فصل چهاردهم

برقگیر

۱۴ . برقگیر (LIGHTNING ARRESTER)

در ایستگاههای فشار قوی دامنه ولتاژهای موجی تخلیه جوی از سطح عایقی تجهیزات (BIL) فشار قوی بیشتر می باشد و باعث صدمه زدن به ایزولاسیون داخلی تجهیزات فشار قوی می شود . بنابراین به منظور حفظ ایزولاسیون داخلی تجهیزات فشار قوی در قبال ولتاژهای موجی تخلیه جوی ضروری است دامنه ولتاژهای موجی تخلیه جوی تا حد مناسبی کمتر از سطوح عایقی تجهیزات محدود گردیده و از حد مناسب تجاوز ننماید .

کاهش دامنه اضافه ولتاژهای موجی تخلیه جوی ، توسط برقگیرهای فشار قوی پیش بینی شده در ابتدای خطوط انتقال انرژی وارد شده به ایستگاهها امکان پذیر می‌گردد .

برقگیرهای فشار قوی ، تخلیه اضافه ولتاژهای موجی تخلیه جوی ظاهر شده در هادی های خطوط انتقال و ایستگاههای فشار قوی را به زمین امکان پذیر ساخته و بلافاصله پس از برقراری جریان تخلیه جوی در فاصله زمانی چند میکرو ثانیه و کاهش دامنه ولتاژ موجی ، مسیر جریان تخلیه در برقگیر قطع می شود . پس نتیجه می گیریم که بااستفاده از برقگیرها و قبول مقدار ریسک می‌توان سطح عایقی نجهیزات که از نظر اقتصادی خیلی مهم می باشد را تا حد مناسبی کاهش داد .

۱۴-۱ . انواع برقگیرها

برقگیرها را از نظر نوع ساخت می توان به گروههای زیر تقسیم کرد :

۱۴-۱-۱ . برقگیر بافاصله هوائی (Gap Type Arrester)

این نوع برقگیر عبارتست از یک جفت الکترود که یکی از الکترودها به زمین و دیگری به فاز متصل است و بین آنها فاصله هوائی وجود دارد . وقتی که ولتاژ بین الکترودها از ولتاژ شکست هوا بیشتر شد شکست الکتریکی در هوا صورت می گیرد . این نوع برقگیر ساده ترین نوع برقگیر است .

۱۴-۱-۲ . برقگیر میله ای یا آرماتور

کلا جهت حفاظت ترانسفورماتور ها و زنجیره های ایزولاتور خطوط انتقال انرژی الکتریکی در مقابل اضافه ولتاژ می توان از برقگیر میله أی استفاده کرد . بدان معنی که طول مقره را توسط دو میله فلزی شاخی شکل که در دو سر ایزولاتور نصب می شود بطور مصنوعی کوتاه می کنند . این وسیله عملاً برای حفاظت ایزولاتور به کار برده می شود و باعث می شود که جرقه و حرارت ناشی از آن از ایزولاتور دور نگه داشته شود در این صورت حرارت جرقه باعث صدمه زدن به ایزولاتور نمی شود .

فاصله بین دو الکترود باید طوری انتخاب شود که در مقابل بیشترین مقدار ولتاژ سیستم استقامت کند ولی اضافه ولتاژ باعث تخلیه الکتریکی در آن شود .

برای شروع تخلیه الکتریکی در فاصله هوائی حداقل باید یک الکترون آزاد در محل باشدت میدان الکتریکی زیاد موجود باشد . در این صورت بکمک میدان ، الکترون شتاب می گیرد و با اتمها و یا مولکولهای خنثی تصادم خواهد کرد . اگر شدت میدان الکتریکی بقدر کافی بزرگ باشد انرژی الکترونها بقدر کافی خواهد بود که اتمها و مولکولهای خنثی را یونیزه کند . این عمل بصورت بهمن و ار ادامه خواهد یافت تا مقدار زیادی از ذرات یونیزه در فضای بین دو الکترود بوجود آید و فاصله هوائی قابلیت هدایت جریان را بدست آورد و بعبارت دیگر تخلیه الکتریکی صورت گیرد .

