مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشکده مهندسی عمران

۱۳۸۰ /۱۲/ ۲۸

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

عنوان:

طراحی و بهینه‌سازی دکلهای مهاری انتقال نیرو 500 kv-AC

استاد راهنما:

دکتر رضا عباس‌نیا

استاد مشاور :

دکتر غلام‌رضا قدرتی

۲۹۸۸۶

دانشجو:

محمد رضا کیانی(گرایش سازه)

زمان دفاعیه : چهارشنبه ۸۰/۷/۲۵ ساعت ۲ بعد ازظهر

تابستان ۱۳۸۰

۲۹۸۸۶

چکیده:

با نیاز روز افزون بشر به انرژی الکتریکی و هزینه‌های سنگین انتقال آن در خطوط با ظرفیت پائین، طراحی و استفاده از خطوط فشار قوی اجتناب‌ناپذیر بنظر می‌رسد. خطوط انتقال قدرت فشار قوی امروزه به منزله مهمترین سیستم ارتباطی و مؤلفه اقتدار ملی هر کشور محسوب می‌شود.

کشور ایران با بهره‌مندی از منابع عظیم انرژی و برنامه ریزی برای مهار این انرژی‌ها از جایگاه ممتازی برخوردار است، بطوری که امروزه بنظر می‌رسد شبکه‌های انتقال قدرت شایستهٔ این انرژی را ندارد. بنابراین تکنولوژی طراحی، ساخت و گسترش چنین خطوطی برای کشور از مسائل استراتژیک محسوب می‌شود.

یکی از مهمترین المانهای بکار رفته در یک خط انتقال انواع سازه‌های انتقال قدرت هستند که باید در ارتباط با سایر المانهای موجود در خط مورد تحلیل و بررسی قرار گیرند.

حال با توجه به وضعیت اقتصادی کشور، بایستی صرفه جویی در مصرف مواد در اولویت قرارگیرد. با توجه به اینکه در سازهٔ دکلها از فولاد زیادی جهت ایجاد پایداری استفاده می‌شود و با در نظرگرفتن این نکته که در یک خط انتقال نیرو از تعداد بیشماری دکل استفاده می‌گردد. صرفه جویی در یک دکل از نظر مصرف فولاد به منزلهٔ ذخیره نمودن سرمایه‌ای انبوه می‌باشد.

در این مجموعه چند مدل از دکلهای مهاری ۵۰۰KV-AC مورد بررسی قرارگرفته‌اند و در نهایت با توجه به نتایج بدست آمده، بهترین مدل پیشنهاد شده است.

لازم به ذکر است که این مدل پیشنهادی نسبت به مدل‌های مشابه خود که هم اکنون مورد استناده قرار می‌گیرند، از نظر قیمت حدوداً ۳۰٪ ارزان‌تر می‌باشد.

