کاربرد خازنهای ثابت واتوماتیک جهت تنظیم ولتاژ در شبکه توزیع

علی صفرنوراله مسعود عمو هادی

شرکت صفانیکو (سپاهان)

چکیده :

باگسترش روزافزون شبکه های توزیع، افزایش بیش ازحد طول فیدرها ورشدسریع بارهای مصرفی به مشکلاتی ازقبیل افت ولتاژ، کاهش توان راکتیو، کاهش ضریب توان وافزایش تلفات شبکه مواجه می شویم که علاوه برهزینه های ناشی از تلفات انرژی واشغال ظرفیت شبکه، ازلحاظ سطح ولتاژ کیفیت نامطلوبی خواهیم داشت. یکی ازروشهای اقتصادی وعملی برای رفع این مشکلات، استفاده ازخازنهای ثابت یااتوماتیک درطول فیدرهای توزیع است که به آن خواهیم پرداخت .

دراین مقاله سعی مابراین است که بااستفاده ازشبیه سازی کامپیوتری وبادرنظرگرفتن مسائل فنی واقتصادی پیرامون کاربرد خازنها، یک روش بهینه، علمی وعملی جهت استفاده ازخازنها برای تنظیم ولتاژارائه دهیم ونتایج مثبت بدست آمده ازخازن گذاری رادردوفیدرشعاعی ۲۰ کیلوولت بادرود وشجاع آباد نشان دهیم .

مقدمه :

برق مصرفی باید همانند هرکالای مصرفی دیگرازکمیت وکیفیت مطلوبی برخورداربـاشد. کمیت آن بدین معناست که بایدهمواره برق درشبکه وجودداشته باشدوحتی برای یک لحظه قطعی برق اتفاق نیفتد وکیفیت برق دراین است که بایستی برق تحویلی به مشترکین ازلحاظ فرکانس، شکل موج وسطح ولتاژ درحدمجازواستانداردخودباشد. فرکانس برق بایدثابت، شکل موج آن حتی‌الامکان سینوسی وعاری ازهرگونه هارمونیک، وسطح ولتاژ آن درحدمجاز وحداکثر ۵+ و ۵- درصدولتاژ نامی شبکه تغییرات داشته باشد. فرکانس شبکه درنیروگاهها قابل کنترل است و مصرف‌کننده هانقشی درآن ندارند ولی شکل موج وسطح ولتاژ برق مستقیماً به بارهای مصرفی شبکه بستگی دارد. معمولاً درمراکزصنعتی هارمونیکهای اضافی مسئله ساز، ودرمصارف روستائی وشهری افت ولتاژ مشکل آفرین است. جهت اصلاح افت ولتاژ روشهای متعددی ازجمله احداث پستهای جدید، افزایش ترانسفورماتورهای توزیع، موازی کردن هادیها، استفاده ازرگولاتورهای ولتاژ، نصب خازنهای ثابت یااتوماتیک وجوددارد‌که ماازبین این روشها، استفاده ازخازن رابعنوان یک روش عملی واقتصادی انتخاب می‌کنیم واثرات آنرادربهبودافت ولتاژ وتلفات، اصلاح ضریب قدرت وافزایش توان راکتیو شبکه بررسی می‌نمائیم.

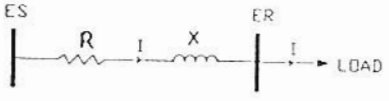
شرح مقاله :

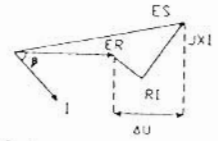
قبل ازپرداختن به برنامه کامپیوتری ونتایج حاصله ازآن، لازم است تئوری استفاده شده دراین برنامه رادرنحوه انتخاب خازن ومیزان افزایش ولتاژفیدرپس ازنصب خازن مورد بررسی قرار دهیم.

۱ـ محاسبه مقدارظرفیت خازن جهت اصلاح افت ولتاژ

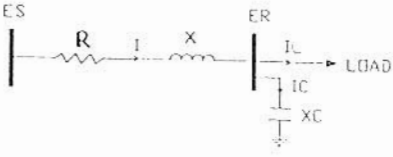
مطابق شکل زیروبراساس دیاگرامهای فازوری نشان داده شده، قبل وبعدازنصب خازن، براحتی می توان دریافت که پس ازنصب خازن، جریان راکتیوخازن موجب پیش فاز شدن جریان خط گشته که این امرسبب کاهش میزان افت ولتاژ خط می شود.

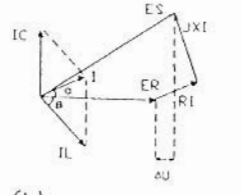
درشکل زیردیاگرام (a) افت ولتاژفیدرراقبل ازنصب خازن ودیاگرام (b) افت ولتاژفیدررا‌پس ازنصب خازن نشان می‌دهد. باتوجه به دیاگرام (b) درصورتیکه مقدارظرفیت خازن خیلی بزرگ انتخاب شود، ولتاژ انتهای فیدرمی‌تواند حتی ازولتاژ ابتدای آن نیزبیشترشود.





(a) : $\Delta U = RI\cos\beta + XI\sin\beta$



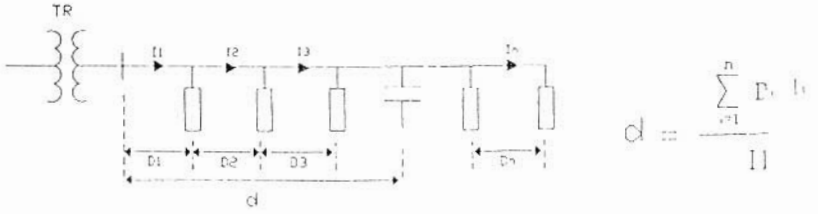


(b) : $\Delta U = RI\cos\alpha + XI\sin\alpha$

باتوجه به اینکه مقدارافزایش ولتاژفیدربه محل نصب خازن، جنس هادی خط وبه تک‌تک بارهای فیدربستگی دارد، لذانمیتوان رابطه دقیقی برای میزان افزایش ولتاژهرنقطه ازفیدربرحسب مقدارظرفیت خازن بکاررفته، ارائه دادوروابط بیان شده دراین زمینه همگی تقریبی است. برای محاسبه میزان افزایش ولتاژدرطول فیدر، بایستی بادرنظرداشتن پارامترهای خط ومقادیربارهای مصرفی، باجمع فازروی جریانهای بار وخط وجریان راکتیوخازن ومحاسبه جزءبه جزءافت ولتاژ فیدربروش سعی وخطا وتوسط کامپیوتر، ولتاژ هرنقطه ازفیدر درمحل انشعاب بارهارابدست آورد. مبنای محاسبات برنامه کامپیوتری مابراین روش استوارمیباشد که روش بسیاردقیقی است ونتایج باآنچه درعمل است مطابقت می کند.