۱۴-۱-۳ . برقگیر از نوع مقاومت غیر خطی یا برقگیر بافنتیل

(Non Linear resistor type arrester)

از برقگیر باید در موقع کار عادی شبکه جریان عبور نکند ، در ثانی برقگیر بایستی فقط در موقعی که شبکه دارای آنچنان ولتاژی است که برای دستگاههای الکتریکی مثل مقره و ترانسفورماتور خطرناک است عمل کند . در ثالث باید موقعی که ولتاژ شبکه به مقداری که دیگر

خطرناک نیست رسید ، بلافاصله برقگیر جریان را قطع کند و شبکه را به حالت عادی خود برگرداند . تمام شرایط فوق در برقگیر بامقاومت غیر خطی جمع است .

این نوع برقگیرها کـه بـه Valve Type معـروف هـستند در حـال حاضـر در شـبکه از آنهـا استفاده می‌شود . این نوع برقگیر ها از یک یا چند خازن سری همـراه بایـک یـا چنـد مقاومـت غیـر خطی تشکیل شده است . این خازنها (فواصل هوائی) لازمند تا در حالت کـار عـادی سیـستم از عبور جریان الکتریکی به داخل برقگیرها جلوگیری شود . این مجموعه در داخل یک لولـه مقـره کـه طول آن بستگی به ولتاژ دارد قرار دارد .

ولتاژ شبکه نمی تواند باعث شکست در فاصله هوائی بشود و مقاومت سـری خیلـی بـالا اسـت و جریان از برقگیر عبور نمی کند . در اثر اضافه ولتاژ در ترمینال برقگیـر فاصـله هـوائی سـری تحمـل اضافه ولتاژ نداشته و جرقه در دو سر الکترود آن زده می شود و در همین حال مقاومـت غیـر خطـی شدیدا کاهش می یابد و جریان به زمین تخلیه می شود . پس از تخلیه اضافه ولتاژ مقاومت برقگیـر زیاد شده و جریان قطع برقگیر خاموش می شود . فاصله هوائی جرقه از دو الکترود کـه ممکـن اسـت نوک آن صاف و یا تیز باشد تشکیل شده و مقاومت های غیـر خطـی بـصورت بلوکهـای سـیلندری از جنس سیلیکان کاربید ساخته می شود . ساختمان این برقگیرها طوری است که گازهای تولید شـده در اثر جرقه به خارج هدایت می شود و به این وسیله سوپاپ تخلیه فـشار گفتـه مـی شـود . لازم بـه توضیح است که ممکن است در حین کار عادی شبکه در اثر اضافه ولتاژهای ولتاژ برقگیـر جریانهـای کمی از برقگیر عبور نموده که رفته رفته باعث ایجاد گاز می گردد . سوپاپ تخلیه فشار پس از اینکـه فشار به حد معین رسید گازها را تخلیه و از منفجر شدن برقگیر جلوگیری می کند .

معمولا در زیر هر برقگیر یک شمارنده وجود دارد که این شمارنده تعداد عملکردهای برقگیـر را نشان می دهد یعنی هر بار که برقگیر اتصال به زمین انجام می دهد این شمارنده عمل کـرده و یـک

شماره می اندازد لازم بذکر است که هر برقگیر برای کار در تعداد شماره هـای خاصـی تنظـیم شـده است .

۱۴-۱-۴ . برقگیر از نوع اکسید روی (Gapless Zn oxide arrester (zno))

در چند سال اخیر برقگیرهائی باطرح کاملا جدید بانام برقگیرهای اکسید روی ساخته و به بازار عرضه شده است که از نظر طرح و نحوه کار کرد بابرقگیرهای دیگر متفاوت مـی باشـد . در ایـن نـوع برقگیرها فاصله هوائی وجود نداشته و فقط از مقاومت نوع اکسید روی اسـتفاده مـی شـود . مقاومـت اکسید روی کاملا غیر خطی می باشد .

حذف فواصل هوائی ، مشخصات ولت ـ آمپر بـی نهایـت غیـر خطـی و ظرفیـت حرارتـی بـالای دیسکهای zno و وجود یک سطح حفاظتی معین ، حذف تقریبی جریـان نـشتی و کـاهش احتمـال قطعی در شبکه ، افزایش ظرفیت جذب انرژی ، سادگی ساختمان و افزایش قابلیت اطمینـان ، ایجـاد حالت گذاری کمتر و غیره ویژگیهای ممتازی به برقگیر نوع zno داده است .

