آیا کابلشوها متناسب با سطح مقطع و نوع کابل است؟				
۳۹	آیا کابل های فشار ضعیف داخل تابلو فشار ضعیف به درستی مهار شده است؟				
۴۰	آیا مقطع کابل های ورودی و خروجی مناسب است؟				
۴۱	آیا لوله های محافظ کابل و بست آنها به صورت صحیح نصب شده است؟				
۴۲	آیا مقطع سیم ارت مناسب است؟				
۴۳	آیا ترانسفورماتوربه صورت تراز بر روی سکوی ترانسفورماتورقرار گرفته است؟				
۴۴	آیا به شاخه‌زنی درختان در محل نیاز است ؟				
۴۵	در صورتی که شبکه تغذیه‌کننده زمینی باشد آیا سرکابل ها و اتصالات بدرستی برقرار شده است؟				
۴۶	آیا در صورت وجود سرکابل های روغنی سطح روغن سرکابل مناسب است؟				

۹-۳- سرویس و نگهداری

این قسمت شامل بخش‌های سرویس و نگهداری دوره‌ای و سرویس و نگهداری پس از وقوع خطا است که در ادامه مورد بحث قرار می‌گیرند.

۹-۳-۱- سرویس و نگهداری ترانسفورماتور

۹-۳-۱-۱- دوره‌ای

نکاتی که در رابطه با ترانسفورماتور در هنگام بازدیدهای دوره ای بایستی مورد توجه بازرسین قرار گیرد به شرح زیر است.

- تانک اصلی ترانسفورماتور باید دست نخورده و سالم بوده، آثار نشت روغن در محل اتصال درپوش، بست‌ها و شیر تخلیه وجود نداشته باشد:
- سطح روغن مخزن انبساط ترانسفورماتور با در نظر گرفتن درجه حرارت محیط به اندازه کافی باشد.
- از سالم بودن واشرهای آب‌بندی اطمینان حاصل گردد.
- جهت جذب رطوبت موجود در روغن، محفظه سیلیکاژل بررسی و علاوه بر کنترل خود محفظه از نظر عدم وجود شکستگی و ترک خوردگی در دیواره آن باید سیلیکاژل را جهت کنترل و عدم فساد مورد بررسی قرار داد.
- از عدم وجود حائل بین منبع انبساط و رطوبت‌گیر (منبع ژل سیلیکاژل) اطمینان حاصل گردد.
- *وضعیت اتصالات بوشینگ‌ها و کنترل نیاز به آچارکشی در محل اتصالات بررسی گردد.
- بررسی سلامت بوشینگ ها و عدم شکستگی و ترک خوردگی در طرف اولیه و ثانویه ترانسفورماتور و نیاز به سوهان کشی در محل اتصالات مورد بررسی قرار گیرد.
- آثار حرارتی ناشی از جرقه اتصال کوتاه روی کابل‌ها، شینه‌ها و در محل سربندی آنها مورد بازرسی قرار گیرد.
- برقراری و محکم بودن اتصالات سیستم زمین باید مورد بازبینی قرار گیرد.
- وضعیت بدنه ترانسفورماتور از نقطه نظر عدم نیاز به شستشو و رنگ آمیزی مورد بررسی قرار گیرد.
- تنظیم بودن شاخک های برقگیر مورد بازدید قرار گیرد.
- *جهت امکان تغییر و تنظیم سطح ولتاژ خروجی ترانسفورماتور تپ چنجر تعبیه شده است که باید علاوه بر کنترل تپ مناسب با توجه به موقعیت نصب ترانسفورماتور برروی فیدر فشار متوسط، درست جای گرفتن آن نیز کنترل شود.

- ارتباط مخزن انبساط روغن با تانک ترانسفورماتور باید برقرار باشد. این امر با خالی کردن کمی از روغن ترانسفورماتور از زیر شیر تخلیه و مشاهده کاهش سطح روغن روی درجه روغن نما قابل مشاهده است.
- بررسی وضعیت کیفی روغن در صورت لزوم در هنگام سرویس بایستی انجام گیرد.
- با توجه به اینکه ترانسفورماتور هوایی فشار متوسط برروی پایه‌ها قرار گرفته‌اند و ممکن است به دلایل مختلف چون رانش زمین، برخورد اجسام خارجی و خودرو، عدم نصب صحیح اولیه و ... پایه‌ها از حالت قائم خارج شده باشد و یا در اصطلاح ترانسفورماتور کج شده باشد. لذا صحت نصب و قائم بودن پایه‌های پست هوایی باید مورد بررسی قرار گیرند.
- با توجه به قدرت ترانسفورماتور (وزن ترانسفورماتور) و مسائل دخیل در طراحی (رژیم باد و طوفان منطقه و ...) اندازه و ارتفاع پایه‌های پست هوایی را باید کنترل کرد.
- با توجه به رعایت فواصل مجاز بایستی ارتفاع نصب ترانسفورماتور کنترل شود.
- چون بعضاً ترانسفورماتورهای هوایی از شبکه فشار متوسط زمینی (کابل‌های فشار متوسط) تغذیه می‌شوند بایستی کابل‌ها و سرکابل های مربوطه و همین طور اتصالات آن مورد بررسی قرار گیرند.
- مشاهده هر گونه اشکالی در حین بازرسی به سرعت گزارش داده شود و در صورت احتمال بروز حادثه بایستی پست بلافاصله از مدار خارج گردد.

موارد ستاره‌دار * در شرح بازدید می‌بایست در شرایط بی برقی و توسط سرویس کار کنترل و بررسی شود.

⚠ ***دقت نمایید در زمان سرویس ترانسفورماتور به هیچ‌عنوان تپ چنجر را زیر بار از حالت قبلی خود خارج ننمایید.***

ورود بازرس به حریم پست هوایی جهت سرویس و نگهداری تنها هنگامی مجاز است که برق ترانسفورماتور قطع و ترمینال های آن زمین شده باشد. مواردی که می بایستی در زمان سرویس ترانسفورماتور و بی‌برق بودن آن کنترل نمود به شرح ذیل است:

۱- ترانسفورماتور به طریقه استاندارد و تراز نصب شده باشد.
۲- اتصالات ترانسفورماتور به سکو کنترل شود.
۳- کلیه واشرهای لاستیکی ترانسفورماتور را بازدید و در صورتی که نشتی روغن نداشته باشد از آچارکشی بی مورد خودداری گردد.
۴- کابلشوها را کنترل و آچارکشی نموده و از انطباق سطح مقطع کابل های فشار ضعیف با ظرفیت ترانسفورماتور اطمینان حاصل گردد.

