بنام خدا

مقدمه

برقگیرها بایستی قادر به حفاظت تجهیزات برقی در مقابل تخریب در اثر صاعقه باشند ، از طرف دیگر نبایستی در اثر بروز اشکالاتی در شبکه (مثل کلیدزنی یا اتصال فاز با زمین و یا . . .) بی جا عمل نموده یا صدمه ببینند . در هر حال ، انتخاب باید جامع شرایط بوده ، همچنین صرفه اقتصادی نیز مورد توجه قرار گیرد . در این مقاله علاوه بر تحلیل اصول کار و ساختمان برقگیرهای اکسید فلزی (MOV) و مقایسه آنها با نوع متداول سیلیکون کار باید (SiC) ، پارامترهای مهم در برقگیر و نحوه انتخاب آن مورد تحلیل قرار می گیرند .

انواع برقگیر

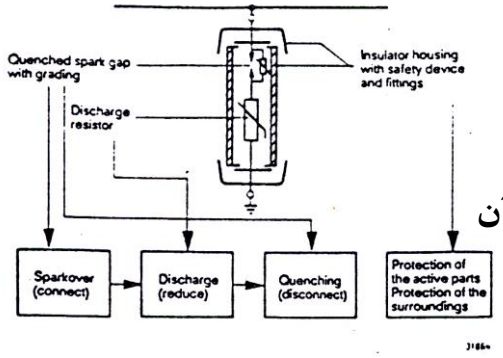
۱- فاصله هوائی

ابتدایی ترین روش حفاظت در مقابل صاعقه استفاده از « فاصله هوایی » بوده است (مانند شاخک برقگیر) که دو مشکل ایجاد می نماید . اولاً ، پس از گذر موج سیار جرقه پاک نمی شود و تا پایا ن نیم سیکل و یا قطع ولتاژ ادامه پیدا کرده و خط را اتصال کوتاه می نماید . در نتیجه پس از هر بار جرقه ، شبکه بایستی بی برق شده و مجدداً برقدار گردد . ثانیاً ، از آنجایی که همیشه در فاصله هوایی جرقه با تأخیر واقع می شود ، اضافه ولتاژی در فاصله هوایی ظاهر می گردد .

۲- سیلیکون کارباید

روش متداول حفاظت در مقابل صاعقه استفاده از برقگیرهای SiC (سیلیکون کاربابد) بوده است . در این برقگیرها تعدادی قرص SiC روی هم قرار گرفته و تعدادی فاصله هوایی نیز با قرصها سری می گردد (شکل ۱) .

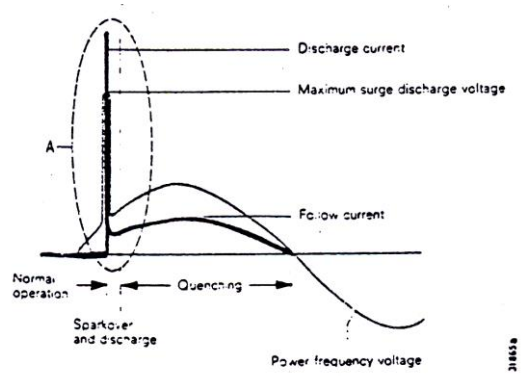
مواد SiC دارای مقاومت الکتریکی غیر خطی بوده و در جریانهای مختلف مقاومت های متفاوت از خود نشان می دهند .



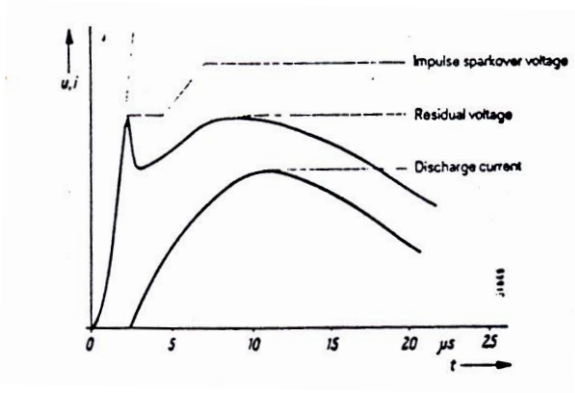
شکل ۱- مدل سازی برقگیر SiC و توابع آن

(در یک برقگیر ۲۴ کیلو ولتی حدود ۵۰ اهم در جریان A ۵۰۰ و درحدود ۲ اهم درجریان ۱۰۰ka) . این خاصیت موجب می شود که در ایمپالسهای با جریان زیاد ، ولتاژ دوسر برقگیر پایین نگه داشته شده و در نتیجه تجهیزات مورد حفاظت آسیب نبینند . از طرف دیگر برای اینکه در حالتهای عادی از عبور جریان در برقگیر جلوگیری شود ، فواصل هوایی مورداستفاده قرار می گیرند . پس از اعمال موج ضربه (یا اضافه ولتاژهای به اندازه کافی بزرگ) فاصله هوایی هادی شده و بارای الکتریکی را به زمین هدایت می نمایند . اما پس از گذر موج ضربه یا رفع اضافه ولتاژ ، جرقه در فاصله هوایی ازبین نرفته و تا پایان همان نیم سیکل از ولتاژ متناوب ادامه خواهد داشت . این جریان که « جریان متعاقب موج » نامیده می شود در حدود ۱۰۰ تا ۵۰۰ آمپر می باشد (شکل ۲) .

شکل ۳ جزئیات قسمت A در شکل ۲ را نشان می دهد .

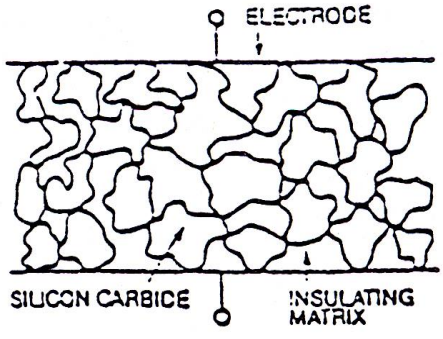


شکل ۲- تغییرات جریان و ولتاژ

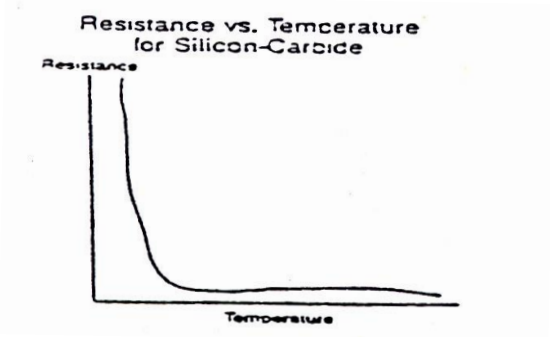


شکل ۳- جزئیات قسمت A از شکل ۲

اصول عملکرد غیر خطی بودن مقاومت در مواد SiC به این ترتیب است که در مدت زمان هدایت ضربه ، انرژی زیاد ضربه موجب حرارت شدید در مرز دانه های مادهٔ SiC شده (شکل ۴) و این باعث کاهش مقاومت می گردد(شکل ۵) ، و اجازه می دهد که موج ضربه با عبور از حداقل مقاومت وارد زمین شود . پس از گذر موج ضربه ، توده بلوک SiC مرزهای دانه ها را به سرعت خنک کرده و باعث افزایش سریع مقاومت بلوک می شود . این افزایش در مقاومت ، دامنه جریان متناوب شبکه را که متعاقب موج ضربه عبور می کند به چند صد آمپر تقلیل می دهد . فاصله هوایی به شکلی طراحی می شود که در اولین گذر جریان از صفر جریان را قطع نماید . فاصله هوایی و بلوک بگونه ای با هم عمل می نمایند که عملکرد مناسبی حاصل شود .

