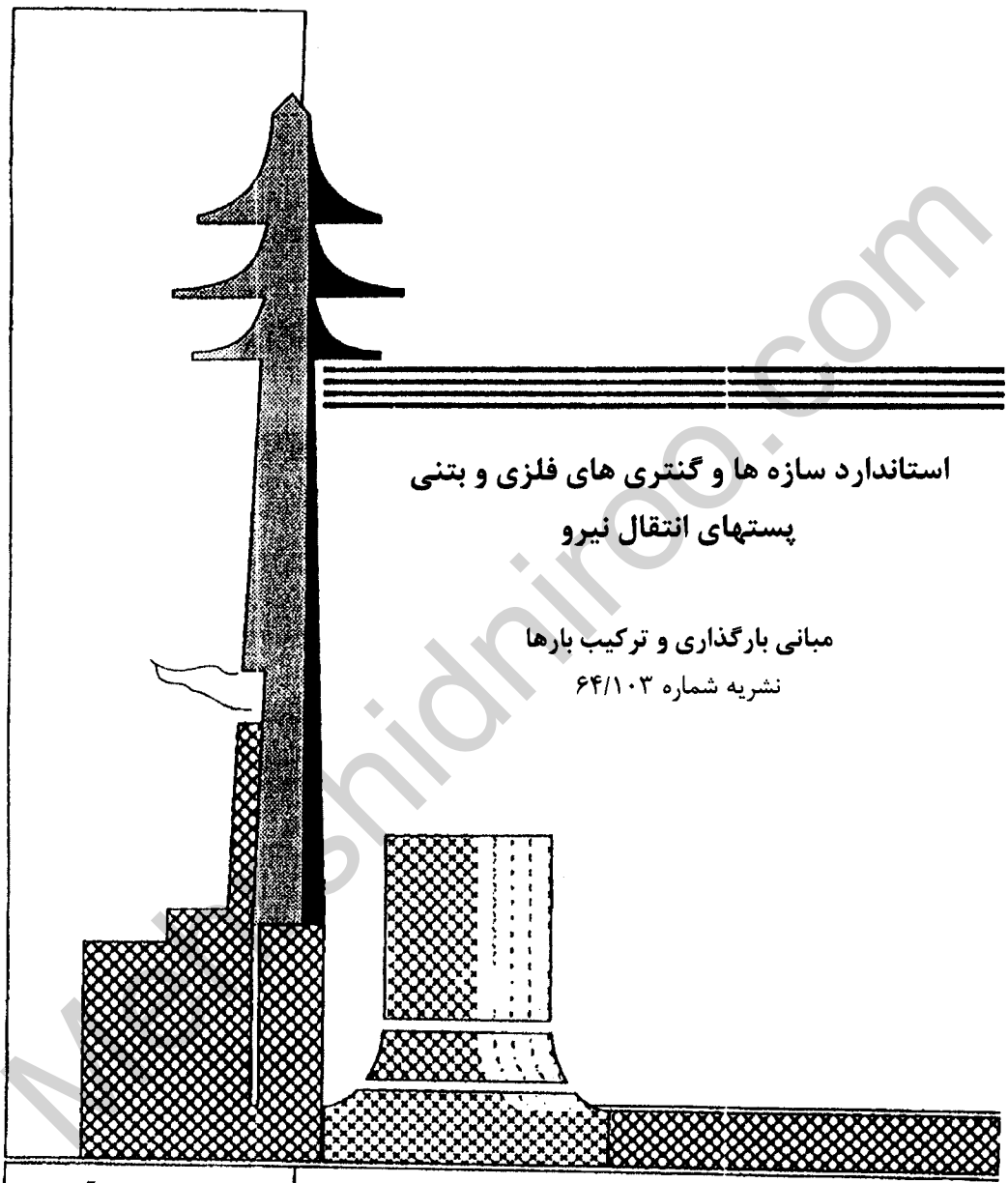
جمهوری اسلامی ایران
وزارت نیرو
امور برق



استاندارد سازه ها و گنتری های فلزی و بتنی پستهای انتقال نیرو

مبانی بارگذاری و ترکیب بارها

نشریه شماره ۶۴/۱۰۳

تحقیقات و فن آوری
استانداردها

محقق : شرکت مهندسین مشاور غرب نیرو

Mashidniroo.com

استاندارد سازه ها و گنتری های فلزی و بتنی پستهای انتقال نیرو

کمیسیون فنی نشریه " بررسی مبانی بارگذاری و ترکیب بارها "

رئیس	سمت یا نمایندگی
سیدسجاد جمالی (لیسانس مهندسی صنایع)	سازمان مدیریت توانیر - دفتر استانداردها
محقق	
هاشم دوزبخشان (فوق لیسانس مهندسی برق)	مهندسین مشاور غرب نیرو
حمید ثابت فر (فوق لیسانس عمران)	مهندسین مشاور غرب نیرو
اعضاء	
پدرام صفرپور	دانشکده صنعت آب و برق (شهید عباسپور)
کامران فلاحی	مهندسین مشاور موننکو ایران
غلامرضا امین الرعایایی	مهندسین مشاور نیرو
جواد دادمرزی	مهندسین مشاور نیرو
محمد فیصل	مهندسین مشاور نیرو
حر ریاحی	مهندسین مشاور نیرو
محمدجواد کاویانی	شرکت برق منطقه ای تهران
جبار جعفری	شرکت برق منطقه ای آذربایجان
محمدحسین محمودی	شرکت برق منطقه ای یزد
جواد رجبی	شرکت برق منطقه ای باختر
فرشاد عبادی هرفته	شرکت برق منطقه ای باختر
اصغرعلی محمدی	شرکت برق منطقه ای زنجان
عبدالصاحب ارجمند	شرکت برق منطقه ای هرمزگان

Mehrshidniroo.com

فهرست مندرجات

موضوع	صفحه
۱- انواع بارهای مکانیکی	۱
۱-۱- بار مرده	۲
۱-۲- بار هادی ها	۲
۱-۳- بار باد	۵
۱-۴- بار یخ	۵
۱-۵- بار اتصال کوتاه	۶
۱-۶- بار زلزله	۶
۱-۷- بار عملکرد	۶
۱-۸- بار مربوط به نصب و نگهداری	۶
۲- ترکیبات بارگذاری	۷
۲-۱- مقدمه	۷
۲-۲- ترکیبات بارگذاری	۷
۲-۳- بارهای استاتیک و دینامیک	۸
۳- دسته بندی شرایط محیطی	۹
۴- دسته بندی جریان اتصال کوتاه	۱۰
۵- طرح های جانمایی پستها	۱۱
۶- محاسبه بارها	۱۲
۶-۱- نیروی باد	۱۲
۶-۲- بار یخ	۱۵
۶-۳- بار اتصال کوتاه	۱۵
۶-۴- بار زلزله	۱۶
۶-۵- بار هادی ها	۱۷
۷- مراجع	۱۸
۸- پیوست ها	۱۹

Mehrshidniroo.com

پیشگفتار

استاندارد برحسب مورد عبارتست از تعیین تمام یا برخی از خصوصیات و مشخصات هر جوهره (محصول ، فرآیند ، سازمان یا فرد) و اطمینان از کیفیت آن از قبیل :

کالا (Material) شامل : اجزاء تشکیل دهنده ، ترکیب ، مواد اولیه ، جنس ، منشاء ، کمیت ، رنگ ، وضع ظاهر ، وزن ، ابعاد ، عیار ، فهرست مقادیر ، نحوه استفاده ، شرایط کاری ، شرایط محیطی و آب و هوایی ، مشخصات فنی ، توانائی ها ، قابلیت ها ، فهرست اطلاعات داده شده توسط خریدار ، فهرست اطلاعات خواسته شده از سازنده ، اطلاعات شرایط محیطی و آب و هوایی ، بسته بندی ، حمل و نقل و نگهداری.

مهندسی (Engineering) شامل : معیارها ، مبانی ، نیازها و خواسته ها ، اطلاعات مورد نیاز جهت طراحی و انتخاب ، نرم افزارها ، شاخص ها و پارامترهای مشخص کننده طراحی ، روش قدم به قدم طراحی ، یک نمونه طراحی ، جداول طراحی ، مشخصات فنی و قابلیت ها ، خواص ، ایمنی ، بهداشت، اقتصاد ، نقشه ها ، طرح تفصیلی ، محاسبات ، دستورالعمل ها ، راهنمای کاربردی، معیارهای طراحی ، شرایط محیطی و ضرایب اطمینان.

