بررسی مشکلات سیستم مکانیکی قطع همزمان کات اوت فیوزها و پیشنهاد یک سیستم جایگزین

محمود خطیب زاده نسری[1] مهران اباذری[2] مهران فخرائي لاهيجي[3]

1- شرکت توزیع نیروی برق مشهد 2 - عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد واحد لاهیجان
3- عضو هیئت علمی و معاونت دانشگاه آزاد واحد لاهیجان

واژه های کلید : کنترل فاز , کات اوت فیوز , ترانسفورماتور , کلید اتومات رله دار , عملکرد مستقل فازها

مقدمه :

ترانسفورماتورها بعنوان واسطی بین شبکه های توزیع و مصرف کنندگان نقش بسیار مهمی را در شبکه های توزیع دارند . حفاظت ترانسفورماتورها توسط کات اوت فیوز در ورودی ترانسفورماتور صورت می پذیرد. کات اوت فیوزها به دلیل ایفای همزمان وظایف کلید زنی وحفاظت ، کاربرد گسترده ای در شبکه های توزیع فشار متوسط داشته ودراین رابطه سادگی ساختمان ، ارزانی قیمت ونیاز به عملیات سرویس ونگهداری کم ، مزید علت بوده است . با این وجود کات اوت فیوزها دو عیب عمده هم دارند که عبارتند از : عملکرد مستقل آنها برروی فازهای شبکه ونیاز به ابزار مخصوص جهت قطع آنها در زیر جریان بار. قطع یک و یا دو فاز در ورودی افت شدید کیفیت ولتاژ را در ثانویه ترانسهای توزیع در پی داشته و می تواند به بروز اضافه ولتاژهای خطرناک ناشی از پدیده تشدید منجر شود . اخیرا طراحی وساخت سیستم های قطع همزمان کات اوت فیوزها که دارای عملکرد مکانیکی می باشند جهت حفاظت ترانسفورماتورها ومصرف کنندگان مورد بررسی قرار گرفته است . دراین مقاله به بررسی مشکلات سیستم های مکانیکی خواهیم پرداخت و یک سیستم هوشمند الکترونیکی بی بار نمودن ترانسفورماتورهای توزیع با قراردادن کلیدهای اتومات رله دارد در خروجی ترانسفورماتورها پیشنهاد می گردد . درپایان دو سیستم مکانیکی و هوشمند الکترونیکی مقایسه خواهند شد.

شرح مقاله :

ساختمان وعملکرد کات اوت فیوز [1و2]

ساختمان کات اوت فیوز شامل سه قسمت اصلی پایه فیوز، فیوز گیر ولینگ فیوزاست .[1] پایه فیوز متشکل از مقره اتکایی , کنتاکت ثابت فوقانی , مفصل ، کلمپ فوقانی ، کلمپ تحتانی ، قلاب هدایت فیوزگیر وپایه نصب است که به طریق مطلوب به هم پیوند خورده اند . لوله فیوز غلاف فوقانی ومجموعه متحرک تحتانی نیز اجزاء اصلی فیوزگیر هستند که غلاف فوقانی خود شامل نگهدارنده فوقانی لوله , در پوش وحلقه اتصال چوبدست ومجموعه متحرک تحتانی شامل نگهدارنده تحتانی لوله ، کنتاکتهای متحرک ، مکانیزم جهنده چکشی، حلقه اتصال چوبدست و پیچ اتصال لینک فیوز می باشد کله دکمه ای ، محفظه فیبری ، سیم انعطاف پذیر و المان ذوب شونده (در داخل محفظه فیبری) هم اجزا لینک فیوز را تشکیل می دهند .

