انتخاب بارگذاری مناسب باتوجه به شرایط جوی ومحیطی

معصومه جواهرمنش
شرکت مونتکو ایران

چکیده

طراحان و مهندسین مشاورخطوط انتقال نیرو بعدازانقلاب تمام تلاش وکوشش خودرابکاربرده‌اند تابمعنای واقعی کلیه مراحل طراحی خطوط انتقال‌نیرورا بنحواحسن انجام داده ودراین راستا خدمات ارزنده‌ای ارائه نموده‌اند وبا اتکاءبه دانش وپشتکارخود نشان داده‌اند که نه تنهاازمشاورین خارجی چیزی کم ندارند بلکه دربسیاری ازمواردازدقت عمل بیشتری نیزبرخوردارند.
حال با تشکروسپاس ازکلیه دست اندرکاران صنعت برق که درزمینه طراحی خطوط انتقال بمرزخودکفائی کامل رسیده‌اند توجه آنان رابه این نکته بسیارمهم که مبنای طراحی خطوط انتقال راتشکیل میدهد جلب مینمائیم.
طراحی خطوط عموما "برمبنای شرایط اقتصادی مناسب انجام میگیرد حال آنکه عدم توجه به انتخاب بهینه شرائط بارگذاری‌ممکن است کلیه بررسیهای اقتصادی و حتی فنی راهم تحت‌الشعاع قرارداده ونتیجه را معکوس نماید.
شرایط بارگذاری شامل مقادیر باد و یخ، حداقل وحداکثر درجه حرارت برای هادی و سیم محافظ وضرایب اضافه بارمی‌باشد برجهای خط انتقال باید طوری طراحی شوند که در شرائط مختلف بارگذاری مقاوم و بدون آسیب باشند. بنابراین انتخاب شرائط بارگذاری مناسب باید با در نظر گرفتن احتمال وقوع بارهای انتخابی و میزان قابلیت اطمینان خطرو همچنین هزینه‌های اجرائی و تعمیرات و نگهداری خط انجام گیرد.

شرح مقاله

==========

برای انتخاب شرایط بارگذاری اطلاعات دقیق از مسیر خط، آماردقیق هواشناسی از منطقه مورد مطالعه ازنظرحداقل و حداکثر درجه حرارت، میزان یخ، سرعت و جهت وزش باد و همچنین شرائط بارگذاری خطوط موجود درمنطقه وعملکرد آن درطول سالهای بهره‌برداری و کسب اطلاعات محلی از نظراوضاع جوی منطقه مورد نیاز می‌باشد.

درزمینه انتخاب شرائط بارگذاری مناسب برای خطوط انتقال‌نیرو متاسفانه تاکنون اتفاق نظری دربین مهندسین مشاور وجود نداشته و هریک دستورالعمل خاص خود رابمرحله اجرا گذارده وبه آن عمل میکنند.حال آنکه یکی ازاصول سیاستهای بهره‌برداری سیستمهای قدرت حفظ پایداری شبکه وتداوم دربرق‌رسانی ویا به عبارت دیگرحداکثر ضریب اطمینان درمورد تأمین مقدارمورد نیازمصرف درهرلحظه میباشد ودراین رابطه، باتوجه باینکه خطوط انتقال‌نیرودرطول مسیر خود ازمراکزتولید تامصرف ازمناطقی با شرایط آب وهوائی مختلف عبورنموده و تحت تاثیر نیروهای خارجی متفاوتی قرار میگیرند عدم دقت درانتخاب صحیح بارگذاری موجب افزایش هزینه‌های ناشی ازحوادث احتمالی (سقوط دکل- پارگی‌هادی - شکستن زنجیره مقره ویاشکستن بازوی برج و...) میگردد.

با بررسی عملکرد خطوط موجود وآمارهای بدست آمده ازحوادث خطوط انتقال که درصد عمده آنها ناشی از عدم انتخاب بارگذاری صحیح می‌باشد و باتوجه به اهمیت خطوط انتقال نیرودربرقراری انرژی الکتریکی ازنقاط تولید به محلهای مصرف و تداوم هرچه بهتراین امروبادرنظرگرفتن مسیرهای عبوری مختلف و شرائط جوی ومحیطی متغیردرمسیرخطوط جهت انتخاب بهینه شرائط بارگذاری و رعایت مسائل فنی و اقتصادی توجه به نکات ذیل حائزاهمیت فراوان میباشد.

۱- بارگذاری متناسب با شرائط منطقه‌ای مسیرخطوط انتقال :

خطوط انتقال درطول مسیرخود، ازمناطقی با شرائط محیطی مختلف عبورمیکنند و چه بسا خطوطی که بعلت عدم توجه به مسئله بارگذاری صحیح، دچارحادثه شده ومتعاقبا "از مدار خارج شده‌اند.

