

ملاحظات در خصوص جایابی و نصب برقگیر در شبکه های توزیع

محسن راستین

Rastin@Faranecu.com

شرکت فرانکو اسپادان

کلمات کلیدی: برقگیر / اضافه ولتاژ / فاصله ی حفاظتی

چکیده :

به طور مسلم بروز اضافه ولتاژهای خطرناک در شبکه های توزیع اجتناب ناپذیر بوده و لذا حفاظت تجهیزات در مقابل آن از اهمیت خاصی برخوردار است . از آنجائیکه نصب برقگیر در شبکه می تواند چنین حفاظتی را فراهم آورد ، توجه به شرایط مطلوب ، جایابی و نصب مناسب این تجهیز و مدنظر قرار دادن ملاحظات فنی همچون انتخاب نوع برقگیر و تعیین فاصله ی حفاظتی و همچنین محدودیتهای اقتصادی می تواند سرمایه گذاری در این خصوص را با بازدهی حداکثری مواجه کند که در این مقاله به این مهم پرداخته می شود .

(۱)مقدمه:

کردن آن در نزدیکی تجهیزات الکتریکی می باشد. با توجه به اینکه نصب برقگیر در شبکه به دلایل فنی مختلف نظیر ساختمان های بلند، فواصل تجهیزات، مسائل اقتصادی و ... تحت تاثیر قرار می گیرد، ضرورت توجه به ملاحظات جهت جایابی و نصب برقگیر در راستای بهره بردای مؤثر از این تجهیز و تدوین شرایط نصب و مقتضیات مکانی از اهمیت خاصی برخوردار است که در این مقاله به این مسئله اشاره می گردد.

به طور مسلم اضافه ولتاژهایی که در شبکه های توزیع انرژی پدید می آیند اجتناب ناپذیر بوده و منجر به آسیب دیدگی تجهیزات الکتریکی می گردند. از آنجائیکه به دلایل فنی- اقتصادی نمی توان همه ی تجهیزات الکتریکی را در برابر اضافه ولتاژهای غیر متعارف طراحی کرد، طراحی شبکه می بایست بر اساس حفاظت گسترده صورت گرفته و ملاحظات اقتصادی در آن رعایت گردد. از جمله تکنیک ها و حفاظت های الکتریکی در مقابل اضافه ولتاژ استفاده از برقگیر در سطح شبکه جهت محدود

(۲) شناسایی انواع اضافه ولتاژ:

به منظور تعیین نوع برقگیر و مسائل مرتبط ، شناسایی انواع اضافه ولتاژ که امکان رخداد آنها در شبکه وجود دارد، ضرورت داشته و بررسی این گونه اضافه ولتاژهای ناگهانی به منظور هماهنگی عایقی در راستای پیش بینی تدابیر و انتخاب مناسب برقگیر حائز اهمیت است که در ادامه به آنها پرداخته می شود :

الف) اضافه ولتاژ موقتی ؛ در زمان بی باری و یا به دلیل خطای ناشی از اتصال زمین رخ می دهد . این اضافه ولتاژها اکثراً با فرکانس بالا رخ می دهند و معمولاً برای عایق تجهیزات و عملکرد شبکه خطرساز نمی باشند ولی جهت تنظیم برقگیر نیاز است.

ب) اضافه ولتاژ کلید زنی ؛ در لحظه کلید زنی و یا در سطح آلودگی سنگین با فرکانس های بالای چند کیلو هرتز رخ می دهد. (اضافه ولتاژ با زمان پیشانی ملایم)

ج) اضافه ولتاژ صاعقه؛ ناشی از تخلیه جوی می باشد و در زمان یک میکروثانیه به مقدار ماکزیمم خود رسیده و به دنبال آن یک افت سریع را شامل می شود. (اضافه ولتاژ با زمان پیشانی سریع)

۳) رفتار عایقی سطح برقگیر تحت شرایط آلودگی:

امروزه استفاده از برقگیرهای سیلیکونی به عنوان یک محفظه مناسب و مقرون به صرفه در برابر آلودگی عملکرد مطلوبی را به همراه دارد. انتخاب محفظه برقگیر مثال اکسید در شبکه فشار متوسط بحرانی نبوده و تنها فاصله تخلیه محفظه برقگیر و فاصله خزش سطح محفظه مورد نظر می باشد. مینیمم فاصله تخلیه الکتریکی با توجه به مقدار ایستادگی مورد نیاز از ولتاژ تست تعیین می گردد که تست مورد نظر شامل تست ولتاژ صاعقه و تست ایستادگی با فرکانس شبکه در مدت یک دقیقه می باشد.

