

خط انتقال

مقدمه

انرژی الکتریکی یکی از انرژی‌هایی با مزایای خوب می‌باشد که از محل تولید تا مصرف راندمان بالایی دارد و به راحتی قابل تبدیل به دیگر انرژی‌ها می‌باشد
روش های تولید انرژی الکتریکی

1) سیم پیچ (هادی) و میدان مغناطیسی و حرکت بین هادی و میدان ، باعث تولید انرژی الکتریکی در دو سر سیم میشود

ساخت سیم پیچ و میدان ساده ولی تولید حرکت در هر یک از این موارد ذیل پیچیدگی‌هایی دارد (مثل نحوه ایجاد حرکت در: دینام خودرو (باسوخت بنرین، گازوئیل، گاز) - دینام دوچرخه- ژنراتورهای دیزلی - توربین‌های نیروگاه فسیلی (گاز گازوئیل) - توربین بخار- انرژی هسته‌ای- توربین بادی- توربین آبی - و ...)

2) تولید برق با استفاده از انرژی خورشید (تابش خورشید به صفحاتی با مواد مخصوص)

3) تولید برق با استفاده از فعل و انفعال شیمیایی (باتری)

4) تولید برق در ترموکوپل (حرارت به محل اتصال دو فلز غیر همنام)

5) تولید برق با کریستال پیزو الکتریک (ولتاژ زیاد و لحظه‌ای)

6) ...

از بین روشهای فوق سه روش اول بیشترین کاربرد در زندگی بشر داشته است و روش اول تاکنون بیشترین استفاده را در تامین برق مصرف کنندگان داشته است

با توجه به عدم تمرکز مصرف کنندگان و تلفات انرژی از تولید تا مصرف، نیاز به تولید برق در حوالی شهرها و جنب صنایع بزرگ به روش اول مطرح میگردد تا انتقال برق بنحویکه کمترین تلفات را داشته باشد مقرون به صرفه باشد، تا انرژی تولید شده و به مصرف کننده تحویل گردد.

برای کم کردن تلفات خط ، کاهش مقاومت سیم انتقال دهنده برق و بزرگ کردن سطح مقطع سیم و کاهش طول سیم و کاهش جریان در طول خط انتقال مطرح میشود برای نیل به این اهداف، نیاز به احداث ایستگاه برق افزاینده ولتاژ جنب نیروگاه و کاهنده ولتاژ جنب مصرف کننده و نیاز به خط انتقال برق با ولتاژ بالا میباشد. ولتاژ بالا در ایستگاه برق نیاز به تجهیزات گرانشیمت ترانسفورماتور و کلید و تجهیزات اندازه گیری و حفاظتی دارد ولتاژ بالا در خط انتقال نیاز به طراحی و ابزار و وسائل خاص دارد.

$$P = V.I = ZI^2 \cong RI^2 = p \frac{L}{A} * I^2$$

در این جزوه به بررسی خط انتقال میپردازیم.

خطوط انتقال

برای تامین برق مشترکین، تمایل بر این است که نیروگاه نزدیک به مراکز مصرف باشد اما مشکلاتی از جمله آلاینده‌گی نیروگاه‌ها و پراکندگی جمعیت عملاً ما را مجبور به این میکند که از محل نیروگاه تا مصرف خط انتقال برق احداث کنیم.

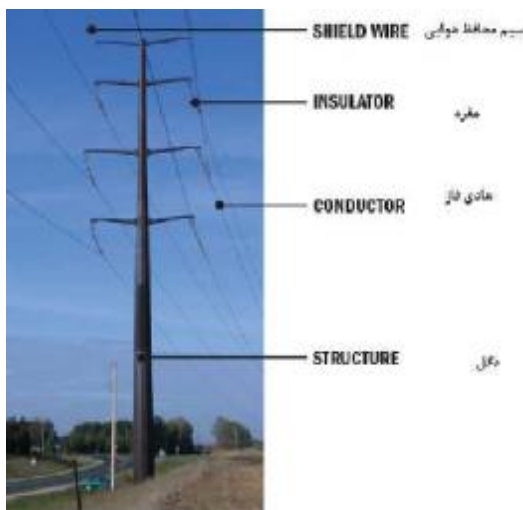
دلایل احداث خط انتقال

- 1) انتقال انرژی الکتریکی از تولید در نیروگاه به مصرف کننده
- 2) برق رسانی به مناطق دور دست
- 3) ارتباط دو منطقه با پیک بار غیرهمزمان (فارس پیک بار ساعت 21 – بوشهر پیک بار ساعت 15)
- 4) افزایش قابلیت اعتماد سیستم
- 5) کاهش تلفات انرژی الکتریکی از محل تولید تا محل مصرف

طراحی مشخصات خط انتقال مورد نیاز

- پس از مطالعات اقتصادی و فنی و بعضاً هم مسائل سیاسی، بایستی مشخصات خطوط انتقال طرح گردد
- 1) مبدا و مقصد تغذیه خط کجاست (هرچند یک خط ممکن است در بعضی فصول سال در یک جهت و در بعضی فصول در جهت دیگر جریان انرژی را منتقل کند)
 - 2) ولتاژ خط (مقدار ولتاژ)
 - 3) نوع ولتاژ AC یا DC
 - 4) تعداد مدار و تعداد باندل
 - 5) تعیین سطح مقطع هادی

اجزاء خطوط انتقال



اجزاء خط انتقال نیرو

- 1) دکل
- 2) سیمهای هادی در فازها
- 3) سیم گارد یا محافظ هوایی (ممکن است شامل فیبر نوری هم باشد)
- 4) مقره
- 5) پراق آلات
- 6) سیستم زمین

سطوح ولتاژهای شبکه و فرکانس در ایران

	400KV	230KV	ولتاژ انتقال
132KV	66KV	63KV	ولتاژ فوق توزیع
33KV	20KV	11KV	ولتاژ توزیع (فشار متوسط)
	380V	220V	ولتاژ توزیع (فشار ضعیف)

فرکانس شبکه ایران 50HZ هرترز است

نوع ولتاژ

انتقال برق عمدتاً با بصورت AC میباشد و بصورت DC برای خطوط بلند انتقال (مثلاً بین کشوری) میباشد چون فعلاً انتقال برق بصورت DC در ایران نداریم از ذکر مشخصات تجهیزات خط انتقال DC صرفنظر میشود

احداث خط انتقال از نظر نوع

خط هوایی Over Head Transmission Line

کابل زیر زمینی Under Ground Cable

انتخاب هادی

قیمت کم و وزن کم و قابلیت حمل جریان بیشتر (مقاومت الکتریکی کم یا کم بودن مقاومت) و مقاومت مکانیکی خوب (بالا)، قابلیت انعطاف (رشته رشته ساختن بطوریکه رشته رشته و پاره نشود)، قابلیت حمل و نقل قرقه هادی، کاهش خوردگی، کاهش آلودگی زیست محیطی (ترجیحاً کابل زمینی) در انتخاب هادی نقش اساسی دارد.

انواع هادی از نظر جنس

مس - آلومینیم - آهن - آلیاژ ترکیبی

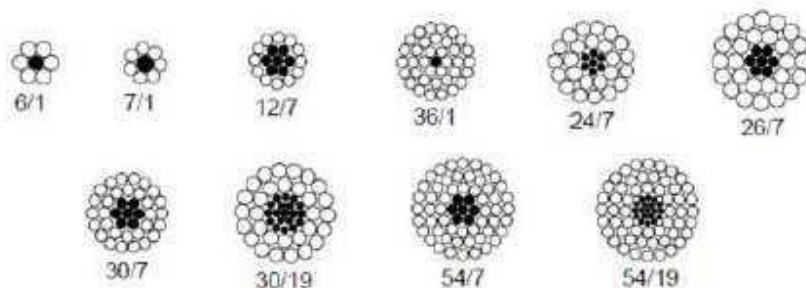
هادی GS گالوانیزه استیل (ترکیبی از آلومینیم + فولاد)

هادی AS فولاد با روکش آلومینیم (بصورت حرارتی)

هادی AW فولاد با روکش آلومینیم (بصورت پودر)

هادی AZ فولاد با روکش آلومینیم

هادیهای ACSR/GS آلومینیومی تقویت شده با مغزی فولاد (بیشتر خطوط انتقال ایران)



هادیهای AAAC بر خلاف دیگر هادیها در این نوع هادیها تنها از آلیاژ مقاوم آلومینیوم ساخته می شوند در هر صورت مقاومت مکانیکی آن کم و هدایت آن بسیار خوب است
هادیهای TACSR هادی با تحمل حرارت زیاد 90 درجه سانتیگراد (هادی پر ظرفیت)
هادیهای مسی که در خطوط توزیع کاربرد دارد

نام و مشخصات هادی های خط انتقال مورد استفاده در ایران

نام هادی ها بعضا نام حیوانات میباشد

مقطع هادی	کد هادی
35 mm ²	Fox
60 mm ²	Mink
100 mm ²	Dog
266.8 KCM	Partridge
175 mm ²	Lynx
336 KCM	Oriole
477 KCM	Hawk
795 KCM	Drake
900 KCM	Canary
954 KCM	Cardinal
1033 KCM	Curlew
1351 KCM	Martin