اجرایی (Construction) شامل : ساخت ، نشانه و علامت گذاری ، بسته بندی ، حمل و نقل، نصب، فونداسیون ، سازه ، ساختمان ، تاسیسات ، راه اندازی ، راهبری و بهره برداری ، ابزار و وسائل خاص ، فصل مشترک ها ، نگهداری و تعمیرات ، دستورالعمل نصب ، ابزار مخصوص و تنظیمات.

بازرسی (Inspection) شامل : کیفیت ، بازرسی ، آزمایش در طول ساخت ، آزمایش راه اندازی ، آزمایش دوره ای ، فرم های کنترل کیفی ، روش کنترل کیفی و تاییدها.

عمومی (General) شامل : فرم ها ، نحوه یکنواخت کردن اوراق اداری ، اسناد بازرگانی و مالی ، اولویت ها ، روش ها ، توصیه ها ، تفسیرها ، ملزومات ، مقررات و قوانین ، سیاست ها و استانداردهای مورد استفاده.

ساختار (Structure) شامل : طرح و ساختار گزارش و خلاصه آن ، تهیه و تدوین کنندگان منابع ، مراجعه و استانداردهای مورد استفاده ، عناوین ، هدف و دامنه کاربرد ، تعاریف ، متن اصلی ، عبارات ، جداول ، ... ، نظرات و پیشنهادات ، آمار و اطلاعات ، اشکال ، جداول ، منحنی ها ، نقشه ها ، فرمول ها ، نمودارها ، نتیجه ، واژگان ، پیوسته و سبک نگارش.

این استاندارد جهت استفاده در صنعت برق تهیه و به تصویب مقام محترم وزارت نیرو رسیده است بنابراین رعایت آن برای کلیه شرکت های تابعه و وابسته به وزارت نیرو الزامی می باشد.

این استاندارد توسط گروهی مرکب از متخصصین و کارشناسان مجرب در زمینه های سازه های پستهای انتقال نیرو که دارای تجارب طولانی در صنعت برق و صنایع دیگر می باشند بر مبنای استانداردهای معتبر جهانی ، مراجع منتشره علمی ، مدارک فنی و تجارب کارشناسان ، متخصصین و صنعتگران تهیه شده و سپس به منظور بررسی و اظهار نظر برای اشخاص علاقمند و ذینفع شامل مهندسین مشاور ، شرکت های

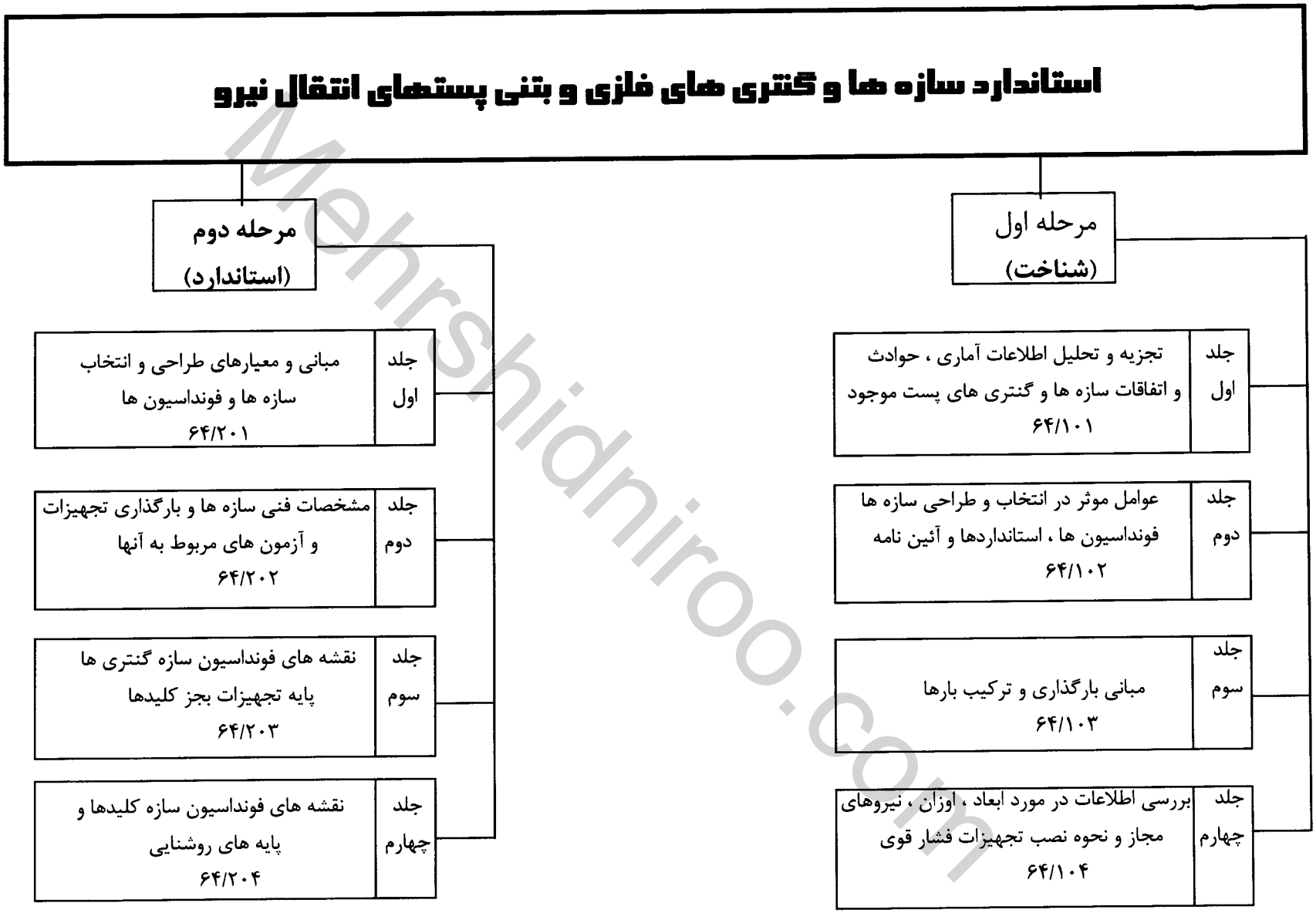
Mehrshidiroo.com

تابعه و وابسته ، صاحبان صنایع و حرف و اساتید دانشگاه هـــا ، مراکـز علمـی و تحقیقـاتی ارسـال و نظـرات و پیشنهادات اصلاحی آنها جمع آوری گردیده است. و در مرحله بعدی جلساتی با حضور متخصصیـــن و صـاحب نظران فوق الذکر تشکیل و در نهایت نظرات و پیشنهادات اصلاحی مورد تـــایید اعضـاء جلسـه در آن اعمـال و بدین ترتیب این استاندارد حاصل شده است.

علیرغم تلاش های فوق الذکر بهیچ وجه ادعا نمی گردد استاندارد حاضر بدون عیـــب و کاســتی باشـد لـذا هرگونه نظرات اصلاحی در جهت ارتقاء کیفیت آن در تجدید نظر بعدی مورد استقبال قرار خواهد گرفت.

Mehrshidniroo.com

استاندارد سازه ها و گنتری های فلزی و بتنی پستهای انتقال نیرو



Mehrshidniroo.com

مقدمه

تعیین بارهای مکانیکی وارده به سازه ها اولین قدم در طراحی سازه ها و فونداسیون های مربوطه می باشد. در گزارش حاضر ضمن شناسایی انواع بارهای مکانیکی ، شناخت و دسته بندی عوامل موثر در مقدار بارها ، نحوه محاسبه مقدار بارها و ترکیب آنها مورد بررسی قرار گرفته تا مبنای طراحی سازه ها و فونداسیون ها قرار گیرد.

Mehrshidniroo.com

۱- انواع بارهای مکانیکی

بارهای مکانیکی روی سازه ها ، شامل بارهای مکانیکی تجهیزات نصب شده روی آنها بعلاوه بارهای مربوط به خود سازه می باشد. به عنوان مثال د رمورد گنتری ها ، بارهای مکانیکی شامل سیم های فاز ، کشش سیم های شیلد و در برخی موارد بار موجگیرها بعلاوه بارهای مربوط به خود گنتری شامل : وزن سازه ، بار باد ، یخ روی هادی و غیره می باشد.

