اثرات نامطلوب قطع یک فاز تجهیزات شبکه و مشترکین

ابوالقاسم کریمی
شرکت توزیع نیروی برق شمال تهران – امور دیسپاچینگ

۱) مقدمه :

باز شدن یکی از فازهای شبکه ۲۰ kv در اثر عملکرد نادرست و یا سوختن فیوزها به علل اضافه بار نامتقارن یا خطای نامتقارن تک فاز و یا هر علل دیگر از عیوبی است که پرسنل شرکت های توزیع با آن مواجهند . اولین گام جهت رفع این معضل ، مطالعه اثرات قطع یک فاز بر شبکه های توزیع و ترانسفورماتورها می باشد . در این مقاله با استفاده از شبیه سازی قطع یک فاز شبکه توسط برنامه EMTP از دیدگاه بار (مشترکین) ، عدم تقارن ولتاژ و جریان در اثر قطع یک فاز مطالعه و اثرات محل قطعی و نوع بار اعم از موتوری یا امپدانسی و همچنین اثر مقدار بار ، ظرفیت ترانسفورماتور ، اتصال ترانسفورماتور ، اتصال بار ، نقاط مؤثر زمین شده و زمین نشده ، بررسی شده و نتایج حاصله ارائه شده است . همچنین نحوه تغییرات توان سه فاز بار ، ترانسفورماتور و خطوط هنگام وقوع قطع یکفاز و اثرات نوع و مقدار بار و ... بر این تغییرات مطالعه و بررسی انجام گرفته است . از آنجا که به دلیل سادگی و اقتصادی بودن شبکه های شعاعی ساده در شبکه توزیع فعلی ایران از این نوع شبکه استفاده میشود ، توجه خود را روی شبکه های شعاعی معطوف می سازیم . لذا برای بررسی موضوع و با استفاده از شبیه سازی توسط برنامه EMTP یک شبکه نمونه شامل یک منبع ولتاژ سه فاز ایده ال ، یک خط انتقال ۲۰ kv که در سرخط انتقال کلید بکار رفته است و یک ترانسفورماتور با نسبت تبدیل ۲۰ kv /۴۰۰ v در انتهای خط ۲۰ kv وجود دارد که ثانویه آن به یک خط انتقال فشار ضعیف پنج سیمه متصل است که در ابتدا و انتهای این خط نیز کلید وجود دارد و در انتهای خط فشار ضعیف بار امپدانس قرار دارد . ذیلاً می پردازیم به شرح مطالعاتی که انجام گرفته است.

۲) شبیه سازی اثرات قطع یک فاز در شبکه ساده با اتصالات مختلف ترانسفورماتور توسط برنامهEMTP :

از آنجائیکه قطع یک فاز از خطاهای نامتقارن است ، لذا جهت بررسی آن باید از روش تحلیل با استفاده از مؤلفه های متقارن مثبت ، منفی و صفر استفاده گردد و با توجه به آنکه محاسبه بر اساس مؤلفه های متقارن در یک مدار ساده امکان پذیر است ولی در مدارهای یک شبکه واقعی بررسی از طریق مؤلفه های متقارن ، پیچیده و امکان پذیر نخواهد بود ، لذا در این تحقیق اثرات قطع یک فاز به کمک شبیه سازی با برنامه EMTP مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفته است که ذیلاً به شرح آن می پردازیم .

۲-۱) عدم تقارن ولتاژ ترانسفورماتورها به ازاء قطع یک فاز :

در شبکه ساده مورد مطالعه در این تحقیق در ابتدای خط ۲۰ kv قطعی در فاز A اعمال شده ، و لتاژهای اولیه و ثانویه ترانس به حالت نامتقارن درآمده است . برای اتصالات مختلف ترانسفورماتور ولی با ظرفیت یکسان ولتاژهای اولیه و ثانویه در جدول ۲-۱ آورده شده است .

نوع ترانسفورماتور	V_{RS} (p.u)	V_{ST} (p.u)	V_{TR} (p.u)	درصد عدم تقارن ولتاژ
ZNZN	۰،۹۷۴	۰،۹۸۸	۰،۹۸۸	٪ ۰،۴۵
YNYN	۰،۹۷۲	۰،۹۸۹۹	۰،۹۸۸	٪ ۰،۶۶
YNZN	۰،۹۷۹۳	۰،۹۹۳۵	۰،۹۷۷۹	٪ ۱،۰۲
YND	۰،۹۷۵۸	۰،۹۷۹۳	۰،۹۹۳۵	٪ ۱،۰۸
YZN	۰،۸۵۲۱	۰،۸۶۰۹	۰،۰۰۹	٪ ۵۰
YD	۰	۰،۸۵۷۴	۰،۸۵۷۴	٪ ۵۰
DZN	۰،۹۹۰	۰،۴۹۵	۰،۴۹۵	٪ ۵۰
DY	۰،۸۵۲	۰،۷۷۲۵	۰	٪ ۵۰،۸
DYN	۰،۸۵۲	۰،۸۶۰۹	۰	٪ ۵۰،۸
DD	۰،۴۸۶	۰،۹۸۸	۰،۵۰۰۳	٪ ۵۰،۱
YY	۰،۴۸۸	۰،۹۹۰	۰،۵۰۰۳	٪ ۵۰،۱

