



شرکت توانیر

معاونت هماهنگی توزیع

دفتر مهندسی و راهبری شبکه

# دستورالعمل اصلاح ساختار شبکه هوایی توزیع

جلد سوم : ملاحظات اجرای شبکه هوایی روشنایی معابر، با کابل خودنگهدار



کد سند: TAV112-10/00



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

## دستورالعمل اصلاح ساختار شبکه هوایی توزیع

جلد سوم : ملاحظات اجرای شبکه هوایی روشنایی معابر، با کابل خودنگهدار

دریافت کنندگان سند:

✓ معاونت هماهنگی توزیع شرکت توانیر

✓ شرکت های توزیع نیروی برق ایران

| کد سند       | تاریخ تهیه | تاریخ بازنگری | شماره آخرین بازنگری |
|--------------|------------|---------------|---------------------|
| TAV112-10/00 | ۱۴۰۳/۰۳/۱۳ | --            | --                  |

| تهیه کننده         | تأیید کننده          | تصویب کننده                |
|--------------------|----------------------|----------------------------|
| معاونت مهندسی شبکه | معاونت هماهنگی توزیع | رئیس هیئت مدیره و مدیرعامل |
| مهیار قلی زاده     | محسن ذبیحی           | مصطفی رجبی مشهدی           |

امضاء:

امضاء:

امضاء:

## فهرست مطالب

| صفحه    | عنوان                                                              |
|---------|--------------------------------------------------------------------|
| ۲       | فهرست مطالب                                                        |
| ۴       | فهرست اشکال                                                        |
| ۵       | پیشگفتار                                                           |
| ۱-۶     | مقدمه                                                              |
| ۲-۶     | هدف و دامنه کاربرد                                                 |
| ۳-۶     | محدوده اجرا                                                        |
| ۴-۶     | مسئولیت نظارت و اجرا                                               |
| ۵-۶     | تعاریف                                                             |
| ۱-۵-۶   | کرپی مخصوص پایه‌های روشنایی                                        |
| ۲-۵-۶   | جعبه انشعاب‌گیری                                                   |
| ۶-۶     | تجهیزات مورد نیاز                                                  |
| ۱-۶-۶   | کابل خودنگهدار فشار ضعیف                                           |
| ۲-۶-۷   | تجهیزات و یراق آلات شبکه خودنگهدار فشار ضعیف جهت روشنایی معابر     |
| ۷-۷     | نحوه اتصال کابل خودنگهدار به پایه روشنایی معابر فلزی               |
| ۱-۷-۷   | پایه‌های عبوری                                                     |
| ۲-۷-۷   | پایه‌های انتهایی                                                   |
| ۱-۲-۷-۸ | استفاده از پایه‌های فلزی روشنایی                                   |
| ۲-۲-۷-۸ | استفاده از پایه بتنی                                               |
| ۸-۹     | ارتفاع نصب کرپها در پایه‌های روشنایی                               |
| ۱۰-۹    | نحوه عبور کابل روشنایی از داخل پایه و اتصال به شبکه کابل خودنگهدار |
| ۱-۱۰-۹  | شبکه‌های روشنایی معابر موجود                                       |
| ۲-۱۰-۹  | شبکه روشنایی معابر جدید                                            |
| ۱۰-۱۰   | نحوه اتصال کابل زمینی به شبکه کابل خودنگهدار                       |
| ۱۰-۱۰   | نحوه اجرای ارت و تجهیز حفاظت                                       |
| ۱-۱۲-۱۰ | اجرای شبکه ارت بصورت TN-S                                          |

- ۱۲-۲-سیستم حفاظت ..... ۱۰
- ۱۳- نکات اجرایی ..... ۱۱
- ۱۴-مراجع ..... ۱۲
- ۱۵-اعضای تدوین کننده دستورالعمل به ترتیب الفبا ..... ۱۳
- ۱۶- پیوست ..... ۱۴

## فهرست اشکال

| عنوان                                                                                        | صفحه |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| شکل ۱: اتصال کابل خودنگهدار به پایه روشنایی معابر .....                                      | ۷    |
| شکل ۲: استفاده از پایه روشنایی معابر بعنوان پایه انتهایی .....                               | ۸    |
| شکل ۳: استفاده از پایه بتنی بعنوان پایه انتهایی .....                                        | ۸    |
| شکل ۴: نحوه عبور کابل روشنایی (شبکه موجود) از داخل پایه و اتصال به شبکه کابل خودنگهدار ..... | ۹    |
| شکل ۵: نحوه عبور کابل روشنایی (شبکه جدید) از داخل پایه و اتصال به شبکه کابل خودنگهدار .....  | ۱۰   |
| شکل پ-۱: کرپی مخصوص پایه‌های روشنایی .....                                                   | ۱۴   |
| شکل پ-۲: جعبه انشعاب مخصوص پایه های روشنایی .....                                            | ۱۵   |