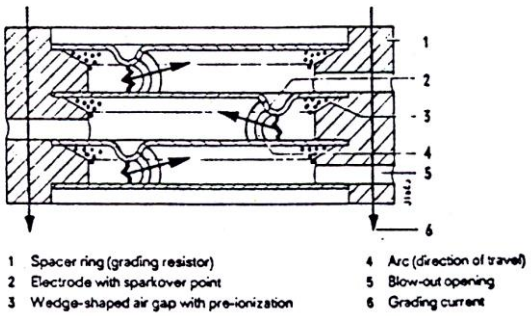


شکل ٤- ساختمان بلوک سیلیکون کارباید



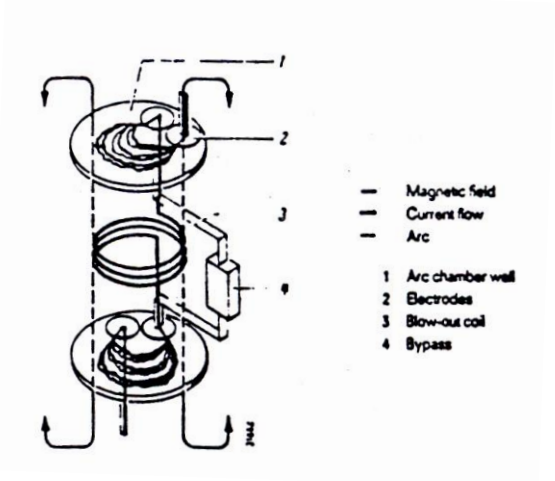
شکل ٥- مقاومت برحسب دمای سیلیکون کارباید

توزیع پتانسیل یکنواخت روی فاصله های هوایی سری شده با یکدیگر توسط مقاومتهای ساخته شده از جنس سرامیک و به شکل رینگ تأمین می گردد . شکل ۶ جزئیات ساختمان فاصله هوایی را نشان می دهد .

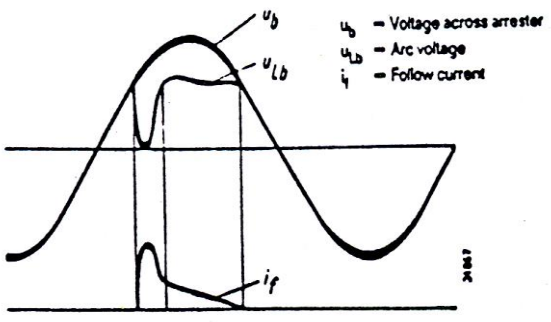


شکل ٦- فاصله هوایی نوع صفحه ای

در نوع مدرنتر برقگیرهای SiC برای کاهش تلفات در برقگیر که منجر به افزایش عمر و قابلیت اطمینان و تحمل بیشتر انرژی می گردد ، از روشهای مغناطیسی برای خاموش کردن جرقه در فاصله هوایی پس از گذر موج و در نتیجه قطع جریان متعاقب موج استفاده می شود . شکل ۷ ساختمان یک نمونه از این نوع برقگیرها و شکل ۸ شکل موج ولتاژ و جریان ر ا نشان می دهد .



شکل ۷



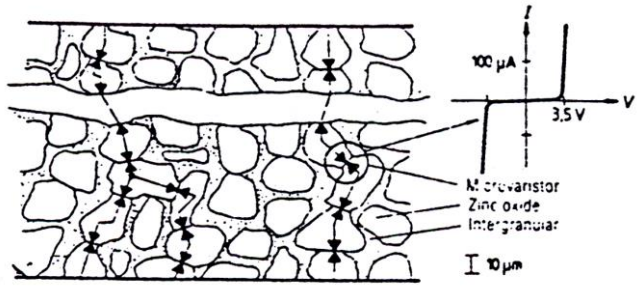
شکل ۸

برقگیر SiC ب اخاموش کن مغناطیسی ، سه برابر بیشتر از نوع معمولی قابلیت تحمل انرژی دارا می باشد ، زیرا تلفات « جریان متعاقب موج » به حداقل مقدار خود می رسد . این نوع برقگیرها در شبکه های با ولتاژ زیاد بکار می رفته است .

۳- اکسید فلزی

نوع مدرن برقگیرها دارای بلوکهائی با مقاومت الکتریکی غیرخطی و از جنس اکسید فلزات می باشد . این بلوکها به MOV مشهور هستند و به این علت که حدود ۹۵ درصد از مواد این بلوکها را اکسید روی تشکیل می دهد به آنها ZNO نیز گفته می شود .

اصول هدایت این نوع برقگیر بر اساس اثر واریستوری می باشد که از زینتر شدن اکسید روی با دیگر اکسیدهای فلزی حاصل می شود . شکل ۹ نشان دهندهٔ اصول ساده عملکرد واریستور می باشد . دانه های اکسید روی هادی خوبی هستند در حالی که اکسیدهای فلزی دیگر عایق خوبی هستند محل اتصال هر دو دانه اکسید روی در ناحیه ای به ضخامت ۱ نانومتر تشکیل یک میکرو واریستور را می دهد . هر میکرو واریستور دقیقاً با یک دیود زینر (با منحنی قرینه) قابل مقایسه می باشد که ولتاژ شکست آن حدود ۳/۵ ولت می باشد (۳/۲ تا ۳/۸ ولت) و تکنیک ولتاژ سد و حاملهای اقلیت و اکثریت و حفره و الکترون و همچنین الکترون ولت اکسید روی تعیین کننده این ولتاژ شکست می باشد .