جدول ۲-۱- ولتاژهای خطی ثانویه ترانسفورماتورها و درصد عدم تقارن ولتاژ آنها در حالت قطع یک فاز

V_{RS} و V_{ST} و V_{TR} ، ولتاژهای خطی ثانویه ترانس هستند که بر حسب پریونیت بیان شده اند . درصد عدم تقارن ولتاژ نیز مطابق پیشنهاد IEC آمده است . [۶]

در جدول ۲-۱ ، اتصالات مختلف ترانس ها به ترتیب درصد عدم تقارن ولتاژ مرتب شده اند . همانطور که مشاهده میشود ، اتصالات ZNZN ، YNYN ، YNZN و YND از نظر عدم تقارن ولتاژ نسبت به بقیه اتصالات ترانس ها وضعیت مطلوب تری دارند که با اعمال دو فاز به اولیه آنها خروجی سه فاز و نسبتاً متقارن دریافت میشود که این پدیده با بررسی شارهای مغناطیسی داخل ترانس براحتی قابل توجیه است . برای اطلاعات بیشتر به مرجع [۴] مراجعه شود .

۲-۲) عدم تقارن جریان بارهای امپدانسی و بارهای موتوری به ازاءِ قطع یکفاز :

برای انواع ترانس ها با ظرفیت نامی یکسان و با بار امپدانسی ، جریان های بار و اولیه ترانس به ازاء قطع یکفاز در اولیه بصورت پریونیت در جدول ۲-۲ نشان داده شده است .

نوع ترانسفورماتور	I_R (p.u)	I_S (p.u)	I_T (p.u)	I_r (p.u)	I_s (p.u)	I_t (p.u)
ZNZN	۰	۱،۷۱۲	۱،۷۳۶	۰،۹۶۰۸	۰،۹۶۴۵	۰،۹۵۱۶
YNYN	۰	۱،۷۱۴	۱،۷۳۸۲	۰،۹۶۰۸	۰،۹۶۴۵	۰،۹۵۱۶
YNZN	۰	۱،۶۹۷	۱،۷۲۲	۰،۹۵۵۳	۰،۹۷۳۷	۰،۹۴۶۱
YND	۰	۱،۷۲۴	۱،۷۱۸	۰،۹۶۶۳	۰،۹۵۵۳	۰،۹۵۵۳
YZN	۰	۰،۸۷۷	۰،۸۶۵	۰،۴۷۷۷	۰،۹۷۳۷	۰،۴۷۷۷
YD	۰	۰،۸۵۹	۰،۸۶۵	۰،۴۷۷	۰،۴۷۷	۰،۹۵۵۳
DZN	۰	۰،۸۷۳۸	۰،۸۷۸۱	۰،۸۴۴۷	۰،۸۴۴۷	۰
DY	۰	۰،۸۶۶	۰،۸۹۷	۰،۸۷۷۷	۰،۹۷۳۷	۰،۴۷۷
DYN	۰	۰،۸۷۱۶	۰،۸۷۷۵۶	۰،۸۴۰۹	۰،۹۷۳۷	۰،۴۸۰۹
DD	۰	۰،۸۳۹	۰،۸۸۶	۰	۰،۸۳۲۲	۰،۸۳۲۲
YY	۰	۰،۸۵۹۶	۰،۸۷۲	۰	۰،۸۴۱۰	۰،۸۲۳۸

جدول ۲-۲- جریانهای اولیه و ثانویه ترانسفورماتورها در حالت قطع یک فاز در اولیه با بار امپدانسی

I_R ، I_S و I_T ، جریان های خط در اولیه و I_r ، I_s و I_t جریان های خط در ثانویه ترانس هستند . ترانس های با اتصالات ZNZN و YNYN و YNZN و YND ، ولتاژهای ثانویه نسبتاً مطلوبی دارند . لذا توان کل بار از اولیه ترانس تغذیه می شود که این باعث اضافه جریان بیش از ۷۰ ٪ در این دوفاز خواهد شد که مشکلات حرارتی جدی بدنبال خواهد داشت . در نتیجه این اتصالات در شرایط قطع یک فاز با وجود ولتاژهای مطلوب در سربار ، جوابگوی بار نامی نخواهند بود . اما نکته قابل توجه آن است که اگر ترانس های با اتصالات مذکور در ۶۰ ٪ بار نامی بهره برداری شوند ، قابلیت جوابگویی بار سه فاز را در شرایط نرمال ولتاژ و جریان با توجه به سقف جریان مجاز جریانهای اولیه دوفاز سالم در حالت قطع یک فاز خواهند داشت .

