



شرکت توانیر

معاونت هماهنگی توزیع

دفتر مهندسی و راهبری شبکه

دستورالعمل اصلاح ساختار شبکه هوایی توزیع

جلد چهارم: الزامات نصب پست‌های هوایی یکپارچه



TAV112-11/00

کد سند:



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

دستورالعمل اصلاح ساختار شبکه هوایی توزیع

جلد چهارم : الزامات نصب پست‌های هوایی یکپارچه

دریافت کنندگان سند:

✓ معاونت هماهنگی توزیع شرکت توانیر

✓ شرکت‌های توزیع نیروی برق ایران

کد سند	تاریخ تهیه	تاریخ بازنگری	شماره آخرین بازنگری
TAV112-11/00	1403/03/20	---	۰۰

تهیه کننده	تائید کننده	تصویب کننده
معاونت مهندسی شبکه	معاونت هماهنگی توزیع	رئیس هیئت مدیره و مدیر عامل
مهیار قلی زاده	محسن ذبیحی	مصطفی رجبی مشهدی

امضاء:

امضاء:

امضاء:

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
پیشگفتار.....	۱
۱- مقدمه	۲
۲- هدف و دامنه کاربرد.....	۲
۳- محدوده اجرا	۲
۴- مسئولیت نظارت و اجرا	۲
۵- تعاریف.....	۲
۵-۱ پست هوایی.....	۲
۵-۲ پست هوایی یکپارچه	۳
۶- محل‌های پیشنهادی برای نصب پست هوایی یکپارچه.....	۴
۷- کارکرد پست هوایی یکپارچه	۵
۸- ساختار پست هوایی یکپارچه.....	۷
۸-۱ سکوی نصب ترانسفورماتور.....	۸
۸-۲ سکوی نصب کاتوت و برقگیر	۹
۸-۳ تابلو توزیع پست هوایی یکپارچه	۱۰
۹- قدرت پایه های مورد نیاز برای نصب.....	۱۳
۱۰- نحوه مونتاژ پست هوایی یکپارچه در داخل انبار.....	۱۴
پیوست‌ها.....	۱۶
پیوست ۱- مشخصات فنی تابلو با کلید فیوز گردان در خروجی.....	۱۷
پیوست ۲- لیست کالاهای پک پست هوایی یکپارچه	۲۵
پیوست ۳- گزارش شبیه سازیهای انجام شده در زمینه ارزیابی استقامت مکانیکی پست هوایی یکپارچه.....	۲۷
پیوست ۴- چک‌لیست نظارت بر نصب پست هوایی یکپارچه	۳۶
پیوست ۵ - تصاویر نمونه های نصب شده.....	۳۷
پیوست ۶- اعضاء تدوین کننده دستورالعمل به ترتیب الفبا.....	۳۹

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱- تصویر پست هوایی یکپارچه مونتاژ شده در انبار و نصب شده در شبکه.....	۳
شکل ۲- نحوه حمل پست هوایی یکپارچه مونتاژ شده از انبار به محل نصب.....	۴
شکل ۳- پست هوایی یکپارچه نصب شده.....	۴
شکل ۴- تصاویر نمونه از محل نصب پست هوایی یکپارچه.....	۵
شکل ۵- تصاویر پست هوایی یکپارچه نصب شده در شبکه.....	۵
شکل ۶- برش فیدر فشار ضعیف با طول زیاد در محل مناسب.....	۶
شکل ۷- نصب پست هوایی یکپارچه بر روی پایه موجود و کاهش طول فیدر فشار ضعیف.....	۶
شکل ۸- تعیین محل مناسب برای احداث پست هوایی یکپارچه و برش فیدر فشار ضعیف.....	۶
شکل ۹- نصب پست هوایی یکپارچه بر روی پایه موجود و کاهش طول فیدر فشار ضعیف.....	۷
شکل ۱۰- تصویر پست هوایی یکپارچه نصب شده در شبکه.....	۷
شکل ۱۱- سکوی نصب ترانسفورماتور مدل A (بدون قابلیت نصب تابلو).....	۸
شکل ۱۲- سکوی نصب ترانسفورماتور مدل A' (با قابلیت نصب تابلو).....	۸
شکل ۱۳- سکوی نصب ترانسفورماتور مدل B (با قابلیت نصب تابلو).....	۹
شکل ۱۴- نمونه تصاویر مربوط به سکوی ترانسفورماتور.....	۹
شکل ۱۵- شماتیک سکوی کات اوت برقگیر.....	۱۰
شکل ۱۶- نمونه سکوی کات اوت برقگیر.....	۱۰
شکل ۱۷- مدل های سکوی کات اوت و برقگیر در پست هوایی یکپارچه.....	۱۰
شکل ۱۸- نمونه فریم کامپوزیت تابلو توزیع پست هوایی یکپارچه.....	۱۱
شکل ۱۹- انواع تابلوهای توزیع پست هوایی یکپارچه.....	۱۲
شکل ۲۰- نمونه نصب ترانسفورماتور اندازه گیری جریان بوشینگی روی ترانسفورماتور در پست هوایی یکپارچه.....	۱۳
شکل ۲۱- شماتیک نحوه اتصال ترانسفورماتور اندازه گیری جریان بوشینگی به کنتور.....	۱۳
شکل ۲۲- سکوی مونتاژ اولیه طراحی شده برای آماده سازی پست هوایی یکپارچه در محل انبار.....	۱۵
شکل ۲۳- نمونه پست های هوایی یکپارچه مونتاژ شده و آماده برای نصب در انبار (نمونه اول).....	۱۵
شکل ۲۴- نمونه پست های هوایی یکپارچه مونتاژ شده و آماده برای نصب در انبار (نمونه دوم).....	۱۵
شکل ۲۵- شماتیک ارتفاع نصب تابلو و سکوی ترانسفورماتور.....	۲۰
شکل ۲۶- تابلو توزیع پست هوایی یکپارچه با کلید اتوماتیک در خروجی.....	۲۰
شکل ۲۷- تابلو توزیع پست هوایی یکپارچه با کلید فیوز گردان در خروجی.....	۲۰
شکل ۲۸- تجهیزات اندازه‌گیری و کنترل تابلو.....	۲۱
شکل ۲۹- تصویر شینه تابلو در محل اتصال کابلشوها.....	۲۲

دستورالعمل اصلاح ساختار شبکه هوایی توزیع
جلد چهارم : دستورالعمل الزامات نصب پست‌های هوایی یکپارچه

- شکل ۳۰- جانمایی و ابعاد تابلو توزیع پست هوایی یکپارچه ۲۳
- شکل ۳۱- نقشه الکتریکی تابلو توزیع پست هوایی یکپارچه ۲۴
- شکل ۳۲- مدل سازی پست هوایی تک پایه 200kva با جزییات نشیمن استاندارد در sap۲۰۰۰ ۲۸
- شکل ۳۳- شکل مودهای اصلی پست هوایی 200KVA ۳۰
- شکل ۳۴- نسبت تقاضا به ظرفیت تنشهای قائم در اعضای سازه ای نشیمنگاه ترانسفورماتور ۳۲
- شکل ۳۵- نسبت تقاضا به ظرفیت تنشهای قائم در اعضای سازه‌های نشیمنگاه ترانسفورماتور ۳۳
- شکل ۳۶- دیاگرام آزاد سیم جهت تعیین واکنش های تکیه گاهی T و V ۳۴
- شکل ۳۷- تصاویری نمونه از موارد اجرا شده ۳۸

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱- پایه های بتونی متناسب با ترانسفورماتور.....	۱۴
جدول ۲- مشخصات فنی انواع تابلوهای توزیع کامپوزیت ترانس یکطرفه.....	۲۳
جدول ۳- لیست کالاهای پک پست هوایی یکپارچه ۱۰۰ کیلوولت آمپر.....	۲۵
جدول ۴- لیست کالاهای پک پست هوایی یکپارچه ۲۰۰ کیلوولت آمپر.....	۲۶
جدول ۵ نسبت جرم‌های مودی موثر در شکل مودهای مهم پست هوایی.....	۲۹
جدول ۶- پست هوایی 200KVA با فرض استقرار بر یک پایه میانی، ارزیابی معیار مقاومت در پایه (کنترل خمش).....	۳۱
جدول ۷- ارزیابی معیار مقاومت برشی در پست هوایی تک پایه 200KVA.....	۳۲
جدول ۸- پست هوایی مستقر بر یک پایه ۱۲/۸۰۰ کناری، ارزیابی معیار مقاومت در پایه (کنترل خمش).....	۳۴
جدول ۹- ارزیابی معیار مقاومت برشی در پست هوایی تک پایه 200kva (با فرض پایه کناری، روش مودال طیفی).....	۳۵
جدول ۱۰- چک لیست نظارت بر نصب پست هوایی یکپارچه.....	۳۶

پیشگفتار

هدف این دستورالعمل، استفاده از مزایای پست‌های هوایی یکپارچه (با یک کد کالا) و نقش آن در صرفه‌جویی هزینه‌ها، زمان اجرا و تامین ایمنی مردم است. قاعدتاً هر راهکاری مزایایی و معایبی دارد و هرگاه مزایای یک راهکار بر معایب آن راه کار بطور قابل قبولی غلبه کرد، آن راهکار عملیاتی می‌شود. موضوع نصب ترانسفورماتورهای هوایی هم که هنوز به شکل سنتی ادامه دارد، موضوعی است که باید در آن تجدید نظر شود. روشی که هم هزینه بر و زمان‌بر است و از همه مهمتر ضمن بالاتر بودن ریسک سرقت تجهیزات گران قیمت داخل تابلوهای توزیع، ایمنی مردم بعلت در دسترس بودن تجهیزات و تابلو برق به شدت به خطر می‌افتد.

اگر از دیدگاه کاهش تلفات به موضوع نگاه کنیم ترانسفورماتورهای هوایی یکپارچه با قدرت حداکثر ۲۰۰ کیلوولت آمپر با قابلیت نصب روی یک پایه، یکی از قطعات مهم پازل کاهش تلفات است زیرا در این دیدگاه اعتقاد بر این است که برای کاهش تلفات باید شعاع تغذیه فیدرها در تمام سطوح ولتاژ از جمله ولتاژ فشار ضعیف کاهش داده شود. ترانسفورماتورهای یکپارچه هوایی با قدرت کم آنچنان که در ادامه توضیح داده خواهد شد، چون بصورت یک بسته و یک کد کالا تعریف می‌شود و از قبل در انبار تمام قطعات آن مونتاژ شده و آماده حمل است، قابلیت نصب فوری و تامین برق شبکه ها و مشترکین در تمام نقاطی که شبکه ۲۰ کیلوولت اجرا شده را دارا می‌باشد، یعنی به محض تشخیص ضعف ولتاژ در یکی از محدوده های عملیاتی و یا تشخیص اضافه بار پست، بصورت فوری و در عرض چند ساعت، روی پایه ۲۰ کیلوولت مناسب موجود یک پست یکپارچه هوایی (این پست ها روی یک پایه ۲۰ کیلوولت نصب می‌شوند و نیازی به نصب پایه ۹ متری ندارد) نصب می‌شود و شبکه فشار ضعیف موجود برش خورده و در نتیجه هم شعاع تغذیه فشار ضعیف کم و هم بار پست مجاور تعدیل می‌شود و نهایتاً در کاهش تلفات نقش موثری دارد.

لذا با توجه به احساس ضرورت، معاونت هماهنگی توزیع شرکت توانیر اقدام به ابلاغ مأموریت ویژه به شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد برای تدوین دستورالعمل "اصلاح ساختار شبکه هوایی توزیع- جلد چهارم: الزامات نصب پست- های هوایی یکپارچه" نمود.

در این راستا شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد با همکاری و راهبری حوزه معاونت مهندسی شرکت توانیر، اقدام به تدوین دستورالعمل مذکور نموده و این دستورالعمل پس از تدوین و طرح در کمیته های تخصصی مدیریت پروژه و طراحی شبکه و بررسی و نهایی شدن در کمیته راهبری مهندسی شبکه ابلاغ می‌گردد.

۱- مقدمه

از گذشته تاکنون استفاده از ساختار پست‌های هوایی در شبکه‌های توزیع در مقابل پست‌های زمینی رایج بوده و از این ساختار به علت هزینه پایین‌تر و سرعت بالاتر در مکان‌هایی که تراکم بار مشترکین زیاد نبوده بصورت گسترده استفاده شده است.

گسترش تعداد پست‌های هوایی ظرفیت پایین به شکل پست هوایی یکپارچه می‌تواند مزایایی از جمله موارد بشرح زیر را به همراه داشته باشد :

- کاهش تلفات با کاهش طول فیدر شبکه های فشار ضعیف
- رفع مشکل عدم تعادل جریان که معمولاً ناشی از فیدرهای فشار ضعیف طولانی است.
- رفع مشکل افت ولتاژ در فیدرهای طولانی فشار ضعیف
- رفع مشکل پرباری در فیدرهای فشار ضعیف
- رفع مشکل پایین بودن جریان اتصال کوتاه و عدم امکان ایجاد حفاظت مناسب و سلکتیو در فیدرهای طولانی
- کاهش چشمگیر هزینه های احداث پست
- افزایش سرعت نصب و ایجاد پست
- کاهش دامنه خاموشی بر اثر بروز خطا و به تبع آن کاهش میزان انرژی توزیع نشده

۲- هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این دستورالعمل یکسان سازی طراحی، مشخصات فنی و اجرای پست هوایی یکپارچه در تمام شرکت‌های توزیع نیروی برق کشور می باشد.

۳- محدوده اجرا

محدوده اجرای این دستورالعمل معاونت هماهنگی توزیع و شرکت‌های توزیع نیروی برق کشور می‌باشد.

۴- مسئولیت نظارت و اجرا

مسئولیت اجرای مفاد این دستورالعمل به عهده مدیران عامل شرکت‌های توزیع نیروی برق بوده و نظارت عالیه بر حسن اجرای آن برعهده دفتر مهندسی و راهبری شبکه معاونت هماهنگی توزیع شرکت توانیر می‌باشد.

۵- تعاریف

۱-۵ پست هوایی

دستورالعمل اصلاح ساختار شبکه هوایی توزیع
جلد چهارم : دستورالعمل الزامات نصب پست‌های هوایی یکپارچه

پست‌های هوایی عبارتند از مجموعه‌ای از تجهیزات حفاظت، کلیدزنی، تبدیل سطح ولتاژ و توزیع انرژی الکتریکی که در هوای آزاد (محیط باز) و بر روی پایه نصب می‌شوند.