۳۹۸۸۶

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

چکیده

مقدمه

فصل اول: معرفی دکل‌های انتقال نیرو

سیستم انتقال نیرو ۱

عوامل مؤثر در تعیین شکل برجها ۲

انواع مختلف برجهای انتقال نیرو ۴

مزایای استفاده از دکل‌های مهاری ۸

فصل دوم: بار گذاری

مقدمه ۱۰

تعاریف اصطلاحات ۱۰

بارهای قائم ۱۳

بارهای عرضی ۱۶

بارهای طولی ۲۲

ضرائب اضافه بار ۲۴

بار وارد بر تجهیزات دکل ۲۵

ترکیب بارهای وارد بر برج ۲۹

پی دکلهای انتقال نیرو ۳۰

انواع پی‌های دکلهای انتقال نیرو ۳۰

فصل سوم: مشخصه‌های الکتریکی

تعیین ولتاژ مناسب ۳۷

گزینش هادی مناسب ۴۱

خصوصیات چند هادی ۴۴

حداقل فواصل مجاز بین هادی‌ها و سایر رساناها ۴۷

فصل چهارم: محاسبات تئوری مربوط به فازها

محاسبهٔ تئوری معادلهٔ منحنی هادی‌ها ۵۳

محاسبهٔ فلش هادی ۵۸

محاسبهٔ کشش هادی در نقاط مختلف ۶۱

فصل پنجم: نتایج حاصل از آنالیز

مقدمه ۶۵

معرفی مدل‌های اعمال شده در طراحی ۶۶

فرضیات و پارامترهای مورد استفاده در طراحی ۷۶

نتایج عکس العمل‌های تکیه گاهی ۷۹

نتایج نیروی محوری اعضای اصلی پایهٔ دکل ۸۱

معرفی کابلها ۸۶

مقایسهٔ نتایج نیروی محوری در دو مدل برتر ۸۸

نتایج حاصل از طراحی اعضا ۹۴

فصل ششم: جمع بندی نتایج آنالیز

توضیح نمودارها و جدولهای فصل پنجم ۹۹

معرفی مدل برتر در این مجموعه از نظر سازه‌ای ۱۰۰

بر آورد قیمت برای مدل برتر ۱۰۱

فهرست جدولها و نمودارها

جدول، نمودار **صفحه**

نمودار ضریب کاهش R ۱۸

جدول ضرایب اضافه بار بر اساس ASCE 52 ..... ۲۴

جدول اثر تغییر سرعت برای ارتفاع‌های مختلف ۲۶

جدول سرعت و فشار مبنای باد ۲۸

جدول مشخصات سیمهای هادی و زمین ۴۴-۴۷

جدول حداقل فاصله مجاز هادی تا برج ۴۸

جدول حداقل فاصله مجاز قائم بین هادی‌ها ۴۸

جدول حداقل فاصله افقی بین هادی‌ها ۴۹

جدول مقدار ضریب k ۵۰

جدول حداقل فاصله مجاز هادی از زمین ۵۱

جدول ترکیبات بارگذاری ۶۳

جدول فواصل ایمنی برای دکل ۵۰۰کیلو ولت ۷۷

جدول بارهای وارده به هادی‌ها ۷۸

جدول مربوط به فشار باد در ارتفاع ۷۸

جدول عکس العملهای تکیه‌گاهی ۸۰

فهرست جدولها و نمودارها

نمودارهای مربوط به نیروی محوری اعضای یکپارچه پایه دکل ۸۵-۸۲

نمودار توزیع نیروی کششی در کابلها ۸۷

جدول نسبت نیروی محوری در دو مدل انتخابی ۸۹

نمودار مقایسه نیروی محوری در دو مدل انتخابی ۹۰

نمودار نیروی محوری برای اعضای خرپایی دکل در پایه اصلی ۹۳-۹۲

جدول نبشی‌های مورد نیاز برای دکل مهاری با چهار کابل مهاری ۹۵

جدول نبشی‌های مورد نیاز برای دکل مهاری با هشت کابل مهاری ۹۶

جدول مربوط به کابلهای مهاری استاندارد ۹۷

فهرست شکلها

شکل **صفحه**

شکل (۱-۱) نمونه‌ای از چند سازهٔ دکل ۵

شکل (۱-۲) نمونه‌ای از چند سازهٔ دکل ۶

شکل (۲-۱) ضخامت یخ روی سیم ۱۴

شکل (۲-۳) پی بصورت بالشتک و ستون ۳۱

شکل (۲-۴) پی گریلاژ فولادی ۳۲

شکل (۲-۵) پی منفرد بتنی ۳۳

شکل (۲-۶) پی حفاری ۳۴

شکل (۲-۷) انواع خاص پی برای خاکهای نرم ۳۵

شکل (۴-۱) منحنی هادی خط ۵۴

شکل (۵-۱) تا (۵-۴) مدل‌های در نظرگرفته شده برای دکلها ۶۷

مقدمه:

هدف اصلی صنعت برق درکشور، تولید، انتقال و توزیع نیروی برق می‌باشد. از مهمترین قسمتهای این مجموعه، سیستم انتقال انرژی الکتریکی از نیروگاه‌ها به نقاط دور و نزدیک می‌باشد. بهینه سازی سیستمهای انتقال نیرو باعث صرفه جویی زیادی در هزینه‌ها و بالابردن کارآیی و قابلیتهای این مجموعه می‌گردد. یکی از روشهای بهینه سازی برای انتقال انرژی الکتریکی استفاده از ولتاژ بالا و جریان کم می‌باشد که باعث می‌شود تلفات اهمی IR^2 خطوط انتقال به حداقل برسد.

بدین ترتیب می‌توان از یک نیروگاه انرژی الکتریکی را به نقاط دوردست با اتلاف انرژی کم انتقال داد.

اولین خط انتقال نیرو در ایران KV-AC ۲۰ بود. سپس جهت انتقال نیرو به نقاط دورتر مجبور به افزایش ولتاژ برای خطوط ۶۳، ۱۳۲ و ۲۳۰ و در نهایت، ۴۰۰ کیلو ولت شدند.

در چند دهۀ اخیر انتقال انرژی الکتریکی توسط ولتاژهای بالا درکشورهای صنعتی مختلف مورد توجه قرارگرفته است. هم اکنون کشورهای شوروی، آمریکا در این امر پیشتاز هستند [۱]. لازم به ذکر است که درکشور آمریکا در سال ۱۹۶۷ شرکتی به نام AEP موفق به ساخت خط انتقال انرژی با ولتاژ KV-AC ۷۶۵ شد.