### پیشگفتار

با توجه به افزایش سرقت در شبکه های توزیع برق و بالتبع سرقت کابل زمینی در شبکه های روشنایی معابر، ضرورت تهیه دستورالعملی جهت تبیین ملاحظات اجرای شبکه هوایی روشنایی معابر با کابل خودنگهدار محسوس است. لذا، با توجه به این ضرورت و همچنین نیاز به یکپارچه سازی روند طراحی و رعایت نکات فنی در تهیه طرح های روشنایی معابر با کابل خودنگهدار در سطح کشور، معاونت هماهنگی توزیع شرکت توانیر اقدام به ابلاغ مأموریت ویژه ای به شرکت توزیع نیروی برق استان اصفهان جهت تدوین دستورالعمل مذکور نمود.

در این راستا شرکت توزیع برق استان اصفهان با راهبری معاونت مهندسی شبکه شرکت توانیر، دستورالعمل "اصلاح ساختار شبکه هوایی توزیع - جلد سوم: ملاحظات اجرای شبکه هوایی روشنایی معابر با کابل خودنگهدار" را تدوین نموده است.

سپس این دستورالعمل در کمیته تخصصی طراحی شبکه های توزیع برق طرح و بررسی و پس از تایید کمیته راهبری مهندسی توانیر نهایی شده است.

## ۱- مقدمه

در سالیان اخیر با توجه به افزایش قیمت تجهیزات و بویژه مس، سرقت تجهیزات روشنایی معابر با کابل زمینی افزایش یافته و پایداری شبکه روشنایی معابر را کاهش داده است. لذا هدف اصلی این دستورالعمل ارائه ملاحظات اجرای شبکه هوایی روشنایی معابر با کابل خودنگهدار از منظر کاهش سرقت در این شبکه‌ها می‌باشد. شایان ذکر است یکپارچه‌سازی طراحی و روش اجرا، افزایش سرعت اجرا، سهولت عیب‌یابی و سهولت بهره‌برداری از اهداف دیگر تدوین این دستورالعمل می‌باشد.

## ۲- هدف و دامنه کاربرد

هدف این دستورالعمل ارائه ملاحظات اجرای شبکه هوایی روشنایی معابر با کابل خودنگهدار با رعایت اسناد بالادستی، اصول فنی و شرایط محیطی حاکم در طراحی و اجرای این نوع شبکه روشنایی می‌باشد.

## ۳- محدوده اجرا

محدوده اجرای این دستورالعمل معاونت هماهنگی توزیع شرکت توانیر 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

### ۵-۱- کپی مخصوص پایه‌های روشنایی

تجهیز مورد نیاز جهت اتصال کلمپ نگهدارنده کابل خودنگهدار به پایه روشنایی (شکل ۱ پیوست).

### ۵-۲- جعبه انشعاب‌گیری

تجهیز مورد نیاز برای نصب تجهیز حفاظتی (کلید مینیاتوری) و ترمینال‌ها (شکل ۲ پیوست).

## ۶- تجهیزات مورد نیاز

### ۶-۱- کابل خودنگهدار فشار ضعیف

با توجه به اینکه سیستم ارت منتخب جهت شبکه‌های روشنایی معابر مستقل TN-S می‌باشد، کابل‌های خودنگهدار ۶ رشته و چهار رشته زیر پیشنهاد می‌گردد.

شش رشته‌ای با مهار مجزا (  $3 \times A+N+L+M$  ) سایز (  $3 \times 35+25+25+25$  )

شش رشته‌ای با مهار مجزا (  $3 \times A+N+L+M$  ) سایز (  $3 \times 25+25+16+16$  )

شش رشته‌ای با مهار مجزا (  $3 \times A + N + L + M$  ) سایز (  $3 \times 16 + 16 + 16 + 16$  )  
 چهار رشته‌ای با مهار مجزا (  $1 \times A + N + L + M$  ) سایز (  $1 \times 25 + 25 + 16 + 16$  )  
 چهار رشته‌ای با مهار مجزا (  $1 \times A + N + L + M$  ) سایز (  $1 \times 16 + 16 + 16 + 16$  )  
 قابل ذکر است رشته‌های فاز ونول (A و N) جهت تغذیه چراغ‌ها و رشته روشنایی (L) به عنوان هادی PE استفاده می‌شود.

