شرکت توانیر
معاونت هماهنگی توزیع
دفتر مهندسی و راهبری شبکه

# دستورالعمل اصلاح ساختار شبکه هوایی توزیع

## جلد چهارم: الزامات نصب پست‌های هوایی یکپارچه



کد سند: TAV112-11/00

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<br>مهیار قلی زاده | معاونت هماهنگی توزیع<br>محسن ذبیحی | رئیس هیئت مدیره و مدیر عامل<br>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
٤- مسئولیت نظارت و اجرا ..... ۲
٥- تعاریف ..... ۲
٥-۱ پست هوایی ..... ۲
٥-۲ پست هوایی یکپارچه ..... ۳
٦- محل‌های پیشنهادی برای نصب پست هوایی یکپارچه ..... ٤
۷- کارکرد پست هوایی یکپارچه ..... ٥
۸- ساختار پست هوایی یکپارچه ..... ۷
۸-۱- سکوی نصب ترانسفورماتور ..... ۸
۸-۲- سکوی نصب کاتاوت 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 ..... ۱٤
پیوست‌ها ..... ۱٦
پیوست ۱- مشخصات فنی تابلو با کلید فیوز گردان در خروجی ..... ۱۷
پیوست ۲- لیست کالاهای پک پست هوایی یکپارچه ..... ۲٥
پیوست ۳- گزارش شبیه سازیهای انجام شده در زمینه ارزیابی استقامت مکانیکی پست هوایی یکپارچه ..... ۲۷
پیوست ٤- چک‌لیست نظارت بر نصب پست هوایی یکپارچه ..... ۳٦
پیوست ٥ - تصاویر نمونه های نصب شده ..... ۳۷
پیوست ٦- اعضاء تدوین‌کننده دستورالعمل به‌ترتیب 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 ..... ٤
شکل ۳- پست هوایی یکپارچه نصب شده ..... ٤
شکل ٤- تصاویر نمونه از محل نصب پست هوایی یکپارچه ..... ٥
شکل ٥- تصاویر پست هوایی یکپارچه نصب شده در شبکه ..... ٥
شکل ٦- برش فیدر فشار ضعیف با طول زیاد در محل مناسب ..... ٦
شکل ۷- نصب پست هوایی یکپارچه بر روی پایه موجود و کاهش طول فیدر فشار ضعیف ..... ٦
شکل ۸ - تعیین محل مناسب برای احداث پست هوایی یکپارچه و برش فیدر فشار ضعیف ..... ٦
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 ١٤- نمونه تصاویر مربوط به سکوی ترانسفورماتور ..... ۹
شکل ۱۵- شماتیک سکوی کات اوت برقگیر ..... ۱۰
شکل ١٦- 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 ٢٤- 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 ٢٦- 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

شکل ۳۰- جانمایی و ابعاد تابلو توزیع پست هوایی یکپارچه ..... ۲۳
شکل ۳۱- نقشه الکتریکی تابلو توزیع پست هوایی یکپارچه ..... ۲٤
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 ۳٤- نسبت تقاضا به ظرفیت تنشهای قائم در اعضای سازه ای نشیمنگاه ترانسفورماتور ..... ۳۲
شکل ۳۵- نسبت تقاضا به ظرفیت تنشهای قائم در اعضای سازهای نشیمنگاه ترانسفورماتور ..... ۳۳
شکل ۳٦- دیاگرام آزاد سیم جهت تعیین واکنش های تکیه گاهی T و V ..... ۳٤
شکل ۳۷- تصاویری نمونه از موارد اجرا شده ..... ۳۸

# فهرست جداول

**عنوان** **صفحه**

جدول ۱- پایه های بتونی متناسب با ترانسفورماتور ..... ۱٤
جدول ۲- مشخصات فنی انواع تابلوهای توزیع کامپوزیت ترانس یکطرفه ..... ۲۳
جدول ۳- لیست کالاهای پک پست هوایی یکپارچه ۱۰۰ کیلوولت آمپر ..... ۲۵
جدول ٤- لیست کالاهای پک پست هوایی یکپارچه ۲۰۰ کیلوولت آمپر ..... ۲٦
جدول ۵ نسبت جرم‌های مودی موثر در شکل مودهای مهم پست هوایی ..... ۲۹
جدول ٦- 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) ..... ۳٤
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 ..... ۳٦

## 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 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 می افتد.

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 می شود 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 می باشد، 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 پایه۲۰ کیلوولت مناسب موجود یک پست یکپارچه هوایی (این پست ها روی یک پایه۲۰ کیلوولت نصب می شوند 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 دستور العمل 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 معمولا 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 دستوالعمل 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.

## ٤- 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

### ۵-۱ پست هوایی

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

## ۵-۲ 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 بهره برداری قرار می‌گیرند.

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



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

## ٦- محل‌های پیشنهادی برای نصب پست هوایی یکپارچه

١-٦- 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**

۲-٦- 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 ٤- تصاویر نمونه از محل نصب پست هوایی یکپارچه**

۳-٦- احداث پست جهت رفع مشکلات بهره برداری از جمله افت ولتاژ شبکه، تقویت بار شبکه موجود و تامین برق در شرایط اضطراری...

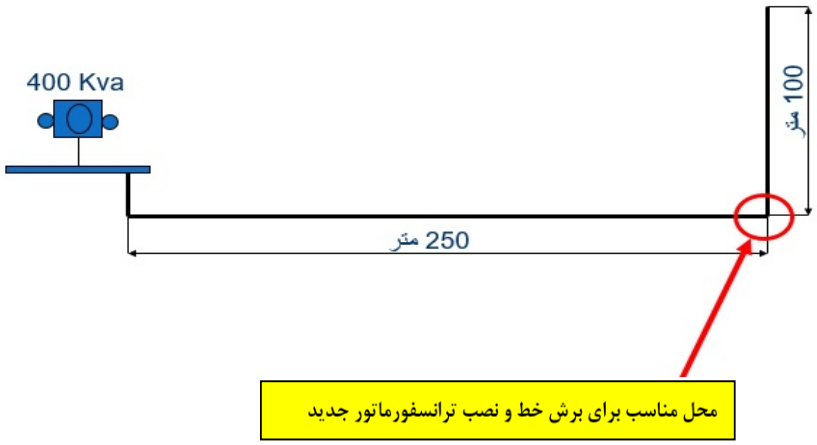



**شکل ٥- تصاویر پست هوایی یکپارچه نصب شده در شبکه**

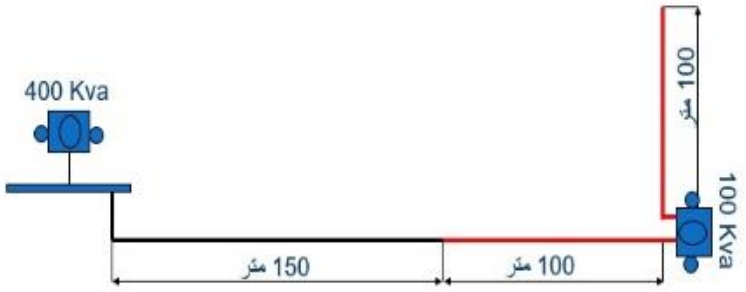
## ۷- کارکرد پست هوایی یکپارچه

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 بهره برداری می باشد که بطور مثال می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

مثال۱- کاهش طول فیدر فشار ضعیف و رفع افت ولتاژ

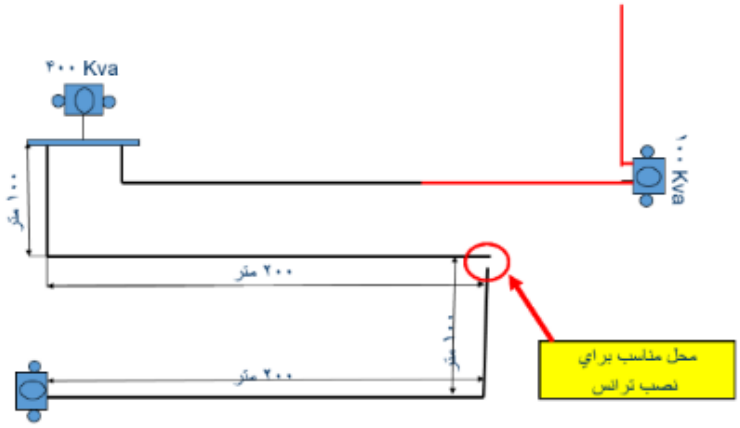



شکل ٦- برش فیدر فشار ضعیف با طول زیاد در محل مناسب

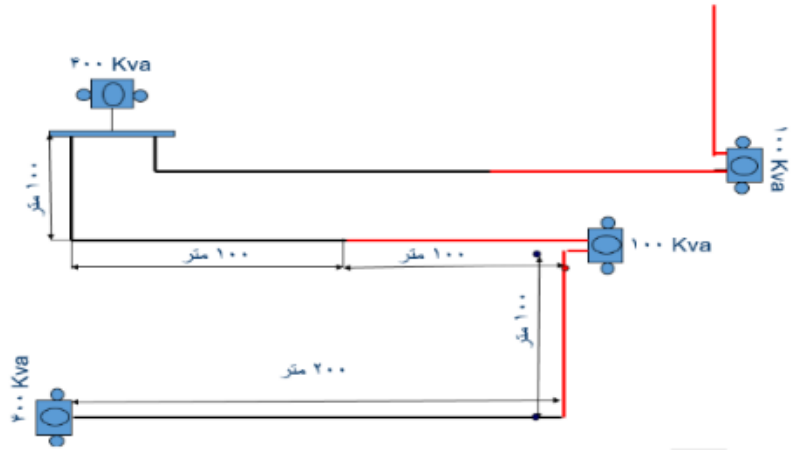



شکل ۷- نصب پست هوایی یکپارچه بر روی پایه موجود و کاهش طول فیدر فشار ضعیف

مثال۲- کاهش طول فیدر فشار ضعیف و کم کردن بار ترانسفورماتورهای موجود




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




**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**

مثال۳- کاهش طول شبکه فشارضعیف در پروژه‌های تامین برق ساخت و سازهای جدید شهری

با توجه به اینکه سهم عمده‌ای از تلفات در شبکه‌های توزیع مربوط به بخش شبکه فشارضعیف می‌باشد از طرفی احداث شبکه فشارضعیف برای تامین برق متقاضیان جدید پروسه طولانی و زمان‌بر می‌باشد در تامین برق ساخت و سازهای جدید خصوصا در نقاط با تراکم بار بالا (مجتمع‌های 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 فشارضعیف 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**

