بنـــــام خـــــــدا

شـرکـت بـرق منـطقه‌ای اصـــــــفهان
تـهیه کننده : نـاصـر ابـوالـقاســـــمی
(مدیر امور طـراحی ونـظارت خـطوط)

" روش هـای بـهینـه بـرق رسـانـی به منـاطـق روستـائی کوهستـانی و منـاطـق سنگیـن "

چکیـــده

مقاله حاضر که در رابطه با برق رسانی به مناطق روستائی کوهستانی و دارای مسیرهای صعب‌العبور ومناطق روستائی دارای شرایط اقلیمی سخت (بارگذاری سنگیـن) تهیه وارائه می‌گردد نتیجه تجربیات عملی شرکت برق منطقه‌ای اصفهـان از سال ۱۳۶۲ تا کنون می‌باشـد.

با توجه باینکه در آنموقع بخش قابل توجهی از روستاهای واقع در فواصل نزدیك ومتوســـــــط از شهرها و مـراکـز مصرف بـرق دار شده بودند و روستاهای برقدار نشده عمدتا " در مناطق دور افتاده‌واکثرا " در مناطق کوهستانی و برفگیر واقع شده بودند و دررابطه با مشکلات نصب خطوط‌هوائی با استفاده ازپایه‌هـای بتنی و یا پایه‌های چوبی اشباع شده در مسیرهای صعب‌العبور و نقاط ضعف این خطوط در شرایط اقلیمـی معمولا " سخت اینگونه مناطق ، طراحی جدیدی که ضمن نداشتن معایب روش‌های قبلی از نظر اقتصـادی هم مقرون به صرفه باشد کاملا " ضرورت یافت .

نتیجه تلاشهای انجام شده طرح جدید برق‌رسانی به مناطق روستائی کوهستانی و مناطق سنگیـــن می‌باشد که به تشریح کلیات طرح و نتایج عملی مربوط به خطوط اجرا شده آن می‌پردازیم .

شرح مقاله

یکی از مشخصات اصلی این طرح استفاده از پایه‌های فولادی خرپائی سبك و بالا بودن طـــــول دهانـه‌هـای باد، وزن و دهانه الکتریکی نسبت به طرح‌های دیگر می‌باشد. بقسمی که با توجه به‌مشخصات فنی آن ضمن نداشتن معایب و مشکلات روش‌های دیگر از نظر شرایط نصب ، تعمیرات و نگهـــداری در مسیـرهای کوهستانی مناسبترین وضعیت ها را دارا می‌باشـــد.

علیهذا به شرح زیر ابتـدا ابـعاد و مسائل فنی برق رسانی روستائی مورد بررسی قرار گرفتـه و در ادامه مشخصـات فنی طرح جدید و مقایسه فنی و اقتصادی آن با روش های دیگر برق رسانی به مناطـــــق کوهستانی را مورد تشریح قرار داده و در نـهایت تجربیات عملی و نتایج حاصل از خطوط اجرا شـده طـی سالـهای اخیـر و روش ترکیبی برای مناطق سنگین که دارای مسیرهای واقع در دشت و تپه می‌باشند مـورد تـوجـه قـــرارخـواهـد گرفـت .

امیـد است مجمـوعـه مطالـب مـورد تـوجـه هیئت هـای محتـرم آن کنـفرانـس قـرار گیـرد.

ابعاد وسائل مختلف برق رسانی به روستاها

الف : مشکلات برق رسانی به روستاها و راه حل ها

برق رسانی به روستاها بعلت سرمایه گذاری اولیه و هزینه‌های جاری نسبتا " بالای آن در رابطه با احداث شبکه های‌توزیع‌فشار متوسط و فشار ضعیف ، پستهای کاهنده فوق توزیع و توزیع ، تولید انرژی‌موردنیاز، تعمیرات ونگهداری وتلفات انرژی وغیره در صورتی می‌تواند از نظر اجتماعی - اقتصادی قابل توجیه باشدکه بتواند در راستای پیشبرد همه جانبه وهماهنگ اهداف مربوط به آن باشد.

اهداف عمده‌ای که می‌توانند هماهنگ با برق رسانی به روستاها و با استفاده از آن پیگیری و توسعه یابند عبارتند از توسعه و رشد کشاورزی مدرن در جهت نیل به خودکفائی ، گسترش صنایع روستائی در جهت جذب نیروی‌کار بالقوه در روستاها، محرومیت زدائی و گسترش خدمات فرهنگی ، آموزشی ، بهداشتی و رفاهی که در جهت جذب و افزایش سطح کارآئی و درآمد روستائیان که مجموعه این عوامل می‌توانند ضمن جلوگیری از مهاجرت های وسیع به شهرها موجبات رشد و شکوفائی گسترده اقتصاد کشور و حرکت به سمت خودکفائی در ابعاد مختلف آن‌وارتقاء سطح فرهنگ و رفاه عمومی کشور که روستاها هم یکی از پایه‌های اساسی آن باشد را فراهم نماید.

در صورتی که برنامه‌های رشد و توسعه صنعتی وکشاورزی در مناطق روستائی با برنامه‌های برق‌رسانی به روستاها هماهنگی نداشته باشد انرژی الکتریکی که با صرف هزینه‌های هنگفت به روستاها می‌رسد تنها در جهت تامین مصارف خانگی و روشنائی و ارائه برخی خدمات خلاصه شده و نمی‌تواند در جهت دستیابی به اهداف‌اساسی رشد وتوسعه و جلوگیری از مهاجرت روستائیان به شهرها کار ساز باشند.

بغیر از استانهای گیلان و مازندران که در رابطه با طبیعت پرآب و سرسبز آنها از نظر تراکم مناطق روستائی وکشاورزی و تراکم جمعیت مناسبترین وضعیت‌ها را دارا می‌باشند و بدین ترتیب هزینه‌های برق رسانی به روستاها بمراتب کاهش می‌یابد

متاسفانه در مورد اکثریت استانهای کشور بعلت پراکندگی و وسعت زیاد مناطق روستائی نیاز به احداث خطوط هوائی فشار متوسط طولانی و صرف هزینه‌های سنگین می‌باشد و این موضوع خصوصا " در مورد استانهای محروم کشور که اکثریت روستاها کم جمعیت و بسیار پراکنده تر می‌باشد حادّتراست .

آمار زیر که دررابطه با چهار منطقه روستائی محروم تحت پوشش برق اصفهان می‌باشد نشاندهنده عدم تناسب شدید بین طول شبکه‌های فشارمتوسط و فشارضعیف و پستهای هوائی احداث شده و تعداد خانوار روستائی که تحت پوشش قرار می‌دهد می‌باشد.