بعنوان مثال خط ۴۰۰ کیلوولت زیاران- تبریز رادرنظرمی‌گیریم که ابتدای خط در قزوین که منطقه سبک‌تری نسبت به نواحی آذربایجان که یک منطقه سنگین از نظر بارگذاری می‌باشد، محسوب می‌شود. انتخاب شرایط بارگذاری یکسان درطول خط زیاران- تبریز، باتوجه به بادهای شدید درنواحی دشت قزوین و یا برفهای سنگین همراه با باد که همه ساله درآذربایجان به چشم می‌خورد، نمی‌تواند بدون هیچ حادثه و یا قطعی خط و تحمیل هزینه‌های سنگین جهت رفع عیب، باشد.
بدلیل مشابه نیزبارها، شاهدسقوط برجها خط انتقال سیرجان - برچشمه و بندرعباس - سیرجان وکارون - تیران دردامنه ارتفاعات زاگرس ویا تغییرمسیرویا تعویض وترمیم برجهای خط انتقال حسن کیف - زیاران درارتفاعات

بخش طالقان ویاسایرخطوط درمناطق دیگرکشورهستیم. درحالیکه اگردرهمان ابتدای احداث خطوط، بارگذاری متناسب با شرایط منطقه‌ای (درنظر گرفتن باد، یخ و درجه‌حرارت، درطول مسیر خط انتقال) صورت گیرد، بدین معنی که درمناطق آذربایجان با توجه به جداکثر ضخامت یخ و همچنین فشارباد و درجه حرارت، خط راطراحی کنیم بطوریکه بتواند درمنطقه‌ای مثل آذربایجان درسنگین‌ترین شرائط جوی مقاوم باشدویادرنواحی قزوین‌طراحی‌براساس‌شرایط جوی ومحیطی آنجا انجام‌دهیم، بالطبع‌چنین‌خطی‌مقاوم‌بوده‌وطول مدت عمرش هم زیادترخواهد بود.
اگرچنانچه خط یاد شده رادرتمام طول مسیربرای بارگذاری منطقه‌سنگین طراحی کنیم، چنین طرحی ازنظراقتصادی مقرون بصرفه نخواهدبود وبرعکس اگرچنانچه خط فوق رادر تمام طول مسیربادرنظرگرفتن بارگذاری مناطق سبک طراحی کنیم، بدون شک همه ساله بعلت عدم تحمل بارهای اضافی درمناطق سنگین دچارحادثه و قطعی خواهدشد.
درصورتیکه اگرطراحی خط درمناطق سبک براساس شرائط منطقه سبک ودرمناطق متوسط، سنگین و فوق سنگین براساس شرائط هریک ازاین مناطق انجام گیرد نه تنهااستحکام خطوط راتامین نموده‌ایم بلکه از هزینه‌های اضافی وهنگفت که جهت ترمیم‌ویاتغییرمسیرخطوط‌آسیب دیده‌صرف می‌گردد، جلوگیری کرده‌ایم.

۲- *انتخاب باریخ درواحدطول*

درطراحی خطوط انتقال نیرو،درانتخاب باریخ باید دقت کافی بعمل آورد. نکاتی که دراین زمینه باید در نظر داشت امکان وجود یخ شدید، ضریب اطمینان لازم برای برج تحت این شرایط،امکان وقوع باردینامیکی روی بازوی برج ناشی از پدیده گالوپینگ، بارگیری نامتعادل خط ناشی‌ازیخ درمناطق برف‌گیر قطعی خط ناشی ازاضافه بارعمودی به مراتب بیشترازبارناشی از باد است. خطوط انتقال دربعضی مناطق طوری قرارمی‌گیردکه تا حدودی محفوظ ازاثر باد باشد ولی چنین موقعیتی درمورد یخ و برف وجود ندارد بیشتر قطعی‌های ناشی از یخ بعلت شکستگی مقره، کلمپ آویزی پارگی و یا بازشدن بست سیم می‌باشد. در مواقعی هم قطعی بعلت پارگی ناشی ازسوختن سیم دراثر تماس فازها به هم درموقع باریخ نامتعادل روی سیم‌ها ویا تماس سیم با زمین بعلت وجود باریخ زیاد می‌باشد.
لازم به ذکراست که طراحی برج برای بارعمودی اضافی معمولا" چندان تغییری دراعضاء برج نداشته و هزینه زیادی ندارد.مثلا"درمورد برجهای یک مداره بار عمودی اضافی موجب تغییردر بعضی از اعضای فرعی بازو شده واحتمالا"درسایراعضاء تغییری بوجود نمی‌آورد.