مقدار ولتاژ تست در بیان مشخصات حفاظت برقگیر مثال اکسید بکار می رود. در زمان تست، ولتاژ صاعقه بایستی $1/3$ برابر ولتاژ پسماند برقگیر در شرایط جریان نامی باشد به عنوان مثال همه برقگیرهای فشار متوسط بایستی در مدت یک دقیقه تحت ولتاژ تست با مقدار نهایی (مقدار ولتاژ تست $1/0.6$ برابر سطح حفاظتی موج کلیدزنی است) ایستادگی کنند.

نتیجه بدست آمده جهت محفظه برقگیر نسبت به میزان عایقی تجهیزات اهمیت کمتری دارد به این دلیل که ولتاژ برقگیر توسط منحنی مشخصات ولتاژ- جریان تعیین می گردد و قسمت فعال و برقگیر از محفظه خود به طور طبیعی در مقابل اضافه ولتاژ حفاظت می کنند.

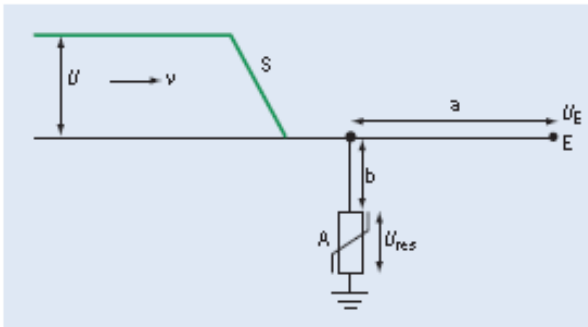
مقدار واقعی مقاومت محفظه عموماً بیشتر از مقدار مینیمم مورد نیاز طبق استاندارد IEC می باشد مخصوصاً برقگیرهایی که جهت سطح ولتاژ کمتر استفاده می گردد. رفتار عایقی سطح برقگیر تحت آلودگی و ولتاژ عملکرد a.c بررسی می شود و فاصله خزش را مشخص می کند. کلاس های آلودگی و فاصله خزش معین طبق استاندارد IEC 507[5] و IEC 815[6] از جدول زیر تعیین می گردد .

درجه آلودگی	کوتهترین فاصله خزش توصیه شده به mm/kv	امکان کاهش فاصله خزش جهت عایق سیلیکون
سبک	۱۶	۳۰٪
متوسط	۲۰	۲۰٪
سنگین	۲۵	کاهش توصیه نمی گردد
خیلی سنگین	۳۱	بدون کاهش

جدول ۱: ارتباط درجه آلودگی و فاصله خزش

فاصله خزش اغلب در ارتباط با ولتاژ عملکرد دائمی U_c بیان می گردد زیرا مسئله آلودگی و تخلیه الکتریکی مربوط به ولتاژ واقعی a.c بکار رفته در برقگیر می باشد.

$$U_E = U_{res} + \frac{2 \times S \times (a + b)}{v} \quad v = 300 \text{ m}/\mu\text{s}$$



شکل ۱: محاسبه ولتاژ در انتهای خط باز جهت تعیین فاصله حفاظتی (L)

ضریب ایمنی K_s ما بین ولتاژ ایستادگی صاعقه بر روی تجهیزات و ماکزیمم اضافه ولتاژ صاعقه توصیه می گردد [3].

ضریب حفاظت شامل مواردی است که در میان همه موارد، طول عمر عایقی و محاسبات آماری از ولتاژ ایستادگی صاعقه جهت تجهیزات بیشتر مورد بررسی قرار می گیرند.

برای عایق های داخلی $K_s = 1/15$ و عایق های خارجی $K_s = 1/0.5$ در نظر گرفته شود [1]. جهت حفاظت در شبکه فشار متوسط $K_s = 1/2$ ذکر می گردد [2].