۱۴-۲ . انتخاب و محل نصب برقگیرها

هماهنگی عایقی بین سیستم حفاظت شونده و سیستم حفاظت کننده مسئله بسیار مهمی است . بدین معنی که سیستم حفاظت کننده باید به طور کامل از عهده حفاظت سیستم حفاظـت شـونده برآید و نیز خود ، محفوظ بماند . چون برقگیر بین یک سیم فاز و زمین وصل می شـود لـذا انتخـاب ولتاژ نامی برقگیر بر اساس بیشترین ولتاژ فاز به زمین انجام می شود . ماکزیمم ولتـاژ فـاز بـه زمـین غالبا در حالت اتصال کوتاه یکفاز بازمین به وجود می آید . البته مقدار این ولتـاژ بـه چگـونگی زمـین کردن سیستم بستگی دارد مثلا در سیستمی که بطور موثر زمین شده است مقدار این ولتاژ به حدود ۸۰٪ ولتاژ فاز به فاز می رسد و در سیستمی که اصلا زمین نشده است این ولتاژ به ۱۰۰ می‌رسد .

اصولا برقگیرها متناسب باماکزیمم اختلاف سطح در فرکانس نـامی شـبکه انتخـاب مـی شـوند . ماکزیمم مقدار این اختلاف سطح در هر حال نباید از ۱/۱۵ اختلاف سطح نامی شبکه تجاوز کند . در ضمن نوع شبکه (زمین شده یا زمین نشده) و در نتیجه مقدار از دیاد ولتاژهای فازهای سالم در اثـر زمین شدن یکی از فازها نیز در انتخاب ولتاژ برقگیر و عملکرد صحیح برقگیر بـسیار مـوثر اسـت . در شبکه های زمین نشده و یا شبکه هائی که نقطه صفر ستاره آن باسلف زمین شده اند معمولا اختلاف سطح برقگیر که بین سیم فاز و زمین بسته می شود برابر اختلاف سطح فـاز بـه فـاز شـبکه انتخـاب می‌شود . در شبکه های زمین شده اختلاف سطح برقگیرها معمولا برابر ۸۰ ٪ اختلاف سـطح فـاز بـه فاز شبکه انتخاب می شود .

برقگیرها بادو جریان ضربه أی نامی 10 KA، 5 KA ساخته می شوند که معمـولا 5KA آن بیشتر مواقع کافی است و فقط در مناطق بارعد و برق و صاعقه های پـی در پـی شـدید کـه برقگیـر متوالیاً تحت فشار قرار می گیرد برقگیرهای باجریان ضربه أی 10KA مناسبتر می باشند .

در تأسیسات و پست های فشار قوی برقگیرها در ابتدای خطوط انتقال وارد شده به پست و نیـز در کنار ترانسفورماتور های قدرت و راکتورها و خازنها نصب می گردند و بعضی اوقـات ممکـن اسـت روی باس بارها نیز نصب گردند ولی محل دقیق برقگیرها باید محاسبه شود .

۱۴-۳ . پارامترهای اساسی در انتخاب برقگیر :

برقگیرها که معمولا از نوع بدون فاصله هوایی بامقاومت غیر خطی آن بیشتر اسـتفاده مـی شـود دارای پنج مشخصه اصلی که جهت تعیین آنها به کار برده می شود هستند که ذیلاً این پنج مشخصه اصلی شرح داده خواهد شد .

۱۴-۳-۱ . سطح حفاظت مورد نیاز برقگیر: (PROTECTION LEVEL)

عبارتست از مقدار ولتاژی که برقگیر تجهیزات فشار قوی را در برابر آن محافظت می کنـد . کـه آنرا باpL نمایش می دهند و مقدار آن از رابطه زیر بدست می آید :

$PL \geq 0.8\ BIL$

که در آن BIL سطح عایقی تجهیزات می باشد .

۱۴-۳-۲ . حداکثر ولتاژ کار مداوم برقگیر :

MAXIMUM CONTINUOS OPERTING VOLTAGE $V_{m\,cov}$

برای آنکه ولتاژی که باعث اضافه ولتاژ می شود باعـث داغ شـدن برقگیـر نـشود حـداکثر ولتـاژ مداوم کار برقگیر را تعریف می کنند که از رابطه زیر بدست می آید :

$$U_{m\,cov} = 1.05\frac{U_{n\,max}}{\sqrt{3}}$$

که در آن $U_{m\,cov}$ حداکثر ولتاژ مجاز می باشد که از جدول (۱) بدست می آید .