متذکر می‌شود که طبق آمار مستخرجه بطور متوسط تنها حدود ده درصدمصارف این نواحی درکارگاههای کوچك و در کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد و بقیه مصارف خانگی و عمومی می باشد:

منطقه روستائی	پست مبداء ۶۳/۲۰KV یانیروگاه	مسیرفیدر ۲۰ kV	پیك فیدر ۲۰KV (مرداد۶۹)	مجموعه تعداد خانوارمنطقه روستائی	طول شبکه اصلی ۲۰KV (Km)	طول شبکه‌های ۲۰KV فرعی (Km)	تعداد ترانسفورماتورهای ۲۰/۰٫۴KV.	مجموع ظرفیت ترانس‌های ۲۰/۰٫۴KV. (KVA)
بخش اردل	پست خوارسه (بروجن)		۱۴۰ آمپر	۱۲۴۰۰	۱۳۰	۱۹۸	۱۶۶	۲۳۲۰۳
بخش بحرو			۲۸ "	۲۳۳۰	۹۵	۵۹/۵	۳۲	۳۸۸۰
کهیازاردستان	پست اردستان فیدر۳	اردستان-کهیاز	۱۸۵ "	۴۲۵	۷۵	۲۳/۵	۳۲	۲۲۲۵
بخش جرقویه	پست زیار		۱۷۰ "	۷۱۴۴	۱۰۰	۴۳/۵	۹۶	۱۸۳۷۸

فیدر ۶

موارد فوق‌الذکر گویای این واقعیت می‌باشد که علیرغم صرف هزینه‌های هنگفت جهت تامین برق مناطق روستائی پراکنده ووسیع بازدهی در حد پائین می‌باشد و خصوصا " اینکه بخش عمده قدرت‌الکتریکی مصرفی در این مناطق صرف تامین روشنائی می‌گردد که آنهم بطور عمده در چندین ساعت حداکثر ساعت پیك مصرف می‌شود.

ضمنا " دررابطه با بخش اردل و بخش جرقویه بعلت طول‌های زیاد شبکه اصلی و شبکه‌های فرعی ۲۰ کیلوولت و تلفات انرژی بالا و افت ولتاژ بیش از حد مجاز * قراراست بزودی پست های ۶۳/۲۰کیلوولت در مراکز ثقل بار احداث گردد که نصب این پستها هرچند تلفات توان را تا حدودی کاهش می‌دهند و ضمنا " ضعف ولتاژ در قسمتهای انتهائی فیدرهای ۲۰ کیلوولت را مرتفع می‌سازند ولی بعلت بار پایین این مناطق و منحنی توزیع بار نامناسب در مجموع باعث افزایش هزینه‌ها ی ثابت و جاری برق‌رسانی به این مناطق روستائی می‌گردد. **

علیهذا ضروری است به منظور استفاده هرچه وسیعتر از نیروی برق در روستاها در جهت دستیابی به‌اهداف رشد و توسعه و فعال نمودن مناطق روستائی کشور و سوددهی شبکه‌های برق روستائی با استفاده برق در کشاورزی و احداث قطبهای صنعتی (صنایع روستائی) متناسب با شرایط اقلیمی و استعدادهای هر منطقه هماهنگ و سازگار گردد تا بتوان از انرژی الکتریکی که با صرف هزینه‌های سنگین به روستاها می‌رسد به نحو احسن و در جایگاههای ویژه خود استفاده نمود بقسمی که تاسیسات برق‌رسانی روستائی هم توجیه اقتصادی پیدانموده و دارای سطح بازدهی و سوددهی مطلوب و متناسب با ارزش سرمایه‌گذاری های مربوطه گردد.

** در رابطه با بخش سمیرم ومناطق روستائی آن چون فاصله سمیرم از نزدیکترین پست فوق توزیع ۸۵کیلومتر وطول شبکه‌های ۲۰ کیلوولت جهت برق‌رسانی به دهستانهای پراکنده اطراف آن آنقدر زیاد می‌گردید که با افت ولتاژ شدید غیر مجاز مواجه می‌شدیم ، شرکت برق منطقه‌ای اصفهان مجبور به احداث یك پست ۶۳/۲۰کیلوولت با ظرفیت ۲ × ۷/۵ MVA در سمیرم و ۸۲کیلومتر خط ۶۳کیلوولت دو مداره گردید که هرچند از جهت رفع این مشکلات کارساز می‌باشد ولی با توجه به سرمایه گذاری سنگین صرف شده و پیك بار کم کل بخش (۶ مگاوات) نمی‌تواند توجیه اقتصادی داشته باشد.

* در حال حاضر جهت جبران افت ولتاژ بیش از حد مجاز از اتوبوستر استفاده شده‌است .

ب : طرح ها و روش های برق رسانی روستائی

دررابطه با احداث خطوط هوائی توزیع بمنظور برق‌رسانی به روستاها از جهت طبیعت منطقه و مسیر خطوط هوائی ، به چهار دسته تقسیم بندی می‌گردند :

۱- مناطق روستائی واقع در دشتها (دارای مسیرهای نسبتا " صاف و امکان احداث خطوط هوائی در امتداد جادههای آسفالته و شوسه که در آنها امکان‌استفاده از کلیه ماشین‌آلات مربوط به نصب خط می‌باشد) .

۲- مناطق روستائی واقع در نواحی با پستی وبلندی متوسط (دارای مسیرهای تپه و ماهور که مسیر خطوط هوائی در حوالی جاده‌ها و از روی تپه‌ها عبور و مرور بیشتر ماشین‌آلات لازم جهت احداث خط میباشد) .

۳- مسیرهای با پستی وبلندی کم و متوسط و با زمین‌های بسیار سست (مانند زمین های رمل وکویری دارای شن های روان - شالیزارهای پیوسته ، مسیرساحلی و باتلاقی و غیره) .

۴- مناطق روستائی واقع در نواحی کوهستانی و صعب‌العبور (دارای مسیرهای کوهستانی‌و با پستی و بلندی های شدید و عدم استفاده از ماشین آلات سنگین جهت نصب خط) .

