ارائه راههای جلوگیری از ترکیدن برقگیرهای فشار متوسط

هاشم علیپور
شرکت برق منطقه ای فارس
دفتر فنی انتقال
ایران

منصور زارع
شرکت برق منطقه ای فارس
امور دیسپاچینگ و مخابرات
ایران

حسین محسنی
دانشکدهٔ فنی دانشگاه تهران
گروه برق و کامپیوتر
ایران

واژه های کلیدی

برقگیر ، آلودگی ، اضافه ولتاژ ، آزمایش

چکیده

استقامت الکتریکی تجهیزات فشار قوی مستقیماً به اندازهٔ ولتاژ بستگی دارد . یکی از مهمترین وسیله برای حفاظت عایقی تجهیزات شبکه ، برقگیر می باشد . متأسفانه برقگیرهای مورد استفاده در شبکه فشار متوسط فارس و بوشهر (هر دو نوع اکسید فلزی و سیلیکن – کاربید) به دلایل نامشخصی مرتباً دچار حادثه می شوند . هدف از ارائهٔ این مقاله بررسی رفتار برقگیرهای مورد استفاده در شبکه از نظر تئوری و عملی می باشد ، که در بررسی تئوری شبکه با استفاده از نرم افزارهای EMTP , MATLAB بطور کامل شبیه سازی شده و در بررسی عملی نیز رفتار برقگیرها تحت چند آزمایش مهم در آزمایشگاه فشار قوی دانشگاه تهران تجزیه و تحلیل می شود . نهایتاً با توجه به فراگیر بودن مشکل برای کل شبکه توزیع ایران ،علل ترکیدن برقگیرها و راهکارهای مناسب ارائه خواهند شد .

1 – طرح مسأله

بروز پدیده اضافه ولتاژ در شبکه های برق امری اجتناب ناپذیر است ، از آنجا که استقامت عایقی تجهیزات با توجه به استانداردهای مربوطه نه بر اساس حداکثر اضافه ولتاژ بوجود آمده در شبکه تعیین می شوند ، لذا ضروری است از تجهیزات کمکی جهت حفاظت عایقی استفاده شود . برقگیر مهمترین وسیله حفاظتی عایق تجهیزات در مقابل اضافه ولتاژ می باشد . بنابراین در صورتیکه برقگیرها وظیفهٔ اصلی خود را انجام ندهند خسارات فراوان به شبکه وارد خواهد شد .

با توجه به اینکه بررسی و مطالعات رفتار برقگیرها تا حدود زیادی به توپولوژی شبکه و محل جغرافیائی نصب بستگی دارد و قبلا" نیز چنین کاری در برق فارس انجام نشده ، لذا در این پروژه سعی شده رفتار برقگیرهای موجود بطور جامع از طریق تئوری و عملی بررسی گردند .

2 – شبیه سازی عملکرد برقگیرها

از آنجا که بررسی عملکرد برقگیرها تحت شرایط مختلف ضروری بوده ، شبکه فشار متوسط فارس و بوشهر با دقت بسیار بالائی با استفاده از نرم افزار توانای EMTP شبیه سازی شده و رفتار برقگیرها تحت انواع اضافه ولتاژها مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرند . اضافه ولتاژهای بوجود آمده در شبکه به دو صورت هستند :

– : اضافه ولتاژهای گذرا

– : اضافه ولتاژهای موقت

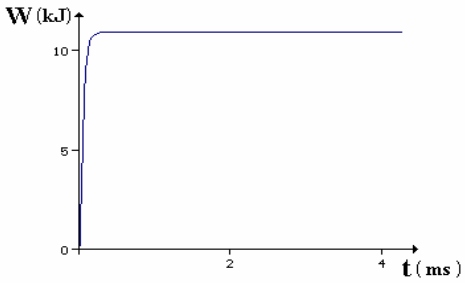
3 – اضافه ولتاژهای گذرا

اضافه ولتاژهای گذرا به دو دسته داخلی و خارجی تقسیم می شوند . اضافه ولتاژهای داخلی ناشی از کلیدزنی بوده که در شبکه های فشار متوسط هنگام برقدار کردن خط به شرط مناسب بودن کلید اهمیت چندانی ندارند (در شبکه های فشار قوی مهمترین اضافه ولتاژ اضافه ولتاژ ناشی از کلید زنی بخاطر خاصیت خازنی و طول بلند خطوط است) . بنابراین در این پروژه حساسیت اصلی بر روی اضافه ولتاژهای خارجی است .

