فهرست

فصل۷ سیم محافظ هوایی (Shield wire)
۷-۱مقدمه..... ۳
۷-۲وظیفه سیم محافظ هوایی..... ۴
۷-۲-۱نقطه نظر الکتریکی..... ۴
۷-۲-۲نقطه نظر مکانیکی..... ۹
۷-۳جدول مشخصات..... ۱۱
۷-۴شیلد وایر(SHIELD WIRE)..... ۱۲
۷-۵ساختمان یک خط انتقال نمونه..... ۱۴
۷-۶سیم گارد..... ۱۷
۷-۷کلیپ ویدیوئی..... ۱۹
مرجع..... ۲۱

فصل ۷

سیم محافظ هوایی (Shield wire)

۱-۷مقدمه

خطوط هوائی انتقال انرژی به علت داشتن مسیرهای طولانی و قرارگرفتن در محیط آزاد ، دائماً تحت تأثیر شرایط جوی محیط اطراف خود قرار دارند . گاهی این شرایط می توانند موجبات بروز اشکال در کار خطوط انتقال و در نتیجه بروز اختلال در شبکه را فراهم کنند . بنابراین جهت تداوم کار شبکه و عدم خروج خط لازم است تا حد امکان از وقوع این اشکالات جلوگیری نمود. یکی از عوامل مهم جوی که همواره تداوم برقرسانی خطوط انتقال را تهدید می کند صاعقه است . به دلیل بلند بودن ارتفاع برجهای انتقال نیرو و بعضاً پهن بودن سر دکلها احتمال برخورد صاعقه با برج و هادیهای خطوط انتقال بسیار بیشتر از احتمال برخورد صاعقه با زمین مجاور آن می باشد . خصوصاً در قسمتهائی که خط انتقال از مناطق دشت و هموار عبور می کند به علت نبودن عوارض مرتفع دیگر ، احتمال برخورد صاعقه با شبکه انتقال باز هم بیشتر می شود . لذا بایستی پس از اصابت صاعقه به شبکه انتقال باز هم بیشتر می شود . لذا بایستی پس از اصابت صاعقه به سیستم انتقال نیرو ، با ایجاد مسیرهای مناسب
جریان به طریقی از اثرات بعدی آن جلوگیری بعمل آورد .

۷-۲وظیفه سیم محافظ هوایی

- وظیفه اصلی سیم محافظ هوائی که در بالای برج و در ارتباط فیزیکی با بدنه آن نصب می گردد حفاظت سیستم انتقال انرژی در مقابل اصابت مستقیم صاعقه به سیم هادی و ولتاژ القائی در هادیها در اثر اصابت صاعقه به زمین اطراف خط می باشد .

- سیم محافظ هوائی طوری نصب می گردد که زاویه حفاظت مناسبی برای هادیهای خط فراهم آورد . در صورتی که این زاویه نتواند توسط یک سیم تأمین شود دو سیم محافظ کشیده می شود . سیم محافظ هوائی مستقیماً به برج متصل می شود و بدین ترتیب جریانهای ناشی از تخلیه جوی و رعد و برق را به زمین منتقل می کند . از طرفی سیم محافظ وظیفه انتقال جریانهای اتصال کوتاه به زمین را هم عهده دار بوده و از لحاظ مکانیکی نیز بایستی مقاومت کششی مناسب را دارا باشد .

- بنابراین طراحی و انتخاب سیم محافظ مشابه سیم هادی و با توجه به دو نقطه نظر الکتریکی و مکانیکی صورت می گیرد :

۱-۲-۷نقطه نظر الکتریکی

- سیم محافظ بایستی قابلیت انتقال جریانهای اتصال کوتاه و جریانهای ناشی از تخلیه جوی (رعد و برق) یا اصابت صاعقه را داشته باشد .

۱) جریانهای ناشی از اتصال کوتاه :