۲ ـ تعیین محل بهینه خازن درفیدرشعاعی

درکتاب Electrical Distribution and Transmission, Westinghouse محل نصب خـازن درمرکزثقل بار پیش‌بینی شده است که این مرکزثقل دریک فیدرشعاعی بصورت زیرتعریف می شود.



دراین فاصله Di فواصل بین بارهای متوالی، Ii جریان خط حدفاصل بارهای متوالی و I1 جریان خط درابتدای فیدر و d فاصله مرکز ثقل بار (محل نصب خازن) تاابتدای فیدر میباشد.

همانطوریکه که ملاحظه می شود این رابطه تجربی بوده ومحل بهینه رانشان نمی دهد لذارابطه دقیقی محسوب نمیشود. برای تعیین محل دقیق نصب خازن، بطوریکه کمترین مقدارخازن جهت اصلاح ولتاژانتخاب شود، لازم است محاسبات کامپیوتری رادنبال کنیم. دراین روش شروع محل خازن گذاری رامرکزثقل باردرنظرمی‌گیریم وباتغییرمحل خـازن روی فیدرومقایسه مقدارخـازن محاسبه شده بامقدارخازن درمرکزثقل بار، محل بهینه رابدست می آوریم.

درصورتیکه بخواهیم دردونقطه روی یک فیدر خازنهای ثابت نصب کنیم، براساس تجربه و نتایج تئوری وکامپیوتری بدست آمده، بهتراست نقطه اول رامرکزثقل بارونقطه دوم رابروش بـهینه وباانجام محاسبات کامپیوتری تعیین کنیم. دراین مقاله خازن گذاری دریک ودونقطه رابطورجداگانه شبیه سازی کامپیوتری کرده ونتایج حاصله رابایکدیگرمقایسه می کنیم وباتوجه به مسائل مربوط به نصب خازنهای اتوماتیک دریک محل، روشی رابعنوان راه حل نهائی پیشنهادمی کنیم.

۳ـ شبیه‌سازی کامپیوتری جهت تعیین مقدارظرفیت ومحل بهینه خازن جهت تنظیم ولتاژ

دراین روش ابتداء اطلاعات مربوط به هادی خـط وتـرانسفورماتوراول فـیدر، مـقادیرتوان ماکزیمم وضریب توان بارهای مصرفی وفواصل آنهاازیکدیگروبالاخره بارفیدررادرسه وضعیت پیک بار، بارعادی وبی باری برحسب درصدی ازبارماکزیمم به برنامه می دهیم. پس ازاجراء برنامه، ولتاژ وجریان هرنقطه ازفیدردرمحل انشعاب بارهامحاسبه میشود وبهمراه میزان افت ولتاژ، تلفات خط و

ضریب توان ابتدای فیدرنشان داده می شود. درصورتیکه افت ولتاژ محاسبه شده بیش ازحـدمجاز (۵± درصدولتاژنامی) باشد، برای فیدریک خازن درمرکزثقل بارتعیین می شودوبدنبال آن خازن دیگری درمحل بهینه طراحی ونتایج حاصله بایکدیگرمقایسه میشود. سپس منحنی های افت ولتاژ درطول فیدر، برای سه وضعیت مختلف بار ۱) قبل ازنصب خازن ۲) پس ازنصب خازن درمرکز ثقل بار ۳) پس ازنصب خازن درمحل بهینه ، ترسیم وبایکدیگرمقایسه میشود. همچنین دراین بـرنامه، خازن گذاری دردونقطه نیزپیش بینی شده است که دراین قسمت، اولین نقطه جهت خازن گـذاری مرکزثقل بار یاهرنقطه دیگری که مایل باشیم، درنظرگرفته میشود ونقطه دوم بامحاسبات بروش سعی وخطا تعیین میگردد. این برنامه رامیتوان برای خازن گذاری درچندنقطه نیزاستفاده کـرد. هـمچنین برنامه قادرخواهدبود پله های خازنی راجهت استفاده ازخازنهای اتوماتیک تعیین کندکه دراین روش اساس کارمشابه خازن گذاری دریک نقطه بهینه میباشدوبرای تعیین پله های خازنی، تنهاکافیست درصدباردروضعیت های مختلف بارفیدررابه برنامه بدهیم ودرهروضعیت باری یک خازن جـهت تنظیم ولتاژ تعیین کنیم ودرنهایت مقادیربدست آمده رابعنوان واحدهای خازنی یک بانک خـازنی اتوماتیک مدل کنیم ومقادیر ظرفیت خازنهارابامقادیرموجوددربازارتقریب بزنیم.

