بررسی و لزوم احداث و جایابی پستهای فوق توزیع با استفاده از نتایج طرح جامع شبکه‌های 20 کیلوولت

علی خراسانی 1 مسعود عموهادی 1× ویدا میرزائیان 2 سید رسول رضیان 2
1) ـ شرکت مهندسین مشاور دانشمند 2) ـ شرکت توزیع برق استان اصفهان

چکیده :
در حال حاضر تعیین محل و ظرفیت پستهای فشار قوی توسط قسمت فنی و برنامه‌ریزی برق‌های منطقه‌ای انجام می‌گیرد و برخی مواقع بدلیل عدم جایابی مناسب ، با مشکلاتی از قبیل : دور بودن پستهای فوق توزیع از مراکز ثقل بار ، عدم استفاده کامل از ظرفیت موجود آنها ، وجود افت ولتاژ و تلفات بیش از حد مجاز در شبکه-های توزیع و ... روبرو می‌شود .
با توجه به اینکه یکی از اهداف تهیه طرحهای جامع شبکه‌های توزیع ، تعیین ضریب رشد انرژی و بار مناطق ، پیش بینی احداث شبکه‌های 20 کیلوولت و تعیین محل و ظرفیت پستهای فوق توزیع می‌باشد ، لذا در این مقاله جایابی پستهای فوق توزیع در یکی از شهرستانهای استان اصفهان که بر اساس روند تهیه طرح جامع آن شهرستان صورت گرفته ، مورد مطالعه قرار می‌گیرد .

1 - مقدمه :
یکی از اهداف اصلی پروژه طرح جامع شبکه 20 کیلوولت ارائه طرح جامع پنج ساله توسعه شبکه است که مهمترین بخش آن بررسی لزوم احداث ، تعیین ظرفیت و محل پستهای فوق توزیع جدید در منطقه می‌باشد .
جهت بررسی لزوم احداث پستهای فوق توزیع آینده و تعیین محل مناسب آنها ، ابتدا با در نظر گرفتن طرح اصلاح وضعیت موجود شبکه و نیز با توجه به محاسبات پیش بینی بار ، محدوده تغذیه هر یک از پستهای فوق توزیع فعلی تعیین و با توجه به ضرایب رشد بار محاسبه شده در هر محدوده ، میزان تقاضای بار و انرژی پنج سال آینده در هر منطقه تعیین می‌شود . در این راستا ، دیدگاههای ذیل بررسی و مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد :
1) برآورد انرژی مورد نیاز شهرستان تا 10 سال آینده
2) بارهای غیر همزمان پستهای توزیع با توجه به نتایج جایابی پستهای توزیع تا 10 سال آینده
3) حداکثر بار همزمان فیدرها و پستهای فوق توزیع و روند رشد آنها تا 10 سال آینده
4) تعیین سالهای بحرانی پستهای فوق توزیع و شهرستان با توجه به بارهای همزمان و غیر همزمان تا 10 سال آینده
5) تلفات انرژی و بار شهرستان تا 10 سال آینده

پس از انجام پردازش‌ها و تحلیل‌های فوق ، بخشی از بارهای شبکه که از نظر افت ولتاژ ، تلفات توان و ظرفیت پست فوق توزیع ، امکان تامین انرژی آن ممکن نبوده و یا شبکه را به ناپایداری می‌برد ، ازشبکه موجود جدا کرده و مراکز ثقل آنها را تعیین و با در نظر گرفتن مسائل فنی ـ اقتصادی پستهای فوق توزیع مورد نیاز در نزدیکی مرکز ثقل آنها پیشنهاد می‌گردد .

2ـ تعیین محل پست فوق توزیع پیشنهادی :
در تعیین محل مناسب جهت احداث پست فوق توزیع چهار پارامتر اصلی زیر در نظر گرفته شده است :

2ـ1ـ نزدیکی محل پست به مراکز ثقل بارهای فعلی و آینده :
مهمترین پارامتری که از نظر الکتریکی (افت ولتاژ ، تلفات و ...) در تعیین محل احداث پست فوق توزیع حائز اهمیت می‌باشد ، نزدیکی محل پست پیشنهادی به مرکز ثقل بارهای فعلی و آینده منطقه می‌باشد .

2ـ2ـ نزدیکی به خطوط انتقال و فوق توزیع

در صورت عبور خط 63 کیلوولت از نزدیکی محل احداث پست پیشنهادی هزینه احداث خطـوط فـوق توزیـع جهت تغذیه پست ، کاهش می‌یابد البته بایستی ظرفیت و پایداری خطوط فوق توزیع و انتقال را در این ارتبـاط در نظر گرفت .

3ـ2ـ نزدیک بودن محل پست به جاده اصلی :

علاوه بر موارد فوق الذکر یکی از پارامترهائی که برای تعیین محل پست فوق توزیـع حـائز اهمیـت مـی‌باشـد نزدیک بودن محل پست به جاده اصلی می‌باشد که مزیت آن امکان بهره‌برداری آسان‌تر و رفع عیب سریعتر از این پست علی الخصوص در فصل زمستان خواهد بود ، همچنین بدلیل سنگینی و حجیم بودن تجهیزات پست ، نقل و انتقال آنها در مرحله نصب و راه‌اندازی با سهولت بیشتر و هزینه کمتری امکان پذیر خواهد بود .

4ـ2ـ افزایش شعاع عملکرد پستهای فوق توزیع

در انتخاب محل پست هرچه قدر شعاع عملکرد پستها بیشتر باشد مطلوب‌تـر اسـت . بـه عبـارت دیگـر سـطح پوشش پستهای فوق توزیع بیشینه می‌گردد . میزان برقرسانی و پارامترهای شبکه از جملـه طـول شـبکه‌هـای 20کیلوولت ، افت ولتاژ و تلفات توان مستقیماً تحت تاثیر میزان همپوشانی و سطح زیر پوشش پـستهای فـوق توزیع خواهند بود

5-2-توجه به مسائل جغرافیائی ـ اقتصادی ـ اجتماعی و فرهنگی منطقه

علاوه بر سه پارامتر اصلی فوق الذکر در تعیین محل احداث پست فوق توزیع بایستی امکـان سـنجی عملـی و اجرائی احداث پست ، از نظر مسائل جغرافیائی ـ اقتصادی اجتماعی و فرهنگی منطقه مورد بررسی قرار گیرد .

3ـ طرح احداث پست فوق توزیع شهرستان مبارکه :

مؤید مطالب فوق الذکر طرح احداث پست فوق توزیع شهرستان مبارکه از توابع اسـتان اصـفهان و سـرابدوره از توابع استان لرستان بعنوان نمونه عملی در ادامه ارئه شده است.

1-3- پیش‌بینی پست فوق توزیع شهرستان مبارکه (استان اصفهان)

با توجه به محاسبات پیش‌بینی بار و انرژی 5 سال آینده در شهرستان مبارکه ، ضریب رشد بار محدوده تغذیه هر یک از پستهای فوق توزیع بر اساس سوابق بار هر منطقه به تفکیک تعرفه مطابق با جدول (1) تعیین گردیده است .

در جدول(1) ماکزیمم بار فعلی هر پست فوق توزیع با توجه به اطلاعات دریافتی از دیسپاچینگ استان اصفهان محاسبه شده است .

بر اساس اطلاعات مندرج در جدول (1) می‌توان میزان انرژی مصرفی و ضریب بهره‌برداری هر یک از پستهای فوق توزیع آن شهرستان را مشاهده نمود .

2-3- پیش‌بینی انرژی مصرفی و ضریب بهره‌برداری از پستهای فوق توزیع در سالهای آینده

مطابق با جدول (1)، با توجه به ضریب رشد بار که بر اساس سوابق بار در سالهای گذشته محاسبه شده و نیز تقاضاهای انرژی آینده منطقه ، میزان انرژی مصرفی و ضریب بهره‌برداری پستهای فوق توزیع شهرستان مبارکه از سال 81 تا سال 85 محاسبه و در جدول (2) ارائه شده است .