۲-۵ پست هوایی یکپارچه

در این ساختار ترانسفورماتور و تابلو توزیع روی سکوی نصب ترانسفورماتور (مخصوص پست هوایی یکپارچه) نصب شده و این مجموعه به همراه، کابل رابط ترانسفورماتور به تابلو توزیع، سکوی کات اوت و برقگیر و بقیه تجهیزات و یراق آلات مورد نیاز برای نصب پست به صورت یک پک کالا در محل انبار شرکت توزیع مونتاژ و آماده برای نصب، در محل انبار نگهداری می‌شوند.



شکل ۱- تصویر پست هوایی یکپارچه مونتاژ شده در انبار و نصب شده در شبکه

در زمان نیاز، این مجموعه به محل مورد نظر حمل و تکیه‌گاه مخصوص مونتاژ (استراکچر مونتاژ قرمز رنگ) از سکو باز و به سرعت ترانسفورماتور، سکوی متصل به آن و متعلقات مربوطه بر روی یک پایه نصب شده و مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند.

در این ساختار بر روی پایه‌های با قدرت موجود امکان نصب ترانسفورماتور از ۲۵ کیلوولت آمپر تا قدرت ۲۰۰ کیلوولت آمپر بصورت پست هوایی یکپارچه وجود دارد.

دستورالعمل اصلاح ساختار شبکه هوایی توزیع
جلد چهارم : دستورالعمل الزامات نصب پست‌های هوایی یکپارچه



شکل ۲- نحوه حمل پست هوایی یکپارچه مونتاژ شده از انبار به محل نصب

۶- محل‌های پیشنهادی برای نصب پست هوایی یکپارچه

- ۱-۶ احداث پست در مکان‌هایی که تک متقاضی بوده و درخواست تامین برق به صورت دیماندی را دارد (پست اختصاصی برای تامین برق مشترکین دیماندی).



شکل ۳- پست هوایی یکپارچه نصب شده

دستورالعمل اصلاح ساختار شبکه هوایی توزیع
جلد چهارم: دستورالعمل الزامات نصب پست‌های هوایی یکپارچه

۶-۲- احداث پست در مکان‌هایی که متقاضی یا متقاضیان به صورت مجتمع یا بلوک‌های مسکونی و تجاری بوده و امکان واگذاری انشعاب به متقاضیان بدون احداث شبکه فشار ضعیف یا با حداقل احداث شبکه فشار ضعیف وجود داشته باشد.



شکل ۴- تصاویر نمونه از محل نصب پست هوایی یکپارچه

۶-۳- احداث پست جهت رفع مشکلات بهره‌برداری از جمله افت ولتاژ شبکه، تقویت بار شبکه موجود و تامین برق در شرایط اضطراری...



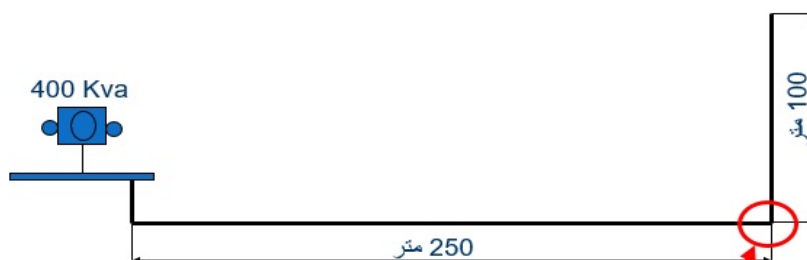
شکل ۵- تصاویر پست هوایی یکپارچه نصب شده در شبکه

۷- کارکرد پست هوایی یکپارچه

کاهش طول فیدر فشار ضعیف یا حذف آن و استفاده از ترانسفورماتورهای ظرفیت پایین یکی از راهکارهای مهم در کاهش تلفات شبکه فشار ضعیف و رفع مشکلات بهره‌برداری می‌باشد که بطور مثال می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

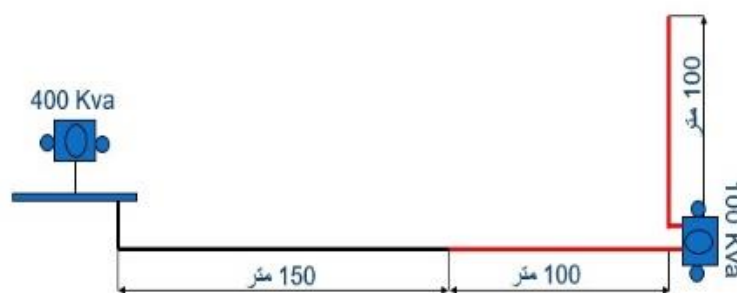
مثال ۱- کاهش طول فیدر فشار ضعیف و رفع افت ولتاژ

دستورالعمل اصلاح ساختار شبکه هوایی توزیع
جلد چهارم : دستورالعمل الزامات نصب پست‌های هوایی یکپارچه



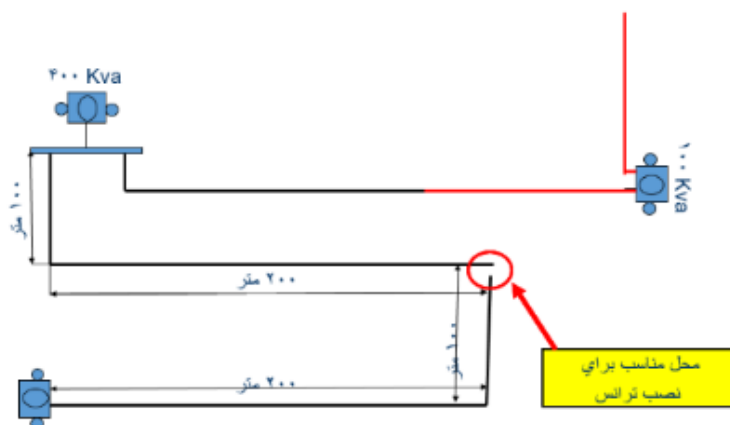
محل مناسب برای برش خط و نصب ترانسفورماتور جدید

شکل ۶- برش فیدر فشار ضعیف با طول زیاد در محل مناسب



شکل ۷- نصب پست هوایی یکپارچه بر روی پایه موجود و کاهش طول فیدر فشار ضعیف

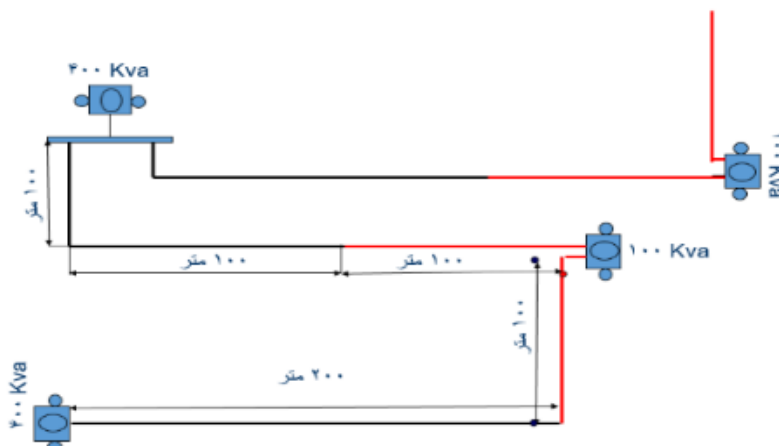
مثال ۲- کاهش طول فیدر فشار ضعیف و کم کردن بار ترانسفورماتورهای موجود



محل مناسب برای
نصب ترانس

شکل ۸- تعیین محل مناسب برای احداث پست هوایی یکپارچه و برش فیدر فشار ضعیف

دستورالعمل اصلاح ساختار شبکه هوایی توزیع
جلد چهارم: دستورالعمل الزامات نصب پست‌های هوایی یکپارچه



شکل ۹- نصب پست هوایی یکپارچه بر روی پایه موجود و کاهش طول فیدر فشار ضعیف
از دو پست مجاور و کم کردن بار فیدر و ترانسفورماتورهای موجود

مثال ۳- کاهش طول شبکه فشار ضعیف در پروژه‌های تامین برق ساخت و سازهای جدید شهری

با توجه به اینکه سهم عمده‌ای از تلفات در شبکه‌های توزیع مربوط به بخش شبکه فشار ضعیف می‌باشد از طرفی احداث شبکه فشار ضعیف برای تامین برق متقاضیان جدید پروسه طولانی و زمان‌بر می‌باشد در تامین برق ساخت و سازهای جدید خصوصا در نقاط با تراکم بار بالا (مجموع‌های مسکونی چند طبقه) با نصب پست‌های هوایی یکپارچه کم ظرفیت و اتصال مستقیم تابلو کنتور متقاضیان به تابلو توزیع و حذف و یا کاهش طول شبکه‌های فشار ضعیف می‌توان تلفات را کاهش داد.



شکل ۱۰- تصویر پست هوایی یکپارچه نصب شده در شبکه

۸- ساختار پست هوایی یکپارچه

هر پست هوایی یکپارچه از سه بخش اصلی بشرح زیر تشکیل شده است که مخصوص این نوع از پست طراحی شده است:

۱- سکوی نصب ترانسفورماتور

۲- سکوی نصب کات اوت و برقگیر

۳- تابلو توزیع برق

۸-۱- سکوی نصب ترانسفورماتور

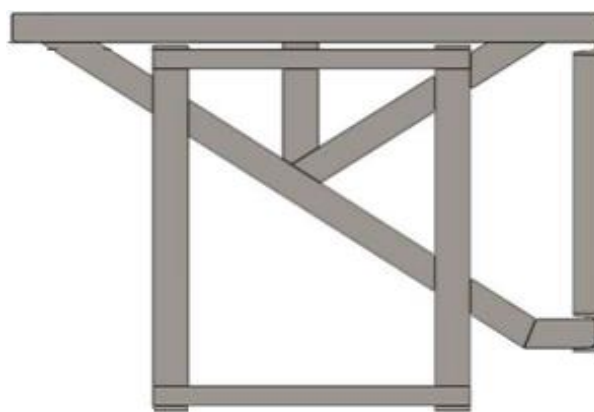
برای نصب ترانسفورماتور در پست‌های هوایی یکپارچه روی یک پایه، نیاز به سکوی مخصوص می‌باشد. لذا بر این اساس و با توجه به مزیت‌های نصب تابلو توزیع در ارتفاع، سکوی مخصوص طراحی و مورد بهره‌برداری قرار گرفت. طبق مشخصات فنی ارائه شده سکوی‌های ترانسفورماتور در پست‌های هوایی یکپارچه سه مدل می‌باشند:

۱- مدل A (بدون قابلیت نصب تابلو)



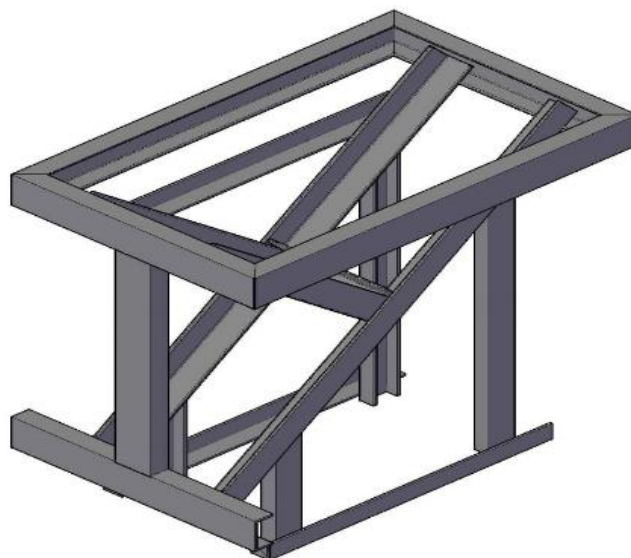
شکل ۱۱- سکوی نصب ترانسفورماتور مدل A (بدون قابلیت نصب تابلو)

۲- مدل A' (با قابلیت نصب تابلو)



شکل ۱۲- سکوی نصب ترانسفورماتور مدل A' (با قابلیت نصب تابلو)

۳- مدل B (مدل دوم با قابلیت نصب تابلو)



شکل ۱۳- سکوی نصب ترانسفورماتور مدل B (با قابلیت نصب تابلو)



شکل ۱۴- نمونه تصاویر مربوط به سکوی ترانسفورماتور

۲-۸- سکوی نصب کات‌اوت و برقگیر

در این طرح با توجه به فاصله گرفتن ترانسفورماتور از پایه و برای ارتباط بهتر رابط جمپر کات اوت به سر بوشینگ‌های فشار متوسط ترانسفورماتور و همچنین راحتی قطع و وصل کات اوت‌ها، سکوی نصب کات اوت و برقگیر

به گونه‌ای طراحی شده است که در حدود ۵۰ سانتیمتر کات اوت و برقگیر نصب شده از پایه فاصله بگیرند و ضمن رعایت موارد مذکور مشکل قرار گرفتن تجهیزات در حریم نیز تا حدود زیادی مرتفع گردد.



شکل ۱۶- نمونه سکوی کات اوت برقگیر



شکل ۱۵- شماتیک سکوی کات اوت برقگیر

طبق مشخصات فنی ارائه شده سکوی‌های کات اوت و برقگیر در پست‌های هوایی یکپارچه سه مدل می‌باشند:

- ۱- مدل A (فاصله افقی نبشی بلند از پایه ۵۰ cm ، طول نبشی بلند ۱۵۰ cm با اتصال جوشی)
- ۲- مدل B (فاصله افقی نبشی بلند از پایه ۵۰ cm ، طول نبشی بلند ۲۰۰ cm با اتصال پیچی)
- ۳- مدل C (فاصله افقی نبشی بلند از پایه ۶۵ cm ، طول نبشی بلند ۱۵۰ cm با اتصال جوشی)



شکل ۱۷- مدل‌های سکوی کات اوت و برقگیر در پست‌های هوایی یکپارچه

۳-۸- تابلو توزیع پست هوایی یکپارچه

دستورالعمل اصلاح ساختار شبکه هوایی توزیع
جلد چهارم : دستورالعمل الزامات نصب پست های هوایی یکپارچه

در طراحی تابلو پست هوایی یکپارچه چند موضوع مهم شامل سادگی تابلو، هزینه پایین، کارایی بالا و ایمنی مدنظر بوده است؛ لذا در این تابلوها کلید اتوماتیک ورودی حذف و تابلو شامل دو کلید خروجی برای حفاظت فیدرها و سیستم روشنایی معابر می باشد.