اما در ایران خطوط انتقال انرژی مورد استفاده، KV-AC ۴۰۰ می‌باشد. بنابراین ارائه

مدلهایی برای دکلهای با ولتاژ بالا و مقایسهٔ این مدلها با هم و بررسی آنها از لحاظ بهینه سازی هندسی، می‌تواند نقش موثری در اقتصاد کشور ایفا کند.

در این پایان نامه برررسی مناسبترین دکل مهاری با ولتاژ KV-AC ۵۰۰ که با شرایط اقلیمی و اجرایی کشور ایران سازگاری دارد، انجام شده است. در نهایت بهترین مدل برای این نوع دکل مهاری از نظر سازه‌ای و هم چنین از نظر اقتصادی، پیشنهاد می‌گردد.

در فصل اول این پایان نامه انواع مختلف دکلهای انتقال نیرو مورد مطالعه قرار می‌گیرد. در فصل دوم بارگذاری دکل‌های انتقال نیرو بر اساس آئین نامه‌های مربوط، به همراه معرفی پی‌های مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد. در فصل سوم مشخصه‌های الکتریکی خطوط انتقال به همراه فواصل ایمنی آنها آورده شده است. در فصل چهارم محاسبات مربوط به هادی‌ها از نظر بار واردهٔ به آنها مورد مطالعه قرار می‌گیرد. در فصل پنجم نتایج بدست آمده از مدل‌های آنالیز شده به همراه جدول نبشی‌های لازم موجود می‌باشد. در نهایت در فصل ششم به جمع بندی و نتیجه‌گیری حال از نتایج بدست آمده پرداخته شده است.

فصل اول

معرفی دکل‌های انتقال نیرو

۱-۱- سیستم انتقال نیرو

تمدن کنونی نمی‌تواند بدون نیروی برق دوام یابد. این نیرو توسط خطوط انتقال برق که در طول جاده‌ها و بزرگراه‌ها می‌توان ملاحظه کرد، از نیروگاه به مصرف کننده حمل می‌گردد. این سیستم‌ها از سازه‌هایی اتکایی موسوم به برج که بسته به طبیعت خاص زمین و عوارض آن در فواصل مختلفی از یکدیگر قرار دارند و سیم‌های معلقی که توسط عایق‌های بزرگی موسوم به مقره به برج‌ها وصل شده‌اند تشکیل می‌گردند. در حال حاضر استفاده از فلز برای ساخت این برجها بهترین راه حل را ایفا کرده است این برجها بصورت پایه‌ی مشبک فولادی با نیمرخهای سبک ساخته می‌شوند که اغلب بصورت خود ایستا و مانند یک تیر طره در مقابل نیروهای وارده باید مقاوم باشند، در بعضی موارد نیز از دکلهای مهاری استفاده شده است این سازه‌ها بایستی به گونه‌ای طراحی شوند که بارهای عادی ناشی از سیم‌ها، به اضافه هر بار غیر عادی راکه ممکن است در اثر شرایط فوق العاده بارگذاری ایجاد شود، تحمل کنند. برای ملاحظه نمونه‌ای از آنچه که ممکن است در اثر عدم توانایی سازه‌های اتکایی در تحمل بارها اتفاق افتد، می‌توان به حادثه‌ای در ژانویه سال ۱۹۷۵ در ویسکانیسن آمریکا اشاره کرد، این حادثه با گسیختگی تنها یک برج در سیستم خطوط انتقال در اثنای یک باد فوق العاده شدید شروع شد. این گسیختگی باعث شد که بارهای کششی بسیار بزرگی (ناشی از سیمها) بطور نامتعادل بر یک طرف برج مجاور وارد آیند. اگر چه برج‌ها احتمالاً برای یک حداقل بار طولی نامتعادل مطابق روشهای پذیرفته شده طراحی شده بودند ولی مقدار نیروهای نامتعادل شده تمام سیم‌ها بیش از حد بزرگ بود و در

نتیجه برج دوم و بهمین ترتیب یکسری برجهای دیگر نیز گسیخته شدند بطوریکه حدود ۷۹ کیلومتر از خط انتقال نیرو بر روی زمین افتاده بود. خسارت وارده ناشی از این حادثه بیش از ۱۰ میلیون دلار بالغ شد.[۱۲]