دو نمونه جدول مشخصات هادی خط انتقال

Electrical characteristics of bare aluminum conductors steel-reinforced (ACSR)*

					Resistance				Reactance per conductor 1-ft spacing, 60 Hz	
						Ac, 60 Hz				
Code word	Aluminum area, cmil	Stranding Al/St	Layers of aluminum	Outside diameter, in	Dc, 20°C, Ω/1,000ft	20°C, Ω/mi	50°C, Ω/mi	GMR D _s ft	Inductive X _a , Ω/mi	Capacitive X _a ¹ , MΩ.mi
Waxwing	266.800	18/1	2	0,609	0,0646	0,3488	0,3831	0,0198	0,476	0,1090
Partridge	266.800	26/7	2	0,642	0,0640	0,3452	0,3792	0,0217	0,465	0,1074
Ostrich	300.000	26/7	2	0,680	0,0569	0,3070	0,3372	0,0229	0,458	0,1057
Merlin	336.400	18/1	2	0,684	0,0512	0,2767	0,3037	0,0222	0,462	0,1055
Linnet	336.400	26/7	2	0,721	0,0507	0,2737	0,3006	0,0243	0,451	0,1040
Oriole	336.400	30/7	2	0,741	0,0504	0,2719	0,2987	0,0255	0,445	0,1032
Chickadee	397.500	18/1	2	0,743	0,0433	0,2342	0,2572	0,0241	0,452	0,1031
Ibis	397.500	26/7	2	0,783	0,0430	0,2323	0,2551	0,0264	0,441	0,1015
Pelican	477.000	18/1	2	0,814	0,0361	0,1957	0,2148	0,0264	0,441	0,1004
Flicker	477.000	24/7	2	0,846	0,0359	0,1943	0,2134	0,0284	0,432	0,0992
Hawk	477.000	26/7	2	0,858	0,0357	0,1931	0,2120	0,0289	0,430	0,0988
Hen	477.000	30/7	2	0,883	0,0355	0,1919	0,2107	0,0304	0,424	0,0980
Osprey	556.500	18/1	2	0,879	0,0309	0,1679	0,1843	0,0284	0,432	0,0981
Parakeet	556.500	24/7	2	0,914	0,0308	0,1669	0,1832	0,0306	0,423	0,0969
Dove	556.500	26/7	2	0,927	0,0307	0,1663	0,1826	0,0314	0,420	0,0965
Rook	636.000	24/7	2	0,977	0,0269	0,1461	0,1603	0,0327	0,415	0,0950
Grosbeak	636.000	26/7	2	0,990	0,0268	0,1454	0,1596	0,0335	0,412	0,0946
Drake	795.000	26/7	2	1,108	0,0215	0,1172	0,1284	0,0373	0,399	0,0912
Tern	795.000	45/7	3	1,063	0,0217	0,1188	0,1302	0,0352	0,406	0,0925
Rail	954.000	45/7	3	1,165	0,0181	0,0997	0,1092	0,0386	0,395	0,0897
Cardinal	954.000	54/7	3	1,196	0,0180	0,0988	0,1082	0,0402	0,390	0,0880
Ortolan	1.033.500	45/7	3	1,213	0,0167	0,0924	0,1011	0,0402	0,390	0,0885
Bluejay	1.113.000	45/7	3	1,259	0,0155	0,0861	0,0941	0,0415	0,386	0,0874
Finch	1.113.000	54/19	3	1,293	0,0155	0,0856	0,0937	0,0436	0,380	0,0866
Bittern	1.272.000	45/7	3	1,345	0,0136	0,0762	0,0832	0,0444	0,378	0,0855
Pheasant	1.272.000	54/19	3	1,382	0,0135	0,0751	0,0821	0,0466	0,372	0,0847
Bobolink	1.431.000	45/7	3	1,427	0,0121	0,0684	0,0746	0,0470	0,371	0,0837
Plover	1.431.000	54/19	3	1,465	0,0120	0,0673	0,0735	0,0494	0,365	0,0829
Lapwing	1.590.000	45/7	3	1,502	0,0109	0,0623	0,0678	0,0498	0,364	0,0822
Falcon	1.590.000	54/19	3	1,545	0,0108	0,0612	0,0667	0,0523	0,358	0,0814
Bluebird	2.156.000	84/19	4	1,762	0,0080	0,0476	0,0515	0,0586	0,344	0,0776

Code name	AL/No	Al wire diameter (mm)	St/No	St wire diameter (mm)	Overall diameter (mm)	Cross section (mm ²)	Linear weight (kg/km)	Unpacking load (kg)	R _{ac} (ohm.km)		R _{sc} (ohm.km)		Capacity at 10° temp. μF/km	Capacity at Max temp. μF/km
									25degree C	75degree C	25degree C	75degree C		
FLICKER	24	3.58	7	2.39	21.84	272.93	915	1117	0.11760	0.12070	0.14826	0.15136	545	547
HAWK	26	3.44	7	2.68	21.8	281.13	978	1045	0.11702	0.12067	0.14810	0.15120	550	545
HEN	30	3.20	7	3.20	22.4	297.63	1110	10720	0.11628	0.12068	0.14804	0.15114	518	512
OSPREY	10	4.47	1	4.47	22.35	280.16	901	8218	0.10122	0.10430	0.12830	0.13138	723	639
PARAKEET	24	3.87	7	2.68	23.22	318.89	1069	1004	0.10088	0.10845	0.12748	0.13505	714	659
DOVE	26	3.72	7	2.89	23.16	310.49	1102	10311	0.10008	0.10827	0.12726	0.13483	719	638
EAGLE	30	3.46	7	3.46	24.22	347.83	1296	12539	0.09046	0.10721	0.12800	0.14475	723	609
PEACOCK	24	4.03	7	2.68	24.19	340.91	1160	9777	0.08610	0.09476	0.11827	0.12693	711	620

مشخصه های عمده هادیها عبارتند از:

- مقطع هادی
- قطر هادی
- وزن واحد هادی
- مقاومت مکانیکی هادی
- مقاومت الکتریکی هادی
- طول خط

انواع خطوط انتقال از نظر طول:

- 1- خط کوتاه $Km\ 80 > L$
- 2- خط متوسط $L > 80km$
- 3- خط بلند $Km\ 240 < L$

مشخصات الکتریکی خطوط انتقال نیرو:

- 1- مقاومت الکتریکی هادی ها
- 2- راکتانس سلفی (XL)
- 3- راکتانس خازنی
- 4- ولتاژنامی
- 5- جریان نامی (In)
- 6- سوسپیتانس $(B=1/XC)$
- 7- امپدانس موجی (ZI)
- 8- قدرت طبیعی خط (SIL)

شیلد وایر ها یا سیم های گارد

در خطوط انتقال هوایی استفاده می شوند. شیلد وایر از نظر ظاهری شبیه ACSR میباشد. در طراحی فیبر نوری در صنعت برق (OPGW) تارهای فیبرنوری در هادی گارد حفظ میشود. شیلد وایر به منظور به حداقل رساندن احتمال برخورد صاعقه به هادیهای فاز حامل جریان الکتریکی و جریان های اتصال کوتاه از بالاترین نقطه دکل به زمین متصل میگردد. در خطوط با ولتاژ بالا از دو شیلد وایر استفاده میشود.

نیروهای مکانیکی وارد بر خط انتقال نیرو:

- وزن هادی ها
- وزن یخ
- نیروی باد

دکل (TOWER):



وظیفه نگهداری هادی ها در فاصله معینی از زمین بر عهده دکل ها می باشد که دکل ها باید قادر باشند در بدترین شرایط محیطی و جوی نیروهای مکانیکی وارد بر خود را تحمل نمایند.

دکل انتهایی (Dead End):

بعنوان مثال یکی دکلها، با نام دکل انتهایی در انتهای خط انتقال یا مناطق خاص مورد استفاده می گردد. باتوجه به

اینکه نیروهای وارد بر این نوع دکل ها یکطرفه می باشد در نتیجه وزن آنها نیز سیگین تر است. نصب زنجیره مقرر در این نوع دکل ها باید به صورت کششی باشد.

گنتری:

گنتری نوعی استراکچر فلزی دروازه ای شکل است که برای ارتباط الکتریکی تجهیزات مختلف به ویژه ارتباط خط با پست مورد استفاده قرار می گیرد.

مشخصات دکل ها

دارای تحمل کافی در مقابل نیروهای مکانیکی باشند
دارای وزن مناسب باشند
هزینه های تعمیرات آنها کم باشد
دارای ظاهری مناسب با توجه به محل نصب باشند
از نظر حمل و نقل مناسب باشند
از نظر فنی و اقتصادی مناسب باشند

تیرهای چوبی

پایه های چوبی انعطاف پذیری خوبی در مقابل شرایط محیطی دارند اما برای افزایش مقاومت مکانیکی آنها و کاهش بارهای وارده بر هر تیر می توان با استفاده از نوع H تحمل را افزایش داد



مزایا

انعطاف پذیری در مقابل تغییرات درجه حرارت محیط
ارزانی و آماده بودن
پایین بودن وزن آنها در مقایسه با سایر انواع پایه ها
هزینه کمتر برای حمل و نصب
نیاز به فونداسیون کمتر و ارزانتر
دارا بودن خاصیت عایقی

معایب

عمر کمتر در مقایسه با سایر انواع برجها
تحمل کمتر در مقابل بار مکانیکی
عدم امکان استفاده در اسپن های طولانی
ضعیف بودن در مقابل آتش سوزی
محدودیت ارتفاع
احتمال شکستن پایه ها در مناطقی با اضافه بارهای
ناشی از باد و یخ

تیرهای بتونی

تیرهای ساخته شده از بتون مسلح یکی دیگر از انواع تیرهایی هستند که در سطوح ولتاژ مختلف حتی در سطح ولتاژ 230 کیلوولت نیز مورد استفاده قرار می گیرند.



مزایا و معایب این نوع تیرها را می توان بشرح زیر دسته بندی نمود.

مزایا

دارای مقاومت مکانیکی نسبی بالا
دارای عمر نسبی بالا بویژه در مناطق با آلودگی و
رطوبت کم
امکان تهیه و ساخت آن در داخل کشور
امکان استفاده آنها در اسپن های متوسط
پهنای کم در مقایسه با برجهای فولادی

معایب

وزن آنها زیاد است
هزینه حمل و نقل آنها بیشتر است
عدم امکان نصب آنها در بعضی مناطق بدلیل
محدودیت حمل
در مقایسه با پایه های چوبی هزینه های نصب آنها
بالا است
در مقایسه با پایه های چوبی نیاز به فونداسیون
بیشتری دارند

محدودیت ارتفاع بدلیل محدود نگهداشتن وزن

در مناطق خورنده احتمال خوردگی و تخریب بتون و میل گرد داخل آن وجود دارد

تیرهای فولادی (تلسکوپی)

دکل های تلسکوپی دارای یک ساختمان لوله ای شکل می باشند که به دلیل ارتفاع زیاد پایه ها حمل و نقل آنها بصورت یکپارچه دشوار و غالبا "غیر ممکن است. از این رو پایه های بلند معمولا" به چند قطعه طولی تقسیم می شوند. هر قطعه بصورت جداگانه ساخته شده و پس از حمل به محل مورد نظر روی هم سوار می شوند.