۱- دررابطه با مناطق روستائی واقع در دشت ها بهترین روش در شرایط بارگذاری سبك و متوسط استفاده از پایه‌های بتنی معمولی و پیش تنیده (یا بدون مهار) می‌باشد . چون بعلت صاف بودن مسیر ووجود جاده‌های مناسب از یك طرف حمل و نصب پایه‌های بتنی که معمولا " به ماشین آلات سنگین مانند تریلرو جرثقال احتیاج دارد کاملا " امکان پذیر می‌باشد و از طرف دیگر خصوصیات پایه‌های بتنی شامل سهولت ساخت ، خوش منظر بودن وطول عمرکافی تحت شرایط‌صحیح ساخت ، حمل ونصب استفاده از این پایه‌هارا دراین شرایط‌کاملا " مناسب و اقتصادی می‌نماید . (ایزولاتورهای وسط خط معمولا " مقره سوزنی ویااتکائی و ایزولاتورهای کششی ، مقرههای بشقابی می‌باشند)

در مسیرهای صاف وتپه‌ای ولی دارای شرایط اقلیمی سخت استفاده از تیرهای بتنی معمولی بدودلیل مناسب نمی‌باشد اول اینکه تیرهای بتنی معمولی بعلت‌احتمال وجود ترك‌های موئین که در شرایط ساخت و سخت شدن بتن و یا حین حمل و نصب و یا تحت بارگذاری بوجود می‌آیند آب بداخل این ترك‌ها نفوذ نموده و در رابطه با پدیده یخ زدنهای متوالی باعث خرد شدن سطح بتن‌وگسترش آن می‌گردد ؛ و دوم آنکه بعلت شرایط‌بارگذاری سنگین مقاومت مکانیکی (تحمل نیروهای استاتیکی و دینامیکی) این تیرها برای این مناطق کفایت ندارد .

در این مناطق طبق تجربیات شرکت برق منطقه‌ای اصفهان طرح ترکیبی بهترین مشخصات را دارا می‌باشد طرح ترکیبی از جهت پایه ترکیب پایه‌های فولادی خرپائی و تیرهای چوبی اشباع شده ویا ترکیب پایه‌های فولادی خرپائی و تیرهای بتنی گرد پیش تنیده می‌باشد و از جهت ایزولاتور در پایه‌های وسط‌خط‌از مقره‌های بشقابی بصورت آویزی استفاده می‌گردد .

مشخصات طرح ترکیبی در قسمت انتهای مقاله مورد بحث قرار خواهد گرفت

۲- در مسیرهای دارای پستی وبلندی های متوسط و تپه ماهور با شرایط بارگذاری سبك ومتوسط در صورتی که امکان ایجاد جادههای دسترسی با هزینه کم که در آنها ماشین‌آلات سنگین جهت حمل ونصب پایه بتنی بتواند عبور نماید میسر باشد استفاده از طرح‌های پایه بتنی با پایه‌های بتنی معمولی و پیش تنیده‌اقتصادی بوده و از جهت شرایط نصب وبهره‌برداری مناسب می‌باشند.

در این شرایط در صورت لزوم استفاده از اسپانهای بلند جهت عبور از روی رودخانه ، مسیل‌ها و دره‌های‌عریض می‌توان از طرحهای اسکلتی بترتیبی که شامل چند تیر که بوسیله نبشی وپروفیل های فولادی دیگر بصورت اسکلت درآمده‌اند با یا بدون مهار استفاده نمودکه باین ترتیب با افزایش فاصله فازها اسپان الکتریکی بیشتر وبا افزایش تعداد تیرها و استفاده از مهار مقاومت مکانیکی و اسپان های وزن و باد بیشتری بدست می‌آید.

دراین حالت در صورتی که در قسمتهائی از مسیر ایجاد جاده دسترسی مناسب عبور ماشین آلات سنگین پرهزینه باشد راه‌حل استفاده از تیرهای چوبی اشباع شده که حمل به پای کار و نصب آن تا حدودی از پایه‌های بتنی سهلتر بوده وبا ماشین‌آلات متوسط امکان پذیر می‌باشد کارساز خواهد بود ، سهولت نسبی تبدیل به اسکلت و یا شبه خرپا در تیرهای چوبی در مقایسه با تیرهای بتنی می‌تواند این پایه‌ها را در شرایط لزوم مقاومت مکانیکی بالاتر و در اسپانهای بلندتر مناسبتر می‌سازد.

استفاده از ایزولاتورهای آویزی (بامقره بشقابی) در پایه‌های وسط‌خط در این مسیرها بعلت شرایط‌مطلوبتراز نظر نگهداری و تعمیرات نسبت به ایزولاتور اتکائی و یا سوزنی ارجح می‌باشد.

۳- در مسیرهائی که زمین بسیار سست می‌باشد مانند مناطق روستائی حواشی کویر که دارای زمین‌های رملی پوشیده از ماسه با عمق زیاد می‌باشد ویا مسیرهائی که از نزدیك ساحل و یا نواحی باتلاقی عبور می‌نمایدویا دررابطه با مسیرهائی که اجبارا " از میان شالیزارهای پیوسته عبور می‌کند استفاده از تیرهای بتنی بعلت سست بودن زمین و عدم امکان استفاده از ماشین آلات سنگین جهت حمل و نصب * واز طرف دیگر وزن‌زیاد این پایه‌ها که فونداسیون بزرگتری را با توجه به مقاومت مکانیکی خیلی کم این زمین احتیاج دارد بصرفه نمی‌باشد. استفاده از پایه‌های چوبی اشباع شده هم در بیشتر موارد دارای مشکلاتی میباشد ، در مناطق خشك وکویری سرعت تبخیر وکاهش غلظت ماده اشباع (روغن کرئوزوت) خیلی سریع است و باین‌ترتیب عمر تیر کاهش می‌یابد و در قسمتهای باتلاقی و مرطوب نیز تیر تحت تاثیر رطوبت خاك و هوا زودترفرسوده و پوسیده می‌شود ، دراین شرایط بهترین راه‌حل استفاده از پایه‌های خرپائی فولادی سبك و گالوانیزه‌و استفاده از فونداسیون بتنی می‌باشد (بعلت‌ظرفیت‌باربذیری کم این‌زمین‌ها که معمولا " کمتراز $1 Kg/cm^2$ می‌باشد و همچنین جهت جلوگیری از تاثیر نمك‌های محلول درخاك روی قطعات فولادی استاب استفاده از فونداسیون بتنی الزامی است) .

* در این شرایط در صورت امکان نصب پایه بموازات جاده ودر خارج ازحریم آن می‌توان از پایه‌های بتنی استفاده‌نمود.

۴- طرح برق رسانی به مناطق روستائی کوهستانی صعب‌العبور موضوع روش اتخاذ شده توسط شرکت برق‌منطقه‌ای اصفهان برای این مناطق می‌باشد که طی شش سال گذشته بطور گسترده برای برق رسانی به مناطق روستائی کوهستانی مورد عمل قرار گرفته ونتایج حاصله کاملا " مطلوب بوده است در صفحات بعد بطور مفصل جزئیات این طرح مورد بررسی قرار گرفته شده است ۰

در مورد برق رسانی به مناطق روستائی دارای مسیرهای کوهستانی وتپه‌ای که در حوزه شرکت برق منطقه‌ای اصفهان بخش اعظم روستاهای دوردست استان چهارمحال وبختیاری ، ومناطق روستائی فرمانداریهای داران، فریدونشهر، خوانسار، گلپایگان، سمیرم، کاشان وبرخی مناطق دیگر استان اصفهان را تشکیل می‌دهد باتوجه به برنامه‌های برق‌رسانی روستائی همواره مشکلاتی وجودداشته‌است .