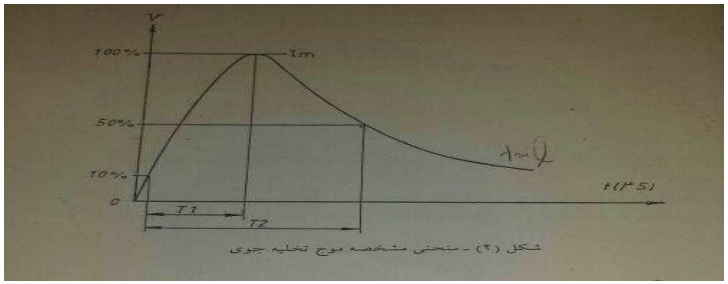
- یشترین آمار اتصال کوتاه در خطوط انتقال نیرو مربوط به اتصال کوتاه تکفاز به زمین می باشد . این اتصال به دلایل مختلف از جمله شرایط طوفانی ، آلودگی مقره ها ، برخورد اجسام خارجی مانند شاخه درختان و پرندگان و غیره اتفاق می افتد . پس از بروز اتصالی جریان اتصال کوتاه از طریق سیم محافظ به زمین منتقل می شود . بنابراین سیم محافظ بایستی توانائی عبور این جریان را داشته باشد . البته برای انتخاب سیم محافظ کل جریان اتصالی در نظر گرفته نمی شود زیرا جریان اتصال کوتاه در طرفین برج و در دو جهت در سیم محافظ جاری می شود . طبق استاندارد 80 (IEEE)درصد جریان اتصال کوتاه در انتخاب سیم محافظ در نظر گرفته می شود . مقطع سیم محافظ برای تحمل این میزان جریان بستگی به زمان تداوم اتصالی دارد . سطح مقطع مناسب سیم محافظ هوائی برای تحمل جریان اتصالی از رابطه ی زیر بدست می آید :

که در آن :

- T: زمان تداوم جریان اتصالی تا عمل کلیدها برحسب ثانیه (معمولاً ۱ تا ۳ ثانیه در نظر گرفته می شود) .
- i: جریان اتصال کوتاه برحسب آمپر .
- A:سطح مقطع سیم محافظ .
- و K:ضریب ثابت می باشد .
- این ضریب بستگی به نوع سیم محافظ دارد و به شرح ذیل می باشد :
- ACSR : K = 85
- فولاد گالوانیزه : K = 49
- فولاد با روکش آلومینیوم : K = 92

۲)جریانهای ناشی از تخلیه جوی (رعد وبرق) و اصابت صاعقه :

- در اینجا ابتدا به پدیده تخلیه جوی مختصراً اشاره ای می کنیم . ابرها در اثر اصطکاک با مولکولهای هوا باردار می شوند این بارها می توانند مثبت ویا منفی باشند معمولاً قسمت فوقانی ابرها دارای بار مثبت و قسمت تحتانی دارای بار منفی هستند بهر حال گردایان ولتاژ در توده ابر متغیر ودر حدود (V/Cm) 50 – 100 می باشد . (بعنوان مثال توده ابر در ارتفاع ۳۰۰۰ متری بطور متوسط پتانسیلی برابر با (kV)000 ، 20دارد .)
- بارها الکتریکی تخلیه شده ابرها با سرعت نور ودر دو جهت حرکت می کنند و جریان موجی را پدید می آورند ودر عوض چند میکرو ثانیه مستهلک می شودند .



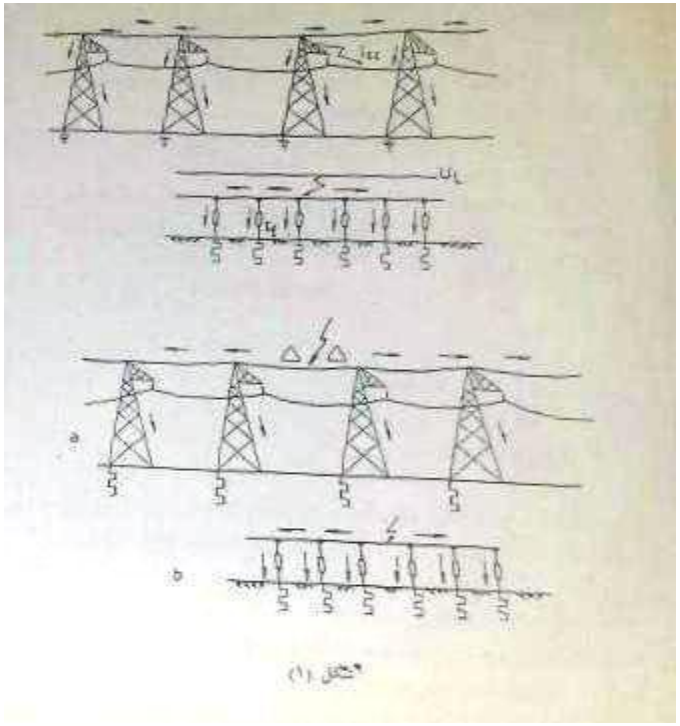
- یکی از موجهای سیموله شده تخلیه ابرها بصورت 1.2 U sec 50 می باشد .