## ۶-۲- تجهیزات و یراق آلات شبکه خودنگهدار فشار ضعیف جهت روشنایی معابر

کرپی مخصوص پایه‌های روشنایی

جعبه انشعاب‌گیری

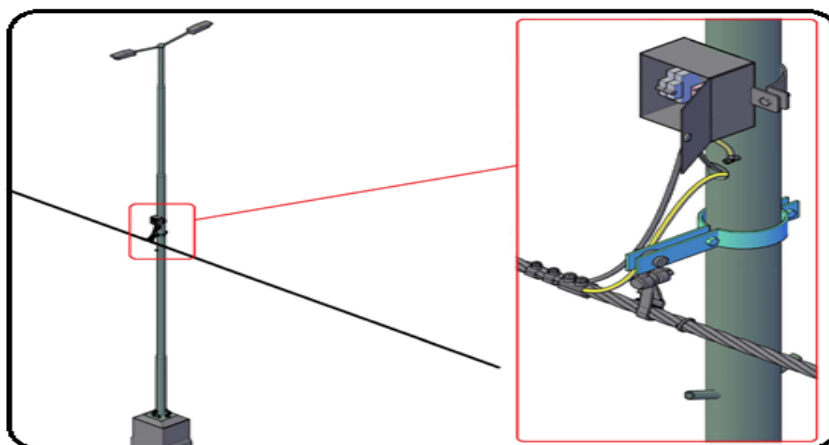
تجهیزات، یراق‌آلات و ابزار کار احداث کابل خودنگهدار مطابق با مرجع [1]

## ۷- نحوه اتصال کابل خودنگهدار به پایه روشنایی معابر فلزی

جهت اتصال کابل خودنگهدار به پایه روشنایی از کرپی مخصوص مطابق نقشه ارائه شده در پیوست ۱ استفاده شود. لازم به ذکر است که طراحی کرپی پیوست ۱ بر اساس لوله سایز ۴ اینچ می‌باشد. لذا در صورت تفاوت لوله محل اتصال کرپی با سایز ۴ اینچ می‌بایست کرپی متناسب طراحی و استفاده شود.

## ۷-۱- پایه‌های عبوری

مطابق شکل ۱ در پایه‌های عبوری از کرپی و کلمپ آویزی استفاده می‌شود. در صورتی که پایه در زاویه باشد، می‌بایست پس از تعیین مشخصات مکانیکی پایه (قدرت قابل تحمل، قدرت ارتجاعی و...) مطابق [4] محاسبات لازم را انجام و از تحمل نیروی‌های وارده بر پایه اطمینان حاصل نمود.



شکل ۱: اتصال کابل خودنگهدار به پایه روشنایی معابر

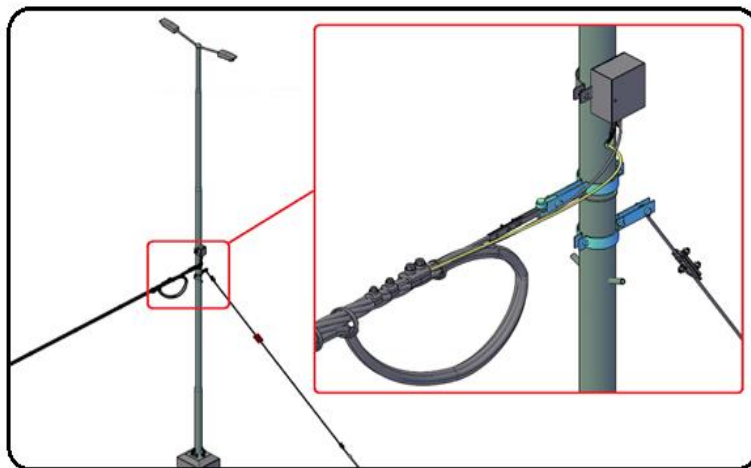
## ۷-۲- پایه‌های انتهایی

جهت پایه انتهایی می‌توان از یکی از دو روش زیر استفاده کرد



### ۷-۲-۱- استفاده از پایه‌های فلزی روشنایی

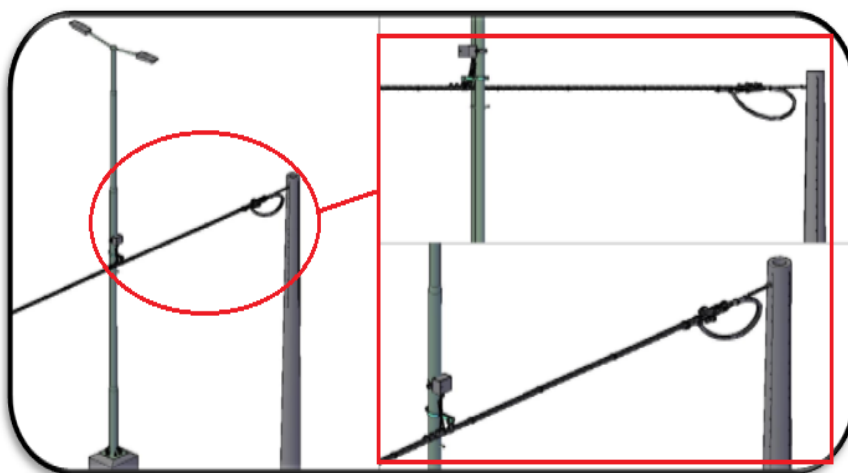
مطابق شکل ۲ می‌توان از پایه فلزی روشنایی معابر جهت پایه انتهایی استفاده کرد. می‌بایست پس از تعیین مشخصات مکانیکی پایه (قدرت قابل تحمل، قدرت ارتجاعی و...) مطابق [4] محاسبات لازم را انجام و از تحمل نیروی های وارده بر پایه اطمینان حاصل نمود و در صورت لزوم از مهار استفاده کرد.