با توجه به شیب دار بودن بدنه پایه و کاهش قطر آن در ارتفاع ، استقرار قطعات در داخل یکدیگر با اصطکاک بین سطح خارجی قطعه پایینی و سطح داخلی قطعه بالایی همراه بوده که انتقال تنش ها در ناحیه اتصال دو قطعه به کمک این اصطکاک انجام می شود . وجه تسمیه این پایه ها به دلیل وجود این نوع اتصال ، به لوله تلسکوپ شباهت دارد. دلایل اصلی استفاده از دکل های تلسکوپی، سطح مقطع کم در فونداسیون و در عین حال توانایی آنها در تحمل نیروهای زیاد می باشد. همانند سایر تیرها، دکل های تلسکوپی نیز دارای مزایا و معایبی بشرح زیر می باشند.

مزایا

پذیرش نیروهای مکانیکی بیشتر
دارا بودن عمر بیشتر
امکان نصب آسانتر
دارای زیبایی ظاهری بیشتر
دارای پهنای کمتر
جای کمتری را در زمین اشغال می کند

امکان استفاده آنها در سطوح مختلف ولتاژ
امکان بکارگیری آنها در اسپن های متوسط
نیاز به فونداسیون کمتر

معایب

قیمت نسبی بیشتر
امکان خورده شدن و زنگ زدگی در محیط های آلوده

برج های فولادی (مشبک)

این نوع برجها برای خطوط انتقال ولتاژ بالا و با اسپن های طولانی مورد استفاده قرار میگیرند. بهره گیری از این نوع برجها در شرایط بار مکانیکی متفاوت و امکان ساخت و احداث آنها برای خطوط باندل و چند مداره از دیگر خصوصیات مطلوب آنها می باشد .



مزایا و معایب این نوع برجها را می توان بصورت زیر دسته بندی نمود.

مزایا

امکان استفاده در اسپن های بلند و خیلی بلند
تقلیل آثار سوء برخورد صاعقه با برجها
انعطاف پذیری آنها در مقابل نیروهای مکانیکی
سهولت حمل و نقل
سهولت مونتاژ و نصب آنها در شرایط منطقه
امکان ساخت آنها با ارتفاع های مختلف
دارا بودن عمر طولانی تر
سهولت تعمیرات و جایگزینی قطعات

معایب

نیاز به فونداسیون بیشتر
نیاز به مواد اولیه و مصالح بیشتر
پهنای بیشتر در مقایسه با سایر پایه ها
افزایش زمان نصب
امکان جدا شدن و جدا کردن نبشی ها
امکان تقلیل مقاومت مکانیکی آن در اثر نادرست
بستن پیچ و مهره ها
امکان خورده شدن یا زنگ زدگی آن در محیط های
خورنده
نیاز به تعمیرات و سرویس بیشتر

فونداسیون

با توجه به نوع و شرایط دکل فونداسیون خاصی باید طراحی شود که در اینجا فرصت توضیح نیست



تجهیزات سیم کشی

برای نصب سیم (هادی) روی دکل و بین دکل ها تجهیزات خاصی مورد نیاز میباشد که در اینجا مجال توضیح نیست



آرایش فازها

نحوه قرار گیری سه فاز نسبت بیکدیگر و بسطی افق

آرایش افقی فازها

برخی از ویژگیهای این نوع برجها عبارتند از:

- پهنای برجها زیاد است
- نیاز به حریم بیشتری دارد
- در مناطق بادخیز که نوسانات هادیها بیشتر است لازم است فاصله فازها از یکدیگر افزایش یابند
- در صورت پاره شدن هادی یک فاز صدمه کمتری به فازهای دیگر وارد می شود
- ارتفاع نسبی برج در مقایسه با آرایش عمودی کمتر است



آرایش عمودی فازها

در این نوع برجها هادیها بصورت عمودی جایگذاری می شوند و بهمین دلیل بنام نوع عمودی نامگذاری شده اند. برخی از ویژگیهای این نوع برجها عبارتند از:



- پهنای برجها تقلیل می یابد
- در یک شرایط مشخص حریم مجموع تقلیل می یابد
- در مقایسه با آرایش افقی، ارتفاع این نوع برجها بیشتر است
- اگر یکی از هادیها دچار پارگی شود باعث تخریب فازهای پایینی می گردد
- تعمیرات خط گرم در مقایسه با حالت آرایش افقی مشکلتر است
- در مناطق برفگیر یا بادگیر در اثر جهش هادیها به بالا) در اثر جدا شدن یخ از هادی (سبب می شود تا فاصله عمودی فازها افزایش یابد

در حالت کلی و در مواقعی که هدف کاهش پهنای باند عبور خطوط انتقال نیرو باشد ، مناسب می باشند

آرایش نامتقارن فازها



آرایش هادیها یا فازها در روی دکل ها همواره متقارن نمی باشند و گاهی ممکن است در جهت کاهش عرض باند عبور ، از اشکال مختلفی استفاده گردد. در این نوع دکل ها ممکن است فازها در یک طرف برجها قرار گیرند تا فواصل افقی فازها و در نتیجه عرض باند عبور به حداقل ممکن کاهش یابد . از اشکال عمده این نوع از خطوط انتقال ، افزایش درجه نامتقارنی بارهای مکانیکی در روی دکل ها است و همین عامل سبب می شود که تنها در موارد خاص از آنها استفاده گردد.

انواع برج ها

برجهای مورد استفاده در خطوط انتقال نیرو ممکن است میانی (آویزی) - زاویه ای - انتهایی - باشند .

برج آویزی (میانی) :

برجهای میانی با توجه به اینکه در مسیر های مستقیم مورد استفاده قرار میگیرند نیروی کمی به برج وارد میشود



برج زاویه :

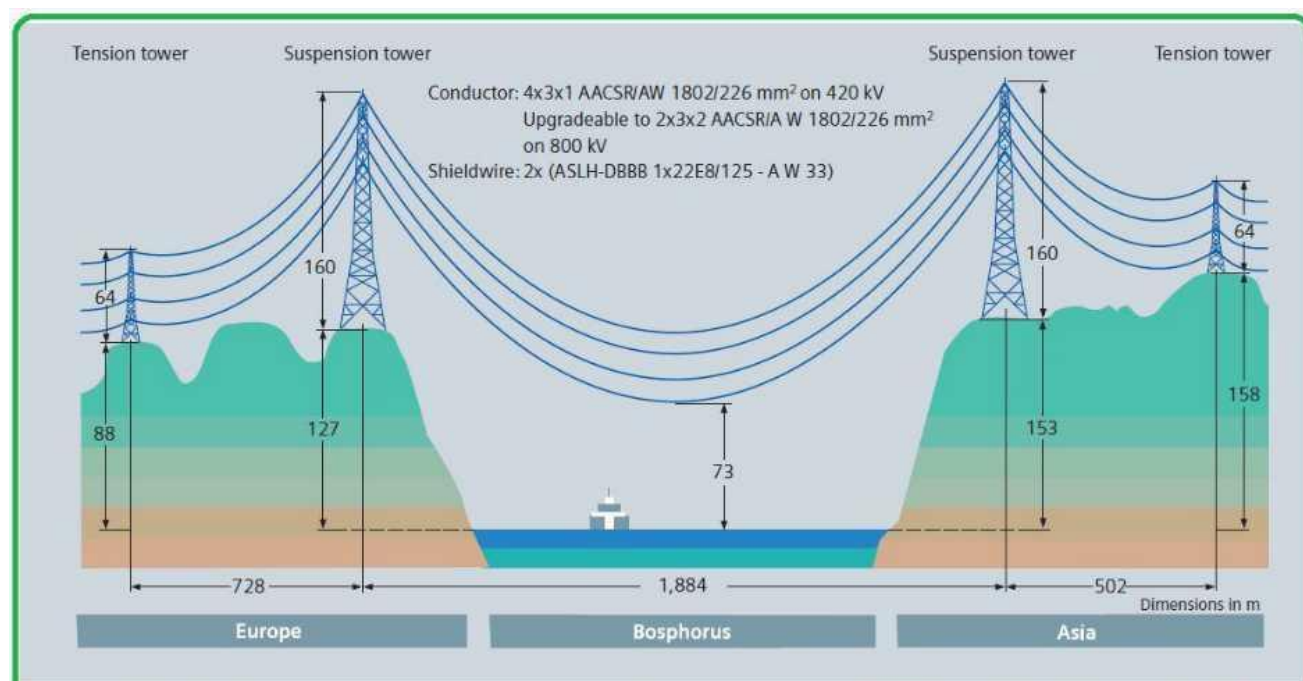
به نوع خاصی از برجها اطلاق نمی شوند بلکه با توجه به شرایط مسیر خطوط انتقال نیرو و زاویه انحراف آن ممکن

است برخی از آنها در وضعیت زاویه ای قرار گیرند. نیروی وارده بر این برج بیشتر از برج میانی است پس فوندانسیون قوی تری دارد



برج انتهایی:

معمولا از آنها در انتهای خط انتقال یا مناطق خاص استفاده می شود. با توجه به اینکه نیروهای وارد بر این برجها یکطرفه می باشد در نتیجه وزن آنها نیز بسیار بالاتر از بقیه انواع برجها می باشد.