که در آن :

Im: ماکزیمم جریان موجی (بر حسب کیلوآمپر)

T1: زمان پیشانی موج (بر حسب میکرو ثانیه)

و T2: زمان نصف موج (بر حسب میکرو ثانیه) می باشد .



نقطه نظر الکتریکی

- در اثر تخلیه جوی مستقیم بر روی برجها ویا سیمهای هادی ومحافظ هوائی ، یک جریان موجی ظاهر می گردد .جریان تخلیه بطور لحظه ای در فاصله زمانی بسیار کوتاه (چند میکروثانیه) تا مقدار حداکثر خود (معادل ۱۰۰-۱۰ کیلوآمپر) افزایش یافته و سپس بتدریج کاهش می یابد وعبور جریان ناشی از آن موجب القاء ولتاژی درخط می شود که بصورت موج سیار تجلی می یابد سرعت افزایش این ولتاژ موجی تخلیه به حدود ۱۰۰۰ – ۵۰۰ کیلوولت بر میکروثانیه بالغ می گردد به منظور انجام آزمایش و برآورد ایزولاسیون داخلی وخارجی در قبال ولتاژهای موجی قطع و وصل و تخلیه جوی ، ولتاژهای موجی بکار برده می شوند کلیه ولتاژهای موجی استاندارد اعم از تخلیه جوی واضافه ولتاژ ناشی از قطع و وصل کلیدها با زمان پیشانی و زمان نصف موج مشخص می گردند و به ترتیب با T ۱ و T ۲ نشان داده می شوند زمانهای T1 و T2 در استاندارد IEC برای موجهای تخلیه جوی به ترتیب ۲/۱ و۵۰ میکرو ثانیه و برای ولتاژ موجی قطع و وصل ۲۵۰ و۲۵۰۰ میکروثانیه می باشد و این زمانها بصورت زیر تعریف می شوند :
- (T1) زمان پیشانی موج : زمان لازم برای رسیدن از ۱۰ درصد به پیک یا قله موج بر حسب میکروثانیه .
- (T2)زمان نصف موج : زمان لازم برای رسیدن از ۱۰ درصد به نصف مقدار پیک در قسمت انتهایی موج بر حسب میکروثانیه .

- برای محاسبه دامنه بار از روش های مختلفی استفاده می شود.

۱)روش دو نقطه ای:

- در این روش مقدار جریان حلقه و مقطع سیم محافظ با توجه به شرایط جوی ،بارگذاری منطقه ،امپدانس موجی برج و سیم مخافظ هوایی محاسبه می شود.

۲)روش احتمالی:

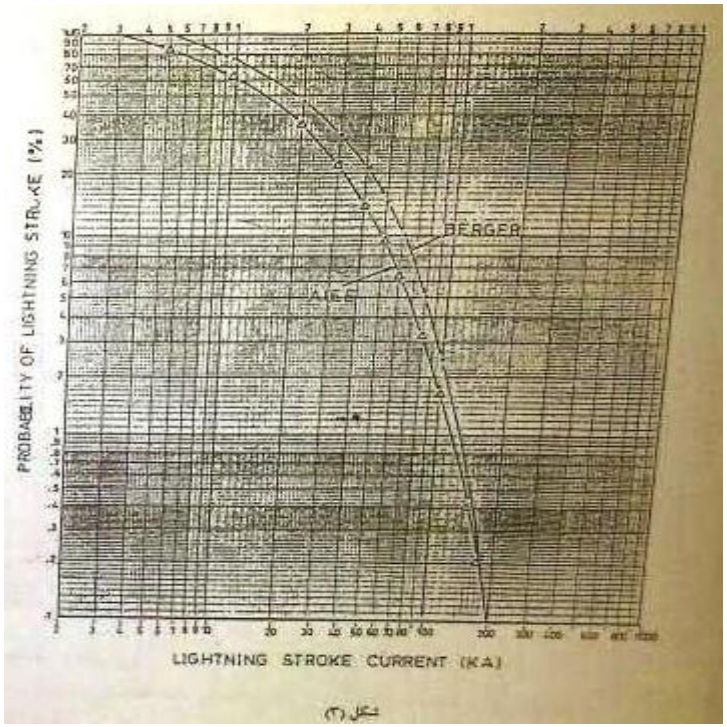
- این روش که نسبتا ساده تر می باشد با داشتن احتمال برخورد صاعقه به برج و یا سیم هوایی مقدار جریان صاعقه را از روی منحنی بدست می اید.ابتدا به کمک رابطه زیر تعداد صاعقه های اصابت شده به خط را محاسبه می کنیم:

$$M = 43\sqrt{\frac{Hmax}{25}}.(IKL/32.5)$$

- *IKL*:تعداد روز های سال که رعد و برق در منطقه وجود دارد
- *Hmax*:ارتفاع ماکزیمم موج