(فلوچارت برنامه در صفحه ۸)

الف ـ تعیین مقدارظرفیت ومحل بهینه خازن ثابت دریک نقطه ازفیدر ۲۰ کیلوولت بادرود

فیدرشعاعی ۲۰ کیلوولت کاشان ـ بادرود باداشتن طولی درحدود ۵۰ کیلومتروباوجودبارهای پراکنده روستائی درطول فیدروبارماکزیمم شهربادرود درانتهای فیدر، دارای افت ولتاژ زیادی است بطوریکه درساعات پیک بار، ولتاژانتهای فیدر ازکمترین حدمجازخودپائین ترمی آید. بدیهی است که این افت ولتاژ اثرنامطلوبی رادرطرف ۳۸۰ ولت، جائی که اکثرمشترکین رامصرف کنندگان خانگی تشکیل می دهند، میگذاردودرمواردی ولتاژ فازنول به کمتراز ۱۸۰ ولت رسیده وبه وسایل خانگی آسـیب رسـانده است. جـهت رفـع ایـن مشکـل بـاانـجام مـحاسبات کـامپیوتری، مـقدارخـازن موردنیازومحل بهینه نصب خازن روی فیدررا بدست آورده، باتوجه به مقادیراسـتاندارد خـازنها، عملاً یک بانک خازنی بظرفیت ۲۱۶۰ کیلووار، متشکل از ۱۲ واحدخازنی ۱۸۰ کیلووار رادرانتهای فیدرنصب کرده‌ایم، بطوریکه مشکل افت ولتاژ این فیدرحل شده است. حال می خواهیم محاسبات

کامپیوتری انجام شده دراین زمینه راشرح بدهیم وازلحاظ تئوری نشان دهیم انتخاب ما، انتخابی بهینه بوده است برای اثبات این مطلب خازنگذاری رابه دوروش جداگانه ، یکی روش نصب خازن در مرکزثقل بارودیگری نصب خازن درمحل بهینه شبیه سازی کرده، نتایج حاصل ازدوروش را با یکدیگر مقایسه میکنیم.

جهت اجرای برنامه کامپیوتری برای این فیدر، مطابق صفحه ۹، ابتدا پارامترهای فیدر شامل مقاومت واندوکتانس خط وترانسفورماتور، فواصل بین بارهای متوالی، توان اکتیووضریب قدرت بارهای مصرفی رابصورت ورودی به برنامه میدهیم. لازم به ذکراست که دراین برنامه ولتاژ نامی فیدررا ۲۰ کیلوولت ومحدودهٔ تغییرات ولتاژ را ۵+ و ۵- درصد ولتاژنامی درنظرمیگیریم. این محدودهٔ ولتاژ مجازبرای ولتاژ فاز ـ فازبین ۲۱ و ۱۹ کیلوولت وبرای ولتاژ فاز ـ نول بین ۱۲/۲۲ و ۱۰/۹۷ کیلوولت می باشد. برای این فیدرولتاژهارابصورت فاز ـ فاز، وکلیه توانهاراسه فازدرنظرمیگیریم. باداشتن ولتاژ ۲۱ کیلوولت درابتدای فیدرروی باس بار، وبااجرای برنامه میتوان ولتاژ تک‌تک نقاط بارها، جریان وضریب قدرت خط حدفاصل بین بارهای متوالی، رابدست آورد.مطابق نتایج بدست آمده درصفحه ۹ ، افت ولتاژ فیدر ۲/۴۳۶ کیلوولت، توان راکتیومصرفی ۴۵۵۰ کیلووار، تلفات فیدر ۶۴۳ کیلووات وضریب قدرت درمحل باس بار ۰/۷ می باشد.

باتوجه به افت ولتاژ غیرمجازفیدر، برنامه، یک خازن بهینه جهت اصلاح افت ولتاژ محاسبه می کند وولتاژ، جریان وضریب قدرت فیدرراپس ازنصب خازن بدست می آورد. مطابق مقادیربدست آمده درصفحه ۱۰ مقدارظرفیت خازن بهینه ۲۲۵۰ کیلووار، محل خازن ۵۰ کیلومتری باس بار ودرانتهای فیدر، ولتاژ درمحل خازن ۱۹/۰۱۵ کیلوولت، توان راکتیو مصرفی فیدر ۱۴۳۳ کیلووار، تلفات ۳۴۷ کیلووات وضریب قدرت ۰/۹۱ میباشد.

بامقایسه نتایج بدست آمده اثرات مثبت خازن گذاری بشرح زیرمیباشد:

۱ ـ ولتاژ فیدربه سطح مجازخودافزایش پیداکرده است .

۲ ـ توان راکتیو مصرفی فیدر به مقدار ۳۱۱۷ کیلووارکاهش یافته، بعبارت دیگربهمین مقدارتوان راکتیوبه شبکه تزریق کرده‌ایم که مقدارقابل توجهی میباشد.

۳ ـ ضریب توان از ۰/۷ به ۰/۹۱ بهبودیافته است.

۴ ـ تلفات فیدربه میزان ۲۹۶ کیلووات کاهش یافته است، که عملاً سودبرگشتی قابل توجهی

رابرای شبکه توزیع بهمراه دارد. بعنوان مثال اگرقیمت هرکیلووات ساعت انرژی را ۲۰ ریال درنظربگیریم، سودبرگشتی ناشی از کاهش تلفات فیدربرای یکماه ۴۲۶۲۴۰۰=۳۰×۲۴×۲۹۶×۲۰ ریال میشود، بدین معنی که دریکی دوسال اول هزینه خازن گذاری برگشت میشود ودرسالهای بعد سودناشی ازکاهش اتلاف انرژی راخواهیم داشت. درادامهٔ اجرای برنامه، جهت اثبات اینکه خازن انتخاب شده، بهترین شرایط راازنظرمقدارومحل دارد، خازن دیگری درمرکزثقل بار درنظرگرفته میشود ومجدداً مقدارخازن جهت اصلاح افت ولتاژ تعیین شده، بهمراه پارامترهای دیگرفیدرنشان داده میشود. مطابق نتایج بدست آمده درصفحه ۱۰ محل خازن ۴۱ کیلومتری باس بارودرمرکزثقل بار، مقدارظرفیت خازن ۲۸۵۰ کیلووار، ولتاژ درمحل خازن ۱۹/۴۲۳ کیلوولت، توان راکتیو مصرفی فیدر ۱۴۲۶ کیلووار، توان تلفاتی ۳۶۹ کیلووات وضریب قدرت ۰/۹۵ می باشد.