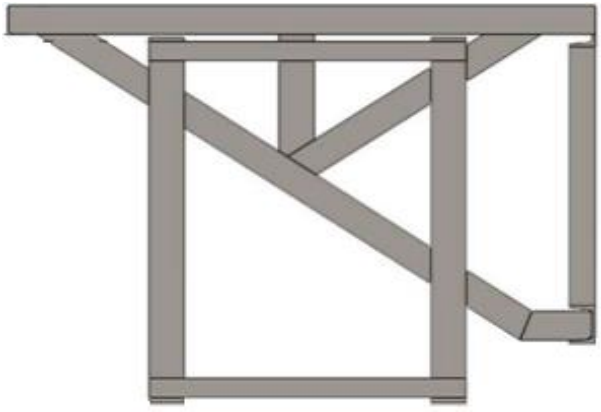
برای نصب ترانسفورماتور در پست‌های هوایی یکپارچه روی یک پایه، نیاز به سکوی مخصوص می‌باشد. لذا بر این اساس و با توجه به مزیت‌های نصب تابلو توزیع در ارتفاع، سکوی مخصوص طراحی و مورد بهره برداری قرار گرفت. طبق مشخصات فنی ارائه شده سکوی های ترانسفورماتور در پست های هوایی یکپارچه سه مدل می باشند:

۱- مدل A ( بدون قابلیت نصب تابلو )



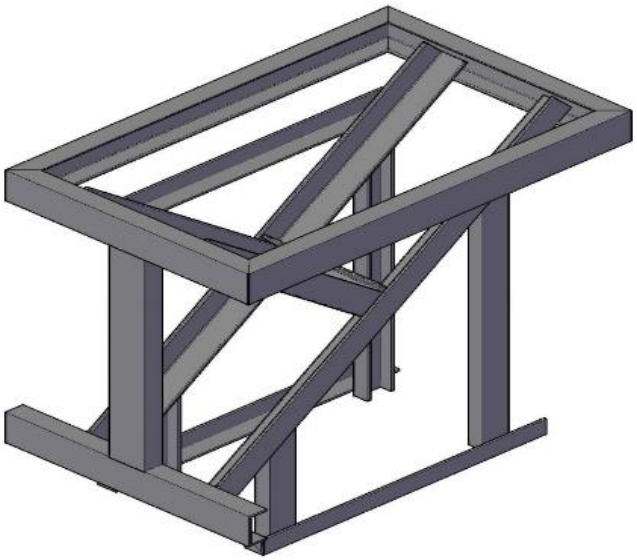
**شکل ۱۱- سکوی نصب ترانسفورماتور مدل A (بدون قابلیت نصب تابلو)**

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 ١٤- نمونه تصاویر مربوط به سکوی ترانسفورماتور**

### ۸-۲- 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 ۱۵- شماتیک سکوی کات اوت برقگیر**



**شکل ۱۶- نمونه سکوی کات اوت برقگیر**

طبق مشخصات فنی ارائه شده سکوی‌های کات اوت و برقگیر در پست های هوایی یکپارچه سه مدل می باشند:

۱- مدل A ( فاصله افقی نبشی بلند از پایه ۵۰cm ، طول نبشی بلند ۱۵۰cm با اتصال جوشی)

۲- مدل B ( فاصله افقی نبشی بلند از پایه ۵۰cm ، طول نبشی بلند ۲۰۰cm با اتصال پیچی)

۳- مدل C ( فاصله افقی نبشی بلند از پایه ۶۵cm ، طول نبشی بلند ۱۵۰cm با اتصال جوشی)



**شکل ۱۷- مدل های سکوی کات اوت و برقگیر در پست هوایی یکپارچه**

## ۸-۳- تابلو توزیع پست 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 بخش‌هایی به شرح زیر بیان می‌گردد:

الف : مشخصات فریم تابلو

ب : مشخصات تجهیزات حفاظتی

ج : مشخصات تجهیزات اندازه‌گیری

### ۸-۳-۱- مشخصات فریم تابلو

۱- فریم تابلو می‌تواند از ورق فلزی با پوششی از رنگ کوره‌ای باشد. در این حالت ابعاد تابلو پیشنهادی تقریبا برابر۲۲×۵۵×۷۵ سانتیمتر (عمق× عرض× طول) است. در صورت ضرورت می‌توان ابعاد تابلو را با در نظر گرفتن امکان نصب زیر سکو تغییر داد.

۲- فریم تابلو می‌تواند از جنس کامپوزیت الباف دار با پوششی از رنگ پلی‌اروتان باشد. در این حالت ابعاد تابلو تقریبا برابر ۲۲×۵۵×۷۵ سانتیمتر(عمق× عرض× طول) بوده و قابل تغییر نیست.



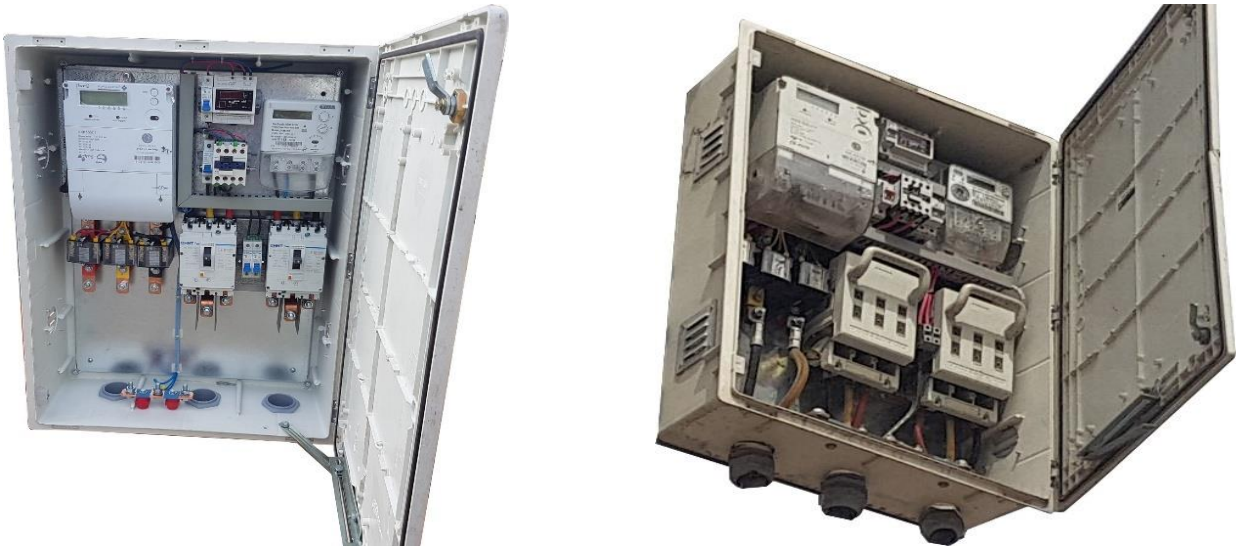
**شکل ۱۸- نمونه فریم کامپوزیت تابلو توزیع پست هوایی یکپارچه**

### ۸-۳-۲- مشخصات تجهیزات حفاظتی و کنترلی

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

۱- یک یا دو دستگاه کلید اتومات ۱۰۰ ، ۱۶۰ یا ۲۵۰ آمپر سه فاز متناسب باقدرت 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 ۱۰۰×۲ و ۱۶۰×۲ کنتور تک فاز هوشمند AMI در تابلوهای ۱۰۰×۱ ، ۱۶۰×۱ و ۲۵۰×۱)

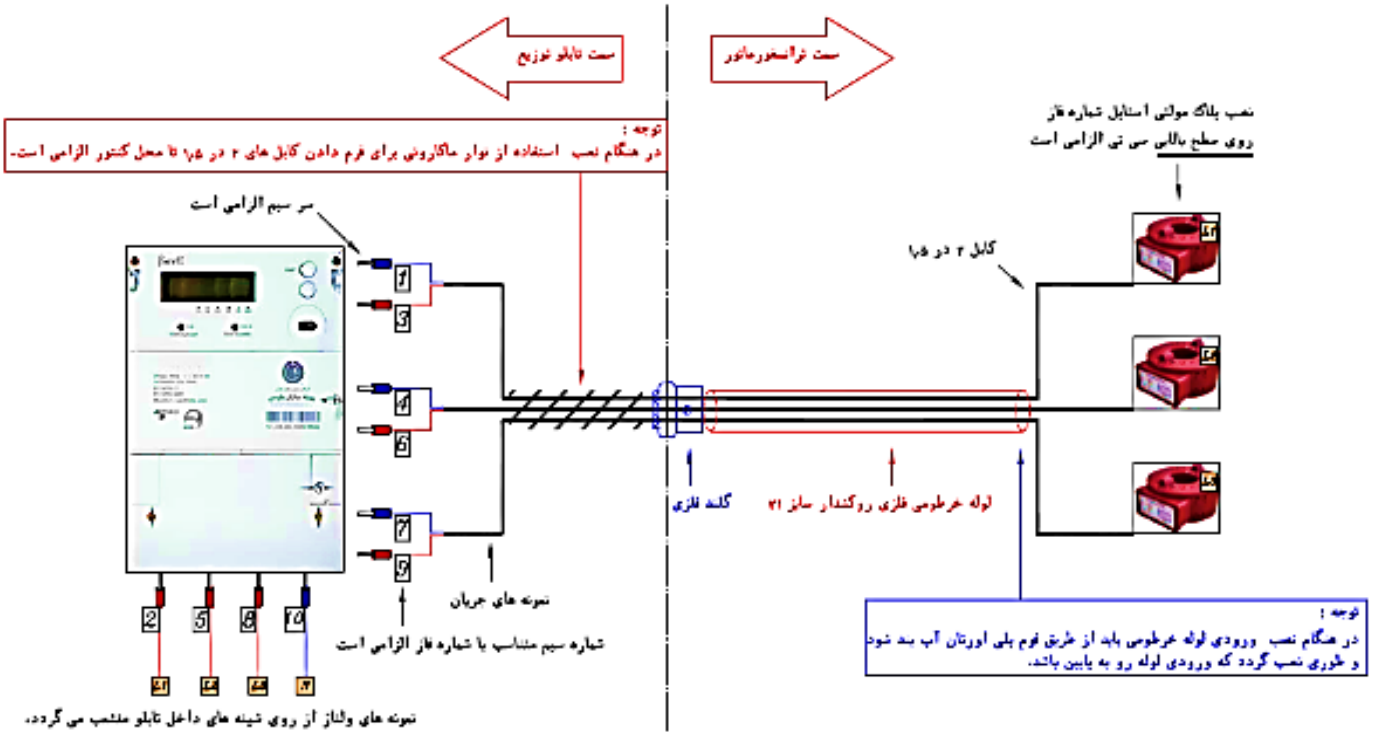
نکته: لیبل‌گذاری روی کنتورها با عنوان "کنتور مرجع هوشمند" و "کنتور روشنایی هوشمند" الزامی است.