انواع بارهای وارده روی سازه ها عبارتند از :

۱- بار مرده

۲- بار هادی ها

۳- بار باد

۴- بار یخ

۵- بار اتصال کوتاه

۶- بار زلزله

۷- بار عملکرد

۸- بار مربوط به نصب و نگهداری

برخی از بارهای ذکر شده شامل بار هادی ها ، بار اتصال کوتاه ، بار عملکرد و بار مربوط به نصب و نگهداری برای کلیه سازه های پست عمومیت ندارد که در ادامه در مورد سازه های مختلف بارهای قابل اعمال مشخص خواهد شد.

قابل ذکر است که بار هادی ها بر روی سازه ها خود ناشی از بارهای اعمالی روی آنها شامل وزن هادی ، باد ، یخ ، اتصال کوتاه و زلزله می باشد.

جدول (۱-۱) نشان دهنده بارهای قابل اعمال از طرف تجهیزات با توجه به نوع سازه (به لحاظ تجهیزات نصب شده روی آن) می باشد.

Mehrshidnroo.com

جدول (۱-۱) بارهای قابل اعمال برای انواع سازه

نوع سازه	بار مرده	بار هادی ها	بار باد	بار یخ	بار اتصال کوتاه	بار زلزله	بار عملکرد	بار نصب و نگهداری
گنتری	+	+	+	(+)	-	+	-	+
کلید قدرت	+	+	+	(+)	+	+	+	+
سکسیونر	+	+	+	(+)	+	+	(+)	+
ترانسفورماتور ولتاژ	+	+	+	(+)	-	+	-	+
ترانسفورماتور جریان	+	+	+	(+)	(+)	+	-	+
برقگیر	+	+	+	(+)	-	+	-	+
مقره اتکایی	+	+	+	(+)	-	+	-	+
پایه های روشنایی	+	-	+	(+)	-	+	-	+

\+ : قابل اعمال

(+) : قابل صرفنظر کردن

\- : غیرقابل اعمال

۱-۱- بار مرده

بار مرده (قائم) شامل وزن تجهیزات می باشد.

۱-۲- بار هادی ها

هادی های پست شامل ولتاژ بالا و شیلد ، به جهت نحوه وارد آوردن نیرو به تجهیزات و استراکچرها به دو دسته قابل انعطاف (رشته ای) و صلب تقسیم می شوند.

در هادی های رشته ای بارهای ناشی از وزن هادی و اتصالات ، یخ ، باد و اتصال کوتاه در نهایت بصورت کشش در امتداد هادی به سازه اثر می نماید. برای این نوع هادی ها از بار زلزله صرفنظر می گردد.

در هادی ها صلب بارهای ناشی از وزن هادی ، یخ ، باد و اتصال کوتاه و زلزله بصورت نیروهای عمود بر طول هادی با مولفه های افقی و عمودی منظور می گردد.

ذیلا نیروی هادی در ارتباط با انواع تجهیزات مورد بررسی قرار می گیرد :

۱- گنتری ها

هادی های اتصالی به گنتری ها شامل سیم های رشته ای فازها و شیلد می باشند که مقدار نیروها در شرایط محیطی مختلف تابعی از طول سیم و شکم آن می باشد. در این پروژه مقدار نیرو براساس طرح های جانمایی مورد نظر ، برای شرایط محیطی مختلف محاسبه و طرح های استاندارد برای گنتری ها ارائه خواهد شد.

Mehrshidniroo.com

۲- کلیدهای قدرت

نیروی وارده ناشی از هادی های اتصالی به ترمینال های ولتاژ بالای کلید قدرت با توجه به مشخصات استقامت مکانیکی و تضمین عملکرد کلید با توجه به بار وارده به آن محدود می گردد. استاندارد IEC 56 نیروهای استاتیک وارده به ترمینال را که کلید باید تحت آنها آزمایش قابلیت عملکرد را بگذراند بصورت نمونه ارائه کرده است که در جدول (۱-۲) زیر عینا آمده است.

جدول (۱-۲) مثال هایی از نیروهای استاتیک وارده به ترمینال کلیدهای فشار قوی براساس استاندارد IEC 56

محدوده ولتاژ نامی (کیلوولت)	محدوده جریان نامی (آمپر)	نیروی افقی استاتیک		نیروی عمودی استاتیک (نیوتن)
		طولی (نیوتن)	متقاطع (نیوتن)	
۷۲/۵-۵۲	۱۲۵۰-۸۰۰	۵۰۰	۴۰۰	۵۰۰
۷۲/۵-۵۲	۲۵۰۰-۱۶۰۰	۷۵۰	۵۰۰	۷۵۰
۱۷۰-۱۰۰	۲۰۰۰-۱۲۵۰	۱۰۰۰	۷۵۰	۷۵۰
۱۷۰-۱۰۰	۴۰۰۰-۲۵۰۰	۱۲۵۰	۷۵۰	۱۰۰۰
۲۴۵	۳۱۵۰-۱۶۰۰	۱۲۵۰	۱۰۰۰	۱۲۵۰
۴۰۰	۴۰۰۰-۲۰۰۰	۱۷۵۰	۱۲۵۰	۱۵۰۰

همانطور که مشاهده می گردد مقدار نیروها با بالا رفتن ولتاژ و جریان افزایش می یابد که این امر به دلیل به ترتیب افزایش فواصل (طول هادی ها) و سطح مقطع هادی منطقی می باشد.

در استاندارد کلیدهای ۷۲/۵ و ۱۴۵ کیلوولت تهیه شده توسط وزارت نیرو مقدار نیروی ترمینال مطابق با جدول بالا مشخص گردیده ولی در استاندارد طراحی بهینه پستهای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت مقدار نیرو مشخص نشده و به مقدار محاسبه شده براساس طرح جانمایی و مشخصات سیم رجوع داده شده است.

در این پروژه با توجه به جانمایی و مشخصات هادی ها مقادیر نیروی ترمینال در ترکیب های مختلف محاسبه و ملاک عمل قرار خواهد گرفت و جهت اطمینان از اینکه مقادیر نیروی محاسبه شده استاتیک و دینامیک به ترتیب بالاتر از مقادیر ضمانت شده سازندگان (بخصوص ساخت داخل) نیست مقایسه لازم به عمل خواهد آمد.

۳- سکسیونرها

استاندارد IEC 129 نیروی استاتیک مجاز روی ترمینال های سکسیونر را براساس ولتاژ و جریان نامی بصورت مثال آورده است که عینا در جدول شماره (۱-۳) زیر آمده است.

Mehrshidniroo.com

جدول شماره (۱-۳) مثال هایی از مقادیر نامی نیروهیا روی ترمینال سکسیونرها مطابق IEC 129

ولتاژ نامی (کیلوولت)	جریان نامی (آمپر)	سکسیونرهای دو یا سه ستونه		سکسیونرهای پانتوگراف	
		جانبی (نیوتن)	بر مقاطع (نیوتن)	جانبی (نیوتن)	بر مقاطع (نیوتن)
۷۲/۵	۱۲۵۰-۸۰۰	۴۰۰	۱۳۰	۸۰۰	۲۰۰
۱۰۰ تا ۱۴۵	۱۲۵۰	۵۰۰	۱۷۰	۸۰۰	۲۰۰
۲۴۵	۱۲۵۰-۸۰۰	۸۰۰	۲۷۰	۱۲۵۰	۴۰۰
۲۴۵	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۳۳۰	۱۶۰۰	۵۰۰
۴۲۰	۲۰۰۰	۱۶۰۰	۵۳۰	۲۰۰۰	۸۰۰
۴۲۰	۴۰۰۰	۲۰۰۰	۶۶۰	۴۰۰۰	۱۶۰۰

سکسیونر باید تحت نیروهای یاد شده در جدول قابلیت باز و بستن را داشته باشند. اما تحمل مکانیکی سکسیونر به معنای استحکام مکانیکی نمی باشد و در واقع قابلیت عملکرد سکسیونر تحت شرایط عادی مطرح است و عملکرد سکسیونر تحت اتصال کوتاه ، زلزله یا باد شدید محتمل نیست.

استاندارد وزارت نیرو برای سکسیونرها فعلا تهیه نشده است.

در استاندارد پستهای ۶۳/۲۰ کیلوولت مقادیر ۷۵۰ نیوتن استاتیک و ۱۷۰۰ نیوتن دینامیک استاندارد شده است. در استاندارد پستهای ۱۳۲/۲۰ کیلوولت مقدار نیرو مشخص نشده بلکه ملاک محاسبه نیرو با توجه به موارد مذکور در این استاندارد قید گردیده است. در این پروژه مقادیر نیروی هادی ها با توجه به جانمایی و هادی های مورد نظر برای پستها محاسبه و ملاک محاسبات بارگذاری خواهد بود.