وضعیت جریان ها با بار یک پریونیت :

حالت عادی (p.u)		حالت قطع یکفاز (p.u)
$I_R = ۱$	⟶	۰
$I_S = ۱$	⟶	۱/۷۱۲
$I_T = ۱$	⟶	۱/۷۳۶

وضعیت جریان های اولیه با بار ۰/۶ پریونیت :

حالت عادی (p.u)	حالت قطع یکفاز (p.u)

I_R = ۰/۶ ⟶ ۰

I_S = ۰/۶ ⟶ ۱/۰۳۸

I_T = ۰/۶ ⟶ ۱/۰۳۸

اما تغییر جریانها به نوع بار بستگی دارد . در بار امپدانسی عدم تقارن جریان ، مشابه عدم تقارن ولتاژ خواهد بود ، ولی در بار توان ثابت یا بار موتوری با کاهش ولتاژ ، جریان بالا میرود . بهمین دلیل ، تغییرات جریان های ترانس در حالت بار موتوری نیز بحث خواهد شد . تغییرات جریان های اولیه و ثانویه ترانسفورماتور برای بار موتوری و برای دو نوع ترانسDYN5 با ظرفیت ۳۱۵ KVA و YZN5 با ظرفیت ۱۰۰ KVA که در شبکه های توزیع موجود می باشد ، بررسی شده است . (جدول ۳-۲)

نوع اتصال	حالت	I_R (p.u)	I_S (p.u)	I_T (p.u)	I_r (p.u)	I_s (p.u)	I_t (p.u)
DYN5 315 KVA	عادی	۱	۱	۱	۱	۱	۱
	قطع	۰	۱،۶۲۶	۱،۶۱	۰،۹۱۸۳	۱،۸۳۹	۰،۹۱۳۸
YZN5 100 KVA	عادی	۱	۱	۱	۱	۱	۱
	قطع	۰	۱،۴۵۱	۱،۴۵۸	۰،۸۳۸	۱،۶۶۲	۰،۸۳۸

جدول ۳-۲- جریانهای اولیه و ثانویه ترانسفورماتورها با بار موتوری در حالت قطع یک فاز

آنچنانکه مشاهده میشود میزان افزایش جریان در فازهای سالم اولیه ترانس DYN ، ۶۱ ٪ و در ترانس YZN ، ۴۵ ٪ می باشد.

در واقع توان هر سه فاز در حالت قطع یک فاز بر روی دو فاز S و T افتاده است . همچنین جریان I_s ثانویه تغییرات ۸۳/۹ ٪ و ۶۶/۲ ٪ در ترانس DYN و YZN داشته است که مربوط به تغییرات زاویه ولتاژهای ثانویه ناشی از قطع یک فاز اولیه می باشد .

۳-۲) مقایسه توان ترانسفورماتورها :

در حالتی که ترانس بار امپدانس را تغذیه می کند ، چون قطع تک فاز سبب کاهش ولتاژهای ثانویه میشود ، لذا جریان فازهای ثانویه نیز کاهش یافته و بـه همین ترتیب توان های خروجی ثانویه ترانس از مقدار نامی تجاوز نمی کند . در جدول ۲-۴ ، تغییرات توان های اولیه ترانس DYN5 با قدرت ۳۱۵ KVA با بار امپدانسی و در جدول ۲-۵ ، تغییرات توان های اولیه و ثانویه همان ترانس در حالت قطع یـکفاز با بار موتوری آورده شده است . (البته در این حالت ، کل توان خروجی ترانس ۲۵۰ kw است که ۲۰ ٪ آن بار امپدانسی و ۸۰ ٪ آن بار موتوری بوده است .)