منشاء اضافه ولتاژهای خارجی بیرون از سیستم بوده ، که مهمترین نوع اضافه ولتاژ خارجی برخورد مستقیم صاعقه به خط و یا سایر تجهیزات می باشد . ماهیت صاعقه در واقع جریان بوده که این جریان با توجه به امپدانس موجی خط ، اضافه ولتاژ پدید می آورد . هرچقدر دامنهٔ جریان صاعقه بزرگتر باشد میزان اضافه ولتاژ بوجود آمده نیز افزایش می یابد . بررسی و تحقیقات فراوان نشان می دهد ، دامنه جریانهای ناشی از صاعقه بین 4 تا 250 کیلوآمپر بوده که تنها در 10٪ مواقع دامنهٔ این جریان بیش از 8 کیلوآمپر می شود . بنابراین در شبیه سازی از شکل موج استاندارد $1.2/50\ \mu s$ با دامنهٔ 8 کیلوآمپر استفاده شده است .

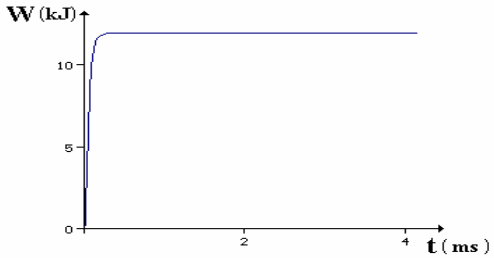
نتایج شبیه سازی نشان می دهد در صورتیکه کلیه برقگیرهای یک فیدر از نوع سیلیکن – کاربید باشند ، انرژی جذب شده بیش از حالتی است که کلیه برقگیرهای همان فیدر از نوع اکسید فلزی باشند . در شرایطی که از دو نوع برقگیر بر روی یک فیدر استفاده شود ، فشار بیشتری بر روی برقگیرهای سیلیکن – کاربید وارد خواهد شد.

شکلهای 1 و 2 انرژی جذب شده توسط نزدیکترین برقگیر (سیلیکن – کاربید) به محل برخورد صاعقه را در دو حالت نشان می‌دهند . در حالت اول کلیه برقگیرهای فیدر توزیع (یعنی 21 ست) از نوع سیلیکن – کاربید فرض شده اند ، که انرژی جذب شده به 10940 ژول می رسد . در حالت دوم با فرض استفاده از 3 ست برقگیر اکسید فلزی بجای سیلیکن – کاربید بر روی این فیدر انرژی جذب شده توسط برقگیر به 12030 ژول می رسد .



شکل– 1

انرژی جذب شده توسط برقگیر (حالت اول)



شکل– 2

انرژی جذب شده توسط برقگیر (حالت دوم)

4 – اضافه ولتاژهای موقت

منشاء اضافه ولتاژهای موقت در شبکه عوامل مختلفی هستند که مهمترین آنها عبارتند از :

– اتصالی تکفاز و دوفاز به زمین

– اتصالی دو فاز به یکدیگر

– رزونانس و فرورزونانس

– اثر فرانتی

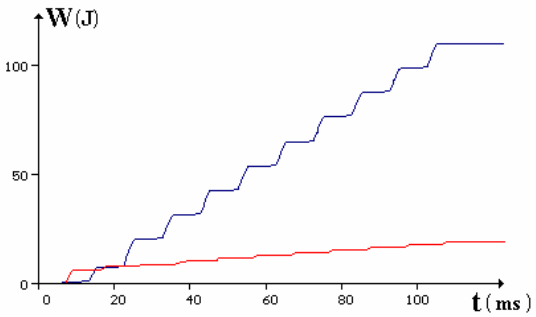
– دور گرفتن ماشینهای سنکرون

– قطع ناگهانی بار

– در مدار قرار گرفتن خازنهای جبران کننده توان رآکتیو در شبکه های فشار متوسط دو نوع اضافه ولتاژ ناشی از اتصالی تکفاز به زمین و در مدار قرار گرفتن خازنهای جبران کننده توان رآکتیو اهمیت بیشتری دارند . میزان اضافه ولتاژ ناشی از اتصالی تکفاز به زمین به نحوهٔ زمین شدن و میزان اضافه ولتاژ ناشی از درمدار قرار گرفتن خازنهای جبران کننده توان رآکتیو به میزان بانک خازنی بستگی دارد.