جهت محاسبه فاصله حفاظتی معادله زیر بیان می گردد:

$$L \leq \frac{v}{2 \times S} \times \left(\frac{LIWV}{K_s} - U_{res} \right)$$

در ادامه برای ولتاژهای متفاوت، فواصل حفاظتی مناسب ارائه می گردد.

(۵) شیب مورد انتظار S از اضافه ولتاژ صاعقه در شبکه فشار متوسط:

بنابراین دقت در ولتاژ عملکرد دائمی U_c جهت فاصله خزش مهم می باشد.

(۴) فاصله حفاظتی برقگیر:

در صورتی ولتاژ ایستادگی در برابر صاعقه (LIWV) از ولتاژ پسماند در شرایط جریان تخلیه نامی برقگیر بیشتر باشد، تجهیزات الکتریکی در مقابل اضافه ولتاژ از حفاظت بهتری برخوردار است.

برقگیرهای متال اکسید با ولتاژ پسماند (توصیه VDE) $U_{res} \leq 3/33 \times U_c$ در شرایط جریان نامی جهت ایجاد

$U_{pl} \leq 4p.u$ هم در شبکه ارت با اهم زیاد و هم برای ترانسفورماتور با نوترال عایق شده می باشد.

$$1p.u = (\sqrt{3}/\sqrt{2}) \times U_s$$

U_c : ولتاژ عملکرد دائمی

U_{res} : ولتاژ پسماند

U_s : ولتاژ عملکرد

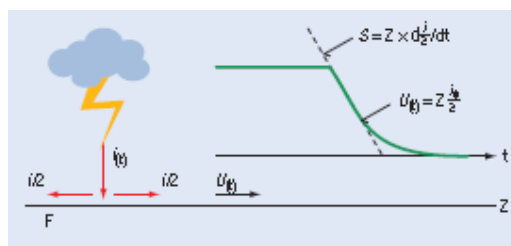
U_{pl} : ولتاژ حفاظت برقگیر در برابر صاعقه

توجه: ولتاژ تجهیزات مورد حفاظت همواره بیشتر از ولتاژیست که مستقیماً در ترمینال های برقگیر به صورت اضافه ولتاژ در انتهای خط منعکس می گردد.

در یک خط هوایی مطابق شکل زیر یک اضافه ولتاژ U به صورت یک موج سیار با سرعت V به انتهای خط E جاری می گردد. در نقطه E تجهیزاتی وجود دارد که نیاز به حفاظت دارد (ترانسفورماتور یا کلید باز) برای آنالیز بهتر مطلب، تجهیزات حفاظت شده با مقدار اهمی بیشتر مورد بررسی قرار می گیرد.

وقتی که موج سیار به نقطه E می رسد با شیب مثبت منعکس شده و دامنه ولتاژ تا $2U$ افزایش می یابد. اکنون به فرض اینکه پیشانی موج با شیب S در یک موج اضافه ولتاژ در زمان ثابتی وارد می شود، رابطه زیر جهت ماکزیمم U_E در انتهای خط برقرار می گردد:

شیب (S) ورودی به موج اضافه ولتاژ بایستی در تعیین فاصله حفاظتی لحاظ گردد. بیان رنج ضربه های صاعقه و اضافه ولتاژ های وابسته به آن می تواند فقط از نمونه های آماری دریافت گردد. به این دلیل که امکان دریافت هیچ گونه اطلاعات کاربردی وجود ندارد و شیب پدید آمده شامل همه اتفاقات احتمالی می باشد. شکل ۲، ضربه صاعقه را بر یک هادی خط توزیع نشان می دهد. زمان نمود جریان صاعقه $i(t)$ بیان می گردد. در نقطه ای که ضربه صاعقه با هادی اصابت می کند جریان $i(t)/2$ در هر سمت جاری می شود. اگر Z امپدانس موج از هادی به زمین باشد، جریان $i(t)$ یک اضافه ولتاژ صاعقه $u(t)$ با شیب افزایش ولتاژ $s(t)$ بین هادی و زمین پدید می آورد. در شکل زیر $s(t)$ ثابت نیست و ماکزیمم شیب صعود یک موج اضافه ولتاژ به مقدار $s(t)$ نمایان خواهد شد.