شکل ۲: استفاده از پایه روشنایی معابر بعنوان پایه انتهایی

### ۷-۲-۲- استفاده از پایه بتنی

مطابق شکل ۳ می‌توان از پایه بتنی جهت پایه انتهایی استفاده کرد. می‌بایست پس از تعیین مشخصات مکانیکی پایه (قدرت قابل تحمل، قدرت ارتجاعی و...) مطابق [4] محاسبات لازم را انجام و از تحمل نیروی های وارده بر پایه اطمینان حاصل نمود و در صورت لزوم از مهار استفاده کرد.



شکل ۳: استفاده از پایه بتنی بعنوان پایه انتهایی

قابل ذکر است با توجه به محاسبات مکانیکی انجام شده در نرم افزارهای PLS-CADD و همچنین تحلیل سازه ای در نرم افزار SAP جهت پایه های فلزی روشنایی متداول مطابق مستندات مندرج در پیوست، پایه های فلزی عبوری امکان تحمل نیروهای مکانیکی را دارند. با این حال با توجه به نیروی وارده بیش از ظرفیت قابل

تحمل پایه فلزی در حالتی که به تنهایی به عنوان پایه انتهایی قرار می گیرد ،امکان استفاده به عنوان پایه انتهایی وجود ندارد. لذا می بایست پس از اطمینان از تحمل نیروها توسط یکی از طرح های زیر شبکه انتهایی شود.

- ✓ پایه بتنی به تنهایی
- ✓ پایه بتنی با مهار
- ✓ پایه فلزی روشنایی معابر با مهار

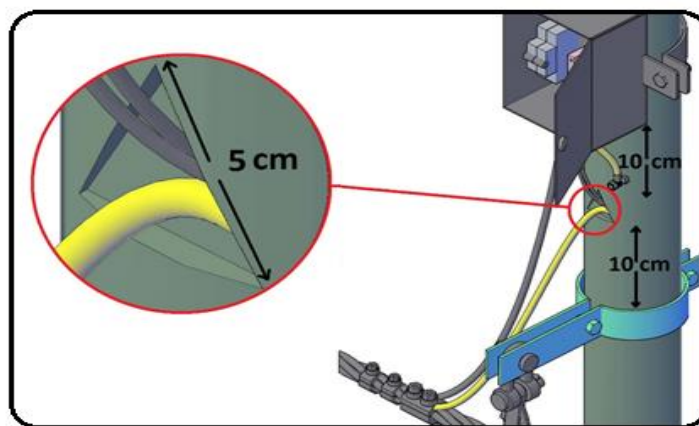
## ۸- ارتفاع نصب کپی ها در پایه های روشنایی

ارتفاع پیشنهادی اتصال کپی کابل خودنگهدار به پایه روشنایی جهت سهولت در اجرا و بهره برداری، ۵/۵ متر واقع در بالای میله پرچم می باشد . لازم به ذکر است ارتفاع ذکر شده برای عبور کابل در رفوژ وسط بوده و در عبور عرضی از جاده ها و خیابان و ... می بایست حداقل فاصله مجاز شبکه فشار ضعیف تا زمین رعایت گردد.

## ۱۰- نحوه عبور کابل روشنایی از داخل پایه و اتصال به شبکه کابل خودنگهدار

### ۱۰-۱- شبکه های روشنایی معابر موجود

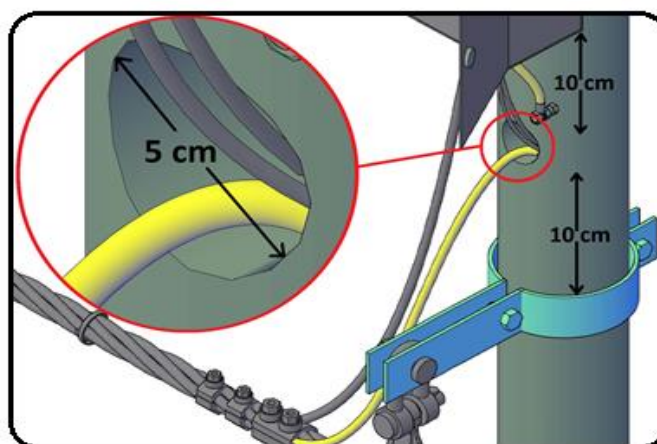
مطابق شکل ۴، جهت اتصال کابل تغذیه چراغ ها به زیر ترمینال جعبه انشعاب باید در بالای کپی های نصب شده به فاصله ۱۰ سانتی متر توسط دستگاه فرز سوراخی مثلث شکل با ابعاد ۵ cm ایجاد نمود. سوراخ ایجاد شده می بایست جهت جلوگیری از معیوب شدن کابل پلیسه گیری شود. حتی الامکان از گلند مناسب استفاده شود.