با توجه به پیش‌بینی انجام شده مطابق با جدول (2)حداکثر تا سال 1382 امکان استفاده از پست نقش جهان (موجود) میسر می‌باشد و به منظور تغذیه بارهای آینده آن منطقه نیاز به احداث پست فوق توزیع جدید در این منطقه می‌باشد.

لازم به ذکر است به دلیل فاصله نسبتاً زیاد پستهای صفاشهر و مجلسی از مراکز ثقل بارهای جدید ، مانور و تغذیه بارهای جدید توسط پستهای مذکور امکان پذیر نمی‌باشد و نیاز به احداث یک دستگاه پست فوق توزیع در محل مناسب می‌باشد .

3ـ3ـ تعیین محل پست فوق توزیع پیشنهادی

پس از محاسبه ، مرکز ثقل بار محدوده‌هائی که تحت پوشش پست نقـش جهـان می‌باشد تعیین شده است که در نقشه (3) نمایش داده شده است . همچنین در نقشه (3) مسیر خط 63 کیلوولت و جاده اصلی نـشان داده شده است . توجه به نکات فوق و نیز امکان سنجی عملی منطقـه محـل پـست فـوق توزیـع در کنـار کارخانـه فراورده‌های نسوز پیشنهاد شده است .

در ادامه نقشه شماره (4)مربوط به محل تعیین شده جهت احداث پست فوق توزیع پیشنهادی ارائه می‌گردد.

4ـ3ـ طرح احداث فیدرهاي جدید از پست پیشنهادي :

پس از انجام بررسیهای لازم طرح احداث 4 فیدر جدید و انتقال بارهای موجود و پیش‌بینی شده آینده بـر روی آنها انجام شده است . این طرحها یه گونه‌ای است که هیچ یک از فیدرهای موجود و فیـدرهای پیـشنهادی بـا اضافه جریان یا افت ولتاژ روبرو نیستند بعنوان نمونه وضعیت فیدر 5 نقش جهان قبل از احداث فیدرهای جدید و پس از احداث و انجام تعدیل بار جهت مقایسه درنقشه (5)ونتایج محاسبات در جدول (6) ارائه شده است

همانطور که مشاهده می شود پس از اعمال ضریب رشد بار فیدر 5 نقش جهان دارای جریان 430آمپر و افت ولتاژی در حدود 7 درصد می‌باشد.
به منظور بهبود وضعیت مذکور پیشنهاد می‌گردد بخشی از بارهای آن به فیدر جدید از پست فوق توزیع پیشنهادی انتقال یابد در اینصورت به وضعیتی که در نقشه (7)و جدول (8) ارائه شده است خواهیم رسید.

همانطور که مشاهده می شود در این حالت جریان عبوری از فیدر 5 نقش جهان در شرایط پیک بار به کمتر از نصف کاهش یافته و افت ولتاژ انتهای فیدر به حدود 3 درصد می‌رسد.

4ـ طرح احداث پست فوق توزیع سرابدوره (استان لرستان) :

بر اساس بررسیهای بعمل آمده و محاسبات انجام گرفته که خلاصه آن بشرح زیر است ، پیشنهاد گردید یک دستگاه پست 63/20 کیلوولت شامل دو دستگاه ترانسفورماتور قدرت به ظرفیت30 × 2 مگاولت آمپر در منطقه سراب ناوه کش ویا سرابدوره از بخش چگنی احداث گردد

4-1-1- فیدر 20 کیلوولت سرابدوره :

طول راست رو فیدر حدوداً 180 کیلومتر و پیک بار سالیانه فیدر (در مرداد ماه) در سال 80 برابر با 85 آمپر و در سال 81 برابر با 97 آمپر، ولتاژ انتهای فیدر در پیک بار برابر با 18/1 کیلوولت می باشدکه نسبت به 20 کیلوولت به میزان 9/6 درصد می گردد و تلفات فیدر در پیک بار 5/6٪ می باشد .
همچنین ولتاژ فاز ـ نول اندازه گیری شده در انتهای فیدر در طرف فشار ضعیف پستهای توزیع 209 ولت می باشد .
نتایج محاسبات الکتریکی در جدول (9) ارائه شده است .همانطور که مشاهده می شود افت ولتاژ و تلفات فیدرهای سرابدوره بیش از حد مجازمی باشد

4-1-2ـ فیدر 20 کیلوولت نفت چنار :

وضعیت این فیدر در جدول (10) ارائه شده است .
طول راست رو فیدر در حدود 65 کیلومتر ، پیک بار سالیانه فیدر (در مرداد ماه) 80 آمپر، ولتاژ انتهای فیدر در پیک بار 19/1 کیلوولت که نسبت به 20 کیلوولت افت ولتاژی برابر با 4/5 درصد ولتاژ طرف فشار متوسط و در پنج سال آینده ولتاژ انتهای این فیدر به 18/1 کیلوولت کاهش خواهد یافت که این افت ولتاژ برابر با 9 درصد ولتاژ ابتدای فیدرمی باشد و تلفات توان اکتیو این فیدر در پیک بار در حدود 4 درصد است که نزدیک به حد غیر مجاز تلفات می باشد . همچنین ولتاژ فاز ـ نول اندازه گیری شده در انتهای فیدر در طرف فشار ضعیف پستهای توزیع 219 ولت در سال 80 و این مقداربه 208 ولت در پنج سال آتی خواهد رسید .
با توجه به اطلاعات فوق الذکر که مؤید افت ولتاژ بیش از حد مجاز این دو فیدر می باشد ، از آنجائیکه وظیفه شرکتهای توزیع برق تحویل انرژی برق مطمئن و با کیفیت مناسب طبق استانداردهای وزارت نیرو به مشترکین بوده و در مورد مذکور ، راه حلهای مقطعی از قبیل تقویت فیدر و تعویض هادی ، خازن گذاری ، نصب رگولاتور و اتوبوستر مشکلات افت ولتاژ و تلفات توان این دو فیدر را در این شبکه بر طرف نمی کند ، لذا تنها راه حل ممکن که بصورت بلند مدت مفید و مثمر خواهد بود ، احداث پست فوق توزیع در این منطقه می باشد .

4-2 ـ تأمین انرژی های در خواستی جدید منطقه :

الف ـ تقاضای انرژی لاستیک سازی در منطقه سرخه ریزه به میزان 3 مگاوات
ب ـ تقاضای انرژی منطقه صنعتی جدید الاحداث در منطقه مله شبانان به میزان 3/5 مگاوات .
پ ـ تقاضای انرژی دامداری در حال تأسیس جهاد سازندگی واقع در نزدیکی پادگان نظامی به میزان 4 مگاوات .
دلیل دوم ضرورت نصب پست فوق توزیع سرابدوره ، تقاضاهای جدید در منطقه صنعتی جدید الاحداث چگنی می باشد

4-3ـ رشد قابل توجه بار منطقه :

براساس محاسبات پیش بینی بار و انرژی مطابق با جداول پیوستی که نشان دهنده روند رشد بار و انرژی پنج ساله منطقه می باشد ، بار و انرژی پنج ساله بخش چگنی ، رشدی در حدود 12 درصد را نشان می دهد بطوری که پیک بار فیدر سرابدوره ظرف مدت یکسال از 95 آمپر به 105 آمپر افزایش یافته است .
همچنین در بخش ویسیان نیز رشد باری در حدود 10 درصد را طی پنج سال آینده خواهیم داشت لذا براساس محاسبات انجام گرفته ، با در نظر گرفتن 10/5 مگاوات تقاضاهای جدید ، حدود 6 مگاوات انرژی مصرفی فعلی (بار کل فیدر سرابدوره از بخش چگنی و قسمتی از فیدر نفت چنار از بخش ویسیان) و احتساب حدود 12٪ رشد بار فعلی منطقه چگنی(بدلیل مناطق صنعتی وتقاضای بار جدید) و 10٪ رشد بار ویسیان و در نظر گرفتن ضریب بهره برداری هفتاد درصدی از پستهای فوق توزیع در شرایط عادی ، پیشنهاد می گردد یک دستگاه پست 63/20 کیلوولت به ظرفیت 30 × 2 مگاولت آمپر در حدود منطقه سراب ناوه کش احداث گردد

4-4 ـ سیاست توسعه صنعتی منطقه :

نظر به اینکه سیاست اخیر دولت در ارتباط با شهرستان خرم آباد و بویژه شرایط مناسب منطقه چگنی مبتنی بر صنعتی سازی و تبدیل آن به یک قطب صنعتی می باشد ، لذا اهمیت احداث این پست در این منطقه دو چندان می گردد .