بامقایسه دوروش خازن گذاری، براحتی درمیابیم که روش خازن گذاری درمحل بهینه اقتصادی تراست زیرابااستفاده ازخازن کوچکتر، علاوه برجبران افت ولتاژ، تلفات کمتری نیزخواهیم داشت. درهمین جایک نتیجه میگیریم وآن این است که اگرخازن رادرنزدیکی بارهای اصلی فیدرقراردهیم، بهترین حالت راانتخاب کرده ایم. لذابه نظرمی رسد که جداازمسئله بهره برداری،اگرخازنهای مناسبی رادرطرف ۳۸۰ ولت،نزدیک به‌بارهای‌مصرفی،قراردهیم،اقتصادی‌ترین حالت میباشد.

درتکمیل جوابهای کامپیوتری بدست آمده، منحنیهای افت ولتاژ مطابق صفحه ۱۱ توسط برنامه ترسیم می شود. مطابق نمودارشماره (۱) ولتاژ انتهای فیدردروضعیت پیک بارازحدمجازخودپائین ترآمده است. این افت ولتاژ مطابق نمودار شماره (۲) توسط یک خازن ۲۸۵۰ کیلووار (درمرکزثقل بار) اصلاح شده است. وبالاخره درنمودارشماره (۳) یک خازن بهینه ۲۲۵۰ کیلووار درانتهای فیدرانتخاب شده ومنحنیهای افت ولتاژدرسه وضعیت مختلف بارفیدررسم شده است. لازم بذکراست که برای این فیدرباتوجه به اطلاعات موجود، وضعیت بی باری ۱۰٪ پیک باروضعیت بارعادی ۷۰٪ پیک باردرنظرگرفته شده است. مطابق آنچه گفته شدبهترین حالت، قراردادن بانک خازنی ۲۲۵۰ کیلوواردرانتهای فیدرمیباشد، لکن چون خازنهای ۱۸۰ کیلووارددردسترس میباشد، لذاعملاً ۱۲ واحدخازنی بظرفیت کل ۲۱۶۰ کیلووار بکارمیبریم، بطوریکه روی هرفاز ۴ واحدخازنی بظرفیت ۷۲۰ کیلووار قرارمیگیرد.

ب ـ طراحی دوخازن ثابت دردونقطه برای فیدر ۲۰ کیلوولت شجاع آباد

فیدرشعاعی ۲۰ کیلوولت شجاع آباد همانند فیدربادرود دارای افت ولتاژی بیش ازحد مجاز درساعات پیک باراست. برای این فیدریک خازن ثابت بطورتجربی انتخاب ونصب کرده‌ایم. باتوجه به پراکندگی ورشدبارهای این فیدردرآینده نزدیک، پیش بینی های زیرراجهت خازن‌گذاری مناسب روی این فیدر توسط شبیه سازی کامپیوتری انجام میدهیم. باداشتن اطلاعات تقریبی ازبارهای فیدر، مطابق برنامه کامپیوتری یک خازن ثابت جهت اصلاح افت ولتاژ انتخاب میکنیم. مطابق نمودار شماره (۴) درصفحه ۱۲، برخلاف انتظارمیبینیم که ولتاژ فیدرپس ازنصب خازن ۳۰۰۰ کیلووارردرحالت بی باری (۱۰ درصد بارپیک) به بیش ازحدمجازخود می رسد. لذابه این فکر می افتیم که دوخازن، یکی رادرمرکزثقل بارودیگری رابصورت بهینه طراحی کنیم. مطابق نمودارشماره (۵) وبامقایسه دومنحنی افت ولتاژ که یکی درحالت نصب یک خازن (خازن C) ودیگری درحالت نصب دوخازن دردومحل (خازنهای C1 و C2)، درمی یابیم که درحالت کاربرددوخازن، منحنی افت ولتاژ شیب ملایمتری دارد واین‌امرموجب می‌شود که درحالت بی‌باری سطح ولتاژ فیدرازحدمجازخودبالاترنرود. سپس مطابق نمودارشماره (۶) منحنیهای افت ولتاژ درسه وضعیت مختلف بارفیدر، برای حالتی که دوخازن بکارمیبریم، رارسم میکنیم. (لازم بذکراست که منحنیهای این فیدربرحسب ولتاژفاز- نول درطول فیدرترسیم شده‌است). درصورتیکه درفیدری، دوخازن نیزمشکل راحل نکند، ازسه یاچندخازن درچندنقطه میتوان استفاده کرد، اگرچه راه اساسی این است که دراین فیدرخازن اتوماتیک بکاربرده شود.

ج ـ طراحی واحدهای خازنی بعنوان خازنهای اتوماتیک دریک نقطه ازفیدر

روش طراحی به این ترتیب است که ابتدا توسط برنامه کامپیوتری برای هروضعیت ازبارفیدریک خازن طراحی میکنیم بطوریکه افت ولتاژ درآن وضعیت اصلاح شود. سپس ولتاژ درمحل نصب هرخازن توسط برنامه بدست می‌آید. قابل توجه است که داشتن این ولتاژها جهت تنظیم رله (Relay Setting) برای تغییرپله‌های خازنی، ضروری است. هنگامی که بارفیدرتغییرمیکند، ولتاژدرمحل خازن نیزتغییرخواهدکرد. درصورتیکه این ولتاژ ازولتاژ تنظیمی رله عبورکرد، یک واحدخازنی به مداراضافه میشود.

ازآنجائیکه خازنهای اتوماتیک دارای هزینه بالائی بوده وبعنوان یک سیستم زنده درشبکه

مـطرح مـیباشند، وهـمچنین مسـائلی راازقـبیل بـهره‌برداری، حـفظ ونگـهداری دارنـد، لذااین خازنهادرشبکه‌های توزیع ایران فعلاً جایگاهی ندارند.