- جرقه ناشی از اصابت صاعقه به برج از فرمول:

$$P=(K\ /\ (M.\acute{P}))\times 100$$



• با استفاده از منحنی (۳)مقدار جریان صاعقه برحسب احتمال p بدست می اید.
با داشتن مقدار جریان صاعقه و در نظر گرفتن زمان انتشار موج مقطع سیم محاسبه می شود.

۲-۲-۷نقطه نظر مکانیکی

• برای انتخاب سیم محافظ مناسب علاوه بر بررسی مشخصات الکتریکی بایستی برسی هائی از نظر مکانیکی نیز بعمل آید . شرایط بارگذاری برای سیم محافظ معمولاً همان شرایط انتخاب شده برای هادی در مناطق مختلف بارگذاری می باشد با این تفاوت که علاوه بر رعایت اطمینان مجاز برای هر حالت خاص بارگذاری ، لازم است حداقل فاصله هوائی و زاویه حفاظت مورد نیاز بین سیم محافظ و هادی در وسط اسپن و در بدترین حالت بارگذاری کنترل شود . معمولاً فلش سیم محافظ را ۸۰ تا ۹۰ درصد فلش سیم فاز در شرایط عادی (E.D.S)می گیرند که اینکار بدلیل رعایت فواصل ایمنی مجاز بین سیم هادی و محافظ داشتن زاویه حفاظت مناسب جهت هادیها و مسئله گالوپینگ می باشد .

نقطه نظر مکانیکی

- برای کنترل فاصله بین هادی و سیم محافظ در وسط اسپن با داشتن کشش سیم محافظ در شرایط عادی (E. D. S)توسط معادله حالت مقدار کشش وفلش را در سایر حالات بارگذاری بدست می آوریم و در هر حالت فاصله سیم فاز از سیم محافظ را با کنترل فلش ها ثابت نگه می داریم این فاصله در وسط اسپن باید حتماً رعایت شود .

- با توجه به بررسی های انجام شده مشاهده گردیده که در طراحی وانتخاب سیم محافظ ، داشتن مقاومت الکتریکی کم مطلوبست تا محافظ فیزیکی خوبی برای سیم فاز باشد . اما از آنجایی که افزایش قطر هادی مزبور سبب گرانی آن می شود بهتر است که با کاهش مقاومت پایه سیم محافظ با قطر کمتری را انتخاب نمود از طرفی توجه به این مطلب ضروری است که تشکیل برف و یخ روی سیم زمین سریعتر بوده واین سیم مقدار ضخامت یخ بیشتری را دارا می باشد .در حالی که بعلت گرم شدن هادیهای اصلی در اثر جریان الکتریکی یخ روی آنها دیرتر تشکیل می شود وزودتر از بین می رود به همین دلیل سیم محافظ هوائی باید حتی الامکان در مقایسه با دیگر هادیهای خط دارای مقاومت مکانیکی بیشتری باشد و برای این منظور از هادیهای فولادی با پوشش آلومینیومی و یا هادیهای آلومینیوم فولادی با استقامت زیاد استفاده می شود . در مناطق آلوده (کنار دریا و مناطق صنعتی) نیز از سیم محافظ فولاد گالوانیزه با روکش آلومینیم که در قبال خوردگی مقاوم هستند استفاده می شود و در نزدیکی نیروگاهها و پستهای فشار قوی جهت داشتن مقاومت کم از سیم هایی که دارای رشته های آلومینیومی (ACSR)با استقامت زیاد هستند استفاده می شود .

- در ایران اغلب از همان مغزی هادیهای خط جهت سیم محافظ هوائی در خطوط انتقال نیرو استفاده می شود .زیرا مقدار جریانی که لازمست از سیم محافظ عبور نماید کمتر از هادیست از طرفی چون بایستی سیم محافظ سخت تر کشیده شود وزن مغزی فولادی از خود هادیها سبکتر بوده وامکان سخت تر کشیدن آن بیشتر است .