چون که این فیدرانرژی بارهای صنعتی را تأمین می کند و تداوم تأمین انرژی در چنین بخشهائی از اهمیت ویژه ای برخوردار است . لذا پیشنهاد می گردد که تا حد امکان از دو عدد ترانس جهت این پست استفاده گردد

5-4-مسیر فیدرهای خروجی :

فیدر 1 و 2 و 3 و 4 و 5 :

فیدر 1 منطقه صنعتی جهاد سازندگی و بارهای موجود را تغذیه می کند (این فیدر در حال حاضر به نام فیدر سرابدوره موجود است) . فیدر 2 نیز بارهای منطقه صنعتی جدید الاحداث و کارخانه لاستیک سازی را تأمین می کند فیدر 3 قسمت غربی فیدر سرابدوره را تأمین می کند . با کاهش بار این فیدر بدلیل ایجاد پست فوق توزیع ، فیدر شماره 3 امکان مانور با کوهدشت و در نتیجه امکان تأمین انرژی بخشی از مشترکین کوهدشت را نیز دارا می باشد .
فیدر 4 نیز فیدر پیشنهاد می گردد تا بار قسمت غربی بخش ویسیان (نفت چنار) و در نتیجه قسمتی از انرژی کوهدشت یا پل دختر را نیز تأمین کند .
همچنین فیدر 5 قسمتی از بار فیدر نفت چنار را تأمین می کند .
شایان ذکر است که برای پیش بینی پنج ساله بار فیدرهای این پست فوق توزیع نیز از روشی مانند پست فوق توزیع شهرستان مبارکه استفاده گردیده است

6-4-تعیین محل نصب پست فوق توزیع پیشنهادی سرابدوره :

1ـ6-4- نزدیکی محل پست پیشنهادی به مراکز ثقلی بارهای فعلی و آینده

با توجه به نقشه (11)که در این مقاله ارائه گردیده ، محل پست پیشنهادی در منطقه سراب ناوه کش می باشد که نزدیک به مرکز ثقل بار فیدر فعلی سرابدوره (چگنی) به همراه بارهای آینده می باشد . همچنین این مکان نزدیک به مرکز ثقل فیدر نفت چنار (ویسیان) می باشد که یک فیدر خروجی از این پست پیشنهادی نیز بارهای منطقه ویسیان را تغذیه می کند .

2-6-4 ـ نزدیک بودن محل پست به جاده اصلی :

منطقه سراب ناوه کش در نزدیکی جاده اصلی می باشد . بنابراین بدلایل زیر این محل برای یک پست فوق توزیع مناسب می باشد .

الف ـ بهره برداری ساده تر :

با نزدیک شدن محل پست فوق توزیع به جاده اصلی ، علی الخصوص در فصل زمستان امکان بهره برداری آسان و رفع عیب سریع از این پست بیشتر می باشد .

ب ـ امنیت بیشتر :

با توجه به قیمت بالای تجهیزات و دور از شهر بودن محل این پست ، بایستی که این پست در نزدیکی جاده و تا حد امکان نزدیک به سراب ناوه کش (ویا سرابدوره) واقع شود .

پ ـ حمل و نقل راحتتر تجهیزات پست :

علاوه بر دو مورد ذکر شده ، بدلیل سنگینی و نقل و انتقال سخت تجهیزات پست در هنگام ساخت و نصب تجهیزات و ترانسها در صورتی که محل پست در نزدیکی جاده باشد ساخت و نصب آن ساده تر می شود

3-6-4 ـ نزدیکی به خطوط انتقال 63 کیلوولت :

باتوجه به این که یک پست 400/230/63 کیلوولت در نزدیکی منطقه غلامان از بخش ویسیان قرار دارد و خط انتقال خروجی از این فیدر به موازات جاده حرکت می کند، لذا این پست در صورت تأسیس در نزدیکی خط 63 کیلوولت خواهد بود و هزینه سنگین ایجاد یک خط 63 کیلوولت جهت این پست ، کاهش می یابد .

4-6-4 ـ دور از مناطق کوهستانی و عوارض نامناسب جغرافیائی :

یکی از پارامترهای مهم در ایجاد یک پست فوق توزیع ، ناحیه جغرافیائی و زمین محل احداث پست می باشد که بدلایل زیر محل پیشنهادی مناسب می باشد :

الف ـ زمین غیر صخره ای :

در صورت کوهستانی و یا سنگی بودن زمین ، جهت ایجاد شبکه زمین با مشکل مواجه خواهیم گردید و چنین شبکه ای مقاومت کوچکی نخواهد داشت علاوه بر این احداث فونداسیون و استراکچرهای پست فوق توزیع درچنین زمینی بسیار دشوار می باشد بایستی توجه گردد که غیر از این محل پیشنهادی اکثر مناطق این ناحیه کوهستانی ویا سنگلاخی می باشد .

ب ـ دور بودن از خطوط لوله نفت ، گاز ، آب :

در صورت نزدیکی پست به این گونه عوارض ساخته دست بشر ، هنگام کوچکترین خطا در پست امکان وجود خطرات دیگری نیز می باشد لذا با توجه به این موارد پست در محل سراب ناوه کش پیشنهاد می گردد چون در بخش ویسیان و در منطقه پا علت یک خط لوله نفت موجود می باشد همچنین خط گاز نیز در این

نام پست فوق توزیع	نقش جهان	صفاشهر	مجلسی	مجموع
ظرفیت پست (MVA)	2×30	2×30	1×15	135
ماکزیمم بار فعلی (MW)	31.8	27.5	3.6	62.9
ضریب بهره برداری	٪53	٪45.8	٪24	٪46.6
ضریب رشد بار	٪9.1	٪4.6	٪4.1	٪6
ضریب رشد انرژی	٪12.7	٪4.7	٪4.3	٪10.1
تقاضای انرژی در سال 1382 (MW)	18	4	1	23

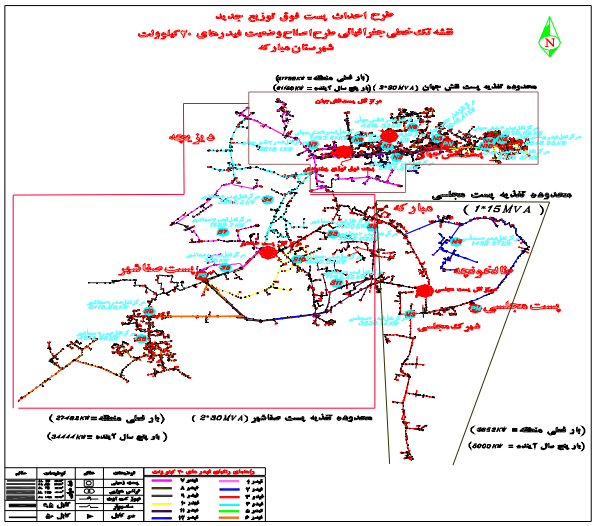
ناحیه (ویسیان) می باشد که چون این خط لوله بسیار حیاتی می باشد
لذا احداث پست فوق توزیع در منطقه ویسیان ممکن نیست . بدلایل فوق الذکر پیشنهاد می گردد که پست فوق توزیع پیشنهادی
در محل سراب ناوه کش ویا سرابدوره احداث گردد که تا حد امکان ازاین دو خط لوله دور می باشد و به مرکز ثقل بار نزدیک است .