باتوجه به اینکه در اکثر برق‌های منطقه‌ای روستاهای واقع در مسیرهای اصلی خطوط توزیع و روستاهای با فواصل نزدیك ومتوسط از شهرها ومناطق اصلی مصرف وپستهای فوق توزیع برق‌رسانی شده یا در دست برق رسانی می‌باشند روستاهای باقیمانده عمدتا" در مناطق دوردست ، بیشتر دارای مسیرهای کوهستانی و صعب‌العبور می‌باشد که باین ترتیب مسائل و مشکلات برق‌رسانی به این مناطق تقریبا" دامنگیر بیشتر برق‌های منطقه‌ای می‌باشد . *

حمل ونصب پایه‌های بتنی بلحاظ اینکه باماشین آلات سنگین مانند تریلر و جراثقال نیاز دارد و استفاده از این ماشین‌آلات در اینگونه مسیرها عموما" دارای مشکلات اساسی بوده و مستلزم هزینه‌های سنگین جهت احداث جاده‌های دسترسی مناسب می‌باشد به‌هیچوجه‌توجیه‌اقتصادی‌ندارد .

استفاده از پایه‌های چوبی اشباع شده هرچند از نظر حمل و نصب دارای مشکلات کمتری نسبت به پایه‌های بتنی می‌باشد معهذا دررابطه با مسیرهای کوهستانی صعب‌العبور و نصب پایه درروی قلل، و شیب‌های تند نیز دارای مشکلات اساسی وصرف هزینه‌های سنگین خواهد بود .

عیب اساسی روش‌های احداث خطوط هوائی باپایه‌های بتنی و چوبی اشباع شده به این مناطق روستائی پائین بودن دهانه (اسپان) استاندارد بلحاظ مقاومت کم این پایه‌ها می‌باشد (هرچند با طرحهای چند پایه بصورت اسکلتی خصوصا" در رابطه با تیرهای چوبی و استفاده از مهار می‌توان مقاومت مکانیکی را بمقدار قابل ملاحظه بالا برد ولی‌بعلت مشکلات ناشی از حمل ونصب این‌پایه‌ها و محدودیت استفاده از مهار در قسمتهای صخره و در شیب‌های تند بهیچوجه کارآئی ندارد) و این محدودیت در عبور خط از دره‌های عریض و پستی و بلندیهای زیاد که اسپان های بمراتب‌بلندتری را نیاز دارد ایجاد مشکل می‌نماید چون در غیر اینصورت الزاما" می‌بایستی در شیب های تند پایه ومهار نصب نمود ونصب پایه ومهار در شیب‌های تند علاوه بر اینکه تعداد پایه‌ها راافزایش‌می‌دهد خط را بلحاظ احتمال ریزش سنگ وسقوط‌بهمن واحتمال حرکت لایه‌های زمین آسیب‌پذیرمی‌نماید

* شرکت برق منطقه‌ای گیلان در سال ۱۳۶۵ حدود دویست تن پایه‌های طرح را بمنظور برق‌رسانی به‌روستاهای کوهستانی منطقه‌دیلمان از شرکت‌برق‌منطقه‌ای اصفهان خریداری و در منطقه مذکور نصب نمود .

ضمنا " در مورد شیب‌های صخره‌ای تند و تقاطع با دره‌های عمیق ، رودخانه‌ها و مسیل‌های پهن نیز عمدتا " نصب پایه یا امکان پذیر نمی‌باشد و یا با مشکلات زیادی مواجه می‌باشد بطوری‌که در رابطه با خطوط هوائی پایه بتنی یا چوبی برای احتراز از تقاطع‌های عریض فوق‌الذکر که در مسیرهای کوهستانی بفراوانی وجوددارد، اجبارا " احتیاج به تغییرات در مسیر خط و طولانی نمودن طول آن می‌باشد (بمنظور پیدا نمودن تقاطع‌های باعرض کمتر و دارای شرایط مناسب)

بعلت مسائل و مشکلات موجود درراه برق رسانی به مناطق روستائی کوهستانی و دارای مسیرهای صعب‌العبور مطالعات و بررسی‌های جامعی توسط امور طراحی و نظارت خطوط شرکت برق منطقه‌ای اصفهان بعمل آمده و نهایتا " در سال ۱۳۶۲ طرح مناسبی که ضمن دارا بودن جنبه‌های فنی مورد لزوم از نظر اقتصادی هم بصرفه باشد تهیه و بشرح زیر برنامه ریزی و باجراء در آمد.

خصوصیات اصلی این طرح بقرار زیر می‌باشد :

۱- سهولت حمل و نصب پایه

۲- کارآئی فوق‌العاده جهت مسیرهای کوهستانی دررابطه با افزایش قابل ملاحظه طول‌های اسپان به مقادیر مورد لزوم و تامین ضریب اطمینان‌های مکانیکی لازم دررابطه با شرایط بارگذاری نسبتا " سخت تر این گونه مسیرها و کاهش طول مسیر خط به حداقل ممکن

۳- شرایط مطلوب تراز نظر بهره‌برداری و تعمیرات

۴- اقتصادی تربودن

اکنون به شرح اجزاء مختلف این طرح می‌پردازیم :

الف - پایه ب - ایزولاتور ج - هادی د - پی

الف : پایه

دررابطه با مشکل حمل ونصب پایه‌های بتنی و چوبی در این مسیرها و محدودیت طول اسپان نهایتا " بهترین راه حل استفاده از پایه‌های فلزی خرپائی ارزیابی گردید.

بدین منظور انواع دکلهای فلزی خرپائی که مجموعه یك خانواده پایه را تشکیل می‌داد توسط امور خطوط وبا توجه به ملاحظات مکانیکی و الکتریکی مورد لزوم طراحی و با انجام محاسبات سازه‌ای نقشه‌های ساخت ومونتاژ برای انواع دکلها تهیه گردید، متعاقب آن یك نمونه پایه از این طرح در کارگاه فلزکاری شرکت ساخته شده وهمزمان با آن یك ایستگاه آزمایشی دکل در مقیاس کوچك در دامنه تپه سنگی جنب انبارهای شرکت احداث و دکل نمونه مورد انواع آزمایشات مختلف رژیمهای بارگذاری قرار گرفته و نهایتا " دکل مورد آزمایش تحت *CASE* بارگذاری بحرانی تا مرحله شکست *DESTRUCTION* ادامه یافت ؛ نتایج بدست آمده از آزمایش مطلوب بوده وتا حدود زیادی با روش دستی آنالیزسازه‌ای تطابق داشته ومورد تأیید قرار گرفت.