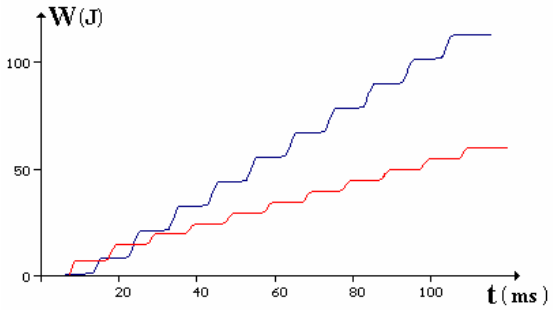
نتایج شبیه سازی نشان می دهند ، در صورتیکه آلودگی به داخل برقگیرهای سیلیکن – کاربید نفوذ نکرده باشد ، اینگونه برقگیرها در مقابل اضافه ولتاژهای موقت از خود عکس العملی نشان نخواهند داد و تنها برقگیرهای اکسید فلزی عمل می کنند . حال اگر بر روی یک فیدر از دو نوع برقگیر استفاده شده باشد به برقگیرهای اکسید فلزی فشار بیشتری وارد خواهد شد .

شکلهای 3 و 4 انرژی جذب شده توسط برقگیرهای (اکسید فلزی) دو فاز سالم بر روی یک فیدر هنگام اتصالی تک فاز به زمین بعد از سپری شدن 100 میلی ثانیه را در دو حالت نشان می‌دهند . در حالت اول کلیه برقگیرهای فیدر توزیع (یعنی 21 ست) از نوع اکسید فلزی فرض شده اند ، که انرژی جذب شده توسط برقگیر در دو فاز سالم بترتیب به 105 و 23 ژول می رسد . در حالت دوم با فرض استفاده از 2 ست برقگیر سیلیکن – کاربید بجای اکسید فلزی بر روی این فیدر انرژی جذب شده توسط برقگیر در دو فاز سالم بترتیب به 117 و 66 ژول می‌رسد.



شکل – 3

انرژی جذب شده توسط برقگیر (حالت اول)



شکل – 4

انرژی جذب شده توسط برقگیر (حالت دوم)

5 – بررسی آلودگی

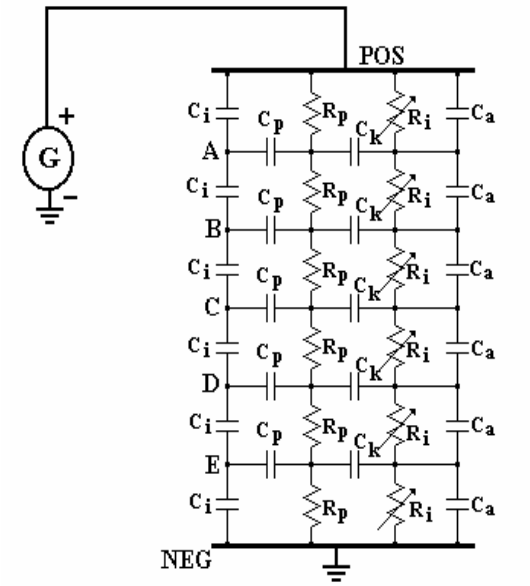
آلودگی برقگیر به دو صورت مطرح می‌شود: یکی نفوذ آلودگی به داخل برقگیر و دیگری آلودگی سطح خارجی برقگیر . تأثیر مخرب آلودگی بر روی عملکرد قرصهای برقگیر بصورت مقالات متعددی قبلاً ارائه شده ، لذا در این مقاله تنها آلودگی خارجی مورد بحث قرار می گیرد . جهت بررسی مدل ذیل در نظر گرفته می شود :