نوع اتصال	حالت	توان لحظه ای فاز R (p.u)	توان لحظه ای فاز S (p.u)	توان لحظه ای فاز T (p.u)
DYN5	عادی	۰،۹۸۷	۱	۰،۹۹
	قطع یک فاز	۰	۰،۸۷۱	۰،۸۶۷

جدول ۲-۴- توانهای اولیه و ثانویه ترانسفورماتور در حالت قطع یک فاز با بار امپدانسی

نوع اتصال	حالت	P_R (p.u)	P_S (p.u)	P_T (p.u)	P_2 (p.u)	P_1 (p.u)	P_0 (p.u)
DYN5 315 KVA	عادی	۰،۹۹۸	۰،۹۹۶	۱	۱	۰،۹۹۹	۰،۹۹۸
	قطع یک فاز	۰	۱،۷۲۵	۱،۷۲۲	۰،۷۳۳	۳،۱۲۹	۱،۰۰۵

جدول ۲ -۵- توانهای اولیه و ثانویه ترانسفورماتور در حالت قطع یک فاز با بار موتوری

آنچنانکه از دو جدول ۲-۴ و ۲-۵ مشاهده میشود وضعیت توان های اولیه و ثانویه ترانسفورماتور در حالتی که بار موتوری را تغذیه می کند ، بسیار وخیم تر از حالت بار امپدانسی است بطوریکه ۲۱۳ ٪ افزایش بار در یکی از فازهای ثانویه و ۷۵ ٪ افزایش بار در فازهای سالم اولیه پدید می آید. چنانچه همین ترانسفورماتور با ترانس مشابه خودش در حالتی که بار امپدانسی را تغذیه می کند مقایسه شود ، معلوم می شود که در حالت بار امپدانسی هیچ اضافه باری روی هیچکدام از فازهای اولیه و ثانویه وجود نخواهد داشت .

۲-٤) مقایسه تلفات ترانسفورماتورها :

در شبکه نمونه که در مقدمه مقاله معرفی گردیده است ، حالت قطع یک فاز برای یارده اتصال مختلف ترانس که در زیر آمده اند بررسی شده و نتایج تلفات در سه حالت بی باری ، بارداری و قطع یک فاز با بار امپدانسی در جدول ۲-۶ خلاصه شده است . از آنجائیکه در ترانس های نظیر ZNZN وYNZN جریان توالی صفر در حالت نامتقارن در هر دو طرف ترانس وجود دارد [۶] . تلفات مؤلفه صفر نیز در این اتصالات وجود خواهد داشت . همچنین در سه اتصال ZNZN و YNZN و YNYN شار مغناطیسی موجود در ستون سوم باعث القاء ولتاژ اولیه و ثانویه همان فاز خواهد شد و لذا تلفات آهنی ستون سوم حتی در حالت قطع یک فاز نیز وجود خواهد داشت . بنابراین مقدار تلفات حالت بار عادی در حالت قطع یک فاز همچنان موجود و اضافه تلفاتی که در حالت قطع یک فاز وجوددارد ، مربوط به افزایش تلفات مسی دو فاز سالم می باشد . در اتصال YND نیز تلفات هسته مربوط به هر سه ستون وجود خواهد داشت . چون نقطه نول اولیه به زمین وصل شده لذا جریان توالی صفر شبکه از ترانس عبور می کند و باعث ازدیاد تلفات خواهد شد [۲] .

در اتصال DYN قطع یک فاز باعث میشود یکی از سیم پیچ های اولیه با ولتاژ خط و دو سیم پیچ دیگر با نصف ولتاژ خط تغذیه شوند و این نیز باعث میشود که دو ستون هسته با نصف ولتاژ نامی تحریک شده و لذا تلفات هسته کاهش خواهد یافت . چون نقطه نول موجود نیست ، تلفات مؤلفه صفر نیز وجود نخواهد داشت و به همین دلایل است که مقدار تلفات در حالت قطع یک فاز نسبت به حالت عادی کاهش می یابد و به همین دلیل در سایر اتصالات YZN ، YD ، YY ، DZN ، DY و DD قطع یک فاز سبب کاهش تلفات هسته میگردد . با آنکه

تلفات بی باری و بار عادی هر بازده اتصال جدول تقریباً یکسان است . اما رفتار هر اتصال در برابر قطع یک فاز متفاوت خواهد بود و در جدول اتصالات به ترتیب کاهش تلفات حالت قطع یک فاز جهت مقایسه مرتب شده اند . (با توجه به مطالب فوق ، علت کاربرد اتصالات DZN ، DYN و YZN و عدم کاربرد سایر اتصالات در شبکه توزیع واضح گشت.)