جدول (1)- وضعیت فعلی بار پستهای فوق توزیع شهرستان مبارکه

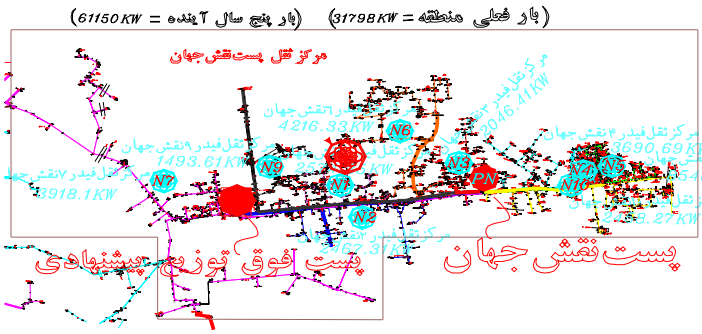
نام پست فوق توزیع		نقش جهان	صفاشهر	مجلسی
ظرفیت پست (MVA)		2×30	2×30	1×15
ضریب بهره برداری	1381	٪53	٪45.8	٪24
انرژی مصرفی		31.8	27.5	3.6
ضریب بهره برداری	1382	٪87	٪52.5	٪31.6
انرژی مصرفی		52.7	31.5	4.74
ضریب بهره برداری	1383	٪94.9	٪54.9	32.89 ٪
انرژی مصرفی		57.4	32.94	4.93
ضریب بهره برداری	1384		٪57.4	34.24 ٪
انرژی مصرفی			34.46	5.13
ضریب بهره برداری	1385		٪60	35.64 ٪

	انرژی مصرفی		36	5.34

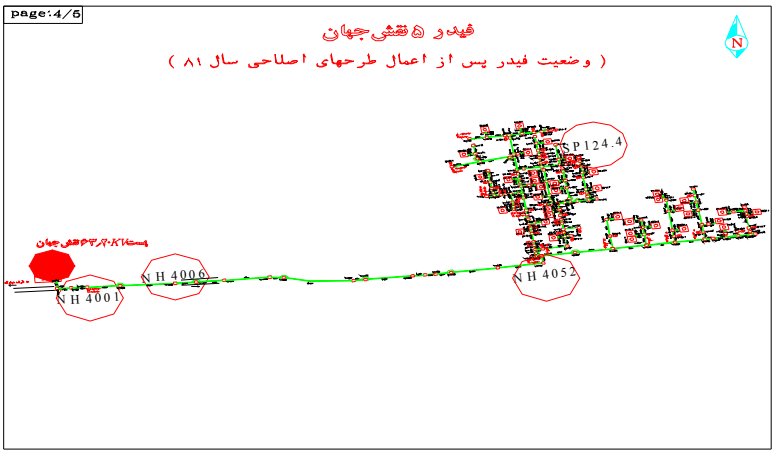
جدول (2)- ضریب بهره برداری از پستهای فوق توزیع شهرستان مبارکه(1385-1381)



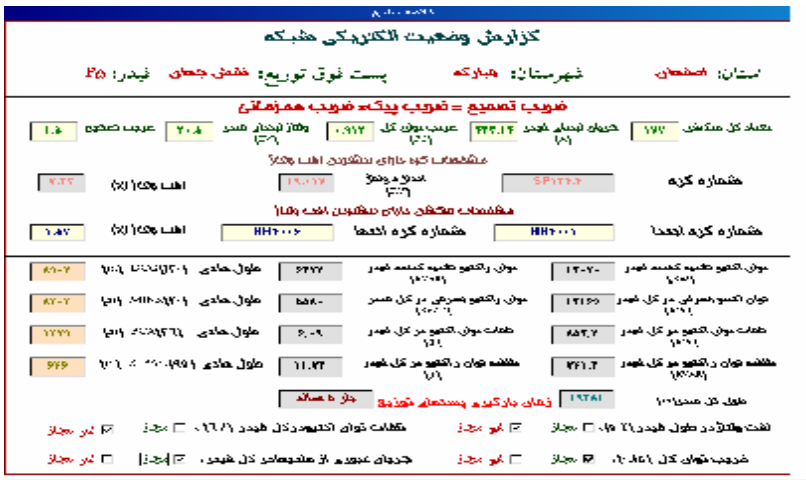
نقشه(3)- محدوده تغذیه پستهای موجود شهرستان مبارکه



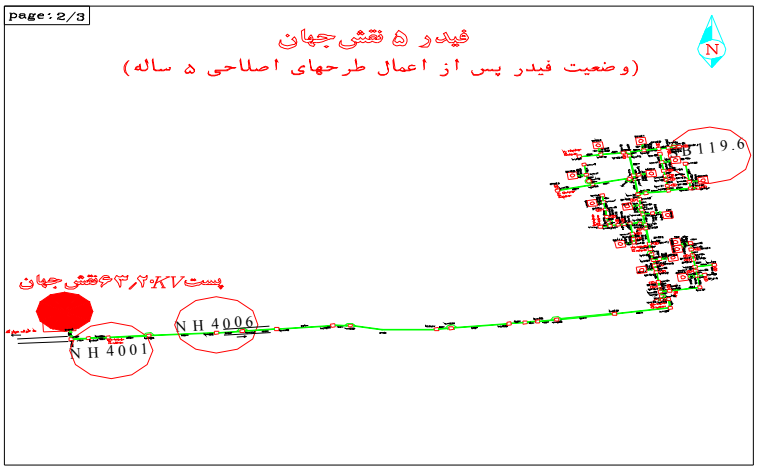
نقشه (4)- محل تعیین شده جهت احداث پست فوق توزیع پیشنهادی



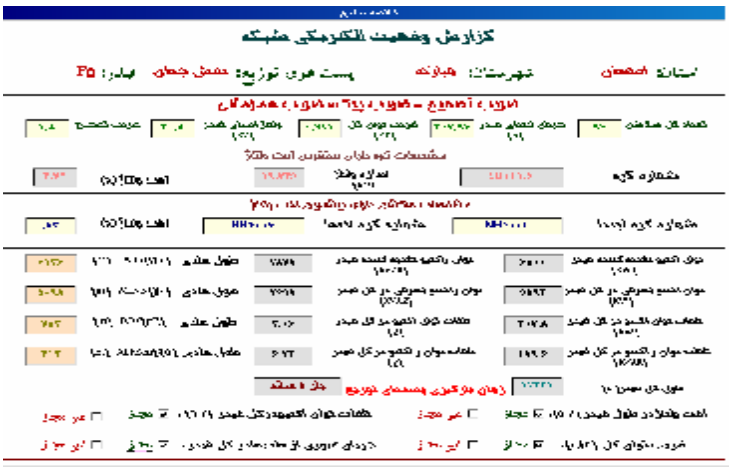
نقشه (5)- فیدر 5 نقش جهان



جدول (6) – نتایج محاسبات الکتریکی فیدر 5 نقش جهان



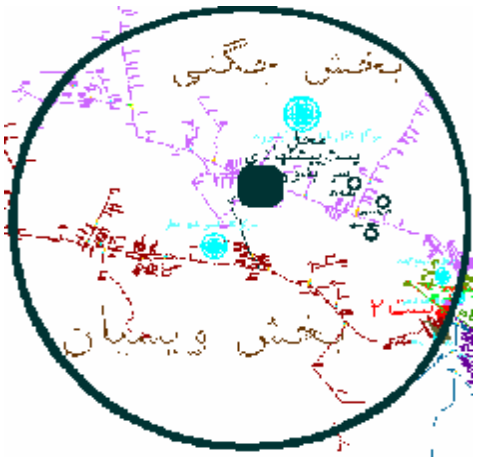
نقشه (7)-وضعیت فیدر 5 نقش جهان پس از اعمال طرحهای اصلاحی