شکل ۴: نحوه عبور کابل روشنایی (شبکه موجود) از داخل پایه و اتصال به شبکه کابل خودنگهدار

### ۱۰-۲- شبکه روشنایی معابر جدید

لازم است قبل از نصب پایه و در دیتل های پیشنهادی جهت ساخت پایه سوراخ دایره ای شکل با قطر ۵ سانتی متر، در فاصله ۱۰ سانتی متر بالای محل نصب کپی در نظر گرفته شود. سوراخ ایجاد شده می بایست جهت جلوگیری از معیوب شدن کابل پلیسه گیری شود. حتی الامکان از گلند مناسب استفاده شود.



شکل ۵: نحوه عبور کابل روشنایی (شبکه جدید) از داخل پایه و اتصال به شبکه کابل خودنگهدار

### ۱۱- نحوه اتصال کابل زمینی به شبکه کابل خودنگهدار

در صورتی که کابل ابتدای فیدر در عبور عرضی (از خیابان و یا جاده و ...) به صورت زمینی اجرا گردد، جهت اتصال انتهای کابل خودنگهدار در پایه‌های انتهایی فقط از پایه بتنی استفاده گردد.

### ۱۲- نحوه اجرای ارت و تجهیز حفاظت

#### ۱۲-۱- اجرای شبکه ارت بصورت TN-S

سیستم زمین در شبکه‌های روشنایی معابر مستقل با پایه فلزی و بتنی از نوع TN-S باشد. در این سیستم کلیه پایه‌های فلزی باید به هادی حفاظتی (PE) متصل شوند. در سیستم TN-S نصب کلید حفاظتی جریان باقیمانده در مدار تغذیه به منظور افزایش ایمنی لازم است که این امکان در سیستم‌های TN-C وجود ندارد. در این حالت برای جلوگیری از قطعی بی مورد، از کلید RCD با جریان نشتی در حدود ۳۰۰ میلی آمپر یا بالاتر استفاده می‌گردد. مقاومت سیستم زمین در سیستم TN-S می‌بایست زیر ۲ اهم باشد. جهت نیل به مقاومت ۲ اهم می‌توان PE را در طول فیدر و هر ۲۰۰ متر به زمین متصل کرد. در صورتی که فاصله شبکه کمتر از ۲۰۰ متر باشد باید PE حداقل در دو نقطه ابتدا و انتها زمین شود.

#### ۱۲-۲- سیستم حفاظت

در صورت استفاده از کلید مینیاتوری ۶ آمپر برای حفاظت مدار تغذیه چراغ‌ها می‌بایست در کلیه پایه‌ها از جعبه‌های مخصوص مطابق نقشه ارائه شده پیوست ۲ استفاده نمود. لازم به ذکر است که طراحی کربی جهت اتصال جعبه مذکور بر اساس لوله سایز ۴ اینچ می‌باشد. لذا در صورت تفاوت لوله محل اتصال کربی با سایز ۴ اینچ می‌بایست کربی متناسب طراحی و استفاده شود. جعبه انشعاب در بالای کربی و به فاصله ۱۰ cm از سوراخ عبور کابل نصب می‌شود.

### ۱۳- نکات اجرایی

- ✓ در مواردی که پایه‌های روشنایی دارای فونداسیون مناسب نبوده و یا دارای فرسودگی و زنگ زدگی از ناحیه فلنج و بولت‌ها می‌باشد، قبل از اجرای کابل خودنگهدار باید نسبت به تقویت و یا تعویض پایه‌ها اقدام نمود.
- ✓ در اجرای کابل خودنگهدار بر روی پایه‌های موجود برای جلوگیری از آسیب به کابل خودنگهدار، اجرای کابل بعد از برشکاری (سوراخ عبور کابل در پایه) و جوشکاری (پیچ اتصال ارت به بدنه پایه)، انجام گردد.
- ✓ استفاده از دستگاه هوا برش برای ایجاد سوراخ در پایه فلزی مجاز نمی‌باشد.
- ✓ جهت جلوگیری از آسیب کابل تغذیه چراغ‌ها باید بعد از سوراخکاری پایه توسط سوهان لبه‌های تیز ایجاد شده را ترمیم و اقدام به رنگ آمیزی در قسمت برشکاری شده نموده و سپس با نوار لاستیکی مخصوص کاور گردد.
- ✓ در اجرای کابل خودنگهدار بر روی پایه‌های موجود، جهت تقویت استحکام پایه‌ها در برخوردهای احتمالی وسایل نقلیه، اطراف دریچه‌های پایینی به طور کامل جوشکاری و سپس رنگ آمیزی گردد. لازم به ذکر است در طراحی پایه‌های روشنایی که قرار است شبکه آن به صورت هوایی اجرا گردد باید دریچه پایینی حذف گردد.