شکل ۲: ایجاد یک اضافه ولتاژ صاعقه در مدت یک ضربه صاعقه در یک خط هوایی

F: خط هوایی Z: امپدانس موج خط هوایی t: زمان

$i(t)$: کل جریان صاعقه در زمان رخداد

di/dt : ماکزیمم شیب جریان صاعقه

$u(t)$: اضافه ولتاژ صاعقه در زمان رخداد

$s(t)$: ماکزیمم شیب اضافه ولتاژ صاعقه

در ۱۰٪ از همه حالات صاعقه، ماکزیمم زمان صعود جریان di/dt بیشتر از $32 \text{ kA}/\mu\text{s}$ می باشد. وقتی $Z = 450 \Omega$ است هر ضربه موجی سبب ایجاد ماکزیمم شیب اضافه ولتاژ به مقدار $7200 \text{ kV}/\mu\text{s}$ خواهد شد. چنین شیبی فقط در ایستگاه قابل رویت است در صورتی که موج صاعقه نزدیک به آن باشد. مثلاً در ۲۵ متری تجهیزات مورد حفاظت، اما احتمال چنین رخدادی بسیار کم است و در شرایطی که ضربه صاعقه دورتر از ایستگاه

رخ دهد اساساً میزان ولتاژ کمتری از ایستگاه مورد نظر صعود می کند. پیشانی موج اضافه ولتاژ در نقطه ضربه صاعقه به شبکه پدیدار می گردد و این مسئله سبب ایجاد پدیده کرونا می گردد.

اگر S شیب محل ضربه باشد با طول امتداد d شیب خط به مقدار زیر کاهش خواهد داد:

$$S = \frac{1}{\frac{1}{s} + k \times d}$$

ثابت k وابسته به شکل هندسی خط هوایی می باشد و برای خط هوایی شبکه فشار متوسط مقدار زیر تخمین زده می شود:

$$K = 5 \times 10^{-6} \text{ } \mu\text{s/kV.m}$$

به فرض اینکه محل صاعقه ۱۳۵ متر دورتر از ایستگاه باشد، ضربه صاعقه سبب ایجاد یک ولتاژ نامتناهی با شیب S در نقطه برخورد می شود. مطابق با معادله فوق، شیب خط در یک ایستگاه $S < 1500 \text{ kV}/\mu\text{s}$ ناشی از پدیده کرونا رخ می دهد. امواج ولتاژ که از مقدار نهایی ضربه شدید جریان پدید می آید، یک تخلیه الکتریکی از خط به زمین به همراه دارد قبل از آنکه به مقدار نهایی خود برسد و در این حالت قسمت فوقانی موج ولتاژ بریده می شود تا به مقدار ماکزیمم شیب خود نرسد.

آمار خسارات در اروپای مرکزی بیانگر ۸ موج صاعقه در یک سال می باشد که به حدود ۱۰۰ km از خطوط هوایی شبکه فشار متوسط آسیب رساند. در این شرایط ماکزیمم شیب اضافه ولتاژ صاعقه برای خطوط هوایی با کراس آرم ارت شده به $800 \text{ kV}/\mu\text{s}$ می رسد.

۶) جریان صاعقه مورد انتظار در شبکه فشار

متوسط:

پارامترهای صاعقه از تجزیه و تحلیل آماری در تمام دنیا به دست آمده است [4]. زمانی که مقدار نهایی جریان بین ۱۴ kA (احتمال رخداد آن ۹۵٪) و ۸۰ kA (احتمال رخداد آن ۵٪) رخ می دهد توده ابر منفی تشعشع می کند. طبق آمار بدست آمده ۵۰٪ و گاهی بیشتر از این احتمال مقادیر زیر بدست می آید:

30 kA: مقدار نهایی جریان

5/5 μs: زمان صعود 75 μs: مقدار نیمه زمان

موج صاعقه بی نهایت می تواند به مقداری بیشتر از 250 kA در مقدار نیمه زمان 2000 μs برسد. مقدار نهایی 20 kA با احتمال 80٪ اغلب به منظور تست و هماهنگی برقی و عملکرد متعارف صورت می گیرد.