آرایش تعداد مدار در یک خط انتقال

خطوط انتقال یک مداره

در این نوع خطوط انتقال نیرو از برجهای تکمداره استفاده می شود که هر مدار متشکل از سه فاز می باشد و با توجه به نوع برج ها، وضعیت جایگذاری فازها می تواند بصورت افقی یا عمودی و یا حتی بصورت مثلثی باشند

مزایا

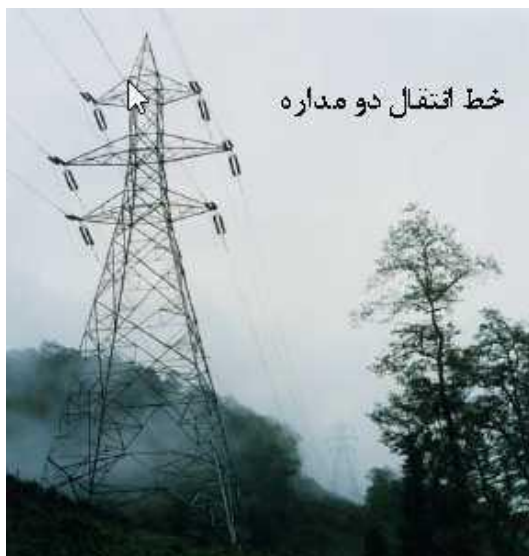
به سرمایه گذاری اولیه کمتری نیاز دارد
تعمیرات و سرویس دهی آنها آسانتر است
هزینه های تعمیرات و سرویس دهی آنها کمتر است
اقدامات اجرایی جهت نصب آنها کمتر است

معایب

هر گونه اتصال کوتاه باعث قطع برق می گردد
قابلیت اطمینان آن در مقایسه با سایر خطوط کمتر است
مصرف کننده تنها به یک مدار متکی است



خطوط انتقال دو مداره



خطوط انتقال دو مداره از برجهای دو مداره با دو سیستم سه فاز تشکیل شده که بر حسب مورد مدارهای آن می توانند بصورت عمودی در دو طرف برجهای و یا بصورت افقی در کنار هم نصب می شوند

مزایا

- قطع یک مدار باعث قطع برق نمی گردد
- برخی موارد تعمیرات و سرویس بر روی یک مدار میتواند بدون ایجاد وقفه در مدار انجام شود
- در مقایسه با دو خط تکمداره به حریم کمتری نیاز دارد

معایب

- در مقایسه با دو خط تکمداره ضریب اطمینان برق رسانی کمتر است
- سرویس و تعمیرات نسبت به خط انتقال تکمداره مشکل تر است
- سقوط برج باعث قطع برق هر دو مدار می گردد
- هزینه اتصال خطوط دو مداره به پستها بیشتر از هزینه خطوط تکمداره می باشد

خطوط انتقال چند مداره

خطوط انتقال چند مداره از برجهایی با چندین مدار سه فاز تشکیل شده که بر حسب مورد این مدارها می توانند دارای ولتاژ برابر یا متفاوت باشند.

مزایا

- زمین کمتری را اشغال می کنند
- چند مدار با ولتاژ مختلف در روی یک برج قرار می گیرند
- سرمایه گذاری اولیه کاهش می یابد

معایب

- پارگی یک سیم ممکن است مدارهای دیگر را دچار مخاطره کند
- قابلیت اطمینان برق رسانی برای کلیه مدارها کاهش می یابد
- تعمیرات مدارهای مختلف مشکلتر می شود
- احداث این نوع خطوط در مقایسه با خطوط ساده مشکلتر است



تعریف مقره:

در شبکه های برق رسانی مانند خطوط انتقال، به تجهیزاتی نیاز است که بتوانند نقش عایقی و جداسازی قسمتهای تحت ولتاژ را از یکدیگر و دیگر قسمتها داشته باشند. طبق تعریف (مقره) وسیله است که دارای مقاومت الکتریکی بالایی بوده و بین هادی های برقدار و سازه های نگه دارنده قرار می گیرند. مقره علاوه بر عایق نمودن هادی نسبت به پایه (و همچنین نسبت به زمین) ارتباط مکانیکی هادی و زمین را نیز تشکیل می دهد. در حقیقت مقره به وسیله ای گفته می شود که دارای مقاومت الکتریکی و مکانیکی بالایی بوده و بین هادیهای برق دار و سازه های نگه دارنده قرار می گیرند و هادیها را از بدنه فلزی دکل جدا میکند. ذکر این نکته ضروری است که انتخاب تعداد مقره به سطح ولتاژ بستگی دارد.

خصوصیات مقره

- 1) خاصیت عایقی مناسب، استقامت الکتریکی بالا
- 2) مقاومت مکانیکی کافی، استقامت مکانیکی بالا.
- 3) تحمل الکتریکی در مقابل اضافه ولتاژها
- 4) عاری از ناخالصی و حفره های داخلی.
- 5) مقاومت در مقابل تغییرات درجه حرارت محیط
- 6) استقامت در برابر تغییرات درجه حرارت، عدم تغییر شکل در اثر تغییر دما (با توجه به ضریب انبساط حرارتی که بایستی کم باشد).
- 7) ضریب اطمینان بالا.
- 8) ضریب تلفات عایقی کم.
- 9) در برابر نفوذ آب و آلودگی ها مقاوم باشد.

وظایف مقره ها در شبکه ها را می توان به صورت زیر بیان نمود:

1. تحمل وزن هادی های خطوط انتقال و توزیع برای نگهداری سیم های هوایی روی پایه ها و دکل ها در بدترین شرایط (یعنی موقعی که ضخامت یخ و برف تشکیل شده روی سیم ها در حداکثر مقدار باشد) را داشته باشد و اصولاً باید بتوانند بیشترین نیروهای مکانیکی وارد شده بر آن ها را تحمل کنند.
2. عایق بندی هادی ها و زمین و بین هادی ها با یکدیگر به عهده مقره است. یعنی مقره ها باید از استقامت الکتریکی کافی برخوردار باشند تا بتوانند بین فازهای شبکه و دکل ها که متصل به زمین هستند ایزولاسیون کافی برای تحمل ولتاژ فازها را داشته باشند. استقامت الکتریکی آن ها باید در حدی باشد که در بدترین شرایط (یعنی در حضور رطوبت، باران، آلودگی و بروز صاعقه با ولتاژ بالا) دچار شکست کامی الکتریکی نشوند.

شکست الکتریکی در مقره ها

دو نوع شکست در مقره ها ممکن است رخ دهد :

1. سوراخ شدن مقره (شکست الکتریکی داخل بدنه مقره) :

این شکست بستگی به جنس مقره ، ضخامت بدنه مقره و ناخالصی های آن دارد که غالباً اتفاق نمی افتد ؛ مگر در هنگام صاعقه های بسیار خطرناک و امواج سیار روی خط رخ می دهد. ضخامت بدنه مقره را طوری طراحی می کنند که برای ولتاژهای ضربه صاعقه ای و امواج سیار ناشی از سویچینگ سوراخ نشود.

2. جرقه سطحی مقره :

به علت اینکه سح مقره ها با هوا در ارتباط است و با توجه به اینکه استقامت الکتریکی هوا خیلی کمتر از مقره ها است لذا قبل از سوراخ شدن ، در روی سطح مقره ها جرقه زده می شود. معمولاً اگر بر روی سطح مقره ها گرد و غبار و رطوبت و آلودگی بنشینند، سطح آن رسانا می شود و یک جریان نشتی روی سطح مقره بین هادی و پایه فلزی آن برقرار می گردد و باعث پایین آمدن ارزش عایقی سطح مقره می شود. لذا اولاً سطح عایق ها را طویل می سازند تا مسیر جریان نشتی طولانی تر شود و ارزش عایقی سطحی زیاد از دست نرود و دیگر آن که سطح عایق را به صورت چتری می سازند تا باران از آن ریخته شده و ابعاد مقره نیز بزرگ نشود و بالاخره جای خشک هم داشته باشد. شیب چترها باید طوری باشد که روی سطوح هم پتانسیل یعنی عمود بر خطوط میدان بین هادی و میله قرار گیرند. زیرا اگر بین دو نقطه ای که دارای اختلاف پتانسیل باشند ، سطح رسانای ناشی از گرد و غبار تشکیل می شود ، جریان زیادتری جاری شده و جرقه سطحی زودتر زده می شود.

انواع مقره ها از نظر استفاده

بر حسب کاربرد این نوع وسیله ، مقره ها را به سه دسته تقسیم می کنند :

1. مقره های خطوط هوایی :

برای عایق کردن هادی ها نسبت به پایه (دکل) و نسبت به یکدیگر و نگهداری هادی ها بر روی پایه ها از این نوع مقره استفاده می شود.

2. مقره های اتکایی :

برای عایق کاری باس بارها در پست ها و تابلوها نسبت به زمین و نگهداری آن ها از این نوع مقره ها استفاده می شود.

3. مقره های عبوری یا بوشینگ ها :

از این نوع مقره ها برای عبور باس بارها از دیواره ها یا ورود به تجهیزات استفاده می شود. همچنین برای ایزوله کردن خطوط یا باس بارها نسبت دیوارها یا بدنه تجهیزات هم به کار می رود. البته درصد بسیار زیادی از مقره های مورد استفاده از نوع مقره های خطوط هوایی می باشد.

مقره های عبوری (بوشینگ ها) برای سرهای خروجی و ورودی دستگاه های فشار قوی ، برای جلوگیری از ایجاد جرقه بین ولتاژ آن خط عبوری و بدنه دستگاه به کار می روند (مثل بوشینگ ترانسها). این مقره ها به صورت لایه های استوانه ای به کار می روند و نسبت به محیط مورد استفاده ، شکل مقره های عبوری متفاوت است. ساده ترین آن ها استوانه های درهم است. فضای داخل این استوانه های مابقی ، معمولاً توسط گازها یا مایع های عایق پر می شود. در ترانسفورماتورها ، بوشینگ ها حاوی روغن هستند. ارتفاع آن ها برحسب میزان ولتاژ و ارتفاع از زمین متفاوت است. به منظور جلوگیری از ازدیاد حرارت در بوشینگ ها از فیبرهای عایقی در سر بوشینگ ها استفاده می شود زیرا فیبر هدایت حرارتی بهتری نسبت به چنبر دارد.

ساختمان مقره ها

در خطوط انتقال نیرو با ولتاژ بالا، پایداری خط و ضریب اطمینان آن به نوع مقره بستگی دارد. مقره های شیشه ای و چینی که از دیر باز در خطوط انتقال مورد استفاده قرار گرفته اند دارای معایبی هستند که سبب شده است به مرور، مقره های سیلیکونی و یا مقره های کامپوزیتی جایگزین آنها شوند. بنابراین انواع مقره از نظر جنس بصورت های -مقره چینی-مقره شیشه ای-مقره ترکیبی ومقره سیلیکونی میباشند

مقره های چینی یا پرسلینی:

از انواع مختلفی تشکیل شده اند این نوع مقره ها را با مخلوطی از رس، کائولین و فلدسپات می سازند.