C_i : خازن طولی

C_p : خازن تزویجی چینی

C_a : خازن مابین قرصهای اکسید فلزی

C_k: خازن تزویجی بین عایق داخلی (هوا)



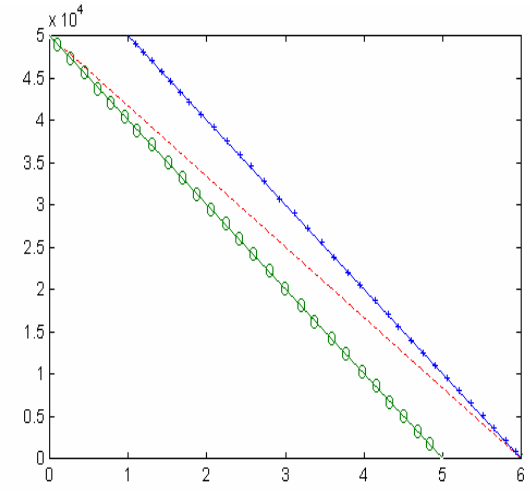
شکل -5

مدل برقگیر با شش بشقاب با در نظر گرفتن آلودگی

R_p : مقاومت آلودگی

R_i : مقاومت غیر خطی برقگیر

شکل –6 منحنی افت پتانسیل بر روی بدنهٔ برقگیر با شش بشقاب (محور افقی نمودار)را در سه حالت تحت ولتاژ 50 کیلوولت (ابتدای محور عمودی آخرین بشقاب برقگیر که به ولتاژ زمین وصل شده یعنی NEG در شکل-5 و انتهای محور عمودی اولین بشقاب برقگیر یعنی POS که به ولتاژ 50 کیلوولت وصل شده) را نشان میدهد . در حالت اول برقگیر کاملاً تمیز (نمودار خط چین) در حالت دوم بالاترین قسمت برقگیر آلوده فرض شده (نمودار خط و +) و در حالت سوم پائین ترین قسمت برقگیر آلوده (نمودار خط و o) فرض شده است . همانگونه که ملاحظه می شود هنگام آلودگی شیب منحنی افت پتانسیل افزایش می یابد و مقره تحت میدانهای قوی تری قرار می گیرد . لازم به ذکر است منحنی شکل –6 با توجه به مدل برقگیر آلوده (شکل-5) و نرم افزار مطلب می باشد .



شکل – 6

نمودار افت پتانسیل بر روی بدنهٔ برقگیر

در مدل برقگیر آلوده چون ، هدف بررسی توزیع ولتاژ بر روی بدنه برقگیر می باشد لذا مهمترین پارامتر مقاومت آلودگی بوده که برای نقاط تمیز و آلوده بترتیب 50 و 1 مگا اهم در نظر گرفته شده است . (مراجع 4 و 14 و 15)

6 – آزمایش برقگیرها

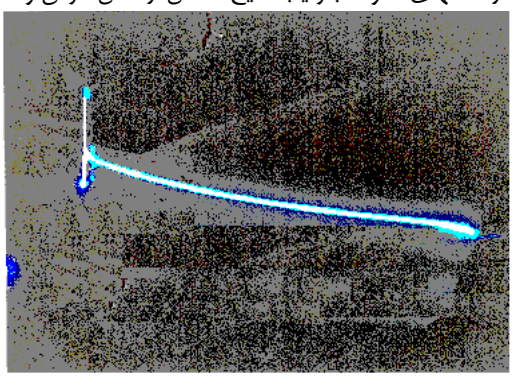
یکی از مهمترین بررسی های انجام شده در این پروژه تحقیقاتی ، انجام سه آزمایش مهم زیر در آزمایشگاه فشار قوی دانشگاه تهران می باشد :

1 – آزمایش ولتاژ ضربه

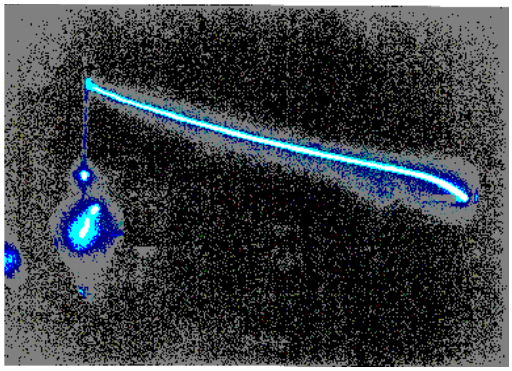
2 – آزمایش فرکانس قدرت

3 – آزمایش نفوذ رطوبت

در شکلهای 7 و 8 بترتیب نتایج حاصل از عمل کردن و عمل نکردن برقگیر تحت ولتاژ سرج نشان داده شده است .