مشخصات فنی تابلوی توزیع پست های هوایی یکپارچه بطور کلی در بخش هایی به شرح زیر بیان می گردد:

الف : مشخصات فریم تابلو

ب : مشخصات تجهیزات حفاظتی

ج : مشخصات تجهیزات اندازه گیری

۸-۳-۱- مشخصات فریم تابلو

۱- فریم تابلو می تواند از ورق فلزی با پوششی از رنگ کوره ای باشد. در این حالت ابعاد تابلو پیشنهادی تقریباً برابر $75 \times 55 \times 22$ سانتیمتر (عمق $\times$ عرض $\times$ طول) است. در صورت ضرورت می توان ابعاد تابلو را با در نظر گرفتن امکان نصب زیر سکو تغییر داد.

۲- فریم تابلو می تواند از جنس کامپوزیت الباف دار با پوششی از رنگ پلی اروتان باشد. در این حالت ابعاد تابلو تقریباً برابر $75 \times 55 \times 22$ سانتیمتر (عمق $\times$ عرض $\times$ طول) بوده و قابل تغییر نیست.



شکل ۱۸- نمونه فریم کامپوزیت تابلو توزیع پست هوایی یکپارچه

۸-۳-۲- مشخصات تجهیزات حفاظتی و کنترلی

در طراحی این تابلو سعی شده است حداقل های مورد نیاز در نظر گرفته شود:

- ۱- یک یا دو دستگاه کلید اتومات ۱۰۰، ۱۶۰ یا ۲۵۰ آمپر سه فاز متناسب با قدرت ترانسفورماتور در خروجی تابلو
- ۲- دو یا سه عدد کلید مینیاتوری ۳۲ آمپر به عنوان خروجی‌های معابر



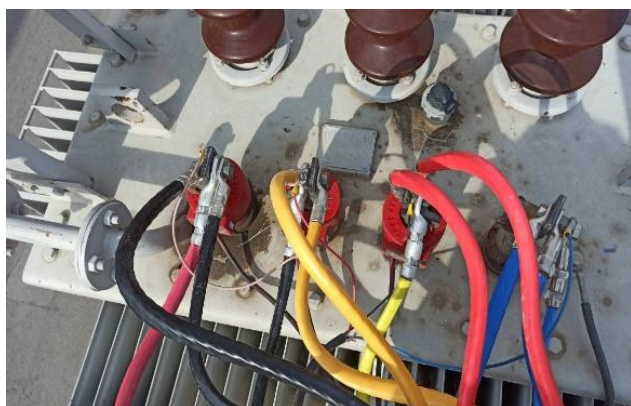
شکل ۱۹- انواع تابلوهای توزیع پست هوایی یکپارچه

۸-۳-۳- مشخصات تجهیزات اندازه‌گیری

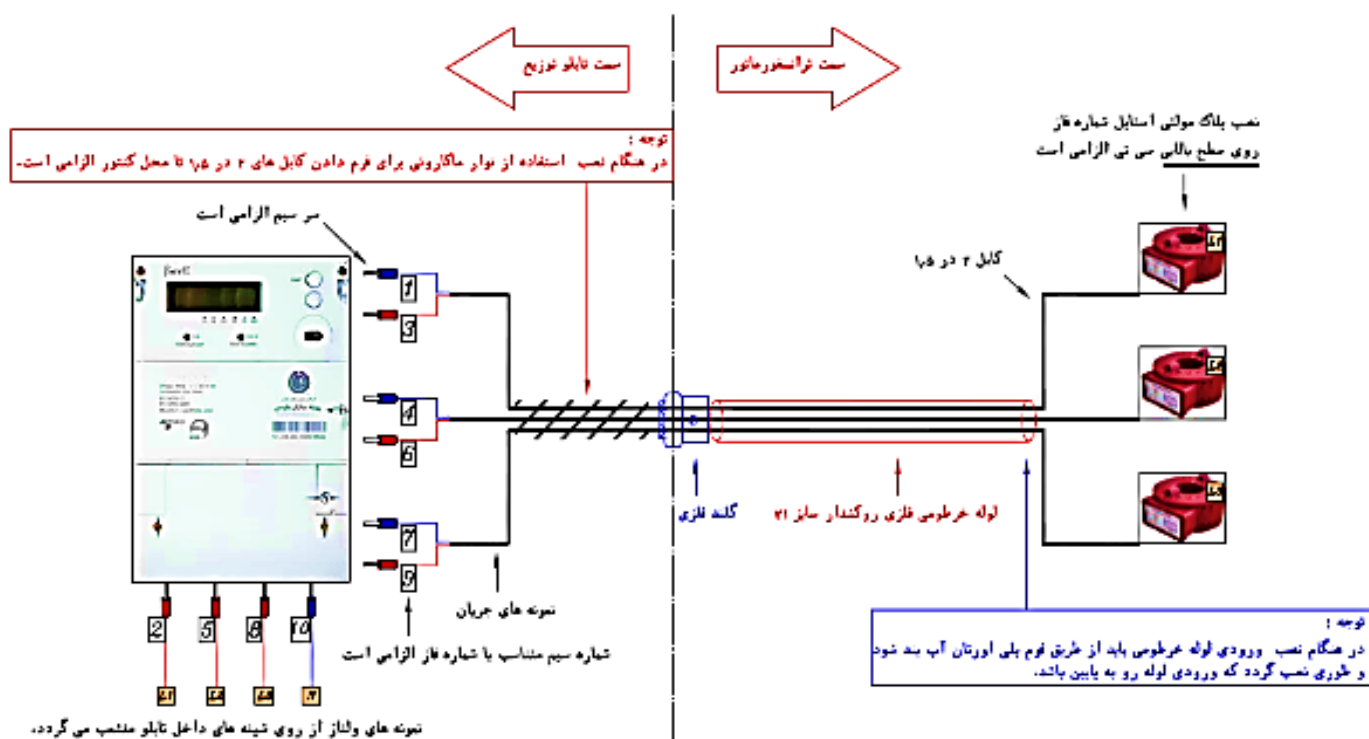
- ۱- کنتور سه فاز مرجع ترانسفورماتور (کنتور سه فاز غیر مستقیم هوشمند AMI)
 - ۲- کنتور روشنایی معابر (کنتور سه فاز مستقیم هوشمند AMI در تابلوهای 2×100 و 2×160 کنتور تک فاز هوشمند AMI در تابلوهای 1×100 ، 1×160 و 1×250)
- نکته: لیبل‌گذاری روی کنتورها با عنوان "کنتور مرجع هوشمند" و "کنتور روشنایی هوشمند" الزامی است.
- ۴- استفاده از تابلو به همراه یک ست (سه عدد) ترانس جریان بوشینگ (Bushing-type CT) با متعلقات ذیل:
 - لوله خرطومی سایز ۲۱ به طول ۳/۵ متر
 - کابل ۲ در ۱/۵ خروجی از هر CT به طول حداقل ۴ متر دارای سر سیم و شماره سیم بر اساس شماره‌های ترمینال‌های جریانی کنتور غیر مستقیم با فرمت زیر:
 - شماره‌های ۱ و ۳: مربوط به فاز R یا L_1
 - شماره‌های ۴ و ۶: مربوط به فاز S یا L_2
 - شماره‌های ۷ و ۹: مربوط به فاز T یا L_3
 - بر روی هر یک از ترانس جریان‌های بوشینگ، پلاک فاز مربوطه از جنس مولتی استایل (R - S - T یا $L_1 - L_2 - L_3$) بر اساس شماره سیم‌های سمت کنتور، روی ضلع بالایی CT نصب گردد (سمت P2).

دستورالعمل اصلاح ساختار شبکه هوایی توزیع

جلد چهارم: دستورالعمل الزامات نصب پست‌های هوایی یکپارچه



شکل ۲۰- نمونه نصب ترانسفورماتور اندازه‌گیری جریان پوشینگی روی ترانسفورماتور در پست هوایی یکپارچه



شکل ۲۱- شماتیک نحوه اتصال ترانسفورماتور اندازه‌گیری جریان پوشینگی به کنتور

۹- قدرت پایه های مورد نیاز برای نصب

بر اساس محاسبات سازه‌ای انجام شده در شرایط خاص زلزله بر طبق جدول زیر می‌توان پست‌های هوایی یکپارچه با متعلقات مربوطه را روی پایه‌های مورد استفاده در شبکه با قدرت‌های مشخص شده احداث نمود.

دستورالعمل اصلاح ساختار شبکه هوایی توزیع
جلد چهارم : دستورالعمل الزامات نصب پست‌های هوایی یکپارچه

جدول ۱- پایه های بتونی متناسب با ترانسفورماتور

قدرت ترانسفورماتور	قدرت پایه
۲۵ kVA	۱۲/۴۰۰
۵۰ kVA	۱۲/۴۰۰
۱۰۰ kVA	۱۲/۴۰۰
۱۶۰ kVA	۱۲/۸۰۰
۲۰۰ kVA	۱۲/۸۰۰

نکات مهم :

- ۱- پست هوایی یکپارچه یک پک کالایی بوده و یکپارچه بودن آن در مراحل مونتاژ (استفاده از سکوی مونتاژ)، تحویل کالا و نصب باید رعایت شود.
- ۲- نصب پست فقط در سمت نیروگیر پایه مجاز می‌باشد.
- ۳- نصب برقگیر برای پست یکپارچه هوایی در محدوده شهری و در نزدیکی پست‌های هوایی موجود ضرورتی ندارد و پیشنهاد می‌گردد بر اساس محاسبات، برقگیر از پست‌های غیر ضروری حذف شود.
- ۴- در مواردی که بر حسب محاسبات و توسعه پیش بینی آینده (۳ سال آینده) نیاز به تقویت یا تعویض ترانسفورماتور باشد با مجوز می‌توان پست را به صورت دو پایه نصب نمود.
- ۵ - با توجه به اینکه قرار است این کالا به صورت یک پک کالایی تحویل گردد باید سیستم مدیریت کالا و پشتیبانی شرکت توزیع این قابلیت را داشته یا در خود ایجاد نماید که چند کد کالای مختلف را با هم تجمیع و تبدیل به یک کد کالا با عنوان کالای مونتاژ شده نماید. بطور مثال کلیه کالاهای پست هوایی یکپارچه ۲۰۰ کیلوولت آمپر که مطابق جدول شماره ۴ در حدود ۲۸ ردیف کالا می‌باشد طی فرایند مونتاژ کالا به صورت فیزیکی در محل انبار شرکت توزیع مونتاژ و آماده می‌گردد و به صورت سیستمی نیز تبدیل به یک کد کالا می‌گردد.
- ۶- در موارد برگشت کالا نیز کالا می‌تواند به صورت جداگانه به انبار شرکت توزیع برگشت داده شود و نیاز نیست که پک کالا برگشت داده شود.

۱۰- نحوه مونتاژ پست هوایی یکپارچه در داخل انبار

از مزیت های قابل توجه پست‌های هوایی یکپارچه تعریف شدن کل اجزاء پست از ترانسفورماتور تا پیچ‌های نصب به عنوان یک کد کالا در سیستم انبارش شرکت توزیع و تعریف پک کالای پست هوایی یکپارچه می‌باشد. برای تحقق این مهم تکیه‌گاه مخصوصی (استراکچر) برای ایجاد قابلیت مونتاژ پست در محل انبار طراحی و ساخته شده و با کمک همکاران حاضر در مجموعه انبار مونتاژ پست‌های هوایی یکپارچه تا ۲۰۰ کیلوولت آمپری انجام و پک‌های مذکور آماده تحویل به مجریان برای نصب در شبکه می‌گردد.

دستورالعمل اصلاح ساختار شبکه هوایی توزیع
جلد چهارم : دستورالعمل الزامات نصب پست‌های هوایی یکپارچه



شکل ۲۲- سکوی مونتاژ اولیه طراحی شده برای آماده سازی پست هوایی یکپارچه در محل انبار



شکل ۲۳ نمونه پست های هوایی یکپارچه مونتاژ شده و آماده برای نصب در انبار (نمونه اول)



شکل ۲۴ نمونه پست های هوایی یکپارچه مونتاژ شده و آماده برای نصب در انبار (نمونه دوم)

پیوست ها

پیوست ۱- مشخصات فنی تابلو با کلید فیوز گردان در خروجی

نکته: این مشخصات فنی مربوط به پست‌های یکپارچه هوایی در شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد بوده و جهت راهنمایی به شرکت‌های توزیع برای ساخت تابلو توزیع پست هوایی یکپارچه در این قسمت آورده شده است.

تابلو توزیع کامپوزیتی ترانسفورماتور یکطرفه با ترانس جریان بوشینگ

- مشخصات فنی تابلوهای توزیع بطور کلی در بخشهایی به شرح زیر بیان می‌گردد:

۱- مشخصات فریم تابلو

۲- مشخصات تجهیزات حفاظتی تابلو

۳- مشخصات تجهیزات اندازه‌گیری و کنترل

۴- مشخصات سیستم مدار روشنایی معابر

۵- مشخصات کابلها و شینه‌های ارتباطی

۱- مشخصات فریم تابلو

۱-۱ فریم تابلو از جنس مواد پلیمری (SMC - کامپوزیت) دارای پوشش رنگ پلی اورتان با کد رنگ RAL7032 و با ضخامت ۸۰ میکرون می‌باشد. جنس بدنه بایستی در برابر اشعه نور خورشید مقاوم بوده و خواص شیمیایی خود را به مرور زمان از دست ندهد. (ANTI UV)

۲-۱ ابعاد بیرونی تابلو (۵۵×۷۵×۲۰ سانتیمتر) می‌باشد. جانمایی پیشنهادی تابلو در ادامه آمده است. (ارائه تابلو با ابعاد دیگر در صورتیکه امکان نصب تجهیزات داخلی تابلو با حفظ فواصل مناسب و استاندارد میسر گردد بلامانع است).
۳-۱ تعداد دو عدد قفل بوکسی زیرمینی روی درب نصب شود. حداقل روی یکی از قفل‌ها زبانه جهت نصب قفل استوانه‌ای/ آویز قرار گیرد. یک عدد قفل استوانه‌ای به همراه تابلو تحویل گردد.

۴-۱ لولاهای مورد استفاده از نوع فلزی با روکش گالوانیزه باشند.

۵-۱ درب تابلو باید الزاما به سمت بالا باز شده و دارای یک استپر از جنس فولاد گالوانیزه در سمت راست باشد.