جدول (8)- نتایج محاسبات الکتریکی فیدر 5 نقش جهان پس از اعمال طرحها اصلاحی

جدول (9) نتایج محاسبات الکتریکی فیدرسرابدره

جدول (10) نتایج محاسبات الکتریکی فیدرنفتچنار



نقشه(11) محدوده تغذیه پست پیشنهادی سرابدوره (فیدر سرابدوره دربالا و نفت چنار در پایین قرار دارد)

نهمین کنفرانس شبکه های توزیع نیروی برق
۹ و ۱۰ اردیبهشت ماه ۱۳۸۳ - دانشگاه زنجان

بررسی تاثیر انواع کلیدزنی در ایجاد فرورزنانس در سیستمهای الکتریکی

مهندس حامد حسین نوروزی — **دکتر محمود رضا حقی فام**

شرکت توربو کمپرسور نفت آسیا(OTEC) — **دانشگاه تربیت مدرس**

hh-norouzi@otec.ir — haghifam@modaress.ac.ir

hamed_norouzi@yahoo.com

واژه های کلیدی : فرورزنانس – اشباع – هیسترزیس – کلید زنی- ترانسفورماتور

چکیده :

فرورزنانس اصطلاحی است که به منظور توصیف پدیده تشدید غیر خطی در مداری که حداقل دارای یک عنصرقابل اشباع ,یک مقاومت خطی ویک خازن می باشد بکارمی رود. چون اشباع هسته مغناطیسی وابسته به ولتاژدوسر راکتور است ، بنابراین تغییر ولتاژنقش محوری در ایجاد این پدیده بازی می کند ؛ همچنین چون اندوکتانس در ناحیه اشباع می تواند مقادیر متعددی به خود اختصاص دهد بنابراین ممکن است در هر یک از این مقادیر تحت شرایط خاص انواع فرورزنانس رخ دهد. در اولین برخورد با پدیده فرورزونانس در سیستمهای الکتریکی,با تعداد زیادی طرح نوسانی روبرو خواهیم بود و لذا لازم است بررسیهای وسیع و متناوبی را برای مطالعه آنها, انجام داد.

یکی از عوامل مهم بروز پدیده فرورزنانس کلید زنی های غیر همزمان در شبکه های متصل به ترانسفورماتور قدرت می باشد که در اثر بسته نشدن همزمان کنتاکتهای کلید قدرت، قطع یک یا دو فاز از سیستم ، یا عوامل دیگری به وقوع می پیوندد.

در این مقاله ابتدا سعی کرده ایم تا ضمن توصیف پدیده فرورزنانس، باارایه شکل موجهای تیپیکال فرورزنانس که از شبیه سازی شبکه ها با مقادیرواقعی توسط EMTP بدست آمده است ، قدم اولیه تشخیص فرورزنانس برداشته شود.

سپس کلید زنی های مختلف در شبکه با مقادیر واقعی را مورد مطالعه دقیق قرار گرفته است ؛بررسی تاثیر المانهای موجود در سیستم مورد مطالعه شامل طول خط،محل کلید ونوتر ترانس که در شرایط اولیه وقوع آن نقشی به سزا دارند ،همچنین ارائه راهکار های مناسب در جلوگیری یا کاهش این پدیده مخرب از کارهای انجام شده در این مقاله می باشد.

1. مقدمه

فرورزنانس اصطلاحی است که به منظور توصیف پدیده تشدید غیر خطی در مداری که حداقل دارای یک عنصرقابل اشباع ,یک مقاومت خطی ویک خازن می باشد بکارمی رود. چون اشباع هسته مغناطیسی وابسته به ولتاژدوسر راکتور است ، بنابراین تغییر ولتاژنقش محوری در ایجاد این پدیده بازی می کند ؛ همچنین چون اندوکتانس در ناحیه اشباع می تواند مقادیر متعددی به خود اختصاص دهد بنابراین ممکن است در هر یک از این مقادیر تحت شرایط خاص انواع فرورزنانس رخ دهد. در اولین برخورد با پدیده فرورزونانس در سیستمهای الکتریکی,با تعداد زیادی طرح نوسانی روبرو خواهیم بود و لذا لازم است بررسیهای وسیع و متناوبی را برای مطالعه آنها, انجام داد. [1و3و4]
یکی از عوامل مهم بروز پدیده فرورزنانس کلید زنی های غیر همزمان در شبکه های متصل به ترانسفورماتور قدرت می باشد که در اثر بسته نشدن همزمان کنتاکتهای کلید قدرت، قطع یک یا دو فاز از سیستم ، یا عوامل دیگری به وقوع می پیوندد.
در این مقاله ابتدا سعی کرده ایم تا ضمن توصیف پدیده فرورزنانس، باارایه شکل موجهای تیپیکال فرورزنانس که از شبیه سازی شبکه ها با مقادیرواقعی توسط EMTP بدست آمده است ، قدم اولیه تشخیص فرورزنانس برداشته شود.
سپس کلید زنی های مختلف در شبکه با مقادیر واقعی را مورد مطالعه دقیق قرار گرفته است ؛ بررسی تاثیر المانهای موجود در سیستم مورد مطالعه شامل طول خط،محل کلید ونوتر ترانس که در شرایط اولیه وقوع آن نقشی به سزا دارند ،همچنین ارائه راهکار های مناسب در جلوگیری یا کاهش این پدیده مخرب از کارهای انجام شده در این مقاله می باشد.

2. فرورزنانس

در سیستم‌های الکتریکی غیر خطی ذخیره ساز انرژی با دو درجه آزادی, نظیر مدار سری متشکل از کاپاسیتانس و اندوکتانس غیر خطی, نوسانات غیر قابل پیش بینی می‌باشند. چنین سیستم‌های غیر خطی در شرایط خاص دارای نوساناتی می شوند که فرکانس آنها تابعی از دامنه اولیه ولتاژمی‌باشد, این نوسانات,که نوسانات غیر هم زمان می‌باشند به نوسانات فرورزونانس معروف هستند.
در سیستمهای غیر خطی خود تنظیم (مستقل) نوسانات در صفر استقرار می‌یابند. لیکن سیستمهای غیر خطی غیر خود تنظیم با دو درجه آزادی معرف نوسانات پریودیک,شبه پریودیک، زیر هارمونیک و یاکئوتیک می‌باشند. سیستمهای غیرخطی بواسطه اندوکتانس غیر خطی, به ازاء تحریک پریودیک معین, بیانگر بیش از یک نقطه پایداری می‌باشند. در نتیجه چنین سیستمی می‌تواند از یک نقطه پایدار به نقطه پایدار دیگر پرش نماید و موجب گذرای شدید (اعم از ولتاژ یا جریان) گردد و پدیده فرورزونانس تحقق یابد. [1و3و4]

3. تقسیم بندی مدلهای مختلف فرورزنانس بر اساس شبیه سازی سیستمهای واقعی

پیش بینی مشخصه نوسانات جریان در اندوکتانس غیر خطی و یا نوسانات ولتاژ دو سر آن, در خلال فرورزونانس بسیار مشکل است لذا برای ساده کردن مطالعه و ارائه راهکاربرای تشخیص اولیه این پدیده ،با شبیه سازی مختلف سیستم هایی که بر اساس مشاهدات تجربی احتمال وقوع فرورزنانس در آنها بالاست وبا ظاهر شدن شکل موجهای جریان وولتاژ مختلف، می توان فرورزنانس را به چهار نوع نوسانات پایدار زیرتقسیم بندی کرد:[1و2و4]

3-1 فرورزونانس پایه

در حالت فرورزونانس پایه نوسانات با فرکانس تحریک رخ می‌دهد یعنی پریود ولتاژ و جریان با پریود سیستم برابر است وفقط دامنه فرق می کند. [5و2]

3-2 فرورزونانس زیر هارمونیک

در حالت هارمونیکی نوسانات با فرکانس بالاتر و یا پائین تر از فرکانس تحریک صورت می‌گیرد،
به عبارت دیگر پریود ولتاژ و جریان $1/n$ پریود منبع می باشد.اگر هسته آهن به درجه معینی از اشباع برسد نوسانات از مد پایه خارج شده و با فرکانس بالاتری به نوسانات ادامه می دهد وهر چه جریان بیشتر باشد، شدیدتر می شود[2و6].
شکل1 فرورزونانس در مد زیر هارمونیک رادر طرف ثانویه یک ترانس $20/0.4kv$ را که با افزایش ولتاژ سیستم به $23kv$ را نشان میدهد.