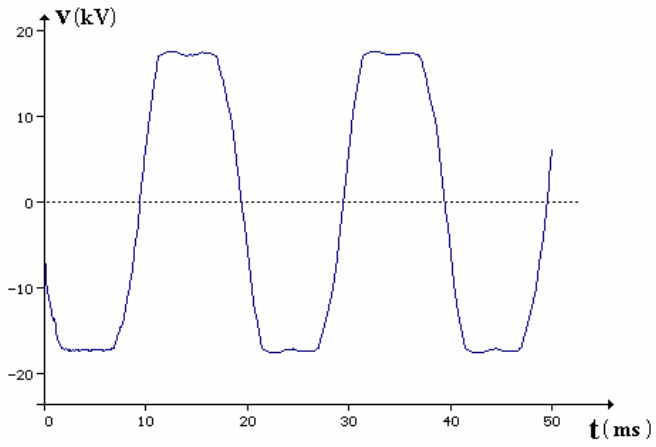


شکل– 7
برقگیر عمل کرده



شکل– 8
برقگیر عمل نکرده

جهت آزمایش فرکانس قدرت از یک مدار سادهٔ الکتریکی شامل ترانسفورماتور متغییر ، مقاومت محدود کننده ، تجهیزات اندازه گیری و یک عدد اسیلوسکوپ استفاده می‌شود . بدین منظور ولتاژ تحت فرکانس نامی به دو سر برقگیر اعمال می شود و دائماً ولتاژ را افزایش داده تا شکل موج ولتاژ بریده شود . شکل – 9 ولتاژ دو سر یک عدد برقگیر 20 کیلوولت را نشان می دهد که در ولتاژ 17.5 کیلوولت عملکرد داشته است .



شکل – 9
نمودار ولتاژ دو سر برقگیر تحت فرکانس نامی

در آزمایش ولتاژ ضربه رفتار کلیه برقگیرها مناسب بوده ، در آزمایش فرکانس قدرت مشخص گردید برقگیرهای پارس تولیدی قبل از سال 1373 دارای ضعف هستند بطوریکه ولتاژ هدایت آنها بخاطر کمبود قرص کمتر از حد نامی بوده و نهایتا" در آزمایش نفوذ رطوبت نتایج مهمی بدست آمد که در جدول زیر آمده است :

نوع برقگیر	علائم نفوذ رطوبت
پارس	کم
براق تجهیز	متوسط
یوگوسلاوی	متوسط کم
آلمان شرقی	متوسط کم
چینی	متوسط
ژاپنی	متوسط
انگلیسی	خیلی کم

جدول – 1

بررسی نفوذ آلودگی و رطوبت به داخل **برقگیر**

7 – نتیجه گیری

با توجه به نتایج مراحل مختلف پروژه موارد ذیل در ترکیدن برقگیرها مؤثر هستند :

1 – عدم استفادهٔ مناسب از برقگیر

در بعضی از موارد برقگیر 12 کیلوولت در شبکه 20 کیلوولت استفاده شده است .

2 – غیر استاندارد بودن برقگیر

یک عدد قرص برقگیرهای پارس تولیدی سالهای قبل از 73 کم بوده است .

3 – نفوذ رطوبت و آلودگی به داخل برقگیر

نفوذ رطوبت و آلودگی به داخل برقگیرها ، مخصوصاً در برقگیرهایی که فاصلهٔ هوائی دارند ، باعث بروز جریان نشتی از داخل برقگیرها می گردد ، که متأسفانه با استفاده از نتایج آزمایش کلیه برقگیرهای مورد استفاده در شبکه فشار متوسط فارس و بوشهر از این نظر مناسب نمی باشند .