۶-۱ مشخصات گلندها:

- در محل ورود کابل به تابلو، یک عدد گلند پلاستیکی متناسب با قطر کابل و طبق جدول پیوست نصب شود.
- در محل خروج کابل‌ها از تابلو (دقیقا زیر کلید فیوزهای خروجی)، دو عدد گلند پلاستیکی PG48 برای کابل خودنگهدار ۳۵+۳۵+۷۰×۴ نصب شود. (این گلند برای سهولت اجرا یک سایز بزرگتر انتخاب شده است)

- در محل ورود کابل روشنایی معابر (دقیقا زیر مینیاتوری های معابر)، دو عدد گلند پلاستیکی PG29 متناسب با قطر کابل نصب شود.
- در محل ورود لوله خرطومی CT های بوشینگ (مطابق نقشه)، یک عدد گلند فلزی سایز ۲۱ نصب می گردد.
- ۷-۱ بر روی درب علائم هشدار دهنده و تلفن اتفاقات بصورت پلاک فلزی (استیل یا آلومینیومی) نصب گردد.
- ۸-۱ داخل درب سمت راست (قسمت وسط) جاکارتی متناسب با برکه A5 نصب شود.
- ۹-۱ در قسمت بالای درب سمت راست پلاک مشخصات تابلو به ابعاد ۱۰×۵ سانتیمتر با پرچ نصب شود. بر روی پلاک، نام و لوگو شرکت سازنده، نام و لوگو شرکت توزیع برق مشهد، عنوان تابلو، تاریخ تولید و مدت زمان گارانتی تابلو قید شود.
- ۱۰-۱ جهت جلوگیری از وارد شدن صدمه به بدنه تابلو در هنگام حمل و نقل و نگهداری در انبار، از کاور برزنتی قابل بازیافت یا پلاستیک حباب دار برای بسته بندی تابلو استفاده گردد.
- ۱۱-۱ کلیه تجهیزات داخلی تابلو بر روی سینی از ورق گالوانیزه به ضخامت ۱/۵ میلیمتر نصب گردد. پیچ‌های اتصال دهنده سینی به بدنه باید به نحوی جانمایی شوند که امکان باز کردن آنها و بیرون آوردن سینی بدون مزاحمت سایر لوازم داخل تابلو، فراهم باشد. (پیچ ها باید کاملا در دسترس باشند)
- ۱۲-۱ ۴ عدد هواکش کرکرای روی دیواره‌های جانبی در بالا و پایین (در هر سمت دو دریچه تهویه) ایجاد شود. قطر سوراخ دریچه ها ۶۰ میلیمتر می باشد که از سمت داخل دارای فیلتر و از سمت بیرون دارای دریچه شیاردار می باشند.
- ۱۳-۱ جهت استقرار تابلو روی سکوی ترانس یکطرفه بصورت کشویی، ریل مناسب مطابق دیتیل پیوست تهیه و بر روی تابلو نصب و تحویل گردد.
- ۱۴-۱ ۱۴ کنتور سه فاز روشنایی معابر، کنتور سه فاز مرجع ترانسفورماتور و سایر تجهیزات جانبی، روی یک صفحه PVC با ضخامت ۶ میلیمتر با فاصله مناسب از کف تابلو به نحوی قرار می گیرند که کابل رابط شینه به کلید فیوزها، از زیر آن عبور داده شود.
- ۱۵-۱ به منظور عدم برخورد اتفاقی دست با نقاط برق‌دار، طلق شفاف با ضخامت ۴ میلیمتر روی شینه ها و نقاط برق‌دار نصب گردد.

۲- مشخصات تجهیزات حفاظتی تابلو

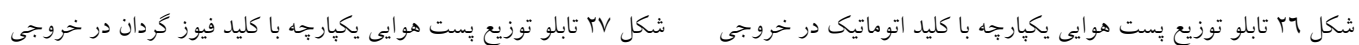
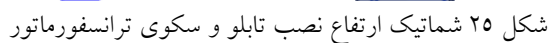
- ۱-۲ ورودی تابلو فاقد تجهیز حفاظتی بوده و در خروجی تابلو کلید فیوز گردان قابل قطع زیر بار با آمپراژ مطابق با جدول پیوست نصب می گردد.

- ۲-۲ فاصله مفید زیر کلید فیوز تا گلند خروجی تابلو بین ۲۵ تا ۳۰ سانتیمتر تامین گردد.
- ۳-۲ به منظور تسهیل در تعویض هر یک از کلید فیوزهای خروجی، باید آنها را بصورت پیچ و مهره ای و از طریق "مهره کاشته شده" در سینی فلزی کف تابلو بصورت استاندارد نصب نمود.
- ۴-۲ به منظور تسهیل آچار کشی کلید فیوز، فاصله ی بالای کلید فیوز تا صفحه نصب کنتورها، بایستی به میزان ۶ تا ۸ سانتیمتر رعایت گردد.
- ۵-۲ از آنجایی که در صورت نصب دستگیره قطع و وصل بر روی کلید فیوز های گردان، درب تابلو بطور کامل بسته نمی شود، دستگیره های مذکور باید بر روی دیواره سمت راست تابلو و بر روی پایه مخصوص کشویی قرار گیرند. (تعداد دستگیره های تحویلی باید برابر با تعداد کلید فیوزها باشد)
- ۶-۲ نحوه نصب سکوی ترانسفورماتور و تابلو توزیع مربوط به آن در تصاویر ۲۰ تا ۲۲ آورده شده است.
- ۳- مشخصات تجهیزات اندازه گیری و کنترل
- ۱-۳ کنتور سه فاز مرجع ترانسفورماتور (کنتور سه فاز غیر مستقیم هوشمند AMI)
- ۲-۳ کنتور روشنایی معابر (کنتور سه فاز مستقیم هوشمند AMI در تابلوهای ۱۰۰×۲ و ۱۶۰×۲ - کنتور تک فاز هوشمند AMI در تابلوهای ۱۰۰×۱ و ۱۶۰×۱ و ۲۵۰×۱)
- ۳-۳ برچسب گذاری روی کنتورها با عنوان "کنتور مرجع هوشمند" و "کنتور روشنایی هوشمند" الزامی است.
- ۴-۳ تابلو به همراه یک ست (سه عدد) ترانس جریان بوشینگ (Bushing-type CT) به همراه متعلقات آن تحویل می گردد.

متعلقات شامل :

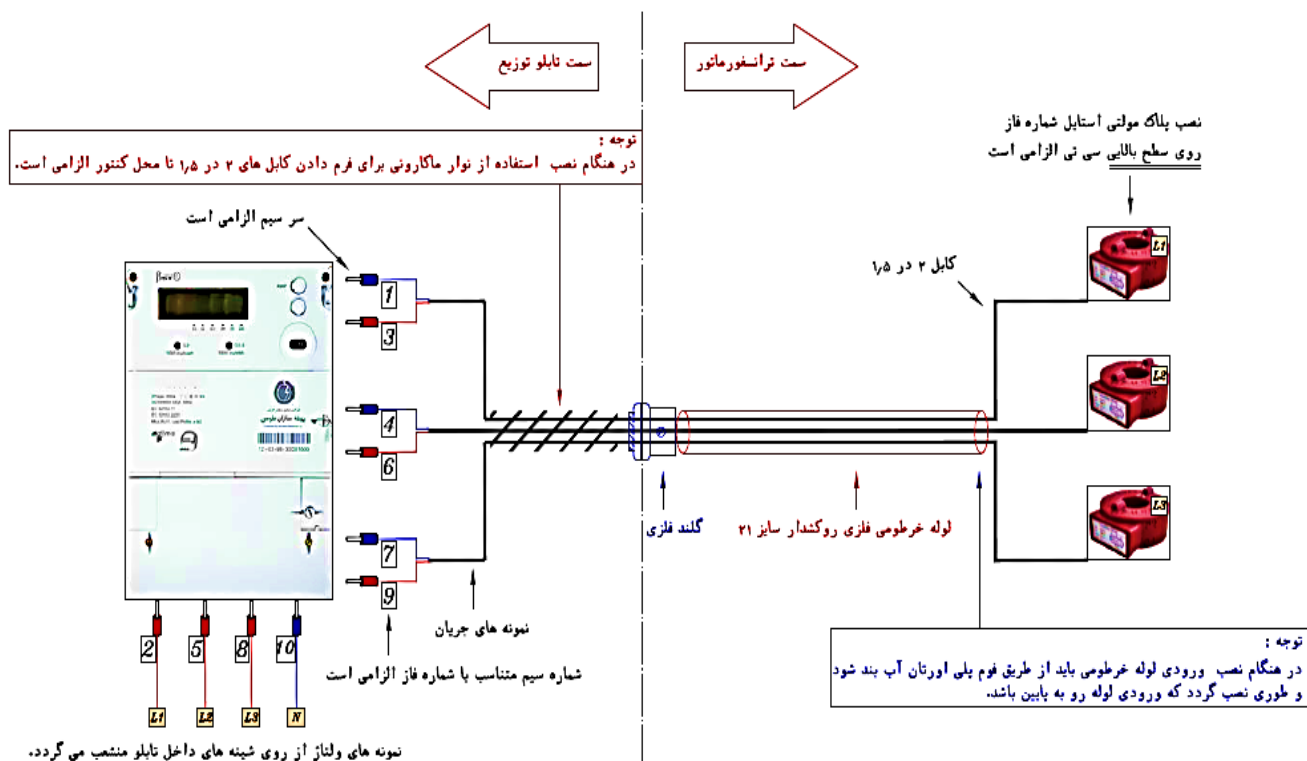
- لوله خرطومی سایز ۲۱ به طول ۳/۵ متر
- کابل ۲ در ۱/۵ خروجی از هر CT به طول حداقل ۴ متر دارای سر سیم و شماره سیم بر اساس شماره های ترمینال های جریانی کنتور غیر مستقیم با فرمت زیر :
- شماره های ۱ و ۳ : مربوط به فاز R یا L1
- شماره های ۴ و ۶ : مربوط به فاز S یا L2
- شماره های ۷ و ۹ : مربوط به فاز T یا L3
- بر روی هر یک از ترانس جریان های بوشینگ، پلاک فاز مربوطه از جنس مولتی استایل (R - S - T یا L1 - L2 - L3) بر اساس شماره سیم های سمت کنتور، روی ضلع بالایی CT نصب گردد (سمت P2).

دستورالعمل اصلاح ساختار شبکه هوایی توزیع



دستورالعمل اصلاح ساختار شبکه هوایی توزیع

جلد چهارم: دستورالعمل الزامات نصب پست‌های هوایی یکپارچه



۳

شکل ۲۸ تجهیزات اندازه‌گیری و کنترل تابلو

۴- مشخصات سیستم مدار روشنایی معابر

سیستم روشنایی معابر متشکل از قطعات زیر است:

۴-۱ کنتور روشنایی معابر (کنتور سه فاز مستقیم هوشمند AMI در تابلوهای 2×100 و 2×160 کنتور تک فاز هوشمند

AMI در تابلوهای 1×100 و 1×160 و 1×250)

۴-۲ کلید ایزولاتور 40 آمپر جهت نصب قبل از کنتور روشنایی معابر (ایزولاتور سه پل برای کنتور سه فاز و ایزولاتور

تک پل برای کنتور تک فاز)

۴-۳ کلید مینیاتوری 32 آمپر تکفاز تیپ C با قدرت قطع 6 kA با تعداد ذکر شده در جدول پیوست. (خروجی مدار

روشنایی معابر)

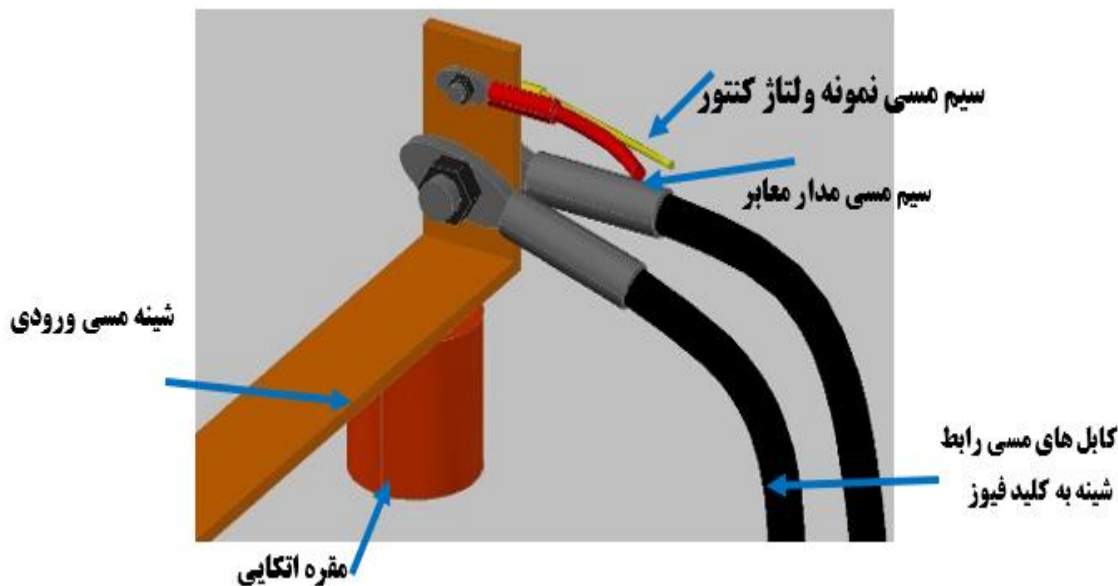
۵- مشخصات کابل ها و شینه‌های ارتباطی

۵-۱ سیم ها باید دارای سرسیم و نشانه‌گذاری مناسب باشند.

۵-۲ شینه های ورودی به صورت پلکانی و زیر هم اجرا می شوند به نحوی که تمامی پیچ های متصل به آن قابل

دسترس باشند.

۳-۵ با هدف دسترسی به هر دو طرف شینه (در محل اتصال کابلشو) برای آچار کشی راحت تر، انتهای تمام شینه ها باید با یک خم ۹۰ درجه به سمت بالا خم کاری شود و سوراخ کابلشوها بر روی این قسمت ایجاد گردد.



شکل ۲۹ تصویر شینه تابلو در محل اتصال کابلشوها

۴-۵ استفاده از طلق شفاف L شکل بر روی شینه های ورودی الزامی است.

۵-۵ ارتباط بین شینه ورودی و کلید فیوز های خروجی مطابق با جدول پیوست و ارتباط شینه با کنتور معابر با سیم مسی افشان روکش دار نمره ۱۶ برقرار می گردد.