۳- *درنظر گرفتن فشار باد روی برج و سیم*

انتخاب سرعت باد ورابطه مناسب برای تبدیل این سرعت به فشارباد برروی هادی و برج دارای اهمیت خاصی است. درانتخاب سرعت بادمناسب باید

آمارهای هواشناسی دقیقی ازمنطقه دردسترس باشد. سرعت بادی که معمولا"در ایستگاههای هواشناسی کشورهای مختلف اندازه‌گیری می‌شود، متوسط ۵ دقیقه (در آمریکا) ویایک ساعت (درکانادا) می‌باشد. دربعضی ازایستگاهها سرعت باد Gust(بادکانالیزه‌شده) اندازه گیری می‌شود. این مقادیرکه‌سرعت بادلحظه‌ای هم گفته می‌شود بسته به مشخصات دستگاه بادنگارمتوسط ۲ ثانیه، ۵ ثانیه و یا ۱۰ ثانیه می‌باشد. هرچه زمان متوسط سرعت کوتاهترباشد بهمان نسبت سرعت باد بیشترخواهد بود.

مسئله‌ای که درمحاسبه بارگذاری، طراح با آن روبرواست این است که چه سرعت باد و چه فرمولی برای محاسبه فشاربادبرای طراحی باید انتخاب شود. درمقایسه باسازه‌های مختلف بادروی برج بهتراست باسرعت Gust تعیین شود. باد Gust میتواند برج خط انتقال رابطور کامل تحت پوشش قراردهد ورابطه مناسب و متداول برای تبدیل سرعت باد به فشار عبارت است از :

$$Q = \gamma V^2 / 2g$$

Q:Kg/sqm فشارباد

Y: ۱/۲۲۵ Kg/m چگالی هوا

g: ۹/۸ M/S^2 شتاب ثقل

V: M/S سرعت باد

$$Q = \frac{1/225}{2\times 9/8} V = 0/0625\, V^2 = V^2/16$$

لازم به توضیح است که درحال حاضردرمحاسبات بارگذاری درشرکت مشانیر بعلت عدم‌وجودآماردقیق موردنیازازسرعت باد،برای‌طراحی SPAN FACTOR و GUST FACTOR برای سیم درنظر گرفته نمی‌شود ومقادیرانتخابی برای سرعت باد درشرائط مختلف بارگذاری به صورت Gust فرض شده‌است.

۴- درنظرگرفتن ترکیبات بارهای وارده بر برج :

طراح باید ترکیبات بارهای وارده بربرج که عبارتند ازبارهای عمودی، افقی، طولی وعملکرد همزمان آنها درشرایط مختلف راطوری انتخاب کند که برج مقاومت کافی درشرایط مختلف را داشته باشد. ترکیبهای مختلف بارکه متناسب برای طراحی می‌باشد بصورت خلاصه عبارتند از :

- باد شدید
- یخ و باد متوسط
- یخ سنگین (بدون باد)
- بارطولی نامتعادل دریخ و باد متوسط
- بارطولی پیچشی (پارگی سیم)
- بارعمودی نامتعادل
- بارنامتعادل (سیم‌کشی یک مدار)

- بار Up lift در بازوی برج

- بار استاتیکی بعدازحادثه: (این حالت برای جلوگیری از CascadingCollapse برج درنظر گرفته می‌شود. البته چون معمولا "دربرج گذاری بعدازهر چندبرج Suspension یک برج Tension درنظر گرفته می‌شود، لذا می‌توان از این حالت در بارگذاری صرفنظر کرد).

۵- تعیین حداکثر اسپان وزنی :

درطراحی درصورتیکه مسیرخط ازمناطق کوهستانی یاتپه ماهورعبورنماید لازم است که حداکثر اسپان وزنی که برج تحمل میکند تعیین شود که می‌توان مقدار آنرا ازبررسی نقشه پروفیل مسیربدست آورد، چنانچه درموقع طراحی برج نقشه پلان و پروفیل مسیر دردسترس نباشد میتوان پروفیل خطوط موجود درمسیرویا مسیرهای مشابه را مورد بررسی قرارداده ودرغیر اینصورت، بسته به نوع مسیرازنظر دشت یا کوهستان حداکثراسپن وزنی رامی‌توان با نسبت مناسبی ازاسپان طراحی انتخاب نمود. مناسب‌تراست برای مسیرهای کوهستانی دونوع برج Suspension طرح کرد بطورکه یکی از برجها با اسپان وزنی نرمال و دومی با حداکثراسپان وزنی لازم برای مسیر کوهستانی. درمسیر کوهستان گاهی اتفاق می‌افتد که برجی درموقعیت up lift قراربگیرد. بنابراین ضرورت داردکه‌برجهای زاویه برای نیروی عمودی up lift نیزطراحی شود (بازوهای برج) معمولا "برای اینکار ۴۰% بارهای عمودی، بصورت up lift برای طراحی برجهای کششی درنظرگرفته می‌شود. [۱]

۶- رعایت مسائل فنی، اقتصادی درطراحی و بارگذاری خطوط انتقال نیرو :

باتوجه به مطالب فوق واهمیت خطوط انتقال نیرو، به منظور بهره‌برداری هر چه مفیدترازاین خطوط درطول عمر مفید خط پیشنهاد می‌شود که طراحان خطوط موارد زیر را درنظر داشته باشند.