۴- ترانسفورماتورهای ولتاژ

با توجه به طرح های پستهای متداول نیروی هادی ترانسفورماتورهای ولتاژ معمولا قابل توجه نیست و در این پروژه نیروی ۱۰۰۰ نیوتن براساس استانداردهای وزارت نیرو برای ترانسفورماتورهای ولتاژ انتخاب می گردد.

۵- ترانسفورماتورهای جریان

مطابق با استانداردهای وزارت نیرو وارده به ترمینال برابر ۲۰۰۰ نیوتن در نظر گرفته شده که ملاک استقامت ترانسفورماتور جریان می باشد. در این پروژه مقدار نیروی هادی ها براساس جانمایی و هادی های مورد نظر محاسبه شده و ملاک محاسبات بارگذاری خواهد بود ضمن آنکه حداکثر نیروی محاسبه شده با مقدار ۲۰۰۰ نیوتن مقایسه خواهد شد. ذکر این توضیح لازم است که مقدار ۲۰۰۰ نیوتن نیروی هادی براساس ترکیب بارگذاری بحرانی به لحاظ نیروی هادی می باشد که لزوما ترکیب مذکور سخت ترین حالت برای نیروهای وارده به کل ترانس جریان نمی باشد.

۶- برقگیرها

نیروی هادی برقگیر نیز با توجه به طرح های متداول محدود می باشد استاندارد پستهای ۶۳/۲۰ کیلوولت مقادیر ۵۰۰ نیوتن استاتیک و ۱۰۰۰ نیوتن دینامیک را برای برقگیرهای ۶۳ کیلوولت استاندارد

Mehrshidniroo.com

نموده است. ولی در مورد سایر سطوح ولتاژ فعلا مقادیر استاندارد وجـود نـدارد. در ایـن پـروژه مقـدار نـیرو براساس جانمایی و هادی های مورد نظر محاسبه و ملاک محاسبات بارگذاری خواهد بود.

۷- مقره های اتکایی

کاربرد عمده مقره های اتکایی در پستها به عنوان نگهداری هادی ها مـی باشـد و بخصـوص در فواصـل طولانی در فیدرها و باس ها می باید تحمل نیروهای وارده را داشته باشند دراین پروژه مقادیر نیرو برحسـب مورد استفاده مقره و براساس جانمایی و هادی های مورد نظر محاسبه و ملاک محاسبات بارگـذاری خواهـد بود.

۱-۳- بار باد

نیروی وارده از باد بر روی تجهیزات استراکچرها و هادی ها متناسب بـا تـوان دوم سـرعت بـاد و سـطح موثر بادگیر می باشد. حداکثر سرعت باد در نواحی مختلف ایران برای ناحیه A برابر 40 m/s و ناحیه B برابر 45 m/s کلاسه بندی شده است. شکل دسته بندی نواحی A , B در ایران ، در بخـش " پیوسـت هـا " آورده شده است.

۱-۴- بار یخ

عمده تاثیر بار یخ در بارگذاری تجـهیزات و سـازه هـا در ارتبـاط بـا افزایـش بـار وزن و سـطح بـادخور هادی های متصل به آنها می باشد. استاندارد پستهای ۶۳/۲۰ کیلوولت مقادیری برای ضخامت یخ اسـتاندارد ننموده است. در استاندارد پستهای ۱۳۲/۲۰ کیلوولـت چـهار ناحیـه بـا ضخـامت یـخ صفـر ، ۲۰،۳۰ و ۴۰ میلیمتر استاندارد شده و نقشه پهنه بندی یخ بندان ایران ارائه شده است. استاندارد طراحی بهینه پسـتهای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت مقدار ضخامت یخ را در اکثر نقاط ایران برابر ۲۰ میلیمتر و بـرای منـاطقی بـا ارتفـاع بیش از ۲۵۰۰ متر از سطح دریا ضخامت یخ به میزان ۴۰ میلیمتر در شرایط هوای بدون باد توصیـه نمـوده است. مرجع دیگر شرایط بارگذاری برای مناطق چهارگانه آب و هوایی کشور است که جهت طراحی خطـوط توسط شرکت مشانیر استاندارد گردیده است و ضخامت یخ را تا ارتفاع ۲۰۰۰ متر برای نوع منطقه سـنگین برابر ۲۰ میلیمتر و تا ارتفاع ۲۵۰۰ متر برابر ۲۵ میلیمتر ذکر نموده است و در منطقه فوق سنگین ضخـامت یخ ۳۰ میلیمتر و بیشتر برای ارتفاعات بالای ۲۵۰۰ متر ذکر شده است.
در شرایط محیطی پستهای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت کشور تحت عنوان پروژه های ۲۵ پست و ۱۸ پست مقدار ضخامت یخ برای کلیه نواحی بجز ناحیه چهار (بدون یخ) ۲۰ میلیمتر ذکر شده است که به نظـر مـی رسـد نوعی یکنواخت کردن در این پروژه ها مد نظر بوده است. با توجه به موارد فوق انتخاب ضخـامت یـخ تـا ۲۰ میلیمتر بسته به شرایط محیطی در این پروژه ملاک محاسبات بارگذاری قرار خواهد گرفت.

Mehrshidniroo.com

۱-۵- بار اتصال کوتاه

خطای اتصال کوتاه از عوامل موثر در بارگذاری است که وابسته به پارامترهای شبکه مـی باشـد. در اثـر اتصال کوتاه هادی های حامل جریان تحت نیروی الکترومغناطیسی متقابل قرار می گـیرند کـه مقـدار ایـن نیرو بستگی به ماکزیمم جریـان ، فاصلـه هـادی هـا و طـول آنـها دارد. محاسـبه نـیروی اتصـال کوتـاه در هادی های قابل انعطاف و صلب در این پروژه براساس استاندارد IEC 865 انجام می گردد.

یادآوری می گردد نیروی اتصال کوتاه بر هادی قابل انعطاف بصورت نیروی کششی در راسـتای هـادی و در هادی های صلب عمود بر راستای هادی به تجهیزات اعمال می گردد. مقادیر جریان اتصـال کوتـاه و فاصلـه هادی ها براساس استاندارد پستهای ۶۳ و ۱۲۳ کیلوولت و طـرح هـای پـروژه هـای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولـت انجام خواهد شد. یاد آوری می گردد نیروی اتصال کوتاه از جمله بارهای دینامیک محسوب می گردد.

۱-۶- بار زلزله

بار زلزله روی تجهیزات و سازه ها بسـتگی بـه وزن آنـها ، شـتاب زلزلـه و رفتـار سـازه دارد. اسـتاندارد پستهای ۱۳۲ کیلوولـت و طراحـی بهینـه پسـتهای ۴۰۰ و ۲۳۰ کیلوولـت طبـق آییـن نامـه ۲۸۰۰ مرکـز تحقیقات ساختمان و مسکن شتاب افقی را استاندارد نموده اند که استاندارد اولی ضریب اهمیت سازه را نـیز در شتاب وارد نموده است.

مطابق آیین نامه مذکور سه منطقه با لرزه خیزی زیاد ، متوسط و کم مشخص شـده کـه شـتاب زلزلـه آنـها برابر 0.35 g , 0.25 g و 0.2 g استاندارد شده است و ضریب اهمیـت سـازه بـرای تاسیسـات برقـی برابـر ۱/۲ اختیار شده است.

این روش استاندارد نمودن شتاب زلزله در این پروژه ملاک عمل خواهد بود. نقشه پهنه بنـدی خطـر نسـبی زلزله در ایران مطابق آیین نامه ۲۸۰۰ ضمیمه می باشد.

۱-۷- بار عملکرد

بار ناشی از عملکرد تنها برای کلیدهای فشار قوی مطرح می باشد که مقدار آن توسط سازنده آن تعیین می گردد.

۱-۸- بار مربوط به نصب و نگهداری

کلیه اعضای افقی یا اعضایی که محور طولی آنها زاویه ای کمتر از ۳۰ درجه با امتداد افق دارند برای بـار ۱۵۰ کیلوگرم جهت وزن نفر و تجهیزات مربوطه در امتداد عمودی بارگذاری می شوند.

Mehrshidiroo.com

۲- ترکیبات بارگذاری

۲-۱- مقدمه

تاکنون در این گزارش در مورد انواع بارهای وارده بر تجهیزات و سازه ها و نحوه تاثیر آنها بررسی بعمل آمد ، حال در رابطه با ترکیبات بارگذاری به معنای نحوه ترکیب نیروها و شرایط محیطی و اتصال کوتاه که از اهم مطالب این بحث بوده و تاثیر بالایی در محاسبات بارگذاری دارد ، بررسی می گردد.