نوع اتصال ترانسفورماتور در شبکه نمونه	تلفات بی باری(W)	تلفات بار عادی (W)	تلفات حالت قطع یک فاز (W)
YND	۲۱۱	۴۳۵	۶۵۲
YNYN	۲۱۱	۴۳۵	۶۵۲
YNZN	۲۱۱	۴۳۵	۶۵۲
ZNZN	۲۱۰	۴۳۵	۶۳۲
YZN	۲۱۱	۴۳۵	۲۵۰
YD	۲۱۱	۴۳۵	۲۲۴
YY	۲۱۱	۴۳۵	۲۲۲،۵
DZN	۲۱۳	۴۳۷	۲۲۱،۵
DYN	۲۱۳	۴۳۷	۲۲۰،۵
DY	۲۱۳	۴۳۷	۲۲۰
DD	۲۱۳	۴۳۷	۲۱۷

جدول ۳ ـ ۶ تلفات بی باری عادی و حالت قطع یک فاز ترانسفورماتورها با بار امپدانسی

۳) قطع یک فاز در نقاط مختلف شبکه :

در شبکه های توزیع ممکن است در اثر بروز خطا در شبکه ، قطع یک فاز در ابتدای خط ۲۰ KV یا در سر ترانس و یا حتی ممکن است در سر بار اتفاق بیفتد . چون طول خطوط فشار ضعیف و حتی ۲۰ KV طولانی نیست ، لذا رفتار قطع یک فاز در ابتدای خط ۲۰ KV مشابه قطع در انتهای خط و قطعی در ابتدا و انتهای فشار ضعیف نیز مشابه خواهد بود . بنابراین برای بررسی و تحلیل اثرات قطع یک فاز در نقاط مختلف شبکه توجه خود را روی قطع یک فاز در اولیه و ثانویه ترانس یا ابتدای خط های فشار ضعیف ۲۰ KV معطوف می سازیم . در تمام محاسبات این بخش ، بار ترانسفورماتور ، ۶۰ ٪ موتوری و ۴۰ ٪ امپدانسی در نظر گرفته شده است .

۳-۱) وضعیت ولتاژهای بار :

ولتاژهای بار در دو حالت قطع در اولیه و ثانویه ترانس جهت مقایسه در جدول ۳-۱ آمده است . V_a و V_b و V_c ، ولتاژهای سربار بر حسب پریونیت هستند .

درصد عدم تقارن ولتاژ	V_T (p.u)	V_S (p.u)	V_R (p.u)	حالت قطع
۱۸،۴۸	۰،۹۹۷۰	۰،۹۷۹۴	۰،۷۳۷۵	قطع یک فاز در اولیه ترانسفورماتور
۵۰،۵	۰،۹۹۱	۰،۹۹۷۱	۰	قطع یک فاز در ثانویه ترانسفورماتور

جدول ۳-۱- تغییرات ولتاژ در سر بار با اتصال DYN5 در حالت قطع یک فاز

۳-۲) جریان های بار و جریان های اولیه ترانس :

جریانهای بار در دو حالت قطع یک فاز در اولیه و ثانویه ترانس جهت مقایسه در جدول ۳-۲ آمده است . I_T و I_R و I_S ، جریان های بار (ثانویه) بر حسب پریونیت هستند .

درصد عدم تقارن جریان ثانویه	I_T (p.u)	I_S (p.u)	I_R (p.u)	حالت قطع
۵۰،۹	۰،۹۵۲۰	۱،۹۲۷	۰،۹۵۲۰	قطع یک فاز در اولیه ترانسفورماتور
۵۱،۰۳	۱،۶۰۸	۱،۵۸۶۱	۰	قطع یک فاز در ثانویه ترانسفورماتور

جدول ۳-۲ جریانهای بار در حالتهای قطع اولیه و ثانویه ترانسفورماتور

همچنین جریانهای اولیه ترانس در دو حالت قطع در اولیه و ثانویه ترانس در جدول ۳-۳ آورده شده است . $I_{\circ}$ و $I_{\circ}$ ، جریانهای اولیه ترانس بر حسب پریونیت می باشند . همچنان که مشاهده میشود درصد اضافه جریان هرکدام از سیم پیچ های اولیه و ثانویه در دو حالت قطعی در اولیه و ثانویه ترانس در دو جدول کاملاً مشهود است.

درصد عدم تقارن جریان اولیه	I_C (p.u)	I_B (p.u)	I_A (p.u)	حالت قطع
٪ ۵۰،۶	۱،۶۸۳	۱،۶۷۰	۰	قطع یک فاز در اولیه ترانسفورماتور
٪ ۲۸،۶	۱،۳۸۵	۱،۹۱۸	۰،۹۲۷	قطع یک فاز در ثانویه ترانسفورماتور

جدول ۳-۳- جریانهای اولیه ترانسفورماتور در حالتهای قطع در اولیه و ثانویه ترانسفورماتور

۳-۳) توا نهای لحظه ای ورودی و خروجی :

در جداول ۳-۴ و ۳-۵ به شرح ذیل P_A و P_B و P_C ، توانهای لحظه ای ورودی به ترانس و P_R و P_S و P_T ، نیز توانهای خروجی ترانس بر حسب پریونیت می باشند .