در زمان بهره برداری لینک فیوز درداخل لوله فیوز گیر قرار گرفته وکله دکمه ای آن زیردرپوش قرار می گیرد در انتهای دیگر هم سیم انعطاف پذیر زیر پیچ اتصال محکم بسته می شود به گونه ای که فنر مکانیزم جهنده چکشی شارژ شده ولینک فیوز را تحت کشش مستمر قرار می دهد . سپس مجموعه حاصل برروی پایه فیوز استقرار می یابد . به این ترتیب اتصال الکتریکی کلمپ های فوقانی وتحتانی پایه فیوز ازطریق لینک فیوز برقرار می گردد . درزمان وقوع خطا در شبکه المان ذوب شونده سوخته ولینک فیوز پاره می گردد . متعاقب آن فنر مکانیزم جهنده چکشی آزاد شده وبا حرکتی که در مجموعه متحرک تحتانی ایجاد می نماید . موجب کاهش طول موثر فیوز گیر ، آزاد شدن انتهای آن از کنتاکت فوقانی پایه فیوز وافتادن آن در اثر نیروی وزن می شود . برای انجام عملیات قطع دستی باید به اعمال نیروی کافی فیوزگیر را از کنتاکت فوقانی پایه جدا کرد . برای اینکار از چوبدست مناسب وحلقه بالایی فیوز گیر استفاده می شود . اگر در زمان انجام عملیات فوق جریان بار قابل توجهی از فیوز عبور کند ، بدلیل عدم وجود محفظه قطع وادوات خاموش کننده قوس الکتریکی ، جرقه حاصله مابین انتهایی در پوش فیوز گیر وکنتاکت فوقانی پایه فیوز گسترش یافته وگذشته از احتمال وقوع خطا در شبکه وآسیب کات اوت فیوز ، خطرات جانی هم متوجه شخص اپراتور خواهد بود . بنابراین در اینگونه موارد از ابزار گرانقیمت ویژه ای بنام چوبدست قطع بار استفاده می شود .[2] این وسیله خود حاوی محفظه قطع مخصوص است ودر زمان انجام عملیات قطع ، جریان بار را از درون خود عبور می دهد تازمانیکه نوک فیوز گیر به اندازه کافی از کنتاکت فوقانی پایه فیوز فاصله بگیرد . سپس جریان را در محفظه مخصوص خود قطع کرده وقوس الکتریکی حاصله را کنترل وخاموش می نماید .

مشکلات ناشی ازعملکردمستقل کات اوت فیوزبرروی فازهای شبکه توزیع [2]

از توضیحات بخش قبل معلوم می شود که عملکرد کات اوت فیوز برروی سه فاز شبکه بصورت مستقل ومنفردانه صورت می پذیرد . بنابراین بسته به نوع خطای پدید آمده در شبکه این امکان وجود دارد که یک فاز شبکه قطع شده ودو فازدیگر متصل باقی بمانند ویا بالعکس هرکدام از دو احتمال فوق مشکلات خاص خود را در پی دارند . در صورت قطع یک فاز وتداوم دو فاز دیگر با عنایت به گروه برداری عمده ترانسهای توزیع (Dyn5) می توان نشان داد که ولتاژ فازهای ثانویه ترانسهای مذکوربرحسب پریونیت برابرخواهد بودبا [2] :

$$Va = 1\angle -150^{o} \ (pu) \qquad Vb = 1/2\angle 30^{o} \ (pu) \qquad Vc = 1/2\angle 30^{o} \ (pu) \qquad (1)$$

دراین روابط مرجع زاویه ها فاز A در اولیه ترانس است . شبیه سازی کامپیوتری با استفاده از نرم افزار PSPICE هم صحت روابط فوق را تایید میکند. شکل موج ولتاژهای ثانویه قبل و بعد از قطع فاز A در اولیه حاصله از شبیه سازی با PSPICE در شکل یک نشان داده شده است . در روابط (1) دو نوع مشکل جدی قابل مشاهده است . اولین مشکل افت ولتاژ فازهای b و c به میزان 50 درصد است که بسی فراتر از مقادیر قابل قبول در سهل ترین استانداردها می باشد ومشکل دوم بروز عدم تعادلی شدید در ولتاژها می باشد . محاسبه مولفه های توالی صفر ، مثبت ومنفی ولتاژهای فوق مشکل را آشکار تر می کند .

$$Vo = 0 \qquad V1 = 1/2\angle -150^{o} \ (pu) \qquad V2 = 1/2\angle 210^{o} \ (pu) \qquad (2)$$

بنابراین مولفه توالی منفی دامنه ای برابر با مولفه مثبت دارد . این به معنی بروز عدم تعادلی به میزان 100 درصد است در حالیکه استاندارد وزارت نیرو حداکثر میزان 2 درصد را مجاز می شمارد.[3]