ترکیب بارگذاری اساسا بر دو اصل زیر استوار می باشد :

۱- امکان همزمانی دو یا چند حالت یا اتفاق بصورت مطلق.

۲- احتمال همزمانی دو یا چند حالت یا اتفاق بصورت آماری.

به طور مثال امکان همزمانی بار یخ و درجه حرارت بالا مطلقا وجود ندارد و احتمال وقوع زلزله و باد شدید بسیار ضعیف می باشد و در ترکیبات منظور نخواهد شد.

با توجه به مقدمه فوق ترکیبات بارگذاری بصورت زیر که در استانداردها و مشخصات فنی پست های کشور وجود دارد ارائه می گردد و در هر مورد در صورت نیاز توضیح مربوطه ارائه می گردد.

۲-۲- ترکیبات بارگذاری

۲-۲-۱- ترکیب ۱ : باد معمولی و یخ

الف – بار مرده

ب – بار هادی ها با در نظر گرفتن بار یخ و باد

ج – بار باد روی تجهیزات و استراکچر

د – بار مربوط به نصب و نگهداری

در این حالت سرعت باد برابر Vice = 25 m/s و درجه حرارت برابر صفر درجه انتخاب می شود.

۲-۲-۲- ترکیب ۲ : باد شدید بدون یخ

الف – بار مرده

ب – بار هادی ها با توجه به باد شدید

ج – بار باد روی تجهیزات و استراکچر

در این حالت سرعت باد مبنای طراحی برابر ۴۰ یا ۴۵ متر بر ثانیه و درجه حرارت برابر حداقل درجه حرارت محیط به علاوه ۲۰ درجه سانتیگراد می باشد.

۲-۲-۳- ترکیب ۳ : بار اتصال کوتاه به همراه باد شدید

الف – بار مرده

ب – بار هادی ها در حالت اتصال کوتاه و باد شدید

ج – بار باد روی تجهیزات و استراکچرها

د – بار عملکرد (تنها در مورد کلیدهای قدرت)

Mehrshidniroo.com

در این حالت سرعت باد مبنای طراحی برابر ۷۰ درصد حداکثر سرعت باد در منطقه مورد نظر و درجه حرارت هادی جریان برابر ۷۰ درجه سانتیگراد در نظر گرفته می شود.

۲-۲-۴- ترکیب ۴ : بار زلزله

الف – بار مرده

ب – بار زلزله در دو جهت امتداد هادی و عمود بر آن

ج – مولفه عمودی بار زلزله که $\frac{۲}{۳}$ مقدار مولفه افقی آن می باشد.

۲-۲-۵- ترکیب ۵ : بار زلزله و اتصال کوتاه بدون بار باد و یخ

الف – بار مرده

ب – بار زلزله دردو جهت امتداد هادی و عمود بر آن

ج – بار اتصال کوتاه روی تجهیزات

د – بار هادی با توجه به نیروی اتصال کوتاه روی آن

ه – بار عملکرد (تنها در مورد کلیدهای قدرت)

درجه حرارت هادی در این حالت برابر ۷۰ درجه سانتیگراد در نظر گرفته می شود.

۲-۳- بارهای استاتیک و دینامیک

از میان ترکیبات بارگذاری بالا ترکیبات ۲ ، ۳ ، ۴ و ۵ که شامل بارهای باد شدید ، اتصال کوتاه و زلزله است به عنوان بار دینامیک و حالت ۱ استاتیک می باشد که ضرایب اطمینان طراحی سازه ها در آنها متفاوت است.

Mehrshidniroo.com

۳- دسته بندی شرایط محیطی

شرایط محیطی موثر در بارگذاری تجهیزات عبارتند از :

سرعت باد ، ضخامت یخ ، درجه حرارت و شتاب زلزله.

دسته بندی شرایط محیطی به منظور نیل به طرح استراکچرهای استاندارد برای چند گزینه می باشد. در استانداردهای موجود در پستهای ۶۳ ، ۱۳۲ ، ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت این دسته بندی انجام نشده است و تنها در پروژه های ۲۵ پست و ۱۸ پست انتقال ، بنا به ضرورت پرهیز از تنوع زیاد شرایط محیطی به چهار نوع دسته بندی شده است که ضمیمه می باشد.

در زمینه استاندارد خطوط هوایی دو مرجع زیر موجود می باشند :

۱- طراحی برج های استاندارد انتقال نیرو با استفاده از مصرف انواع نبشی تهیه شده توسط مرکز تحقیقات نیرو برای سازمان برق مورخ مهرماه ۱۳۷۰.

۲- استاندارد جامع مهندسی و طراحی خطوط انتقال نیروی ایران تهیه شده توسط شرکت مشانیر.

در مرجع اول دسته بندی با منطقه بندی اقلیمی ایران برای ۳ منطقه شرایط آب و هوایی سخت ، متوسط و سبک انجام شده است.

جداول شرایط بارگذاری برای هر دو مرجع ضمیمه می باشد.

مسلما" دسته بندی شرایط محیطی هرچه باشد نمی تواند برای کلیه نقاط کشور دقیقا" صدق نماید و دقت آن با ازدیاد منطقه بندی افزایش خواهد یافت که این خود به همان نسبت تنوع طرح ها را به دنبال خواهد داشت که از فلسفه استاندارد کردن سازه ها به دور است. با توجه به این امر در این پروژه دسته بندی شرایط محیطی با دید طراحی سازه ها به سه منطقه انجام می شود که در جدول شماره ۴ زیر آمده است.

جدول ۴- دسته بندی شرایط محیطی

ردیف	شرح	ناحیه ۱	ناحیه ۲	ناحیه ۳	توضیحات
۱	درجه حرارت حداکثر (سانتیگراد)	+۴۰	+۴۵	+۵۵	
۲	درجه حرارت حداقل (سانتیگراد)	-۲۰	-۱۵	-۱۰	
۳	سرعت حداکثر باد (متر بر ثانیه)	۴۰	۴۰	۴۵	
۴	ضخامت یخ (میلیمتر)	۲۰	۲۰	-	
۵	شتاب زلزله (متر بر مجذور ثانیه)	۳/۵	۳/۵	۳/۵	بدون در نظر گرفتن ضریب اهمیت بار

در ارتباط با جدول بالا ذکر نکات زیر لازم می باشد :

۱- درجه حرارت حداکثر محیط بطور مستقیم در بارگذاری سازه ها موثر نیست و جهت اطلاع ذکر شده است.

۲- با توجه به نقشه پهنه بندی شتاب زلزله اکثریت مناطق ایران مشمول خطی نسبی بالا می باشند و به این جهت مقدار شتاب زلزله برای کلیه ناحیه ها بر این اساس ذکر شده است.

۳- در این پروژه از ارائه نقشه پهنه بندی شرایط اقلیمی خودداری می گردد و در مورد هر پست طراح یا خریدار می تواند به سادگی با توجه به شرایط محیطی محل پست یکی از نواحی را انتخاب نماید.

Mehrshidniroo.com

۴- دسته بندی جریان اتصال کوتاه

از جمله بارهای مذکور در ترکیبات بارگذاری بار اتصال کوتاه می باشد که با جریان اتصال کوتاه رابطه دارد.

سطح اتصال کوتاه پستهای فوق توزیع و انتقال با توجه به مشخصات شبکه مشخص می گردد که البته محاسبه آن می باید با توجه به توسعه شبکه تا آینده دور مدنظر باشد. استاندارد پستهای فوق توزیع ۱۳۲ کیلوولت دو گزینه با مقادیر ۲۰ و ۳۱/۵ کیلوآمپر را برای اتصال کوتاه سه فاز استاندارد نموده اند که ملاک بارگذاری در این پروژه خواهد بود. با توجه به پروژه های پستهای انتقال مقدار ۳۱/۵ کیلوآمپر برای قسمت ۶۳ و ۱۳۲ کیلوولت پستهای انتقال نیز انتخاب می گردد و بر همین اساس جریان اتصال کوتاه پستهای ۴۰۰ و ۲۳۰ کیلوولت به ترتیب برابر ۵۰ و ۴۰ کیلوآمپر استاندارد می گردد.