۵- از اتصا ل سیم ارت به تانک و درپوش ترانسفورماتور اطمینان حاصل گردد.

۶- بست های کابل را آچارکشی کرده و در صورتی که هر کدام از کابل ها فاقد بست باشند نسبت به تعمیر و نصب آن اقدام گردد.

۷- نحوه استقرار کابل ها را تنظیم کرده به گونه‌ای که آشفتگی پیچ و تاب کابل‌ها در کانال و داخل تابلو مرتفع گردد.

۸- ارتباط هادی طرف اولیه ترانسفورماتور باید باشینه به بوشینگ ها برقرار شده باشد در غیر این صورت نسبت به اصلاح آن اقدام گردد.

۹- شیشه روغن نما کنترل و تمیز شده و آلودگی های روی آن با الکل یا تینر فوری برطرف گردد.

۱۰-پس از انجام عملیات فوق بدنه ترانسفورماتور را ابتدا باید تمیز نموده و در پایان با نفت لکه‌گیری شود (ترجیحا شستشو با دستگاه بخار تحت فشار توصیه می‌گردد).

۱۱-بوشینگ ها با مواد مخصوص تمیز و با هوای فشرده خشک شوند.

۱۲-رطوبت گیر ترانسفورماتور را بازدید و کنترل کرده و در صورتی که رنگ آن تغییر کرده باشد و از حالت بلوری (آبی رنگ) به رنگ صورتی و یا قهوه ای تغییر رنگ داده باشد نسبت به تعویض آن اقدام گردد.

۱۳- در صورت تغییر رنگ شدید روغن پس از وقوع خطا باید روغن با رعایت دستورالعمل مربوطه تعویض گردد.

۱۴- در صورتی که ترانسفورماتور نشتی روغن دارد نسبت به آچارکشی آن اقدام گردد.

۱۵-در صورتی که یکی از بوشینگ ها معیوب شده و نیاز به تعویض دارد، نسبت به تخلیه روغن(در ظرف تمیز و فاقد رطوبت) به اندازه کافی اقدام و با رعایت احتیاط کامل بوشینگ صدمه دیده را تعویض و سپس مجددا روغن ترانسفورماتور را تکمیل و از بوشینگ‌ها هواگیری به عمل آید.

۹-۳-۱-۲- پس از وقوع خطا

در صورت بروز هر یک از وضعیت های زیر ترانسفورماتور بایستی از سرویس خارج شود.

- صداهای ناهنجار و غیر عادی از آن شنیده شود.
- افزایش درجه حرارت آن غیر عادی بوده و دمای آن در شرایط بار نامی و تهویه عادی به طور دایم افزایش یابد.
- روغن ا ز بالای مخزن انبساط روغن سرریز کرده باشد.
- روغن نشت کرده و سطح آن پایین آمده باشد.
- روغن تغییر رنگ داده باشد.

- عایق چینی روی بوشینگ‌ها شکسته یا ترک خورده بوده و یا آثار تخلیه جزیی بارهای خزنده روی سطح آن مشاهده شده و یا مسیرهای تخلیه الکتریکی روی آن یافت شود.
- روغن حاوی کربن، رطوبت و قطعات بزرگ ضایعات مکانیکی بوده و یا حالت اسیدی آن بالا رفته و ولتاژ عایقی آن کاهش یافته باشد.

سرویس و تعمیر ترانسفورماتور فقط در صورتی مجاز است که تغذیه ترانسفورماتور قطع گردیده و ترمینال‌ها زمین شوند. سرویس و نگهداری ترانسفورماتور شامل سرکشی منظم و طبق برنامه، بازرسی دوره‌ای از کارکرد آن، انجام سرویس‌های جاری و منظم، انجام آزمون‌های دوره ای و کنترل درجه حرارت و بار آن است.

برای پیشگیری از هر نوع حادثه ای، بازرسی ترانسفورماتور، تنها توسط افراد مسئول و آزموده از یک فاصله حفاظتی صورت گیرد.

⚠ ***از فشار بیش از حد به پیچ و مهره‌ها که باعث دفرمه شدن واشرها گردیده و به آنها صدمه وارد می‌شود جدا خودداری گردد.***

در صورتی که ترانسفورماتور معیوب بوده و بایستی تعویض گردد به شرح ذیل اقدام می‌گردد:

۱- بست‌ها و کابل های ارتباط ترانسفورماتور به ۲۰ کیلوولت و فشار ضعیف باز شود.

۲- ارتینگ ترانسفورماتور باز گردد.

۳- پیچ و مهره های ارتباط به سکوی ترانسفورماتور باز گردد.

۴- ترانس با رعایت کلیه نکات ایمنی و مطابق بخش حمل و نقل اشاره شده در این دستورالعمل توسط جرثقیل از روی سکو برداشته و توسط وسیله نقلیه مجاز حمل گردد.

۵- ترا نسفورماتور جدید با رعایت کلیه مسائل ایمنی و احتیاط کامل در جای خود مستقر، تراز و محکم گردد.

۶- سرکابل‌ها، بست ها و ارتینگ به صورت صحیح برقرار گردند.

۷- چک لیست بازدید فنی ترانسفورماتور پر و تکمیل گردد.

⚠ ***مطمئن شوید در آرایش و محل ارتباط کابل‌های فشار ضعیف تغییری حاصل نشده است.***

⚠ ***به هیچ عنوان به رادیاتورهای ترانسفورماتور فشار یا ضربه‌ای وارد نگردد.***

۹-۳-۲- سرویس و نگهداری تابلو فشار ضعیف

۹-۳-۲-۱- دوره‌ای

در بازدیدهای دوره ای از تابلو فشار ضعیف باید موارد زیر مورد بررسی و کنترل قرار گیرد.