- در کشورهای دیگر جهت سیم محافظ هوایی از سیمهای یافته شده (مانند ۷. (No.8و یا سیم گالوانیزه با روکش آلومینیم استفاده شود (در کشور ما نیز برای تعدادی از خطوط مورد استفاده قرار گرفته است)

۳-۷جدول مشخصات

-جدول زیر مشخصات تعدادی از سیمهای استاندارد شده وزارت نیرو را نشان می دهد

مشخصات تعدادی از سیم‌های محافظ هوایی

نوع سیم / مشخصات	فولاد گالوانیزه EHS ـ مفتولی ACSR				فولاد گالوانیزه EHS	فولاد پاروکش آلومینیوم Al-Clad Steel	
	۷×۲/۷۹ مفتولی لینکس	۷×۳/۲۸ مفتولی کاناری	۷×۳/۵۲ مفتولی گرلو	۱۹×۲/۲۱ مفتولی مارتین	۷×۲/۴۸	۱۹×۲/۶۲	(۷×۳/۲۶) 7 No. 8 AWG	(۷×۲/۱۱) 7 No. 8 AWG
قطر خارجی (میلیمتر)	۸/۳۷	۹/۸۲	۱۰/۵۶	۱۲/۰۵	۱۱/۱۱	۱۳/۲۰	۹/۲۸	۱۲/۳۲
سطح مقطع کل (میلیمتر مربع)	۲۲/۷۷	۵۹/۱۱	۴۸/۰۸	۸۶/۴۲	۷۲/۵	۱۰۲	۵۸/۵۴	۹۳/۱۰
وزن واحد طول (کیلوگرم بر متر)	۰/۲۲۵	۰/۲۴۱	۰/۵۲۰	۰/۶۷۸	۰/۵۹۵	۰/۸۲۷	۰/۲۹۰	۰/۴۲
حد گسیختگی (کیلوگرم)	۵۰۵۲۵	۷۰۶۵۰	۸۰۸۱۰	۱۱۰۲۲۰	۹۰۲۲۰	۱۲۰۳۵۰	۷۰۲۲۶	۱۰۰۳۰۰
مدول الاستیک (کیلوگرم بر میلیمتر مربع)	۲۰۰۰۰۰	۲۰۰۰۰۰	۲۰۰۰۰۰	۲۰۰۰۰۰	۱۷۰۰۰۰	۱۹۰۰۰۰	۱۶۰۰۰۰	۱۶۰۰۰۰
ضریب انبساط طولی (بر درجه سانتیگراد)	$۱۱/۵ \times ۱۰^{-۶}$	$۱۱/۵ \times ۱۰^{-۶}$	$۱۱/۵ \times ۱۰^{-۶}$	$۱۱/۵ \times ۱۰^{-۶}$	$۱۱/۵ \times ۱۰^{-۶}$	$۱۱/۵ \times ۱۰^{-۶}$	۱۳×۱۰^{-۶}	۱۳×۱۰^{-۶}
مقاومت الکتریکی در ۲۰°C (اهم بر کیلومتر)	۲/۱۸۰	۲/۲۲۰	۲/۸۱۲	۲/۲۱۲	۲/۸۰۵	۲/۰۱۰	۱/۴۴۲	۰/۹۲
استاندارد ساخت	ASTM- B498	ASTM- B498	ASTM- B498	ASTM- B498	ASTM- B363	—	B400 - ASTM	B416- ASTM
مقاومت مخصوص متوسط در ۲۰°C (اهم ـ سانتی متر) (ρ)	$۱۹/۱۵۷ \times ۱۰^{-۶}$				$۲۰/۹ \times ۱۰^{-۶}$		$۸/۵۷ \times ۱۰^{-۶}$	
وزن مخصوص ـ متوسط (گرم بر سانتیمتر مکعب) (D)	۷/۷۸				۷/۸۲		۳/۵۹	
ضریب درجه حرارت مقاومت (α) (بر سانتیگراد)	۰/۰۰۳۱				۰/۰۰۳۱		۰/۰۰۲۲	

۴-۷شیلد وایر (*SHIELD WIRE*)