3-3 فرورزنانس شبه پریودیک

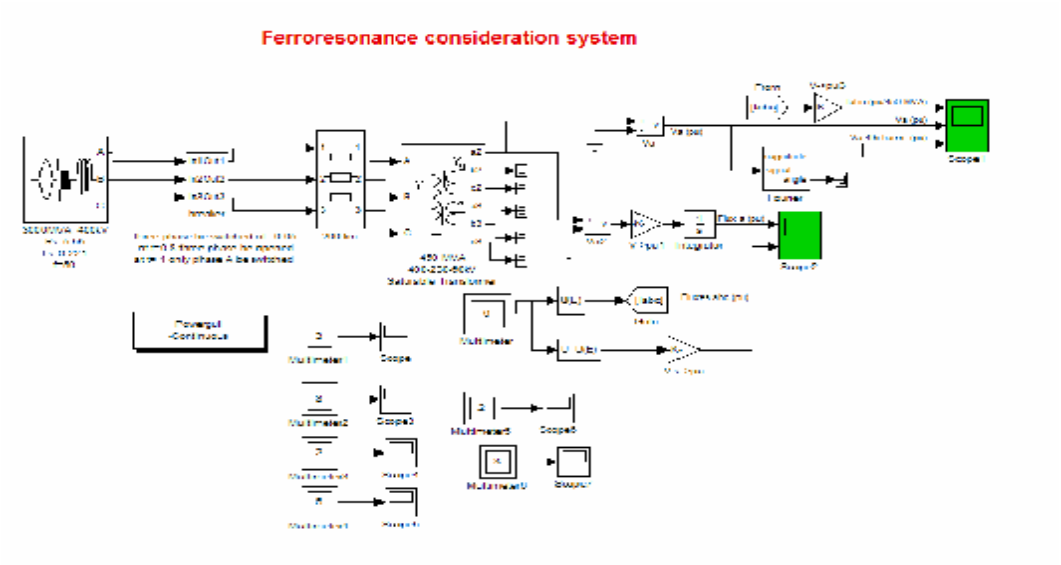
با تغییر شرایط اولیه سیستم, رفتار سیستم از حالت پریودیک فاصله گرفته ووارد شبه پریودیک میشود در این حالت ولتاژ و جریان دارای آشفتگیهایی میباشد که خود دارای پریود خاصی میباشد. [5و2]
شکل موج تیپیکال نوسانات شبه پریودیک ناشی از اشباع راکتوردر اثر افزایش سطح ولتاژ در شکل 2 نشان داده شده است.

3-4 فرورزونانس کئوتیک

مداری که در مد شبه پریودیک است در یک شرایط خاص با تغییر بعضی پارامترهای سیستم ، رفتار آشوب گونه (کئوتیک) را از خود نشان می‌دهد. در این حالت ،نوسانات کاملا اتفاقی بوده ودارای پریود خاصی نمی باشد. شکل 3 فرورزونانس کئوتیک رادر همان مدار شکل 1 نشان میدهد بااین تفاوت که مقدار کاپاسیتانس خط تغییر یافته است.[4]

4. بررسی کلید زنی های مختلف در ایجاد فرورزنانس در سیستمهای الکتریکی

اگر بین سیستم الکتریکی و یک ترانسفورمر بدون بار و یا خیلی کم بار, یک یا دو فاز با سوختن فیوز, یا عمل کردن بریکر یک پل, عمل نکردن همزمان کنتاکتهای یک بریکر سه فاز و یا شکست یک هادی, قطع شوند, اضافه ولتاژهایی در هادی و یا هادیهای باز اتفاق می‌افتد. خازنهای مولفه صفر و مثبت کابل یا خط متصل بین سیستم الکتریکی و ترانسفورمر نقش اصلی را ایفا می‌کنند. [8]
مدار شکل 4 را در نظر می گیریم :



شکل 4 مدار . بررسی پایه کلید زنی های مختلف در ایجاد فرورزنانس سیستمهای الکتریکی

4.1 فرورزونانس در اثر کلیدزنی تکفاز درترانس با نقطه صفر ایزوله

شرح مدار :

ترانس 3 فاز 400/230/63kv و450 MVA از طریق یک خط 3 فاز بطول 100km که در این شبیه سازی از دو PI section به طول 50km تشکیل شده برقدار می گردد.عملکرد بریکر را این گونه تعریف می کنیم .در t=0.05 sec پلهای بریکر هم زمان بسته می شوند و در لحظه t=0. 8 sec همزمان باز می شوند ، سپس در لحظه t=1secیکی از پلهای بریکر (Va) بسته میشود واین در حالی است که دو کنتاکت دیگر کلید باز است. [1و8]
شکلهای 5 تا 8 به ترتیب نشان دهنده شکل موج ولتاژطرف اولیه،ثانویه ،جریان ترانس ودرصدهارمونیکی ولتاژ Va درحالت کلید زنی تکفاز می باشد .

ملاحظه می شود در لحظه t=1sec هنگامی که یک کنتاکت بریکر بسته می شود حالت فرورزنانس قوی در مدار ایجاد می شود (فرورزنانس زیر هارمونیک).

4.2 فرورزونانس در اثر کلیدزنی دوفاز درترانس با نقطه صفر ایزوله

مدار شکل 4 را دوباره در نظر می گیریم این با بریکر را طوری تعریف می کنیم تا در لحظهt=1sec دو پل بریکر (Vb,Va)بسته میشود واین در حالی است که کنتاکت دیگر کلید باز است.
شکلهای 9 تا 12 به ترتیب نشان دهنده شکل موج ولتاژطرف اولیه،ثانویه ،جریان ترانس ودرصدهارمونیکی ولتاژ Va درحالت کلید زنی دوفاز می باشد .
ملاحظه می شود در لحظه t=1sec با بسته شدن دو کنتاکت بریکرفرورزنانس خفیف وگذرا در مدار ایجاد می شود (فرورزنانس پایه).

4.3 بررسی single pole switching ترانسی که مستقیما به بریکر متصل است

در این آزمایش single pole switching را در مورد ترانسی که مَستقیما به بَریکر متصل است بررسی می کنیم (بریکر بعد از خط ومستقیم به ترانس متصل می باشد وکلیدزنی مانند 1–4 می باشد).
شکل موج ولتاژطرف اولیه درشکل 13 نشان داده شده است .
ملاحظه می شود ترانس در مد نرمال می باشدوبا وجود سویچینگ تکفاز باز ترانس در حال کار عادی است.

4.4 بررسی single pole switchingدر ترانس با نقطه ستاره زمین شده

این بارنقطه ستاره طرف اولیه ترانسفورماتور را با یک مقاومت 5Ω زمین می کنیم ومانند 1–4 کلیدزنی می کنیم.
شکلهای 14 تا 16 به ترتیب نشان دهنده شکل موج ولتاژطرف اولیه،ثانویه ،جریان ترانس درحالت کلید زنی تکفاز با نقطه صفر زمین شده می باشد .
همانطور که ملاحظه می شود فرورزنانس بسیار خفیف می شود.اضافه ولتاژ وجریان ها نصف حالت 1–4 است.هر چه مقاومت کمتر شود فرورزنانس خفیف تر می شود.