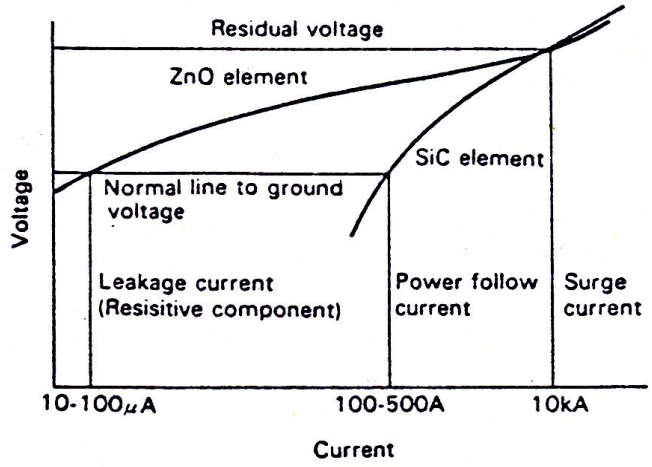
شکل ۹ – اصول ساختمان واریستور

در شکل ۹ منحنی مشخصه ولت آمپر هر میکرو واریستور مشاهده می گردد .

در مجموع عملکردهای هر بلوک واریستور اکسید فلزی حاصل عملکرد میکرو واریستورهای سری موازی می باشد و نتایج زیر قابل طرح می باشد .

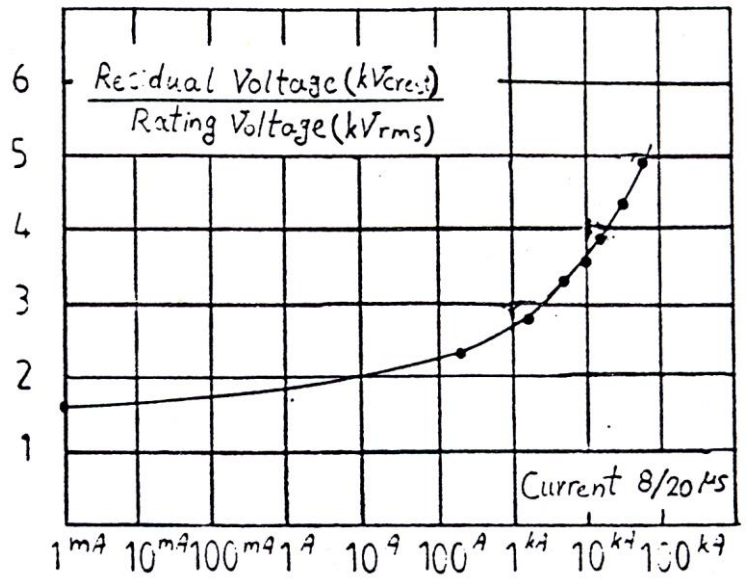
- ولتاژ هر میکرو واریستور مستقل از قطر هر دانه اکسید روی و حدود ۳/۵ ولت است .
- در یک ارتفاع مشخص از بلوک اکسید روی در صورت داشتن دانه های ریزتر ولتاژ هدایت بالاتری خواهیم داشت .
- دوبرابرکردن ارتفاع بلوک موجب دوبرابر شدن سطح حفاظتی می گردد زیرا تعداد میکرو واریستورهای سری شده دوبرابر شده است .
- دوبرابر کردن سطح مقطع بلوک موجب دو برابر شدن قابلیت عبور موج ضربه می گردد زیرا تعداد میکرو واریستورهای موازی شده یا تعداد مسیرهای موازی جریان دوبرابر شده است .
- دوبرابر شده حجم بلوک موجب تقریباً دوبرابرشدن قابلیت جذب انرژی می گردد . زیرا تعداد جذب کننده های انرژی دوبرابر شده است .
- قابلیت سری و موازی شدن میکرو واریستورها باعث کاربرد آنها در قدرتهای خیلی زیاد گردیده است ، در حالیکه در نیمه هادی هاحرارت فقط در محل اتصال p-n تلف شده و نیمه هادی ها براحتی بایکدیگر سری و موازی نمی گردند .
- ابعاد هر ذره اکسید روی بین ۱۰ تا ۱۰۰ میکرو متر و متناسب با نوع طاحی انتخاب می گردد.

- واریستور در ولتاژ نامی جریانی در حدود ۱۰۰ میکرو آمپر از خود عبور می دهد (شکل ۱۰) . بنابر این نیازی به وجود فاصله هوایی جهت قطع عبور جریان از بلوکها در شرایط کار عادی نمی باشد .
- بعلت عدم وجود فاصله هوایی ، تأخیر در پاسخ برقگیر به موجهای گذرا تقریباً به صفر می رسد (۲۵ nsec) .
- بعلت مشخصه واریستوری ، جریان متعاقب موج سیار بسیار ناچیز می باشد . (چند ده میکرو آمپر در مقایسه با نوع SiC که حدود ۵۰۰ آمپر می باشد .) بنابراین تلفات انرژی روی بلوکهای اکسیدروی کمتر از نوع SiC بوده و قابلیت جذب انرژی بیشتری را دارند (شکل ۱۰)



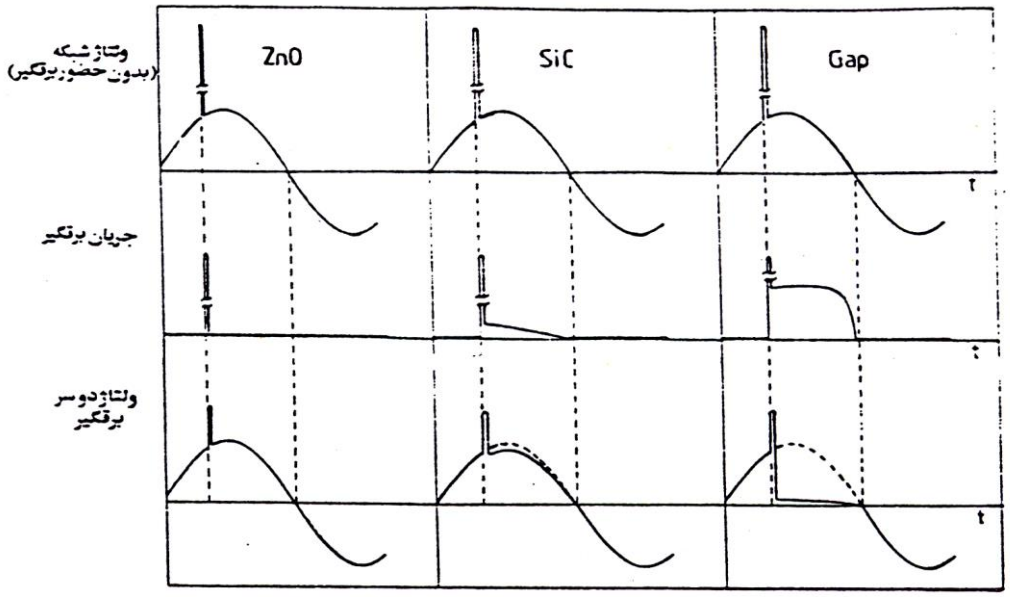
شکل ۱۰- مشخصات ولتاژ – جریان بلوکها ی ZnO وSiC

یک نمونه واقعی از برقگیر ^{KA}۱۰، ساخت کمپانی Mc Graw Edison دارای مشخصهٔ ولتاژ – جریانی مطابق شکل ۱۱ می باشد .