- سالم بودن سکوی قرار گرفتن تابلوی فشار ضعیف کنترل و بازدید شود.
- قرار گرفتن تابلو برروی سکو به صورت صحیح مورد بازدید قرار گیرد.
- رنگ تابلو و براکتهای آن مورد بازدید قرار گیرد،تا رنگ نامناسب باعث زنگ‌زدگی و کاهش عمر تابلو نشده و مبلمان شهری و زیبایی محیطی را بر هم نزند.
- بدنه و درب تابلو از لحاظ آسیب‌دیدگی و له شدگی مورد بازدید قرار گیرد.
- جهت رعایت اصول ایمنی باید قفل و لولا و چفت و بست تابلو به صورت مناسب نصب شده باشد.

* ارت بدنه و درب تابلوها کنترل شود و همینطور اتصال مناسب ارت الکتریکی (نول) نیز کنترل شود.
* مقدار اهمی مقاومت اتصال زمین الکتریکی (چاه نول) و مقاومت اتصال زمین حفاظتی (چاه ارت) اندازه‌گیری و ثبت گردد.

- صفحه محافظ و ایمنی تابلوها که حائلی به روی شینه‌ها است از نقطه نظر وجود داشتن و سالم بودن باید مورد توجه فرد بازدید کننده قرار گیرد.

* جهت کنترل جریان خزش بایستی تمیز بودن و مقره‌های اتکایی کنترل شود. همین طور مقره‌های اتکایی بایستی جهت عاری بودن از هر گونه ترک خوردگی و یا شکستگی کنترل شود.

- جهت حفاظت ترانسفورماتور و کنترل بار شبکه بایستی آمپراژ و ستینگ کلید اصلی متناسب با ظرفیت ترانسفورماتور باشد.
- کلید فیدر و پایه فیوزها مورد بازدید قرار گرفته و از سالم بودن آنها اطمینان حاصل شود.
- آمپراژ فیوزها باید با آمپراژ فیدرها، مقاطع هادی میزان بار فیدرها و بار مجاز کابل‌ها متناسب باشد.

* اتصالات (شینه‌ها و کابلشوها) از لحاظ دوده زدایی، تمیزکاری یا تعویض و بررسی نیاز به آچارکشی، مورد بازدید قرار گیرد.
* برای تمیز کردن داخل تابلو وسیله مکش توصیه می‌شود.

- هنگام بازدید در صورت وجود کنتور مصرف در تابلو، از لحاظ صحت عملکرد بررسی شود.
- با توجه به کنترل مصرف روشنایی معابر اگر کنتور روشنایی معابر نصب شده باشد از نظر وضعیت ظاهری کنترل شود.
- مدار روشنایی معابر شامل کنتاکتور، فتوسل، مدار تغذیه و سیم های رابط بایستی کنترل شود.

- جهت حفظ ایمنی بایستی تابلوی فشار ضعیف مجهز به سیستم روشنایی داخلی باشد.

* جهت تمیز کردن قطعات بهتر است از پارچه جیر و یا ابر پلاستیکی نو استفاده شود و پارچه های بکار رفته باید بدون پرز و از لحاظ شیمیایی تمیز باشد.

- کلید اتوماتیک از نظر آرک‌زدگی، دود ه گرفتگی و یا نیاز به هر گونه سرویس و تعمیر بررسی گردد.
- با توجه به استاندارد و تخلیه جریان هر گونه اضافه ولتاژ احتمالی و یا کنترل و محدودسازی تلفات ناشی از جریان نول بایستی مقطع سیم ارت کنترل شود.
- تابلو فشار ضعیف باید دارای جیب کارت جهت قرار دادن نقشه مسیرهای تغذیه فیدرهای فشار ضعیف باشد.
- بایستی صحت عملکرد ولت متر و آمپرمتر موجود در تابلو فشار ضعیف کنترل شود.

موارد ستاره‌دار (*) در شرح بازدید می‌بایست در شرایط بی‌برقی و توسط سرویس کار کنترل و بررسی شود.

توصیه می‌شود که در محوطه اطراف پست و محل های کار بنا به نیاز یکسری از قواعد ایمنی به صورت مدون در محل دید قرار داده شده و به صورت مشخص دنبال شود تا حدود دسترسی افراد و نوع و طرز نگهداری به صورت مشخص به اجرا درآید.

کلیه افراد مرتبط با نگهداری تجهیزات باید تعالیم لاز م برای برخورد با فرد برق گرفته را دیده باشند و وسایل و کمک های اولیه در دسترس داشته باشند.

قواعد کار مربوط،در دسترس تمام افراد مسئول و برروی تابلو نصب و نحوه رفتار با شخص برق گرفته نمایش داده شود. همچنین دیاگرام خطا های احتمالی و حفاظت‌های تاسیسات در دسترس بوده و بر روی دستگاه قابل مشاهده باشد.

- ***جهت شنا سایی معایب پنهان از د ستگاه ترمو ویژن ا ستفاده شود.***
- ***در هر مرحله از تمیز کردن، و سایل باید بی‌برق با شند.***
- ***پ س از اتما م کار بازر سی نهایی صورت گرفته و از قفل بودن درب تابلوها اطمینان حاصل شود.***

۹-۳-۲-۲- پس از وقوع خطا

بعد از وقوع اختلال و یا اتصال کوتاه در پست تمام اجزا مرتبط و کلیه اتصالات و رله هایی که عمل کرده‌اند پیچ و مهره‌ها، مقره های تابلو و تمام وسایلی که از آنها جریان عبور می‌کند و همچنین اتصالات زمین بررسی و مورد آزمایش قرار گیرند و در صورت تغییر وضعیت دوباره به صورت اول برگردانده شود.

به سفت و محکم شدن یک پیچ اکتفا نشود زیرا ممکن است به علت درازی پیچ و یا گیر کردن در سوراخ بعدا شل شود. یک آزمایش ولتاژ حدود میلی‌ولت می تواند اتصالات بد را نشان دهد.

اتصالات آلومینیوم به آلومینیوم و یا به مس به دقت بررسی و دستورات لازم در هر مورد دقیقا رعایت گردد.