۶-۵ ارتباط بین کنتور معابر و فیوزهای مینیاتوری با سیم مسی افشان روکش دار نمره ۱۰ انجام گیرد.

۷-۵ شینه های مسی ورودی و خروجی پوشیده شده با ترموفیت حرارتی با سه رنگ مختلف بوده و علاوه بر یکسان بودن رنگ فاز های ورودی و خروجی، لیل گذاری (L1, L2, L3) نیز برای فازهای ورودی و خروجی مطابق با چیدمان پیوست انجام شود.

۸-۵ ترتیب نام گذاری و ارتباط الکتریکی شینه ها باید طوری باشد که همواره شینه های کنار هم (در دو مدار مختلف)، هم فاز باشند.

۹-۵ شینه نول ورودی/ خروجی با ابعاد ۲۵×۵ میلیمتر و حداقل طول ۳۰۰ میلیمتر توسط دو مقره شیار دار بصورت تیغه ای در کف تابلو نصب می گردد.

۱۰-۵ کلیه سیم کشی های داخلی تابلو می بایست داخل نوار ماکارونی پیچی قرار گیرند.

دستورالعمل اصلاح ساختار شبکه هوایی توزیع
جلد چهارم : دستورالعمل الزامات نصب پست‌های هوایی یکپارچه

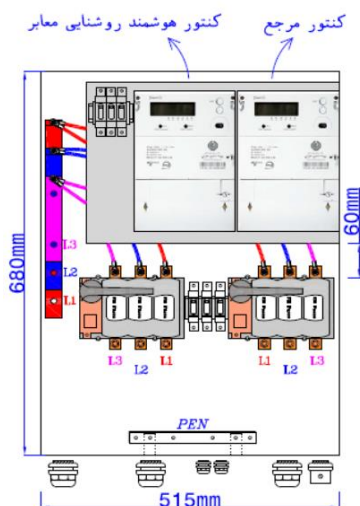
در ادامه جدول مشخصات فنی الکتریکی تابلو توزیع به همراه تصاویری از ابعاد، جانمایی و نقشه الکتریکی تابلو توزیع پست هوایی یکپارچه آورده شده است.

جدول ۲- مشخصات فنی انواع تابلوهای توزیع کامپوزیت ترانس یکطرفه

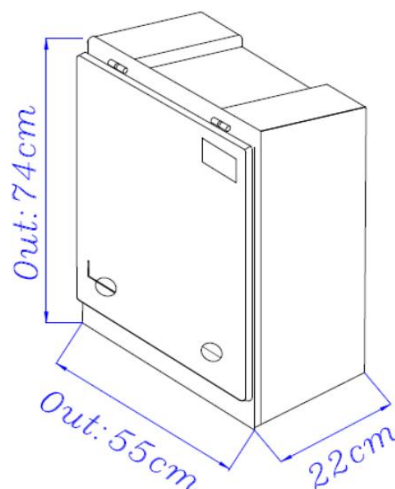
عنوان تابلو	مقطع شینه مسی [میلیمتر]	ارتباط شینه ورودی با کلید خروجی [سانتیمتر]	قدرت ترانس (kva)	ترانس جریان بوشینگ [آمپر]	فیدرهای خروجی [کلید فیوز گردان قابل قطع زیر بار]		خروجی های معابر [فیوز مینیاتوری ۳۲ آمپر تکفاز]		کابل و گلند ورودی	کابل و گلند خروجی
					تعداد و آمپراژ	نوع و آمپراژ فیوز	تعداد	آمپراژ		
تابلو ۱×۱۰۰ آمپر	۲۰×۵	کابل مسی ۱×۵۰	۵۰	۱۰۰/۵	۱×۱۶۰A	100A NH00/NH0	۱	۳۲A	۴×۵۰ مسی ۴×۹۵ آلومینیوم 1 × PG 36	۴×۷۰+۳۵+۲۵ 1 × PG 48 1 × PG 29 معابر
تابلو ۱×۱۶۰ آمپر	۲۰×۵	کابل مسی ۱×۵۰	۱۰۰	۱۵۰/۵	۱×۱۶۰A	160A NH00/NH0	۱	۳۲A	۴×۷۰ مسی 1 × PG 42	۴×۷۰+۳۵+۲۵ 1 × PG 48 1 × PG 29 معابر
تابلو ۱×۲۵۰ آمپر	۲۵×۵	شینه مسی ۲۰×۵	۲۰۰	۳۰۰/۵	1×250A	250A NH01	۱	۳۲A	۴×۹۵ مسی 1 × PG 48	۴×۷۰+۳۵+۲۵ 1 × PG 48 1 × PG 29 معابر
تابلو ۲×۱۰۰ آمپر	۲۰×۵	کابل مسی ۱×۵۰	۱۰۰	۲۰۰/۵	2×160A	100A NH00/NH0	۳	۳۲A	۴×۷۰ مسی 1 × PG 42	۴×۷۰+۳۵+۲۵ 2 × PG 48 2 × PG 29 معابر
تابلو ۲×۱۶۰ آمپر	۳۰×۵	کابل مسی ۱×۵۰	۲۰۰	۳۰۰/۵	2×160A	160A NH00/NH0	۳	۳۲A	۴×۹۵ مسی 1 × PG 48	۴×۷۰+۳۵+۲۵ 2 × PG 48 2 × PG 29 معابر

توجه :- کلیه تابلوها دارای یک عدد گلند PG21 فلزی در سمت راست می باشند (جهت اتصال لوله خرطومی CT بوشینگ)

ابعاد سینی تابلو و چیدمان پیشنهادی

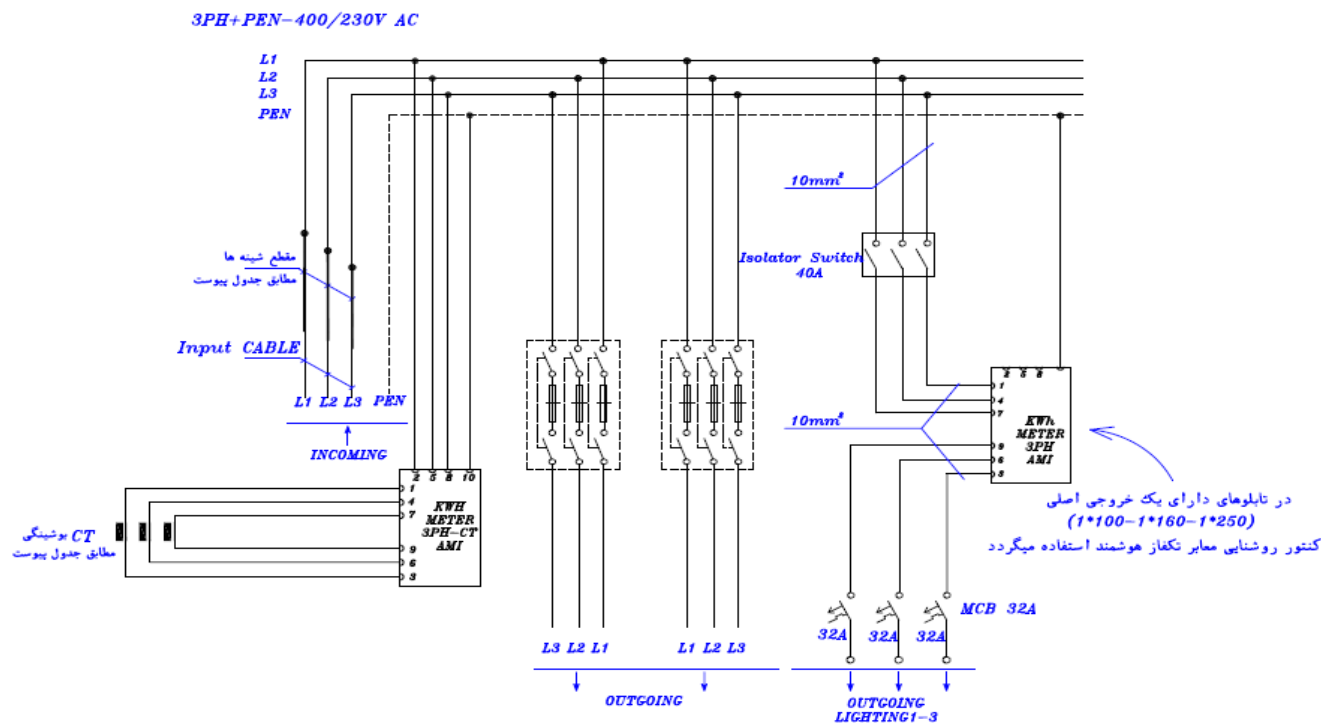


ابعاد بیرونی تابلو



شکل ۳۰ جانمایی و ابعاد تابلو توزیع پست هوایی یکپارچه

دستورالعمل اصلاح ساختار شبکه هوایی توزیع
جلد چهارم : دستورالعمل الزامات نصب پست‌های هوایی یکپارچه



شکل ۳۱ نقشه الکتریکی تابلو توزیع پست هوایی یکپارچه

دستورالعمل اصلاح ساختار شبکه هوایی توزیع
جلد چهارم : دستورالعمل الزامات نصب پست‌های هوایی یکپارچه

پیوست ۲- لیست کالاهای یک پست هوایی یکپارچه

پست هوایی یکپارچه یک یک کالایی بوده و یکپارچه بودن آن در مراحل مونتاژ، تحویل کالا و نصب باید رعایت شود.

جدول ۳- لیست کالاهای یک پست هوایی یکپارچه ۱۰۰ کیلوولت آمپر

بسته	نام بسته	نام کالا	واحد	مقدار
۸۴۴۰	بسته یکطرفه ترانس ۱۰۰ با تابلو	کابل مسی فشارضعیف ۲۵در ۱	متر	۴
		کابل مسی فشارضعیف ۷۰در ۴	متر	۴
		بست کمربندی کابل ۲۰ سانت	عدد	۱۰
		بست تسمه گالوانیزه عدل بندی	عدد	۵
		کاوربوشینگ کلاهدک ترانس سیم روپوشدار	عدد	۳
		کاورکات اوت فیوزسیم روپوشدار	عدد	۳
		سیم فیوز ۶ امپر ۲۰کیلو ولت تیپ k	عدد	3
		کات اوت فیوز ۲۰کیلوولت	عدد	۳
		میله مسی اتصال زمین کامل (با بست میله)	عدد	۱
		سکوی کات اوت و برقگیر ترانس یکطرفه	عدد	۱
		کابلشو مسی نمره ۲۵	عدد	۶
		کابلشو مسی نمره ۷۰	عدد	۸
		کابلشو مسی ۹۰درجه نمره ۲۵	عدد	۳
		پیچ ومهره گالوانیزه ۶گوش ۱۶در ۳۵۰میلیمتر	عدد	۲
		پیچ ومهره گالوانیزه تمام رزوه ۱۶در ۴۵۰میلیمتر	عدد	۱۱
		پیچ و مهره گالوانیزه ۸/۳ اینچ پنج سانت	عدد	۱۰
		پیچ ومهره گالوانیزه ۸/۵ اینچ پنج سانت	عدد	۴
		واشرگالوانیزه ۵۰×۵۰×۵ میلیمتر	عدد	۱۰
		تسمه گالوانیزه عدل بندی	عدد	۱
		تسمه ارت ۵/۷متری روکشدار	عدد	۱
		تابلو توزیع فشارضعیف ۱۶۰آمپر پست هوایی یکطرفه	دستگاه	۱
		ترانسفورماتور ۱۰۰کیلوولت آمپر	دستگاه	۱
		سکوی یکطرفه ترانس ۲۰۰کیلوولت آمپر	عدد	۱
		سیم مسی روکشدار ۲۰ کیلوولت نمره ۲۵	متر	۷/۵
		ترموفیت حرارتی عایقی ۱۰/۲۰	متر	۰/۶۴
		ست کابل پلیمری ۵۰-۲۴۰	عدد	۱

دستورالعمل اصلاح ساختار شبکه هوایی توزیع
جلد چهارم : دستورالعمل الزامات نصب پست‌های هوایی یکپارچه

جدول ۴- لیست کالاهای پک پست هوایی یکپارچه ۲۰۰ کیلوولت آمپر

پسته	نام پسته	نام کالا	واحد	مقدار
۸۴۴۱	بسته یکطرفه ترانس ۲۰۰ با تابلو	کابل مسی فشار ضعیف ۱ در ۲۵	متر	۴
		کابل مسی فشار ضعیف ۴ در ۹۵	متر	۴
		بست تسمه گالوانیزه عدل بندی	عدد	۵
		بست کمربندی کابل ۲۰ سانت	عدد	۱۰
		کاور بوشینگ کلاهیک ترانس سیم روکشدار	عدد	۳
		کاور کات اوت فیوز سیم روکشدار	عدد	۳
		سیم فیوز ۱۰ آمپر ۲۰ کیلوولت تیپ k	عدد	۳
		کات اوت فیوز ۲۰ کیلوولت	عدد	۳
		میله مسی اتصال زمین کامل (با بست میله)	عدد	۱
		سکوی کات اوت برقگیر ترانس یکطرفه	عدد	۱
		کابلشو مسی نمره ۲۵	عدد	۶
		کابلشو مسی نمره ۹۵	عدد	۸
		کابلشو مسی ۹۰ درجه نمره ۲۵	عدد	۳
		پیچ و مهره گالوانیزه ۶ گوش ۱۶ در ۳۵۰ میلیمتر	عدد	۲
		پیچ و مهره گالوانیزه تمام رزوه ۱۶ در ۴۵۰ میلیمتر	عدد	۱۱
		پیچ و مهره گالوانیزه ۳/۸ اینچ پنج سانت	عدد	۷
		پیچ و مهره گالوانیزه ۵/۸ اینچ پنج سانت	عدد	۴
		واشر گالوانیزه ۵۰×۵۰×۵ میلیمتر	عدد	۱۰
		تسمه گالوانیزه عدل بندی	عدد	۱
		تسمه ارت ۷/۵ متری روکشدار	عدد	۱
		تابلو توزیع فشار ضعیف ۲ در ۱۶۰ آمپر پست هوایی یکطرفه	دستگاه	۱
		ترانسفورماتور ۲۰۰ کیلوولت آمپر	دستگاه	۱
		سکوی یکطرفه ترانس ۲۰۰ کیلوولت آمپر	عدد	۱
		سیم مسی روکشدار ۲۰ کیلوولت نمره ۲۵	متر	۴/۵
		ترمو فیت حرارتی عایقی ۲۰/۱۰	متر	۰/۶۴
		بست کابل پلیمری ۵۰-۲۴۰	عدد	۱

پیوست ۳- گزارش شبیه سازی‌های انجام شده در زمینه ارزیابی استقامت مکانیکی پست هوایی یکپارچه

جزئیات محاسبات مکانیکی پست‌های هوایی یکپارچه بصورت کامل در شرکت توزیع شهرستان مشهد انجام شده است و در این قسمت گزارشی فنی از ارزیابی استقامت مکانیکی پست‌های هوایی یکپارچه با انجام شبیه سازی تشریح می‌گردد.