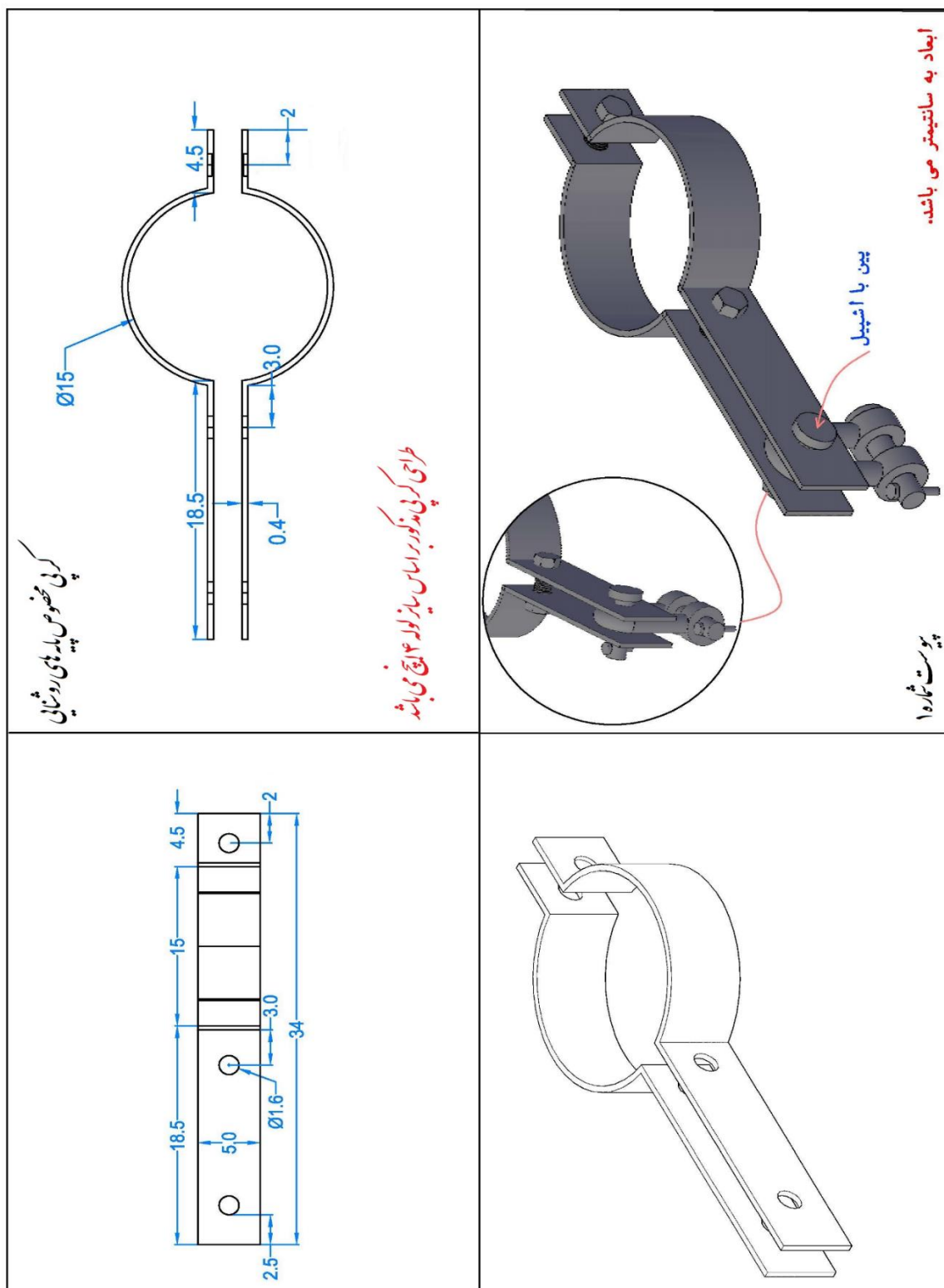
## ۱۴-مراجع

- [1] دستورالعمل نصب و بهره برداری از شبکه های کابل خودنگهدار فشار ضعیف نول و مسنجر مجزا. توانیر، ۱۳۹۴.
- [2] دستورالعمل سیستم اتصال زمین شبکه های توزیع TAV-112-07/00، توانیر، ۱۴۰۲.
- [3] آیین نامه اجرایی روشنایی راه‌ها - ضابطه شماره ۶۱۴-۸۰۰ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۴۰۲.
- [4] دستور العمل محاسبات مکانیکی شبکه های توزیع هوایی TAV-112-03/00، توانیر، ۱۴۰۰.