Un(Kv)	20	63	132	230	400
Unmax (Kv)	24	72.5	145	245	420

جدول (۱)

۱۴-۳-۳ . جریان تخلیه موجی برقگیر :Id

جریانی است که حاصل تخلیه جوی می باشد . و برقگیر آنرا به زمین عبور می دهد . بـه عبـارت دیگر عبارتست از مقدار پیک جریان تخلیه که برقگیر می تواند از خود عبور دهد بدون اینکه خسارت ببیند . مقادیر نرم شده برای جریان تخلیه برقگیر طبق استاندارد IEC برابر است با:

(۱/۵– ۲/۵ – ۵ – ۱۰– ۲۰ – ۲۵) KA

این جریانها باشکل موج بافرم ۸/۲۰ ms در نظر گرفته می شود .

۱۴-۳-۴ . ولتاژ سیکلیک برقگیر : U_{cycle}

ولتاژی که برقگیر می تواند در مدت اتصالی مداوم تحمل کند را ولتاژ سیکلیک یا ولتاژ زمان اتصال گویند و از رابطه زیر بدست می آید :

$$U_{cycle} = U_{m\,\mathrm{cov}.} Kg$$

Kg ضریب زمین می باشد که معمولا ۱/۴ در نظر گرفته می شود .

۱۴-۳-۵ . فاصله سطحی یا خزشی برقگیر :

این فاصله باتوجه به فرمول $L \geq u_{n\max}.a.1.1$ بدست می آید . در فرمول فوق $U_{n\max}$ و a به ترتیب ماکزیمم ولتاژ مجاز و ضریب آلودگی می باشد که از جدول و (۲) بدست می آید .

مناطق از نظر آلودگی	ضریب آلودگی a (m m/Kv)
بدون آلودگی یا کم اهمیت	16
سبک	20
سنگین	25
خیلی سنگین	31

جدول (۲)

۱۴-۴ . ولتاژ اسمی برقگیر :

مهمترین خصوصیت برقگیرها ، قطع شرایط تخلیه همزمان باتبدیل جریان موجی به جریان سینوسی فرکانس ۵۰ هرتز می باشد . همزمان بابرقراری جریان سینوسی فرکانس ۵۰، مقدار این جریان توسط مقاومت غیر خطی سری بافواصل هوایی محدود گردیده ، در فاصله ۴ــ۳ میلی ثانیه قطع می گردد . جریان سینوسی فرکانس ۵۰ برقرار شده در فاصله زمانی فوق پس از جریان تخلیه

موجی به جریان باقیمانده برقگیر یا Follow Current موسوم می باشد . جریان باقیمانده هنگامی قطع خواهد گردید که ولتاژ ظاهر شده در محل برقگیر از ولتاژ مشخص و استاندارد تعیین شده جهت برقگیرها موسوم به ولتاژ اسمی کمتر می باشد . ولتاژ اسمی برقگیر شرایط قطع جریان تخلیه را مشخص ساخته ، کمیت اصلی کنترل کننده جریان باقیمانده می باشد .

به منظور قطع جریان باقیمانده لازم است ولتاژ اسمی برقگیر همواره بیشتر از ولتاژ فاز به زمین شبکه در محل برقگیر باشد . به منظور اطمینان از فراهم گشتن شرایط قطع جریان تخلیه در برقگیر ، افزایش احتمالی ولتاژ فاز به زمین در محل برقگیرها یا اضافه ولتاژ موقت در نظر گرفته می شود . ولتاژ اسمی برقگیر لازم است بیش از اضافه ولتاژ موقت ظاهر شده در محل برقگیر در جهت برقراری جریان تخلیه در آن باشد .

جریان تخلیه برقگیر در استاندارد IEC مقادیر ۱/۵ ، ۲/۵ ، ۵ ، ۱۰، ۲۰ کیلو آمپر می باشد . مقدار جریان تخلیه به خصوصیات جغرافیایی منطقه و ناحیه نصب برقگیر و ولتاژ اسمی ایستگاه بستگی دارد .

در ردیف ولتاژهای اسمی $U_n \geq 63Kv$ از برقگیرها باجریان تخلیه ۱۰ــ ۲۰ کیلو آمپر استفاده می‌شود .

حداکثر ولتاژ سینوسی فاز ـ زمین بارابطه زیر مشخص می شود :

$$U_m = \sqrt{2}U_{Ph}$$

۱۴-۵ . حفاظت در مقابل صاعقه :

پست‌های فشار قوی که در هوای آزاد نصب می شوند باید دارای تأسیساتی برای حفاظت در مقابل برخورد مستقیم صاعقه باشند ، زیرا برقگیرهائی که در پست نصب می شوند ، فقط جلوی امواج سیار را که بوسیله سیم های انتقال انرژی بداخل پست هدایت می شوند را می گیرند .