شکل ۱۱ - مشخصه ولتاژ جریان برقگیر ^{KA}۱۰، ساخت کمپانی Mc Graw Edison

شکل ۱۲ نشان دهنده جریان و ولتاژ برقگیرها در مقابل موج ضربه می باشد .



شکل ۱۲- جریان و ولتاژ انواع برقگیر در مقابل موج ضربه

❐ واریستورهای ZnO در شرایط زیر آسیب می بینند :

۱- ایمپالس جریان زیاد و تلفات بیش از حد انرزی در عنصر عنصر ZnO موجب تخریب برقگیر می شود .

۲- اضافه بار دائمی باعث تخریب اتصال p-n بین دانه های اکسیدروی شده و در نتیجه موجب امتزاج دانه های منفصل اکسیدروی می گردد . در نهایت فقط مقاومت تودهٔ اکسیدروی باقی می ماند که بصورت یک جسم هادی عمل می نماید .

۳- اضافه بار محدود و دائمی باعث تخریب برگشت ناپذیر قسمتی از عناصر میکرو واریستور شده و مشخصه ولتاژ جریان بلوک ZnO را تغییر می دهد (مشخصه را مقداری شیفت می دهد) . در صورتی که این مورد اتفاق بیفتد معمولاً ولتاژ واریستور در جریان ثابت ۱۰٪ کاهش می یابد .

۴- چنانچه برقگیر دچار اضافه بار شود و خطا بسرعت برطرف نگردد ، واریستور ضایع خواهد شد . مثلاً هنگامی که بین خطی با ولتاژ بالا با خطی با ولتاژ کمتر یک اتصالی واقع شود (بعنوان مثال اتصالی خط ۶۳^{kv} با خط ۲۰^{kv}) واریستور خط با ولتاژ کمتر داغ شده و تخریب می گردد . در چنین موقعیتی ایزولاتور نیز شکسته و یا منفجر می شود . بنابراین برای جلوگیری از خطرات احتمالی می بایست پیش بینی های لازم انجام شود .

انتخاب برقگیر

برقگیرها عمدتاً برای حفاظت ترانسفورماتورها بکار می روند . آنها همچنین حفاظت کابل های فشار قوی را نیز بعهده می گیرند . برقگیرها با وسیله تحت حفاظت موازی

می شوند . این کار عموماً با قرار گرفتن بین فاز و زمین انجام می گیرد . برقگیرها می بایست هرچه نزدیک تر به وسیله تحت حفاظت نصب شوند .

پارامترهای مهم در انتخاب برقگیر عبارتند از :

الف) ماکزیمم ولتاژ کار دائم MCOV

ب) ولتاژ نامی U_r

ج) جریان تخلیهٔ نامی (۸/۲۰μsec)

د) ماکزیمم جریان ضربه قابل تحمل (۴/۱۰ μsec)

هـ) ماکزیمم جریان قابل تحمل با زمان زیاد (۲ μsec)

و) قابلیت تحمل جذب انرژی W

حال این پارامترها را به ترتیب مورد بررسی قرار می دهیم :

الف) ماکزیمم ولتاژ کار دائم MCOV

از آنجا که برقگیر بین فاز و زمین بسته می شود ، ولتاژ کار دائم روی برقگیر به میزان ۱/ $\sqrt{۳}$ برابر ولتاژ خط می باشد . معمولاً برای این مقدار ضریب اطمینانی در نظر گرفته می شود . حداقل ضریب اطمینان ۱/۰۵ می باشد .

$$MCOV > ۱/۰۵ \times U_1 / \sqrt{۳} \qquad (۱)$$

بنابراین در شبکه ^{kv} ۲۰ که ماکزیمم ولتاژ شبکه ^{kv} ۲۴ می باشد :

$$upn = ۲۴ / \sqrt{۳} = ۱۳/۸۶ \ ^{kv}$$

و حداقل MCOV عبارتست از :

$MCOV > ۱/۰۵ \times ۱۳/۸۶$

$MCOV > ۱۴/۵۵ \, kv$

مقدار MCOV برحسب « کیلوولت مؤثر » داده می شود .

- سازندگان برقگیر تولیدات خود را به مدت ۱۰۰۰ ساعت تحت ولتاژ MCOV ۱/۰۵ قرار می دهند و تلفات برقگیر را در ابتدا وانتهای مدت آزمایش اندازه گیری می کنند ، درصورتی که تلفات تغییر نکرده باشد برقگیر تأیید می شود .

ب) ولتاژ نامی Ur

مقدار ولتاژ نامی به چند عامل بستگی دارد ، از جمله :

۱- اضافه ولتاژ موقتی (TOV) ناشی از اتصال کوتاه خط با زمین یا قطع بار و در نتیجه افزایش ولتاژ شبکه .

۲- ضریب اتصال کوتاه (C_E)

۳- زمان قطع شدن خطاهای اضافه ولتاژ

با توجه به عوامل مذکور ، ولتاژ نامی از رابطه تقریبی زیر محاسبه می شود :

$$Ur \approx ۱/۲۵ \, MCOV \qquad (۲)$$

برای روشن شدن مطلب به تعاریف و توضیحا تزیر می پردازیم :

ب - ۱- اضافه ولتاژ موقتی TOV

❐ در حالت اتصال یک فاز با زمین ولتاژ فازهای سالم بسته به نوع اتصال زمین صفر شبکه بالا می رود . ولتاژ دو فاز سالم که افزایش می یابد برابر خواهد بود با :

$$U = C_E \times U_1 / \sqrt{3} \qquad (3)$$

که در آن C_E ضریب اتصال کوتاه (بعداً توضیح داده خواهد شد) می باشد .

❐ در حالت قطع بار ضریب اضافه ولتاژ در زمان عملکرد رله از جدول (۱) بدست می آید .

تغذیه خط	ضریب اضافه ولتاژ در اثر قطع بار C_E	زمان پاک شدن یا رفع خطا
پست ترانسفورماتوری با قدرت اتصال کوتاه زیاد	۱/۰۵	۱۰-۶۰ sec
پست ترانسفورماتوری با قدرت اتصال کوتاه کم	۱/۲۰	۱۰-۶۰ sec
ترانسفورماتور نیروگاه توربینی	۱/۴۰	۳ sec
ترانسفورماتور نیروگاه آبی	۱/۵۰	۳ sec

جدول ۱

❐ در صورتی که احتمال وقوع اتصال کوتاه و قطع بار بطور همزمان وجود داشته باشد .

$$TOV = C_L \times C_E * U_1 / \sqrt{3} \qquad (4)$$

❐ برقگیرها اضافه ولتاژ را برای مدت کوتاهی تحمل می نمایند .