۹-۳-۳- سرویس و نگهداری کات‌اوت فیوز

۹-۳-۳-۱- دوره‌ای

جهت اطمینان از صحت عملکرد و سلامت کات اوت فیوزها به هنگام بازدیدهای دوره‌ای می بایست نکات به شرح ذیل مدنظر قرار گیرد.

- بازدید مقره اتکایی صورت گرفته و از عدم وجود شکاف یا شکستگی در آن اطمینان حاصل گردد..
- از صحت اتصالات پیچ ها و سیم های رابط و گیره های نگهدارنده اطمینان حاصل گردد.
- اتصالات و کنتاکت ها از نظر سوختگی، خال زدگی و هر گونه عیب مورد بررسی قرار گیرند.
- شستشو و رفع آلودگی سطح مقره و لینک فیوز در محل های آلوده به صورت دوره‌ای صورت پذیرد.
- سیم‌ها از نظر آرایش صحیح بررسی و همچنین فاصله فازها مورد بازدید قرار گیرد.
- مواردی از قبیل خاک زدگی و یا کاهش نیروی فنر کنتاکت ها و آلودگی لوله دسته کات‌اوت در مجرای درونی و سطح بیرونی و همچنین تجمع و لانه سازی حشرات مورد بررسی قرار گیرد.

⚠ ***کات‌اوت فیوزهای سالم و بدون عملکرد در مدت طولانی نیز در بازدیدهای دوره‌ای مورد بازبینی قرار گیرند.***

۹-۳-۳-۲- پس از وقوع خطا

بعد از وقوع خطا در پست مراحل زیر باید صورت گیرد:

- تمیز کردن لوله دسته کات اوت پس از عملکرد فیوز لینک در هنگام اتصالی انجام شود.
- محل های سوختگی، خال‌زدگی که باعث عدم اتصال مناسب می‌گردد مورد بررسی و اصلاح قرار گیرد.
- بررسی فشار فنر کنتاکت‌ها صورت گیرد.
- تعویض فیوز لینک های سالم در هنگام سوختن فیوز لینک یک فاز به دلیل تغییر مشخصه جریان-زمان صورت گیرد.
- از فیوز لینک مناسب توصیه شده توسط کارخانه سازنده استفاده گردد.

- آمپراژ فیوزلینک متناسب با ظرفیت ترانسفورماتور انتخاب گردد.
- بعد از عمل تعویض از اتصال کافی و خوب فیوزگیر اطمینان حاصل گردد.
- سیم‌های ارتباطی کات اوت فیوز از لحاظ سوختگی و صحت اتصالات بررسی و در صورت لزوم تعویض گردد.
- مقره اتکایی از لحاظ وجود شکاف و شکستگی مورد بررسی قرار گیرد.

⚠ ***بعد از وقوع خطا هر سه المان فیوز اعم از فیوزهای سالم و معیوب تعویض گردد.***

⚠ ***از لینک فیوز با همان ابعاد لینک فیوز سوخته و متناسب با توصیه سازنده استفاده گردد.***

⚠ ***آلودگی لوله باعث عبور جریان زشتی و عدم امکان خروج گازهای ناشی از سوختن فیوز لینک می شود که بایستی حتما برطرف گردد.***

⚠ ***در هنگام انجام هر کاری در نزدیکی خطوط فشار متوسط و ادوات با ولتاژ بالا، کلیه قوانین ایمنی رعایت گردد.***

در صورتی که نیاز به تعویض کات اوت فیوز باشد مراحل زیر صورت گیرد.

۱- ارتباط ترانس و ارتباط خط از زیر و روی کات‌اوت فیوز باز شود.

۲- مقره کات اوت را از روی سکو جدا و به وسیله هندلاین به پایین فرستاده شود.

۳- کات‌اوت فیوز جدید را با هندلاین بالا برده شده و در جای خود محکم شود.

۴- سیم‌ها و ارتباط‌ها بررسی شده و در صورتی که دارای اشکال است حتما تعویض گردد.

۵- ارتباط ها بسته شود و اتصالات محکم گردد.

۹-۳-۴- سرویس و نگهداری برقگیر

۹-۳-۴-۱- دوره‌ای

موارد قابل بررسی در بازدید دوره‌ای به شرح ذیل است:

- محل اتصال برقگیر به شبکه و خروجی به سمت سیستم زمین مورد بررسی قرار گیرد.
- با توجه به اینکه خروجی برقگیر (ارت برقگیر) به سیستم ارت حفاظتی متصل می‌شود با کنترل مدار آن بایستی از صحت مدار و عدم وجود هیچگونه قطعی در آن اطمینان حاصل گردد.
- سالم بودن ظاهری برقگیر و صحت نصب آن مورد بازرسی قرار گیرد.

- وضعیت شمارنده (در صورت وجود) مورد بررسی قرار گیرد .
- مناسب بودن آرایش و فاصله فازها از هم مورد بازدید قرار گیرد.
- لوله محافظ سیستم ارت و حائل های نگهدارنده آن مورد بازدید قرار گیرد.
- جریان نشتی اندازه‌گیری شود.
- جهت اندازه گیری جریان نشتی می توان از آمپرمترهای چنگکی استفاده نمود.

زمان بازدیدهای دوره ای از برقگیرها به شرح ذیل است.

۱- هنگام وقوع صاعقه در منطقه

۲- بعد از فصل زمستان و تابستان به منظور اطمینان از عدم تاثیر شرایط سخت جوی برروی عملکرد برقگیر

۳- هر سه ماه یکبار در مناطق آلوده و در مناطق با آب و هوای گرم

۴- هر شش ماه یکبار در مناطقی که به خاطر طراحی های ضعیف موارد اتصال کوتاه زیاد اتفاق می‌افتد.

به طور معمول توصیه می‌شود حدالمقدور هر شش ماه یکبار از برقگیرها بازدید به عمل آید.

۹-۳-۵- پس از وقوع خطا

پس از وقوع صاعقه و کلیدزنی بایستی از برقگیرها بازدید و از صحت و سلامت آنها اطمینان حاصل شود و از سیستم ارتینگ و اتصالات بازدید صورت گرفته و جریان نشتی اندازه‌گیری شود.