مزایا

- تحمل مقره ها در درجه حرارت های بالا بیشتر است
- احتمال ترک خوردن مقره ها در درجه حرارت های پایین کم است
- در مقایسه با مقره های شیشه ای ذرات آلوده نمکی یا صنعتی با سرعت کمتری روی آنها جمع می شوند

معایب

- قیمت نسبی بیشتر در مقایسه با مقره های شیشه ای
- ترک خوردگی های داخلی معلوم نمی شود



مقره های شیشه ای

مقره های شیشه ای از جنس شیشه می باشند که برای تهیه آنها از مواد مختلفی چون سیلیس، اکسید سدیم، اکسید کلسیم و منیزیم استفاده می گردد.

مزایا

- دارای مقاومت الکتریکی بیشتری نسبت به مقره های چینی است

- دارای مقاومت الکتریکی بالایی می باشند

- شفافیت شیشه امکان کنترل خلل و فرج یا ترک های داخلی مقره ها را

میسر می سازد

- در مقایسه با مقره های چینی دارای قیمت کمتری است

معایب

- امکان تجمع مواد معلق و آلوده در روی مقره های شیشه ای بیشتر است

- در مناطق آلوده جمع شدن سریع ذرات معلق در روی مقره ها احتمال افزایش نشتی جریان و بروز جرقه در روی

مقره ها را به همراه دارد

- در مناطق آلوده امکان خرابی مقره های شیشه ای بیش از مقره های چینی است



مقره شیشه ای



زنجیر مقره شیشه ای

مقره های ترکیبی (کامپوزیتی)

این نوع مقره ها از دو یا چند پلیمر تشکیل می شوند و شامل قسمت‌های مختلفی هستند که عبارتند از:

- 1) هسته کامپوزیت (Composite Core)
- 2) روکش پلیمر
- 3) اتصالات

هسته کامپوزیت این مقره ها از یک میله الیاف شیشه که با مواد لاستیکی یا چسبنده احاطه شده است، تشکیل شده که از مقاومت بالا و انعطاف

خوبی برخوردار است و وظیفه تحمل تنش های مکانیکی وارد شده از طرف هادی و انتقال آن به دکل را بر عهده دارد. روکش سیلیکونی مقره وظیفه محافظت هسته را از خوردگی و اثرات مخرب رطوبت بر عهده دارد، دارای خاصیت هیدروفوبیک بوده و میزان جذب آلودگی آن بسیار ناچیز است که این

خاصیت باعث مقاومت سطحی بسیار زیاد مقره و کاهش جریان نشتی می شود. استفاده از پلیمر سیلیکون همچنین مقاومت مقره را در برابر عوامل محیطی بالا برده نیاز به تعمیر و نگهداری از مقره را به حداقل رسانده و مقره را در شرایط سخت مقاوم، پایدار و قابل اطمینان می سازد.

اتصالات نیز از طریق پیوستن هسته کامپوزیت به برج متصل شده و بار مکانیکی را انتقال می دهند. علاوه بر مقره های چینی و شیشه ای که عمدتاً "دارای ترکیبات معدنی می باشند در برخی موارد مقره های ترکیبی که عمدتاً "از مواد مصنوعی و با عناوین مختلفی از جمله Silicon Rubber ساخته می شوند نیز استفاده می گردد مزایا



مقره کامپوزیت

- وزن آنها کمتر است
- حمل و نقل آنها آسانتر است
- احتمال تخریب آنها در زمان حمل و نصب کمتر است
- در مقایسه با سایر مقره ها، مواد آلوده و قطرات آب در سطح آنها کمتر جمع میشوند
- معایب

- قیمت نسبی آنها بیشتر است
- وزن کم آن سبب انحراف زنجیره مقره ها در اثر وزش باد می شود
- احتمال شکستن راد مقره در اثر اعمال نیروهای ناگهانی

انواع مقره از نظر شکل:

مقره بشقابی معمولی-مقره بشقابی ضد مه-مقره سوزنی-مقره قرقره ای-مقره پایه ای و مقره میله ای بلند
مقره های مورد استفاده در خطوط انتقال و توزیع نیرو دارای اشکال مختلفی می باشند که با توجه به شرایط مسیر
و سطح ولتاژ انتخاب و مورد استفاده قرار می گیرند. انواع متداول مقره های مورد استفاده در خطوط انتقال هوایی
بشرح زیر می باشد:

- (Disc Insulator) مقره های بشقابی معمولی

- (Antifog Disc Insulator) مقره های بشقابی ضد مه

- (Pin Type Insulator) مقره های سوزنی



مقره سوزنی

مقره های سوزنی

بر روی خطوط هوایی توزیع نیرو با ولتاژ متوسط و برای اتصال کابل برق
به بدنه دکل بکار برده می شوند.

مقره های اتکایی

برای عایق کاری باس بارها در پست ها و تابلو ها نسبت به زمین و نگهداری آنها از این نوع مقره ها استفاده می شود .
این نوع مقره ها از جنس چینی و یا کمپوزیتی می باشند که هریک کاربرد ویژه ای دارند.



مقره اتکایی



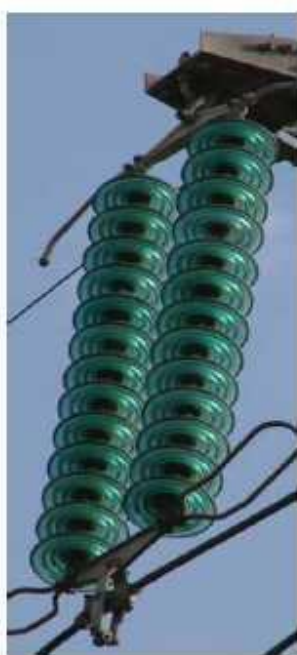


کاربرد مقره اتکایی بعنوان بازوی دکل

مقره های میله ای بلند

مقره های آویزی یکپارچه بر روی خطوط هوایی انتقال و توزیع نیرو با فشار متوسط و بالا بکار برده میشوند و برای اتصال کابل ها به دکل به حالت معلق استفاده میشوند.





زنجیره مقره آویزی

نصب مقره ها بصورت آویزان که معمولا در برجهای میانی (آویزی) استفاده می شوند.

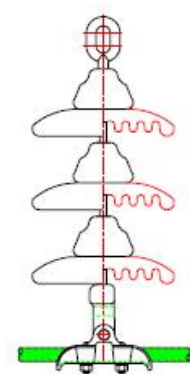


مشخصات عمومی مقره ها

ابعاد مقره ها

معمولا ابعاد مقره ها را با ارتفاع و قطر مؤثر دایره آن بیان می کنند. ارتفاع مؤثر مقره شامل ارتفاع مقره و اتصالات فلزی مربوط به آن می باشد.

فاصله خزشی روی مقره چیست:



فاصله خزشی مقره

فاصله سطحی بین اتصالات فلزی دو طرف مقره از یکدیگر را فاصله خزشی می گویند و به میلیمتر بیان میکنند. در صورت بروز قوس بر روی مقره، قوس تمامی فاصله خزشی را طی نموده و به طرف دیگر آن میرسد و هر چه مقدار این فاصله بیشتر باشد جریان نشتی (خزشی) کمتر است. بنابراین برای اینکه جریان الکتریکی بین دو قسمت فلزی مقره ها جاری گردد لازم است از روی عایق ها عبور کند بطوریکه هر چه این فاصله بیشتر باشد امکان نشت جریان کمتر است. برای افزایش آشنایی با تجهیزات خطوط انتقال نیرو این فاصله معمولا مقره ها را با شیارهای متعدد می سازند که این فاصله را فاصله خزشی می نامند و هر چه مقدار آن بیشتر باشد امکان بروز جرقه در سطح خارجی زنجیره مقره ها نیز کاهش می یابد.

مقاومت مکانیکی مقره ها

مقاومت مکانیکی یکی از عوامل مهم در انتخاب مقره ها می باشد. معمولاً چون با افزایش ولتاژ خطوط انتقال نیرو بر قطر و تعداد هادیهای فرعی در هر فاز نیز افزوده می گردد و همچنین بدلیل استفاده از برجهای فولادی فاصله اسپین هم افزایش می یابد، عملاً در ولتاژهای بالا استفاده از مقره های با تحمل و مقاومت مکانیکی زیاد اجتناب ناپذیر است.

وزن مقره ها

وزن هر واحد از مقره تابعی است از نوع و اندازه آن و مسلماً "هرچه مقره بلندتر و پهن تر باشد وزن آنها نیز سنگین تر می باشد

دیگر مشخصات عمومی مقره ها عبارتند از:

حداقل ولتاژ جرعه در فرکانس طبیعی

حداقل ولتاژ جرعه ضربه 50%

ولتاژ مجاز در فرکانس طبیعی

ولتاژ مجاز ضربه

ولتاژ سوراخ شدن مقره

مشخصات یراق آلات

چون سیم های ناقل جریان و دارای ولتاژ با یراق آلات چه بطور مستقیم و یا غیرمستقیم ارتباط دارند، بعضی از اتصالات بایستی تحمل جریانهای اتصال کوتاه را داشته و از آب شدن قطعات جلوگیری شود و قطعات فرم و شکل خاصی داشته باشند تا در هنگام اعمال ولتاژ نامی پدیده کرونا اتفاق نیافتد. همچنین تحمل نیرو در جهات مختلف داشته باشد.

مشخصات فنی مناسب

قطعات بر حسب نوع و کاربردها بایستی دارای مشخصه هایی مانند مقاومت مکانیکی مناسب ، مقاومت در برابر خوردگی ، هدایت الکتریکی لازم ، دارا بودن شکل مناسب و عدم وجود برجستگی ها و زوائد مشخص و غیره باشند.