٤- استفاده از تابلو به همراه یک ست (سه عدد) ترانس جریان بوشینگی (Bushing-type CT) با متعلقات ذیل:

- لوله خرطومی سایز ۲۱ به طول ۳/۵ متر
- کابل ۲ در ۱/۵خروجی از هر CT به طول حداقل ٤ متر دارای سر سیم و شماره سیم بر اساس شماره‌های ترمینال‌های جریانی کنتور غیر مستقیم با فرمت زیر :
- شماره های ۱ و ۳ : مربوط به فاز R یا $L_1$
- شماره های ٤ و ٦ : مربوط به فاز S یا $L_2$
- شماره های ۷ و ۹ : مربوط به فاز T یا $L_3$
- بر روی هر یک از ترانس جریان های بوشینگی، پلاک فاز مربوطه از جنس مولتی استایل (R – S – T یا $L_1 – L_2 – L_3$) بر اساس شماره سیم های سمت کنتور، روی ضلع بالایی CT نصب گردد (سمت P2).



شکل ۲۰- نمونه نصب ترانسفورماتور اندازه گیری جریان بوشینگی روی ترانسفورماتور در پست هوایی یکپارچه




شکل ۲۱- شماتیک نحوه اتصال ترانسفورماتور اندازه گیری جریان بوشینگی 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 پست های هوای یکپارچه با متعلقات مربوطه را روی پایه های مورد استفاده در شبکه با قدرت‌های مشخص شده احداث نمود.

جدول ۱- پایه های بتونی متناسب با ترانسفورماتور

| قدرت ترانسفورماتور | قدرت پایه |
|---|---|
| ۲۵ kVA | ۱۲/٤۰۰ |
| ۵۰ kVA | ۱۲/٤۰۰ |
| ۱۰۰ kVA | ۱۲/٤۰۰ |
| ۱٦۰ 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 محدوه شهری و در نزدیکی پست‌های هوایی موجود ضرورتی ندارد و پیشنهاد می‌گردد بر اساس محاسبات، برقگیر از پست‌های غیر ضروری حذف شود.

٤- 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 یکپارچه۲۰۰ کیلوولت آمپر که مطابق جدول شماره ٤ 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.

٦- 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 تا۲۰۰ کیلوولت آمپری انجام و پک‌های مذکورآماده تحویل به مجریان برای نصب در شبکه می‌گردد.





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 ۲٤ 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 هوائی در شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد بوده و جهت راهنمایی به شرکت‌های توزیع برای ساخت تابلو توزیع پست هوائی یکپارچه در این قسمت آورده شده است.

### تابلو توزیع کامپوزیتی ترانسفورماتور یکطرفه با ترانس جریان بوشینگی

- **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 اندازه گیری و کنترل

٤- مشخصات سیستم مدار روشنایی معابر

۵- مشخصات کابلها و شینه های 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)

۱-۲ ابعاد بیرونی تابلو (۲۰×۷۵×۵۵ سانتیمتر) می باشد. 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).

۱-۳ تعداد دو عدد قفل بوکسی زیمنسی روی درب نصب شود. حداقل روی یکی از قفل ها زبانه جهت نصب قفل استوانه‌ای/ آویز قرار گیرد. یک عدد قفل استوانه ای به همراه تابلو تحویل گردد.

۱-٤ لولاهای مورد استفاده از نوع فلزی با روکش گالوانیزه باشند.

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

۱-٦ مشخصات گلندها:

- در محل ورود کابل به تابلو، یک عدد گلند پلاستیکی متناسب با قطرکابل و طبق جدول پیوست نصب شود.
- در محل خروج کابل ها از تابلو (دقیقا زیر کلید فیوزهای خروجی)، دو عدد گلند پلاستیکی PG48 برای کابل خودنگهدار ۳۵+۳۵+۷۰×٤ 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 بوشینگی (مطابق نقشه)، یک عدد گلند فلزی سایز ۲۱ نصب می گردد.

۱-۷ بر روی درب علائم هشدار دهنده و تلفن اتفاقات بصورت پلاک فلزی ( استیل یا آلومینیومی ) نصب گردد.

۱-۸ داخل درب سمت راست (قسمت وسط) جاکارتی متناسب با برگه A5 نصب شود.

۱-۹ در قسمت بالای درب سمت راست پلاک مشخصات تابلو به ابعاد ۵×۱۰ 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.

۱-۱۰ 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.

۱-۱۱ کلیه تجهیزات داخلی تابلو بر روی سینی از ورق گالوانیزه به ضخامت۱/۵ 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)

۱-۱۲ ٤ عدد هواکش کرکره‌ای روی دیواره‌های جانبی در بالا و پایین (در هر سمت دو دریچه تهویه) ایجاد شود. قطر سوراخ دریچه ها ٦۰ میلیمتر می باشد که از سمت داخل دارای فیلتر و از سمت بیرون دارای دریچه شیاردار می باشند.

۱-۱۳ جهت استقرار تابلو روی سکوی ترانس یکطرفه بصورت کشویی، ریل مناسب مطابق دیتیل پیوست تهیه و بر روی تابلو نصب و تحویل گردد.

۱-۱٤ کنتور سه فاز روشنایی معابر، کنتور سه فاز مرجع ترانسفورماتور و سایر تجهیزات جانبی، روی یک صفحه PVC با ضخامت ٦ 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.

۱-۱۵ به منظور عدم برخورد اتفاقی د ست با نقاط برقدار، طلق شفاف با ضخامت ٤ میلیمتر روی شینه ها و نقاط برقدار نصب گردد.

## ۲- مشخصات تجهیزات حفاظتی تابلو

۲-۱ 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.

۲-۳ 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.

۲-٤ به منظور تسهیل آچار کشی کلید فیوز، فاصله ی بالای کلید فیوز تا صفحه نصب کنتورها، بایستی به میزان ٦ تا ۸ سانتیمتر رعایت گردد.

۲-۵ 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)

۲-٦ 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

۳-۱ کنتور سه فاز مرجع ترانسفورماتور (کنتور سه فاز غیر مستقیم هوشمند AMI)

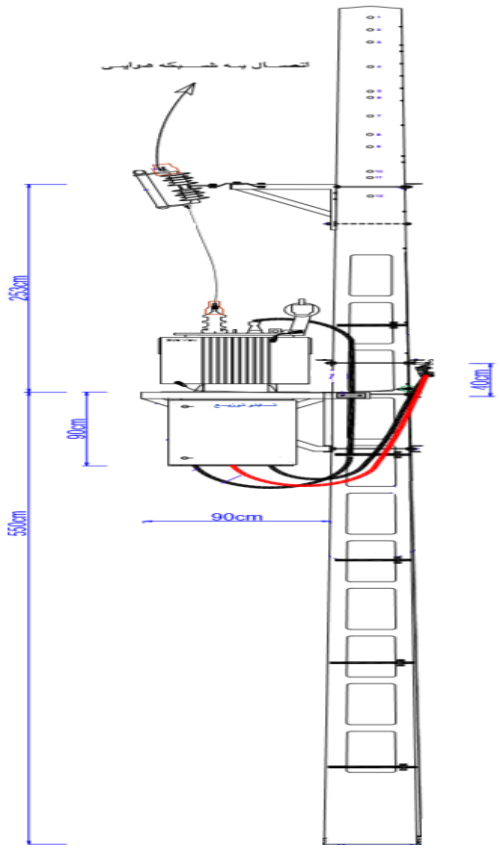
۳-۲ کنتور روشنایی معابر (کنتور سه فاز مستقیم هوشمند AMI در تابلوهای ۱۰۰×۲ و ۱٦۰×۲ – کنتور تک فاز هوشمند AMI در تابلوهای ۱۰۰×۱و ۱٦۰×۱ و ۲۵۰×۱)

۳-۳ برچسب‌گذاری روی کنتورها با عنوان "کنتور مرجع هوشمند" و"کنتور روشنایی هوشمند" الزامی است.

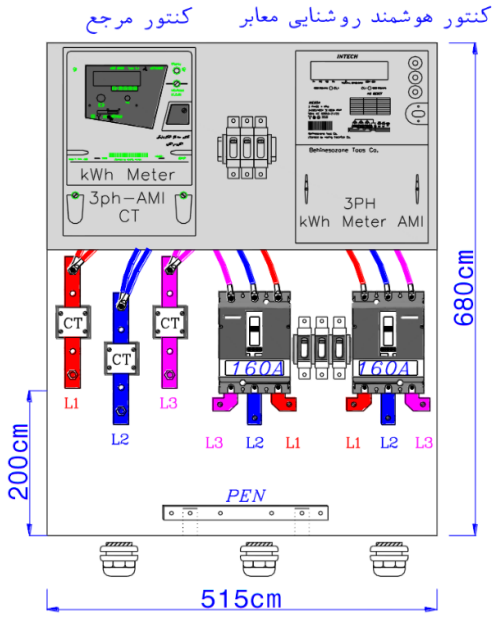
۳-٤ تابلو به همراه یک ست (سه عدد) ترانس جریان بوشینگی (Bushing-type CT) به همراه متعلقات آن تحویل می گردد.