۱-۶- باتوجه به اینکه مسیر خطوط انتقال نیرو در یک محدوده وسیعی قراردارند و درهرکدام‌ازمناطق، مکانهائی وجوددارد که دقیقا "بارگذاری بیشتریا کمتری از یک منطقه رادربرمی‌گیرد، بنابراین شرایط بارگذاری یخ و باد منطقه مورد نظر که توسط سازمان هواشناسی دردسترس طراح قرارمی‌گیرد باید بدقت مطالعه و ارزیابی بشود تاخط براساس بارگذاری‌های واقعی (نیروهای افقی، عمودی، طولی و ترکیباتشان بطورهمزمان) طراحی واحداث بشود.

۲-۶- برجها باید بحد کافی استحکام داشته باشند تابتوانند دربرابرفشارهائی که بوسیله تجهیزات دیگرخط به آنها وارد می‌شود ایستادگی داشته باشند. این فشارهای وارده شامل کشش هادیها درنقاط انتهائی، فشارهای ناشی ازمهاربست‌های کششی، نیروهای افقی ناشی ازباد و زاویه‌داربودن خط، فشارهای عمودی ناشی از وزن هادیها، زنجیره مقره، یراق آلات ومولفه عمودی کشش هادیها می‌باشند. لذا برجها

و هادیهای خطوط انتقال باید باضریب اطمینان کافی طراحی بشوند تا بتوانند دربرابر نیروهای ناشی ازکشش سیم وفشارهایی که بوسیله نیروهای خارجی (ازقبیل باد، یخ، درجه حرارت و...) واردمی‌شوند ایستادگی داشته باشند.

۶-۳- ارتفاع برجها باید بحدی باشند تا بتوان درماکزیمم نیروها ودربیشترین درجه حرارت، حد فاصله مجاز از زمین را تامین کرد.

۶-۴- اگر چنانچه درطول خط زاویه‌ای نباشد که به پایه کششی نیازی باشد باید بعداز هرچند پایه غیرکششی یک پایه کششی به عنوان ستون خط نصب گردد تا علاوه براستحکام خط، درهنگام پاره شدن سیم یا افتادن پایه تمام خط صدمه نبیند و آسانتر بتوان قسمت آسیب دیده بین دو پایه کششی رامورد تعمیر قرارداد.

۶-۵- طراح باید سعی کند عواملی که خط انتقال رااقتصادی میکند، درنظرداشته باشدوازفرضیات اضافی اجتناب بکند تا قادرباشد بهترین نتایج را با کمترین هزینه بدست بیاورد.

۶-۶- انتخاب مسیرمناسب برای خطوط انتقال نیرو، بطوریکه برج درورودخانه، باتلاق، زمینهای متحرک، نقاط ریزشی، مسیربهمن و محلهای دیگری که برای خط انتقال ایجاد خطر خواهد کرد، قرارنگیرد.

۶-۷- درهیچ‌شرایطی‌نبایدضریب اطمینان وایمنی خط رافدای مسائل‌اقتصادی‌کرد.

۷- مقایسه استانداردها

بررسی و مقایسه استانداردهای مختلف بین المللی (IEC 826- VDE- JEC- NESC) و IEEE نشان میدهد که آنهادرمواردی‌مانند تعیین شرایط جوی وبارگذاری، ضرائب اطمینان وشرائط قطع سیم دارای تفاوت‌های گاه قابل توجهی میباشند. استانداردهای مورد استفاده درایران عبارتنداز استاندارد طراحی خطوط ۴۰۰ کیلوولت ایران (S. S.P.B) که توسط شرکت دولتی برق سوئد تهیه گردیده وبراساس آن شرکت متن برجهای مختلف رااستاندارد نموده است. دستورالعمل بارگذاری شرکت مشانیرواستاندارد NESC، که دراین قسمت ضمن ارائه شرایط جوی استانداردهای ذکرشده، به بررسی حالات مختلف این بارگذاریها ونیزبررسی این حالتها برحسب مناطق مختلف کشورمی‌پردازیم.

۸- مقایسه ۳ روش

حال به بررسی ومطابقت شرائط جوی هریک از سه استاندارد یاد شده با مناطق مختلف کشورمی‌پردازیم.