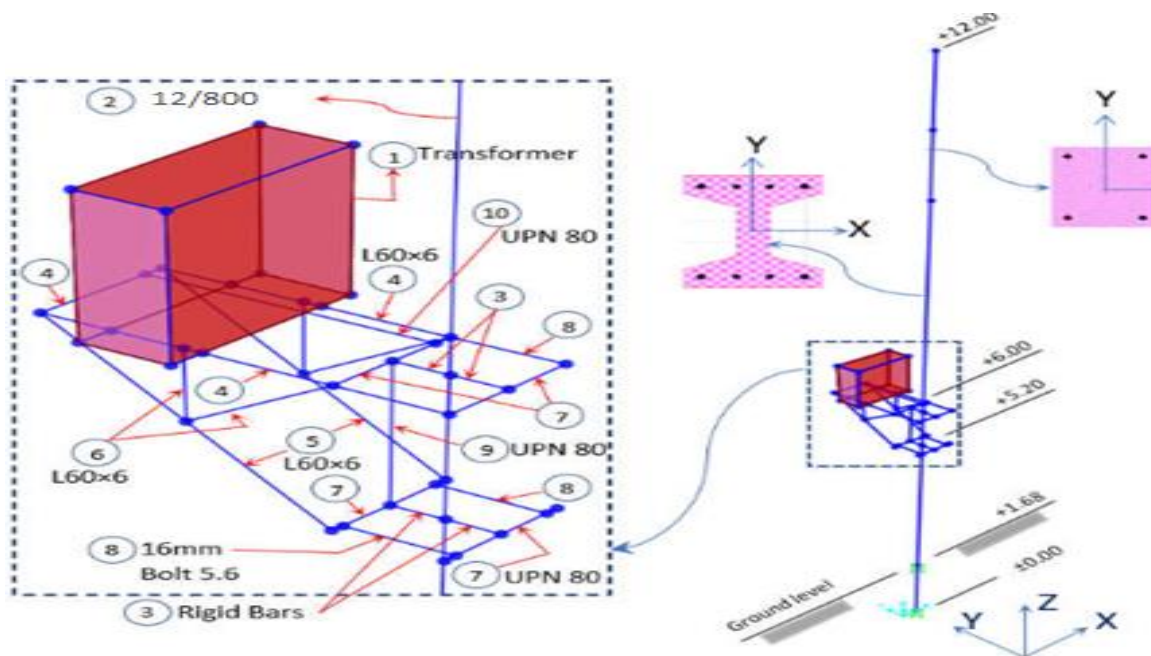
الف: ارزیابی رفتار ترانس‌های هوایی با جزییات استاندارد (ترانسفورماتورهای مبنا)

در این بخش هدف مدلسازی ارزیابی رفتار سازه‌ای پایه‌ها و سکوی نشیمن ترانسفورماتور می‌باشد. مدلسازی جزییات سازه‌ای بدنه، هسته و سیم پیچ ترانسفورماتور هدف این بررسی نیست. ترانسفورماتور و کلیه ملحقات آن طبق استاندارد IEC ۶۰۰۷۶ باید طوری طراحی شده باشد که شتاب‌های وارده تا $0/35\text{ g}$ را بدون هرگونه صدمه ای تحمل نماید. بنابراین با فرض استفاده از ترانسفورماتورهای استاندارد در پست‌های هوایی، تنها ابعاد فیزیکی (مختصات مرکز جرم) و جرم ترانسفورماتور در مدل‌های کامپیوتری سازه پست با واقعیت منطبق می‌باشد. مشخصات فیزیکی و وزن ترانسفورماتور kva ۲۰۰ تعیین شده‌اند.

با توجه به مشارکت مودهای بالاتر در پاسخ دینامیکی سیستم، روش تحلیل بکار رفته روش تحلیل مودال طیفی و مودال تاریخچه زمانی است. در تحلیل‌های انجام شده اثر delta-p ، آثار مولفه متعامد زلزله و نیز مولفه قائم زلزله در نظر گرفته شده‌اند. همچنین، اثر وزن سیم و وزن توده یخ روی آن بصورت نیروهای متمرکز قائم و افقی بر پایه‌های ۱۲ متری پست که معمولاً سیم‌های خط انتقال به آنها متصل می‌شوند منظور شده است. در پایه‌های مماسی نیروی افقی کشش سیم که در طرفین پایه وجود داشته و یکدیگر را خشی می‌نمایند حذف شده است. تحلیل مودال طیفی با در نظر گرفتن مشارکت مودهای موثر سیستم که مجموع جرم‌های مودی موثر آنها حداقل ۹۰٪ جرم کل سیستم را تشکیل دهد انجام پذیرفته است. کنترل کفایت المان‌های سازه‌ای پست شامل پایه‌های بتن آرمه و نیز اجزای نشیمن ترانس به ترتیب توسط ضوابط آیین نامه‌های AISC ۱۰-۳۶۰ و ACI ۱۴-۳۱۸ کنترل شده‌اند. لازم به ذکر است که ضوابط مباحث ۱۰ و ۹ مقررات ملی ساختمانی ایران دارای تطابق بسیار زیادی با آیین نامه‌های مذکور می‌باشند.

بررسی پست تک پایه 200 kVa :

ترانسفورماتور توزیع در پست هوایی 200 kVa بر روی یک پایه $12/800$ قرار گرفته است. همانگونه که می‌توان فرض نمود که سیم‌های هادی خط به پایه ۱۲ متری این پست منتهی شده‌اند. (با فرض انتهایی بودن) بنابراین، پایه ۱۲ متری در این پست یک پایه انتهایی است که بارهای ثقلی ناشی از وزن سیم و نیز کشش افقی سیم بر آن وارد می‌گردد. جزییات مدل پست هوایی مورد نظر با نشیمن گاه استاندارد در نرم افزار SAP ۲۰۰۰ ارائه شده است. در شکل ذیل نمای نزدیک جزییات اتصال نشیمن ترانسفورماتور به پایه ۱۲ متری نیز قابل مشاهده است.



شکل ۳۲ مدل سازی پست هوایی تک پایه 200kva با جزییات نشیمن استاندارد در sap۲۰۰۰

در مدل کامپیوتری پایه بتنی توسط المان بدون بعد خطی تعریف شده است. به همین سبب، میله های صلب به منظور تعریف بعد مقطع عرضی پایه در تراز نشیمن گاه ترانسفورماتور تعریف شده اند. نشیمن گاه ترانس قاب مستطیل شکلی است که سه وجه آن از نبشی $L60*6$ و وجه چهارم از ناودانی $UPN 80$ تشکیل شده است. اجزای مربوطه توسط جوش به یکدیگر متصل شده اند. دو دستک مورب از نبشی $L60*6$ به انتهای آزاد نشیمن ترانس جوش شده اند. انتهای دیگر دستکهای مذکور به ناودانی $UPN 80$ جوش شده است. ناودانی های $UPN 80$ در میانه طول خود توسط بولتی که در امتداد تیر قرار می گیرند به پایه بتن آرمه و ناودانی دیگری که در وجه پشتی پایه قرار گرفته بولت می شوند. ناودانی ها واقع در طرفین پایه در هر انتهای خود توسط دو عدد بولت ($16mm$) از نوع ۵,۶ (طبق استاندارد اروپایی) به یکدیگر مهار شده اند..

شکل مودهای موثر سیستم:

در این بخش شکل مودها و فرکانس های ارتعاش سیستم مورد ارزیابی قرار می گیرند تا مودهای اصلی موثر بر رفتار سیستم را شناسایی و در تحلیل مودال طیفی از آنها استفاده نمود. بار دیگر متذکر میگردد که مودهای ارتعاشی سیستم را می توان به دو دسته کلی انتقالی و دورانی (پیچشی) دسته بندی کرد. مودهای انتقالی دربرگیرنده حرکات انتقالی در سه امتداد اصلی در فضای سه بعدی است. امتداد های X و Y در صفحه افق و امتداد Z در راستای قائم. مودهای دورانی شامل حرکات دورانی سیستم حول هریک از محورهای مذکور می باشد. میزان تاثیرگذاری و اهمیت هر مود در پاسخ دینامیکی سیستم با ارزیابی جرم مودی موثر آن مود امکان پذیر است. جدول زیر پریودهای ارتعاش و نسبت جرم های مودی موثر پست هوایی فوق که از تقسیم جرم مودی موثر هر مود بر جرم کل سیستم بدست آمده را نشان میدهد. با توجه به مقادیر

دستورالعمل اصلاح ساختار شبکه هوایی توزیع

جلد چهارم: دستورالعمل الزامات نصب پست‌های هوایی یکپارچه

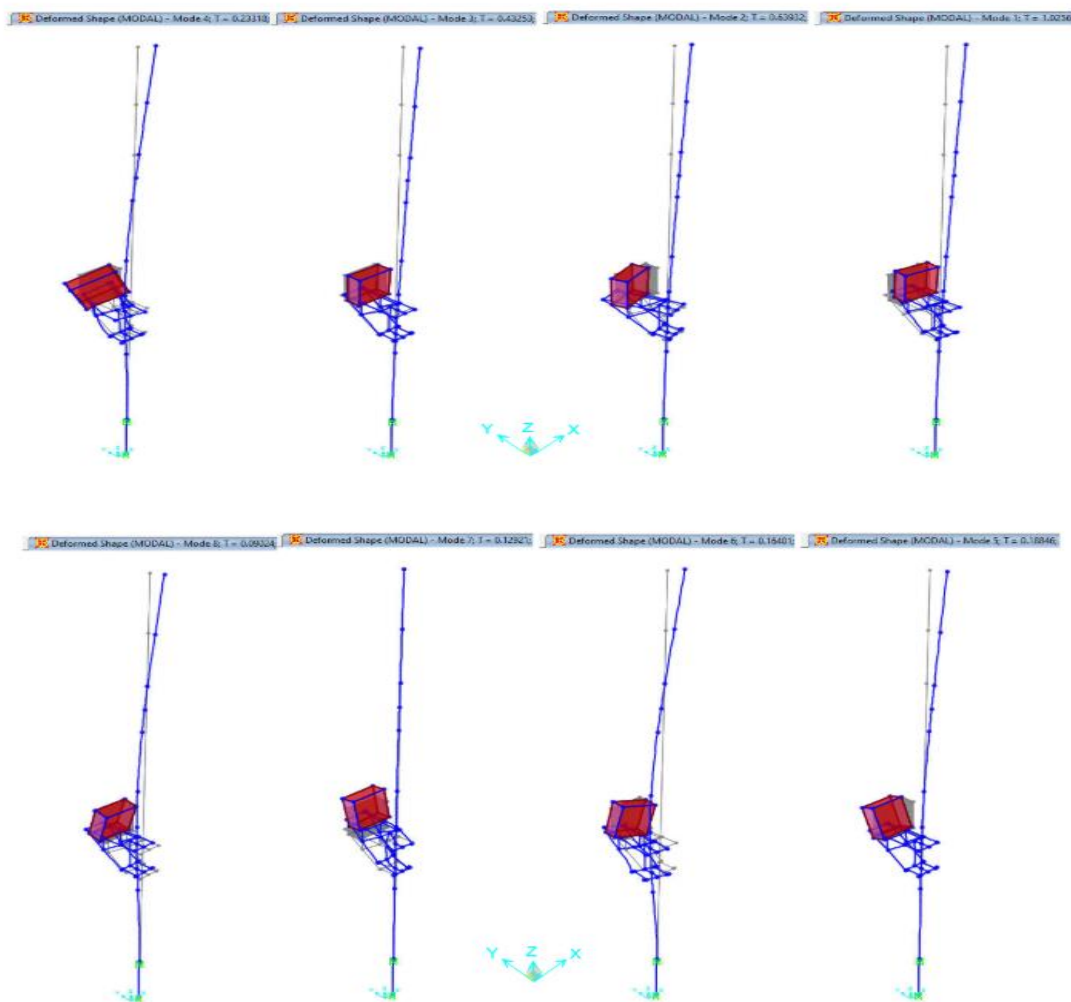
نسبت های تجمعی محاسبه شده در مجموع ۸ مود اول ارتعاشی سیستم در پاسخ دینامیکی آن تاثیر گذار هستند. بجز مود انتقالی در امتداد محور قائم Z که نسبت تجمعی جرم مودی موثر آن تا مود پانزدهم و بالاتر نیز از حدود ۴۶٪ فراتر نمی رود در بقیه حالات مقادیر تجمعی نسبت های جرمی موثر فراتر از ۹۰٪ است. مودهای مهم سیستم (مودهای اصلی) با نسبت جرم مودی موثر بالای ۱۰٪ در جدول ۱۲ متمایز شده اند.