Mehrshidniroo.com

۵- طرح های جانمایی پستها

از جمله معیارهای طراحی پستها تعیین فواصل تجهیزات در طول بی با یکدیگر ، تعیین فاصله فاز به فاز و فاصله قسمت های برقدار از زمین می باشد که در رابطه با بارگذاری سازه ها این فواصل تاثیر مستقیم دارند.
فواصل تجهیزات در یک بی تعیین کننده طول هادی های ارتباطی آنها می باشد که بار ناشی از هادی روی سازه مستقیما" به این طول (span) بستگی دارد. فواصل فاز به فاز در یک بی از جمله پارامترهای موثر در مقدار نیروی اتصال کوتاه وارد بر هادی می باشد.
فاصله قسمت های برقدار تا زمین که شامل هادی های ارتباطی می باشد تعیین کننده ارتفاع سازه است. در عمل فاصله هادی تا زمین می باید با در نظر گرفتن حداکثر شکم هادی در شرایط کاری کمتر از مقدار مجاز نباشد.
استانداردهای پستهای فوق توزیع ۱۳۲ و ۶۳ کیلوولت شامل نقشه های جانمایی و مقاطع مربوطه می باشد که مبنای محاسبات بارگذاری قرار خواهند گرفت. در ارتباط با پست های انتقال ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت از طرح های جانمایی پستهای پروژه های ۲۵ پست و ۱۸ پست استفاده خواهد شد.

Mehrshidniroo.com

۶- محاسبه بارها

۶-۱- نیروی باد روی تجهیزات ، استراکچرها و گنتری ها

برای تجهیزات ، استراکچرها و گنتری ها ، نیروی باد از رابطه زیر بدست می آید (اما حداقل بار باد آیین نامه ۵۱۹ ایران باید رعایت شود).

$$W = V^2 /16 * C^* A$$

W = نیروی ایجاد شده توسط باد برحسب کیلوگرم.

V = سرعت باد مبنای طراحی برحسب متر بر ثانیه (V_{ice} یا V_W)

A = سطح موثر بادگیر برحسب مترمربع

C = ضریب کشش که تابع شکل جسم مورد نظر و جهت وزش باد می باشد.

نمونه هایی از ضرایب کشش مختلف در زیر آورده شده است.

۶-۱-۱- قاب های منفرد (SINGLE FRAMES)

ضریب کشش C برای قاب های منفرد دارای اعضایی با سطوح تحت (FLAT SIDED) یا اعضاء با مقاطع دایره ای (CIRCULAR SECTION) در جدول (۶-۱) انتهای این بخش درج گردیده است.

۶-۱-۲- قاب های پیوسته (MULTIPLE FRAMES STRUCTURES)

قاب های بادگیر (قاب هایی که در جهت وزش باد قرار دارند) ، پوشش موثری بر قاب های پشت به باد هستند. از این جهت نیروی باد وارد بر قاب های پشت به باد در ضریب کاهشی به نام ضریب پوشش (SHIELDING FACTOR) K ضرب می شود.

این ضریب به ضریب سطح بادگیر قاب (U) ، طول دهانه ، ارتفاع و فاصله قاب ها از یکدیگر بستگی دارد و با استفاده از نمودار (۶-۱) بدست می آید.

۶-۱-۳- برج ها واستراکچرهای مشبک (LATTICE TOWERS & STRUCTURES)

برای برج ها و استراکچرهای مشبک دارای اعضایی با سطوح تخت و همچنین اعضایی با مقطع دایره ای ، ضریب کشش به شرح زیر محاسبه می گردد :

۱) برج ها و استراکچرها با مقطع مربع :

الف) اعضای تخت :

$$C_1 = 4.30^* (1-1.16U) \qquad 0.05<U<0.45$$

ب) اعضاء با مقطع دایره ای :

$$C_{1c} = 0.67^* C_1$$

۲) برج ها و استراکچرها با مقطع مثلثی (متساوی الاضلاع) :

الف) اعضای تخت :

$$C = 3.52^*(1-1.16U) \qquad 0.05<U<0.45$$

Mehrshidiroo.com

ب) اعضاء با مقطع دایره ای :

$C_{2c} = 0.67 * C_2$

U = ضریب سطح بادگیر طبق نمودار (۶-۱)

۶-۱-۴- اعضای منفرد با مقطع دایره (SINGLE MEMBERS WITH CIRCULAR CROSS SECTION)

ضریب کشش "C" برای اعضای منفرد با مقطع دایره مثل سیم ، میله ، لوله و غیره کـه در آنـها نسـبت طول به قطر بیشتر از ۵ می باشد با استفاده از جدول (۶-۲) بدست می آید.

۶-۱-۵- اعضای منفرد با سطح تخت (SINGLE FLAT SIDED MEMBERS)

ضریب کشش برای اعضای منفرد با سطح تخت بدون در نظر گرفتن طول عضو و یـا جـهت وزش بـاد ، برابر با ۲ اختیار می گردد.

۶-۱-۶- زنجیره مقره (STRING INSULATORS)

ضریب کشش برای زنجیره مقره ، برابر با ۰/۵ (نیم) فرض می شود.

۶-۱-۷- بار باد روی هادی :

نیروی باد $W_{cond.}$ که عمود بر راستای هادی روی آن اثر می کند از رابطه زیر بدست می آید :

$W_{cond.} = V^2 /16*C*D*R*Sin^2 \Phi$

در این رابطه :

$W_{cond.}$ = نیروی باد روی هادی برحسب کیلوگرم بر متر طول

V = سرعت باد مبنای طراحی برحسب متر بر ثانیه

C = ضریب کشش که وقتی قطر هادی بزرگتر از ۱۵ میلیمتر است برابر ۱/۰ (یک) در نظر گرفته می شود و در غیر اینصورت طبق بند (۶-۱-۴) انتخاب می شود.

D = قطر هادی برحسب متر

Φ = زاویه بین جهت وزش باد و راستای هادی

R = ضریب کاهشی است که از روابط زیر بدست می آید :

$R = 1.0 \qquad a_h \le 100$

$R = 0.6 \qquad a_h \ge 300$

$R = -0.002 * a_h + 1.2 \qquad 100 < a_h < 300$

Mehrshidniroo.com

a_h = اسپن بادگیر برحسب متر

توجه : مقدار بار باد روی یک دسته از هادی ها (BUNDLED CONDUCTORS) بوسیله جمع کردن بارهای باد روی هر هادی بدست می آید.

جدول (۶-۱) ضریب کشش قاب های منفرد (C)

ضریب کشش "C"			"U"
اعضای با مقطع دایره		اعضا با سطوح تخت	ضریب سطح بادگیر
$D*V_W \geq 7/3$	$D*V_W \geq 7/3$		
۰/۷	۱/۲	۲/۰	۰/۱
۰/۸	۱/۲	۱/۸	۰/۱ – ۰/۳
۱/۱	۱/۵	۱/۶	۰/۳ – ۰/۷

پارامترهای جدول بشرح زیر تعریف شده اند :

D = قطر عضو با مقطع دایره برحسب متر

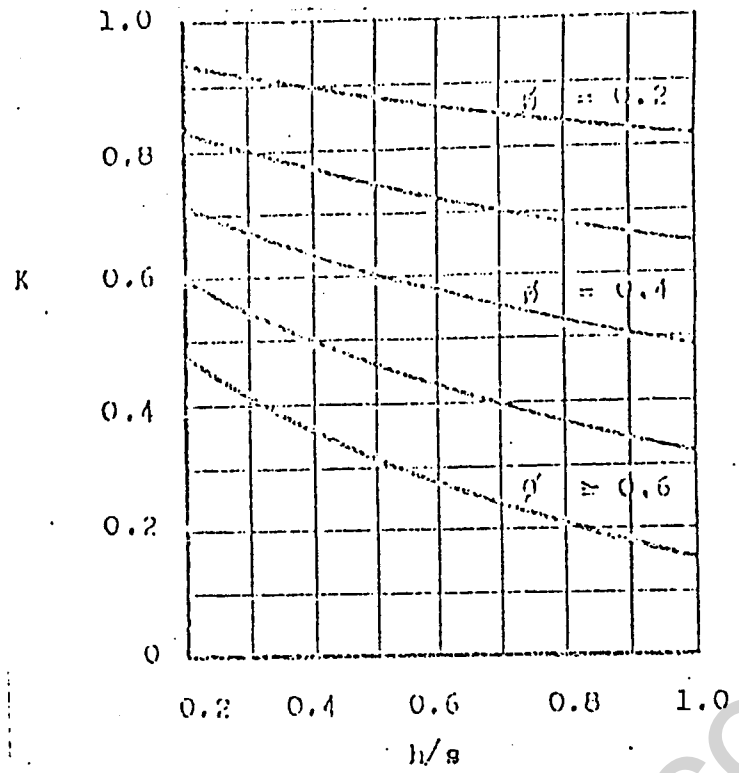
V_W = سرعت باد طراحی برحسب متر بر ثانیه

U = ضریب سطح بادگیر که برابر است با نسبت سطح موثر عناصر بادگیر قاب به سطحی که توسط قاب محدود می شود. این سطوح باید در جهت عمود بر وزش باد اندازه گیری شوند.