۸-۱- برای مناطقی از کشور که دارای آب و هوای گرم می‌باشند (مناطق سبک) اینگونه مناطق دارای زمستانهای معتدل بادرجه حرارتی درحدود صفردرجه سانتیگراد می‌باشند وحداکثرسرعت باد درمناطقی ازقبیل اهواز۲۸/۳ متربرثانیه و مناطق ساحلی خلیج فارس ازقبیل بندرعباس ۲۰/۶ متربرثانیه بر طبق اطلاعات سازمان هواشناسی می‌باشد. ضمن اینکه ماکزیمم سرعت باد درمناطق خارج از شهرهادرحدود ۱۵ تا ۲۵ درصد نیزافزایش می‌یابد.

باتوجه به‌مطالب اشاره شده، به بررسی شرائط جوی هریک از سه‌استاندارد S.S.P.B، مشانیرو NESC دررابطه بامناطق سبک می‌پردازیم. (جدول شماره ۱)

روشهای‌مورد مقایسه	شماره حالت	ضخامت‌یخ (mm)	سرعت‌باد (m/s)	زاویه‌باد (درجه)	درجه‌حرارت (c)
SSPB	۳و۴	۰	۴۵	۹۰-۴۵	۲۰ (بادرنظرگرفتن‌پارکی)
	۵و۶	۰	۴۰	۹۰-۴۵	-۵
مشانیر	۱	۰	۲۶	۹۰	۰
	۲	۰	۴۵	۹۰	۱۵
NESC	۵و۶	۰	۲۶	۹۰-۴۵	-۱
	۷و۸	۰	۴۰	۹۰-۴۵	-۱ (باشرائط پارکی)

جدول شماره ۱

به منظور تطبیق هریک ازاین استانداردها با شرائط منطقه می‌باید ضرائب اطمینان هر یک از سه استاندارد فوق را نیز مد نظر داشته باشیم.

۸-۲- بررسی مناطق متوسط بارگذاری

اینگونه مناطق که قسمت اعظم کشور رادربرمی‌گیرد شامل استانهای مرکزی، کرمان، جنوب خراسان، سیستان وایلام و بعضی دیگرازمناطق می‌باشد. به عنوان مثال، ماکزیمم سرعت باد درپاره‌ای ازاین مناطق از جمله تهران ۴۱/۱ متربرثانیه، زاهدان ۲۸/۸ متربرثانیه، شیراز۲۰/۶ متربرثانیه واصفهان ۲۸/۳ متربرثانیه می‌باشد که برای مناطق خارج از شهرها حدود ۱۵ تا ۳۰ درصد به ماکزیمم سرعت باد افزوده می‌گردد. حال اگربخواهیم از نقطه نظر میزان ضخامت یخ دور هادی به مساله نگاه کنیم با توجه به اینکه تعداد روزهای یخبندان از۵۰ الی ۱۰۰ روزدرمناطق مختلف متغیرمی‌باشد لذادراین مناطق دارای ضخامت یخی درحدود ۱۵ تا ۲۰ میلیمترخواهیم‌بود.

حال با توجه به مطالب گفته شده به بررسی حالات مختلف بارگذاری برای مناطق‌فوق می‌پردازیم. (جدول شماره ۲)

حالات مورد مقایسه	شماره حالت	ضخامت یخ (mm)	سرعت باد (m/s)	زاویه‌باد (درجه)	درجه‌حرارت (c)
SSPB	۱و۲	۲۰	۲۰	۹۰-۴۵	۰
	۷	۲۴	۰	-	۰ (بادرنظرگرفتن پارکی)
مشانیر	۵	۷	۱۸	۹۰	-۱۰
	۷	۱۵	۰	-	-۵
NESC	۱و۲	۶/۳۵	۱۷/۵	۹۰ -۴۵	-۹

جدول شماره ۲

بررسی شرائط جوی استاندارد S.S.P.B ، نشان میدهد که مقدارضخامت یخ و سرعت‌باد تقریبا" بطورمتناسب با شرائط آب و هوائی مناطق متوسط درنظرگرفته شده است ولی درجه حرارت راصفردرنظرگرفته که با توجه به شرائط آب وهوائی این مناطق، غیرقابل قبول به نظر میرسد.

با بررسی دستورالعمل مشانیر نیز ملاحظه میکنیم که حالت یخ وبادی که‌درنظرگرفته، با ضخامت کمترازمقدارواقعی درنظرگرفته شده و همین موضوع دربررسی استاندارد NESC نیزصادق می‌باشد.

۳-۸- بررسی مناطق سنگین آب و هوائی :

اصطلاح مناطق سنگین به مناطقی از قبیل استانهای آذربایجان غربی وشرقی، زنجان، همدان، باختران و شمال استان خراسان اطلاق می‌شود.