متعلقات شامل :

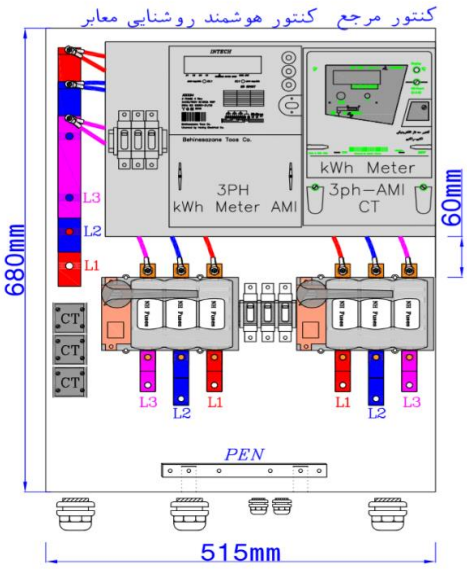
- لوله خرطومی سایز ۲۱ به طول ۳/۵ متر
- کابل ۲ در ۱/۵ خروجی از هر CT به طول حداقل ٤ متر دارای **سر سیم** و **شماره سیم** بر ا ساس شماره های ترمینال‌های جریانی کنتور غیر مستقیم با فرمت زیر :
  - شماره های ۱ و ۳ : مربوط به فاز R یا L1
  - شماره های ٤ و ٦ : مربوط به فاز S یا L2
  - شماره های ۷ و ۹ : مربوط به فاز T یا L3
- بر روی هر یک از ترانس جریان‌های بوشینگی، 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).



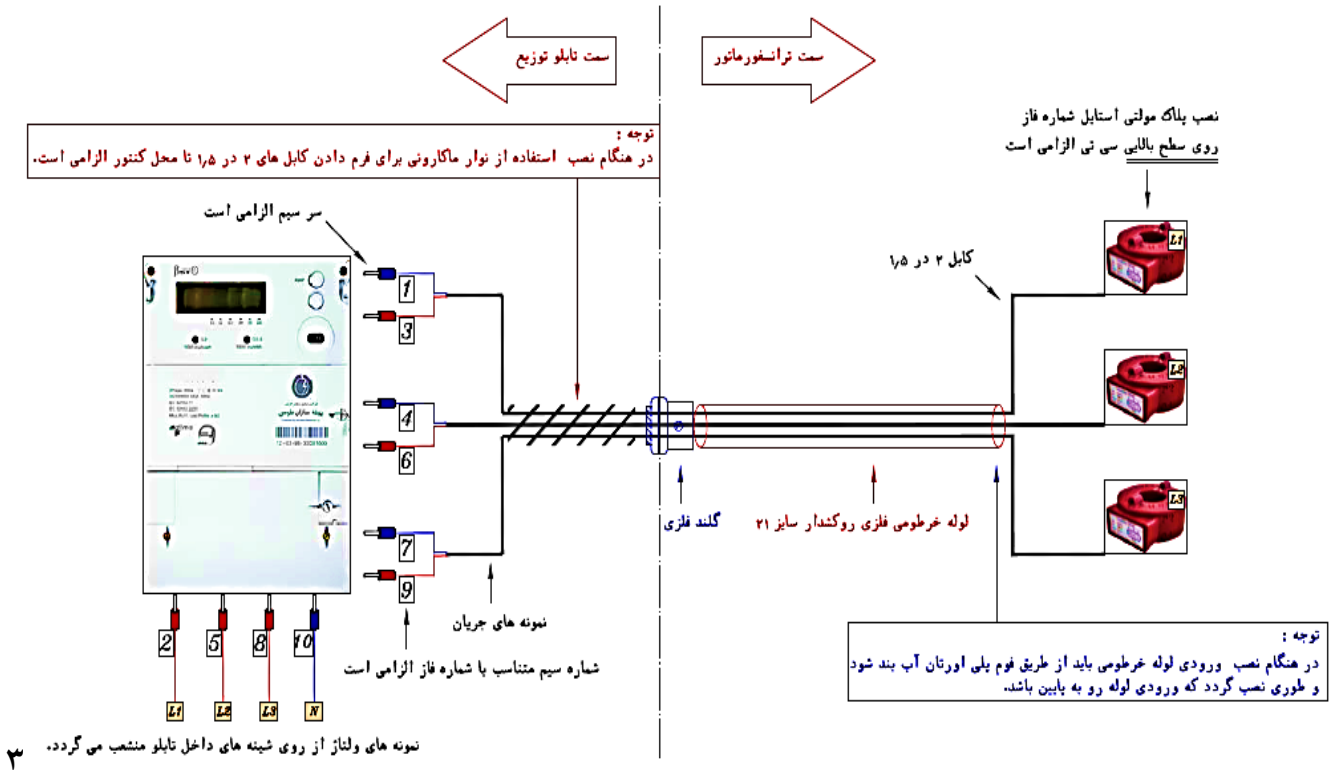

شکل ۲۵ شماتیک ارتفاع نصب تابلو و سکوی ترانسفورماتور




شکل ۲۶ تابلو توزیع پست هوایی یکپارچه با کلید اتوماتیک در خروجی




شکل ۲۷ تابلو توزیع پست هوایی یکپارچه با کلید فیوز گردان در خروجی




شکل ۲۸ تجهیزات اندازه‌گیری و کنترل تابلو

## ٤- مشخصات سیستم مدار روشنایی معابر

سیستم روشنایی معابر متشکل از قطعات زیر است :

٤-١ کنتور روشنایی معابر (کنتور سه فاز مستقیم هوشمند AMI در تابلوهای ۱۰۰×۲ و ۱٦۰×۲ کنتور تک فاز هوشمند AMI در تابلوهای ۱۰۰×۱ و ۱٦۰×۱ و ۲۵۰×۱)

٤-٢ کلید ایزولاتور ٤٠ آمپر جهت نصب قبل از کنتور روشنایی معابر (ایزولاتور سه پل برای کنتور سه فاز و ایزولاتور تک پل برای کنتور تک فاز)

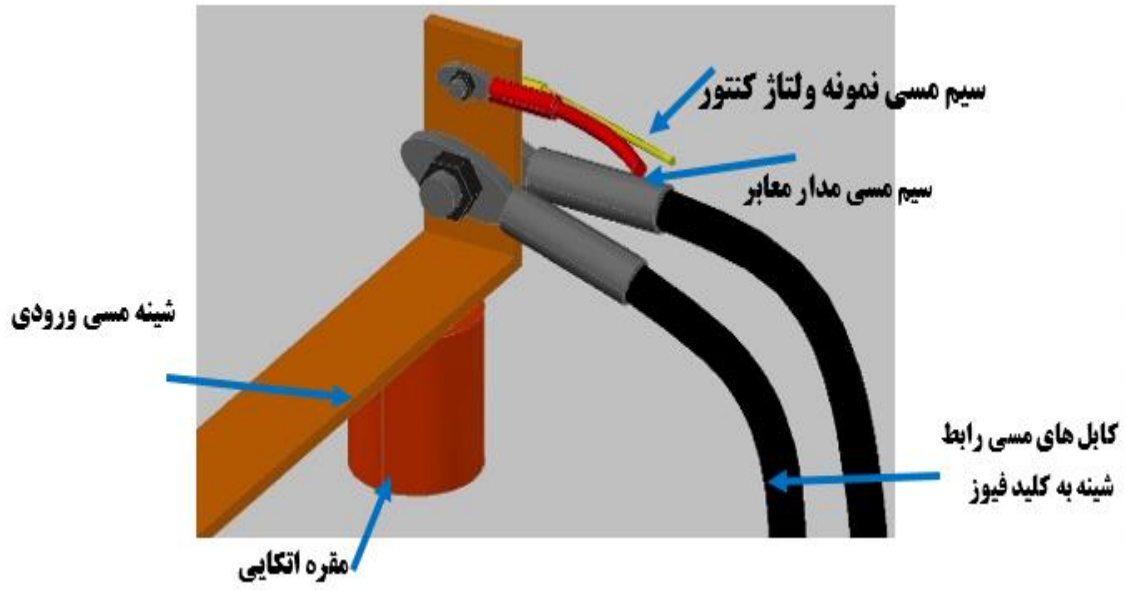
٤-٣ کلید مینیاتوری ۳۲ آمپر تکفاز تیپ C با قدرت قطع ٦ kA با تعداد ذکر شده در جدول پیوست. (خروجی مدار روشنایی معابر)

## ٥- مشخصات کابل ها و شینه‌های ارتباطی

٥-١ سیم ها باید دارای سرسیم و نشانه‌گذاری مناسب باشند.

٥-٢ شینه های ورودی به صورت پلکانی و زیر هم اجرا می شوند به نحوی که تمامی پیچ های متصل به آن قابل دسترس باشند.

۵-۳ 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**

۵-٤ 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 ١٦ برقرار می گردد.

۵-٦ ارتباط بین کنتور معابر و فیوزهای مینیاتوری با سیم مسی افشان روکش دار نمره ۱۰ انجام گیرد.

۵-۷ 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، لیبل گذاری (L1,L2,L3) نیز برای فازهای ورودی و خروجی مطابق با چیدمان پیوست انجام شود.

۵-۸ ترتیب نام گذاری و ارتباط الکتریکی شینه‌ها باید طوری با شد که همواره شینه‌های کنار هم (در دو مدار مختلف)، هم فاز باشند.