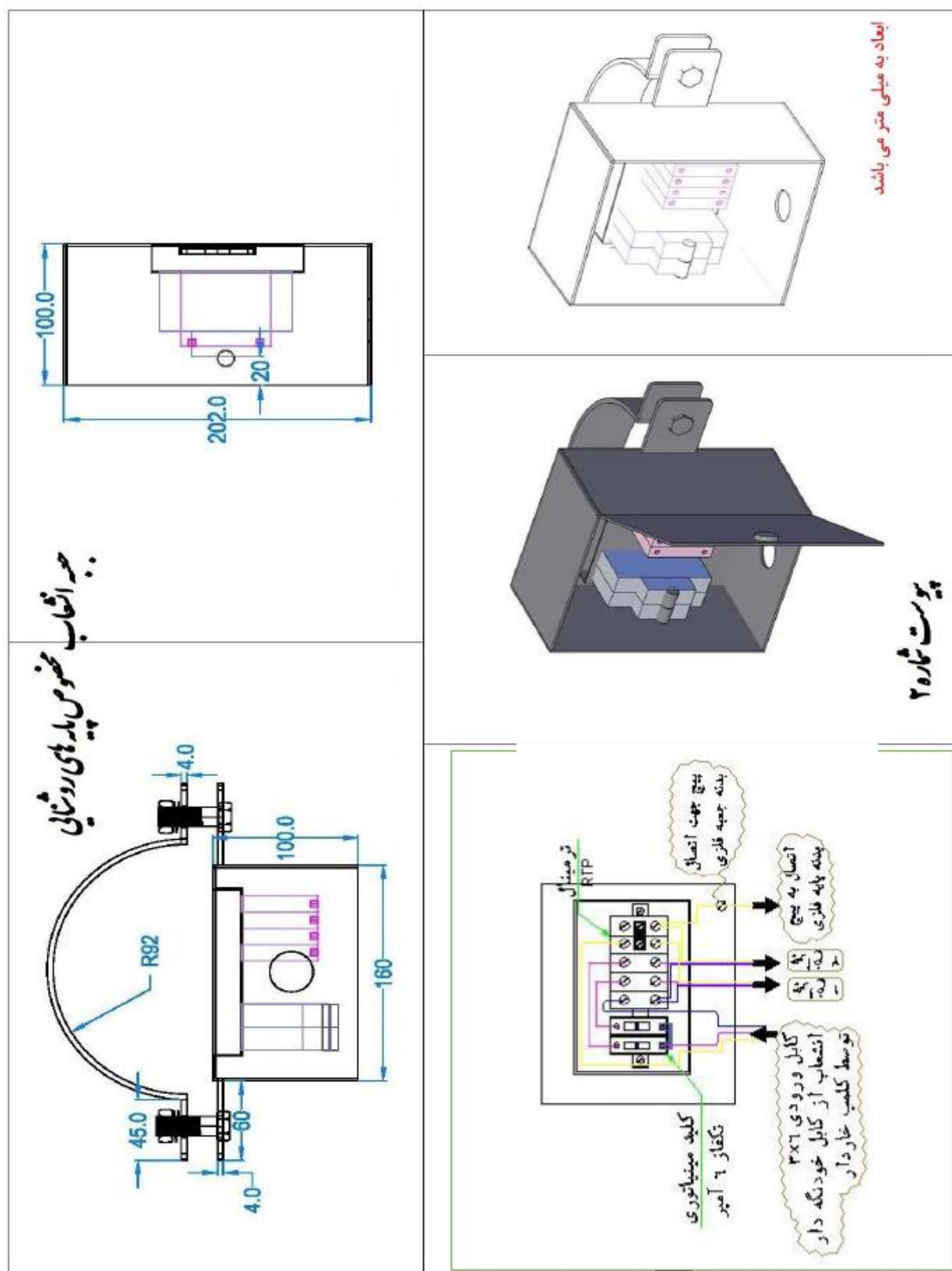
## ۱۵-اعضای تدوین کننده دستورالعمل به ترتیب الفبا