-سهولت تولید

-سهولت نصب

-قابلیت جابجایی

-قیمت تمام شده

برخی از اتصالات :



1- پیچ U شکل (U – Bolt)

2- حلقه (Chain)

3- قلاب (Shackle)

4- طول افزا (Extension Link)

5- چشمی - توپی (Eye – Ball)

6- دوشاخه - توپی (Clevis – Ball)

7- دوشاخه - چشمی (Clevis – Eye)

8- مادگی - چشمی (Socket – Eye)

9- دوشاخه - مادگی (Socket – Clevis)

10- یوک پلیت (Yoke Plate)

11- (Turn Buckle) پیچ مهار ی / پیچ تنظیم دوطرفه

12- (Suspension Clamp) کلمپ آویزی

13- (Hinge) لولا

14- (Sag Adjuster) تنظیم کننده شکم سیم

برخی از مهمترین اتصالات نیمه آماده عبارتند از:

1- (Dead End Clamp) کلمپ انتهایی

2- (Conductor Joint) اتصال میانی کابل

3- (Repair Sleeve) غلاف تعمیر کابل

تجهیزات ویژه

1- (Spacer) جدا کننده

2- (Vibration/Stockbridge Damper) ارتعاش گیر

3- (Spacer Damper) جدا کننده ارتعاش گیر

4- (Armor Rod) میله های محافظ

5- (Arcing Horn) شاخک برقگیر

6- (Arcing Ring) حلقه برقگیر

7- (Corona Ring) حلقه کرونا



یراق آلات اتصال سیم گارد (محافظ هوایی) و سیم زمین به بدنه برج و نیز افزایش طول

1- (Tower Bonding Clamp) کلمپ اتصال به برج

2- (Parallel Groove Clamp) کلمپ شیار موازی



تولید یراق آلات

برای تولید یراق آلات برجها در خطوط انتقال، از روشهایی چون برش، ریخته گری، پرس داغ(فرجینگ)، پرس سرد، پرداخت با ساچمه، عملیات حرارتی، پرداخت کاری، جوشکاری، و خمکاری، و استفاده میکنند.

حفاظت دکل‌های خطوط انتقال نیرو

با برخورد صاعقه به سیم‌گارد (محافظ)، و به هادی‌های فازها و دکلها، احتمال بروز قطعی برق یا وقفه در برق‌رسانی وجود دارد. تعداد صاعقه در هر سال یا احتمال برخورد صاعقه به خطوط انتقال نیرو بستگی به شرایط جغرافیایی و سطح ایزوکرونیک منطقه دارد. تجارب نشان می‌دهند که درصد عمده‌ای از صاعقه‌هایی که به خطوط انتقال نیرو برخورد می‌کنند مستقیماً "به برج‌ها و مابقی به سیم‌محافظ یا حتی فازهای خطوط انتقال اصابت می‌کنند".

هرچه تعداد سیم‌های محافظ افزوده شوند احتمال برخورد صاعقه به خطوط انتقال کاهش می‌یابد اما از طرفی افزایش تعداد سیم‌محافظ هوایی سبب افزایش هزینه احداث خطوط انتقال نیرو می‌شوند. بنابراین لازم است در انتخاب تعداد، زاویه حفاظت و در نتیجه محل نصب سیم‌محافظ در روی دکل‌ها دقت شود. سیم‌محافظ هوایی می‌بایست به بدنه دکل متصل باشد تا جریان صاعقه بتواند از طریق دکل تخلیه شده و وارد زمین شود.

وظیفه سیم‌محافظ هوایی:

به منظور جلوگیری از برخورد صاعقه با هادی‌های خطوط انتقال از سیم‌محافظ (Guard wire) استفاده می‌شود.

مشخصات سیم‌محافظ هوایی

- دارا بودن تحمل کافی در مقابل جریانهای صاعقه
- داشتن مقاومت مکانیکی کافی
- دارا بودن ضریب هدایت نسبی خوب
- دارا بودن مقاومت کافی در مقابل خوردگی
- دارای قیمت نسبی مناسب

ضمناً در وسط سیم‌های گارد تارهای فیبر نوری برای ارتباطات مخابراتی هم وجود دارد.

ممکن است بجای استفاده از سیم‌محافظ هوایی از میله برقیگیر در بالای دکل استفاده می‌شود. ارتفاع میله برقیگیر با توجه به زاویه حفاظت مورد نیاز تعیین می‌گردد.

ممکن است در جهت بهبود حفاظت خط در برابر اضافه ولتاژهای ناشی از صاعقه، از برقیگیر خط که بصورت موازی با زنجیره مقرر نصب می‌شود استفاده می‌گردد.

زمین کردن دکل‌ها

کاهش مقاومت زمین پای دکل‌ها باعث می‌شود تا زمان تخلیه جریانهای ناشی از صاعقه تقلیل یابد و در نتیجه عامل مؤثری است در کم شدن سطح مقطع سیم‌محافظ هوایی. همچنین با این اقدام می‌توان قطعی‌های ناشی از موج برگشتیدر خطوط انتقال نیرو را (Back Flashover) نیز کاهش داد چون اگر مقاومت زمین پای دکل‌ها زیاد

باشد احتمال تخلیه موج از طریق مقره ها نیز وجود دارد. در این حالت بجای اینکه جریان صاعقه از مسیر دکل ها به زمین منتقل گردد از طریق زنجیره مقره ها در هادی های فاز تخلیه می شود که در نتیجه قطعی برق در خط انتقال را به همراه خواهد داشت.

علت ارت کردن دکل:

چون مقاومت اهمی پای دکل باعث بالا رفتن ولتاژ صاعقه می شود لذا این نقیصه به هنگام نصب دکل با کوبیدن میله های ارت و اتصال آنها به دکل از بین رفته و سعی میشود به حداقل ممکن برسد.

روش های کاهش مقاومت زمین

- استفاده از میله های بلند عمودی و کوبیدن آنها در زمین
- استفاده از الکترودهای موازی (اتصال زمین چند میله ای)
- قرار دادن صفحات فلزی زیر زمین
- استفاده از مواد شیمیایی
- خواباندن سیم زمین در عمق خاک (روش کانتر پوینز)

(Ground Rod) کوبیدن میله

میله های زمین معمولاً از جنس فولاد با روکش مس می باشند و طول میله حدود 1 تا 3 متر و قطر آن در حدود 1,25 تا 3 سانتیمتر است.

(Counterpoise) خواباندن سیم زمین

در این روش یک یا چند سیم زمین که از یک طرف به بدنه برج متصل گردیده در امتداد مسیر خط در زیر زمین قرار می گیرد و در نتیجه سطح تماس دکل با زمین را افزایش داده و مقاومت پای دکل کاهش می یابد. به سیمهای فوق که در زیر خاک بصورت طولی قرار می گیرند کانتر پوینز می گویند.

تعریف جامپر و محل مورد استفاده از آن:

به منظور ارتباط و اتصال الکتریکی هادی های واقع در دو طرف برج انتهایی از هادی جامپر استفاده می شود. در بعضی مواقع در خطوط 63 کیلوولت از جامپر به عنوان دمپر استفاده می شود.

تعریف فلش و اسپن و کشش خط:

فلش (Sag) به شکم دادگی خط می گویند و اسپن (span) فاصله بین دو دکل متوالی است و مقدار فلش با مجذور اسپن خط رابطه مستقیم دارد. کشش (Tension) مقدار نیرویی که ببه سیم وارد کنیم تا شکل صحیح خود را حفظ کند

گالوپینگ:

نوعی از ارتعاشات عمودی هادی ها که دارای دامنه زیاد و فرکانس کم می باشد و به هنگام جدا شدن یخ از روی هادی صورت می پذیرد را گالوپینگ یا رقص سیم می گویند. (ذیلا توضیح بیشتر داده شده است)

دمپر یا میرا کننده نوسانات در خطوط انتقال نیرو:

برای حذف نوسانات هادی ها در خطوط انتقال از وزنه مستهلک کننده ای به نام دمپر استفاده می شود.



خطوط باندل:

به خطوطی که در هر فاز به جای یک هادی از چندین هادی استفاده شده باشد باندل می گویند.

چرا خطوط انتقال نیرو خاصیت خازنی دارند؟

فازهای خطوط انتقال و زمین هرکدام یک هادی و هوای بین آنها یک دی الکتریک محسوب شده و تشکیل یک خازن می دهند.

اثر فرانتی در خطوط انتقال برق

اثر فرانتی به پدیده‌ای گفته می‌شود که در طی آن در صورت بی‌باری، کم‌باری یا باز شدن انتهای خطوط انتقال، بار سلفی خطوط کاهش یافته و به دلیل وجود خازن موازی در مدل خطوط انتقال نیرو، توان راکتیو وارد خط شده و ولتاژ انتهایی آن افزایش می‌یابد. هر چه طول خط بیشتر باشد به میزان اضافه ولتاژ در انتهای خط افزوده می‌شود. ولتاژ افزایش یافته در انتهای خط با مجذور طول خط متناسب است. اثر فرانتی معمولاً در ساعات بار کم مثلاً در نیمه شب و یا در زمان خارج شدن یک بار بزرگ از یک خط طولانی رخ می‌دهد. برای کاهش عوارض اثر فرانتی معمولاً از جبران‌سازهای سلفی در خط انتقال استفاده می‌شود

علت افزایش ولتاژ در انتهای خطوط انتقال نیرو:

به هنگام بی‌باری، کم‌باری یا باز شدن انتهای خط به دلیل حالت خازنی خطوط انتقال نیرو، ولتاژ انتهایی خط افزایش می‌یابد که به آن اثر فرانتی می‌گویند. هر چه طول خط بیشتر باشد بر میزان اضافه ولتاژ در آخر خط افزوده می‌شود.

چگونگی تشخیص خاصیت سلفی یا خازنی خط:

چنانچه ولتاژ انتهای خط از ولتاژ ابتدای خط بیشتر باشد خط خاصیت خازنی دارد و اگر ولتاژ انتها از ولتاژ ابتدا کمتر باشد خاصیت سلفی دارد.

علت جابجایی فازها در خطوط انتقال نیرو (ترانسپوز):

عمل جابجایی فاز برای متعادل نمودن و نیز کاهش خاصیت خازنی فازها نسبت به هم صورت می‌گیرد.