این مناطق دارای زمستانهای نسبتا "طولانی با حداقل درجه حرارتی حدود ۳۰- درجه سانتیگراد می‌باشد. ضخامت یخ دراینگونه مناطق بطورمتوسط درحدود ۲۰ تا ۳۰میلیمتر می‌باشدهرچندکه دربعضی ازنقاط بخصوص مناطق کوهستانی به بیش از ۴۰ میلیمترمی‌رسد. حداکثرسرعت باد درمناطقی از قبیل تبریز۲۸/۳ متر برشانیه، همدان ۲۸/۳m/s خوی ۲۰/۶ m/s، مشهد۲۴/۲ متر برشانیه مطابق اطلاعات سازمان هواشناسی می‌باشد با درنظر گرفتن اینکه حداکثرسرعت باد درمناطق خارج ازشهرهاحدود ۱۵ تا ۲۵ درصد نیز افزایش می‌یابد.

باتوجه‌به‌مطالب اشاره شده، به بررسی‌شرائط جوی هریک از سه‌استاندارد S.S.P.B، مشانیرو NESC دررابطه با مناطق سنگین می‌پردازیم. (جدول شماره ۳)

حالات مورد مقایسه	شماره حالت	ضخامت یخ (mm)	سرعت باد (m/s)	زاویه باد (درجه)	درجه حرارت (c)
استاندارد	۱و ۲	۲۰	۲۰	۹۰-۴۵	۰
SSPB	۳و ۴	۰	۴۵	۹۰-۴۵	۲۰(بادرنظرگرفتن پارگی)
	۵و ۶	۰	۴۰	۹۰-۴۵	-۵
	۸	۴۰	۰	-	۰ (بادرنظرگرفتن پارگی)
مشانیر	۱۰	۱۵	۱۸	۹۰	-۲۰
	۱۱	۰	۴۰	۹۰	۱۵
	۱۲	۲۵	۰	-	۵- سنگین باشرائطپارگی
	۱۵	۴۰	۰	-	۵- فوق‌سنگین (باشرائطپارگی)
NESC	۳و ۴	۱۲/۷	۱۷/۵	۹۰-۴۵	۱۸- سنگین
	۷و ۸	۰	۴۰	۹۰-۴۵	۱- باشرایط پارگی

جدول شماره ۳

بررسی استانداردS.S.P.B نشان میدهد که ضخامت یخ ۴۰ میلیمتر برای مناطق سنگین در درجه حرارت صفردرنظر گرفته شده است در حالیکه بطور عملی این مقدارضخامت یخ در درجه حرارتهای زیر صفرتشکیل می‌شود حداکثر سرعت باد وماکزیمم ضخامت یخ ارائه شده توسط استانداردS.S.P.B برای مناطق سنگین با توجه به شرائط خاص مناطق قابل قبول می‌باشد.

درحالت یخ سنگین مشانیردوحالت باضخامت‌های یخ۴۰ و۲۵ میلیمتردرنظر میگیرد که باتوجه به شرائط آب وهوائی منطقه‌ای که خط درآن احداث می‌شود، می‌توان یکی رابه عنوان یخ سنگین درنظرگرفت.

نکته مهمی که درهردواستاندارد S.S.P.B ومشانیربروی آن تاکید شده‌است مساله پارگی هادی درحالت حداکثرضخامت یخ می‌باشددرحالیکه مطابق استاندارد NESC پارگی هادی فقط درحالت باد شدید درنظرگرفته شده‌است. بابررسی نتایج محاسبات دستی وکامپیوتری، مشخص میشود درحالتی که دارای بیشترین ضخامت یخ هستیم‌اگرحالت پارگی هادی رابررسی کنیم‌مشاهده می‌کنیم که ماکزیمم نیروی طولی رانسبت به سایرحالات بارگذاری خواهیم داشت بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که حالت پارگی ارائه شده توسط S.S.P.B ومشانیرباواقعیت عملی نیز تطابق دارند.

همچنین حالت یخ وبادراستاندارد S.S.P.B فقط برای‌یک حالت‌خاص‌درنظرگرفته است که باتوجه به‌تنوع‌آب وهوائی مناطق مختلف کشور،پیشنهادمی‌شودکه حالت یخ وباددیگری شبیه‌حالت یخ وبادراستاندارد NESC (۱۲/۷ میلیمتریخ وسرعت باد ۱۷/۵ متربرثانیه)درنظرگرفته شود. لازم به‌توضیح‌است که‌دستورالعمل مشانیر دربارگذاری‌های عملی خود، حالتهای بارگذاری سنگین و متوسط یخ و باد NESC رابعنوان یکی از حالات اصلی بارگذاری خود مورد استفاده قرارمیدهد.

دراین قسمت با توجه به شباهت حالت یخ سنگین S.S.P.B و مشانیر تنها نکته مهم و قابل بررسی مسائل انتخاب فرائب اطمینان می‌باشد.