نهایتا " با تصویب هیئت مدیره شرکت نسبت به سفارش ساخت انواع دکلهای خرپائی برای خطوط ۲۰کیلوولت واقع در مناطق کوهستانی شرکت براساس نقشه‌های تهیه شده اقدام گردید و با آماده شدن آهن آلات دکلها از سال ۶۴ احداث این خطوط شروع شده و بدون وقفه ادامه دارد تا کنون حدود ده خط کامل از این نوع در نقاط مختلف احداث شده و بسیاری از خطوط موجود که در قسمتهائی از نظر پایداری مکانیکی اشکال داشته در آن قسمتها با این طرح بازسازی ومستحکم‌شده است .

شرح مختصری در مورد ساختمان و انواع دکلهای طرح

این دکلها از قطعات نبشی و پلیت گالوانیزه گرم شده که شماره هر قطعه روی آن حک شده و با پیچ و مهره به یکدیگر اتصال می‌یابند تشکیل شده طول بلندترین قطعه کمی بیش از ۳ متر می‌باشد وعمدتا " از قطعات کوتاه تشکیل شده ووزن یک دکل وسط خط آن بطور متوسط حدود ۷۵۰ کیلوگرم می‌باشد ؛ بنابراین با یک وانت بزرگ (وانت سیمرغ) می‌توان آهن آلات پایه‌ها را به محل کار و حتی به روی تپه‌ها و بلندی‌ها حمل نمود و در صورتی که وانت به پای کار نرود انتقال آهن‌آلات به پای کار توسط مال و یا روش کشیدن با وینچ و یا حتی با دست نسبتا " به سهولت امکان پذیرمی‌باشد. این پایه‌ها بدون مهار طراحی شده اند وباین ترتیب مشکلات اجرائی وبهره‌برداری ناشی از نصب مهار در شیب‌ها و ارتفاعات را ندارند .

ضمنا " با پیش بینی استفاده از کراس آرمهای مخصوص و طرح‌های دبل پایه می‌توان اسپان الکتریکی اسپان وزن و اسپان باد را بمقدار قابل‌توجهی افزایش داد .

انواع دکلهای طرح عبارتند از :

۱- دکل وسط خط مقره آویزی (تیپ HS_2)

ارتفاع مفید (از هادی تا سطح زمین) دررابطه با پایه استاندارد $HS_2 \pm 0$ برابر ۹ متر می‌باشد و با اضافه شدن دو بدنه الحاقی دو متری پایه‌های $HS_2 + 2$ با ارتفاع مفید ۱۱ و $HS_2 + 4$ با ارتفاع ۱۳ متر حاصل می‌گردد . پایه‌های وسط خط تا دو درجه انحراف را می‌توانند داشته باشند .

۲- دکل زاویه مقره کششی سی درجه (تیپ $HT30$)

این دکلها برای زوایای انحراف مسیر خط تا حداکثر ۳۰° و بمنظور استفاده بعنوان دداند (Dead-End) وسط خط مورد استفاده قرار می‌گیرد ارتفاع مفید دکل استاندارد ۹ متر ($HT30 \pm 0$) و با اضافه شدن یک بدنه الحاقی دو متری ارتفاع مفید ۱۱ متر حاصل می‌گردد ($HT30 + 2$)

۳- دکل زاویه مقره کششی شصت درجه (تیپ $HT60$)

این دکلها برای زوایای انحراف مسیر خط تا حداکثر ۶۰° و بمنظور استفاده در شرایط آپ لیفت

(UP LIFT) متوسط مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ارتفاع مفید دکل استاندارد ۹ متر و با اضافه شدن یك بدنه الحاقی دو متری ارتفاع مفید ۱۱ متری بدست می‌آید (دکلهای HT60±0 و HT60+2)

۴- دکلهای زاویه مقره کششی ۹۰ درجه (تیپ HT90)

این دکلها برای زوایای انحراف مسیر خطوط تا ۹۰ درجه و در شرایط آب لیفت سنگین و بعنوان پایه مخصوص در زوایای انحراف کمتر و با کراس آرم مخصوص در اسپانهای خیلی بلند مورد استفاده‌قرار می‌گیرد. در مورد این پایه هم ارتفاع استاندارد ۹ متر (HT90±0) و با استفاده از بدنه الحاقی دو متری (HT90+2) ارتفاع مفید ۱۱ متر حاصل می‌شود.

۵- دکل های ترمینال (تیپ HEND)

این دکلها برای ابتدا و انتهای خط و برای مواردی که انشعاب فرعی گرفته می‌شود ویا برای نصب سکسیونر با کت اوت فیوز و یا حتی ترانسفورماتورهای قدرت طراحی شده ومورد استفاده‌قرار می‌گیرد. ارتفاع مفید پایه استاندارد HEND±0 برابر ۹ متر و پایه HEND+2 برابر ۱۱ متر می‌باشد.

توضیح : آرایش فازها در دکلهای H52, HT30, HT60, HT90 آرایش مثلث متساوی‌الساقین و در دکلهای HEND آرایش مسطح می‌باشد ضمنا" جهت گسترش اسپان برای عبور از روی دره‌ها و مسیل‌های عمیق و عریض ، رودخانه‌ها و بین بلندیهائی که محدودیت کلیرنس سیم از سطح زمین درجه اول نمی‌باشد بعلت مقاومت مکانیکی بالای این پایه‌ها می‌توان با استفاده از طرح های دبل پایه وکراس آرمهای مخصوص اسپانهای الکتریکی ، وزن و باد را بمقادیر قابل ملاحظه افزایش داد.

مونتاژ پایه توسط یك جیمپل سبك لوله‌ای (۲/۵ اینچ)و بطول ۵ متر که روی آن قلاب و پولی‌جوش داده شده و توسط طناب بسادگی و سرعت انجام می‌گیرد ، بدین صورت که ابتدا طبقات مختلف و سردکل روی زمین مونتاژ و سپس طبقه به طبقه توسط جیمپل بالا کشیده شده و روی یکدیگر سوار شده و سفت‌سمبه می‌گردند؛ ضمنا" جهت جلوگیری از صعود افراد متفرقه از آنتی کلایمبینگ ANTI-CLAMBING مناسب استفاده می‌شود.

ب : ایزولاتور

چون مسیرهای کوهستانی از نظر تعمیرات خط خصوصا" در فصول برف ویخبندان مشکل، وقت گیر و پر هزینه می‌باشد بمنظور افزایش پایداری الکتریکی ومکانیکی خط وکاهش اشکالات به حداقل و ضمن منظور نمودن ضرائب اطمینان متناسب با شرایط اقلیمی مسیر در طراحی قسمتهای مختلف خط از ایزولاتورهای آویزی با مقره‌های بشقابی استفاده شده است.