برای جلوگیری از برخورد مستقیم صاعقه به تاسیسات پست فشار قوی از سیم زمین (گارد) استفاده می شود که در بلندترین نقاط دکلها کشیده می شود . این نوع برقگیرهای سیمی اغلب در اثر برخورد صاعقه قطع می شوند و بااتصال به قطعات زیر ولتاژ باعث اتصال کوتاه لحظه أی یک فاز ه می شوند که چون سیم می سوزد خود به خود این اتصالی هم بر طرف می شود .

برای سیم های برقگیر یا به عبارت دیگر صاعقه گیر اغلب از جنس آلومینیوم فولاد استفاده می شود. در بعضی از تاسیسات جدید از میله های بلند برقگیر به جای سیم استفاده می شود که در روی دکلهای بلند نصب می شوند . این برقگیرها معمولا از لوله آهن سفید است و در تاسیسات بزرگ و گسترده کافی و کاملا موثر نیست .

۱۴-۶ . پارامترهای اساسی انتخاب برقگیر پست کرج

با توجه به جدول زیر:

و منطقه از نظر آلودگی ضریب آلودگی را پیدا می کنیم.

مناطق از نظر آلودگی	ضریب آلودگی a (mm/k v)
بدون آلودگی یا کم اهمیت	16
سبک	20
سنگین	25
خیلی سنگین	31

a=20(mm/k v)

ضریب زمین =1.4 k g

حداکثر ولتاژهای مجاز: $u_{n\,max}$=245kv

- انتخاب BIL (ایزولاسیون داخلی، تجهیزات)

BIL = 1050kv برای ردیف ۲۳۰ کیلو ولت

BIL = 325kv برای ردیف ۶۳ کیلو ولت

۱- سطح حفاظت برقگیر: عبارتست از مقدار ولتاژی که تجهیزات فشار قوی را در برابر آن حفاظت می کند که آنرا با PL نمایش می دهند. مقدار آن از رابطهٔ زیر بدست می آید

PL > 0.8BIL

PL > 0.8×1050 = 840kv برای ردیف ۲۳۰ کیلو ولت

PL > 0.8×325 = 260kv برای ردیف ۲۳۰ کیلو ولت

۲- حداکثر ولتاژ مداوم کار برقگیر:

برای ردیف 230kv :

$$u_{mcor} = 1.05 \times \frac{245}{\sqrt{3}} = 148.5kv$$

برای ردیف 63kv :

$$u_{mcor} = 1.05 \times \frac{72.5}{\sqrt{3}} = 43.95kv$$

۳- جریان تخلیه موجی برقگیر:

برای ردیف ولتاژ 230kv : I*d*=20kA

برای ردیف ولتاژ 63kv : Id=20kA

۴- ولتاژ سیکلیک برقگیر: ولتاژی است که برقگیر می تواند در مدت اتصالی مداوم تحمل کند.

برای ردیف 230kv : V dc=148.5×1.4 =207.9kv

برای ردیف 63kv : V dc= 43.95×1.4 =61.53kv

۵- فاصله سطحی برقگیر:

$$L \geq V_{n\max} \times a \times 1.1$$

برای ردیف 230kv : $L \geq 245 \times 20 \times 1.1 = 5390mm$

برای ردیف 63kv : $L \geq 72.5 \times 20 \times 1.1$=1595mm

۶- حداکثر ولتاژ سینوسی فاز زمین

$$u_m = \sqrt{2} \times VPL$$

$$v_m = \sqrt{2} \times \frac{230}{\sqrt{3}} = 187.7kv$$

$$v_m = \sqrt{2} \times \frac{63}{\sqrt{3}} = 51.43kv$$

- مشخصات برقگیر طرف ۲۳۰KV :

Rated Voltage : 198 KV

Min– Power frequency spark over voltage : 297 kv

Max . lightning impulse spark over voltage : 475kv

Max . spark over switching impulse voltage :508 kv

Max . residual voltage at lightning cu rrent impulse : 475 kv

Current impulse : 20 KA

- مشخصات برقگیر طرف ۶۳Kv :

Rated Volt age : 60 kv

Min. Power frequency spark over voltage : 90 kv

Max . lightning impulse spark over voltage : 161 kv

Max . spark over switching impulse voltage :171 kv

Max . residual voltage at lightning current impulse : 143 kv

Current impulse : 10 KA