بطور معمول برقگیر ها MCOV را دائماً ، ۱/۱ تا ۱/۲ برابر MCOV را به مدت ۳ ساعت ، ۱/۳ برابر MCOV را به مدت ۱۰ ثانیه و ۱/۵ برابر MCOV را به مدت ۰/۱

ثانیه تحمل می نماید . سازندگان برقگیر نیز معمولاض منحنی تحمل اضافه ولتاژ برقگیر را نسبت به زمان اعمال آن ارائه می نمایند .

- در حالت کلید زنی چنانچه رزنانس ایجاد شود ، روی خط نوساتی با ولتاژ زیاد بوجود می آید . برقگیر برای حذف اضافه ولتاژ رزنانسی پیش بینی نمی گردد و این اضافه ولتاژ بایستی به روشهای دیگری پیشگیری می شود . این اضافه ولتاژ معمولاً در اثر عملکرد غیر همزمان قطبهای دیژنکتور ایجاد می گردد و نباید مبنای انتخاب TOV برقگیر باشد بلکه بایستی با طراحی مناسب شبکه از ایجاد ان جلوگیری کرد . این وضعیت در شبکه های ۴۰۰ kv و ابلاتر بسیار حائز اهمیت است .

ب - ۲ – ضریب اتصال زمین C_E

مقدارC_E متناسب با مقاومت و راکتانس مؤلفه های توالی صفر و مثبت و منفی سیستم بین ۱/۲ تا ۱/۷ می باشد .

در شبکه های توزیع اگر صفر آنها مستقیماً زمین شده باشد ، C_E عملاً ۱/۴ در نظر گرفته می شود و چنانچه صفر آنها زمین نشده یا غیر مستقیم زمین شده باشد ، C_E = ۱/۷ انتخاب می شود (برای بدست آوردن اعداد دقیقتر به ضمیمه **A** از استاندارد IEC – TC37/85 – 1992 مراجعه نمائید) .

ب – ۳ – ولتاژ نامی برقگیری که برای MCOV مشخصی طراحی شده است و منحنی TOV آن نیز موجود است بدین ترتیب تعریف می شود ، ولتاژ نامی برقگیر کوچکتر یا مساوی با اضافه ولتاژ موقتی قابل تحمل در ۱۰ ثانیه می باشد .

ب – ۴ – جهت تعیین ولتاژ نامی مناسب ، ابتدا اضافه ولتاژ موقتی شبکه را تعیین می نماییم و سپس به کمک رابطه (۵) معادل ۱۰ ثانیه ای اضافه ولتاژهای موقتی را محاسبه می کنیم :

$U_e = U_T (T/۱۰)^{٪۲}$ (۵)

که درآن : U_T اضافه ولتاژ موقتی شبکه

T زمان بقای این اضافه ولتاژ بر روی سیستم

و U_e اضافه ولتاژ موقتی معادل ۱۰ ثانیه ای می باشد .

❐ به عنوان مثال اگر در یک شبکه ۲۰ کیلو ولتی اضافه ولتاژ موقتی ۴۵ کیلو ولت ر ابه مدت ۰/۵ ثانیه داشته باشیم آنگاه :

$U_T = ۴۵/ \sqrt{۳} = ۲۶ \text{ kv}$

اضافه ولتاژ موقتی بین فاز وزمین که به مدت ۰/۵ ثانی هروی شبکه باقی می ماند .

$U_e = ۲۶ (۰/۵/۱۰)^{٪۲} = ۲۴/۵ \text{ kv}$ معادل ۱۰ ثانیه ای

به این معنی که ۲۴/۵ کیلوولت به مدت ۱۰ ثانیه همان تلفاتی را روی برقگیر ایجاد می نماید که ۲۶ کیلو ولت به مدت ۰/۵ ثانیه .

بنابراین در شبکه ۲۰ کیلو ولتی فوق که اضافه ولتاژ موقتی ۴۵ کیلو ولت را به مدت ۰/۵ ثانیه خواهد داشت ، ولتاژ نامی برقگیر بایستی بزرگتر یا مساوی ۲۴/۵ کیلوولت باشد .

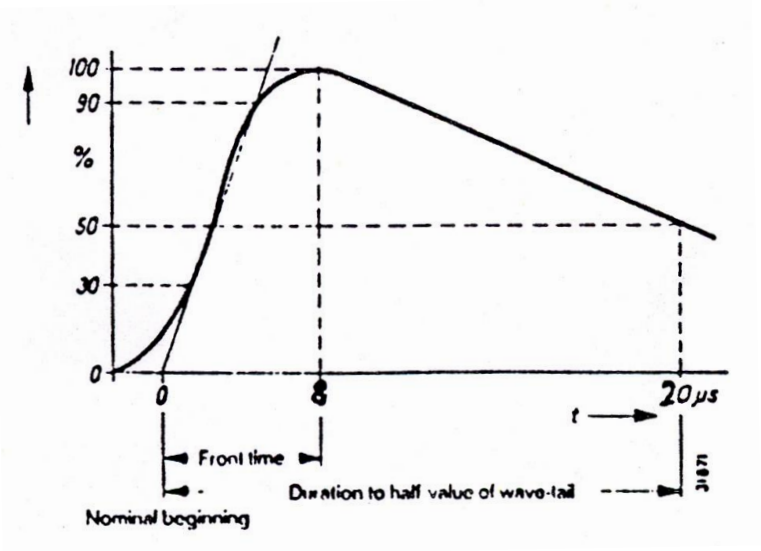
❐ ولتاژ نامی برقگیر بایستی بزرگتر یا مساوی اضافه ولتاژ موقتی معادل ۱۰ sec سیستم انتخاب شود .

$$U_r \geq TOV_{(10\ sec)} \qquad (۶)$$

(توضیخات کاملتر در استاندارد IEC – TC 37/85 -1992)