(استفاده از مقره سوزنی یا اتکائی در پایه‌های وسط خط از نظر تامین حداقل مشخصات الکتریکی ومکانیکی مورد لزوم این مسیرها جوابگو نمی‌باشد وعمدتا" با پدیده‌های شکست الکتریکی ومکانیکی

اسیب دیدگیهای

روی این مقره‌ها ولزوم تعمیرات زیاد مواجه می‌باشیم) .

استفاده از مقره‌های بشقابی آویزی بعلت اینکه اتصال زنجیره به کراس آرم لولائی وتحت بار های وارده از هادی همواره در امتداد برآیند نیروی باد وارده قرار می‌گیرد، وبعلت تحمل بهتر نیروهای دینامیکی ناشی از پدیده گالوپینگ (GALOPING) وتخلیه بار یخ وهمچنین دررابطه با توزیع یکنواخت تر بار وارده از یخ وبادبه یك یا چند اسپان سکشن(SECTION)در طول کلیه پایه‌های سکشن کاملا " مناسب می‌باشد . ضمنا " در قسمتهائی از خط‌که دسترسی به آن در فصل برف ویخبندان بسیار مشکل باشد یك واحد مقره بشقابی بیشتر نصب می‌گردد تا در صورت اشکال روی یك واحد پایداری الکتریکی لازم تا فصل مناسب جهت تعمیرات امکان پذیر باشد .

زنجیره‌های ایزولاتورکششی نیز از نوع بشقابی با مقاومت مکانیکی لازم خواهد بودضمنا " دراسپانهای بلند و کراسینگ ها (CROSSING)از زنجیره‌های دوبله آویزی وکششی استفاده می‌شود .

فیتینگ ها و هاردورهای مورد نیاز زنجیره‌ها و هادی پیش‌بینی شده و زنجیره‌ها مجهز به آرکینگ هورن (ARCING HORN) جهت حفاظت زنجیره در مقابل شکست الکتریکی سطحی و در موارد مورد لزوم بعنوان برقگیر میله‌ای می‌تواند تنظیم گردد . (ضمنا "(ARCING HORN)توزیع پتانسیل روی واحدها را یکنواخت تر می‌سازد) .

ج : هادی اصلی

در مسیرهای با شرایط اقلیمی و بارگذاری متوسط هادی هاینا (HYENA)(استاندارد وزارت نیرو) یا لئوپارد(LEOPARD)و هادیهای دیگر که از نظر مشخصات مکانیکی و الکتریکی نزدیك بآن باشد جوابگوی تامین نیازهای الکتریکی ومکانیکی طرحها خواهد بود البته در شرایط استفاده از اسپانهای بسیار بلند در صورتی که مشخصات مکانیکی هادیهای فوق کفایت ننماید می‌توان از هادی با مقاومت مکانیکی بالاتر استفاده شود دررابطه با این حالت و شرایط بارگذاری سنگین هادیHOURSEکه توسط شرکت آلومتك ساخته و تحویل می‌گردد وبعلت مقاومت مکانیکی بالا (حد گسیختگی هادی هورس ۶۲۴۱ کیلوگرم می‌باشد) مناسب است (هادی هورس با حذف لایه دوم آلومینیم سیم لینکس یکسان می‌باشد) در شرایطی که میزان قدرت مورد انتقال بالا می‌باشد می‌توان از دو خط تکمداره موازی (مانند خطوط موازی معادن ذغال سنگ ویا خط دو مداره استفاده نمود (در مناطق روستائی که در برق اصفهان دارای مسیرهای کوهستانی می‌باشند عموما "پیك قدرت مورد نیاز آنها در طرحهای توسعه آتی در حدی نمی‌باشد که از خط دو مداره استفاده گردد) .

(در مورد خطوط ۲۰ کیلوولت موازی معادن سنگ کرمان هم بعلت ضریب اطمینان برق رسانی بالاتر دررابطه با حساسیت برق‌رسانی به معادن از دو خط موازی استفاده شده است) سیم کشی خط با توجه به پستی و بلندی‌های زیاد مسیر و استفاده از اسپان‌های بلند بهتر است با پولر(PULLER)

و تنشنر TENSIONER و سیم پایلوت و بروش هوائی انجام گردد.

د: پی‌سازی (فونداسیون پایه)

استاب (کُنده) STUB دکلها از قطعات نبشی گالوانیزه که با پیچ ومهره به یکدیگر و با اورلپ OVERLAP به ستونهای اصلی پایه متصل می‌گردند تشکیل یافته است استاب‌ها دارای چهار ستون و دو قاب می‌باشد قاب کف در جهت عرض (پایه‌های وسط خط) و در جهت نیمساززاویه داخلی (پایه‌های زاویه) بمنظور مقاومت بیشتر بلندتر بوده و برروی ستونهای استاب سوراخهایی به فواصل معین تعبیه شده که روی آنها لقمه‌های استاب (CLEATS) جهت درگیری بیشتر با پی نصب می‌شود برای چاله‌های سنگی که عمق کاهش می‌یابد محل قاب‌ها تغییر یافته وقسمت اضافی استاب حذف می‌گردد ترازنمودن و در خط قرار دادن استاب در چاله بسهولت و سرعت انجام می‌شود.

برای تکمیل فونداسیون دو روش مورد اجراء قرار می‌گیرد یکی روش پر کردن چاله‌با مخلوط سنگ وخاك کمپکت (COMPACT) شده که دراین صورت قطعات گالوانیزه استاب جهت حفاظت بیشتر در مقابل خوردگی ناشی از مواد شیمیایی محلول در خاك قیراندود می‌گردد (درمورد زمین‌های با درصد املاح سولفات محلول بالا قطعات استاب قیروگونی می‌شوند.) و دیگراستفاده از فونداسیون بتنی با حجم بتن کم که با توجه به موقعیت و شرایط مسیر از جهت دسترسی وتهیه مصالح ساختمانی یکی از این دو طرح انتخاب می‌گردد.دررابطه با خطوط ۲۰ کیلوولت پایه‌فلزی اجراء شده‌در شرکت برق منطقه‌ای اصفهان عمدتا " پی‌سازی آنها بعلت سهولت و هزینه کمتر با روش سنگ وخاك کمپکت شده تکمیل گردیده است.

" مزایای طرح جدید برق‌رسانی به مناطق روستائی کوهستانی باروش‌های برق‌رسانی دیگر "

تجربیات حاصله از اجراء و بهره‌برداری بیش از ده خط ۲۰ کیلوولت طرح جدید طی شش سال گذشته در برق اصفهان مؤید این موضوع بوده که استفاده از این خطوط در مسیرهای کوهستانی از نظر شرایط نصب و بهره‌برداری مناسب‌تر و از جهت مجموع هزینه‌های نصب و تعمیرات و نگهداری بمقدار قابل ملاحظه‌ای کم هزینه‌تر بوده است.

بصورت خلاصه مزایای این روش برق‌رسانی به مناطق کوهستانی در مقایسه با روش‌های‌متداول معمول و فعلی بشرح زیر می‌باشد.