در صورتی که نیاز به تعویض برقگیر باشد مراحل زیر صورت گیرد.

۱- سیم های ارتباط به برقگیر باز شود.

۲- برقگیر از روی سکو جدا شده و به وسیله هندلاین به پایین فرستاده شود.

۳- برقگیر با هندلاین بالا برده شده و در جای خود محکم شود.

۴- ارتباط ها بسته شود و در صورتی که ارتباط ها اشکال داشت حتما تعویض گردد.

۵- سیم (کابل) ارت برقگیر را کنترل و در صورت نیاز اصلاح و یا تعویض شود.

۹-۴- گزارش‌گیری

۹-۴-۱- گزارش سرویس و نگهداری

این گزارش باید شامل اطلاعات به شرح زیرباشد.

- شماره سریال و سال ساخت
- تاریخ شروع بهره‌برداری از تجهیزات

- نتایج کلیه اندازه‌گیری‌ها و آزمون ها
- تاریخ انجام تعمیرات
- سابقه سرویس پست هوایی

۹-۴-۲- گزارش بروز نقص فنی

در صورت بروز نقص فنی در تجهیزات، یک گزارش نقص فنی به سازنده تجهیز ارایه شود. گزارش نقص فنی تجهیز به منظور استاندارد کردن ثبت نقص فنی آن با اهداف به شرح زیر تهیه و تدوین گردد:

- توصیف نقص فنی با بکارگیری اصطلاحات و تعاریف مشترک
- فراهم نمودن اطلاعات آماری
- فراهم کردن یک پسخورد معنی دار به سازنده برای بهبود کیفیت تجهیز

پیوست (۱): پست هوایی RMU

پست هوایی با تابلوی RMU به نوعی استفاده از ترکیب پست هوایی و شبکه زمینی است که ترانسفورماتور به صورت هوایی و تابلوی ۲۰ کیلوولت به صورت زمینی اجرا می‌گردد.

در برخی از موارد که شبکه فشار متوسط، زمینی است جهت نصب انواع پست‌ها با محدودیت‌های زیر مواجه می‌باشیم:

- امکان نصب پست های زمینی ساختمانی به دلیل عدم تصرف زمین و پست‌های کیوسک، پدمانتد و دفنی به دلیل عرض کم معبر و وجود تاسیسا ت زیاد در داخل زمین مقدور نیست.
- نصب پست هوایی معمولی در کنار خیابان ها یا معابر اصلی با موانعی از جمله عدم رعایت حریم شبکه فشار متوسط، عدم رعایت مبلمان شهری و زون‌بندی و ... مواجه است.

در صورتی که احداث پست برای کاهش تلفات و رفع افت ولتاژ ضرورت داشته باشد برای رفع مشکلات می‌توان از ترانس هوایی با تابلوی فشار متوسط RMU استفاده نمود.

در این طرح ترانسفورماتور مطابق پست های هوایی معمول برروی دو پایه در محل نصب شده و بوشینگ فشار متوسط آن به صورت پلاگ‌این است.

کابل فشار متوسط عبوری در تابلوی RMU که بین دو پایه بتونی نصب شده ورود و خروج می‌گردد.

از خروجی سلول تغذیه ترانسفورماتور تابلوی RMU، با استفاده از سرکابل چپقی[1]، کابل فشار متوسط به سربوشینگ‌های ترانسفورماتور (که به صورت پلاگ‌این است) متصل می‌شود.

ضمنا تابلوی فشار ضعیف این پست در مجاورت آن و در یک مکان مناسب نصب و مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد.

از جمله مزایای سرکابل‌های چپقی از طول کوتاه تر، قابلیت نصب به صورت افقی، عمودی و وارونه- قابلیت نصب و جداسازی سریع و آسان- قابلیت استفاده به صورت خشک و بدون نیاز به روغن عایق‌کننده، قابلیت قطع سریع اتصال از سیستم در موا قع بروز مشکل و مقاوم بودن در برابر اشعه خورشید است. این سرکابل ها به طور کامل عایق هستند و به دلیل وجود بی‌متال در داخل سرکابل ها، امکان استفاده از هر دو نوع اتصال (مسی و آلومینیومی) در آنها وجود دارد.

تابلوهای RMU به صورت GIS بوده و کلیه شینه‌ها و محفظه قطع در داخل گاز SF_6 قرار می‌گیرند. به دلیل حفاظت این گونه تابلوها در برابر ضربات خارجی و همچنین رعایت ایمنی بالا این تابلوها می‌بایست در داخل انکلوژر قرار گیرند. تابلوی RMU در شرکت سازنده برروی انکلوژر مونتاژ می‌شود.

---

[1] - ELBOW

همچنین جهت جلوگیری از آسیب و ایجاد خطر در اثر برخورد وسایل نقلیه و سیلاب‌های سطحی و همچنین فرم‌دهی و رعایت شعاع خمش کابل های فشار متوسط تابلوی RMU برروی سکوی آجرچینی شده با استحکام بالا و در ارتفاع ۰/۷ متر از سطح زمین نصب می‌گردند.

نصب تابلو می بایستی به صورتی انجام گیرد که بهره‌بردار جهت عملیات قطع و وصل و تعویض سرکابل با مشکل مواجه نشود.

برای کابل های فشار متوسط تک رشته خشک ورودی و خروجی به تابلوی RMU می بایست رزرو کابل در نظر گرفته شود.

با توجه به اینکه کابل مورد استفاده در شبکه ۲۰ کیلوولت عموما با مقطع ۱۸۵ میلیمتر مربع آلومینیوم است. سرکابل‌های ELBOW برای سلول های ورود و خروج می‌بایست دارای کابلشوهای بی‌متال بوده[۱] و برای سلول تغذیه ترانسفورماتور با توجه به مسی بودن کابل[۲]، از سرکابل‌های ELBOW با کابلشوی مسی استفاده شود.

جریان نامی فیوز فشار متوسط متناسب با جریان سمت اولیه ترانسفورماتور انتخاب می‌گردد. در این طرح، ترانسفورماتورهای با ظرفیت ۳۱۵ و ۴۰۰ کیلوولت آمپر را می‌توان بر روی پایه‌های بتنی ۹/۸۰۰ و با رعایت الزامات استانداردی نصب نمود.