جدول ۵ نسبت جرمهای مودی موثر در شکل مودهای مهم پست هوایی

Mode	Period (s)	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
1	1.03	0.78	0.00	0.00	0.78	0.00	0.00	0.00	0.65	0.06	0.00	0.65	0.06
2	0.64	0.01	0.00	0.00	0.79	0.00	0.00	0.00	0.21	0.83	0.00	0.87	0.89
3	0.43	0.00	0.69	0.01	0.79	0.69	0.01	0.81	0.00	0.00	0.81	0.87	0.89
4	0.23	0.03	0.00	0.01	0.82	0.69	0.02	0.00	0.01	0.03	0.81	0.88	0.92
5	0.19	0.00	0.07	0.02	0.82	0.76	0.03	0.05	0.00	0.00	0.86	0.88	0.92
6	0.16	0.14	0.00	0.00	0.96	0.76	0.04	0.00	0.07	0.06	0.86	0.95	0.98
7	0.13	0.00	0.02	0.42	0.96	0.78	0.45	0.05	0.00	0.00	0.86	0.95	0.99
8	0.09	0.00	0.18	0.00	0.96	0.95	0.46	0.07	0.00	0.00	0.93	0.95	0.99

UX = نسبت جرم مودی موثر حرکات انتقالی در امتداد X	RX = نسبت جرم مودی موثر دوران‌های حول محور X
UY = نسبت جرم مودی موثر حرکات انتقالی در امتداد Y	RY = نسبت جرم مودی موثر دوران‌های حول محور Y
UZ = نسبت جرم مودی موثر حرکات انتقالی در امتداد Z	RZ = نسبت جرم مودی موثر دوران‌های حول محور Z
SumUX = نسبت تجمعی جرم های مودی موثر حرکات انتقالی در امتداد X	SumRX = نسبت تجمعی جرم های مودی موثر دوران‌های حول محور X
SumUY = نسبت تجمعی جرم های مودی موثر حرکات انتقالی در امتداد Y	SumRY = نسبت تجمعی جرم های مودی موثر دوران‌های حول محور Y
SumUZ = نسبت تجمعی جرم های مودی موثر حرکات انتقالی در امتداد Z	SumRZ = نسبت تجمعی جرم های مودی موثر دوران‌های حول محور Z

شکل زیر مودهای اصلی سیستم را نشان می‌دهد. مودهای اصلی را می‌توان به شرح زیر دسته بندی نمود. مودهای اصلی در صفحه XZ محور ضعیف تر مقطع پایه عمود بر این صفحه است. مودهای ۱ و ۶ که دارای بیشترین نسبت جرم مودی موثر UX هستند را می‌توان دو مود اصلی و موثر در صفحه XZ در نظر گرفت. در این صفحه تغییر شکل های خمشی موجب دوران حول محور ضعیف مقطع پایه بتنی می‌گردد. این دو مود به تنهایی دارای نسبت تجمعی جرم مودی موثر $SumUX = 0.96$ بوده و تمامی تغییر شکل ها در صفحه XZ را میتوان از ترکیب خطی آنها بدست آورد. سکوی نشیمن ترانس در مود اول تقریباً بصورت صلب عمل می‌نماید. بنابراین، مود مذکور را می‌توان مود مربوط به تغییر شکل پایه دانست. در مود ششم تغییر شکل های قابل توجهی در سکوی نشیمن ترانسفورماتور نیز اتفاق می‌افتد. مودهای اصلی در صفحه YZ محور قوی تر مقطع پایه عمود بر این صفحه است. مودهای ۳، ۵ و ۸ که دارای بیشترین نسبت جرم مودی موثر UY هستند را می‌توان سه مود اصلی و موثر مرتبط با تغییر شکل های صفحه YZ محسوب نمود. این سه مود در مجموع دارای نسبت جرم مودی موثر $SumUY = 0.93$ بوده و بنابراین، تقریباً تمامی تغییر شکل های پایه در این صفحه را میتوان از ترکیب خطی مودهای ۳، ۵ و ۸ بدست آورد. در این بین میزان مشارکت مودهای ۳ و ۸ بسیار بیشتر از مود ۵ میباشد.



شکل ۳۳- شکل مودهای اصلی پست هوایی 200KVA (مودهای ۴ و ۵ دارای نسبت جرم مودی موثر کمتر از ۷٪ هستند)

مودهای پیچشی (دوران حول محور Z مود ۲ با نسبت جرم مودی موثر $RZ = 0/83$ اصلی ترین مود پیچشی سیستم است. نسبت جرم مودی موثر این مود همراه با مودهای ۴ و ۶ در مجموع به ۹۲٪ میرسد. مودهای ۴ و ۶ با تغییر شکل های خمشی سیستم در صفحه XZ نیز در ارتباط هستند. از بررسی جدول بالا میتوان نتیجه گرفت بجز مودهای ۳، ۵ و ۷ در سایر مودهای سیستم، تغییر شکلهای مودهای پیچشی درگیرند. مود اصلی ارتعاش در سکوی ترانس : بجز سه مود اول سیستم که سکوی ترانس تقریباً صلب باقی می ماند در مابقی مودها تغییر شکلهای نسبی در سکوی ترانس مشاهده میشود. مود ۷ مربوط به تغییر شکلهای قائم سکوی نشیمن است که می تواند با مولفه قائم زلزله فعال شود. در مودهای ۴ و ۵ نیز سکو تغییر شکل قابل توجهی دارد، اما خوشبختانه جرمهای مودی موثر مودهای مذکور که مقادیر اندکی دارند به تنهایی مودهای موثر و تعیین کننده در پاسخ دینامیکی سیستم نیستند.

اثرات ساختگاهی:

ساختگاه از نوع زمین III بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ ایران طبقه بندی و فرض میشود. طبق جدول بالا پریود مودهای موثر سیستم در محدوده ۰,۱ تا ۱ ثانیه می باشند که با توجه به طیف طرح استاندارد ساختگاه می توان در جهت اطمینان از اثرات اندرکنش خاک-سازه در محاسبات طراحی این پست صرفنظر نمود.

نتایج تحلیل و طراحی:

پایه بتن آرمه در پست تک پایه مورد نظر در انتهای خط انتقال قرار گرفته و بنابراین یک پایه کناری است. در طرح پایه های کناری نیروی افقی ناشی از کشش سیم ها را باید در نظر گرفت که بدیهی است در این صورت تقاضای نیروهای داخلی بسیار بیشتری بر پایه، نسبت به زمانی که بعنوان پایه میانی عمل می نماید، وارد می شود. در این بخش ابتدا عملکرد پایه تکی مورد نظر به عنوان یک پایه میانی مورد بررسی قرار میگیرد و سپس عملکرد آن به عنوان پایه کناری ارزیابی می شود.

پست 200kva با پایه ۱۲/۸۰۰ میانی:

در پایه میانی تنها اثر وزن سیم بعنوان نیروی خارجی متمرکز وارده بر پایه در راستای قائم در نظر گرفته میشود. با فرض اسپن ۵۰ متر دو برابر مقادیر داده شده در جدول زیر بعنوان نیروهای قائم ناشی از وزن سیم و یخ زدگی پیرامون آن بر انتهای فوقانی پایه (جایی که یک سیم به پایه متصل میشود) و نقطه ای به فاصله یک متر از انتهای آزاد پایه (محل اتصال دو سیم به کراس آرم متصل به پایه) در نظر گرفته می شود. در این بخش نتایج تحلیل و کنترل ظرفیت های نیرویی اعضای سازه ای پست ارائه شده است. در جدول زیر نتایج ارزیابی ظرفیت خمشی پایه بتنی پست (پایه ۱۲/۸۰۰) را نشان می دهد. با توجه به محاسبات انجام شده توسط نرم افزار ترکیب بار بحرانی در پایه مذکور ترکیب آثار بار مرده، برف و باد در جهت X می باشد. تلاش های داخلی محاسبه شده در پایه بدلیل آثار زلزله، چه بر اساس روش تحلیل مودال طیفی و چه براساس تحلیل های تاریخیچه زمانی (تحت اثر مولفه های هر یک از چهار زلزله در نظر گرفته شده) کوچکتر از ترکیب آثار باد و برف می باشد. نتایج ارائه شده در جدول زیر بر اساس اسپن سیم 50 متر می باشد. بدیهی است در اسپن های کوچکتر به مراتب حاشیه اطمینان بیشتری را برای پایه های پست می توان انتظار داشت.

جدول ۶- پست هوایی 200KVA با فرض استقرار بر یک پایه میانی، ارزیابی معیار مقاومت در پایه (کنترل خمش)

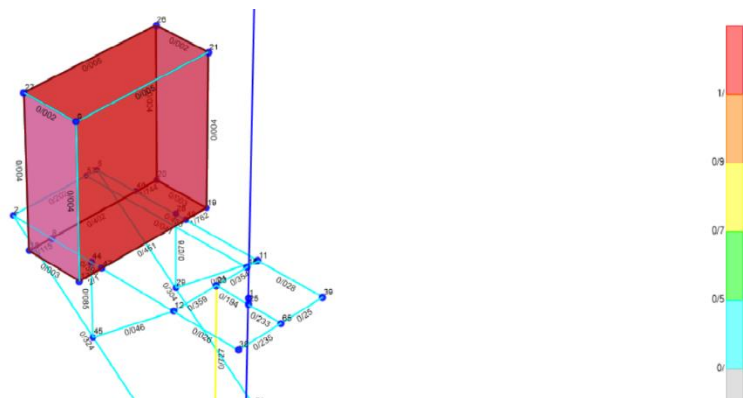
کفایت مقاومت پایه	نسبت تقاضا به ظرفیت	تقاضای نهایی تلاش های داخلی			ترکیب بار بحرانی	پایه بتنی
		DCR	M _۳ (KN.m)	M _۲ (KN.m)	P _u (KN)	
OK	۰/۹۲	۱۰/۱۲	-۸۲	۳۳/۱۲	DCON	۱۲-۸۰۰
*1/۲DEAD+۰/۵SNOW+WINDX						

جدول زیر نتایج ارزیابی ظرفیت برشی پایه بتنی (با فرض استقرار بر روی یک پایه میانی) را نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود، با توجه به مقادیر نسبتاً اندک تقاضای برش، حتی ظرفیت برشی بتن مقطع، ΦV_c ، به تنهایی ظرفیت برشی لازم را در پایه ایجاد می‌نماید. بدیهی است با توجه به وجود آرماتورهای عرضی، ظرفیت برشی مقطع بزرگتر از اعداد نشان داده شده در جدول بوده و بنابراین میتوان نتیجه گرفت، پایه های بتنی با حاشیه اطمینان قابل توجهی دارای ظرفیت برشی لازم در تحمل نیروهای برشی نهایی وارده می‌باشند.

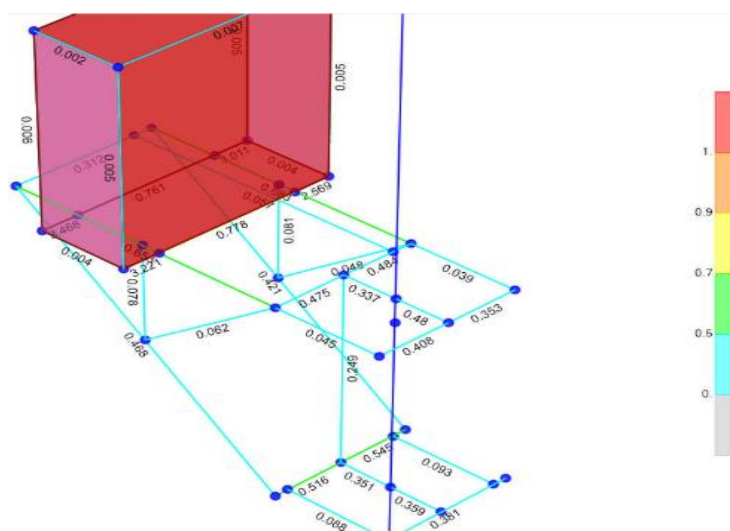
جدول ۷- ارزیابی معیار مقاومت برشی در پست هوایی تک پایه 200KVA (با فرض پایه میانی، روش تحلیل مودال طیفی)

کفایت مقاومت پایه	ظرفیت برشی مقطع (KN)		تقاضای نهایی تلاش های داخلی			ترکیب بار بحرانی	پایه بتنی
	$(\Phi V_c)2$	$(\Phi V_c)3$	$V_2(KN)$	$V_3(KN)$	$P_u(KN)$		
OK	۲۸	۵۲	۰	۱۰/۹۳	۳۳/۱۸	DCON	۱۲-۸۰۰

شکل زیر نسبت تقاضا به ظرفیت تنش های قائم ناشی از لنگرهای خمشی و نیروهای محوری وارده بر اعضای سازه ای نشیمن ترانسفورماتور پست هوایی تک پایه ۲۰۰ kVA با فرض آنکه بعنوان پایه میانی عمل نماید را نشان می‌دهد. محاسبات زلزله در این شکل بر اساس روش مودال طیفی انجام شده است. برخلاف پایه بتن آرمه که نیروهای زلزله برای آن غیر بحرانی بودند، در المان های سازه ای نشیمن ترانس، ترکیب بارهای بحرانی شامل آثار زلزله میشوند. شکل زیر نسبت تنش ها را براساس خروجی های تحلیل تاریخیچه زمانی نشان می‌دهد. بازهم ترکیب بارهای بحرانی عمدتاً شامل آثار زلزله می‌باشند. ضرایب تقاضا به ظرفیت نسبت به شکل قبل قدری دستخوش تغییر شده اند. با این حال، همانگونه که ملاحظه می‌گردد کلیه عناصر سازه ای سکو دارای ظرفیت کافی در تحمل نیروهای وارده می‌باشند.



شکل ۳۴- نسبت تقاضا به ظرفیت تنش های قائم در اعضای سازه ای نشیمن گاه ترانس در پست هوایی شماره ۲ (نتایج تحلیل مودال طیفی)



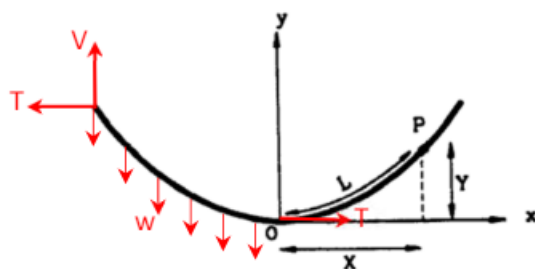
شکل ۳۵- نسبت تقاضا به ظرفیت تنش‌های قائم در اعضای سازه‌ای نشیمن‌گاه ترانس در پست هوایی 200KVA (نتایج تحلیل تاریخیچه زمانی)

پست ۲۰۰ kVA با پایه ۱۲/۸۰۰ کناری:

در پایه کناری علاوه بر اثر وزن سیم بعنوان نیروی خارجی متمرکز وارده بر پایه در راستای قائم، نیروی کشش سیم در راستای افق نیز در محاسبات در نظر گرفته میشود. نیروهای کشش سیم در اسپن‌های ۴۰ و ۵۰ متر را می‌توان در جدول‌های بالا ملاحظه نمود. در این بخش نتایج تحلیل و کنترل ظرفیت‌های نیرویی اعضای سازه‌ای پست با ارائه شده است. جدول زیر نتایج ارزیابی ظرفیت خمشی پایه بتنی پست (پایه ۱۲/۸۰۰) را نشان می‌دهد. با توجه به محاسبات انجام شده توسط نرم افزار پایه بتن آرمه مذکور چنانچه بعنوان پایه کناری در هر یک از اسپن‌های ۴۰ و ۵۰ متر بکار گرفته شود معیار مقاومت را اقلان نمی‌نماید. ترکیب بار بحرانی پایه شامل آثار بار مرده، برف، و باد در جهت Y بوده و تلاش‌های ناشی از آثار زلزله در هریک از روش‌های تحلیلی مورد بررسی در این بررسی (یعنی روش‌های مودال طیفی و تاریخیچه زمانی) به این حد بحرانی نخواهند بود. لازم به ذکر است که المان‌های سازه‌ای سکوی ترانس شرایط معیار مقاومت را در کلیه ترکیب بارهای مورد بررسی اقلان خواهد نمود.