نتیجه‌گیری:

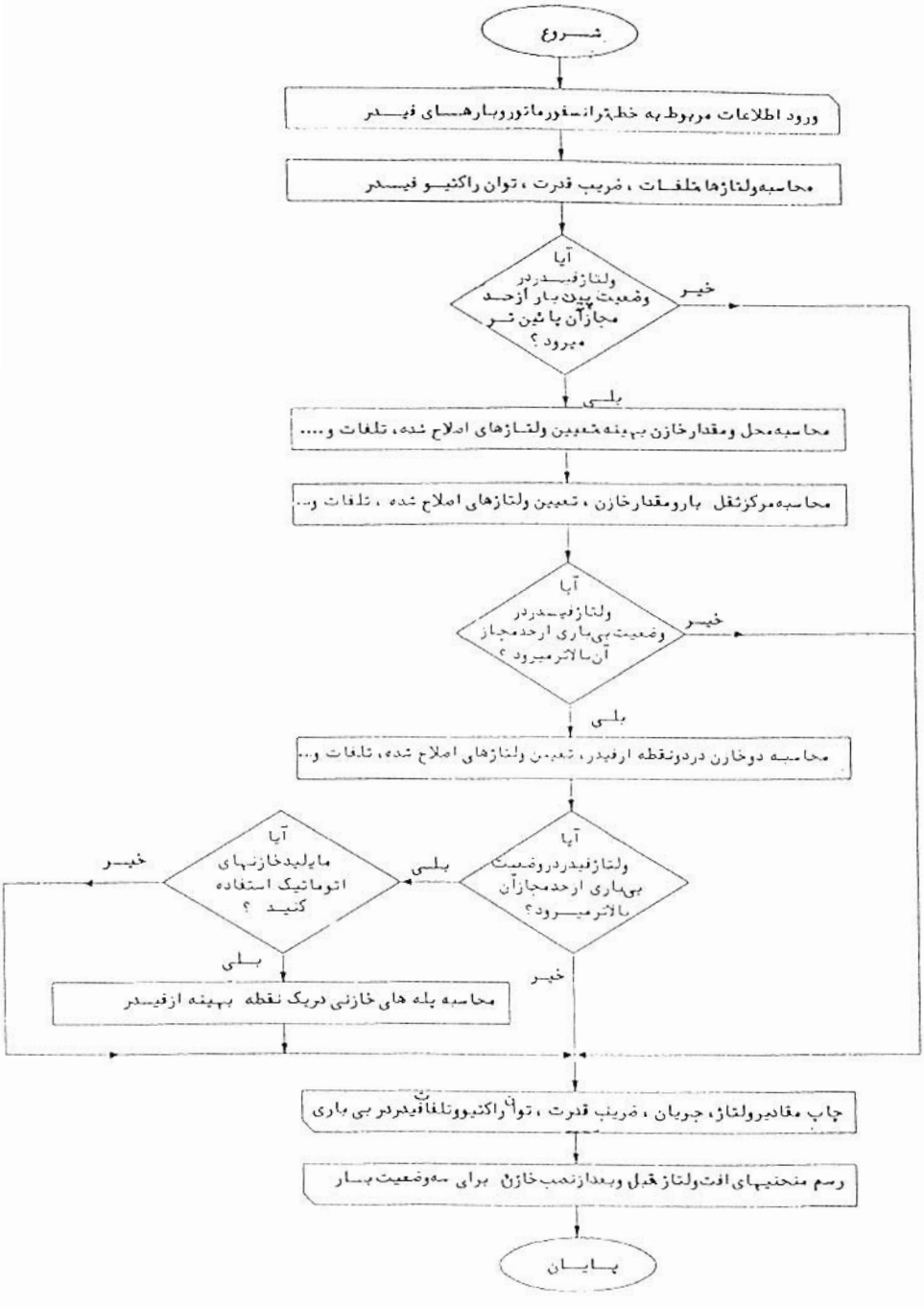
درجمع‌بندی مطالب ارائه شـده دراین مـقاله وبـاتوجه بـه بـررسیهای عـملی ومـحاسبات کامپیوتری که برای دوفیدرطولانی ۲۰ کیلوولت باافت ولتاژ بیش ازحدمجاز، انجام دادیم، به ایـن نتیجه میرسیم که درشرایط کنونی وبادرنظرگرفتن مسائل فنی واقتصادی، نصب یک یاچندخازن ثابت درمحلهای بهینه فیدرمی‌تواند علاوه برجبران افت ولتاژ وکاهش تلفات، توان راکتیووضریب تـوان شبکه راافزایش دهد. همچنین دراین روش نیاز به صرف هزینه بسیارکمتری نسبت به روش احداث ایستگاه فوق توزیع ویاروشهای دیگر تنظیم ولتاژ می باشد.

مراجع:

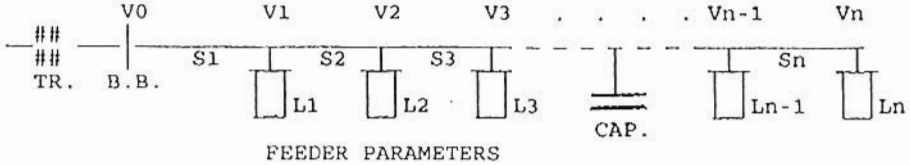
(1) Electrical Transmission and Distribution Reference Book, Westinghouse Electric Corporation, 1964.

2) Power Factor Correction with Capacities, Asea, 1981.

۳) کاربرد خازن «مهندس علی صفرنوراله»


شروع
ورود اطلاعات مربوط به خطوط انتقال و ترانسفورماتورو بارهای فیدر
محاسبه ولتاژها، تلفات، ضریب قدرت، توان راکتیو فیدر
آیا ولتاژ فیدر در وضعیت پیک بار از حد مجاز آن پائین تر میرود؟
خیر
بلی
محاسبه محل و مقدار خازن بهینه تعیین ولتاژهای اصلاح شده، تلفات و....
محاسبه مرکز ثقل بار و مقدار خازن، تعیین ولتاژهای اصلاح شده، تلفات و...
آیا ولتاژ فیدر در وضعیت بی باری از حد مجاز آن بالاتر میرود؟
خیر
بلی
محاسبه دو خازن در دو نقطه از فیدر، تعیین ولتاژهای اصلاح شده، تلفات و...
آیا ولتاژ فیدر در وضعیت بی باری از حد مجاز آن بالاتر میرود؟
بلی
آیا ما یلید خازنهای اتوماتیک استفاده کنید؟
خیر
بلی
خیر
محاسبه پله های خازنی در یک نقطه بهینه از فیدر
چاپ مقادیر ولتاژ، جریان، ضریب قدرت، توان راکتیو و تلفات فیدر در بی باری
رسم منحنیهای افت ولتاژ قبل و بعد از نصب خازن برای سه وضعیت بار
پایان

