فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص ۱۸-۱۳
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

عنوان مقاله: طراحی دکل های فشار قوی
دوره ۵ / شماره ۴ / زمستان ۱۴۰۰/ ص ۱۸ - ۱۳

طراحی دکل های فشار قوی

اصغر قادری۱، محمد ابراهیم بایگان*۲، عبدالغنی سهویی۲ و ادهم پرکاسی۲
۱- استادیار گروه برق (دکتری پلاسما) ، دانشگاه آزاد واحد ایرانشهر
۲- دانشجوی کارشناسی مهندسی برق ، دانشگاه آزاد واحد ایرانشهر

طراحی دکل های فشارقوی

وقتی هدف، بهینه‌سازی ابعاد و وزن دکلهای خطوط انتقال نیرو باشد، طبیعی است‌عوامل مختلفی از جمله مشخصه هادیها، آرایش فازها و فاصله آنها تا دکلها در این امردخالت دارد .

در این نوشتار ضمن بررسی عوامل مختلف در محاسبه فواصل فازی، تأثیر آنها درطراحی دکلهای موجود نیز مورد بحث و بررسی قرار گرفته است .

گرچه نقش هر یک از عوامل جوی و محیطی، بسیار مهم است، اما فاصله‌هادیها تا بدنه یا بازوی برجها، نقش مؤثرتری را در طراحی ابعاد و وزن دکلها یا برجهای‌خطوط انتقال نیرو دارد.

همچنین ابعاد دکلهای‌طراحی شده در کشور ایران با چند نمونه از دکلهای مربوط به خطوط انتقال نصب شده درچند کشور خارجی مقایسه شده است. نتایج این بررسیها نشان می‌دهد در طراحی دکلهای خطوط انتقال نیرو، فواصل فازها از بدنه دکلها و از یکدیگر، بیشتر از حد مورد نیازاست که این امر نشانگر در نظر گرفتن ضریب اطمینان بالا بوده که موجب افزایش وزن‌آنها و در نتیجه قیمت خطوط انتقال نیرو می‌شود.

گرچه ابعاد و وزن دکلها به عوامل بسیارمتعددی از جمله

فاصله اسپن، سرعت و زاویه‌وزش باد، ضخامت یخ، وزن و قطر هادی وعوامل دیگر وابسته است اما در یک شرایطمعین، فواصل فازها یکی از عوامل مهم ومؤثر در طراحی دکلهای خطوط انتقال نیرواست. با افزایش فاصله هادیها از بدنه یا بازوی دکلها، نیروی تحمیلی بر آنها تغییر می‌کند که این امر سبب افزایش ابعاد، وزن وقیمت آنها می‌شود.

توجه به این بخش از طراحی، می‌تواند عامل مؤثری در کاهش‌هزینه‌های مربوط به ساخت دکلها و در نتیجه‌سرمایه‌گذاری خطوط انتقال نیرو باشد .بررسی فواصل فازی در مراجع مختلف‌نشان می‌دهد با وجود مدلها و روابط متعددی که برای محاسبه فواصل فازی ارایه شده است، در عمل فواصل فازها حتی در شرایط محیطی یکسان، برابر نیست که وجود دکلهای متنوع با ابعاد و وزن مختلف درشبکه‌های برق‌رسانی ایران مؤید این مطلب است. لذا با توجه به اهمیت فواصل فازها وجای‌گذاری هادیها در طراحی دکلها، پهنای باند عبور و در نتیجه سرمایه‌گذاری خطوط انتقال نیرو، در این نوشتار مورد بحث و بررسی‌قرار می‌گیرد.

معیار انتخاب فواصل فازی

در خطوط انتقال نیرو فاصله فازها تا بدنه‌برجها یا فاصله فاز تا فاز به عوامل متعددی ازجمله اضافه ولتاژها، شرایط جوی و محیطی وسایر مشخصات فنی خطوط، وابسته است امابه هر حال دامنه تغییرات آن قابل محاسبه‌است. از طرفی با توجه به این که ممکن

فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص ۱۸-۱۳
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

است اضافه ولتاژها یا پدیده‌های جوی رخ دهد، لذافاصله فازها می‌تواند با پذیرش احتمال کم یازیاد برای وقوع جرقه در فواصل هوایی،افزایش یا کاهش یابد. برای روشن شدن‌مطلب، به تأثیرگذاری عوامل مؤثر و مختلف‌در این زمینه به طور اختصار اشاره می‌شود.