اما قطع دوفاز وتداوم فاز سوم می تواند مشکل بروز پدیده تشدید را در پی داشته باشد . در چنین وضعیتی در فازهای قطع شده ولتاژی ظاهر می شود که دامنه آن بسیارفراتر از ولتاژ نامی شبکه بوده وموجب آسیب جدی تجهیزات مرتبط می گردد .[2و4]

مکانیزم قطع همزمان مکانیکی سه فاز [2]

مکانیزم طراحی وساخته شده به منظور قطع همزمان سه فاز کات اوت فیوز از چهار مکانیزم جزئی تر ذیل تشکیل شده است :

مکانیزم تبدیل حرکت افتادن فیوزگیر به چرخش محوری

مکانیزم انتقال حرکت محوری به سمت دیگر مفصل پایه فیوز

مکانیزم انتقال حرکت محوری مابین پایه فیوزهای مجاور فازها

مکانیزم قطع کننده لینک فیوز.

مکانیزم اول شامل دواهرم است که یکی برروی قابی استوانه ای با قابلیت چرخش محوری نصب شده ومحور آن به یک جانب مفصل پایه فیوز متصل است ودیگری برمحور فیوزگیر منصوب می باشد . در زمان افتادن فیوزگیر درگیری این دو اهرم موجب چرخش قابل استوانه ای حول محور خود می گردد . نصب اهرم روی فیوزگیر به نحوی است که در زمان عملیات وصل ، درگیری دواهرم مذکور مشکلی پدید نمی آورد . از نصب قاب

استوانه ای مشابهی در جانب دیگر مفصل پایه فیوز واتصال آن به قاب اول بواسطه قطعه ای پل مانند مکانیزم دوم حاصل می گردد . به این ترتیب چرخش هرکدام ازاستوانه ها موجب چرخش استوانه دیگر می شود . قطعه پل شکل علاوه براین از چرخش نامطلوب محور در زمان عملیات وصل فیوزها ممانعت کرده ودر ضمن عضوی از مکانیزم قطع کننده لینک فیوز نیز می باشد . مکانیزم سوم شامل یک محور عایقی با قطر کم است که در دو انتها به استوانه های منصوب بر پایه فیوزها متصل می شود . نحوه اتصال به گونه ای است که براحتی باز وبسته می گردد ولذا در زمان حمل ونقل به جهت راحتی می توان آنرا باز کرد . همچنین طول آن متناسب با محل نصب وفاصله پایه های فیوز قابل تغییر است. مکانیزم چهارم شامل یک فنر قوی است که در انتهای پایین لوله فیوز گیر جاسازی شده است . قبل از نصب لینک فیوز فنر مزبور به طرف داخل لوله فشرده وشارژ شده و با قطعات ویژه ای مهار می گردد . در زمان افتادن هریک از فیوز گیرها حرکت محوری حاصله موجب بالا آمدن قطعه پل شکل مکانیزم دوم ومتعاقب آن بالا آمدن اهرم مخصوص مکانیزم چهارم می شود که در نتیجه آن فنر مربوطه آزاد شده وبا ضربه ای که به مکانیزم جهنده چکشی وارد می آورد موجبات پارگی لینک فیوز فاز سالم مربوطه را از محل پرس المان ذوب شونده فراهم می کند . سپس مطابق عملکرد عادی کات اوت فیوز ، فیوزگیر فازهای سالم نیز افتاده وعمل قطع همزمان سه فاز محقق می گردد .

با نصب اهرمی عصا شکل روی استوانه بیرونی پایه فیوز سمت راست امکان قطع همزمان سه فاز در زیر بار بدون نیاز به چوبدست قطع بار فراهم می شود . تکیه دادن چوبدست معمولی به اهرم مزبور وحرکت دادن آن به سمت بالا ، حرکت محوری لازم را جهت آزاد سازی فنرهای شارژ شده ایجاد می کند و متعاقب آن لینک های فیوز پاره شده وفیوز گیر هرسه فاز همزمان می افتند .