در شرایط انتقال ضربه صاعقه به هادی یک خط هوایی، از نقطه ضربه صاعقه به صورت دو موج جریان برابر در هر دو سمت خط جاری می شود. امواج ولتاژی ناشی از موج جریان با امپدانس موج در خط پدید می آید.

کاهش قابل توجه TOV و منحنی U_c و متعاقب آن کاهش ولتاژ پس ماند برقی منجر به فاصله حفاظتی بهتر می شود. به عنوان مثال، ترانسفورماتورها و کابل ها یک ظرفیت خود خازنی نسبت به زمین بوجود می آورند و تابع عملکرد برقی منجر به این مطلب می شود که باید در محاسبات دقت بیشتری لحاظ گردد. خازن موجود در تجهیزات یک ولتاژ نوسانی تولید می کند که می تواند یک افزایش قابل توجه در ولتاژ ترانسفورماتور پدید آورد که این مسئله کاهش فاصله حفاظتی را نتیجه می شود.

U_s in kV (rms)	L in m تیرهای چوبی	L in m کراس آرم ارت شده
3/6	2/3	4/4
7/2	3/3	6/3
12	3/5	6/7
17/5	3/8	7/3
24	5	9/6
36	6/3	12/2

جدول 2: فاصله حفاظتی برای برقی MO در شبکه با ترانسفورماتور همراه با ارت مستقیم مرکز ستاره

در اینجا ذکر چند نکته ضروری است:

- تخمین برای L فقط به ازای $b = 0$ صحیح است.
- برقی و تجهیزات مورد حفاظت با یک شبکه یکسان ارت می گردند و این به صورت یک قانون می باشد. شبکه ارت برقی بایستی تا حد امکان در نزدیکی شبکه ارت تجهیزات مورد حفاظت قرار گیرد.
- اتصالات باید در سمت فشارقوی قرار گرفته و زمین نیز باید کوتاه و مستقیم احداث گردد مخصوصاً که اتصالات b بایستی تا حد ممکن کوتاه باشد. به عنوان مثال در این روش از اولین خط

7) تأثیرات فاصله حفاظت به واسطه اجرای الکتریکی برقی و چیدمان برقی:

اگر مقدار ذکر شده S در شرایط یکسانی قرار گیرد، فاصله حفاظت به صورت زیر نتیجه می گردد. (با در نظر گرفتن LIWV و U_{PL} از جدول)

برای خطوط هوایی با تیر چوبی $L = 2/3 \text{ m}$
برای خطوط هوایی با کراس آرم ارت شده $L = 4/5 \text{ m}$

این مقادیر برای شبکه های با $U_s = 3/6 \text{ kV}$ تا $U_s = 36 \text{ kV}$ صحیح می باشد، با فرض اینکه ترانسفورماتور حاوی نوترال عایق شده باشد یا اینکه با جبران سازی خطای زمین عمل کند. در شبکه هایی که نوترال ترانسفورماتور مستقیماً ارت شده است، ولتاژ دائم U_c به شکل زیر محاسبه می گردد:

$$U_c \geq \frac{0.4 \times U_s}{1.28} = 0.32 \times U_s$$

جهت شبکه هایی که نوترال ترانسفورماتور آن عایق شده

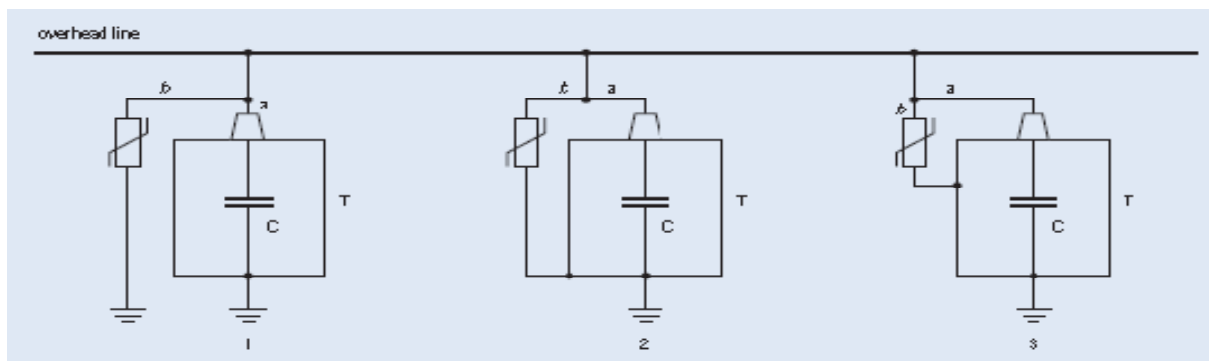
$$U_c \geq U_s \quad \text{برای برقی بین فاز و زمین:}$$