الف) عوامل موثر در فواصل فازی

در محاسبه حداقل فاصله فازها تا بدنه‌دکلها عوامل متعددی دخالت دارد که از جمله‌می‌توان به این موارد اشاره کرد:

- ولتاژ خط انتقال
- وزن و قطر هادیها
- قطر یخ روی هادیها
- درجه حرارت هادیها
- سرعت و زاویه وزش باد
- شرایط جوی و محیطی مسیر
- فلش هادیها
- فاصله پایه‌ها
- قابلیت اطمینان یا درصد ریسک‌پذیری.

این عوامل عمدتا در نزدیک‌سازی‌فاصله فازها به بدنه دکلها در شرایط وزش باددخالت دارند. اما در هر شرایطی، حداقل‌فاصله فازها تا بدنه دکلها در هر جهت نباید ازرقمی که از طریق اضافه ولتاژهای ناشی از کلیدزنی یا صاعقه به وجود می‌آیند کمترباشد. شایان ذکر است که در برخی از مراجع،سرعت باد ماکزیمم در زمان وقوع حداکثراضافه ولتاژ، منظور نمی‌شود.

ب) حداقل فاصله افقی هادی تا دکل

در جای‌گذاری هادیها در روی دکلها بایددقت شود که فاصله هادیها با بدنه یا بازوی‌دکلها در هیچ قسمت، از مقدار مشخصی،کمتر نباشد این فاصله تابعی از مقدار اضافه ولتاژهای ناشی از صاعقه و کلیدزنی و درصد ریسک‌پذیری است. برای محاسبه حداقل‌فاصله هوایی یا فاصله هادی تا بدنه،می‌توان از این روابط استفاده کرد:

رابطه (۲) نیز حداقل فاصله هوایی از دیدگاه اضافه ولتاژ ناشی از صاعقه را نشان می‌دهد:

در این رابطه داریم: LS - حداقل فاصله هوایی بر مبنای اضافه‌ولتاژ کلیدزنی به متر

VS - اضافه ولتاژ ناشی از کلیدزنی به‌کیلوولت

LL - حداقل فاصله هوایی بر مبنای اضافه‌ولتاژ صاعقه به متر

VL - اضافه ولتاژ ناشی از صاعقه به کیلوولت

برای محاسبه حداقل فاصله هوایی درهر سطح از ولتاژ لازم است، با توجه به مقادیراضافه ولتاژهای ناشی از کلیدزنی و صاعقه،حداقل فاصله هوایی محاسبه شود.

ضمنا برای سهولت مقایسه و محاسبه،حداقل فاصله هوایی مجاز فازها تا بدنه‌دکلها با توجه به روابط (۱ و ۲) و برحسب‌مقادیر مختلفی از اضافه ولتاژهای صاعقه وکلیدزنی نیز محاسبه شده است. حداقل فاصله هوایی، تنها به مقدار ولتاژ بستگی ندارد، بلکه‌تابعی از نوع اضافه ولتاژ نیز است. به عبارت‌دیگر این مطلب نشان می‌دهد که ولتاژشکست هوا ضمن این که به قدر مطلق ولتاژبستگی دارد، به شکل موج آن نیزوابسته است‌به عبارت دیگر برای مقادیر یکسانی از اضافه ولتاژهای صاعقه و کلیدزنی، حداقل فاصله‌هوایی مجاز یا فواصل فازها از یکدیگر (یا بابدنه دکلها) برای اضافه ولتاژ کلیدزنی بیشتراز اضافه ولتاژ ناشی از صاعقه است.

فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص ۱۸-۱۳
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

فاصله فاز تا بدنه دکل

در صورتی که زنجیره مقره‌ها در اثر وزش‌باد دچار نوسان نشود، حداقل فاصله فاز تا بدنه دکلها را می‌توان معادل L در نظر گرفت‌که مقدار آن برابر LL یاLS (هر کدام بزرگترباشد) است. اما در عمل وزش باد سبب انحراف زنجیره مقره‌ها به سمت دکلهامی‌شود که این اقدام موجب نزدیک شدن‌فازها به بدنه یا بازوی دکلها می‌شود. لذا اگر هدف، تعیین محل مناسب برای نصب‌زنجیره مقره‌ها باشد باید این مطلب مدنظرقرار گیرد.