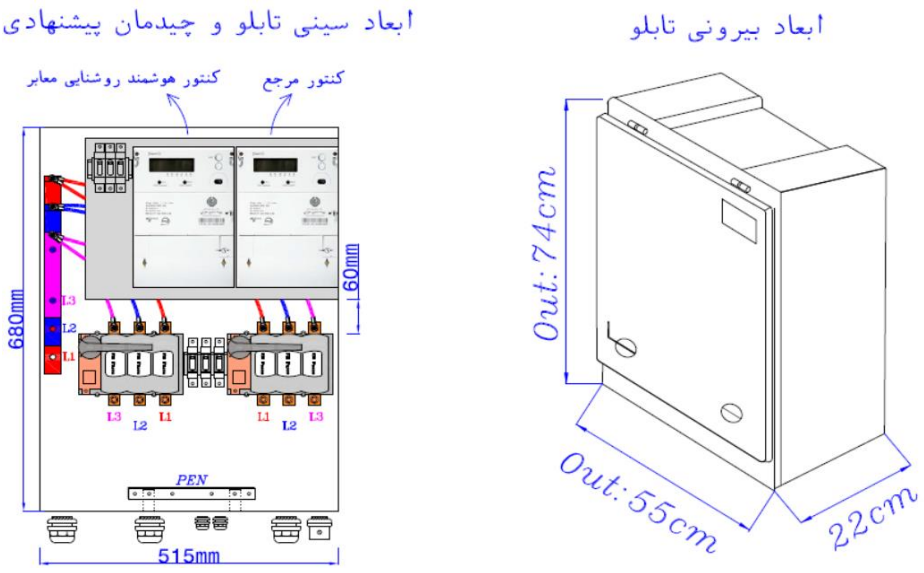
۵-۹ شینه نول ورودی/ خروجی با ابعاد ۵×۲۵ میلیمتر و حداقل طول ۳۰۰ میلیمتر توسط دو مقره شیار دار بصورت تیغه‌ای در کف تابلو نصب می‌گردد.

۵-۱۰ کلیه سیم‌کشی‌های داخلی تابلو می‌بایست داخل نوار ماکارونی پیچی قرار گیرند.

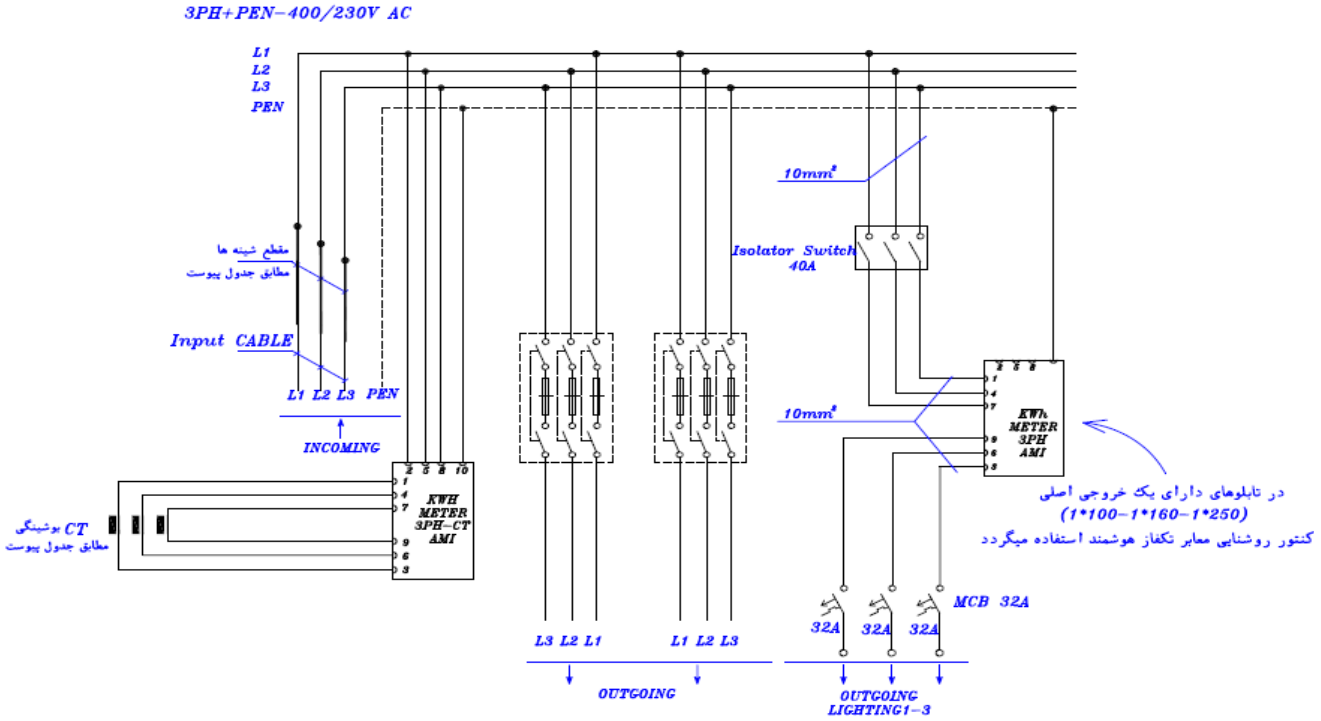
در ادامه جدول مشخصات فنی الکتریکی تابلو توزیع به همراه تصاویری از ابعاد، جانمایی و نقشه الکتریکی تابلو توزیع پست هوائی یکپارچه آورده شده است.

**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 بوشینگی [آمپر] | فیدر های 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 | 1×160A | 100A NH00/NH0 | ۱ | ۳۲A | ۴×۵۰ مسی ۴×۹۵ آلومینیوم 1 × PG 36 | ۴×۷۰+۳۵+۲۵ خودنگهدار 1 × PG 48 معابر 1 × PG29 |
| تابلو ۱×۱۶۰ آمپر | ۲۰×۵ | کابل مسی ۱×۵۰ | ۱۰۰ | ۱۵۰/۵ | 1×160A | 160A NH00/NH0 | ۱ | ۳۲A | ۴×۷۰ مسی 1 × PG 42 | ۴×۷۰+۳۵+۲۵ خودنگهدار 1 × PG 48 معابر 1 × PG29 |
| 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 خودنگهدار 1 × PG 48 معابر 1 × PG29 |
| 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 خودنگهدار 2 × PG 48 معابر 2 × PG29 |
| 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 خودنگهدار 2 × PG 48 معابر 2 × PG29 |
| توجه :- کلیه تابلوها دارای یک عدد گلند PG21 فلزی در سمت راست می باشند (جهت اتصال لوله خرطومی CT بوشینگی) | | | | | | | | | | |




**شکل ۳۰ جانمایی و ابعاد تابلو توزیع پست هوایی یکپارچه**




شکل ۳۱ نقشه الکتریکی تابلو توزیع پست هوایی یکپارچه

## پیوست ۲- لیست کالاهای پک پست هوایی یکپارچه

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

**جدول ۳- لیست کالاهای پک پست هوایی یکپارچه ۱۰۰ کیلوولت آمپر**

| بسته | نام بسته | نام کالا | واحد | مقدار |
|---|---|---|---|---|
| ۸٤٤۰ | بسته یکطرفه ترانس ۱۰۰ با تابلو | کابل مسی فشارضعیف ۱در۲۵ | متر | ٤ |
| | | کابل مسی فشارضعیف ٤در ۷۰ | متر | ٤ |
| | | بست کمربندی کابل ۲۰ سانت | عدد | ۱۰ |
| | | بست تسمه گالوانیزه عدل بندی | عدد | ۵ |
| | | کاوربوشینگ کلاهک ترانس سیم روپوشدار | عدد | ۳ |
| | | کاورکات اوت فیوزسیم روپوشدار | عدد | ۳ |
| | | سیم فیوز ٦ امپر۲۰کیلو 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 | ٦ |
| | | کابلشو مسی نمره ۷۰ | عدد | ۸ |
| | | کابلشو مسی۹۰درجه نمره ۲۵ | عدد | ۳ |
| | | پیچ ومهره گالوانیزه ٦گوش ۱٦در۳۵۰میلیمتر | عدد | ۲ |
| | | پیچ ومهره گالوانیزه تمام رزوه ۱٦در٤۵۰میلیمتر | عدد | ۱۱ |
| | | پیچ و مهره گالوانیزه ۸/۳ اینچ پنج سانت | عدد | ۱۰ |
| | | پیچ ومهره گالوانیزه ۸/۵ اینچ پنج سانت | عدد | ٤ |
| | | واشرگالوانیزه ۵×۵۰×۵۰میلیمتر | عدد | ۱۰ |
| | | تسمه گالوانیزه عدل بندی | عدد | ۱ |
| | | تسمه ارت ۵/۷متری روکشدار | عدد | ۱ |
| | | تابلو توزیع فشارضعیف ۱٦۰آمپر پست هوائی یکطرفه | دستگاه | ۱ |
| | | ترانسفورماتور۱۰۰کیلوولت آمپر | دستگاه | ۱ |
| | | سکوی یکطرفه ترانس۲۰۰کیلوولت آمپر | عدد | ۱ |
| | | سیم مسی روکشدار ۲۰ کیلوولت نمره ۲۵ | متر | ۷/۵ |
| | | ترموفیت حرارتی عایقی ۱۰/۲۰ | متر | ۰/٦٤ |
| | | ست کابل پلیمری ۲٤۰-۵۰ | عدد | ۱ |

جدول ٤- لیست کالاهای پک پست هوایی یکپارچه ۲۰۰ کیلوولت آمپر

| بسته | نام بسته | نام کالا | واحد | مقدار |
|---|---|---|---|---|
| ٨٤٤١ | بسته یکطرفه ترانس ۲۰۰ با تابلو | کابل مسی فشار ضعیف ۱ در ۲۵ | متر | ٤ |
| | | کابل مسی فشار ضعیف ٤ در ۹۵ | متر | ٤ |
| | | بست تسمه گالوانیزه عدل بندی | عدد | ٥ |
| | | بست کمربندی کابل ۲۰ سانت | عدد | ۱۰ |
| | | کاور بوشینگ کلاهک 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 | ٦ |
| | | کابلشو مسی نمره ۹۵ | عدد | ۸ |
| | | کابلشو مسی ۹۰ درجه نمره ۲۵ | عدد | ۳ |
| | | پیچ و مهره گالوانیزه ٦ گوش ١٦ در ۳۵۰ میلیمتر | عدد | ۲ |
| | | پیچ و مهره گالوانیزه تمام رزوه ١٦ در ٤٥٠ میلیمتر | عدد | ۱۱ |
| | | پیچ و مهره گالوانیزه ۳/۸ اینچ پنج سانت | عدد | ۷ |
| | | پیچ و مهره گالوانیزه ٥/۸ ینچ پنج سانت | عدد | ٤ |
| | | واشر گالوانیزه ٥×٥٠×٥٠ میلیمتر | عدد | ۱۰ |
| | | تسمه گالوانیزه عدل بندی | عدد | ۱ |
| | | تسمه ارت ۷/٥ متری روکشدار | عدد | ۱ |
| | | تابلو توزیع فشار ضعیف ۲ در ١٦٠ آمپر پست هوایی یکطرفه | دستگاه | ۱ |
| | | ترانسفورماتور ۲۰۰ کیلوولت آمپر | دستگاه | ۱ |
| | | سکوی یکطفه ترانس ۲۰۰ کیلوولت آمپر | عدد | ۱ |
| | | سیم مسی روکشدار ۲۰ کیلوولت نمره ۲۵ | متر | ٤/٥ |
| | | ترموفیت حرارتی عایقی ۲۰/۱۰ | متر | ۰/٦٤ |
| | | بست کابل پلیمری ٢٤٠-٥٠ | 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.