حالت	$P_A(t)$ (p.u)	$P_B(t)$ (p.u)	$P_C(t)$ (p.u)	$P_R(t)$ (p.u)	$P_S(t)$ (p.u)	$P_T(t)$ (p.u)
عادی	۰,۹۹۸۴	۰,۹۹۶۰	۱	۱	۰,۹۹۹۷	۰,۹۹۸۴
قطع یک فاز در اولیه ترانس	۰	۱,۷۵۰۲	۱,۷۲۲۶	۰,۷۳۳۴	۳,۱۲۹	۱,۰۰۵

جدول ۳-۴- توانهای لحظه ای ورودی و خروجی ترانسفورماتور در حالت عادی و حالت قطع یک فاز در اولیه

حالت	$P_A(t)$ (p.u)	$P_B(t)$ (p.u)	$P_C(t)$ (p.u)	$P_R(t)$ (p.u)	$P_S(t)$ (p.u)	$P_T(t)$ (p.u)
عادی	۰,۹۹۸۴	۰,۹۹۶۰	۱	۱	۰,۹۹۹۷	۰,۹۹۸۴
قطع یک فاز در ثانویه ترانس	۰,۹۶۱۰	۰,۹۵۰۶	۱,۴۳۳۸	۰	۱,۶۳۵	۱,۶۴۳

جدول ۳-۵- توانهای لحظه ای ورودی و خروجی ترانسفورماتور در حالت عادی و حالت قطع یک فاز در ثانویه

۳-٤) تأثیر ظرفیت ترانسها در اثرات قطع یک فاز :

ترانس هایی که در شبکه های توزیع ایران موجودند : ۵۰ ، ۱۰۰، ۱۲۵، ۱۶۰ و ۲۰۰ کیلوولت آمپر با اتصال YZN5 و ۲۵۰ ، ۳۱۵ ، ۵۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ کیلوولت آمپر با اتصال DYN5 هستند . جهت بررسی تأثیر تغییر ظرفیت ترانس بر اثرات قطع یک فاز دو موضوع زیر بررسی می شوند : یکی آنکه برای همه ظرفیت های فوق با بار یکسان امپدانسی به قدرت ۲۶ kw قطع یک فاز بررسی شود و اثر تغییر ظرفیت در بار یکسان دیده می شود. دوم آنکه در دو ظرفیت متفاوت با بار نامی هر یک در حالیکه بار ترکیبی از بار موتوری و امپدانسی است ، قطع یک فاز جهت مقایسه بررسی شود .

الف- برای همگی ظرفیت ها از ۵۰KVA الی ۱۰۰۰ KVA با بار یکسان امپدانسی ۲۶ kw قطع یک فاز در ابتدای خط ۲۰ KV اعمال شده است . چون مقدار بار کمتر از ظرفیت های ترانس ها می باشد نیازی به بررسی توانها و جریان های اولیه و ثانویه نیست ، اما تلفات حالت قطع و عدم تقارن ولتاژها بررسی شده اند که درصد عدم تقارن ولتاژها با تغییرات ظرفیت ترانس ثابت مانده ولی تلفات متناسب با ظرفیت ترانس تغییر کرده است که بصورت خلاصه در جدول ۳-۶ آمده است .

(KVA) S	۵۰	۱۰۰	۱۲۵	۱۶۰	۲۰۰	۲۵۰	۳۱۵	۵۰۰	۸۰۰	۱۰۰۰
تلفات بی باری (KW)	۰,۲۱۰	۰,۳۴۰	۰,۴۰۰	۰,۴۸۰	۰,۵۷۰	۰,۶۱۰	۰,۷۵۰	۰,۱۰۰۰	۱,۴۵۰	۱,۷۵۰
تلفات حالت قطع یک فاز (KW)	۰,۲۲۵	۰,۲۲۶	۰,۲۲۹	۰,۲۶۵	۰,۳۱۴	۰,۳۳۳	۰,۴۰۱	۰,۴۵۸	۰,۷۷۳	۰,۹۲۶

جدول ۳-۶- تلفات بی باری و قطع یک فاز برای ظرفیتهای متفاوت ترانسفورماتور با بار متعادل

ب- جهت بررسی اثر تغییر ظرفیت ترانس بر تغییرات توان های اولیه و ثانویه ترانس ، عدم تعادل ولتاژ ، تغییرات جریان های اولیه و ثانویه ترانس و تغییر تلفات در حالت قطع یک فاز ، دو ترانس با ظرفیت ۵۰ و ۳۱۵ کیلوولت آمپر در حالیکه با توان نامی ، بار را تغذیه می کنند مورد مطالعه قرار گرفته اند . بار هر یک ترکیبی از بار امپدانسی و بار موتوری است . (جدول ۳-۷)