شمای کلی بخشی از دکل راهمراه با زنجیره مقره‌ها نشان می‌دهد. در این‌شکل fزاویه انحراف زنجیره مقره‌ها، dhمیزان پیشروی افقی هادیها به سمت دکل و dvفاصله هادی تا بازوی دکل در حالت‌انحراف زنجیره مقره‌ها و Lin طول زنجیره‌مقره‌هاست. با توجه به شکل فوق میزان پیشروی زنجیره مقره‌ها به سمت بدنه دکل رامی‌توان از رابطه ۳به دست آورد.

با توجه مقدار dh حداقل فاصله فاز تا بدنه(D) به دست می‌آید.

وزش باد علاوه بر این که فاصله افقی هادیهاتا دکل را کاهش می‌دهد، سبب کاهش‌فاصله عمودی هادیها تا بازوی دکل (dv) نیزمی‌شود. لذا در انتخاب طول زنجیره مقره‌هاباید دقت شود که هیچ وقت مقدار dv از Lکمتر انتخاب نشود. اما اگر مقدار dv از حدمجاز کاهش یابد طول زنجیره مقره‌ها باید باتوجه به رابطه (۶) اصلاح شود:

با جای‌گذاری مقدار معادل Lin در رابطه (۵)مقدار D به صورت روابط (۷) و (۸) محاسبه می‌شود.

زاویه انحراف زنجیره مقره‌ها را می‌توان ازرابطه (۹) به دست آورد. در این رابطه Vسرعت وزش باد برحسب متر بر ثانیه، dقطرهادی بر حسب متر، w وزن یک متر از طول‌هادی برحسب کیلوگرم و Sh و Svاسپنهای بادو وزن است.

همان طور که ملاحظه می‌شود فاصله هادیهاتا بدنه دکلها به سرعت باد، شرایط آب وهوایی منطقه، نوع هادی و فاصله دکلهاوابسته است. به عبارت دیگر هر چه زاویه‌انحراف زنجیره مقره‌ها بیشتر باشد فاصله فازها باید زیادتر انتخاب شود. tanf در محدوده ۰/۴ تا ۰/۶ تغییر می‌کند، لذا در این حالتها مقدار Kدرمحدوده ۱/۴ تا ۱/۶تغییر می‌کند (اگر زنجیره‌مقره‌ها به صورت V شکل نصب شود K حدود۱/۱ تا ۱/۲ خواهد بود) لذا با توجه به مقادیراضافه ولتاژهای مندرج در جدول (۱) و در نظرگرفتن K مساوی ۱/۱ و ۴/۱ برای آرایش Vو I مقره‌ها، حداقل فاصله هادیها تا بدنه‌دکلها (D) محاسبه و نتیجه در جدول (۳) درج‌شده است. در این محاسبات برای ولتاژ ۴۰۰کیلوولت از مقدار ماکزیمم Ls و برای سایرسطوح ولتاژ از ارقام ماکزیمم LL استفاده شده‌است.

لازم به توضیح است که تنظیم فاصله‌هادیها در سر دکلها به معنی مناسب بودن‌فواصل فازی در خط انتقال نیست، بلکه بایدفاصله فازها در وسط پایه‌ها نیز کنترل شود.چون ممکن است در اثر وزش باد، فواصل هادیها از حد مجاز کمتر شود. در چنین‌شرایطی، باید فاصله هادیها در سر دکلهابیشتر از ارقام محاسبه شده منظور شود تا در وسط پایه‌ها مشکلی ایجاد نشود.

فواصل فازی

برای بررسی فواصل فازی متداول درخطوط انتقال نیروی کشور، مقادیر فواصل‌هوایی و فازی که از روش محاسباتی فوق به‌دست آمده است با مقادیر مشابه آنها که درمراجع مختلف درج شده مورد مقایسه قرار می‌گیرد. در ادامه نوشتار مقادیر مربوط به این‌عوامل ارزیابی می‌شود.