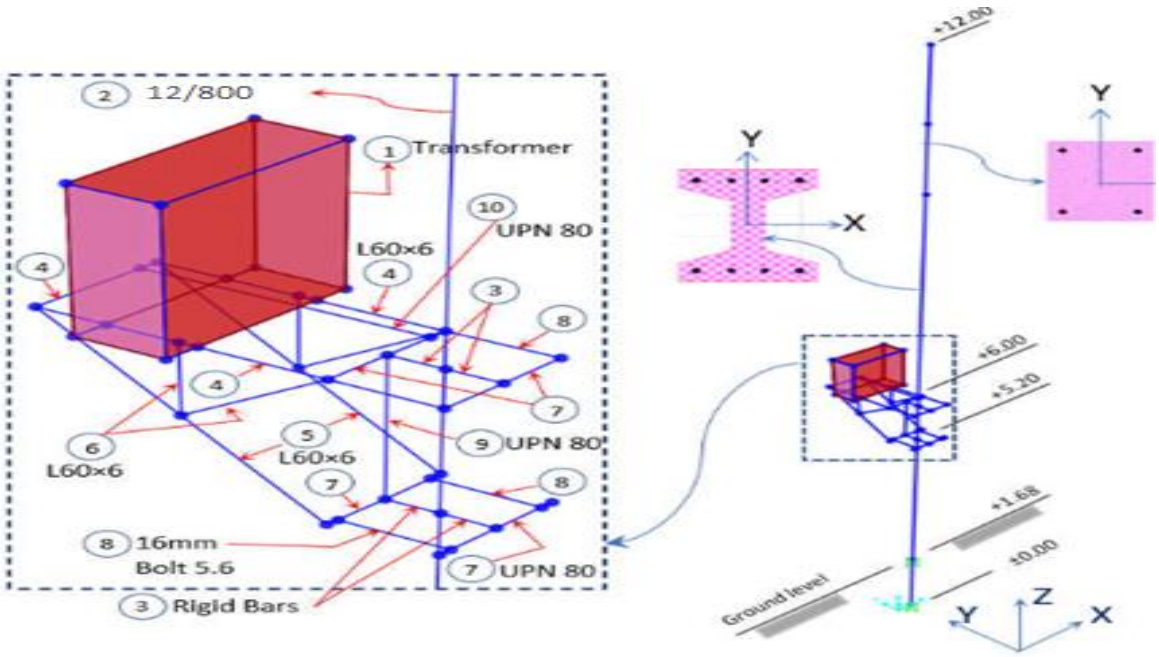
**الف: ارزیابی رفتار ترانس های هوایی با جزییات استاندارد (ترانسفورماتورهای مبنا)**

در این بخش هدف مدلسازی ارزیابی رفتارسازه‌ای پایه‌ها و سکوی نشیمن ترانسفورماتور می باشد. مدلسازی جزییات سازه‌ای بدنه، هسته و سیم پیچ ترانسفورماتور هدف این بررسی نیست. ترانسفورماتور و کلیه ملحقات آن طبق استاندارد IEC ٦٠٠٧٦ باید طوری طراحی شده باشد که شتاب های وارده تا 0/35 g را بدون هرگونه صدمه ای تحمل نماید. بنابراین با فرض استفاده از ترانسفورماتورهای استاندارد در پست های هوایی، تنها ابعاد فیزیکی (مختصات مرکز جرم) و جرم ترانسفورماتور در مدلهای کامپیوتری سازه پست با واقعیت منطبق می باشد. مشخصات فیزیکی و وزن ترانسفورماتورkva ۲۰۰ تعیین شده اند.

با توجه به مشارکت مودهای بالاتر در پاسخ دینامیکی سیستم، روش تحلیل بکار رفته روش تحلیل مودال طیفی و مودال تاریخچه زمانی است. در تحلیل های انجام شده اثرdelta-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 پایه های ۱۲ متری پست که معمولاً سیم های خط انتقال به آنها متصل می‌شوند منظور شده است. در پایه های مماسی نیروی افقی کشش سیم که در طرفین پایه وجود داشته و یکدیگر را خنثی می نمایند حذف شده است. تحلیل مودال طیفی با درنظر گرفتن مشارکت مودهای موثر سیستم که مجموع جرم های مودی موثر آنها حداقل ٪۹۰ جرم کل سیستم را تشکیل دهد انجام پذیرفته است. کنترل کفایت المان های سازه ای پست شامل پایه های بتن آرمه و نیز اجزای نشیمن ترانس به ترتیب توسط ضوابط آیین نامه های AISC ۳٦۰-۱۰و ACI ۳۱۸-۱٤کنترل شده اند. لازم به ذکر است که ضوابط مباحث ۱۰ و ۹ مقررات ملی ساختمانی ایران دارای تطابق بسیار زیادی با آیین نامه های مذکور می باشند.

**بررسی پست تک پایه kVa ۲۰۰:**

ترانسفورماتور توزیع در پست هوایی ۲۰۰kVa بر روی یک پایه ۱۲/۸۰۰ قرار گرفته است. همانگونه که می توان فرض نمود که سیم های هادی خط به پایه ۱۲ متری این پست منتهی شده اند.(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 ۸۰تشکیل 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 ۸۰جوش شده است. ناودانی های UPN ۸۰در 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 ۵,٦ (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

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 ٤٦٪ 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.

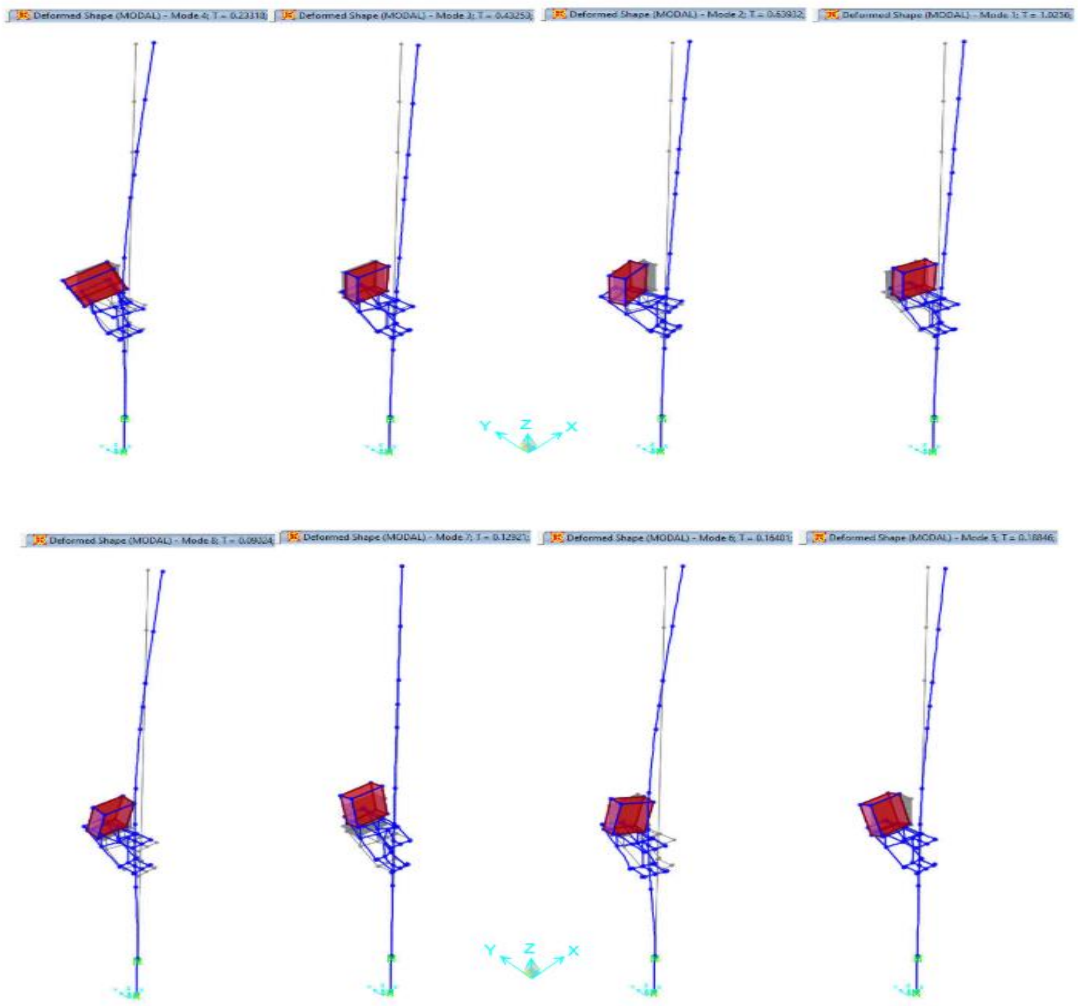
**جدول ۵ نسبت جرمهای مودی موثر در شکل مودهای مهم پست هوایی**

| 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
UY = نسبت جرم مودی موثر حرکات انتقالی در امتداد Y
UZ = نسبت جرم مودی موثر حرکات انتقالی در امتداد Z
SumUX = نسبت تجمعی جرم های مودی موثر حرکات انتقالی در امتداد X
SumUY = نسبت تجمعی جرم های مودی موثر حرکات انتقالی در امتداد Y
SumUZ = نسبت تجمعی جرم های مودی موثر حرکات انتقالی در امتداد Z