علت افزایش ولتاژ در بعضی موارد در شبکه توزیع:

در بعضی مواقع ولتاژ یک شبکه فشار ضعیف بالا رفته و می‌تواند باعث خطراتی شود که علت این پدیده‌ها میتواند:

- 1- در اثر رعد و برق باشد
- 2- به علت اتصال شبکه فشار قوی به فشار ضعیف باشد
- 3- به علت خروج خازن از شبکه در مواقعی که بار شبکه کاهش می‌یابد باشد

پدیده ی کرونا در خطوط انتقال برق چیست؟



ولتاژ بالا در خط انتقال برق باعث بروز پدیده های مختلفی از جمله کرونا می شود. کرونا در گوشه های تیز تجهیزاتی که در خطوط استفاده می شوند ایجاد شده و در گروه تلفات خط قرار می گیرد. کرونا باعث بروز اختلالات رادیویی و ایجاد صدا می شود و به صدای شکستن چوب خشک معروف است. برای کنترل این پدیده تجهیزات را به صورت دایره ای و بزرگ می سازند تا نقاط تیز از بین بروند.

کاربرد حلقه کرونا(corona ring) در خطوط انتقال

حلقه کرونا حلقه ایست که بمنظور کاهش اثر کرونا در نقاطی که تمرکز الکترون در آنجا زیاد است به کار می رود.

اضافه ولتاژ موقت در شبکه:

علت بوجود آمدن اضافه ولتاژ موقت در شبکه میتواند عواملی همچون:

- 1-بروز اتصال کوتاه
- 2-تغییرات ناگهانی بار
- 3-باز شدن ناگهانی خط
- 4-اضافه ولتاژ بی باری خط
- 5-رزونانس باشند.

جریان مجاز عبوری از هادی:

جریان مجاز هادی به بالاترین جریانی اطلاق میشود که عبور مداوم آن از هادی ها، تغییری در مشخصات فنی آنها بوجود نیاورد.

انواع پایه های خطوط انتقال نیرو:

- 1) تیرهای چوبی
- 2) تیرهای بتونی
- 3) تیرهای فولادی
- 4) تیرهای فایبر گلاس
- 5) برج های فولادی

علت استفاده از مهار در تیرها و برجها :

استفاده از مهار در برج های فولادی سبب میشود تا بخشی از نیروهای وارده بر برج ها از طریق سیم های مهار به زمین منتقل گردد که این امر باعث کاهش وزن برج ها یا پایه ها و در نتیجه قیمت آنها می گردد. در سیستم های باندل از چه وسیله ای برای حفظ هادی ها در یک فاز استفاده میشود: در این سیستم ها از اسپیسر استفاده می شود که در انواع اسپیسر های دو قطبی-سه قطبی و اسپیسر چهار قطبی موجود می باشد.

اثرات وزش باد بر روی هادی های خطوط:

- 1) فشار جانبی بر هادی ها، مقره ها و برج ها
- 2) نوسانات هادی ها در اثر وزش باد
- 3) دور کردن آلودگی ها از قبیل خاک از روی مقره ها
- 4) خنک کنندگی جریان هوا بر روی هادیها که باعث افزایش ظرفیت انتقالی خط می گردد.

تعریف اثر پوستی در انتقال الکتریته:

در هنگام عبور الکترونها از هادی، میل حرکت الکترون از پوسته هادی ها بیشتر است که به این موضوع اثر پوستی گویند.

اثر پوستی چه اثری در انتقال الکترونها دارد:

به علت عبور الکترونها از پوسته خارجی هادی ها، عملاً مرکز هادی بلا استفاده مانده و همین امر موجب افزایش مقاومت مسیر عبور الکترونها و افزایش تلفات جریان می گردد. از طرفی این میل باعث افزایش تلفات کرونا نیز می گردد.

برای کاهش اثرات پوستی چه باید کرد:

هادی ها را مانند هادی های ACSR به صورت رشته های جدا از هم می سازند که به یکدیگر تابیده میشوند.

کابل چیست؟

به یک یا چند هادی الکتریکی در کنار هم که نسبت به یکدیگر و محیط اطراف خود عایق بندی شده باشد و سطح ولتاژ روی عایق هادی های آن صفر ولت باشد کابل گویند.

مزایای استفاده از کابل

- 1) کابلها در زیر زمین مدفون بوده و به زیبایی شهری آسیب نمی زند. (دکلها و برج ها برای شهر زیبا نیستند)
- 2) به علت مدفون بودن خطر برق گرفتگی و پارگی برای آنها وجود ندارد
- 3) کمتر نیاز به نگهداری دارد.

معایب استفاده از کابل

- 1) گرانی قیمت هستند
- 2) هنگام تعمیر کابلها قسمتهایی از شهر باید منع تردد شود
- 3) هنگام تعمیر کابلها از سازمانها و ارگانهایی نظیر شهرداری، پلیس راهنمایی، ادارت آب و گاز و تلفن باید استعلام حفر نمود که زمانبری دارد

اجزای اصلی کابل:

- 1- هادی 2- لایه نیمه هادی 3- عایق 4- غلاف فلزی 5- غلاف P.V.C

علت استفاده از روغن در کابل:

از روغن برای خنک کردن کابل و همچنین بالا بردن خاصیت عایقی کابل استفاده می شود.

مفصل چیست و انواع آن:

جهت ارتباط دو کابل به یکدیگر از مفصل استفاده می شود و انواع آن عبارتند از:

- 1- مفصل معمولی 2- مفصل قطع روغن

سر کابل چیست و چه وظیفه ای بر عهده دارد:

سر کابل یکی از تجهیزات کابلها بوده که وظیفه آن برقراری ارتباط بین هادی کابل و دیگر تجهیزات میباشد. سر کابل پس از برقراری ارتباط هادی کابل به قسمت های برقدار شبکه وظیفه ایزولاسیون هادی را در محل اتصال بر عهده دارد.

بعد از بستن سر کابل چند آزمایش بر روی کابل روغنی انجام میشود:

- 1- آزمایش هوا (اشباع روغن) 2- آزمایش نشت 3- آزمایش فلو

منظور از خستگی کابل چیست:

خستگی کابل یعنی اینکه عایق (کاغذ - روغن) و نیز خود روغن کابل به مرور زمان مقداری از قدرت عایقی خود را از دست داده و در نتیجه باید بار کمتری از کابل کشید.

گوی هشدار دهنده رنگی بر روی خطوط انتقال:



به منظور مشخص نمودن مسیر خطوط انتقال برق برای خلبان در پرواز هواپیما و هلیکوپتر میباید تا حین پرواز با خط تصادم نکنند

شستشوی مقره های خطوط انتقال به صورت گرم.

آلودگی های روی سطح مقره در روزهای مرطوب و بارانی باعث بروز تخلیه ی الکتریکی و از سرویس خارج شدن خطوط می شوند. برای جلوگیری از این امر سطح مقره ها را در بازه های زمانی مشخص توسط آب شستشو می دهند. اگر خط بی برق باشد از آب فشرده برای شستشوی مقره استفاده میشود.



اگر از آب خالص و تجهیزات خط گرم استفاده شود، برای شستشو نیازی به بی برق کردن شبکه نیست. با استفاده از هلیکوپتر برای شستشوی مقره های خطوط انتقال را مشاهده می کنید.



گالوپینگ

به پدیده‌ای در خطوط انتقال هوایی گفته می‌شود که در آن هادی‌ها دچار ارتعاشی با دامنه بالا و بسامد پایین می‌شوند که در اثر وزش باد رخ می‌دهد. هادی‌ها ممکن است تکی یا باندل پوشیده‌شده از یخ باشند. در طراحی خطوط انتقال هوایی این پدیده نقش مهمی در تعیین فواصل عایقی و بارگذاری برجه‌ها دارد.

این پدیده در هنگام وزش بادهای متقاطع نسبت به سطح هادی‌های یخ‌زده رخ می‌دهد. هر چند این پدیده معمولاً در هادی‌های یخ‌زده رخ می‌دهد اما در مواردی هم هنگام وزش بادهای شدید و دائمی در هادی‌هایی که یخ نزده‌اند مشاهده شده‌است.

بطور کلی عوامل ایجاد پدیده گالوپینگ را می‌توان سرعت و جهت باد، درجه حرارت محیط، رطوبت، نوع یخ روی سیم و ارتفاع برج دانست که قسمت بزرگ حرکت آن در جهت عمودی می‌باشد. گالوپینگ می‌تواند موجب تغییر شدید بار اعمال‌شده بین فازهای برج یا دوطرف برج شود که موجب خمشی عمودی یا افقی و اعمال بارهای پیچشی روی برج یا بازوهای آن می‌شود. شدت این بارها در حدی است که می‌تواند موجب تخریب پیچ‌های برج شود. از دیگر آثار این پدیده سایدگی در بعضی تجهیزات مانند یوک پلیت‌ها و پین‌های مقره‌ها است.

فرکانس این پدیده محدوده‌ای بین ۰٫۱ تا ۱ هرتز دارد

اگر سرعت باد (25-7) متر بر ثانیه باشد، دامنه نوسانات در گالوپینگ از چند سانتیمتر تا بیشتر از یک متر می‌باشد

امواج مکانیکی حاصل از گالوپینگ می‌تواند به صورت ایستا یا متحرک یا ترکیبی از این دو باشد و بین یک تا ده حلقه در اسپن مشاهده می‌شود، ولی معمولاً تعداد حلقه‌ها کم است. در گالوپینگ بیشتر حرکت‌های هادی در جهت عمودی هستند اما غالباً یک جزء افقی در امتداد خط نیز مطرح است. جزءهای عمودی و افقی حرکت معمولاً هم‌فاز نیستند و بنابراین یک نقطه روی حلقه مرکزی هادی، یک مدار بیضوی را طی می‌کند.

هنگامی که گالوپینگ با یک حلقه در یک اسپن رخ می‌دهد می‌تواند موجب جابجایی طولی قابل توجه در امتداد خط شود. حرکت‌های در اسپن‌های بلندتر قابل توجه‌ترند. حرکت پیچشی (تاب) هادی‌های تکی را به سختی می‌شود از روی زمین تشخیص داد اما تشخیص و اندازه‌گیری آن با استفاده از علائم مناسب امکان‌پذیر می‌گردد.