سیستم هوشمند الکترونیکی بی بار نمودن ترانسفورماتورهای توزیع درهنگام قطع فازهای ورودی

همانطور که اشاره شد قطع یک یا دو فاز در ورودی ترانسفورماتورهای توزیع می تواند آسیب های شدیدی به مصرف کنندگان برساند . دراین بخش یک سیستم الکترونیکی هوشمند که به منظور بی بار نمودن ترانسفورماتورهای توزیع مورد نظر می باشد معرفی میگردد. بلوک دیاگرام سیستم هوشمند الکترونیکی در شکل دو نمایش داده شده است . ولتاژهای خروجی ترانسفورماتور از طریق مدار نمونه گیر به سیستم هوشمند ارائه خواهند شد . مدار نمونه گیر بگونه ای طراحی شده است که قابلیت تحمل ولتاژهای بالائی که بعلت دو فاز شدن ترانسفورماتوردر ثانویه ایجاد می شوند را دارا باشد . نمونه ولتاژهای ثانویه ورودی اعمال شده به سیستم هوشمند بطور مرتب مورد کنترل قرار می گیرند . هرگونه تغییر در اختلاف فازهای ولتاژ ثانویه توسط بخش کنترل فاز سیستم هوشمند مشخص وبه مدار هشدار دهنده اعلام می گردد .

بی بار نمودن ترانسفورماتوربا قطع کلید اتومات امکان پذیر است . لذا برای این منظور می بایست کلید اتومات خروجی ترانسفورماتورها از نوع رله دار باشد . در صورت بروز قطع یک یا دو فاز در ورودی ترانسفورماتور اختلاف فاز حاصله در ثانویه بلافاصله توسط مدار کنترل فاز تشخیص داده شده و توسط سیستم کنترل مرکزی به رله کلید اتومات فرمان قطع صادر می شود . چراغ سیگنال بروز اشکال (چراغ آلارم) می تواند از نوع چراغ گردان بر روی تابلوی توزیع نصب شود تا چنانچه خودروی اتفاقات در محل حاضر شد بلافاصله اشکال قطع کات اوت را متوجه ونسبت به رفع آن اقدام نماید . این امر بخصوص در مواقع تاریکی هوا موثر می باشد . همچنین یک کلید بمنظور قطع دستی کلید اتومات بر روی سیستم تعبیه شده است که به رله کلید اتومات فرمان می دهد . همانطور

که ذکر شد قطع کات اوت فیوز در زیر بار موجب ایجاد جرقه های شدید می شود. برای جلوگیری از ایجاد جرقه با استفاده از کلید قطع دستی اتومات میتوان ابتدا ترانس را بی بار نمود وسپس کات اوت راقطع کرد.

همچنین با توجه به توضیحات ارائه شده در مقاله بعضا قطع یک یا دو فاز باعث ایجاد ولتاژهای خطرناک در ثانویه می شود که دراین مواقع رله UV (Under Voltage) عملکرد مناسبی نخواهد داشت وبطور کلی با کنترل سطح ولتاژ حفاظت مناسبی برای تجهیزات در مقابل قطع یک یا دوفاز در ورودی ترانسفورماتور حاصل نخواهد شد .

یک سیستم مشابه با سیستم پیشنهادی تحت عنوان " محافظ تابلوهایOut door در مقابل نوسانات ناشی از قطع فاز در ورودی ترانسفورماتور" در شرکت توزیع برق مشهد طراحی وساخته شده است که در عمل مورد آزمایش نیز قرار گرفته است .

مقایسه مزایا ومعایب سیستم قطع همزمان مکانیکی کات اوت فیوزها وسیستم هوشمند الکترونیکی بی بار نمودن ترانسفورماتور

5-1 سرعت عملکرد

سیستم قطع همزمان کات اوت فیوزها همانطور که ذکر شد دارای عملکرد مکانیکی می باشد ونسبت به سیستم هوشمند الکترونیکی بی بار نمودن ترانسفورماتور کندتر است . لذا افزایش ولتاژ ثانویه می تواند قبل از قطع مکانیکی کات اوت های دیگر به مصرف کنندگان آسیب برساند .

5-2 پیچیدگی ساخت قسمتهای مکانیکی

ساخت قطعات مکانیکی شامل فرآیندهائی نظیر تراشکاری ، ریخته گری ، ورقکاری و .... می باشد که عملا مستلزم طراحی پیچیده و سرمایه گذاری زیادی می باشد . حال آنکه ساخت مدارات الکترونیکی نیاز به سرمایه گذاری بسیاری اندک دارند .

5-3 ضریب اطمینان در صحت عملکرد

تجربه نشان داده است قطعات مکانیکی ساخته شده در کارگاههای داخلی راندمان مناسبی در عملکرد ندارند وبعضا بعلت اندک اختلافی در قطعه از قبیل ابعاد ، آلیاژ ویا حتی مونتاژ اشکالات فراوانی بوجود می آورند . حال اینکه مدارات الکترونیکی بطور نسبی از ضریب اطمینان بالاتری در صحت عملکرد برخوردار هستند .