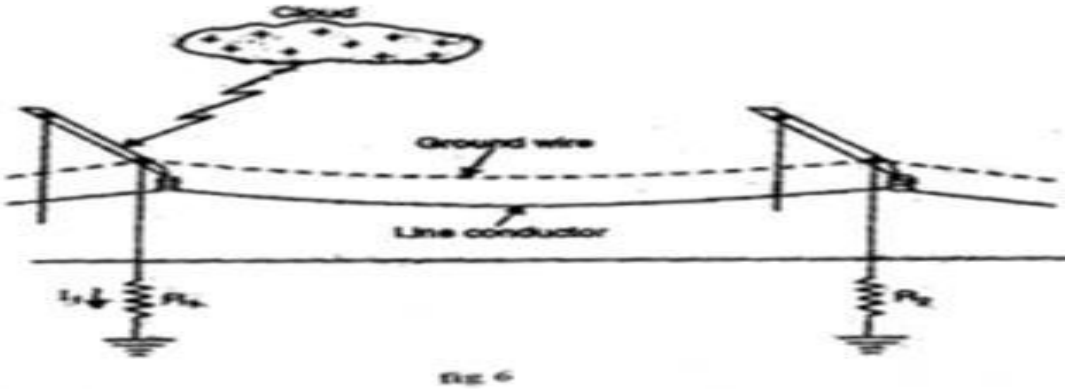
معرفی

• شیلدوایرها یا سیم‌های گارد در خطوط انتقال هوایی استفاده می‌شوند.شیلدوایر از نظر ظاهری مشابه مغزی هادی‌های *ACSR* بوده و ساختاری شامل ۷، ۱۹، ۳۷ رشته سیم فولادی گالوانیزه از کلاس‌های *A, B* و *C* و یا سیم فولادی *AW* را دارا می‌باشد که حول یکی از سیم‌ها بصورت هم مرکز بافته شده‌اند.
در شیلدوایرها جهت پیچیده شدن سیم‌ها در لایه خارجی چپگرد می‌باشد.
شیلدوایرها مطابق با الزامات استاندارد *ASTM B498, ASTM B415, ASTM B416* تولید می‌گردند.

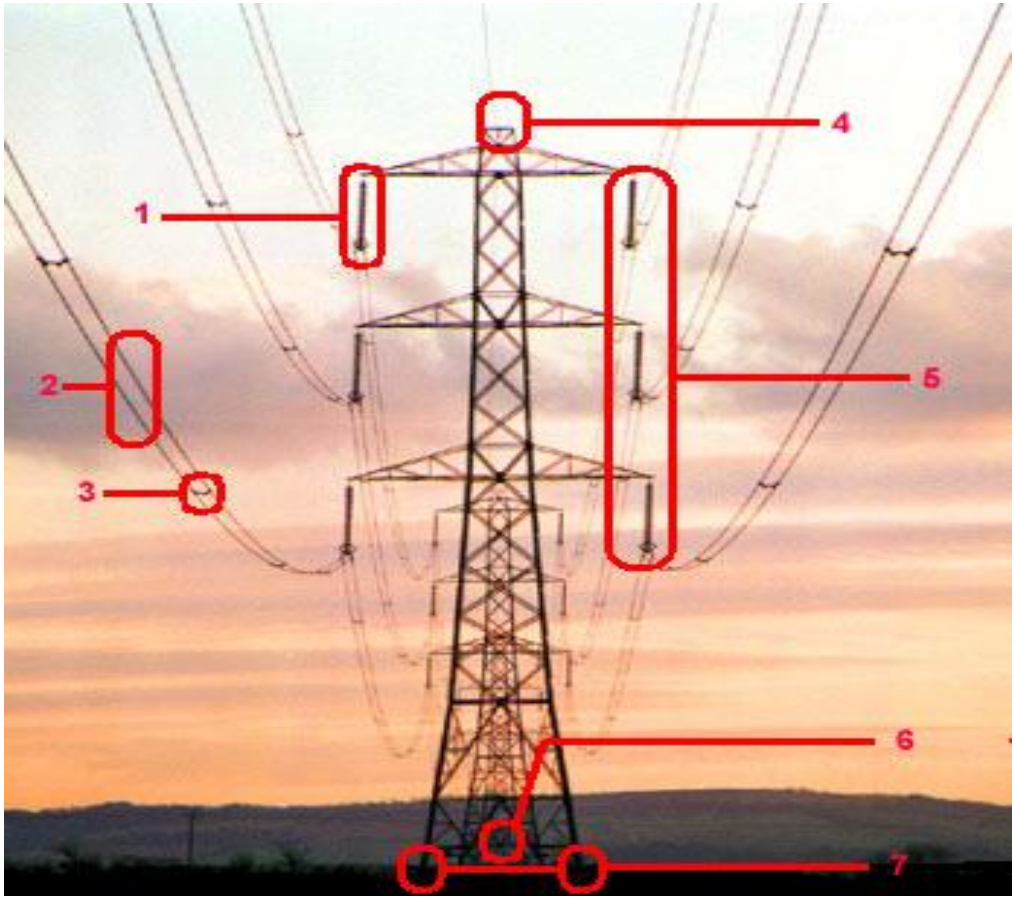
شیلد وایر (SHIELD WIRE)