CAPACITOR CALCULATION FOR VOLTAGE REGULATION IN RADIAL FEEDER



FEEDER PARAMETERS

RL= .2063 , XL= .0725 (OHM/KM)
RT= .01 , XT= .08 (OHM)
RATED VOLTAGE= 20 (KV)

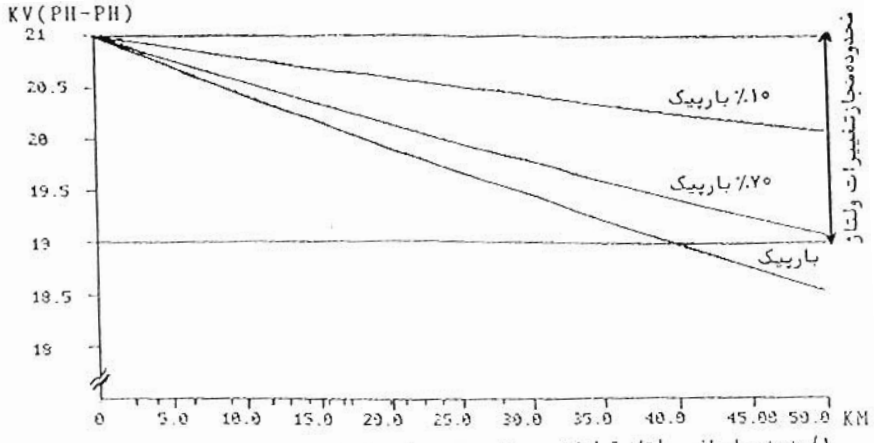
	[D(KM)]	[P(KW)]	[PF]
SECTION(J) =			
SECTION(1) =	2.5	17	.7
SECTION(2) =	1.4	17	.7
SECTION(3) =	.6	20	.7
SECTION(4) =	.5	20	.6
SECTION(5) =	1.3	18	.6
SECTION(6) =	2.5	18	.7
SECTION(7) =	1.1	20	.7
SECTION(8) =	1.7	20	.8
SECTION(9) =	1.2	17	.8
SECTION(10) =	1.3	17	.7
SECTION(11) =	1.3	17	.7
SECTION(12) =	1.2	17	.7
SECTION(13) =	.5	17	.7
SECTION(14) =	2.5	20	.6
SECTION(15) =	.2	18	.6
SECTION(16) =	1.2	18	.7
SECTION(17) =	1.2	18	.8
SECTION(18) =	1.3	20	.7
SECTION(19) =	1.5	20	.7
SECTION(20) =	25	1000	.7

FEEDER VOLTAGE & CURRENT BEFORE CAPACITOR INSTALLATION

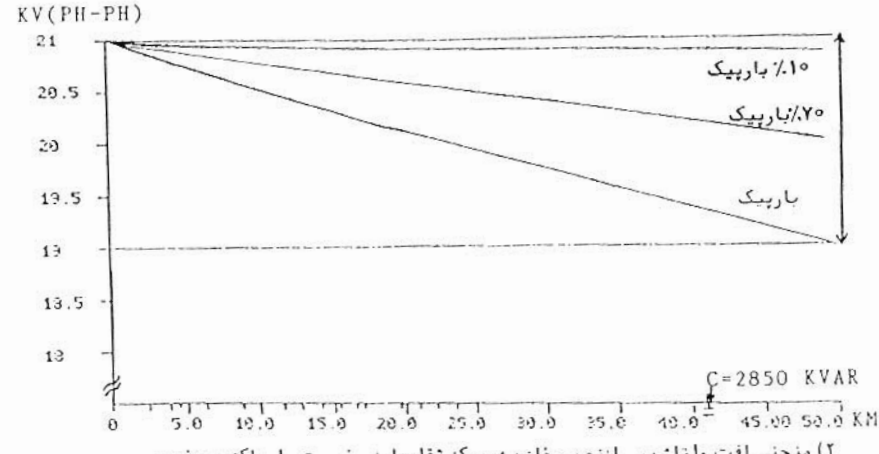
V(0) = 21.000 [KV]		
V(1) = 20.852 [KV]	I(1) = 174.6 [A]	PFL(1) = 0.698
V(2) = 20.770 [KV]	I(2) = 172.6 [A]	PFL(2) = 0.698
V(3) = 20.735 [KV]	I(3) = 170.6 [A]	PFL(3) = 0.698
V(4) = 20.707 [KV]	I(4) = 168.2 [A]	PFL(4) = 0.698
V(5) = 20.634 [KV]	I(5) = 165.4 [A]	PFL(5) = 0.699
V(6) = 20.495 [KV]	I(6) = 163.0 [A]	PFL(6) = 0.701
V(7) = 20.435 [KV]	I(7) = 160.8 [A]	PFL(7) = 0.701
V(8) = 20.343 [KV]	I(8) = 158.4 [A]	PFL(8) = 0.701
V(9) = 20.280 [KV]	I(9) = 156.3 [A]	PFL(9) = 0.699
V(10) = 20.212 [KV]	I(10) = 154.5 [A]	PFL(10) = 0.698
V(11) = 20.144 [KV]	I(11) = 152.4 [A]	PFL(11) = 0.698
V(12) = 20.083 [KV]	I(12) = 150.3 [A]	PFL(12) = 0.698
V(13) = 20.058 [KV]	I(13) = 148.2 [A]	PFL(13) = 0.698
V(14) = 19.934 [KV]	I(14) = 146.2 [A]	PFL(14) = 0.698
V(15) = 19.924 [KV]	I(15) = 143.3 [A]	PFL(15) = 0.700
V(16) = 19.867 [KV]	I(16) = 140.7 [A]	PFL(16) = 0.702
V(17) = 19.810 [KV]	I(17) = 138.5 [A]	PFL(17) = 0.702
V(18) = 19.750 [KV]	I(18) = 136.6 [A]	PFL(18) = 0.700
V(19) = 19.682 [KV]	I(19) = 134.1 [A]	PFL(19) = 0.700
V(20) = 18.564 [KV]	I(20) = 131.6 [A]	PFL(20) = 0.700