یکی از راه‌های کاهش تقاضای نیرویی وارده بر پایه کاهش اسپن سیم (S) می‌باشد. در ادامه محاسبات کفایت پایه ۱۲/۸۰۰ بعنوان یک پایه کناری (انتخابی) خط در اسپن $s=30\text{ m}$ مورد بررسی قرار می‌گیرد. با توجه به آنکه جداول بارگذاری موجود برای اسپن‌های ۴۰m و بیشتر ارائه شده اند از مرجع مذکور نمی‌توان در تعیین کشش سیم در محل اتصال به پایه استفاده نمود. برای اینکار کشش سیم را میتوان از بررسی دیاگرام آزاد سیم در حد فاصل میانه دهانه تا تکیه‌گاه آن بدست آورد (شکل زیر). با فرض فلش $f=0.45\text{ m}$ و وزن واحد طول $w=1.95\text{ kgf/m}$ با احتساب $1/5\text{ kgf}$ وزن یخ دور سیم در اسپن $s=30\text{ m}$ نیروی کشش 125 kgf و مولفه قائم عکس العمل تکیه‌گاهی 7.2 kgf بعنوان اثر وزن مرده هر سیم محاسبه میشوند. در صورت در نظر گرفتن یخ زدگی سیم (بار برف) نیروی کششی آن 385 kgf و نیروی قائم وارده از طرف سیم

به پایه 25kgf محاسبه و در نظر گرفته شده اند. (مجددا متذکر می گردد که در بالاترین نقطه پایه یک سیم و در نقطه ای به فاصله یک متر پایین تر دوسیم به پایه متصل شده اند که متناسب با آنها نیروهای قائم و افقی کشش سیم در نظر گرفته شده اند). نتایج طراحی پایه براساس روش های مودال طیفی و تحلیل های تاریخیچه زمانی در جدول زیر قابل مشاهده می باشد. همانگونه که ملاحظه میگردد پایه ۱۲/۸۰۰ در دهانه (اسپن) ۴۰ و ۵۰ و ۳۰ متر نیز معیار مقاومت های خمشی و محوری را تامین نمی نماید.



شکل ۳۶- دیاگرام آزاد سیم جهت تعیین واکنش های تکیه گاهی T و V

جدول ۸- پست هوایی مستقر بر یک پایه ۱۲/۸۰۰ کناری، ارزیابی معیار مقاومت در پایه (کنترل خمش)

کفایت مقاومت پایه	نسبت تقاضا به ظرفیت	تقاضای نهایی تلاش های داخلی			ترکیب بار بحرانی	S (m)	پایه بتنی
		Pu(KN)	M۲(KN.m)	M۳(KN.m)			
NG	۱/۷۷	۳۴۸/۲	-۰/۱۹۵	۳۳/۷۱۲	DCON۵۹*	۵۰	۱۲-۸۰۰
NG	۱/۷۸	۳۵۳/۱۴۵	-۰/۱۹۵	۳۳/۱۲		۴۰	
NG	۱/۲۱	۲۴۵۷۶۴	-۰/۱۹۵	۳۲/۴۵۶		۳۰	
* ۱/۲DE AD+۱/۶ S NOW+۰/۵WINDX							

جدول زیر نتایج ارزیابی ظرفیت برشی پایه بتنی پست 200kva (با فرض استقرار بر روی یک پایه کناری) را برای اسپن های ۴۰m, ۵۰m و 30m نشان می دهد. همانگونه که مشاهده می شود، سطح مقطع آرماتورهای برشی 385mm²/m محاسبه شده که کمتر از آرماتورهای برشی بکار رفته در پایه بوده و بنابراین می توان نتیجه گرفت، پایه های بتنی با حاشیه اطمینان تا حدودی ظرفیت برشی لازم در تحمل نیروهای برشی نهایی وارده می باشند. همانند معیار خمش ترکیب بارهای منجر به نیروهای برشی بحرانی شامل آثار زلزله نمی شوند.

دستورالعمل اصلاح ساختار شبکه هوایی توزیع
جلد چهارم : دستورالعمل الزامات نصب پست های هوایی یکپارچه

جدول ۹- ارزیابی معیار مقاومت برشی در پست هوایی تک پایه 200kva (با فرض پایه کناری، روش مودال طیفی)

پایه بتنی	S (m)	تقاضای نهایی تلاش های داخلی			ظرفیت برشی مقطع (KN)		کفایت مقاومت پایه
		V _۲ (KN)	V _۳ (KN)	P _u (KN)	(ΦV _c) ₂	(ΦV _c) ₃	
۱۲-۸۰۰	۵۰	۳۶/۲	۰	۳۳/۸	۲۸	۴۹	Shear Reinf.Req.
	۴۰	۳۶/۵	۰	۳۴/۱	۲۸	۴۹	Shear Reinf.Req.
	۳۰	۳۲/۵	۰	۳۳/۵۸	۲۸	۴۹	Av/s=۳۸۵ mm ^۲ /m

بر اساس نتایج بدست آمده نسبت تقاضا به ظرفیت در اعضای سازه ای نشیمن ترانسفورماتور پست هوایی تک پایه 200kva با فرض آنکه بعنوان پایه کناری عمل نماید در هر دو روش تحلیل طیفی و تاریخچه زمانی کوچکتر از واحد بوده و بنابراین، عناصر سازه ای مذکور دارای مقاومت طراحی لازم می باشند.

با عنایت به بررسی موارد بالا می توان نتیجه گرفت استفاده از پایه ۱۲/۸۰۰ در ترانس های ۲۰۰kva در پایه های پایه های کناری معیار مقاومت های خمشی و محوری در طول اسپن های ۳۰، ۴۰ و ۵۰ متر جوابگو نمی باشند و علی رغم اینکه پایه های بتنی با حاشیه اطمینان دارای ظرفیت برشی محدود در تحمل نیروهای برشی نهایی وارده می باشند و همچنین نسبت تقاضا به ظرفیت در اعضای سازه ای نشیمن ترانس در هر ۲ تحلیل طیفی و تاریخچه زمانی کوچکتر از واحد بوده و عناصر سازه ای مذکور دارای مقاومت طراحی می باشند میتوان اینگونه نتیجه گرفت که با توجه به محدودیت نیروی برشی، خمشی و محوری از پایه هایی با ظرفیت بالاتر استفاده نمود. که لازم است طراحی و مدلسازی این پایه در فرصت زمانی مناسب اجراء و ارائه گردد.

دستورالعمل اصلاح ساختار شبکه هوایی توزیع
جلد چهارم: دستورالعمل الزامات نصب پست‌های هوایی یکپارچه

پیوست ۴- چک لیست نظارت بر نصب پست هوایی یکپارچه

جدول ۱۰- چک لیست نظارت بر نصب پست هوایی یکپارچه

شرح عملیات	زیر آیتم عملیات اجرایی	کیفیت استاندارد
حفر گود	۳۰۰/۱ پرسنل مجری دارای کارت شناسایی معتبر و لباس فرم مناسبی باشند.	در کلیه مراحل اجرایی پروژه کنترل شود.
	۳۰۰/۲ رعایت حریم تاسیسات زیرزمینی موجود	مطابق استاندارد حریم
	۳۰۰/۳ عمق، ابعاد گود، رعایت لاین شبکه و راستای نیروگیر پایه	$1/5 \times 0/7 \times 0/8 \text{ m}$
	۳۰۰/۴ رعایت ایمنی و آداب کار	استفاده از درپوش و علائم هشدار دهنده، کاور برزنت و جمع آوری خاک مازاد
	۳۰۰/۵ تطابق طرح و اجرا	
نصب پایه و بتن ریزی	۳۰۰/۶ بررسی وضعیت ظاهری پایه و ارائه تست کیفیت پایه	
	۳۰۰/۷ نصب مناسب پایه	بررسی سنگ لاشه، انحراف از حالت قائم - بررسی راک پایه
نصب سکوی ترانس	۳۰۰/۸ رعایت استانداردهای بتن ریزی پایه و نصب لوله خرطومی داخل بتن	عیار بتن 200 kg/m^3
	۳۰۰/۹ گذشت حداقل زمان لازم پس از بتن ریزی جهت نصب یراق آلات	۲۴ ساعت
	۳۰۰/۱۰ متناسب بودن ناودانی با قدرت ترانس و درنظر گرفتن امکان یا عدم امکان نصب تابلو در ترانس های یکطرفه	
	۳۰۰/۱۱ اخذ تاییدیه کیفی و کنترل کلیه یراق آلات	
	۳۰۰/۱۲ نصب مناسب سکوی ترانس	ارتفاع مناسب نصب ($6/3\text{m} - 5\text{m}$)، بررسی تراز بودن و تعداد پیچ و مهره ها
نصب ترانسفورماتور	۳۰۰/۱۳ تطابق طرح و اجرا، بررسی چک لیست و گارانتی ترانس، وضعیت ظاهری ترانس	ترانس از گروه AB کم تلفات و دارای مدت گارانتی معتبر- تنظیم شاخک ها، رنگ سیلیکاژن و ترانس فاقد ضرب خوردگی و روغن ریزی و بررسی کفشک- برداشتن درپوش مخزن سیلیکاژن و حصول اطمینان از باز شدن محفظه خروجی ترانس
	۳۰۰/۱۴ نصب مناسب ترانس روی سکو	ترانس روی سکو تراز و با ۴ عدد پیچ و مهره ۵/۸ بسته شده باشد.
	۳۰۰/۱۵ اخذ تاییدیه کیفی و کنترل کالا	
نصب سکوی کات اوت و برقگیر	۳۰۰/۱۶ تطابق طرح و اجرا و اخذ تاییدیه کیفی و کنترل کالا	ارتفاع نصب (فاصله ۲۵۰ الی ۲۹۰ از سکوی ترانس)، بررسی تراز بودن و تعداد پیچ و مهره ها
	۳۰۰/۱۷ نصب مناسب کراس آرم کات اوت و برقگیر	در صورت امکان ۲ عدد از کات اوت ها سمت خیابان و ۱ عدد سمت پیاده رو نصب شود.
	۳۰۰/۱۸ رعایت حریم در نصب کات اوت و برقگیر	استفاده از سیم عایق ۲۰ کیلوولت- در ترانس های ۳۱۵Kva به بالا برقگیری که به طور مجزا نصب می گردد در سوراخ نزدیک به پایه نصب شود.
	۳۰۰/۱۹ تکمیل رابط کات اوت و برقگیر و ترانس	کاور شاخک ها، بوشینگ ها، کات اوت و برقگیر
	۳۰۰/۲۰ کاور پست هوایی	
نصب تابلوی توزیع	۳۰۰/۲۱ تطابق طرح و اجرا و اخذ تاییدیه کیفی و کنترل کالا	
	۳۰۰/۲۲ نصب مناسب تابلو و آرایش کابل ها	
	۳۰۰/۲۳ تناسب کابلشو با کابل ها و استفاده از پرس مناسب	
	۳۰۰/۲۴ نصب گلند تابلو	وضعیت مناسب سرکابل و ساپرت ها- وجود گلند و محکم بودن اتصالات پلیت ورودی کابل
	۳۰۰/۲۵ نصب نیم لوله پلی اتیلن و تسمه کشی مناسب	
نصب سیستم اتصال زمین	۳۰۰/۲۶ اطمینان از حصول لوازم اندازه گیری روشنایی معابر و در مدار قراردادن آن	
	۳۰۰/۲۷ رعایت فاصله مناسب بین چاه الکتریکی و حفاظتی	رعایت فاصله ۲۰ متر با درنظر گرفتن چاه های موجود
	۳۰۰/۲۸ رعایت عمق مناسب چاه اتصال زمین	عمق ۳/۵
	۳۰۰/۲۹ استفاده از صفحه گالوانیزه به ابعاد مناسب	$100 \times 50 \times 3 \text{ cm}$
	۳۰۰/۳۰ نحوه نصب صفحه درون چاه ارت	عمودی
	۳۰۰/۳۱ پرکردن چاه با ملات ماسه و سیمان	
	۳۰۰/۳۲ استفاده از تسمه روکشدار گالوانیزه و بست نواری عدل بندی	
	۳۰۰/۳۳ اجرای مناسب کانال رابط چاه الکتریکی	استفاده از آجر و نوار خطر و ابعاد کانال $0/5 \times 0/8$
	۳۰۰/۳۴ بررسی اتصالات سیستم زمین حفاظتی	آرایش زیر برقگیرها، ارت درپوش و بدنه ترانس و بررسی کلیه اتصالات

پیوست ۵ - تصاویر نمونه های نصب شده





شکل ۳۷ تصاویری نمونه از موارد اجرا شده

دستورالعمل اصلاح ساختار شبکه هوایی توزیع
جلد چهارم : دستورالعمل الزامات نصب پست‌های هوایی یکپارچه

پیوست ۶- اعضاء تدوین کننده دستورالعمل به ترتیب الفبا

ردیف	نام و نام خانوادگی	نام شرکت متبوع
۱	جناب آقای مهندس محسن ابوترابی زارچی	توزیع نیروی برق شهرستان مشهد
۲	جناب آقای مهندس مسعود احسانی	شرکت توزیع شهرستان اهواز
۳	سرکار خانم مهندس عفت ادیبان	شرکت توزیع استان قم
۴	جناب آقای مهندس جعفر باقری	شرکت توزیع شهرستان تبریز
۵	جناب آقای مهندس میلاد بی‌آزار قادیکلایی	شرکت توانیر
۶	جناب آقای مهندس حمید حیدری	شرکت توزیع استان اردبیل
۷	جناب آقای مهندس محسن رحیمی	توزیع برق شهرستان مشهد
۸	جناب آقای مهندس حمید رضا فرجامی	شرکت توزیع استان خراسان رضوی
۹	سرکار خانم مهندس زهرا فروردین	توزیع برق شهرستان مشهد
۱۰	جناب آقای مهندس رضا قطب‌الدینی	شرکت توزیع شمال کرمان
۱۱	جناب آقای دکتر مهیار قلی‌زاده	شرکت توانیر
۱۲	جناب آقای مهندس حسن کریم‌پور	شرکت توزیع استان خراسان رضوی