جدول (۶-۲) ضریب کشش اعضای منفرد با مقطع دایره ای (C)

$D*V_W$ برحسب مترمربع بر ثانیه	ضریب کشش C
$D*V_W < 7/3$	۱/۲
$7/3 \leq D*V_W < 12$	۰/۶
$12 \leq D*V_W < 33$	۰/۷
$33 \leq D*V_W$	۰/۸

Mehrshidniroo.com



جدول ضریب حفاظت

نمودار (۶-۱) ضریب پوشش قاب های پشت به باد (K)

در این نمودار :

U = ضریب سطح بادگیر که در بند (۶-۱-۱) تعریف شده است.

h = کوچکترین بعد قاب که عمود بر جهت وزش باد اندازه گیری شده است.

S = فاصله مرکز به مرکز قاب ها

۶-۲- بار یخ

چگالی یخ برابر $0.9\ g/cm^3$ فرض شده و با توجه به ضخامت یخ مقدار بار یخ (وزن یخ) محاسبه می شود.

۶-۳- بار اتصال کوتاه

بار اتصال کوتاه بین هادی های با جریان مساوی از رابطه

$$F_m = 0.2 I^2_p .1/a \qquad (N)$$

Mehrshidniroo.com

محاسبه می شود که در این رابطه Ip مقدار پیک جریان اتصال کوتاه برحسب کیلوآمپر و 1 طول هادی ها و a فاصله بین آنها می باشد. مقدار نیروی اتصال کوتاه در اتصال کوتاه سه فاز با توجه به اینکه حداکثر نیرو روی فاز وسط اعمال می شود برابر

$$F_{m3} = 0.2I^2{}_{p3} * 1/a * 0.87$$

و برای اتصال کوتاه دو فاز

$$F_{m2} = 0.2I^2{}_{p2} 1/a$$

که Ip_3 و Ip_2 به ترتیب مقدار پیک جریان برای اتصال کوتاه سه فاز و دو فاز می باشد.
در شبکه های ولتاژ بالا مقدار پیک جریان اتصال کوتاه ۲/۵ برابر جریان موثر اتصال کوتاه متقارن فرض می شود.
با روابط فوق بطور مثال مقدار نیرو برای اتصال کوتاه سه فاز ۴۰ کیلوآمپر و فاصله فاز به فاز ۴/۵ متر برابر ۳۵۵ N/m می شود.

۶-۴- بار زلزله

۶-۴-۱- تعاریف

- شتاب زمین (A) : مقدار حداکثر شتاب به جهت امواج زلزله که در این پروژه برابر 0.42 g تعیین شده است (رجوع شود به بخش ۱-۶ این گزارش)
- شتاب حداکثر : حداکثر شتاب سازه که بستگی به فرکانس طبیعی و میرایی آن داشته و از طیف پاسخ محاسبه می گردد.
- ضریب بزرگ نمایی (K) : نسبت شتاب حداکثر به شتاب زمین.
- طیف پاسخ : منحنی های پاسخ حداکثر سازه های با درجه آزادی یک برای فرکانس های طبیعی مختلف در مقادیر مختلف میرایی.
- فرکانس طبیعی (f) : روابطی جهت محاسبه فرکانس طبیعی سازه ها وجود دارد اما عملی ترین روش اعمال نیروی عمود بر سازه در جهت افق و بدست آوردن فرکانس طبیعی از نوسان آزاد سازه می باشد.
- ضریب میرایی : ضریب میرایی سازه از روی منحنی نوسان آزاد مذکور در بالا بدست می آید.

Mehrshidniroo.com

۶-۴-۲- محاسبه نیرو

مقدار نیروی زلزله روی سازه از رابطه

$$F = M * A * K(N)$$

بدست می آید که در این رابطه

M = جرم برحسب کیلوگرم

A = شتاب زمین 0.42 g برابر $4.2\ m/s^2$

K = ضریب بزرگ نمایی می باشد.

برای بدست آوردن ضریب K از طیف پاسخ بر مبنای استاندارد شماره IEEE 693-1984 که در ادامه این بخش آمده استفاده می گردد. این منحنی برای شتاب زمین 0.5 g ارائه شده است بنابراین مقدار شتاب بدست آمده از این منحنی باید در نسبت 0.5 / 0.42 ضریب ضرب شود برای سازه های فلزی میرایی 5% و فرکانس طبیعی ۵ هرتز منظور و ضریب بزرگ نمایی K=2 از منحنی بدست می آید.

این بار بصورت افقی و در مرکز ثقل بارهای وارده اعمال می شود.

۶-۵- بار هادی ها

در محاسبه نیروهای ناشی از باسبارهای سیمی بر روی سازه های نگهدارنده (گنتری ها) در شرایط مختلف آب و هوایی ، در ابتدا حداکثر شکم سیم در یکی از حالات که منجر به آن شده است ، محاسبه می گردد. سپس با استفاده از فرمول کشش سیم ، مقدار نیروی کششی متناظر با آن محاسبه می گردد. در نهایت این کار برای حالت های متفاوت با استفاده از فرمول تغییر وضعیت ، تکرار می گردد.

Mehrshidiroo.com

۷- مراجع

1- IEC 56 : High-voltage alternating-current circuit-breakers.

2- IEC 129 : Alternating current disconnectors and earthing switches

۳- استاندارد پستهای ۶۳/۲۰ کیلوولت - وزارت نیرو - سازمان مدیریت توانیر - معاونت تحقیقات و فن آوری.

۴- استاندارد پستهای (۳۳) ۱۳۲/۲۰ کیلوولت معمولی - وزارت نیرو - سازمان مدیریت توانیر - معاونت تحقیقات و فن آوری.

۵- استاندارد طراحی بهینه پستهای ۴۰۰/۲۳ کیلوولت - وزارت نیرو - سازمان مدیریت توانیر - معاونت تحقیقات و فن آوری.

۶- استاندارد جامع مهندسی و طراحی خطوط انتقال نیروی ایران - وزارت نیرو - سازمان مدیریت توانیر - معاونت تحقیقات و فن آوری.

۷- اطلاعات فنی از پستهای پروژه های ۲۵ پست و ۱۸ پست (مشاور سازمان مدیریت توانیر).

8- IEC 865 : CALCULATION OF THE EFFECTS OF SHORT CIRCUIT CURRENTS

۹- آیین نامه طرح ساختمان ها در برابر زلزله - شماره استاندارد ۲۸۰۰ - وزارت مسکن و شهرسازی.

۱۰- طراحی برج های استاندارد انتقال نیرو با استفاده از مصرف انواع نبشی - سازمان برق مورخ مهرماه ۱۳۷۰

11- IEEE Standard 693-1984

۱۲- فهرست منابع و مراجع ، آمار و اطلاعات هادی های خطوط انتقال نیروی برق ایران ۶۳ الی ۴۰۰ کیلوولت - وزارت نیرو - سازمان مدیریت توانیر - معاونت تحقیقات و فن آوری.

Mehrshidniroo.com

۸- پیوست ها

Mehrshidnir@o.com

رسته بندی شرایط محیطی - پروژه های ۲۵ و ۱۸ پست انتقال

A- DESIGN ENVIRONMENTAL CONDITIONS

ITEM	DESCRIPTION		ZONE 1	ZONE 2	ZONE 3	ZONE 4
1	Altitude above sea level	M	1000	1500	2000	1000
2	Isokeraumic level (thunder strom)	Day/year	18	15	20	15
3	Relative humidity (Max./Min.)	%	95/50	80/40	70/30	80/40
4	Ambient temperature :					
	a) Absolute Max.	Deg.Cen.	+40	+45	+40	+55
	b) Absolute Min.	Deg.Cen.	-20	-30	-35	-10
	c) Max. annual average	Deg.Cen.	+30	+32	+28	+38
5	Ice loading (radial thickness on conductor)	mm	20	20	20	0
6	Max. mean wind velocity :					
	a) For 10 min.	m/sec	30	30	30	30
	b) For 5 sec.	m/sec	40	40	40	40
7	Wind velocity under ice loading conditions	m/sec	25	25	25	25
8	Earthquake acceleration (Max./mean)	m/sec	0.3/0.225	0.3/0.225	0.3/0.225	0.3/0.225
9	Pollution level		Heavy	Heavy	Medium	Very heavy
10	Creepage distance	mm KV(rms)	25	25	20	31
11	Solar radiation		strong	strong	strong	strong

B- WIND LOADING. STRUCTURE AND EQUIPMENT LOADING

The any structures , equipment or parts there of , the total wind load shall be calculated as outline in sections STST. The loading for the structures , towers equipments shall also be based on the requirements of sections STST.