FEEDER VOLTAGE DROP=2.436 [KV]
FEEDER REACTIVE POWER AT BUSBAR LOCATION = 4550 [KVAR]
FEEDER LOSSESS = 643 [KW]
POWER FACTOR AT BUSBAR LOCATION = .70

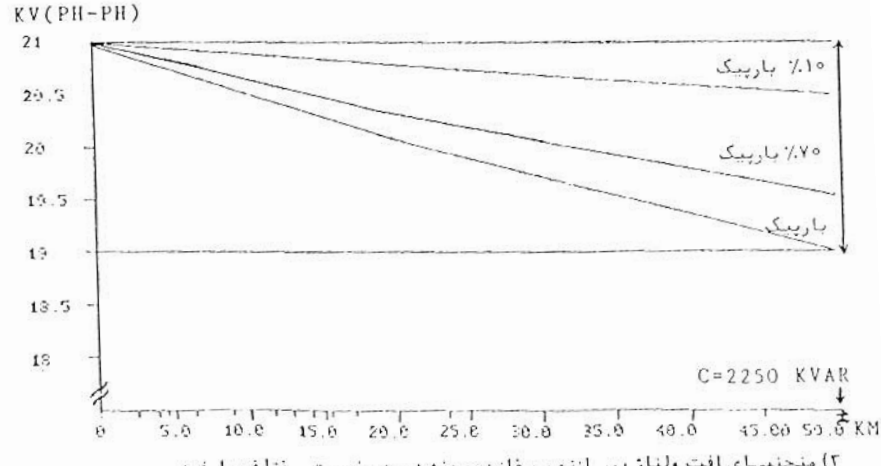
```
FEEDER PARAMETERS AFTER CAP. INSTALLATION IN ECONOMICAL LOCATION

 V( 0  )= 21.010 [KV]
 V( 1  )= 20.874 [KV]    I( 1  )=127.1 [A]    PFL( 1  )=0.91
 V( 2  )= 20.805 [KV]    I( 2  )=125.3 [A]    PFL( 2  )=0.91
 V( 3  )= 20.776 [KV]    I( 3  )=123.6 [A]    PFL( 3  )=0.91
 V( 4  )= 20.752 [KV]    I( 4  )=121.5 [A]    PFL( 4  )=0.92
 V( 5  )= 20.691 [KV]    I( 5  )=119.3 [A]    PFL( 5  )=0.92
 V( 6  )= 20.575 [KV]    I( 6  )=117.3 [A]    PFL( 6  )=0.92
 V( 7  )= 20.524 [KV]    I( 7  )=115.4 [A]    PFL( 7  )=0.93
 V( 8  )= 20.448 [KV]    I( 8  )=113.3 [A]    PFL( 8  )=0.93
 V( 9  )= 20.395 [KV]    I( 9  )=111.4 [A]    PFL( 9  )=0.93
 V( 10 )= 20.339 [KV]    I( 10 )=109.7 [A]    PFL( 10 )=0.93
 V( 11 )= 20.284 [KV]    I( 11 )=108.0 [A]    PFL( 11 )=0.94
 V( 12 )= 20.233 [KV]    I( 12 )=106.3 [A]    PFL( 12 )=0.94
 V( 13 )= 20.213 [KV]    I( 13 )=104.6 [A]    PFL( 13 )=0.94
 V( 14 )= 20.111 [KV]    I( 14 )=102.8 [A]    PFL( 14 )=0.94
 V( 15 )= 20.103 [KV]    I( 15 )=100.8 [A]    PFL( 15 )=0.95
 V( 16 )= 20.057 [KV]    I( 16 )= 98.9 [A]    PFL( 16 )=0.95
 V( 17 )= 20.011 [KV]    I( 17 )= 97.1 [A]    PFL( 17 )=0.96
 V( 18 )= 19.962 [KV]    I( 18 )= 95.4 [A]    PFL( 18 )=0.96
 V( 19 )= 19.907 [KV]    I( 19 )= 93.5 [A]    PFL( 19 )=0.96
 V( 20 )= 19.015 [KV]    I( 20 )=130.3 [A]    PFL( 20 )=0.70
 CAPACITOR POWER = 2250  [KVAR]
 VOLTAGE AT CAPACITOR LOCATION = 19.015 [KV]
 CAPACITOR DISTANCE FROM BUSBAR =50.0 [KM]
 FEEDER REACTIVE POWER AT BUSBAR LOCATION =1433 [KVAR]
 FEEDER LOSSESS =  347 [KW]
 POWER FACTOR AT BUSBAR LOCATION =.91

FEEDER PARAMETERS AFTER CAP. INSTALLATION IN CENTER LOAD LOCATION

 V( 0  )= 21.012 [KV]
 V( 1  )= 20.880 [KV]    I( 1  )=127.0 [A]    PFL( 1  )=0.95
 V( 2  )= 20.813 [KV]    I( 2  )=125.2 [A]    PFL( 2  )=0.95
 V( 3  )= 20.785 [KV]    I( 3  )=123.5 [A]    PFL( 3  )=0.96
 V( 4  )= 20.762 [KV]    I( 4  )=121.4 [A]    PFL( 4  )=0.96
 V( 5  )= 20.704 [KV]    I( 5  )=119.1 [A]    PFL( 5  )=0.96
 V( 6  )= 20.593 [KV]    I( 6  )=117.2 [A]    PFL( 6  )=0.97
 V( 7  )= 20.545 [KV]    I( 7  )=115.3 [A]    PFL( 7  )=0.97
 V( 8  )= 20.473 [KV]    I( 8  )=113.2 [A]    PFL( 8  )=0.97
 V( 9  )= 20.422 [KV]    I( 9  )=111.3 [A]    PFL( 9  )=0.97
 V( 10 )= 20.369 [KV]    I( 10 )=109.6 [A]    PFL( 10 )=0.97
 V( 11 )= 20.316 [KV]    I( 11 )=107.9 [A]    PFL( 11 )=0.98
 V( 12 )= 20.268 [KV]    I( 12 )=106.2 [A]    PFL( 12 )=0.98
 V( 13 )= 20.249 [KV]    I( 13 )=104.5 [A]    PFL( 13 )=0.98
 V( 14 )= 20.153 [KV]    I( 14 )=102.8 [A]    PFL( 14 )=0.98
 V( 15 )= 20.145 [KV]    I( 15 )=100.7 [A]    PFL( 15 )=0.99
 V( 16 )= 20.101 [KV]    I( 16 )= 98.8 [A]    PFL( 16 )=0.99
 V( 17 )= 20.058 [KV]    I( 17 )= 97.1 [A]    PFL( 17 )=0.99
 V( 18 )= 20.012 [KV]    I( 18 )= 95.4 [A]    PFL( 18 )=0.99
 V( 19 )= 19.960 [KV]    I( 19 )= 93.4 [A]    PFL( 19 )=0.99
 V( 20 )= 19.024 [KV]    I( 20 )=130.2 [A]    PFL( 20 )=0.70

 CAPACITOR POWER= 2850  [KVAR]
 VOLTAGE AT CAPACITOR LOCATION = 19.423 [KV]
 CAPACITOR DISTANCE FROM BUSBAR =41.0 [KM]
 FEEDER REACTIVE POWER AT BUSBAR LOCATION =1426 [KVAR]
 FEEDER LOSSESS =  369 [KW]
 POWER FACTOR AT BUSBAR LOCATION =.95
```