الف) فواصل فازها در دکلهای شبکه‌برق‌رسانی کشور

بررسی دکلهای نصب شده در سطح‌شبکه‌های برق‌رسانی کشور، نشان می‌دهدکه ابعاد آنها دارای تفاوتهای محسوسی است.گرچه بخشی از این اختلافات مربوط به‌شرایط آب و هوایی منطقه است، اما قسمت‌دیگر به ناهماهنگ‌بودن معیارهای طراحی ازجمله انتخاب ضرایب اطمینان طراحی‌مرتبط می‌شود. جدول (۴) دامنه تغییرات‌فواصل فازها در چند نمونه از دکلهای خطوط‌انتقال نیروی کشور را نشان می‌دهد.

ب) مقادیر واقعی در چند خط انتقال‌خارج از کشور

برای نتیجه‌گیری بهتر، وضعیت فاصله‌فازی در چند نمونه از خطوط انتقال نیرو نصب‌شده در کشورهای اروپایی و آمریکایی که ازمراجع مختلف استخراج شده مورد مطالعه قرارگرفت. با توجه به بررسیهای انجام شده، فاصله هادیها تا بدنه دکلها محاسبه و نتیجه‌در جدول (۵) درج شد. همان طور که از این‌جدول پیداست اختلاف محسوسی بین ارقام این جدول با دیگر مراجع، وجود دارد. گرچه‌بخشی از این اختلافات مربوط به شرایط آب وهوایی مسیر است اما عامل دیگر، تفاوت در بکارگیری معیارهای طراحی است.

ج) حداقل مجاز در NESC

از آن جا که هدف، مقایسه فواصل هوایی‌محاسبه شده در مراجع مختلف است، لذامقادیر توصیه شده توسط NESCنیز موردبررسی و مقایسه قرار می‌گیرد.

مقایسه فواصل فازی بررسیهای انجام شده در این نوشتارنشان می‌دهد روشهای بکار گرفته شده درمراجع مختلف برای محاسبه فواصل فازی،متفاوت بوده که این امر باعث بروز اختلافات‌محسوسی در مقادیر فاصله فازها تا بدنه دکلها شده است.

نتیجه:

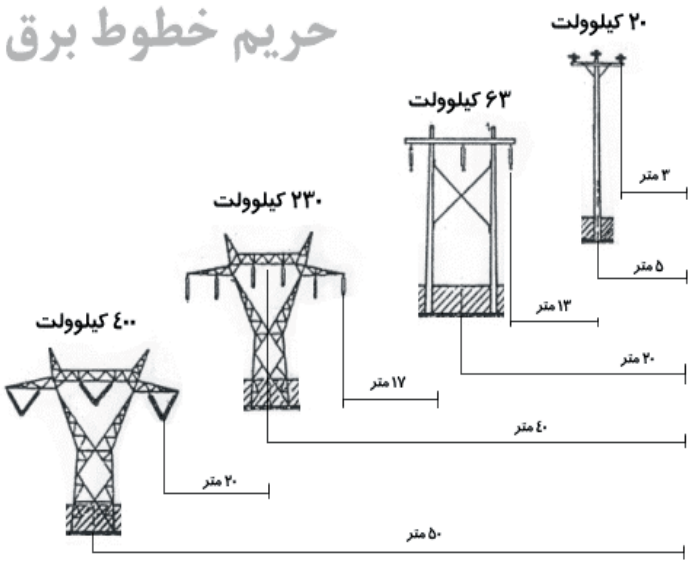
بررسیهای مقدماتی انجام شده در این‌نوشتار نشان می‌دهد که معیارهای موجودبرای محاسبه فواصل فازی در کشور دارای‌ضریب اطمینان بالایی است که این امر سبب‌افزایش بی‌مورد ابعاد و وزن دکلهای خطوطانتقال نیرو می‌شود.

بررسی و مقایسه فواصل فازی ابعاددکلهای خطوط انتقال نیروی موجود در کشورایران با تعدادی از مراجع نشان می‌دهد که دربسیاری موارد امکان کاهش ابعاد آن، میسراست. از آن جا که مشخصات فنی دکلها مستقیما به فواصل فازها تا بدنه دکل ودرنتیجه به نیروهای تحمیلی بر آنها وابسته‌است، به طور طبیعی بهینه‌سازی ابعاد و وزن‌دکلها بدون انتخاب معیار مناسب برای تعیین‌فواصل فازی میسر نیست.

انواع دکل های انتقال

مقدمه :

دکلهای انتقال نیرو به دو دسته‌ی دکلهای مشبک (لتیس=Lattice) و دکلهای تلسکوپی (تک پایه) تقسیم می‌شوند. تر و ارزان‌تر هستند. دکلهای تلسکوپی زیباتر هستند و جای کمتری می‌گیرند و در وسط بلوارها قابل نصب می‌باشند.



فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص ۱۸-۱۳
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

دکلهای لتیس بزرگتر، قوی

برج‌های روشنایی، معمولا برای روشنایی محوطه‌های بزرگ مانند استادیوم‌ها، پارک‌ها، بوستان‌ها، تفرجگاه‌ها، میادین، خیابان‌ها، محوطه‌ی ساختمان‌هایی نظیر بیمارستان‌ها، ساختمان‌های دولتی و کارخانجات و شرکت‌ها، میادین، فرودگاه‌ها، استادیوم‌ها، پایانه‌ها، تقاطع‌ها ، پل‌ها و ... استفاده می‌شوند. تکنولوژی چندان پیچیده‌ای ندارند و شرکت‌های داخلی می‌توانند برابر استانداردها نمونه‌های مختلف آن را تولید کنند. پخش نور گسترده و یکنواخت، بدون خیرگی، به سبب ارتفاع زیاد برج‌ها، از مزایای آنهاست.

گاهاً روی این پایه‌ها از سیستم مکانیزه فرود و صعودِ سبدِ پروژکتور استفاده می‌شود که به وسیله‌ی آن می‌توان پروژکتورها را بالا و پایین برد و این تکنولوژی، سرویس و نگهداری برج را آسان و ارزان می‌نماید، زیرا برای تعمیر و نظافت پروژکتور و یا تعویض لامپ‌ها، دیگر نیاز به جرثقیل نبوده و تعمیرکار به آسانی می تواند به کمک سیستم کنترلِ میکروپروسسوریِ نصب شده در داخلِ بدنه‌ی برجِ روشنایی (نورانی)، اقدام به تعویض لامپ‌ها و یا تعمیر پروژکتورها نماید. ارتفاع این برج‌ها می‌تواند بسته به کاربرد آنها متفاوت باشد، ارتفاع‌های ۱۲ تا ۳۰ متر بیشتر رایج است.بدنه‌ی اصلی برج، به صورت هرمِ ناقص، با توجه به ارتفاع، ۶، ۸، ۱۲، ۱۴ و ۱۶ وجهی ساخته می‌شود و به ترتیب قطر بدنه از بالا به پایین تغیر می‌نماید. پوشش بدنه گالوانیزه است. تعداد پروژکتورهای قابل نصب روی برج روشنایی تلسکوپی از ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۴ تا ۳۰ دستگاه متغیر بوده و می‌توان از انواع پروژکتورهای روشناییِ ۱×۴۰۰ وات، ۲×۴۰۰ وات، ۱×۱۰۰۰ وات و ۲×۱۰۰۰ وات استفاده نمود. گاهی سیستم‌های کنترل و فرمان، مدارهای حفاظتی و... در تابلویی مجزا در داخل بدنه‌ی برج‌های روشنایی تلسکوپی نصب می‌شود که موجب ایمنی بیشتر و اشغال فضای کمتر می‌گردد. برای اینکه وسایل پرنده، مانند هواپیما و هلیکوپتر، بتوانند برج را ببینند، در بالای برج یک چراغ اعلام خطر نصب می‌شود. نصب میله‌ی برقگیر در نوک برج، اجزای الکتریکی و الکترونیکی برج را در برابر صاعقه، رعد و برق و ابرهای باردار محافظت می نماید. در برخی برج‌های نوریِ تلسکوپی، سیستم صعود و فرود سبد پروژکتور به گونه‌ای طراحی می‌گردد و از قطعاتی استفاده می‌گردد که از ایمنی و حفاظت بالایی برخوردار باشند. مانند استفاده از موتور گیربکس دوبل، مدار کنترل و فرمان مناسب با قطعات مرغوب، سیستم قفل اینتر لاک اتوماتیک و... دکل‌های تلسکوپی متحرک (سیار) برای مقاصد نظامی و امدادرسانی و مخابراتی کاربرد دارند که این مدل از دکل‌ها نیز در ایران تولید می‌شود.

انواع دکلهای انتقال نیرو از نظر کاربرد :

دکلهای آویزی (Towers Suspension):

هر گاه مسیر خط انتقال نیرو مستقیم باشد و یا انحرافات ناچیزی داشته باشد از دکلهای آویزی استفاده می‌گردد. به این نوع دکلها بدلیل قرار گرفتن در مسیر مستقیم، دکلهای عبوری (Tangent) نیز گفته می‌شود.