کاربرد

- شیلدوایر به منظور به حداقل رساندن احتمال برخورد صاعقه به هادی‌های فاز حامل جریان الکتریکی و جریان‌های اتصال کوتاه از بالاترین نقطه‌دکل به زمین متصل می‌گردد.
- در خطوط با ولتاژ بالا (*HV*) می‌توان از دو شیلدوایر استفاده نمود.
- در خطوط انتقال می‌توان از کابل *OPGW* استفاده نمود تا علاوه بر برقراری ارتباط ، نقش شیلدوایر را نیز ایفا نماید.



۵-۷ساختمان یک خط انتقال نمونه



ساختمان یک خط انتقال نمونه

- ۱-زنجیر مقره: تعداد زنجیر مقره تا حدودی مشخص کننده سطح ولتاژ خط انتقال می باشد.(هر مقره حدود ۹ تا ۱۳ کیلو ولت را تحمل میکند)برای مثال اگر تعداد مقره در هر فاز ۲ عدد باشد در این صورت خط انتقال ۲۰ کیلو ولت است.اگر تعداد مقره ۵ عدد باشد در این صورت خط انتقال ۶۳ کیلو ولت است.

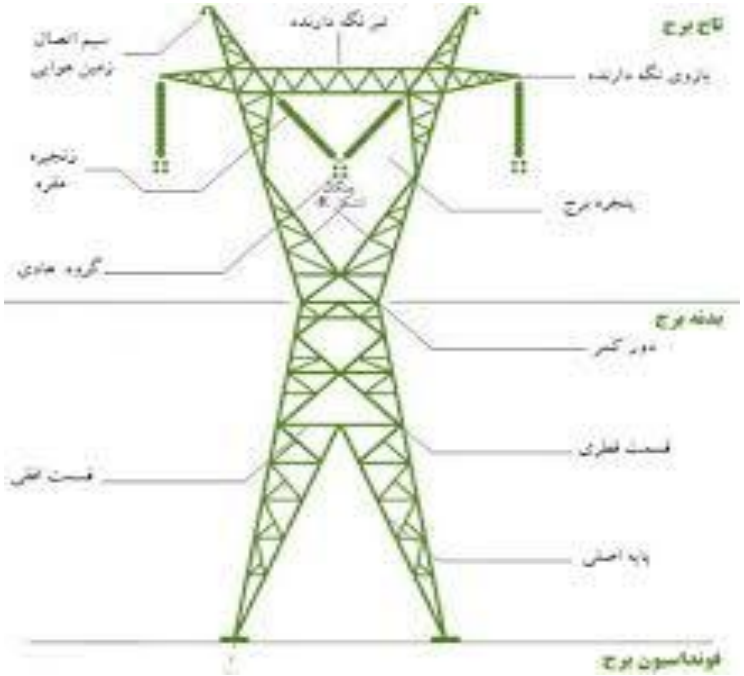
ولتاژ خط انتقالنیروی الکتریکی در نیروگاه ها ۱۳۸۰۰ ولت تا ۲۴۰۰۰ ولت تولید می شود . یک ایستگاه ترانسفورماتور افزاینده بعد از نیروگاه ولتاژ را تقویت می کند تا با بازده بالا انتقال یابد . ولتاژهای تولیدی در نیروگاه تا ولتاژهای معمول خط انتقال یعنی ۱۲۳۰۰۰ ولت ، ۲۳۰۰۰۰ ولت ، ۴۰۰۰۰۰ ولت ، ۵۰۰۰۰۰ولت و ۷۶۵۰۰۰ ولت افزایش می یابد . به عنوان یک قاعدهٔ کلی ، اگر ولتاژ ۲ برابر گردد انرژیی که میتوان انتقال داد بدون افزایش تلفات خط ، چهار برابر می شود.