۸-۴- بررسی چگونگی اعمال ضرائب اطمینان

دراستاندارد S.S.P.B جهت محاسبه نیروی عمودی ضریب اضافه باررافقط در وزن یخ تاثیر میدهند و وزن LINEMAN بطورمجزادرنظرگرفته میشود ولی شرکت مشانیر ضریب اطمینان نیروی عمودی رادرکلیه مولفه‌های نیروی عمودی تاثیر داده ووزن LINEMAN رادرنظر نمیگیرد.

درمحاسبات نیروی افقی استاندارد S.S.P.B، ازضریب تصحیح جهت تاثیرارتفاع برج درسرعت باد استفاده میشود وهمچنین باتوجه به طول دهانه‌های بزرگتراز۳۰۰ مترضریب کاهشی برابر ۰/۶ درنظرگرفته میشود و دستورالعمل مشانیراین ضریب رادرنظرنمیگیرد.

و بطورکلی ضرائب اعمال شده دراستاندارد S.S.P.B کاملا"متفاوت از ضرایب بکاررفته دردستورالعمل مشانیرمیباشد.

همچنین لازم به ذکراست که ضرائب بارگذاری شرکت قدس‌نیرونیزمتفاوت بااین دودستورالعمل بوده‌وضریب اضافه باربکاربرده‌شده برای تمام نیروها را۱/۳ درنظرمیگیرد که کاملا"مغایرباعمال ضرائب S.S.P.B مشانیرو NESC میباشدودرنتیجه نیروهای درنظرگرفته شده‌برای یک شرائط جوی یکسان نیز متفاوت با نیروهای تعیین شده با استانداردهای فوق‌الذکر خواهد بود.

۸-۵- مقایسه بارگذاریها

به‌منظورنشان‌دادن تفاوت بارگذاری‌هائی که‌توسط استانداردهای S.S.P.B، مشانیرو NESC انجام میگیرد تعداد چهارخط انتقال اجراشده درمناطق مختلف (سبک، سنگین، متوسط) رامورد بررسی قرارداده که این خطوط عبارتنداز خطوط ۴۰۰ کیلوولت اطراف تهران - (منطقه‌سنگین)خط ۴۰۰ کیلوولت گلپایگان- قم- جلال خط ۴۰۰ کیلوولت نکا- علی‌آباد- گرگان (منطقه‌متوسط)وهمچنین خط ۴۰۰ کیلوولت دومداره سیرجان- بندرعباس (منطقه‌سبک)که با توجه به محدودیت ارائه مقاله‌ازنظرتعداد صفحات تنها به ذکریک نمونه‌ازاین بررسی که مربوط به خطوط ۴۰۰ کیلوولت اطراف تهران میباشد اکتفانموده(جدول شماره ۷) وبررسی بقیه مناطق نیزموجود است که درصورت نیازارائه میگردد.

همانطورکه ملاحظه میفرمائید بارگذاریها تحت شرایط یکسان نیزبدلیل انتخاب ضرائب اطمینان‌متفاوت برابرنمیباشند وبعبارت دیگراین مقایسه نمایانگراین واقعیت‌است که‌اگرخط انتقالی توسط مشاورشماره‌یک طراحی گردد.دربعضی حالات حدود۴۰٪ باطراحی مشاور شماره ۲ متفاوت خواهد بود که این موضوع نه ازنظراقتصادی نه‌ازنظرفنی میتواند برای مملکت ووزارت نیرومنطقی باشدلازم به ذکر است که شرکت قدس نیرو نیز روشی متفاوت بااین سه روش را در نظر میگیرد لذاپیشنهاد میگردد دست اندرکاران وزارت نیرو به‌این‌امرمهم توجه بیشتری نموده ودرصدد تشکیل کمیته‌ای که متشکل ازکلیه متخصصان این امربوده‌برآمده تا بتوان دستورالعملی راجهت اجرا به کلیه مشاورین محترم وزارت نیرو ابلاغ نمود، وازعدم هم‌آهنگی درانتخاب شرایط بارگذاری در پروژه‌هائی که توسط مشاورین مختلف انجام میگردد جلوگیری بعمل آورده تا علاوه برصرفه‌جوئی درهزینه‌های احداث خطوط انتقال بتوان از نظر مقاومت و ایستادگی نیزاطمینان لازم راحاصل نمود.