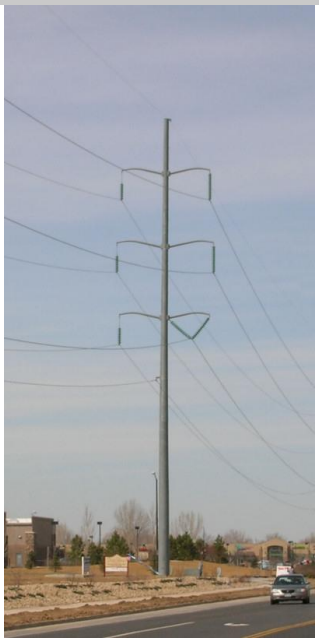
دکلهای زاویه (Towers Tension):

گاهی اوقات لازم است مسیر خط به چپ یا راست منحرف گردد. به عنوان مثال اگر در مسیر کوهستانی برج‌گذاری انجام شود، مسیر دارای پیچ و خم می‌باشد که در آنجا مجبوریم مسیرها را بصورت خطوط شکسته به هم متصل کنیم. این متن برگرفته از سایت مهندسی برق قدرت و شبکه های انتقال و توزیع مهندس هادی حداد خوزانی می باشددر نقطه‌ی انحراف از دکل‌های زاویه استفاده می شود. این دکلها از لحاظ بارگذاری و آهن‌آلات مصرفی نسبت به دکلهای میان مسیری (Suspension) سنگین‌تر می‌باشند. لازم به ذکر است، دکلهای انتهایی (Terminal Tower) که در انتهای خط انتقال یا مناطق خاص استفاده می‌گردد بدلیل تحمل نیروهای یکطرفه، از نوع دکلهای کششی (Tension Towers) با بیشترین زاویه می‌باشند

دکل‌های انتقال برق تلسکوپی

ساختار دکل‌های برق تلسکوپی، شبیه پایه‌های روشنایی تلسکوپی است.

فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص ۱۸-۱۳
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com



نمونه‌ای از این دکل‌ها در یک خط چهار مداره‌ی ۱۳۲ کیلوولت، برای نخستین بار در سال ۱۳۸۶ در خوزستان استفاده شد.

مزیت این دکل‌ها به دکل‌های مشبکِ خرپایی محیطی، اِشغال فضای بسیار کمتر است. به طوری که یک دکل تلسکوپی برای خط انتقال ۴۰۰ کیلولت، با ارتفاع ۵۰ متر، برای استقرار تنها به ۳ متر مربع فضا نیاز دارد، اما یک دکل خرپایی مشابه، نیاز به ۱۲۵ متر مربع فضا خواهد داشت

این ویژگی دکل‌های تلسکوپی باعث می‌شود در شهرها، که فضا کمتر و قیمت زمین بسیار بیشتر است، دکل‌های تلسکوپی گزینه‌ی اول برای خطوط انتقال نیروی درون شهری باشند.

معایب دکل‌های تلسکوپی

از معایب این دکل‌های تلسکوپی به بد منظر بودن آنها اشاره شده است. این مورد مخصوصا در مورد دکل‌های انتقال نیرو مطرح است تا دکل‌های روشنایی.

مشکل اصلی مردم با این دکل‌های تلسکوپی انتقال نیرو، از باب شایعاتی است که در مورد احتمال بیماری و سرطان‌زا بودن پایه‌های برق فشار قوی مطرح می‌شود. اصولا مردم دوست ندارند یک دکل فشارقوی برق از وسط کوچه‌شان عبور کند.

در مورد دکل‌های روشنایی فشارقوی، با توجه به اینکه ولتاژ این دکل‌ها چندان بالا نیست، نگرانی‌های مردم احتمالا بیشتر از جانب تکنولوژی لامپ‌ها و نورافکن‌هایی است که در این دکل‌ها به کار می‌رود. این احتمال وجود دارد که بر اثر حرارت زیاد این لامپ‌ها، اشعه‌ی ماورا بنفش تولید شده بیش از حد مجاز باشد و برای کسانی که طولانی مدت در معرض تابش آنها قرار گیرند خطرآفرین شود.