RX = نسبت جرم مودی موثر دوران‌های حول محور X
RY = نسبت جرم مودی موثر دوران‌های حول محور Y
RZ = نسبت جرم مودی موثر دوران‌های حول محور Z
SumRX = نسبت تجمعی جرم های مودی موثر دوران‌های حول محور X
SumRY = نسبت تجمعی جرم های مودی موثر دوران‌های حول محور Y
SumRZ = نسبت تجمعی جرم های مودی موثر دوران‌های حول محور Z

شکل زیر مودهای اصلی سیستم را نشان می‌دهد. مودهای اصلی را می توان به شرح زیر دسته بندی نمود .مودهای اصلی در صفحه XZ محور ضعیف تر مقطع پایه عمود بر این صفحه است. مودهای ۱ و ٦ که دارای بیشترین نسبت جرم مودی موثر UX هستند را می توان دو مود اصلی و موثر در صفحه XZ درنظر گرفت. در این صفحه تغییر شکل های خمشی موجب دوران حول محور ضعیف مقطع پایه بتنی می گردد. این دو مود به تنهایی دارای نسبت تجمعی جرم مودی موثر SumUX= ۰/۹٦ بوده و تمامی تغییر شکل ها در صفحه XZ را میتوان از ترکیب خطی آنها بدست آورد. سکوی نشیمن ترانس در مود اول تقریبا بصورت صلب عمل می نماید. بنابراین ، مود مذکور را می توان مود مربوط به تغییرشکل 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 می توان سه مود اصلی و موثر مرتبط با تغییرشکل های صفحه YZ محسوب نمود. این سه مود در مجموع دارای نسبت جرم مودی موثر SumUY= ۰/۹۳بوده و بنابراین، تقریبا 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 ٤ و ٥ دارای نسبت جرم مودی موثر کمتر از ٪۷ هستند)**

مودهای پیچشی (دوران حول محورZ مود ۲ با نسبت جرم مودی موثر۰/۸۳ =RZ اصلی ترین مود پیچشی سیستم است. نسبت جرم مودی موثر این مود همراه با مودهای ٤ و ٦ در مجموع به ٪۹۲ میرسد. مودهای ٤ و ٦ با تغییرشکل 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 شکلها با مودهای پیچشی درگیرند .مود اصلی ارتعاش در سکوی ترانس : بجز سه مود اول سیستم که سکوی ترانس تقریبا 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 ٤ و ٥ 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 زمانیکه 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 ۵۰متر 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) درنظر گرفته می‌شود. در این بخش نتایج تحلیل و کنترل ظرفیت‌های 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 تحلیل‌های تاریخچه 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 ٦- پست هوایی 200KVA با فرض استقرار بر یک پایه میانی، ارزیابی معیار مقاومت در پایه (کنترل خمش)**

| پایه بتنی | ترکیب بار بحرانی | تقاضای نهایی تلاش های داخلی | | | نسبت تقاضا به ظرفیت | کفایت مقاومت پایه |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Pu(KN) | M۲(KN.m) | M۳(KN.m) | DCR | |
| ۱۲-۸۰۰ | DCON | ۳۳/۱۲ | -۸۲ | ۱۰/۱۲ | ۰/۹۲ | OK |
| *۱/۲DEAD+۰/۵ SNOW+WINDX | | | | | | |

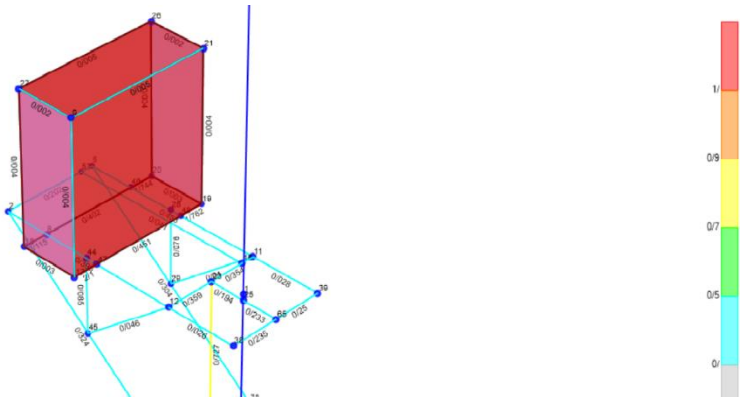
جدول زیر نتایج ارزیابی ظرفیت برشی پایه بتنی (با فرض استقرار بر روی یک پایه میانی) را نشان میدهد. همانگونه که مشاهده میشود، با توجه به مقادیر نسبتا اندک تقاضای برش، حتی ظرفیت برشی بتن مقطع، ΦVc، به تنهایی ظرفیت برشی لازم را در پایه ایجاد می نماید. بدیهی است با توجه به وجود آرماتورهای عرضی، ظرفیت برشی مقطع بزرگتر از اعداد نشان داده شده در جدول بوده و بنابراین میتوان نتیجه گرفت، پایه های بتنی با حاشیه اطمینان قابل توجه ی 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)**

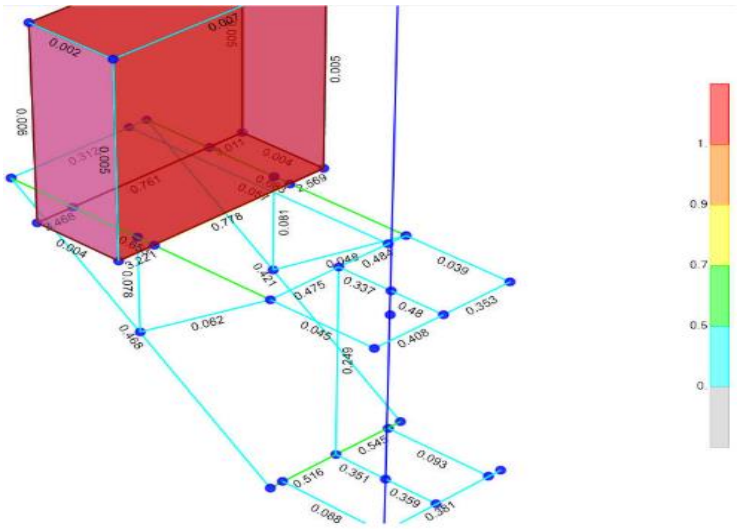
| کفایت مقاومت پایه | ظرفیت برشی مقطع(KN) | | تقاضای نهایی تلاش های داخلی | | | ترکیب بار بحرانی | پایه بتنی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (ΦVc)3 | (ΦVc)2 | Pu(KN) | V۳(KN) | V۲(KN) | | |
| OK | ۵۲ | ۲۸ | ۳۳/۱۸ | ۱۰/۹۳ | ۰ | DCON | ۱۲-۸۰۰ |

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 خروجی‌های تحلیل تاریخچه زمانی نشان می‌دهد. بازهم ترکیب بارهای بحرانی عمدتا 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 می باشند.



**شکل ۳۴-نسبت تقاضا به ظرفیت تنش‌های قائم در اعضای سازه ای نشیمن‌گاه ترانس در پست هوایی شماره ۲ (نتایج تحلیل مودال طیفی)**



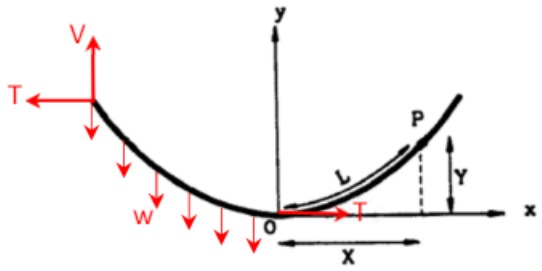
شکل ۳۵- نسبت تقاضا به ظرفیت تنش‌های قائم در اعضای سازه‌ای نشیمن‌گاه ترانس در پست هوایی 200KVA (نتایج تحلیل تاریخچه زمانی)

**پست kVA ۲۰۰ با پایه 12/800 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 درنظر گرفته میشود. نیروهای کشش سیم در اسپن های ۴۰ و ۵۰ متر را می توان در جدول های بالا ملاحظه نمود. در این بخش نتایج تحلیل و کنترل ظرفیت های نیرویی اعضای سازه ای 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 اسپن های ۴۰ و 50 متر بکار گرفته شود معیار مقاومت را اقناع نمی نماید. ترکیب بار بحرانی پایه شامل آثار بار مرده، برف، و باد در جهت Y بوده و تلاش های ناشی از آثار زلزله در هریک از روش های تحلیلی مورد بررسی در این بررسی (یعنی روش های مودال طیفی و تاریخچه زمانی) به این حد بحرانی نخواهند بود. لازم به ذکر است که المان های سازه ای سکوی ترانس شرایط معیار مقاومت را در کلیه ترکیب بارهای مورد بررسی اقناع 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 (انتهایی) خط در اسپن s=30 m مورد بررسی قرار میگیرد. با توجه به آنکه جداول بارگذاری موجود برای اسپن های 40m و بیشتر ارائه شده اند از مرجع مذکور نمی توان 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 تکیه گاه آن بدست آورد (شکل زیر). با فرض فلش f=0.45 m و وزن واحد طول w=1.95 kgf/m با احتساب 1/5kgf وزن یخ دور سیم در اسپن s=30 m نیروی کشش 125 kgf و مولفه قائم عکس العمل تکیه گاهی 7.2 kgf بعنوان اثر وزن مرده هر سیم محاسبه میشوند. در صورت درنظر گرفتن یخ زدگی سیم (بار برف) نیروی کششی آن 385 kgf و نیروی قائم وارده از طرف سیم

به پایه 25kgf محاسبه و درنظر 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 درنظر گرفته شده اند). نتایج طراحی پایه براساس روش های مودال طیفی و تحلیل های تاریخچه زمانی در جدول زیر قابل مشاهده می باشد. همانگونه که ملاحظه میگردد پایه ۱۲/۸۰۰ در دهانه (اسپن)و۴۰و۵۰و۳۰ متر نیزمعیار 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)**

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

جدول زیر نتایج ارزیابی ظرفیت برشی پایه بتنی پست 200kva (با فرض استقرار بر روی یک پایه کناری) را برای اسپن های۴۰m,۵۰ m 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 منجربه نیروهای برشی بحرانی شامل آثار زلزله نمی شوند.