| ردیف | نام و نام خانوادگی                      | نام شرکت متبوع                   |
|------|-----------------------------------------|----------------------------------|
| ۱    | جناب آقای مهندس عباس احمدوند            | شرکت توزیع برق استان البرز       |
| ۲    | جناب آقای مهندس هادی انبیایی            | شرکت توزیع برق استان خراسان رضوی |
| ۳    | جناب آقای مهندس میلاد بی آزار قادیکلانی | شرکت توانیر                      |
| ۴    | جناب آقای مهندس مسعود حاتمی             | شرکت توزیع برق استان همدان       |
| ۵    | جناب آقای مهندس ابوالقاسم حیدری رزوه    | شرکت توزیع برق استان اصفهان      |
| ۶    | جناب آقای مهندس امیرحسین محمد خانی      | شرکت توزیع برق استان البرز       |
| ۷    | جناب آقای مهندس سید حسن سعیدی           | شرکت توزیع نیروی برق استان گیلان |
| ۸    | جناب آقای مهندس حمیدرضا شهبازی دهاقانی  | شرکت توزیع برق استان اصفهان      |
| ۹    | جناب آقای مهندس حسین شیروانی            | شرکت توزیع برق استان اصفهان      |
| ۱۰   | جناب آقای مهندس مسعود رحمانی            | شرکت توزیع برق شهرستان تبریز     |
| ۱۱   | جناب آقای مهندس رضا کرمی                | شرکت توزیع برق استان اصفهان      |
| ۱۲   | جناب آقای مهندس صابر کوشا               | شرکت توزیع برق استان همدان       |
| ۱۳   | جناب آقای مهندس حمید گنجعلی خانی        | شرکت توزیع برق شمال استان کرمان  |
| ۱۴   | جناب آقای دکتر مهیار قلی زاده           | شرکت توانیر                      |

۱۶- پیوست



شکل پ-۱: کری مخصوص پایه های روشنایی



شکل پ-۲: جعبه انشعاب مخصوص پایه های روشنایی



## محاسبات مکانیکی انجام شده جهت دو پایه فلزی نمونه

محاسبات مکانیکی با در نظر گرفتن کابل خودنگهدار سایز ۲۵ و شش رشته انجام شده است. محل نصب کابل در ارتفاع ۶٫۵ متری و ۹ متری از سطح زمین در نظر گرفته شده است.

جدول ۱: مشخصات دو نمونه پایه فلزی مدل شده

| نوع پایه | ارتفاع | ضخامت قسمت اول | ضخامت قسمت دوم | قطر پایین cm | قطر بالا cm | توضیحات            |
|----------|--------|----------------|----------------|--------------|-------------|--------------------|
| یک تکه   | ۱۱     | ۳              | ----           | ۲۱٫۵         | ۱۰          |                    |
| دو تکه   | ۱۱     | ۴              | ۳              | ۱۸           | ۱۰          | طول قسمت اول ۶ متر |

جدول ۲: نتایج محاسبات مکانیکی جهت پایه انتهایی

| پایه انتهایی                    |              |              |              |              | شرایط آب و هوایی |
|---------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------------|
| کشش وارد به پایه در شرایط CREEP | کشش MIN TEMP | کشش MAX TEMP | فلش MIN TEMP | فلش MAX TEMP |                  |
| 587kgf highwind                 | 303kgf       | 184kgf       | 41cm         | 67cm         | سبک              |
| 850kg f heavy ice               | 331kgf       | 184kgf       | 37cm         | 67cm         | متوسط            |
| 1021kgf wind and ice            | 367kgf       | 190kgf       | 33cm         | 65cm         | سنگین            |
| 1259kgf wind and ice            | 416kgf       | 190kgf       | 30cm         | 65cm         | فوق سنگین        |

جدول ۳: نتایج محاسبات مکانیکی جهت پایه عبوری

| پایه عبوری                      |              |              |              |              | شرایط آب و هوایی |
|---------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------------|
| کشش وارد به پایه در شرایط CREEP | کشش MIN TEMP | کشش MAX TEMP | فلش MIN TEMP | فلش MAX TEMP |                  |
| 60 kgf highwind                 | 303kgf       | 184kgf       | 41cm         | 67cm         | سبک              |
| 75 kgf highwind                 | 331kgf       | 184kgf       | 37cm         | 67cm         | متوسط            |
| 98 kgf highwind                 | 367kgf       | 190kgf       | 33cm         | 65cm         | سنگین            |
| 120 kgf highwind                | 416kgf       | 190kgf       | 30cm         | 65cm         | فوق سنگین        |

باتوجه به مدلسازی پایه با مشخصات مندرج در جدول شماره ۱ توسط نرم افزار SAP, قدرت قابل تحمل پایه ها در محل اثر نیرو (ارتفاع نصب کابل) حدود 200kgf می باشد. با توجه به ستون آخر جدول ۳ پایه های فلزی عبوری قابلیت تحمل نیروی های وارده را دارند. با این حال با توجه به ستون آخر جدول ۲ پایه های فلزی انتهایی قابلیت تحمل نیروهای وارده را ندارند.