- ۲- باندل ۲ سیمه((در برخی موارد ۴ سیمه)):در خطوطی که سطح ولتاژ آن بالاست برای کاهش تلفات کرونا و مسایل دیگر خط انتقال را به صورت باندل احداث میکنند.در خطوط فشار قوی (*EHV*) مانند مدارهای ۵۰۰ کیلو ولت از هادی های باندل که ۲ ، ۳ یا ۴ هادی به وسیله اسپیسر دمپر به یک دیگر متصل می گردند استفاده می شود باندل نمودن هادی ها باعث جلوگیری از مشکلات ولتاژ فشار قوی می گردد . در هر صورت ظرفیت افزایش یافته هادی علاوه بر ولتاژفشار قوی اجازه می دهد یک خط ۵۰۰ کیلو ولت تک مداره تا معادل ۸ مدار ۲۳۰ کیلو ولت انرژی حمل نماید.

- ۳- جدا نگهدارنده دو سیم از هم: این مورد فقط برای خطوط باندل استفاده میشود.(از جنس هادی)

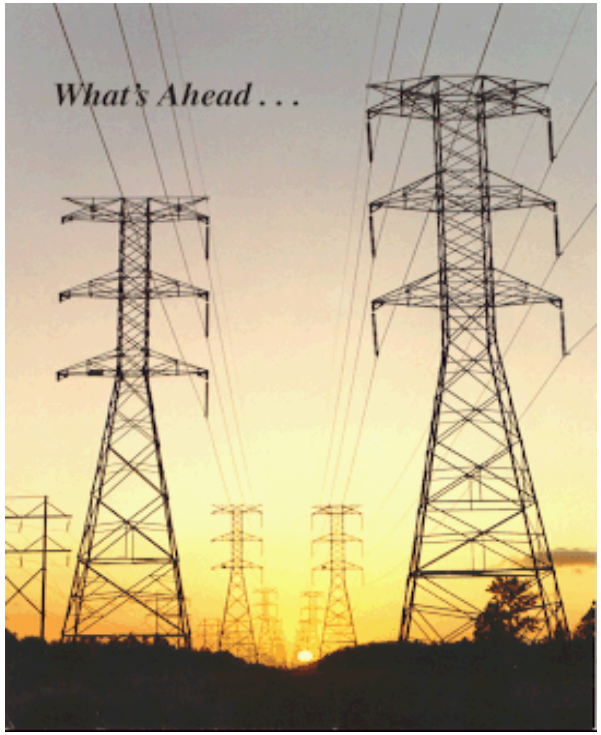
ساختمان یک خط انتقال نمونه

- ۴- سیم گارد یا سیم ارت(زمین) : برای انتقال صاعقه به زمین استفاده میشود.
- ۵- سه دسته سیم در یک طرف دکل: نشان دهنده ۳ فاز بودن خط انتقال برق است.(در این مورد خط انتقال دو مداره است)
- ۶- صفحه مشخصات خط انتقال : صفحه ای که نشان دهنده مشخصات دکل و همچنین هشدار دهنده در مورد خطرات ناشی از برق.
- ۷- سیم خاردار : برای جلوگیری از بالا رفتن غیر مجاز.



۶-۷سیم گارد

سیم گارد چیست؟
سیم گارد یعنی سیم نگهبان.
یعنی وقتی صاعقه می خواد به دکل اصابت کنه و به سیم انتقال نیرو بخوره، به جاش به گارد می خوره و به زمین منتقل میشه.
چون اگه به خود سیم برق بخوره میزنه تمام ادوات انتقال رو میسوزونه!!



-یک **دکل دو مداره** رو نشون میده.

کلاً ۸ تا سیم از رو دکل می گذره. ۴ تا این ور ۴ تا اون ور

۶ تا از این ۸ تا ضخیم ترن در واقع سیم انتقال نیرو هستند.

دو تا سه فاز میشه ۶ تا سیم.

یعنی یک مدار سه فازه یه ور دکل، یه مدار سه فازه هم اون ور دکل.

اون بالای بالا اگه دقت کنی یه سیم نازک تر هست که سیم گارده.

افتاد؟

این دکل روبرو مال انتقاله یعنی ولتاژ های خیلی بالا ۳۰۰-۴۰۰ کیلو ولت.

سیم گارد

–عکس پایین دکل توزیعه که فقط سه فاز داره و یک مداره است

۷-۷کلیپ ویدیوئی

–در کلیپ زیر تعویض و تنظیم دمپر در سیم گارد روی خط فشار قوی انتقال اطراف تهران نزدیک کردان، را می توانید مشاهده کنید. در این کلیپ، سختی کار بر روی خطوط انتقال دیده می شود.

کلیپ ویدیوئی