می توان بر روی کابلشوهای کابل فشار ضعیف ارتباط ترانس به تابلو فشار ضعیف در محل اتصال به ترانسفورماتورهای ا ز روکش عایق حرارتی استفاده کرد.

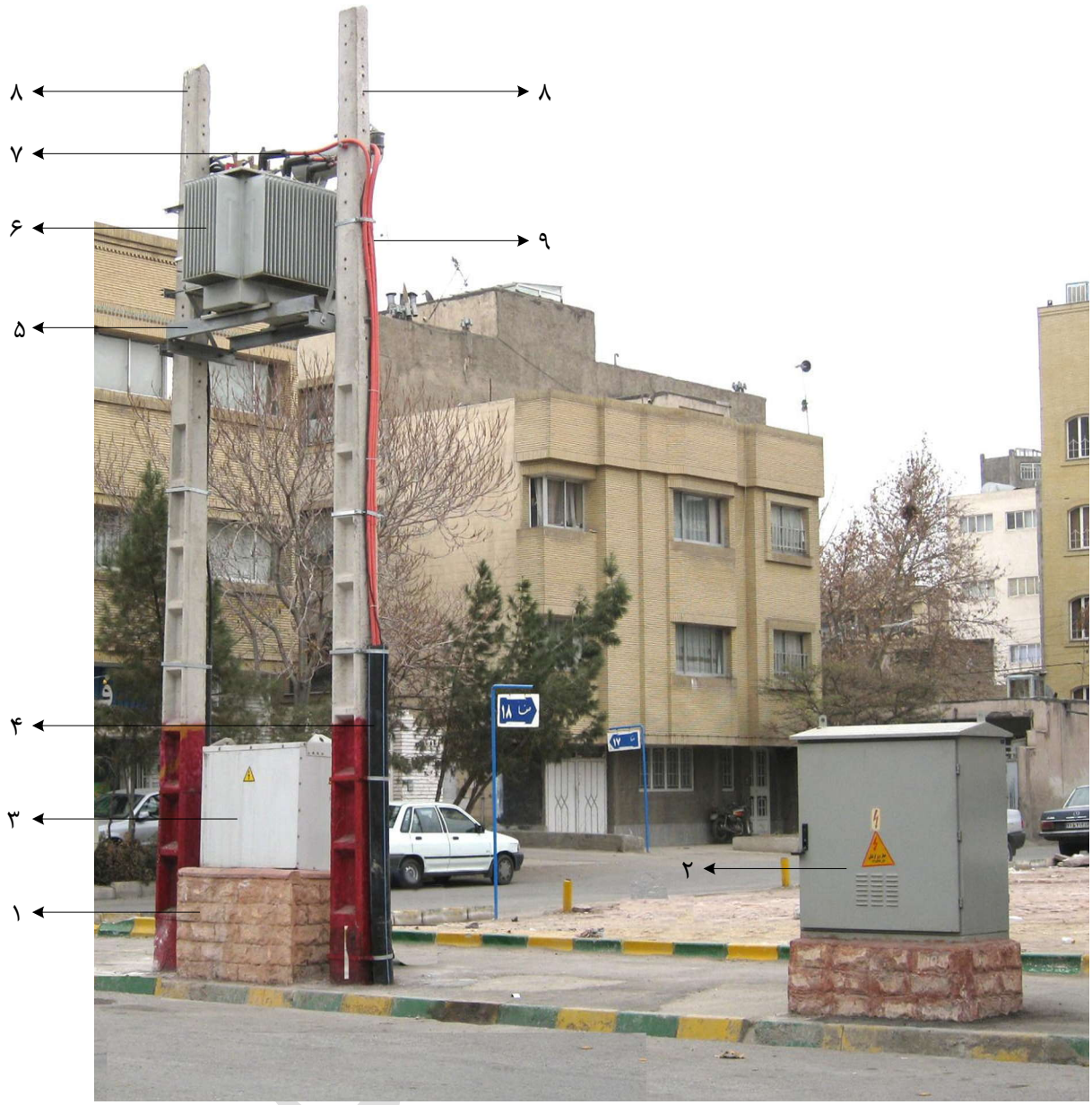
در خصوص سیستم زمین، می بایستی از دو چاه و زمین حفاظتی و الکتریکی استفاده شود. چاه حفاظتی در کنار پست و چاه الکتریکی به فاصله حداقل ۲۰ متری آن احداث می‌شود. تابلو فشار ضعیف نیز در نزدیکی چاه الکتریکی و در فضای مناسب احداث شود.

بدنه ترانسفورماتور، بدنه تابلو فشار متوسط و شیلد کابل با استفاده از هادی بدون روکش به چاه حفاظتی و بدنه تابلو فشار ضعیف و شینه نول به چاه الکتریکی با کابل یا هادی روکش‌دار متصل می‌شود. در شکل (پ-۱-۱) نمونه‌ای از پست هوایی RMU نشان داده شده است.

---

[۱] – در صورتی که کابل فشار متوسط از نوع مسی باشد از کابلشوی مسی استفاده می‌شود.

[۲] – عموما از کابل پروتولین ۵۰×۱ مسی جهت ارتباط سکسیونر فیوزیبل و ترانسفورماتور استفاده می‌شود.



۱	سکوی آجر چینی شده	۴	لوله	۷	سرکابل چپقی		
۲	تابلوی RMU	۵	سکوی ترانسفورماتور	۸	پایه ۹ متری		
۳	تابلوی فشار ضعیف	۶	پست RMU	۹	کابل تک‌رشته خشک		

شکل (پ-۱-۱): نمونه‌ای از پست هوایی RMU

پیوست (۲): جنس زمین

به طور کلی طبق استاندارد وز ارت نیرو خاک به چهار دسته سست، معمولی، سفت یا سخت و سنگلاخ تقسیم می‌شود.

الف- زمین‌های سست: این زمین ها شامل شن نرم، خاک رس نرم یا مرطوب، سنگریزه و ریگ سست و یا ترکیبی از انواع آن است. این زمین ها سست بوده و با بیل و کلنگ به راحتی کنده می‌شود.