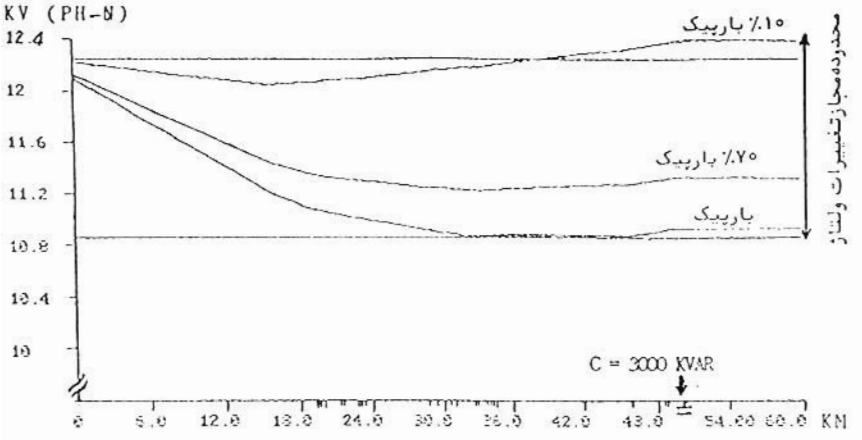
۱) منحنیهای افت ولتاژ قبل ازنصب خازن درسه وضعیت مختلف بارفیدر بادرود



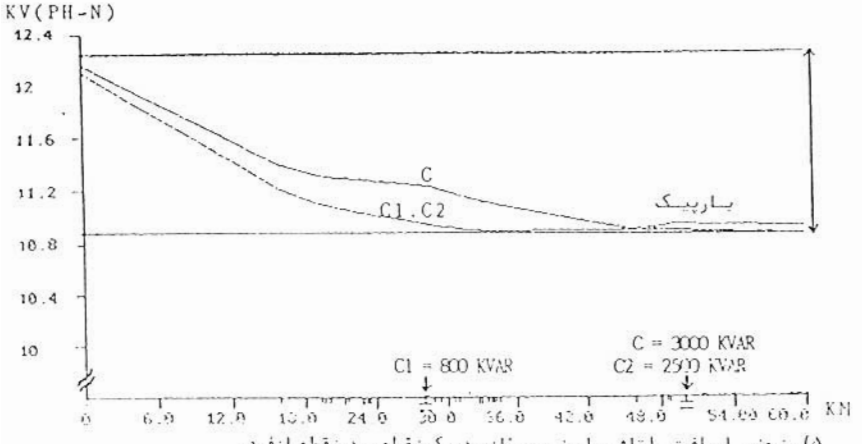
۲) منحنی افت ولتاژ پس ازنصب خازن درمرکز ثقل باردروضعیت بارماکزیمم فیدر



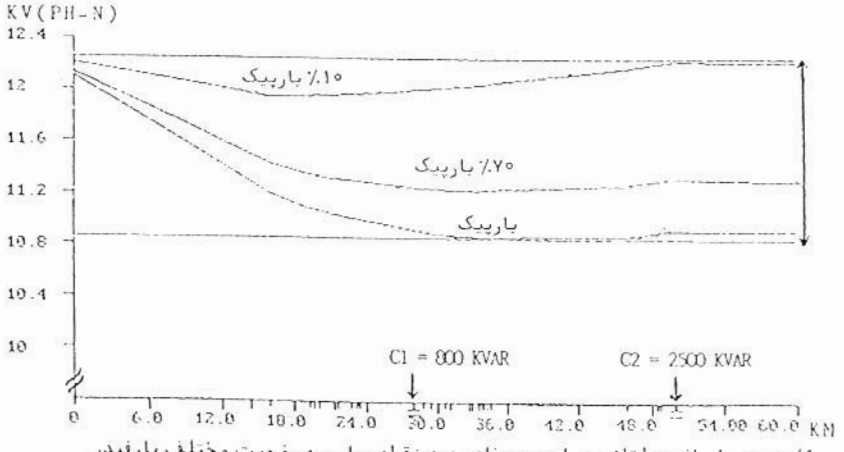
۳) منحنیهای افت ولتاژ پس ازنصب خازن بهینه درسه وضعیت مختلف بارفیدر



۴) منحنیهای افت ولتاژ پس ازنصب یک خازن بهینه درسه وضعیت مختلف فیدر شجاع آباد



۵) منحنیهای افت ولتاژ برای نصب خازن دریک نقطه و دونقطه ازفیدر



۶) منحنیهای افت ولتاژ پس ازنصب خازن دردونقطه برای سه وضعیت مختلف بارفیدر