5-4 فرسودگی قطعات مکانیکی

قطعات مکانیکی براثر مرور زمان فرسوده شده و بعد از چند بار عملکرد کیفیت کار آنها کاسته می شود . حال آنکه ضریب استهلاک قطعات الکترونیکی بسیار کمتر می باشد.

5-5 قطعات مکانیکی نیاز به سرویس ها وبازدیدهای دوره ای دارند

این بازدیدها شامل شارژ مناسب فنرها ، عملکرد صحیح قسمتهای مختلف آچارکشی و ... می باشد . علی الخصوص برای بازدید فنی از کات اوت فیوزها نیاز بی برق نمودن شبکه وصعود از تیر یا بالابر می باشد که مستلزم صرف هزینه و اتلاف انرژی خواهد بود . این امر در مورد بررسی صحت عملکرد مدارات الکترونیکی با یک آزمایش ساده قطع یک کات اوت میسر وبسیار کم هزینه تر و با مدت زمان کوتاهتری عملی می شود .

5-6 هزینه نصب

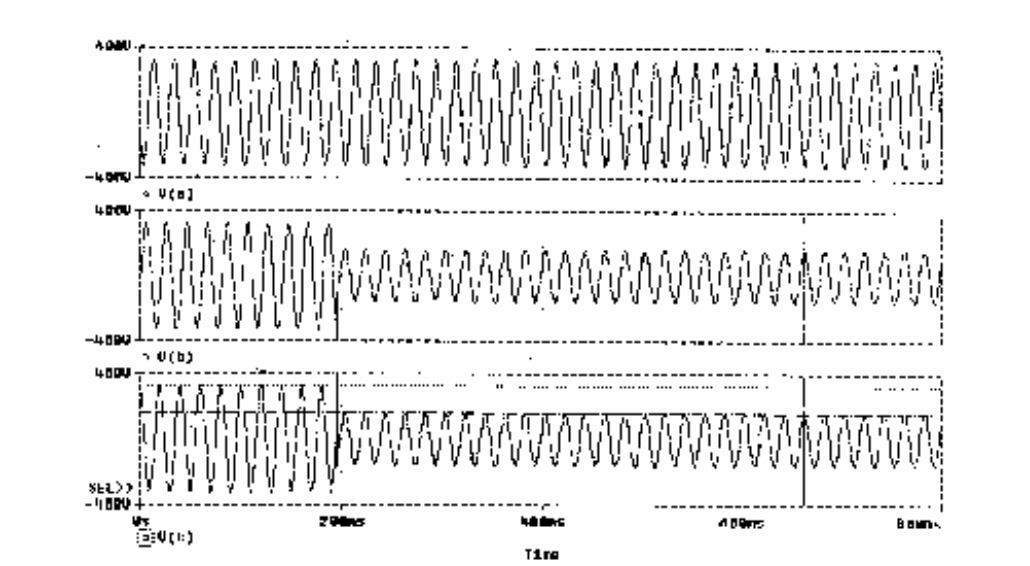
نصب سیستم قطع همزمان مکانیکی کات اوت فیوزها نیز به مراتب پیچیده تر و با هزینه بیشتری نسبت به سیستم هوشمند الکترونیکی انجام می شود . برای نصب سیستم مکانیکی نیاز به خاموشی در طرف فشار متوسط ، صعود از تیر ویا بالابر و در بعضی از موارد (مانند تراورسهای چوبی) نیاز به تعویض تراورس و ..... می باشد . حال آنکه نصب سیستم هوشمند الکترونیکی علاوه بر عدم نیاز به خاموشی فشار متوسط بسیار کم هزینه و ساده تر انجام می شود .