Mehrsanat.com

شرایط بارگذاری برای مناطق چهارگانه آب و هوایی کشور
(براساس پهنه بندی ایران)

نوع منطقه	نوع بارگذاری			درجه حرارت °C	یخ (ضخامت شعاعی) mm	باد m/s (kg/m2)	مقدار کابل kg/m
سبک (۱)	بارگذاری متعادل	استاندارد	یخ و باد متوسط	۱۵	-	۲۸(۵۰)	-
			NESC-LIGHT	-۱	-	۲۶/۵(۴۴)	۰/۰۷
		حدی	باد شدید	۰	-	۴۵(۱۲۶)	-
			یخ سنگین	-۵	۶	۲۲(۳۰)	-
	بارگذاری غیرمتعادل	بار طولی نامتعادل – پارگی سیم در باد شدید		۰	-	۴۵(۱۲۶)	-
		بار طولی متعادل : - یخ و باد در یک طرف اسپان - باد بدون یخ در طرف دیگر		-۵	۶-۰	۲۲(۳۰)	-
	شرایط EDS			۲۵	-	-	-
	حداقل درجه حرارت			-۵	-	-	-
	حداکثر درجه حرارت			۵۰-۵۵ *	-	-	-
متوسط (۲)	بارگذاری متعادل	استاندارد	یخ و باد متوسط	-۱۰	۷	۲۵(۴۰)	-
			NESC-MEDIUM	-۱۰	۶/۵	۱۷/۸(۲۰)	۰/۲۵
		حدی	باد شدید	۱۵	-	۴۰(۱۰۰)	-
			یخ سنگین	-۵	۱۵	-	-
	بارگذاری غیرمتعادل	بار طولی نامتعادل – پارگی سیم در باد شدید		-۵	۱۵	-	-
		بار طولی متعادل : - یخ و باد در یک طرف اسپان - باد بدون یخ در طرف دیگر		-۱۰	۷-۰	۲۵(۴۰)	-
	شرایط EDS			۲۰	-	-	-
	حداقل درجه حرارت			-۲۰	-	-	-
	حداکثر درجه حرارت			۴۵	-	-	-

* درجه حرارت ۵۵ درجه سانتیگراد برای جزایر جنوبی و حاشیه خلیج فارس در نظر گرفته می شود.

Mehrshahroo.com

شرایط بارگذاری برای مناطق چهارگانه آب و هوایی کشور
(براساس پهنه بندی ایران)

نوع منطقه	نوع بارگذاری			درجه حرارت °C	یخ (ضخامت شعاعی) mm	باد m/s (kg/m2)	مقدار ثابت kg/m
سنگین (۳)	بارگذاری متعادل	استاندارد	یخ و باد متوسط	-۲۰	۱۵	۲۰(۲۵)	-
			NESC-HEAVY	-۲۰	۱۲/۵	۱۷/۸(۲۰)	۰/۴۵
		حدی	باد شدید	۱۵	-	۴۰(۱۰۰)	-
			یخ سنگین	-۵	*۲۰-۲۵	-	-
	بارگذاری غیرمتعادل		بار طولی نامتعادل – پارگی سیم در باد شدید	-۵	*۲۰-۲۵	-	-
			بار طولی متعادل : - یخ و باد در یک طرف اسپان - باد بدون یخ در طرف دیگر	-۲۰	۱۵-۰	۲۰(۲۵)	-
	شرایط EDS			۱۸	-	-	-
	حداقل درجه حرارت			-۲۵	-	-	-
	حداکثر درجه حرارت			۴۰	-	-	-
فوق سنگین (۴)	بارگذاری متعادل	استاندارد	یخ و باد متوسط	-۲۰	۲۰	۲۰(۲۵)	-
							-
		حدی	باد شدید	۱۵	-	۴۰(۱۰۰)	-
			یخ سنگین	-۵	**۳۰-۵۰	-	-
	بارگذاری غیرمتعادل		بار طولی نامتعادل – پارگی سیم در باد شدید	-۵	**۳۰-۵۰	-	-
			بار طولی متعادل : - یخ و باد در یک طرف اسپان - باد بدون یخ در طرف دیگر	-۲۰	۲۰-۰	۲۰(۲۵)	-
	شرایط EDS			۱۸	-	-	-
	حداقل درجه حرارت			-۳۰	-	-	-
	حداکثر درجه حرارت			۳۵	-	-	-

* ارتفاع از سطح دریا ۱۵۰۰-۲۰۰۰ متر ۲۰ mm
۲۰۰۰-۲۵۰۰ متر ۲۵ mm

** ارتفاع از سطح دریا ۲۵۰۰-۳۰۰۰ متر ۳۰ mm
۳۰۰۰-۳۵۰۰ متر ۳۵ mm
۳۵۰۰-۴۰۰۰ متر ۴۰ mm
۴۰۰۰-۴۵۰۰ متر ۵۰ mm

Mehrshidnirop.com

جدول شماره (۱-۱)

شرایط آب و هوایی سخت

حالات بارگذاری	ضخامت یخ mm	سرعت باد m/sec	درجه حرارت °C
۱)	۰	۰	-۳۰
۲)	۰	۴۰	-۱۰
۳) (حداکثر سرعت باد)	۰	۴۰	۰
۴)	۰	۴۰	۱۵
۵)	۰	۴۰	۳۰
۶)	۰	۰	۰
۷)	۰	۰	-۵
۸) (معمول باد + یخ)	۱۸	۲۴	-۵
۹) (یخ سنگین)	معادل باد + یخ	۰	-۵
پس از تطویل			
۱۰)	معادل باد + یخ	۰	-۵
۱۱) (معمولی باد + یخ)	۱۸	۲۴	-۵
۱۲)	۰	۰	-۵
۱۳) (خستگی روزمره)	۰	۰	۱۵
۱۴)	۰	۲۴	۳۰
۱۵)	۰	۰	۶۵

Mehrshidiroo.com

جدول شماره (۲-۱)

شرایط آب و هوایی متوسط

حالات بارگذاری	ضخامت یخ mm	سرعت باد m/sec	درجه حرارت °C
۱)	۰	۰	۰
۲)	۰	۰	-۲۰
۳) (حداکثر سرعت باد)	۰	۴۰	۰
۴)	۰	۴۰	۱۵
۵)	۰	۴۰	۳۰
۶)	۰	۰	۰
۷)	۰	۰	-۵
۸) (معمول باد + یخ)	۱۰	۲۴	-۵
۹) (یخ سنگین)	معادل باد + یخ	۰	-۵
پس از تطویل			
۱۰)		۰	-۵
۱۱) (معمولی باد + یخ)	۱۰	۲۴	-۵
۱۲)	۰	۰	-۵
۱۳) (خستگی روزمره)	۰	۰	۲۰
۱۴)	۰	۴۰	۳۰
۱۵)	۰	۰	۷۵

Mehrshidniroo.com

جدول شماره (۳-۱)

شرایط آب و هوایی سبک

حالات بارگذاری	ضخامت یخ mm	سرعت باد m/sec	درجه حرارت °C
۱)	۰	۰	۰
۲)	۰	۰	-۱۰
۳) (حداکثر سرعت باد)	۰	۴۵	۰
۴)	۰	۴۵	۱۵
۵)	۰	۴۵	۳۰
۶)	۰	۰	۰
۷)	۰	۰	-۵
۸) (معمول باد + یخ)	۰	۲۴	-۵
۹)	معادل باد + یخ	۰	-۵
پس از تطویل			
۱۰)	معادل باد + یخ	۰	-۵
۱۱) (معمولی باد + یخ)	۰	۲۴	-۵
۱۲)	۰	۰	-۵
۱۳)	۰	۴۵	۳۰
۱۴)	۰	۰	۸۵

Mehrshidniroo.com