$$U_c \geq \frac{U_s}{\sqrt{3}} \quad \text{برای برقی بین نوترال و زمین:}$$

در این شرایط فاصله حفاظتی از جدول 2 استخراج می گردد.

هوایی به برقگیر و از آنجا مستقیماً به پوشینگ ترانسفورماتور متصل می‌گردد. در شکل ۳ کیفیت

نصب برقگیر برای یک ترانس در سه حالت مورد ارزیابی قرار گرفته است.



شکل ۳: ارزیابی امکان اتصال متفاوت برقگیر MO به ترانسفورماتور

ارزیابی عملکرد برقگیر در شرایط نصب متفاوت:

دچار یک اختلال با دوره زمانی نامحدود می‌گردد. در زمان $t = 0$ برقگیر فشاری ناشی از انرژی وابسته به U_C با مقدار

(۱) عملکرد ضعیف: برقگیر و ترانسفورماتور ارت مشترک ندارند. اتصال b بلند است. اضافه ولتاژ ورودی ابتدا به پوشینگ ترانسفورماتور می‌رسد.

را $W = 5/5 \text{ KJ/kV}$ شامل می‌شود و پیامد آن اضافه ولتاژ

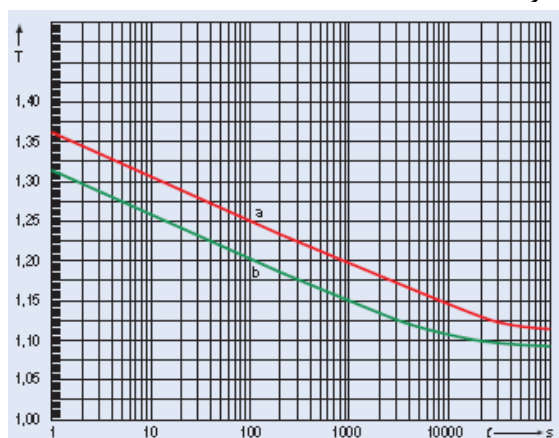
$$T = \frac{28}{24} = 1.17$$

موقتی 28 kV رخ می‌دهد. در نتیجه $T = 1.17$ حاصل می‌گردد که با توجه به منحنی b ، $T = 1/17$ در زمان $t = 400 \text{ s}$ به دست می‌آید. به این معنی که برقگیر می‌تواند در برابر افزایش ولتاژ برای 400 ثانیه بدون تزلزل حرارتی تحمل کرده و بعد از 400 ثانیه مقدار ولتاژ بایستی به U_C بازگردد در این صورت برقگیر اضافه باری را شامل نخواهد شد.

(۲) عملکرد خوب: برقگیر و ترانسفورماتور ارت مشترک دارند اتصال a و b تقریباً هم اندازه هستند.

(۳) عملکرد خیلی خوب: برقگیر مستقیماً از طریق بدنه ترانسفورماتور ارت می‌شود. اتصال b بسیار کوتاه (در حد صفر) است. اضافه ولتاژ ورودی ابتدا از برقگیر عبور می‌کند که بدون هیچ تأخیری اضافه ولتاژ محدود می‌شود.