۱- سهولت حمل ونقل قطعات پایه‌ها با ماشین‌آلات سبك و متوسط مانند وانت و در صورت لزوم با مال و غیره و اقتصادی بودن هزینه‌های حمل.

۲- سهولت نسبی اجرای فونداسیون ، نصب پایه و سیمکشی خط در مسیرهای کوهستانی و تپه‌ای

۳- بالا بودن اسپان استاندارد خط وامکان عبور از دره‌ها، رودخانه‌ها و مسیل‌های عریض و عمیق با توجه به قابلیت انعطاف طرح در زمینه افزایش قابل ملاحظه طول اسپان‌های وزن، بادو اسپان الکتریکی

۴- امکان استفاده از پایه‌های با مقاومت و ارتفاعات متنوع جهت عبور خط از کوتاهترین و مناسب‌ترین مسیر با حداقل تعداد پایه، ضمن اینکه با استفاده از این پایه ها احتیاج به نصب پایه در عمق دره ها و شیب‌های خیلی تند نمی‌باشد و چون کلیه پایه‌ها بدون مهار می‌باشند سطح زمین اشغال شده توسط پایه حداقل می‌باشد (مسئله‌ای که در شیب‌های تند و روی بلندی قلل صخره‌ای و تپه‌هاکه وسعت زمین مناسب نصب پایه کم می‌باشد حائز اهمیت زیادی است) .

۵- با توجه به اینکه در مسیرهای کوهستانی اسپان متوسط طرح حدود دو برابر اسپان متوسط در خطوط پایه بتنی و چوبی‌می‌باشد بنابراین در شرایط یکسان تعداد پایه‌ها نصف می‌گردد که باعث کاهش هزینه‌های نصب و کاهش تعداد ایزولاتور و یراق‌آلات مربوطه می‌گردد .

۶- عمر مفید پایه‌های فلزی گالوانیزه در شرایط اقلیمی سخت مسیرهای کوهستانی (از نظرباد، طوفان، برف و یخ و ارتعاشات دینامیکی ناشی از آنها) بیشتراز انواع دیگر پایه‌ها می‌باشد . چون تیرهای بتنی در مناطق سرد سیر وپربرف بعلت نفوذ آب بداخل ترک‌های موئین تیر وپدیده یخ‌زدگی مکرر بتدریج از سطح به عمق فرسوده واز بین می‌روند و دررابطه با تیرهای چوبی اشباع شده معمولا " بعلت تأثیر رطوبت خاك و املاح شیمیایی محلول موجود در خاك در حوالی سطح زمین و قسمتهای داخل خاك بتدریج دچار پوسیدگی می‌گردند .

۷- با توجه به مقاومت خوب مکانیکی پایه‌های طرح وبالا بودن طول دهانه‌ها در صورت نیاز به انتقال قدرت های الکتریکی بالاتر می‌توان با کاهش طول دهانه‌ها از هادیهای سنگین‌تر استفاده نمود . ضمنا " نصب کلیه تجهیزات از قبیل سکسیونر ،کت‌اوت ،برقگیر ،ترانسفورماتور قدرت بااضافه نمودن قطعات اضافی روی پایه (HEND) امکان پذیر می‌باشد .

۸- کار کردن روی پایه‌ها بلحاظ خرپائی بودن آنها بمراتب ساده‌تر وکم خطر تر از کارکردن روی پایه‌های بتنی و چوبی می‌باشد و جهت جلوگیری از بالا رفتن افراد عادی از طرح موانع صعود (ANTI - CLIMBING) موثر استفاده شده است پیچ ومهره ها بمنظور ممانعت از شل شدن تدریجی در اثر ارتعاشات دینامیکی مجهز به واشرهای فنری و نخت می‌باشند و جهت جلوگیری از بازنمودن مجدد سمبه می‌گردند .

۹- فضای اشغال شده جهت انبار نمودن آهن‌آلات پایه‌ها بمراتب کمتر از فضای مورد نیازبرای پایه‌های بتنی و چوبی می‌باشد، قطعات که عمدتا " طول آنها کمتراز یك ونیم متر و حداکثر کمی‌بیش از سه متر می‌باشدونسبت به دکلهای ۶۳ از تعدد بمراتب کمتری برخوردارندبصورت باندل‌های بزرگ و براساس شماره حك شده روی قطعات انجام می‌شود که بسادگی می‌توان طبق تاورلیست‌های تهیه شده که شماره قطعه و تعداد مورد نیاز یك پایه را مشخص نموده جداشده و بارگیری گردد .

۱۰- در مناطقی که عدد ایزوکرونیك بالا می‌باشد جهت حفاظت خط در مقابل تخلیه مستقیم‌صاعقه نصب سیم گارد روی قسمت بالائی دکل با اضافه نمودن چند قطعه اضافی میسر می‌گردد .

۱۱- جهت امکان تولید صددرصد دکلها در داخل کشور نوع فولاد مصرفی قطعات مختلف از نوع فولاد معمولی MILD STEEL طراحی شده است که توسط شرکت سهامی ذوب آهن اصفهان قابل تولید می‌باشد.

۱۲- ضمن دارا بودن مشخصات فنی بهتر و سهولت نصب و بهره‌برداری در مجموع و یا منظور نمودن کلیه عوامل، کل هزینه‌های خط شامل تهیه و حمل لوازم و تجهیزات، نصب و تعمیرات کمتر از خطوط پایه بتنی و پایه چوبی می‌باشد.

((نتایج وتجربیات حاصل از احداث خطوط پایه فلزی در مناطق روستائی کوهستانی))

تجربیات شش ساله گذشته مؤید این موضوع بوده که این خطوط در مسیرهای کوهستانی صعب العبور بهترین وکارآمد ترین روش برق رسانی می‌باشد و با توجه باینکه هزینه‌های صرف شده جهت نصب و بهره‌برداری این خطوط بطور متوسط از روشهای دیگر کمتر می‌باشد ، در واقع بعنوان روش بهینه برق‌رسانی در این مناطق شناخته شده وتثبیت گردیده است .

((طرح ترکیبی، روش بهینه برق رسانی برای مناطق روستائی با پستی و بلندی متوسط و دارای شرایط اقلیمی سخت (پربرف و بادگیر)))

در دی ماه سال ۶۵ در ناحیه داران و فریدونشهر که از مناطق روستائی بسیار پربرف و بادگیر برق اصفهان می‌باشد بارش برف و همزمان وزش باد شدید بخش قابل توجهی از شبکه‌های ۲۰ کیلوولت و فشار ضعیف این ناحیه را دچار آسیب های شدید نمود ، موارد آسیب دیدگی متعددی شامل پارگی سیم ، شکستن مقره‌ها و گسیختگی آنها ، خم شدن و شکستن کراس آرمهای فولادی و چوبی ، شکستگی پایه ، خوابیدن پایه از پی (FOUNDATION FAILURE) و خسارات دیگر بود .