5. نتایج و پیشنهادات

عملکرد غیر همزمان کلیدهای قدرت و تغذیه ترانسفورماتور بی بار یا کم بار توسط یک یا دو فاز کابل یا خط انتقال , شرایط بسیار مساعدی را برای تحقق فرورزنانس مهیا می کند. عملکرد غیرهمزمان کلیدهای قدرت که در اثر قطع فاز یا بسته نشدن همزمان کنتاکتهای کلید قدرت در شبکه اتفاق می افتد را می توان به دو نوع سویچینگ تکفاز وسویچینگ دوفاز تقسیم بندی کرد.
سویچینگ تکفاز که بدترین حالت کلید زنی است، باعث به اشباع رفتن سریع هسته شده و خازنهای مولفه صفر و مثبت کابل یا خط متصل بین سیستم الکتریکی و ترانسفورمر نقش اصلی را در ایجاد فرورزنانس زیر هارمونیک یا کئوتیک ایفا می‌کنند.در این حالت ،که محتمل ترین حالت ممکن در وقوع فرورزنانس است بیشترین پیک ولتاژ را شاهد هستیم (2.1 پریونیت) ،نمودار 1 پیک ولتاژهای ناشی از کلید زنی تکفاز ،دوفاز،سه فاز و کلید زنی تکفاز سر ترانس را نشان می دهد. در سویچینگ دو فاز این احتمال بسیار پایین می آید ووقوع آن به شرایط دیگر سیستم بستگی دارد.در صورت وقوع ،سیستم دارای نوسانات پایه یا زیر هارمونیک دائم خواهد بود.
در حالت سویچینگ غیر همزمان در سر ترانس احتمال وقوع این پدیده نزدیک صفر میباشد، بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده در جایابی بریکرها باید به این نکته مهم توجه کرد که نوع بریکر back up (بریکر سر خط) حتما باید مرغوب تر از بریکر سر ترانس باشد.
بنابراین :

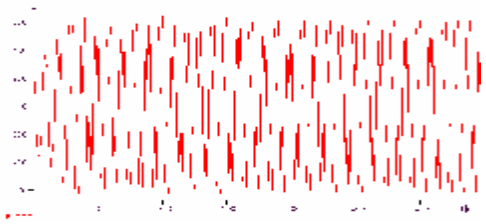
- با توجه به نتایج بدست آمده بسته نشدن همزمان کنتاکتهای کلید شرایط مناسبی برای وقوع نوسانات ولتاژی را ایجاد می کند وهر چه فاصله این غیر همزمانی بیشتر باشد، که بدترین حالت آن قطع دو فاز می باشد، بروز

این نوسانات بسیار محتمل تر می باشد لذا در جایابی بریکرها باید به این نکته مهم توجه کرد که نوع بریکر back up (بریکر سر خط) حتما باید مرغوب تر از بریکر سر ترانس باشد.

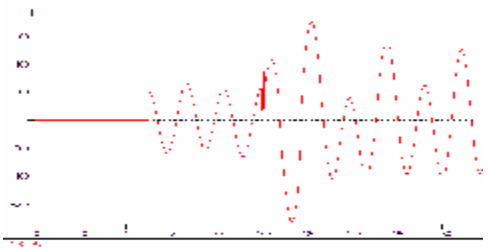
- در هنگام بروز حوادث در شبکه ،ترانس با نقطه صفر ایزوله بهترین شرایط برای به اشباع بردن هسته ترانس ووقوع نوسانات دائم ولتاژ را داراست.
- زمین کردن نقطه ستاره ترانس اگر چه احتمال فرورزنانس را از بین نمی برد ولی احتمال آن را کمتر ودامنه اضافه ولتاژهای دائم ناشی از این پدیده را محدودترمی کند زمین کردن سیم پیچ ستاره ترانس نامتقارنی را در هنگام بروز حوادث کمتر می کند لذا هرچه مقاومت نوتر یا مقاومت زمین کمتر باشد، احتمال نوسانات دائم با دامنه زیاد کمتر است.

6. نتایج شبیه سازی

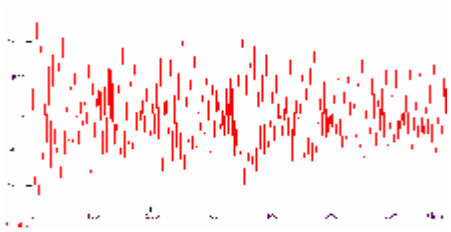
تمام شبیه سازی ها با مقادیر واقعی وبادر نظر گرفتن تلفات هیسترزیس ترانس می باشد .



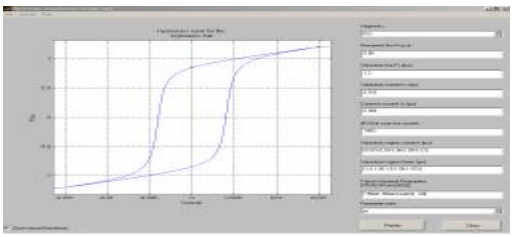
شکل 1 ولتاژ طرف ثانویه ترانس در مد فرورزنانس زیر هارمونیک



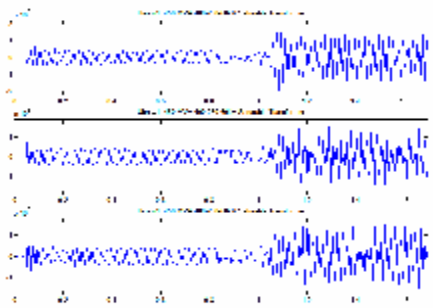
شکل 2 مد فرورزنانس شبه پریودیک



شکل 3 ولتاژ طرف ثانویه ترانس در مد فرورزنانس کئوتیک

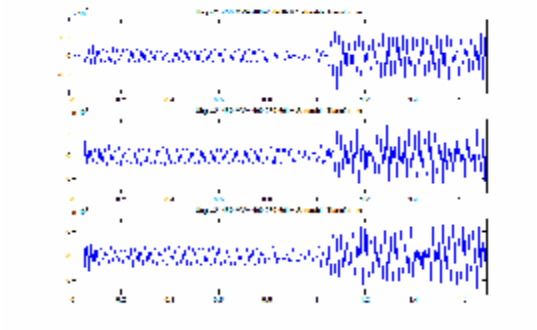


شکل4 منحنی هیسترزیس ترانس400/230/63kv



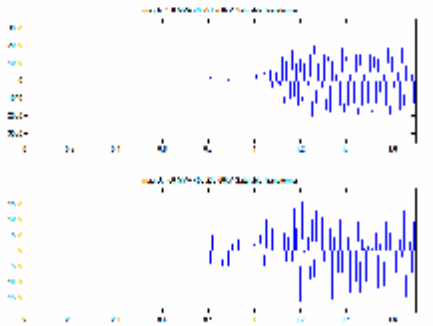
شکل 5 ولتاژ طرف اولیه

- کلیدزنی تکفاز
- ترانس با نقطه صفر ایزوله



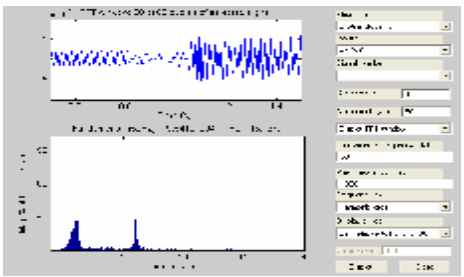
شکل 6 ولتاژ طرف ثانویه

- کلیدزنی تکفاز
- ترانس با نقطه صفر ایزوله



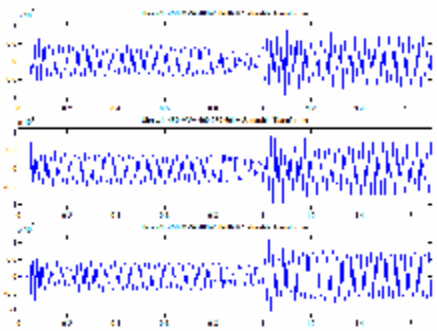
شکل 7 جریان ترانس

- کلیدزنی تکفاز
- ترانس با نقطه صفر ایزوله



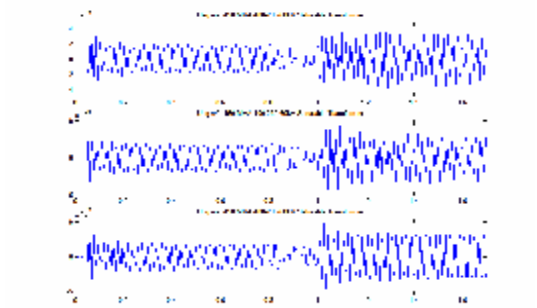
شکل8 آنالیزفوریه ولتاژVa(0تا1000هرتز،50سیکل از زمان t=0.5s)