ب- زمین‌های معمولی: این نوع از زمین ها شامل گل خشک و سفت شده، شن زار خشک شده و سفت شده و همچنین شن و ماسه به هم فشرده و سفت است.

ج- زمین‌های سفت یا سخت: این نوع زمین خاک رس و شن درشت، سنگریزه و خاک ریگ‌دار سفت، رسوب سخت و یا ترکیبی از آنها است. این زمین‌ها به سختی با کلنگ کنده می‌شوند.

د- زمین‌های سنگلاخ: در این زمین ها برای کندن چاله به دینامیت یا کمپرسور احتیاج است. زمین‌های سنگلاخی از تخته سنگ های سخت و یکپارچه تشکیل شده است.

پیوست (۳): دستورالعمل استفاده از بنتونیت (مواد کاهش‌دهنده مقاومت)

پ-۲-۱- استفاده از بنتونیت در نصب صفحه مسی چاه ارت

- چاهی به قطر تقریبی ۹۰-۶۰ سانتیمتر و عمق ۳ متر حفر شود.
- سیم ارت (سیم مسی به مقطع ۵۰ میلیمتر مربع) حداقل در دو نقطه به صفحه متصل شود (توسط جوش کاربیت (اکسیژن)).
- صفحه ارت ۵۰۰ × ۵۰۰ × ۵ میلیمتر به صورت عمودی در انتهای گودال قرار داده شود.
- بنتونیت به صورت دوغاب سخت طوری تخلیه شود که ضمن فشردگی مناسب تا ۳۵cm بالای سطح صفحه را بپوشاند.
- برای پر کردن مابقی چاه به نسبت ۳۰٪ بنتونیت و ۷۰٪ خاک مخلوط کرده و چاه پر شود.
- برای فشردگی بیشتر خاک اطراف هادی با صفحه، و کیفیت مناسب‌تر پس از هر ۲۰cm که با مخلوط مواد پر می‌شود عملیات کمپکت صورت گیرد.
- برای پر کردن چاه ارت با مشخصات فوق در یک متر ۲۵۰-۲۰۰ کیلوگرم و برای دو متر بعد از آن برای مخلوط کردن با خاک ۱۵۰-۱۲۰ کیلو گرم بنتونیت خشک مورد نیاز است.

⚠ ***استفاده از نمک و ذغال در این نوع چاه ممنوع است.***

⚠ ***بایستی از بنتونیت مخصوص چاه ارت (بنتونیت اکتیوه و دهیدراته) استفاده کرد.***

⚠ ***با توجه به جذب رطوبت بالای بنتونیت بایستی محل استفاده خشک و عاری از هرگونه گیاه و درخت باشد.***

پ-۲-۲- استفاده از بنتونیت اکتیوه در شبکه عمودی زمین (نصب میله ارت)

- چاهی به قطر تقریبی ۶۰ تا ۹۰ سانتیمتر و عمق ۳ متر حفر شود.
- میله ارت در وسط حفره طوری کوبیده شود که ۵۰ سانتیمتر از میله ارت در داخل زمین فرو رود.
- بنتونیت به دور میله به صورت دوغاب سفت کاملا بهم زده (و ۳۵٪ بنتونیت و ۶۵٪ آب) مخلوط گردد و این عمل تا ۳۰ سانتیمتر پایین تر از لبه فوقانی میله ارت ادامه یابد.
- اتصالات لازم به میله ارت انجام شود و در صورت تمایل دریچه بازدید نصب گردد و یا حفره کاملا با خاک سرند شده پر شود در صورت حساس بودن محل ۴۰٪ بنتونیت را با خاک و آب مخلوط کرده و گودال را

پر شود. هنگام پر کردن حفره ضروری است ۲۰ سانتیمتری که با مواد پر می‌شود با دست مـواد دوغـاب را فشار داده تا کاملا به میله ارت بچسبد این عمل، فشردگی و چسبندگی لایه ها را به میله ارت افزایش داده و به پر کردن فضای خالی کمک می‌کند. ۲ متر ارتفاع از کف چاه با بتنونیت به صورت دوغاب سفت پر شـود که تقریبا به ۴۰۰ تا ۵۰۰ کیلوگرم بنتونیت خشک نیاز خواهد بود.

⚠ ***میله ارت باید از جنس فولاد گالوانیزه گرم و یا فولاد باروکش مس باشد.***

مقاطع میله ارت می بایستی مطابق دستورالعمل سیستم زمین باشد و می توان از دو میله به صـورت کوپلینـگ نیـز استفاده کرد در صورتی که با ایجاد یک چاه به مقاومت مورد نظر نرسیم باید چاه دیگری با همین مشخصات در فاصله ۶ متری از چاه اول حفر شود ضمنا ارتباط دو چاه می بایست مطابق زیر صورت گیرد:

کانال به عرض ۳۰ تا ۴۰ متر به عمق ۷۵ سانتیمتر و به طول مورد نظر حفر گردد. اگر عمق نفوذ یخزدگـی خـاک بیشتر از ۷۵ سانتیمتر باشد کانالی عمیق‌تر (تا زیر لایه یخزدگی) حفر شود کف کانال تا ارتفاع ۱۰ سانتیمتر از بنتونیـت به صورت دوغاب سفت (۳۵٪ بنتونیت و ۶۵٪ آب) پر شود و سیم روی لایه مطابق دستورالعمل سیستم زمین خوابانده شود.

روی سیم به ارتفاع ۱۵ سانتیمتر با بنتونیت به صورت دوغاب سفت پوشانده شده و بقیه کانال را با خاک سرند شده پر شود با توجه به حجم کانال و شرایط ذکر شده برای هر متر طول به ۴۵-۳۰ کیلوگرم بنتونیت خشـک نیـاز خواهـد بود.

پیوست (۴): حریم

حریم

در نصب پست هوایی لازم است پست در خارج از محدوده‌های حریم نصب گردد و قبل از نصب استعلام‌های لازم به عمل آید. در ادامه محدوده‌های حریم درجه ۱ و ۲ بیان شده است.