عین همین حادثه در زمستان سال بعد اتفاق افتاد که هرچند خسارات وارد در این سال کمتر از سال قبل بود ولی بروز این حوادث که خسارات هنگفتی را وارد نمود و ترمیم کامل آنها در هر یك از این موارد با بسیج اکیپ‌های متعدد تا دو ماه بطول انجامید ، لزوم بررسی گسترده روی علل و عوامل بروز ونحوه مقابله با آن و استفاده از طرحهای ویژه برای این مناطق را کاملا " محسوس نمود ؛ بررسی‌های گسترده روی شرایط وقوع حادثه مشخص نمود که در هر مورد ابتدا بارش باران سنگین باعث افزایش زیاد رطوبت نسبی هوا شده و سپس تبدیل آن به برف وسرمای شدید موجب تشکیل قشرهای یخ ضخیم روی هادیها شده و چون این پدیده با وزش باد شدید همزمان گردیده لذا موجب ایجاد خسارات سنگین مذکور شده‌است .

طبق مشاهدات اکیپ‌های ناحیه بلافاصله بعد از وقوع حادثه در نقاط مختلف شبکه‌های آسیب دیده مشخص گردید که ضخامت شعاعی قشر یخ در بعضی از قسمتها تا ۱۰۰ میلی متر هم بوده است و طبق اطلاعات واصله از اداره کل هواشناسی استان سرعت وزش باد را حداکثر ۷۵ کیلومتر بر ساعت اعلام نمودند .

واضح بود با چنین رژیم بارگذاری بسیار سنگین پایداری مکانیکی شبکه‌های ناحیه که عمدتا " از پایه‌های بتنی وچوبی متوسط تشکیل شده بود از دست می‌رفت ضمنا " طراحی شبکه‌ها بقسمی که بتواند بدترین شرایط بوجود آمده یعنی رژیم یخ‌بندان با باد که ضخامت شعاعی یخ ۱۰۰ میلی متر و سرعت وزش باد ۷۵ Km/hr باشد را کاملا " تحمل نماید بهیچوجه اقتصادی نمی‌باشد .

بنابراین راه حلی که در عین اقتصادی بودن می‌تواند خسارات ناشی از تکرار مجدد چنین شرایط را به حداقل ممکن برساند مورد بحث و مطالعه و تحقیق وسیع قرار گرفت .

نهایتا " طراحی پایه‌های ترکیبی برای این مناطق از هر نظر مناسب و متضمن شرایط فوق ارزیابی گردد.

به شرح زیر به تشریح طرح ترکیبی می‌پردازیم :

۱- پایه‌های زاویه و دداندهای وسط‌خط و پایه‌های ترمینال و پایه‌هائی که از آنها انشعاب گرفته می‌شود * کلا " پایه‌های فولادی گالوانیزه HT90، HT60، HT30 و HEND باشند (بعلت نیروهای عرضی وطول زیاد وارد در شرایط یخبندان با باد و تحمل مکانیکی بالای این پایه‌ها)

۲- طول سکشن ها (فاصله دو پایه مقره کشی) بدلیل تامین پایداری مکانیکی بالاتر و جلوگیری از گسترش آسیب در طول‌های بلند حداکثر یك کیلومتر انتخاب گردد.

۳- پایه‌های وسط خط با استفاده از تیرهای چوبی اشباع شده کلاسهای ۱ و ۲ و یا تیرهای بتنی گرد پیش تنیده ۶۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلوگرم اجراء گردد **

۴- پایه‌های وسط خط واقع روی بلندی (دارای اسپان وزن بالا) وواقع در گودی‌ها (حالت آپ لیفت) با استفاده از پایه‌های فولادی HT30 اجراء گردد.

۵- مقادیر اسپان معادل با توجه به شرایط و مشخصات اقلیمی منطقه دقیقا " محاسبه و ملاك عمل قرار گیرد.

۶- ایزولاتورهای پایه‌های وسط خط از نوع مقره بشقابی آویزی و دررابطه با پایه‌های کششی از نوع مقره بشقابی کششی نصب گردند.

۷- در مورد پایه‌هائی که در زمستان اکثرا " آب اطراف آنها جمع می شود و زمین سست می‌باشد از فونداسیون بتنی مناسب استفاده گردد.

۸- هادی مورد استفاده از نظر مکانیکی تحمل شرایط بارگذاری یخبندان با باد شدید را داشته و به حد گسیختگی نرسد (استفاده از هادیهای هورس ، لئوپارد و .....).

۹- در قسمتهائی از منطقه که سرعت باد حداکثر بوده است برای پایه‌های چوبی و یا بتنی پیش تنیده طرفین هر پایه دو مهار بادگیر (در جهت عمود بر مسیر خط) نصب گردد وکشش مهار با توجه به پیچ تنظیم (یاترن باکل) در هر فصل تنظیم گردد.

* فاصله اولین پایه از پایه مورد انشعاب حداکثر ۲۵ متر می‌باشد.

** تیرهای بتنی معمولی (غیر تنیده) چون در شرایط ساخت ، حمل ونصب و یا در شرایط بارگذاری ممکن است ترك های موئی داشته باشند برای این مناطق مناسب نمی‌باشد چون با نفوذ آب بداخل تزك ها و پدیده یخ زدگی مکرر بتدریج از روی سطح دچار فرسایش و ریختن بتن و گسترش آن می‌گردند.

۱۰- جهت رفع عیب سریع در شرایط بروز اشکال بهتراست خطوط حتی‌الامکان در امتداد جاده‌ها و در خارج از حریم آنها احداث گردند.

بهرحال مقرر گردید خطوط جدید در این مناطق براساس این طرح طراحی و اجراء گردد و برای بازسازی خطوط موجود هم اقدامات لازم با استفاده از ایده‌های این طرح و خصوصیات ویژه هر خط معمول گردد. اقدامات انجام شده بعدی در این راستا تحول کیفی در پایداری مکانیکی خطوط این ناحیه بوجود آورده و از آن‌به بعد، تا کنون هرچند، شرایط یخبندان با باد در زمستانهای بعدی در حد طوفان و یخبندان سالهای ۶۵ و ۶۶ نبوده است ولی هیچگونه آسیب دیدگی کلی نداشته است و پیش بینی می‌گردد در صورت تکرار شرایط آن سالها آسیب‌های وارده محدود به بعضی از قسمتها و بسیار محدودتر خواهد بود.

امید است تجربیات شرکت برق منطقه‌ای اصفهان در زمینه‌های مذکور مورد استفاده سایر برق های منطقه ای که دارای مسائل ومشکلات مشابهی می‌باشند قرار گیرد.