- کلیدزنی تکفاز
- ترانس با نقطه صفر ایزوله



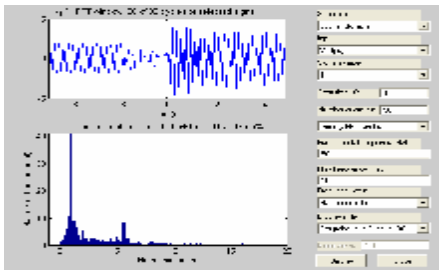
شکل 9 ولتاژ طرف اولیه

- کلیدزنی دوفاز
- ترانس با نقطه صفر ایزوله



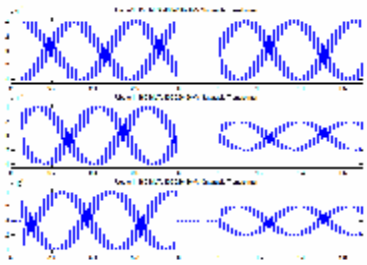
شکل 10 ولتاژطرف ثانویه

- کلیدزنی دوفاز
- ترانس با نقطه صفر ایزوله



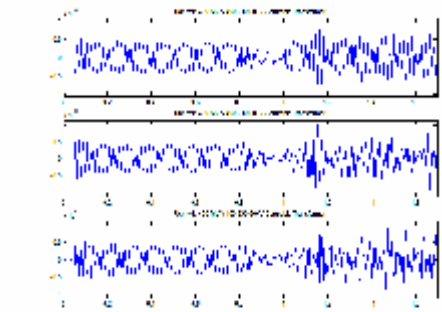
شکل11 آنالیز فوریه ولتاژ Va(0تا1000 هرتز، از زمان (t=0.5sec

- کلیدزنی دوفاز
- ترانس با نقطه صفر ایزوله



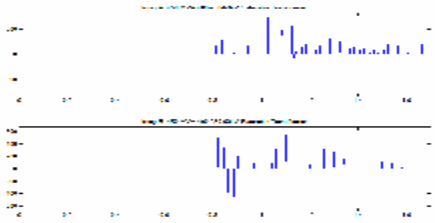
شکل 13 ولتاژ طرف اولیه

- کلیدزنی تکفاز سر ترانس
- ترانس با نقطه صفر ایزوله



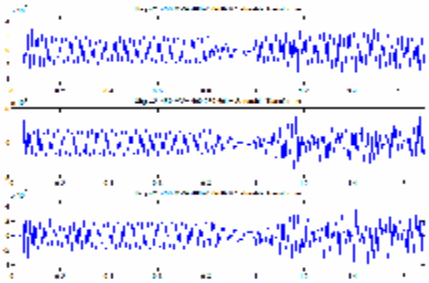
شکل15ولتاژ طرف ثانویه

- کلیدزنی تکفاز
- ترانس با نقطه صفر زمین شده (R=5)



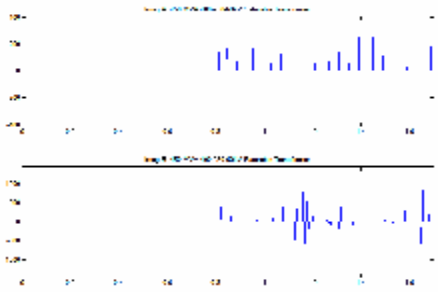
شکل 12 جریان ترانس

- کلیدزنی دوفاز
- ترانس با نقطه صفر ایزوله



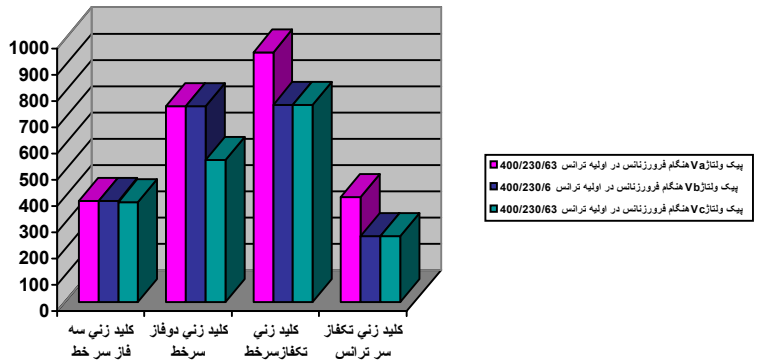
شکل 14 ولتاژ طرف اولیه

- کلیدزنی تکفاز
- ترانس با نقطه صفر زمین شده (R=5)

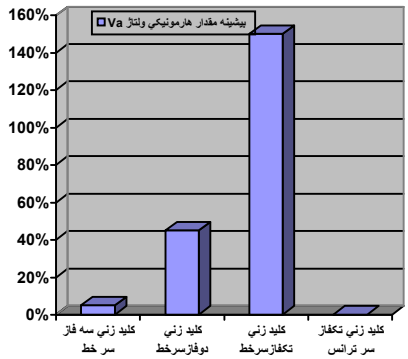


شکل 16 جریان ترانس

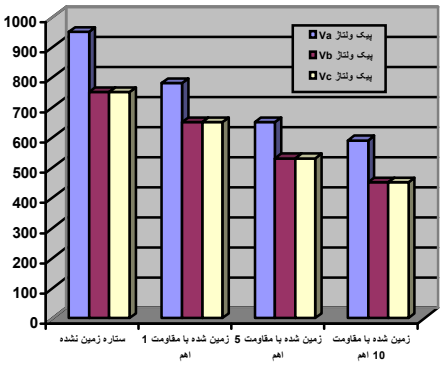
- کلیدزنی تکفاز
- ترانس با نقطه صفر زمین شده (R=5)



نمودار 1 پیک ولتاژهای ناشی از کلید زنی تکفاز ،دوفاز,سه فاز



نمودار 2 درصد هارمونیکی ولتاژ Va در حالات مختلف کلید زنی



نمودار 3 تاثیر مقاومت زمین نقطه صفر ترانس در کلید زنی تکفاز

مراجع:

1) Marti.A.,Soudack. ,Ferroresonance In Power Sysytem Fundamental Solutions, IEE,proc- C , Vol.138(4), July 1991 .

2) Philippe frracci ,Ferroresonance Cahier Technique ,schneider group,1998.

3) Germay,N.Mastero and Vroman , Review of Ferroresonance Phenomena In High Voltage Power System And Presentation Of A Voltage Transformer Model For Pre- Determining Them,CIGRE,international conference on high voltage electric system,PP 21-29 Aug. 1974.

4) Al Zahawi,B.A.T, Z. Emin, and Tong, Y.K, chaotic in ferroresonant would voltage transforms effect of core losses and universal circuit behavior, IEE, proc. , 1998.

5) Aroujo and soudak ,Ferroresonance In Power System :Chaotic Behaviour, IEE,proc- C ,Vol.140 (3),pp237-240, May 1993.

6) hans.kr hoidalen, ATPDRAW user manual,Oct 1998.
7) EMTP theory book, July 1994.
8) MATLAB user manual,Nov.2001.