گالوپینگ سبب آسیب شدید به خطوط هوایی می‌شود مثلاً در مواردی موجب تخریب بازوهای برج شده‌است یا اتصالات هادی‌ها را در مقره‌های سوزنی شکسته و یراق‌آلات را تخریب کرده‌است. همچنین دیده شده که این

پدیده موجب آسیب پین‌ها و جدا شدن زنجیر مقرر شده‌است. از دیگر عواقب این پدیده می‌توان به پاره‌شدن دمپرها و رهاشدن وزن آن‌ها، شل‌شدن پیچ‌های بازوها و بادبندها و لق‌شدن تیرهای چوبی در زمین اشاره کرد.

گاهی دامنه گالوپینگ در حدی زیاد است که موجب بروز جرقه بین هادی‌ها می‌شود که در نتیجه آن سطح هادی‌ها آسیب می‌بیند. پارگی رشته‌سیم‌ها و نهایتاً پارگی کل هادی زمین یا حتی فاز، از دیگر حالت‌های شدید این پدیده است. قطعی‌های ناشی از این پدیده ضمن اینکه موجب از دست رفتن درآمدها می‌شود در بعضی موارد هزینه‌های مربوط به برقراری مجدد سرویس را هم در پی دارد. اینگونه زیان‌ها معمولاً بدتر از زیان‌های مستقیم وارده به خطوط هستند.



عوامل مؤثر در گالوپینگ :

وقوع گالوپینگ به عوامل زیر بستگی دارد :

1- باد شدید با زاویه بیش از 45 درجه نسبت به امتداد خط

2- یک لایه یخ یا شبنم یخ زده بر روی سیم که دارای مشخصات آیرودینامیکی مناسب باشد .

3- وضعیت یخی که روی سیم می نشیند با توجه به ناپایداری آیرودینامیکی آن .

اثرات مخرب حاصل از

پدیده ی گالوپینگ

پس از حادث شدن گالوپینگ ، مشکلاتی در بهره برداری خطوط بوجود می آید که قسمتی از آنها عبارتند از :

1- کاهش فاصله ایزولاسیون بین هادیها ، بروز قوس الکتریکی و باز و بسته شدن کلیدهای فشار قوی .

2- کاهش فاصله ایزولاسیون بین هادیها و سیم زمین .

3- اثرات تخریبی در پیچهای برج .

4- اثرات مخرب بر یراق آلات و اتصالات برج .

5- خوردگی فولاد برج و ضایع شدن برجهای چوبی در مواقعی که پدیده ماندگار می باشد .

6- خوردگی هادیها .

7- خوردگی جامپر .

8- خوردگی دمپر و اسپیسردمپر .

9- برش پین مقره ها در زنجیره کششی .

10- ضایع شدن کلمپ مقره های آویزی .

11- تخریب رشته های فرعی هادیهای باندل .

12- زیانهای اقتصادی ناشی از قطع برق در صورتی که آسیبهای فوق منجر به قطعی طولانی گردد .

روشهای حفاظتی در مقابل پدیده گالوپینگ :

با توجه به مطالب ذکر شده قبلی ، ضرورت مقابله با آثار سوء پدیده گالوپینگ بیشتر نمایان می گردد . این کار را می توان به روشهای زیر انجام داد :

- 1) جلوگیری از تشکیل یخ روی هادیها
- 2) دخالت مستقیم در مکانیزمهای گالوپینگ برای جلوگیری از تشکیل آن یا جلوگیری از رسیدن آن به دامنه های بالا
- 3) سخت گیری در طراحی برای بالا بردن مقاومت خطوط در مقابل گالوپینگ از طریق مواردی چون بالا بردن فاصله بین فازها و کنترل مود گالوپینگ با استفاده از ارتباطهای بین فازی.

عملا موارد ذیل انجام میشود

- 1- جلوگیری از ایجاد یخ روی سیم بوسیله ذوب کردن آن ، که به علت معایب زیر در حال حاضر کمتر مورد استفاده قرار می گیرد .

جهش ناگهانی سیم پس از افتادن یخ و بروز قوس الکتریکی .
برای ایجاد حرارت بالا به سیم با مقاومت زیاد نیاز است که این کار تلفات انتقال توان را افزایش میدهد .

- 2- افزایش طول بازوی وسط (بین 1-0.5 متر) برای برجهایی که ترتیب قرارگرفتن هادیها بطور عمودی می باشد .

- 3- افزایش فاصله بین هادیها

- 4- استفاده از جداکننده بین فازها .

- 5- استفاده از Drag Damper که دمپره های خاصی بوده و تأثیر زیادی بر میراسازی نیروی آیرودینامیکی Drag روی هادی دارد . با اینکار نیروهای Lift تحت شرایطی قرار می گیرند که انرژی ناچیز و مختصری را برای تداوم گالوپینگ تأمین می نماید .

- 6- استفاده از دمپره های نوسانی (Seismic Damper) .

- 7- استفاده از End Point Damper .

- 8- استفاده از تجهیزات کنترل کننده حرکت چرخشی .

- 9- انتخاب مسیر خط مناسب و عدم عبور از مناطق مستعد وقوع این پدیده

فیبرنوری OPGW

جهت ارتباطات مخابراتی صوتی و دیتا و حفاظت راه دور (تله پروتکشن) در صنعت برق و انتقال تصویر و اجاره تارتاریک یا اجاره پهنای باند به شرکتهای خصوصی از فیبر نوری استفاده میشود که چون روی خطوط گارد می باشد به آن OPGW گویند. بدین منظور تارهای فیبر نوری مثلا بتعداد ۱۲ تار یا ۲۴ تار یا بیشتر در لوله وسط سیم گارد قرار میدهند این تارهای نوری را قسمت پاسیو فیبر نوری میگویند. در طرفین خط انتقال تارهای پاسیو فیبر نوری را به دستگاههایی بنام اکتیو فیبر نوری (SDH & ACCESS) متصل میکنند که در این تجهیزات، سیگنالهای الکتریکی به نور تبدیل و از طریق فیبر پاسیو داخل خط انتقال به سمت روبرو منتقل و سپس در سمت روبرو، بصورت بالعکس نور به سیگنال الکتریکی تبدیل میشود.



موانع پرندگان

با توجه به علاقه پرندگان به نشستن روی دکل ها، متاسفانه هنگام نشستن یا برخاستن پرندگان بدلیل اینکه فاصله بین دوفاز با باز شدن بال پرنده کم میشود از طریق بدن پرنده بین دوفاز اتصال کوتاه برقرار میشود که باعث آسیب به پرنده و مهمتر از آن قطع برق میشود. برای جلوگیری از این مورد سعی میشود یا موانعی برای نشستن پرندگان روی دکل ها ایجاد شود یا بالعکس محلهای خاصی در دکل تعبیه تا پرندگان آنجا بنشینند.



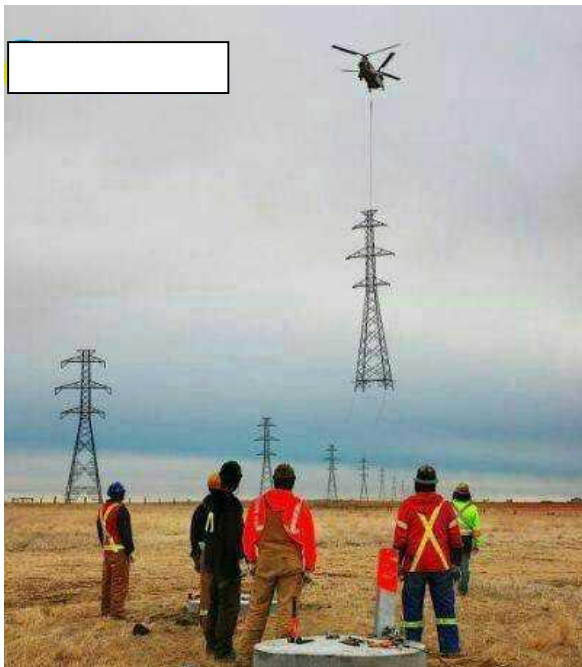
موانع ضد صعود انسان متفرقه

با توجه به اینکه ممکن است بعضی انسانهای متفرقه از سر ناآگاهی یا جهت سرقت قطعات فلزی دکل بخواهند



از دکل بالا بروند، موانعی در نقاطی از دکل بخصوص قسمتهای پایین دکل قرار میدهند تا مانع بالارفتن انسان بشود. حتی برای جلوگیری از سرقت پیچ ها ممکن است آنها را جوش دهند!

نصب برج با هلیکوپتر



در تهیه این جزوه از اطلاعات دوستان صنعت برق فارس و تجربیات خودم و جزوه آشنایی با خطوط انتقال حامد جنت علیپور دانشگاه صنعت آب و برق عباسپور و <http://operatorebargh.blogfa.com> استفاده شده است

پایان

در هر حرفه ای که هستید نه اجازه دهید که به بدبینیهایی بیحاصل آلوده شوید و نه بگذارید که بعضی لحظات تاسف بار که برای هر ملتی پیش می آید شما را به یاس و ناامیدی بکشاند. در آرامش حاکم بر آزمایشگاهها و کتابخانه هایتان زندگی کنید .

نخست از خود بپرسید : " برای یادگیری و خودآموزی چه کرده ام ؟ "
سپس همچنان که پیشتر میروید بپرسید : " من برای کشورم چه کرده ام ؟ "
و این پرسش را آنقدر ادامه دهید تا به این احساس شادابخش و هیجان انگیز برسید که شاید سهم کوچکی در پیشرفت و اعتلای بشریت داشته اید.
اما هر پاداشی که زندگی به تلاشهایمان بدهد یا ندهد هنگامی که به پایان تلاشهایمان نزدیک میشویم هر کدامان باید حق آن را داشته باشیم که با صدای بلند بگوییم " من آنچه در توان داشته ام انجام داده ام "

لوئی پاستور 1822-1895