بطور کلی یک خط انتقال نیرو سیستم سازه ایی است که از سه عنصر مقاوم اصلی ترکیب می‌یابد. سازه‌های اتکایی، مقره‌ها و سیم‌ها. که وظیفه سازه‌های اتکایی نگهداشتن سیم‌ها در ارتفاع‌های لازم بالاتر از زمین و در فواصل مناسبی از یکدیگر است تا عایق الکتریکی لازم فراهم گردد. این سازه‌ها می‌توانند از برج‌های مشبک تقریباً صلب تا دیرک‌های باریک و بلند بسیار انعطاف‌پذیر متغیر باشند. وسیله اتصال در دکلهای مشبک پرچ، پیچ و یا جوش است اتصالات در کارخانه بیشتر با پرچ یا جوش انجام می‌گیرد و در اتصالات هنگام نصب، از پیچ استفاده می‌شود. حمل و نصب این دکلها گاهی در مناطق صعب العبور صورت می‌گیرد و انجام این کار با وسائل زمینی چه بسا گران می‌شود. در اینصورت استفاده از هلیکوپتر برای نصب قطعات بالای دکل نتایج مقرون به صرفه می‌دهد و از این روش در آمریکا استفاده شده است.[۶]

۱-۲- عوامل مؤثر در تعیین شکل برجهای انتقال نیرو

عوامل مختلفی که در تعیین شکل برجهای خطوط انتقال تأثیر مستقیم دارند و بعنوان اطلاعات اولیه برای طرح برج می‌بایستی در اختیار داشت عبارتند از:

۱- ولتاژ خط

۲- تعداد مدارها و سیم‌های زمین

۳- مشخصات هندسی و مکانیکی سیم فازها و خطوط زمین

۴- مشخصات اقلیمی نظیر حداکثر سرعت باد در منطقه و حداکثر قطر یخ زدگی

۵-گاه برج برای منظور خاصی طرح می‌شود نظیر عبور از رودخانه، امکان تغییر ولتاژ خط یا تغییر تعداد مدارها در آینده، عبور از جنگل (که بتوان مسیر را حداقل نمود)، عبور از مناطق ساخته شده یا جاده‌ها یا هنگامیکه مشخصات خاک بسیار بد می‌باشد بنحویکه قیمت پی‌ها تعیین کننده می‌باشد و لذا لازم است با انتخاب صحیح فرم برج آنرا کاهش داد.

پس از آن می‌بایستی با استفاده از اطلاعات فوق و آیین نامه‌های خطوط انتقال نیرو به تعیین مشخصات زیر اقدام نمود:

۱- دهانه بین برجها: حداکثر دهانه در مناطق دشت، دهانه باد، دهانه وزن، دهانه معادل و حداکثر دهانه بین برجها.

۲- ارتفاع تنه اصلی برج: حداقل فاصله پایین‌ترین نقطه سیم از زمین.

۳- محل سیم فاز و سیم زمین، فواصل الکتریکی نظیر حداقل فاصله بین سیم‌ها و فاصله بین سیم‌ها و بدنه فلزی برج

۴- مقدار زاویه خط

۵- ضرایب بار و حالات مختلف بارگذاری

از عوامل دیگری که در بهینه سازی وزن برج مؤثر می‌باشند، جنس فولاد و گوناگونی ابعاد پروفیلهای نبشی که در دسترس طراح قرار دارد می‌توان نام برد، زیرا با استفاده از فولاد با کیفیت بهتر وزن برج را تا حدودی می‌توان کاهش داد.[۶]

۱-۳- انواع مختلف برجهای انتقال نیرو

انواع زیادی از برجهای انتقال نیرو طراحی و مورد استفاده قرارگرفته است که عموماً آنها را می‌توان در دو ردیف طبقه بندی کرد:

الف - برجهای مهار شده

ب - برجهای خود ایستا

- **برجهای مهار شده:** برجهای مهار شده به فولاد کمتری احتیاج دارد ولی فضای بیشتری را اشغال می‌کند ضمناً از نظر نصب دارای امتیازاتی نسبت به نوع دیگر می‌باشد. اغلب این نوع برج را می‌توان روی زمین کاملاً نصب کرد و سپس توسط یک جرثقیل بلند نمود. در این نوع برجها حجم خاکریزی شده می‌بایستی با کیفتی بسیار خوبی کوبیده شود. تا از شل شدن مهارها جلوگیری کند.

- **برجهای خود ایستا:** در مورد برجهای خود ایستا چنین دقتهایی لزوم ندارد. یعنی نیازی به کوبیدن خاک با کیفیت عالی نیست. برجهای خود ایستا که وزن آنها در طول خط بیشتر است، سطح کمتری از زمین را اشغال می‌کنند و در حال حاضر بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در این زمینه شکل‌های (۱-۱) و (۱-۲) چند نوع از دکلهای مهاری و خود ایستا را نمایش می‌دهند.