4 – وجود آلودگی بر روی سطح مقره برقگیر

وجود آلودگی بر روی سطح خارجی مقره برقگیر باعث عدم توزیع یکنواخت ولتاژ بر روی سطح مقره و نهایتا مقره بر اثر میدانهای الکتریکی تحت فشار زیاد قرار می گیرد .

5 – استفادهٔ توأم از برقگیرهای اکسید فلزی و سیلیکن – کاربید

همانگونه که قبلا از نتایج شبیه سازی بارز گردید در صورتیکه از دو نوع برقگیر اکسید فلزی و سیلیکن – کاربید بطور همزمان بر روی یک فیدر استفاده شود ، براثر اضافه ولتاژهای ناشی از صاعقه به برقگیرهای سیلیکن – کاربید فشار بیشتری وارد می گردد و برعکس براثر اضافه ولتاژهای فرکانس قدرت به برقگیرهای اکسید فلزی فشار بیشتری وارد می شود .

6 – بالا بودن مقاومت زمین در محل برقگیر

نتایج شبیه سازی نشان می دهد هرچه مقاومت زمین برقگیر بیشتر باشد انرژی بیشتری از طریق برقگیر به زمین منتقل می گردد .

7 – نامناسب بودن زمین شبکه

نتایج شبیه سازی نشان می دهد در صورتیکه شبکه خوب زمین نشده باشد (پاره شدن سیم زمین ، باز بودن سیم زمین ، زمین کردن با مقاومت و ...) اضافه ولتاژهای ناشی از اتصالی تک فاز به زمین افزایش می یابد . با بررسی های بعمل آمده در شرستان فسا مقاومت زمین در بعضی از جاها در حدود 8 تا 14 اهم می باشد ، که این امر باعث می شود اضافه ولتاژهای بوجود آمده در شبکه ناشی از اتصالی افزایش یابند . همین مسأله در بوشهر به طریق دیگری وجود دارد با اینکه منطقه دارای زمین خوبی است اما مشاهده می شود ، بخاطر خوردگی ، سیم زمین کلا" قطع می گردد .

8 – در مدار آوردن بانکهای خازنی بزرگ

نتایج شبیه سازی نشان می دهد ، هنگام در مدار قرار گرفتن بانکهای خازنی اضافه ولتاژهای بزرگی در شبکه بوجود می آید که هرچه میزان بانک خازنی بیشتر باشد میزان اضافه ولتاژهای بوجود آمده نیز بزرگتر می شود .

9 – در مدار آوردن بانکهای خازنی با ولتاژ اولیه

اگر هنگام در مدار آوردن بانک (بانکهای) خازنی ، خازن دارای بار (ولتاژ) اولیه باشد ، میزان اضافه ولتاژ بوجود آمده افزایش می یابد .

10 – جرقه زنی مجدد RESTRIKE

هنگام بی برق کر دن خط فشار متوسط در صورتیکه پدیده قوس مجدد در کلید اتفاق بیفتد یک سری اضافه ولتاژهای گذرای شدید در شبکه جوجود می آید که این پدیده برای قطع بارهای سلفی ، رآکتوری و ترانسفورماتوری مشهودتر است .

8 – پیشنهادات

جهت فائق آمدن بر مشکل ترکیدن برقگیرها راه حلهای زیر پیشنهاد می گردد :

× : استفاده از برقگیرهای 20 و 12 کیلوولت بترتیب در شبکه های 20 و 11 کیلوولت

× : حتی المقدور استفاده از برقگیرهای اکسید فلزی

× : استفاده از یک نوع برقگیر اکسید فلزی یا سیلیکن – کاربید بر روی یک فیدر

× : درخواست آزمایشهای نوعی و روتین از کارخانه های سازنده

× : در صورت استفاده برقگیر در مناطق آلوده و مرطوب تأکید بر شرایط خاص مبنی بر عدم نفوذ آلودگی و رطوبت به داخل برقگیرگردد .

× : تمیز کردن دوره ای مقره برقگیرها در محلهائی که آلودگی بالاست یا میزان بارندگی کم است .