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

| کفایت مقاومت پایه | ظرفیت برشی مقطع(KN) | | تقاضای نهایی تلاش های داخلی | | | S (m) | پایه بتنی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (ΦVc)3 | (ΦVc)2 | Pu(KN) | V۳(KN) | V۲(KN) | | |
| Shear Reinf.Req. | ۴۹ | ۲۸ | ۳۳/۸ | ۰ | ۳۶/۲ | ۵۰ | ۱۲-۸۰۰ |
| Shear Reinf.Req. | ۴۹ | ۲۸ | ۳۴/۱ | ۰ | ۳۶/۵ | ۴۰ | |
| Av/s=۳۸۵ mm۲/m | ۴۹ | ۲۸ | ۳۳/۵۸ | ۰ | ۳۲/۵ | ۳۰ | |

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 kva۲۰۰ 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 نیرهای 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 اینگونع 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.

# پیوست ٤- چک لیست نظارت بر نصب پست هوایی یکپارچه

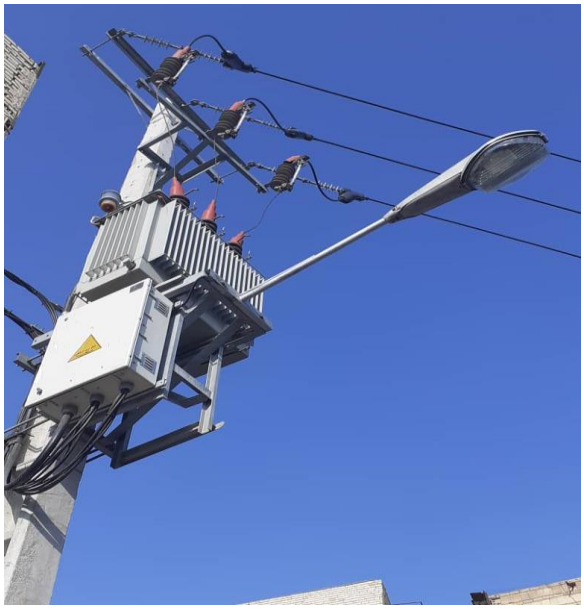
## جدول ١٠- چک لیست نظارت بر نصب پست هوایی یکپارچه

| شرح عملیات | زیر آیتم عملیات اجرایی | کیفیت استاندارد |
|---|---|---|
| حفر گود | ٣٠٠/١ پرسنل مجری دارای کارت شناسایی معتبر و لباس فرم مناسبی باشند. | در کلیه مراحل اجرایی پروژه کنترل شود. |
| | ٣٠٠/٢ رعایت حریم تاسیسات زیرزمینی موجود | مطابق استاندارد حریم |
| | ٣٠٠/٣ عمق، ابعاد گود، رعایت لاین شبکه و راستای نیروگیر پایه | ١/٥ × ٠/٧ × ٠/٨ m |
| | ٣٠٠/٤ رعایت ایمنی و آداب کار | استفاده از درپوش و علائم هشدار دهنده، کاور برزنت و جمع آوری خاک مازاد |
| نصب پایه و بتن ریزی | ٣٠٠/٥ تطابق طرح و اجرا | |
| | ٣٠٠/٦ بررسی وضعیت ظاهری پایه و ارائه تست کیفیت پایه | |
| | ٣٠٠/٧ نصب مناسب پایه | بررسی سنگ لاشه، انحراف از حالت قائم – بررسی راک پایه |
| | ٣٠٠/٨ رعایت استانداردهای بتن ریزی پایه و نصب لوله خرطومی داخل بتن | عیار بتن ٢٠٠ $kg/m^3$ |
| نصب سکوی ترانس | ٣٠٠/٩ گذشت حداقل زمان لازم پس از بتن ریزی جهت نصب یراق آلات | ٢٤ ساعت |
| | ٣٠٠/١٠ متناسب بودن ناودانی با قدرت ترانس و درنظر گرفتن امکان یا عدم امکان نصب تابلو در ترانس های یکطرفه | |
| | ٣٠٠/١١ اخذ تاییدیه کیفی و کنترل کلیه یراق آلات | |
| | ٣٠٠/١٢ نصب مناسب سکوی ترانس | ارتفاع مناسب نصب ( ٦/٣m – ٥ m)، بررسی تراز بودن و تعداد پیچ و مهره ها |
| نصب ترانسفورماتور | ٣٠٠/١٣ 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 |
| | ٣٠٠/١٤ نصب مناسب ترانس روی سکو | ترانس روی سکو تراز و با ٤ عدد پیچ و مهره ٥/٨ بسته شده باشد. |
| | ٣٠٠/١٥ اخذ تاییدیه کیفی و کنترل کالا | |
| نصب سکوی کات اوت و برقگیر | ٣٠٠/١٦ تطابق طرح و اجرا و اخذ تاییدیه کیفی و کنترل کالا | |
| | ٣٠٠/١٧ نصب مناسب کراس آرم کات اوت و برقگیر | ارتفاع نصب (فاصله ٢٥٠ الی ٢٩٠ از سکوی ترانس)، بررسی تراز بودن و تعداد پیچ و مهره ها |
| | ٣٠٠/١٨ رعایت حریم در نصب کات اوت و برقگیر | در صورت امکان ٢ عدد از کات اوت ها سمت خیابان و ١ عدد سمت پیاده رو نصب شود. |
| | ٣٠٠/١٩ تکمیل رابط کات اوت و برقگیر و ترانس | استفاده از سیم عایق ٢٠ کیلوولت- در ترانس های ٣١٥Kva به بالا برقگیری که به طور مجزا نصب می گردد در سوراخ نزدیک به پایه نصب شود. |
| | ٣٠٠/٢٠ کاور پست هوایی | کاور شاخک ها، بوشینگ ها، کات اوت و برقگیر |
| نصب تابلوی توزیع | ٣٠٠/٢١ تطابق طرح و اجرا و اخذ تاییدیه کیفی و کنترل کالا | |
| | ٣٠٠/٢٢ نصب مناسب تابلو و آرایش کابل ها | |
| | ٣٠٠/٢٣ تناسب کابلشو با کابل ها و استفاده از پرس مناسب | |
| | ٣٠٠/٢٤ نصب گلند تابلو | وضعیت مناسب سرکابل و ساپرت ها- وجود گلند و محکم بودن اتصالات پلیت ورودی کابل |
| | ٣٠٠/٢٥ نصب نیم لوله پلی اتیلن و تسمه کشی مناسب | |
| | ٣٠٠/٢٦ اطمینان از حصول لوازم اندازه گیری روشنایی معابر و در مدار قراردادن آن | |
| نصب سیستم اتصال زمین | ٣٠٠/٢٧ رعایت فاصله مناسب بین چاه الکتریکی و حفاظتی | رعایت فاصله ٢٠ متر با درنظر گرفتن چاه های موجود |
| | ٣٠٠/٢٨ رعایت عمق مناسب چاه اتصال زمین | عمق ٣/٥ |
| | ٣٠٠/٢٩ استفاده از صفحه گالوانیزه به ابعاد مناسب | ١٠٠×٥٠×٠,٣ cm |
| | ٣٠٠/٣٠ نحوه نصب صفحه درون چاه ارت | عمودی |
| | ٣٠٠/٣١ پرکردن چاه با ملات ماسه و سیمان | |
| | ٣٠٠/٣٢ استفاده از تسمه روکشدار گالوانیزه و بست نواری عدل بندی | |
| | ٣٠٠/٣٣ اجرای مناسب کانال رابط چاه الکتریکی | استفاده از آجر و نوار خطر و ابعاد کانال ٠/٥×٠/٨ |
| | ٣٠٠/٣٤ 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

## پیوست ٦- اعضاء تدوین‌کننده دستورالعمل به‌ترتیب الفبا

| ردیف | نام و نام خانوادگی | نام شرکت متبوع |
|---|---|---|
| ١ | جناب آقای مهندس محسن ابوترابی زارچی | توزیع نیروی برق شهرستان مشهد |
| ٢ | جناب آقای مهندس مسعود احسانی | شرکت توزیع شهرستان اهواز |
| ٣ | سرکار خانم مهندس عفت ادیبان | شرکت توزیع استان قم |
| ٤ | جناب آقای مهندس جعفر باقری | شرکت توزیع شهرستان تبریز |
| ٥ | جناب آقای مهندس میلاد بی‌آزار قادیکلایی | شرکت توانیر |
| ٦ | جناب آقای مهندس حمید حیدری | شرکت توزیع استان اردبیل |
| ٧ | جناب آقای مهندس محسن رحیمی | توزیع برق شهرستان مشهد |
| ٨ | جناب آقای مهندس حمید رضا فرجامی | شرکت توزیع استان خراسان رضوی |
| ٩ | سرکار خانم مهندس زهرا فروردین | توزیع برق شهرستان مشهد |
| ١٠ | جناب آقای مهندس رضا قطب‌الدینی | شرکت توزیع شمال کرمان |
| ١١ | جناب آقای دکتر مهیار قلی‌زاده | شرکت توانیر |
| ١٢ | جناب آقای مهندس حسن کریم‌پور | شرکت توزیع استان خراسان رضوی |