نتیجه گیری :

نظر به اینکه یکی از شاخص‌های پیشرفت اقتصادی هرکشورمیزان تولید و مصرف انرژی برق در کلیه شاخه‌های صنایع و کشاورزی میباشد. با توجه به گستردگی خاک کشورمان و وجود تنوع بسیار زیاد آب وهوائی، مساله انتقال انرژی از مراکز تولید تا مصرف ازاهمیت خاص برخورداراست. درواقع خطوط انتقال انرژی فشارقوی شاهرگهای اصلی اقتصاد صنعتی یک کشوررا تشکیل میدهند.
توجه به امکان بروز حادثه‌ای برروی خطوط انتقال فشارقوی، اهمیت بزای پایداری مکانیکی خطوط انتقال رابطور وضوح روشن میسازد. بطوریکه بروز هرگونه اشکال بعلت عدم دقت کامل به مساله بارگذاری برروی خطوط، میتواند منجر به قطع شبکه سراسری درنقطه آسیب دیده شود. و درنتیجه باعث ایجاد مشکلات عمده‌ای در مناطق وسیعی از کشور که تحت پوشش شبکه سراسری قراردارند، بشود.
همچنین با توجه به تعداد گسترده مصرف کننده‌های صنعتی که دچارآسیب میشوند و هزینه‌هائی که صرف برطرف کردن عیب میشود، براحتی میتوان دریافت که عدم توجه به این مسئله مهم ازنظراقتصادی نیز خسارات هنگفت و جبران ناپذیری رادربرخواهد داشت.
لذابمنظورجلوگیری ازاینگونه خسارتهاورعایت هم‌آهنگی لازم دربین طراحان خطوط انتقال‌نیروهمانند کشورهای دیگرکه هریک ازاستاندارد خاص خود در این زمینه استفاده میکنند بهتراست کشورمانیزاستاندارد مدونی دراین رابطه تهیه نموده‌وبه مشاورین خطوط انتقال‌نیروابلاغ نمایند.

مراجع

۱- دستورالعمل انتخاب شرائط بارگذاری مناسب‌برای خطوط‌انتقال‌نیرو (شرکت مشانیر)
۲- پایان نامه تحصیلی آقایان علیرضاقهرمانی وفریبرزفارغ‌پورتحت عنوان انتخاب بهینه شرائط بارگذاری خطوط ۴۰۰ کیلوولت
3-DESIGN LOADING FOR 400 KV LINES IRAN (STANDARD S.S.P.B)
4- A GUIDE TO TRANSMISSION STRUCTURE DESIGN LOADINGS (NESC)
5-CALCULATION OF WIND LOODINGS ON COMPONENTS OF OVERHEAD LINES (IEEE)
6- A GUIDE TO TRANSMISSION STRUCTURE DESIGN LOADING (IEEE)
7- A GUIDE TO TRANSMISSION STRUCTURE DESIGN LOADINGS (JEC JAPAN 127)
8- STANDARD VDE (210)
9-LOADINGS ON OVERHEAD LINES STRUCTARES (IEC 826,PART1 PART2,PART3 PART4)

الف : مقایسه‌نیروهای محاسبه‌شده شرکت مشانیربرحسب شرائط جوی انتخابی این شرکت بامحاسبات استانداردS.S.P.B با اعمال ضرائب این‌استاندارد (بررسی ضریب اضافه‌بار)

CLIAMATE CONDITIOM	مشانیر LOADING	S.S.P.B LOADING
WIND &ICE ICE=12.7 mm WIND=17.7 m/s t=-17.8 c	CV=8979 kg CT=3416 kg CL=0	CV=8572 kg CT=2547 kg CL=0
HIGH WIND ICE=0 WIND=44.2 m/s t=16 c	CV=4525 CT=5185 CL=0	CV=4203 CT=6236 CL=0
HEAVY ICE ICE=50.8 mm WIND=0 t=-17.8 c	CV=28703 CT=1415 CL=0	CV=36699 CT=2966 CL=0
WIND &ICE WITH BROKON WIRE ICE=25.4 mm WIND=19.8 m/s t=-18 c	INTACT BROKEN CV=12891 CV=9804 CT=2680 CT=2028 CL=0 CL=7484	INTACT BROKEN CV=15444 CV=14205 CT=4248 CT=3799 CL=0 CL=6640

ب : مقایسه نیروها براساس شرائط بارگذاری و ضرائب اضافه بار ارائه شده توسط هریک از دو استاندارد:

مشانیر CLIAMATE CON.	LOADING CON.	S.S.P.B CLIMATE CON.	LOADING CON.
WIND & ICE ICE=12.7 mm WIND=17·7 m/s t-17·8 c	CV=8979 CT=3416 CL=0	WIND & ICE ICE=20 mm WIND=20 m/s t=0	CV=12216 CT=3636 CL=0
HIGH WIND ICE=0 WIND=44.2 m/s t=16 c	CV=4525 CT=5185 CL=0	HIGH WIND ICE=0 WIND=45 m/s t=20 c	CV=4203 CT=6438 CL=0
HEAVY ICE ICE=40 mm WIND=0 t=-17.8 c	CV=28703 CT=2299 CL=0	HEAY ICE ICE=50.8 mm WIND=0 t=0	CV=26438 T=1415 CL=0

جدول شماره ۴- مقایسه بارگذاریها