× : بطور مؤثر زمین کردن شبکه

× : کاهش مقاومت زمین در محل برقگیر (کمتر از 0.1 اهم)

× : در مدار آوردن تدریجی بانکهای خازنی

× : رعایت حداقل فاصله (تخلیه خازن) جهت استفادهٔ مجدد

× : استفاده از کلیدهای **RESTRIKE FREE** ، یا کلیدهای دومرحله ای یا **LOAD BREAK**

× : تعویض بموقع روغن کلیدهای روغنی و نیمه روغنی

9 – فهرست منابع

1 – " بررسی حالات "گذرا توسط EMTP " هاشم علیپور ، گئورگ قره پتیان – انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر 1378

2 – " مهندسی فشار قوی الکتریکی پیشرفته " حسین محسنی – انتشارات دانشگاه تهران 1373

3 – " بررسی عملکرد برقگیرهای شبکه 230 کیلوولت فارس با نرم افزار EMTP " عبدالرسول مظلوم زاده – پایان نامه کارشناسی ارشد ، دانشگاه صنعتی شریف 1373

[4] - Application Metal-Oxide surge Arrester in Medium and High Voltage System by Otto Volcher , Erlangen
[5] - IEEE Standard for Metal Oxide Surge Arrester for AC Power Circuit Nov, 1987
[6] - International Standard , (IEC , 99 - A) , " Surge Arrester "
[7] - International Standard , (IEC , 99 - 4) , " Surge Arrester " , Nov, 1991
[8] -- International Standard , (IEC , 37 - 91) , " Surge Arrester Application Guide " , June 1992
[9] - E. Kuffel , W.S. Zaengl , " High Voltage Engineering Fundamental " Pregamon Press 1984
[10] - D.U. Razevig , "High Voltage Engineering " Khanna Publishers 1982
[11] - D. Birrell , Ronald B. Standler , " Faiulures of Surge Arresters on Low Voltage Mains " IEEE Transaction on Power Delivery Vol 8 ,No 1 , January 1993
[12] - M. Kobayashi , M. Mizuno , " Metal Oxide Surge Arrester "IEEE Transaction on Electrical Insulation , Vol EI - 21 , Dec. 1986
[13] - Roman T. Mancao , James J. Burke , Andrew Myers , " The Effect of Distribution System Grounding on MOV Selection "IEEE Transaction on Power Delivery Vol 8 ,No 1 , January 1993
[14] - S. Vitel , L. Stenstrom , J. Lundquist , " Thermal Stress on ZNO Surge Arresster in Pollution Condition Part I : Laboratory Test Method " IEEE Transaction on Power Delivery Vol 7 ,No 4 , October 1992
[15] - S. Vitel , L. Stenstrom , J. Lundquist , " Thermal Stress on ZNO Surge Arresster in Pollution Condition Part II : Field Test Results " IEEE Transaction on Power Delivery Vol 7 ,No 4 , October 1992
[16] - A. Bargigia , M. de Nigris , A. Pigini , A. Sironi , " Comparison of Different Test Methods to Assess the Thermal Stresses of Metal Oxide Surge Arresters Under Pollution Conditions "IEEE Transaction on Power Delivery Vol 8 ,No 1 , January 1993
[17] - A. Petit Xuan Dai Do , Guy St-Jean , " An Experimental Method to Determine the Electro-thermal Model Parameters of Metal Oxide Surge Arresters "IEEE Transaction on Power Delivery Vol 6 ,No 2 , April 1991
[18] - J. R. Lucas , P.G. Mclaren , " A Computationally Efficient MOV for Series Compensation Studies "IEEE Transaction on Power Delivery Vol 6 ,No 4 , October 1991
[19] - M. V. Lat , " Analytical Method for Performance Prediction of Metal Oxide Surge Arresters " IEEE Transaction on Power Apparatus and System , October 1985
[20] - S. Taminga , T. Shibuga , Y. Fujiware , M. Imatali , " Stability and Long Term Degradation of Metal Oxide Surge Arresters " IEEE Transaction on Power Apparatus and System , July 1983
[21] - M. V. Lat , " Thermal Properties of Metal Oxide Surge Arresters "IEEE Transaction on Power Apparatus and System , July 1983
[22] - S. Nishivaki , " Study of Thermal Runaway/Equivalent Prorated Model of a ZNO Surge Arresters "IEEE Transaction on Power Apparatus and System , February 1984