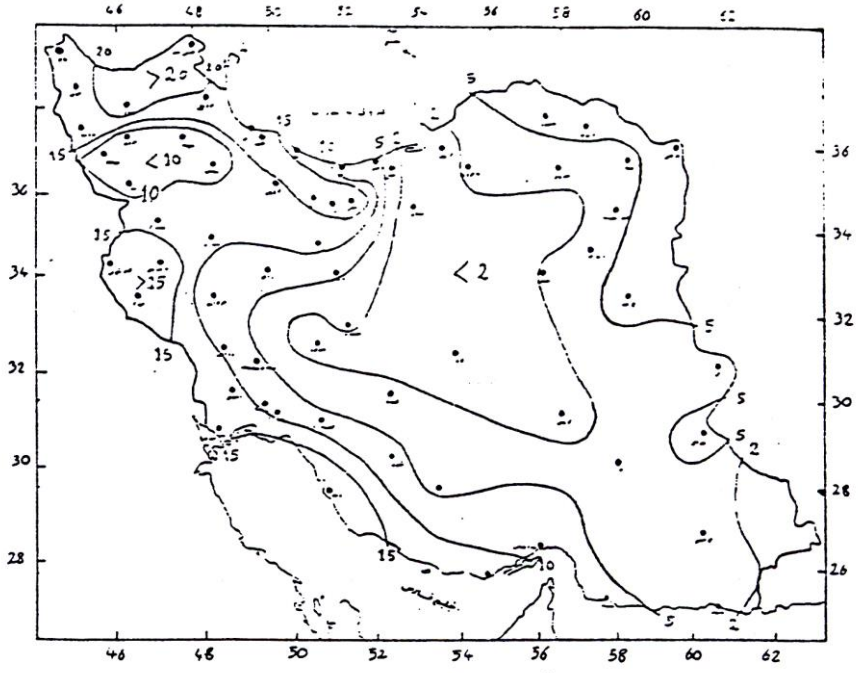
ج) جریان تخلیه نامی I_n

جریان تخلیه نامی جریان ایمپالسی است با « زمان صعود » ۸ میکرو ثانیه و « زمان نزول به نصف ماکزیمم » ۲۰ میکرو ثانیه ، که برقگیر بایستی به دفعات قادر به تحمل آن باشد . بدین ترتیب I_n پیک شکل موجی مطابق شکل ۱۳ خواهد بود . طبق استاندارد برقگیر بایستی ۲۰ موج ضربه I_n را در ۶ گروه سه پالسه و هر پالس به فاصله زمانی ۱ دقیقه را تحمل کرده و آسیبی نبیند (هرگروه سه پالسه با گروه سه پالسه بعدی باید به اندازه ای فاصله زمانی داشته باشد که قرص برقگیر به اندازه کافی خنک شود) .



شکل ۱۳ – شکل ایمپالس استاندارد $8/20\mu sec$

برقگیرهای خطوط توزیع و انتقال با ۴ رنج جریان نامی ۵ ، ۱۰ ، ۱۵ و ۲۰ کیلو آمپر ساخته می شوند . در سیستم توزیع عموماً برقگیر kA ۵ استفاده می شود . اما در مناطقی که تعداد روزهای رعدوبرقی و یا تعداد صاعقه در سال زیاد باشد ، برقگیرهای ۱۰ کیلوآمپری نیز بکار می ر وند . عدد نشان دهنده تعداد صاعقه ، IKL می باشد .



شکل ١٤- منحنی های ایزوکرونیک سالیانه ایران

نقشه های IKL برای ایران وجود دار دو می توان مناطق پرصاعقه ر اجستجو نمود . مناطقی که IKL > ۱۲ داشته باشند پرصاعقه محسوب شده و بهتر است در خطوط توزیع هوایی آنها برقگیر 10kA نصب گردد (شکل ۱۴) .

برقگیرهای 10kA بالاتر از کلاس ۱ ، همچنین برقگیرهای kA ۱۵ و kA ۲۰ در خطوط انتقال بکار می روند .

❐ در کابلهای متصل به خطوط هوایی ، اگر طول کابل کمتر از ۱۰۰۰ متر باشد در هـر دو سر کابل و اگر طول کابل بیشتر از ۱۰۰۰ متر باشد در یک طرف کابل برقگیـر ۱۰ kA نصب خواهد شد .

د) ماکزیمم جریان ضربه قابل تحمل (٤/١٠ µsec)

ماکزیمم جریان ایمپالسی است با « زمـان صـعود » ۴ میکروثانیـه و « زمـان نـزول بـه نصـف مقدار » ۱۰ میکروثانیه که برقگیر بایستی در حالی کـه قرصـهای داخلـی آن تـا ۶۰°c گـرم شده اند ، یکبار قادر به تحمل آن باشدو سپس به مدت ۱۰ ثانیه ولتاژ نـامی و بعـد از آن بـه مدت نیم ساعت ولتاژ MCOV را نیز باید بتواند تحمل نمایـد و در اثـر حـرارت تخریـب نشود و پایداری حرارتی تضمین گردد .

این جریان را استاندارد ICE برای برقگیرهای ۵kA بـه میـزان ۶۵kA وبـرای برقگیرهـای ۱۰kA به میزان ۱۰۰kA توصیه نموده است .

هـ) ماکزیمم جریان قابل تحمل با زمان زیاد (۲ µsec)

بارهای انباشته شده بر روی خط انتقال در هنگام وصل کلید باعث عبـور جریـان از برقگیـر نصب شده در انتهای یک خط باز می گردد که دامنه جریان متناسب با ولتاژ شـارژ خـط و زمان عبور این جریان متناسب با طول خط می باشد (بعداً توضیح داده می شود) .

❐ مقدار این جریان به توصیه استاندارد ICE برای برقگیر ۵kA برابر ۷۵A و زمان آن ۱۰msec و برای برقگیر ۱۰kA کلاس ۱ (که در سیستم توزیع بکار می رود) برابر ۱۲۵A و زمان آن ۲ msec می باشد .

و) قابلیت تحمل جذب انرژی W

قابلیت جذب انرژی اصولاً مختص فشارهای ناشی از وصل کلید در انتهای باز خطوط انتقال طویل می باشد . برقگیری که در انتهای باز خط نصب می شود ، می بایست توانایی جذب بارهای انباشته شده روی خط انتقال را داشته باشند .

و - ۱ – انرژی تلف شده در برقگیر از رابطه زیر بدست می آید :

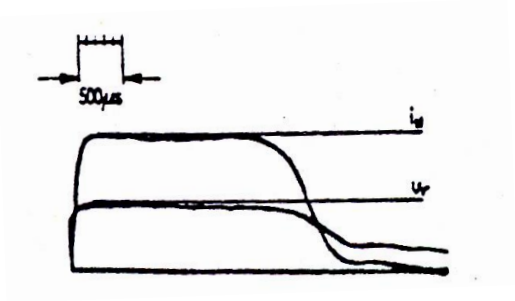
$$W = \int U.I.dt \qquad (۷)$$

که در آن I جریان تخلیه بوده که ازطریق برقگیر به زمین منتقل می گردد .

و V ولتاژ دوسر برقگیر در حالتی است که جریان I از آن عبور می نماید .

از آنجا که « کلاس تخلیه » همچنین « قابلیت جذب انرژی » پارامترهای نشان دهنده رفتار برقگیر در مقابل « موج ضربهٔ کلیدزنی » بوده واین موج دارای زمانی طولانی (حدود ۲ میلی ثانیه) است ، در نتیجه شکل موج شبیه موج مربعی شده (شکل ۱۵) و رابطه ۷ به شکل زیر خلاصه می گردد

$$W = U.I.t \qquad (۸)$$



شکل ۱۵ – جریان و ولتاژ تخلیه بلند مدت

و – ۲ – جهت محاسبه انرژی به روش زیر عمل می کنیم .