5-7 هزینه تمام شده سیستم

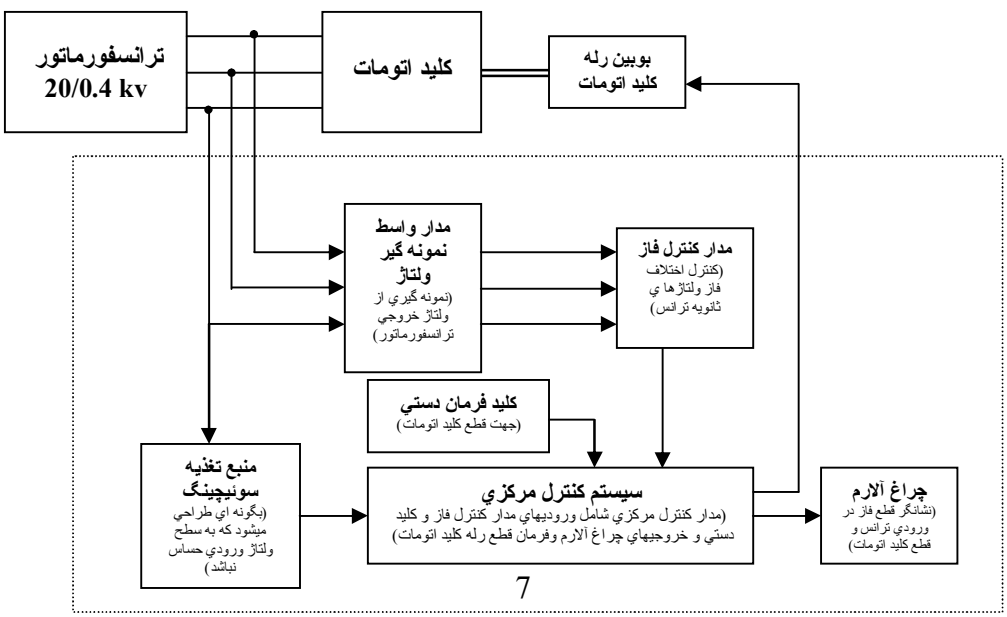
هزینه تمام شده سیستم هوشمند الکترونیکی در مقابل سیستم قطع همزمان مکانیکی کات اوت فیوزها بسیار پایین می باشد . هرچند به نظر می آید نیاز تعویض کلید اتوماتهای فاقد رله در برخی از تابلوها هزینه را بالا می برد ولی اولا این مسئله در مورد کات اوت فیوزها نیز وجود دارد (کات اوت فیوز قدیمی از روی شبکه برکنار می شود) وثانیا کلید اتومات باز شده از روی تابلو می تواند در سایر کابردها مورد استفاده قرار گیرد .

6- نتیجه گیری

مطابق آنچه ذکر شد سیستم قطع همزمان مکانیکی کات اوت فیوزها از نقطه نظر ساخت قطعات ، مراحل نصب و ملزومات جانبی نظیر (خاموشی فشار متوسط و ...) نیاز به سرمایه گذاری وصرف هزینه های بالائی می باشد . همچنین با توجه به معایب فنی ذکرشده راندمان وضریب اطمینان سیستم قطع همزمان کات اوت فیوزها نسبت سیستم هوشمند الکترونیکی بی بار نمودن ترانسفورماتور در زمان قطع یک یا دو فاز در ورودی، بسیار پایین تر است . لذا به نظر می رسد . سیستم پیشنهادی دراین مقاله جایگزین مناسبی برای مکانیزم قطع همزمان مکانیکی کات اوت فیوزها باشد .



شکل یک: شکل موج ولتاژهای ثانویه قبل و بعد از قطع فاز A در اولیه حاصله از شبیه سازی باPSPICE



شکل دو: بلوک دیاگرام سیستم هوشمند بی بار نمودن ترانسفورماتور درهنگام قطع یک یا دو فاز در ورودی

مراجع

[1]- استاندارد کات اوت فیوزهای 11, 20 و 33 کیلوولت , وزارت نیرو, امور برق, دیماه 1371

[2]- منصور اوجاقی, طراحی و ساخت مکانیزم قطع همزمان سه فاز کات اوت فیوزها, هشتمین کنفرانس شبکه های توزیع نیروی برق, اردیبهشت 1382

[3]- استاندارد صنعت برق ایران, مشخصات و خصوصیات انرژی الکتریکی(کیفیت برق), قسمت چهارم, تغییرات ولتاژ و فرکانس, وزارت نیرو, سازمان مدیریت تولید و انتقال برق ایران(توانیر), چاپ اول, اردیبهشت 1381

[4]- Electricity Training Associtation,Power System Protection,Vol.2 ,Short Run Press Ltd,UK,1995