ششمین کنفرانس شبکه های توزیع نیروی برق

© نیروبرداری و تعمیرات شبکه های توزیع

مقایسه افزایش حدانتقال خطوط ۲۰ کیلو ولت با استفاده از رگولاتور ولتاژ و خازن

وحید گوهری صدر اسماعیل محسنی کبیر ساعد راعی

سازمان برق ایران

چکیده :

ازآنجائیکه کشورایران ،کشورپهناوری است و پراکندگی روستاهای آن بویژه درمناطق کویری گسترده است لذابمنظوربرق رسانی به این نقاط مصرف دورافتاده گزینه‌های متعددی مطرح می‌شودکه یکی از آنها،احداث خطوط ۲۰KV است .

بنابه محدودیت انتقال توان توسط خطوط طولانی ۲۰ KV ،جبرانسازی این خطوط از اهمیت ویژه‌ای برخورداراست .

دراین مقاله دوروش جبرانسازی بوسلیه خازن ورگولاتورولتاژ (BOOSTER) ازنظر کیفیت پروفیل ولتاژ،کاهش تلفات وهزینه‌هاموردبررسی قرارگرفته وهمچنین درموردمکانیابی بهینه رگولاتورهای ولتاژ نتایج ارزشمندی بدست آمده‌است .

شرح مقاله :

ازآنجائیکه خطوط طولانی KV ۲۰ دارای محدودیت‌های شدیدانتقال توان ،افت ولتاژ نسبتا" زیاد و تلفات قابل توجه می‌باشند،لذابمنظوربرق رسانی به مناطق دورافتاده بانیازمصرف کم بابرآوردن شرائط فنی مناسب (افت ولتاژمجازوتلفات قابل قبول)می‌بایست این خطوطبه نحومناسبی جبران سازی شوند.

ازجمله روشهای بهبودتنظیم ولتاژوافزایش حدانتقال خطوط مذکور،می‌توان ازروشهای زیر نام برد:

- استفاده ازخازنهادرپستهای‌توزیع
- متعادل نمودن باردرفیدرهای‌توزیع
- انتقال باربه فیدرهای‌جدید
- احداث پستهای‌توزیع وفیدرهای‌جدید
- کاربرد خازنهای سری درفیدرها
- کاربردخازنهای موازی درفیدرها
- کاربردرگولاتورهای ولتاژ(بوسترها)درفیدرها

ازمیان روشهای فوق‌الذکر،دراین مقاله به بررسی ومقایسه شرایط فنی دوروش اخیرخواهیم پرداخت .

۱ـ رگولاتورهای ولتاژفیدر(بوسترها)

رگولاتورهای ولتاژبطوروسیعی به منظورتثبیت ولتاژدرنقاط مصرف فیدرها بکار می‌روند . رگولاتورهای ولتاژبردونوع القائی وپله‌ای تقسیم می‌شوندکه امروزه نوع پله‌ای(STEP_TYPE) تقریبا" درتمامی موارد جایگزینی نوع القائی آن شده‌است .رگولاتورهای ولتاژپله‌ای می‌توانندازنوع ایستگاهی ، (STATION_TYPE) سه فازویاتک فازبوده به منظوررگولاسیون ولتاژباس یافیدرهادرپست نصب شوند،ویاازنوع توزیع (DISTRIBUTION_TYPE) وتنهابشکل تک فازبوده که روی تیرهای خطوط هوائی قابل نصب می‌باشند.

یک رگولاتورولتاژپله‌ای اساسا"یک اتوترانسفورماست که سیم‌پیچ ثانویه آن باخط سری می‌باشد و معمولا"تعدادچهارپله تپ ۲/۵٪ روی آن واقع است .

اغلب رگولاتورهاقادربه تقویت یاتضعیف ولتاژبه میزان ۱۰٪(۱۰٪ -)می‌باشند.

همچنین بوسیله سیستم کنترل ودریافت سیگنال جریان وولتاژازCT وVT ،این بوسترها قادر به کنترل سطح ولتاژ و پهنای باند آن و همچنین جبران سازی افت خط (LINE DROP COMPENSATION) می‌باشند . درشکل (۱)اتصالات یک بوستر تکفازنشان داده شده است .

۲ـ خازنهای موازی

خازنهای موازی درسیستمهای توزیع کاربردگسترده‌ای داشته وبه منظوربهبودتنظیم ولتاژ، کاهش تلفات فیدرها،آزادنمودن ظرفیت کابلها و خطوط بهبودضریب توان بار و....مورداستفاده قرارمی‌گیرند.

خازنهای موازی رامی توان درپست ویاروی تیرهای خطوط هوائی نصب نمود ودرمورداخیر مکان آن به میزان بار،ضریب توان بار،سطح مقطع هادیها وفواصلشان بستگی دارد.

به‌منظور تنظیم ولتاژمناسب می‌بایست خازنهادارای کلیدباشندتادربارکم ازمدارخارج گشته و دربار زیاد مجددا"به مدارسوئیچ شوند.