حریم درجه ۱

به دو نوار در طرفین مسیر خط و متصل به آن که عرض هر کدام براساس جدول (پ-۴-۱) و متناسب با ولتاژ خط تعیین می گردد حریم درجه ۱ اطلاق می‌شود.

در حریم درجه ۱، اقدام به هر گونه عملیات ساختمانی و ایجاد تاسیسات مسکونی، دامداری یا باغ، درختکاری و انبارداری، تا هر ارتفاع ممنوع است. زراعت فصلی و سطحی، حفر چاه و قنات، راهسازی و شبکه آبیاری مشروط بر اینکه سبب ایجاد خسارت برای تاسیسات شبکه توزیع نگردد و با رعایت اصول حفاظتی به منظور جلوگیری از بروز خطرات جانی و مالی بلامانع است.

حریم درجه ۲

به دو نوار در طرفین حریم درجه ۱ و متصل به آن که فاصله افقی حد خارجی آن از محور خط براساس جدول (پ-۴-۱) تعیین می‌گردد. حریم درجه ۲ اطلاق می‌شود. در حریم درجه ۲ تنها ایجاد تاسیسات ساختمانی اعم از مسکونی، صنعتی و مخازن سوخت تا هر ارتفاعی ممنوع است.

جدول (پ-۴-۱): حریم خطوط توزیع

ولتاژ خط (kV)	۱۱	۲۰	۳۳
حریم درجه ۱ (m)	۳	۳	۵
حریم درجه ۲ (m)	۵	۵	۱۵

در جدول (پ-۴-۲) فاصله هوایی مجاز هادی خطوط فشار متوسط و فشار ضعیف مورد کاربرد در نصب پست هوایی درج شده است.

جدول (پ-۴-۲): فواصل هوایی مجاز هادی خطوط فشار متوسط و فشار ضعیف

	۴۰۰(V)	۱۱ (kV)	۲۰ (kV)	۳۳ (kV)
فاصله افقی از ساختمان‌ها	۱/۳	۳	۳	۳/۵
فاصله قائم از ساختمان‌ها	۳	۴	۴	۴/۶
فاصله افقی از درختان	۳	۳	۳	۳/۵
فاصله افقی از سازه‌های نگهدارنده خطر دیگر علائم و چراغ راهنمایی	۱	۱/۵	۱/۵	۱/۵
فاصله قائم از سازه‌های نگهدارنده خط دیگر علائم و چراغ راهنمایی	۱/۴	۱/۷	۱/۷	۱/۷
فاصله افقی تیر از محور ریل راه‌آهن	–	۱۷	۱۷	۱۷
فاصله پایه خطوط از جدار لوله گاز	۰/۵	–	۲	–
فاصله پایه دکل از جدار لوله گاز (مسیر مشترک < ۵km)	–	–	۲۰	–
فاصله پایه دکل از جدار لوله گاز (مسیر مشترک > ۵km)	–	–	۳۰	–
فاصله از خطوط ۶۳kV	–	۱۳	۱۳	۱۳
فاصله از خطوط ۱۳۲kV	–	۱۵	۱۵	۱۵
فاصله از خطوط ۲۳۰kV	–	۱۷	۱۷	۱۷
فاصله از خطوط ۴۰۰kV	–	۲۰	۲۰	۲۰

پیوست (۵): جریان فشار ضعیف ترانسفورماتور

جدول (پ-۵-۱): جریان سمت فشار ضعیف ترانسفورماتور

ردیف	ظرفیت ترانسفورماتور k.V.A	جریان نامی فشار ضعیف (آمپر)
۱	۲۵	۳۶/۱
۲	۵۰	۷۲/۲
۳	۱۰۰	۱۴۴/۳
۴	۲۰۰	۲۸۹
۵	۲۵۰	۳۶۱
۶	۳۱۵	۴۵۵
۷	۴۰۰	۵۷۷
۸	۵۰۰	۷۲۲

پیش نویس

پیوست (۶): آمپراژ المان فیوز فشار متوسط

جدول (پ-۶-۱): آمپراژ المنت فیوز و متنا سب با ظرفیت ترانسفورماتور

ردیف	ظرفیت ترانسفورماتور k.V.A	جریان فشار قوی (آمپر)	المنت فیوز (آمپر)	
			k یا T	TK
۱	تک‌فاز ۲۵	۰/۷۲	۳	۱
۲	سه‌فاز ۲۵	۰/۷۲	۳	۱
۳	۵۰	۱/۴	۳	۱/۴
۴	۱۰۰	۲/۹	۶	۳/۱
۵	۲۰۰	۵/۸	۱۰	۵/۲
۶	۲۵۰	۷/۲	۱۰	۷
۷	۳۱۵	۹/۱	۱۲	۷/۸
۸	۴۰۰	۱۱/۶	۱۵	۱۰/۴
۹	۵۰۰	۱۴/۴	۲۰	۱۴

این دستورالعمل تحت نظارت شرکت توزیع نیروی برق تهران بزرگ (دبیرخانه) توسط پژوهشگاه نیرو تدوین و پس از طرح در جلسات کمیته‌های تخصصی و اعمال نقطه‌نظرات صاحبنظران نهایی شده است.

تهران - میدان ونک - خیابان ملاصدرا - خیابان شیراز جنوبی - نبش کوچه سرو www.tbtb.ir
کد پستی: ۱۴۳۵۸۹۳۷۳۷ تلفن: ۵-۸۸۰۵۷۰۹۰ - دورنگار: ۸۸۰۳۹۴۱۷ info@tbtb.ir

تهران - شهرک قدس - انتهای بلوار شهید دادمان (پونک باختری) www.nri.ac.ir
صندوق پستی: ۵۱۷-۱۴۶۶۵ تلفن: ۸۸۰۷۹۴۰۰ - دورنگار: ۸۸۰۷۸۲۹۶ info@nri.ac.ir

تهران - خیابان ولی عصر (عج) - بالاتر از میدان ونک - خیابان رشید یاسمی
جنب بیمارستان خاتم الانبیا (ص) - شرکت توانیر
تلفن : ۲۷۹۳۵۰۷۱ - دورنگار: ۸۸۶۴۴۹۷۰

www.tavanir.org.ir