و – ۲ – ۱ – t : زمان عبور موج سوئیچینگ از داخل برقگیر بوده وبر حسب μsec بیان می شود . این زمان دوبرابر زمان انتشار موج می باشد یعنی :

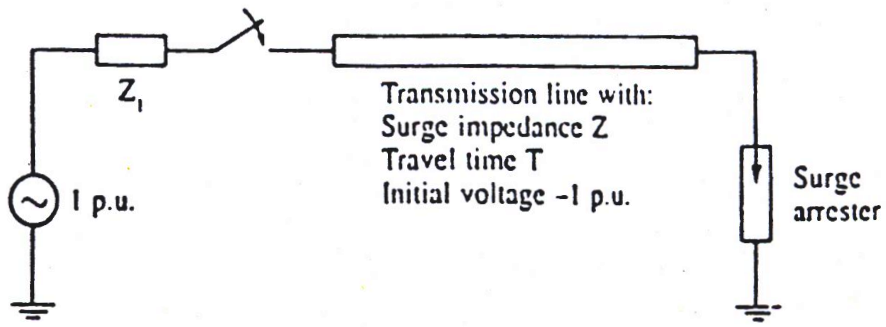
$$t = ۲T \qquad (۹)$$

زمان انتشار موج در خطوط هوایی با توجه به سرعت انتشار موج که نزدیک به سرعت نور (۰/۳ km / μsec) می باشد . از رابطه زیر بدست می آید :

$$T\ [\mu sec] = 1\ [km] / ۰/۳$$

این رابطه برای کابلها بفرم زیر در می آید ، چرا که سرعت انتشار موج در کابلها تقریباً نصف سرعت نور است .

$$T = 1 / ۰/۱۵$$



شکل ۱۶ – مدل تکفاز ساده سیستم

و – ۲ – I : جریان موج کلید زنی است که از برقگیر عبور کرده و مقدار آن از رابطه ۱۰ برحسب kA بدست می آید .

$$I = U_1 - U_{res} / Z \qquad (۱۰)$$

که در آن U_1 = پیک ولتاژ شارژ خط در حالت کلید زنی (برحسب kV) در حالتی که برقگیر وجود نداشته باشد .

U_{res} « ولتاژ تخلیه » یا « ولتاژ باقیمانده » روی برقگیر در حالت عبور موج کلید زنی (برحسب kV)

Z = امپرانس خط بر حسب Ω

مقادیر Z و U_1 برای خطوط مختلف به تقریب از جدول زیر بدست می آید :

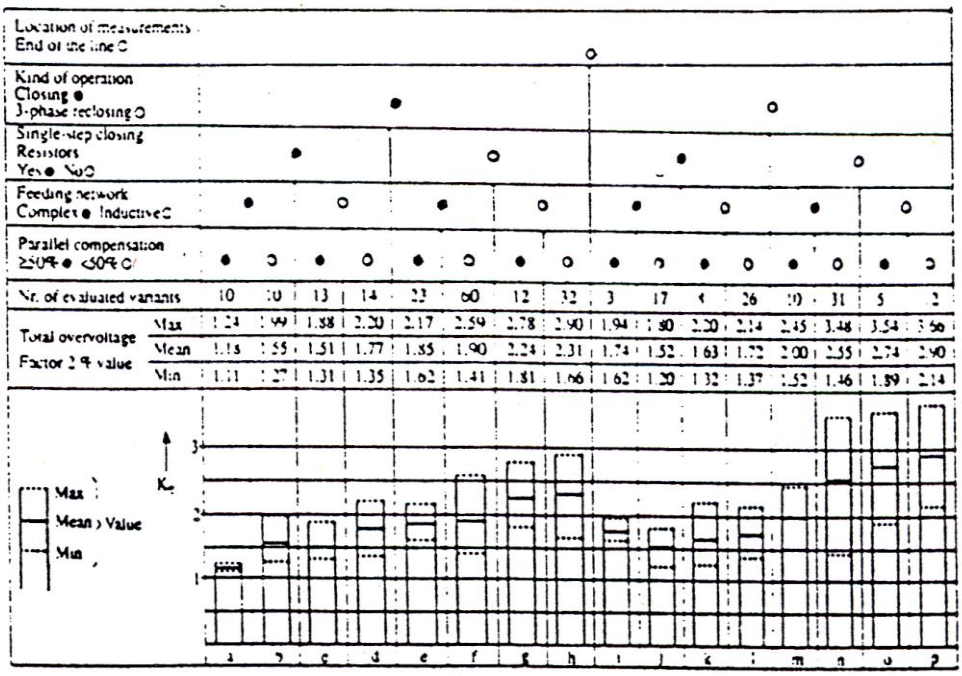
U_m [kv]	≤ ۲۴۵	۲۴۵ – ۳۰۰	۳۰۰ – ۴۲۰	۴۲۰ – ۵۲۵	۵۲۵ – ۷۶۵
Z [Ω]	۴۵۰	۴۰۰	۳۵۰	۳۲۵	۳۰۰
U_1 [p.u.]	۳	۳	۲/۸	۲/۶	۲/۲

جدول ۲

مقدار U_1 بصورت p.u . نسبت به U_m داده شده است و

$$p.u. = \sqrt{۲} \times Um / \sqrt{۳}$$

ولتاژ شارژ خط در موار دخاص می تواند بطور دقیق از جدول زیر استخراج شود . این جدول توسط شرکت CIGRE انتشار یافته است و تأثیر ضریب قدرت شبکه و اصلاح کننده های موازی با خط و نوع کلید زنی را در مقابل U_1 نشان می دهد .



جدول ۳

و – ۲ – ۳ – U : در رابطه ۸ .U همان U_{res} است و آن ولتاژ تخلیه در حالت عبور موج جریان از برقگیرمی باشد . مقدار U_{res} برای جریانهای مختلف متفاوت بوده و سازندگان برقگیر مقادیر U_{res} را برای جریانهای مختلف ارائه می نمایند .

و– ۲ – ۴ – W : انرژی تلف شده روی برقگیر (برحسب J) می باشد .

و– ۲ – ۵ – W : به عنوان « قابلیت جذب انرژی » تعریف می گردد و مقدار آن از رابطه زیر بدست می آید .

$$W' = W / U_r \qquad (۱۱)$$

که در آن U_r ولتاژ نامی برقگیر برحسب kV بوده و W´ برحسب kJ / kV $_{rating}$ بدست می آید .