(۷-۱) حفاظت در برابر اضافه ولتاژ موقتی:



شکل ۴: پایداری $T = \frac{U_{tov}}{U_C}$ در برابر اضافه ولتاژ موقتی وابسته به

زمان t

اضافه ولتاژ موقتی (U_{TOV})، اضافه ولتاژهای شبکه قدرت با زمان رخداد محدود می‌باشند. آن‌ها در زمان کلید زنی یا خطای زمین در شبکه اتفاق می‌افتند و در شبکه فشار متوسط توسط نوترال عایق شده ترانسفورماتور چندین ساعت باقی می‌مانند و ارتفاع موج آن‌ها وابسته به وضعیت شبکه و رفتار مرکز ستاره می‌باشد.

اگر برقگیر توسط انرژی (W) قبل از رخداد اضافه ولتاژ موقتی بار نگردد، با مراجعه به منحنی، برقگیر می‌تواند در مقابل اضافه ولتاژ موقتی برای 3000 ثانیه ایستادگی کند.

برقگیر MO توانایی ایستادگی در برابر ولتاژ عملکرد برای یک دوره زمانی مشخص را دارا است. پایداری (T) برقگیر در برابر اضافه ولتاژهای موقتی در نمودار ۴ نشان داده شده است. $T = U_{TOV} / U_C$ مقدار ارتفاع مجاز اضافه ولتاژ موقتی می‌باشد. یک برقگیر با $U_C = 24 \text{ kV}$ در شرایط کار عادی،

بنابراین ارتفاع و مدت زمان یک اضافه ولتاژ موقتی مقبول به طور مستقیم وابسته به انرژی می باشد که برقیگر قبلاً بار می نماید.

منحنی a برای یک برقیگر بدون اعمال انرژی مجاز می باشد و منحنی b برای یک برقیگر با اعمال انرژی W و مدت زمان T بوده که اضافه ولتاژ شبکه قدرت در آن رخ می دهد.

منحنی ها برای یک برقیگر MO با مدل MWK مجاز می باشد.

۷-۲) حفاظت در برابر صاعقه های قوی:

برقیگر در شبکه های فشار قوی به صورت مستقیم یا در نزدیکی ضربه صاعقه دچار فشار نمی گردد ولی برقیگر در شبکه های فشار متوسط مستقیماً و یا با ضرباتی در نزدیکی خود دچار فشار می شود زیرا اینگونه شبکه ها به ندرت فاقد سیم ارت می باشند. در این وضعیت برقیگر باید در مقابل کمترین جریان صاعقه مقاومت کند.

برقیگرهایی که برای جریان صاعقه شدید در رنج ولتاژی ۱ تا ۵۲ کیلوولت تحت فشار قرار می گیرند نیاز به آزمایش با شرایط عملکرد ویژه [1] را دارد. انرژی مورد نیاز به عنوان قابلیت پایداری حرارتی در نظر گرفته می شود که توسط موج جریان کلیدزنی به جای موج جریان طولانی مدت اعمال می شود. انرژی ویژه متغییر برقیگر متال اکسید جهت جریان صاعقه در شبکه بصورت نامشخص با کلاس تخلیه خط ۵ یا کلاس بالاتر مدنظر می باشد که برای شبکه های انتقال با ولتاژ $U_s = 765 \text{ kv}$ توصیه می گردد [2].

۷-۳) حفاظت در برابر کلیدزنی:

سطح حفاظتی کلیدزنی (U_{ps}) برای هماهنگی عایقی شبکه انتقال اهمیت بیشتری نسبت به شبکه فشار متوسط دارد و برای شبکه هایی با ولتاژ کمتر از 300 kv خطرساز نمی باشد. نکته اول در اینجا سطح حفاظتی صاعقه (U_{pl}) است و اگر لازم باشد سطح حفاظتی جریان موجی با شیب تند در زمانی که کلید خلا در شبکه موجود باشد، مطرح می گردد. ایمنی موثر برقیگر در شبکه همیشه نسبت به بهره برداری کامل سطح حفاظتی ترجیح داده می شود. نسبت حفاظت U_{pl}/U_c بصورت اساسی مطرح می گردد.

برای ایجاد یک حفاظت مطمئن و ایده آل ۲ نکته زیر را باید مدنظر قرار داد:

الف) نسبت کوچکت U_{pl}/U_c ، سطح حفاظتی کمتر با U_c یکسان و در نتیجه حفاظت بهتری را شامل می شود.