ظرفیت ترانسفورماتور	$P_{A}(t)$ (p.u)	$P_{B}(t)$ (p.u)	$P_{C}(t)$ (p.u)	$P_{R}(t)$ (p.u)	$P_{S}(t)$ (p.u)	$P_{T}(t)$ (p.u)	Loss (W)
50 KVA	-	۱,۵۰۰۲	۱,۵۰۸۴	۰,۷۸۸۰	۱,۶۸۷۰	۱,۶۸۷۰	۱,۷۳۵۰
315 KVA	-	۱,۷۵۰۲	۱,۷۲۲۶	۰,۷۳۳۴	۳,۱۲۹۸	۱,۰۰۵	۱,۷۹۳۲

جدول ۳-۷- مقادیر توانهای ورودی و خروجی یک ترانسفورماتور در حالت قطع یک فاز با بار متعادل

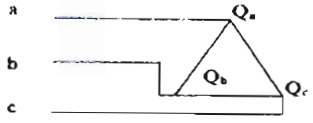
$P_{A}(t)$ و $P_{B}(t)$ و $P_{C}(t)$ ، توان های ورودی به ترانس و $P_{R}(t)$ و $P_{S}(t)$ و $P_{T}(t)$ توانهای خروجی ترانس و Loss تلفات کل ترانس هستند . درصد اضافه جریان روی هر کدام از فازهای اولیه و ثانویه و تغییرات جریانها در حالت قطع یک فاز مشابه تغییرات توانها می باشد که از تکرار آن خودداری می شود.

٤) مزایای نصب خازن :

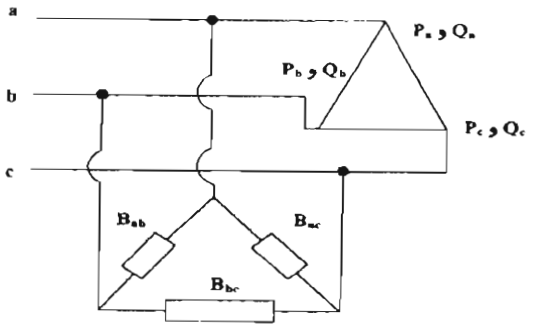
بطور کلی تأثیرات نصب خازن در شبکه به شرح زیر است :

- کاهش انرژی تلف شده در شبکه .
- کاهش افت ولتاژ .
- آزادسازی ظرفیت ترانسفورماتورها و ژنراتورها .
- حذف هزینه های سرمایه گذاری مربوط به بهبود و توسعه سیستم .
- افزایش کیفیت انرژی تحویلی به مشترکین .
- متعادل سازی بار .

از موارد فوق ، موردی که در ارتباط با این تحقیق می باشد ، تأثیر خازن در متعادل سازی بار در شبکه های فشار ضعیف است که با تزریق سه فاز جریان راکتیو می توان شبکه را متعادل نمود . (مطابق روابط زیر)



شبکه نامتعادل



شبکه متعادل

$$B_{sh} = \frac{1}{9V}\left[2Q_a + 2Q_b - Q_c + \sqrt{3}(P_a - P_b)\right]$$

V : ولتاژ فاز منبع

B_{sh} : سوسپتانس

P : توان اکتیو

Q : توان راکتیو

۵) نتیجه گیری :

الف- با توجه به بحث جریانهای متقارن (I_0, I_+, I_-) در ترانسفورماتورهایی که اولیه با نقطه صفر مؤثر دارند ،جریان مؤلفه صفر در حالت نامتعادل وجود خواهد داشت و باعث افزایش تلفات ترانس میگردد . چون در حالت عادی شبکه حالت های نامتعادل بار سه فاز نیز وجود دارد و حالت عادی شبکه بصورت دائمی دارد ، این افزایش تلفات باعث کاهش طول عمر ترانس میگردد . البته در حالت قطع یک فاز ، چون شدت نامتعادلی بیشتر میشود ، افزایش تلفات چشم گیری وجود خواهد داشت که مطلوب نیست ، اما برای یک شرایط خاص و موقتی چندان ایجاد اشکال نمی نماید .

ب- در بحث عدم تقارن ولتاژ ترانس ها در حالت قطع یک فاز ترانسفورماتورهای YNZN ، ZNZN و YNYN از دیدگاه عدم تقارن ولتاژ در حالت قطع یک فاز با توجه به توجیه شار مغناطیسی در هسته ، وضعیت مطلوبی فقط از دیدگاه بررسی قطع یک فاز داشتند . اما ممکن است چنانچه از سایر دیدگاههای دیگر شبکه از قبیل انواع

اتصال کوتاهها و ... بررسی شوند جواگو نباشند . اما به عنوان یک پیشنهاد توصیه میشود که این اتصالات از این دیدگاهها مورد بررسی قرار گیرند ، زیرا که مشکلات موجود در سایر دیدگاهها ممکن است با ارائه راه حل مناسب قابل رفع باشند .