و- ۳ : به عنوان مثال در یک خط ۲۳۰ کیلوولتی به طول ۱۵۰ کیلومتر ، اگر برقگیر با ولتاژ نامی ۲۰۰ kV نصب شود ، در صورتی که در حالت کلیدزنی خط تا ۴ برابر پیک ولتاژ شبکه شارژ گردد ، مقدار تلفات انرژی پس از هر بار کلید زنی بدین صورت محاسبه می شود . (براساس اطلاعات سازنده برقگیر ، ولتاژ باقیمانده در هنگام عبورجریان کلیدزنی ۱/۴ برابر ولتاژ نامی (rms) برقگیر فرض می شود) .

$$W = U.I.t$$

$$U_{res} = ۱/۴ \times ۲۰۰ = ۲۸۰ kV$$

$$I = \frac{U_1 - U_{res}}{Z} \Rightarrow I = \frac{۴ \times \frac{\sqrt{۲} \times ۲۳۰}{\sqrt{۳}} - ۲۸۰}{۴۵۰} = ۱/۰۴۷ kV$$

$$t = ۲T = ۲ \times \frac{1}{۰/۳} \quad t = \frac{۲ * ۱۵۰}{۰/۳} = ۱۰۰۰ \mu sec$$

$$W = ۲۸۰ \times ۱/۰۴۷ \times ۱۰۰۰ = ۲۹۳۱۶۰ J$$

$$W = \frac{۲۹۳۲۶۰}{۲۰۰۰۰۰} = ۱/۴۷ kJ / kV_{raning}$$

بنابراین برای یک ایمپالس کلید زنی (با فاصله ۱۵ دقیقه از ایمپالس قبلی و بعدی جهت تبادل حرارتی) مقدار $۱/۴۷ kJ / kV_{raning}$ کافی می باشد . ولی اگر برقگیر $۸ kJ / kV$ داشته باشیم ، در موقعیت مشابه می تواند حداقل ۵ ایمپالس کلید زنی متوالی (به فاصله کوتاه) را تحمل نماید .

رابطه ۸ را می توان بشکل زیر بسط داد :

$$W = U_{res} \frac{U_1 - U_{res}}{Z} \times ۲\, T \qquad (۱۲)$$

بنابرا ین رابطهٔ W' به شکل زیر خواهد شد :

$$W' = \frac{U_{res}}{U_r} \times \frac{U_1 - U_{res}}{Z} \times ۲T \qquad (۱۳)$$

که در آن : W' انرژی مخصوص برحسب J/kV_{rating}

U_{res} = ولتاژ تخلیه برقگیر در حالت عبور موج کلید زنی برحسب kV

U_r = ولتاژ نامی برقگیر (rms) برحسب kV

U_1 = ولتاژ شارژ خط در حالت کلیدزنی برحسب kV

Z = امپرانس خط بر حسب Ω

I = طول خط بر حسب کیلومتر

و – ۴ – استاندارد IEC 99-4 / 1997 این رابطه را به شکل زیر داده است :

$$W' = \frac{U_{res}}{U_r} \cdot \left| \frac{U_1}{U_r} - \frac{U_{res}}{U_r} \right| \cdot \frac{U_r}{Z} .t \qquad (۱۴)$$

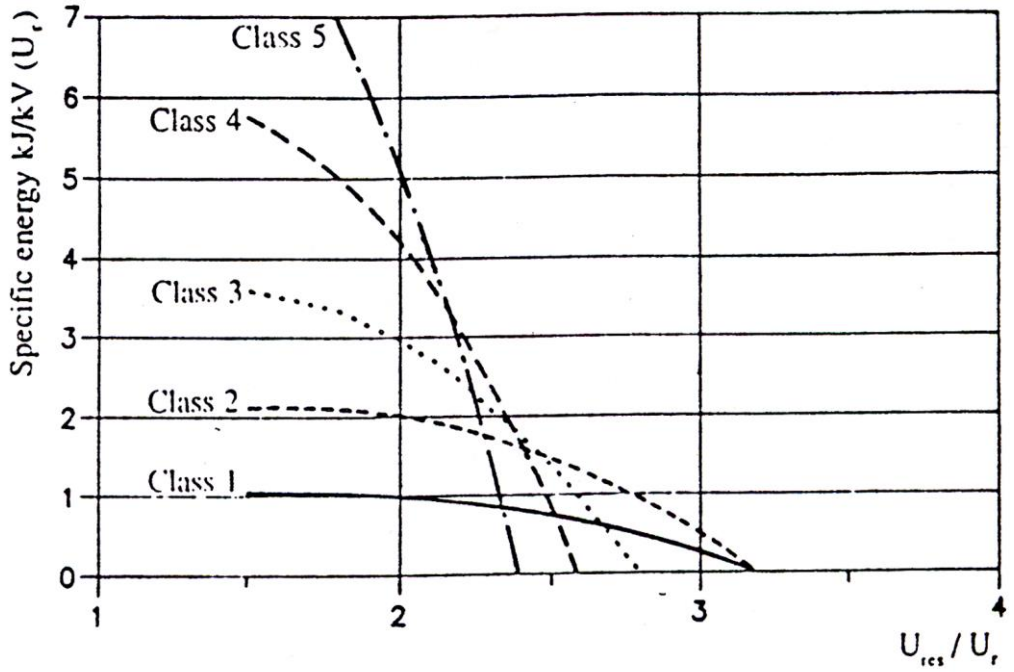
مقادیر و تعاریف آنها مطابق رابطه ۱۳ می باشند .

و – ۵ – کلاس تخلیه :

برقگیرها را مطابق منحی شکل ۱۷ دسته بندی می نمایند (این منحنی ANNEXE از استاندارد IEC 99-4 /1997 می باشد) .

با داشتن W' بر حسب kJ / kV_{raning} ، همچنین نسبت $\frac{U_{res}}{U_r}$ می توان تشخیص داد که چه کلاس تخلیه ای لازم است و سپس اولین کلاس تخلیه بالاتر را انتخاب نمود .

Absorbed specific energy kJ / kV for IEC line discharge classes



شکل ۱۷ – نمودار تعیین کلاس تخلیه برقگیر

و – ۶ – برای برقگیرهای kA ۵ و پایین تر معین نمی شود ولی برقگیرهای ۱۰ ، ۱۵ و ۲۰ کیلوآمپری را بر حسب قابلیت تحمل انرژی دسته بندی می نمایند . برقگیرهای سیستم توزیع حداکثر کلاس ۱ می باشند و کلاس ۲ و بالاتر مخصوص برقگیرهای نوع پست است .

همانگونه که در قسمتهای پیش نیز بیان شد ، استاندارد IEC جریان تخلیه کلیدزنی را برای برقگیرها kA ۵ حداقل A ۷۵ و زمان آنرا msec ۱ ، همچنین برای برقگیرهای kA ۱۰ کلاس ۱ به میزان حداقل A ۱۲۵ و زمان آنرا (msec) ۲ پیشنهاد نموده است .

به نام خدا

عنوان تحقیق :

برقگیرهای اکسیدروی Zno

&

استاندارد برقگیرها

استاد : جناب آقای مهندس هوشی

درس : طراحی و توسعه شبکه

تهیه کننده : حبیب اله دیناری

دانشجوی کارشناسی ناپیوسته برق