ب) برقیگر متال اکسید مناسب با U_c یکسان و یک کلاس تخلیه خط بالاتر، حفاظت مطمئن تری را در شبکه منجر می شود.

جمع بندی از آنچه بیان شد :

- ۱) مشخصات مورد نیاز جهت تعیین برقیگر:
 - بیشترین ولتاژ شبکه
 - فرکانس شبکه
 - رفتار مرکز ستاره ترانسفورماتور
 - ماکزیمم زمان خطای زمین
 - تجهیزات الکتریکی که ترانسفورماتور، کابل، بانک خازنی، ژنراتور و ... را حفاظت می کند.
 - سطح عایقی تجهیزات الکتریکی مورد حفاظت
 - جریان تخلیه نامی و کلاس تخلیه خط و ...
- ۲) حفاظت اضافه ولتاژ مناسب با توازن فنی_اقتصادی باید سبب کاهش موارد زیر گردد:
 - قطع شبکه ها و خطوط برق
 - ایجاد وقفه جهت یک پایداری ولتاژی مناسب
 - هزینه های ناشی از ایجاد وقفه در تولید انرژی
 - استحلاک عایقی تجهیزات الکتریکی
 - هزینه های ناشی از جایگزینی و ترمیم تجهیزات
 - نگهداری مداوم و ...

نتیجه گیری :

از آنچه در این مقاله گفته شد می توان نتیجه گرفت که :

Oxide surge arresters without gaps for a.c system

[2] IEC 60099-5, Edition 1.1 2000-03: Surge arresters-Part 5: Selection and application recommendations

[3] IEC 60071-2, Edition 3 1996-12: Insulation coordination- part 2: Application guide

[4] Protection of medium voltage and low voltage system against lightning, Part2: lightning protection of medium voltage systems. Ciyré – CIRED working group C4.402,2007

[5] Ciyré TB 287, February 2006: Protection of MV and LV Systems against lightning Part 1: Common Topics

[6] IEC 507, second edition 1991-04: Artificial pollution tests on high-voltage insulations to be used on a.c systems.

[7] IEC 815 , first edition 1988: Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions.

[8] ABB Switzerland Ltd/ Wettingen High Voltage Products Surge arresters/Jura strasse 45

4th revised and expanded edition: February 2009

(۱) وجود برقگیر در شبکه های توزیع اجتناب ناپذیر بوده و توجه به شرایط جابجایی و نصب آن که در شکل ۳ توضیح داده شده است، از اهمیت خاصی برخوردار است.

(۲) در انتخاب نوع برقگیر از لحاظ جنس می توان به کاهش نفوذ رطوبت و آلودگی به داخل برقگیر متال اکسید به دلیل عدم دارا بودن فاصله هوایی اشاره کرد که از بروز جریان نشتی در برقگیر جلوگیری می کند.

(۳) با در نظر گرفتن مسائل اقتصادی فاصله ی حفاظتی برقگیر باید با توجه به رابطه عنوان شده محاسبه و از نصب برقگیر اضافی صرفنظر نمود و همچنین با توجه به جدول ۲، در صورت استفاده از تیرهای با کراس آرم ارت شده فاصله حفاظتی را حدود ۲ برابر نسبت به تیرهای چوبی افزایش داد.

(۴) تاثیر ظرفیت خود خازنی تجهیزات شبکه، باعث ایجاد یک ولتاژ نوسانی و در نتیجه افزایش ولتاژ ترانسفورماتور می گردد که این مسئله در زمان به مدار آوردن بانک های خازنی تعمیم می یابد و افزایش اضافه ولتاژ را منجر شده و مستلزم کاهش فاصله حفاظتی می شود.

(۵) زمین کردن مناسب برقگیر به صورت ذکر شده در شکل ۳ و حتی المقدور کاهش مقاومت زمین در محل برقگیر به صورت مطلوب صورت گیرد ، چرا که سبب انتقال انرژی بیشتری از طریق برقگیر به زمین شده که پیامد آن افزایش اضافه ولتاژهای بوجود آمده در شبکه بر اثر اتصالی می باشد.

مراجع :

[1] IEC 60099-4, Edition 2.1 2006-07: Surge arresters-Part 4: Metal