ج- در بخش عدم تقارن جریان های موتوری و امپدانسی در حالت قطع یک فاز ، اگر قطع یک فاز با ۱۰۰ ٪ بار امپدانسی اتفاق بیفتد . مشکلات اضافه جریان چندان حدی نخواهد بود و فقط باعث کاهش جریان دهی فازها از حالت متعادل میگردد . اما اگر قطع یک فاز با ۱۰۰ ٪ بار موتوری اتفاق بیفتد ، مشکلات اضافه جریان در اولیه و ثانویه ترانس جدی خواهد بود و چون بار شبکه ترکیبی از این دو می باشد . لذا با اتصالات موجود شبکه (YZN و DYN) در حالت قطع یک فاز ، وضعیت اضافه جریان در اولیه و ثانویه ترانس وخیم خواهد بود .

د- با دقت در مندرجات جداول ۲-۴ و ۲-۵ مشاهده میشود وضعیت توان های اولیه و ثانویه ترانس در حالتی که بار موتوری را تغذیه می کند ، بسیار وخیم تر از حالت بار امپدانسی است . بطوریکه ۲۱۳ ٪ افزایش بار در یکی از فازهای ثانویه و ۷۵ ٪ افزایش بار در فازهای سالم اولیه پدید می اید . از انجائیکه بدلایل مختلف از جمله بحث سرقت دزدکنتور پستهای ۲۰kv ، استفاده از سکسیونرهای فوزیبل دار بجای دزدکنتورها مرسوم شده است . علی رغم مزایایی که استفاده از این نوع سکسیونرها در پست ها دارد ، می بایست به سالم بودن آنها توجه کافی داشت چرا که در صورت بروز اتصالی روی یک فاز ، در صورت معیوب بودن سیستم قطع یک سکسیونر فوزیبل دار ، فقط فیوز همان فاز اتصالی سوخته و ترانس بصورت دو فاز به کار خود ادامه میدهد و اگر بار ترانس موتوری باشد بدلایل گفته شده ترانس در حالت بحرانی قرار گرفته و علاوه بر صدمه دیدن ترانس و کاهش طول عمر آن باعث صدمه دیدن تجهیزات سه فاز مشترکین خواهد گردید .

ه- در اثر قطع یک فاز دو سر یک خط فشار ضعیف در شبکه باعث عدم تقارن جریان های استاتور موتورها میگردد که این عدم تقارن جریانها باعث پیدایش مولفه چپگرد میدان و در نتیجه تولید کوپل ترمزی میگردد که تبحتا دور موتور کاهش می یابد و بطور نوسانی کم و زیاد میشود [۴و۵] و همچنین باعث میشود گشتاور تولیدی از حالت ماندگار خارج شده و بطور نوسانی کم و زیاد شود و همچنین باعث ایجاد مؤلفه های مثبت و صفر و منفی جریان های استاتور میشود .

و- در اثر قطع یک فاز در سر خط ۲۰kv ، عدم تقارن ولتاژ ناشی از قطع تک فاز از حالت قبل خیلی بیشتر است بطوریکه دو تا از ولتاژها تقریباً نصف شده و یک ولتاژ سالم باقی می ماند [۵] که این عدم تقارن در جریانهای استاتور باعث پیدایش مؤلفه چپگرد و در نتیجه تولید کوپل ترمزی بیشتری میکند که نتیجتاً دور موتور خیلی کاهش پیدا کرده و پس از زمان $t = 2/5\ s$ مشاهده شده که موتور در این حالت باید از شبکه خارج گردد با اینکه به رله هایی تجهیز شود تا بتواند از آسیب دیدن جلوگیری نمایند .

منابع و مـــراجـــع :

[۱] استاندارد پیشنهادی ترانسفورماتورهای توزیع- مرکز تحقیقات نیرو- ۱۳۷۲
[۲] تئوری ترانسفورماتور- انتشارات دانشگاه صنعت آب و برق- مشکوه الدینی- م
[۳] کتابچه مشخصات فنی ترانسفورماتورهای ۲۰kv /۴۰۰v ایران ترانسفو
[۴] ماشین های الکتریکی- دکتر حمید لسانی
[۵] نتایج شبیه سازی اثرات قطع یک فاز در شبکه توسط برنامه EMTP که در دانشکده صنعت آب و برق انجام گرفته است .

[6] " Economics of Transformer Design and Application " Ele. Eng. HAND Book - MITSUBISHI Ele. Co. Chap 3