۳ـ بدست آوردن حدانتقال خطوط ۲۰ KV بااستفاده‌ازبوسترهاوخازنهای موازی

دراین مقاله به منظوریافتن حدانتقال خطوط ۲۰ KV ،بااستفاده‌ازنرم‌افزاری که بدین‌منظورتوسط نویسندگان مقاله تهیه شده ودارای قابلیتهای شبیه‌سازی سیستم‌توزیع بهمراه بوسترهاوخازنهای‌موازی است ،گزینه‌های متعددی موردبررسی قرارگرفته است .

دراین مطالعه ،درتمامی گزینه ها،خط ۲۰KV باطولهای ۵۰ ،۱۰۰و۱۵۰ کیلومترباهادی نوع DOG و ضریب توان بار۰/۹ درنظرگرفته‌شده وتغییرات ولتاژانتهای فیدروتلفات آن دربارهای متفاوت و بازاءتغییرات محل رگولاتورهاوخازنهای موازی (درصورت وجود) بدست آمده ودرنمودارهائی ترسیم گردیده‌است .

درتمامی حالتهاشرط فنی قابل قبول ،قرارگرفتن ولتاژانتهای فیدردرمحدوده.PU ۰/۹۵ تا.PU۱/۰۵ واینکه ولتاژ درهیچ نقطه ازفیدربیش از.PU ۱/۱ نگردد،می‌باشد.

(P حدانتقال توان ،L طول خط وS درصدفاصله جبرانسازازابتدای خط می‌باشند.)

۳ـ۱ـ حدانتقال خط ۲۰ KV بدون هیچگونه جبرانسازی

نتایج حاصل درشکل (۲) آورده شده‌است .همانطورکه ملاحظه می‌گرددحدانتقال خط مذکور عبارت است از:

L = 50 KM P = 2.25 MW

L = 100 KM P = 1.1 MW

L = 150 KM P = 0.75 MW

۳ـ۲ـ حدانتقال خط KV ۲۰ باجبران ساز ضریب توان بار

دراینحالت توسط خازنهای‌موازی بامقدارمناسب ضریب توان باربه ۰/۹۵ افزایش می‌یابد.نتایج حاصل درشکل (۳) آورده شده‌است .دراین حالت داریم :

L = 50 KM P = 2.5 MW

L = 100 KM P = 1.25 MW

L = 150 KM P = 0.85 MW

۳ـ۳ـ حدانتقال خط KV ۲۰ بایک بوستردرطول خط

دراین حالت ضریب توان بار۰/۹ بوده ویک بوستردرطول خط ازابتداتاانتهاحرکت نموده تانقطه بهینه‌بدست آید.این بوسترقادراست ۱۰٪ افزایش ولتاژدرثانویه اش ایجادکند.نتایج حاصل درشکل (۴) آورده شده‌است وداریم :

L = 50 KM (P = 3.6 MW , S = 0.19)

L = 100 KM (P = 1.8 MW , S = 0.19)

L = 150 KM (P = 1.2 MW , S = 0.19)

۳ـ۴ـ حدانتقال خط KV ۲۰ بادوبوستردرطول خط

دراین حالت ضریب توان بار۰/۹ بوده ودوبوستردرطول خط ازابتداتاانتهاحرکت‌نموده تانقاط بهینه بدست آیند.نتایج حاصل درشکل (۵)آورده شده وداریم :

L = 50 KM (P = 4.8 MW , S1= 0.13 , S2 = 0.41)

L = 100 KM (P = 2.4 MW , S1 = 0.13, S2 = 0.41)

L = 150 KM (P = 1.6 MW , S1 = 0.13 , S2 = 0.41)

۳ـ۵ـ حدانتقال خط KV ۲۰ بایک بوستروجبرانسازضریب توان بار

دراینحالت ضریب توان بارتوسط خازنهای‌موازی بامقدارمناسب به ۰/۹۵ رسیده ویک

بوستردرطول خط ازابتداتاانتهاحرکت می‌نمایدتانقطه بهینه بدست‌آید. نمودار نتایج حاصل همانند شکل (۴)بااندکی بهبوددرپروفیل ولتاژوافزایش توان‌انتقالی بوده وبطورخلاصه‌داریم :

L = 50 KM (P = 4 MW , S= 0.19)

L = 100 KM (P = 2 MW , S= 0.19)

L = 150 KM (P = 1.3 MW , S= 0.19)

۳ـ۶ـ حدانتقال خط ۲۰ KV بادوبوستروجبرانسازضریب توان بار

دراینحالت ضریب توان بارتوسط خازنهای موازی بامقدارمناسب به ۰/۹۵ رسیده ودوبوستردرطول خط ازابتداتاانتهاحرکت می‌نمایدتانقطه بهینه بدست‌آید.نمودارنتایج حاصل همانندشکل (۵)بااندکی بهبود درپروفیل ولتاژوافزایش توان انتقالی بوده وبطورخلاصه داریم :

L = 50 KM (P = 5.2 MW , S1= 0.13 , S2 = 0.42

L = 100 KM (P = 2.6 MW , S1= 0.13 , S2 = 0.42

L = 150 KM (P = 1.7 MW , S1= 0.13 , S2 = 0.42

۳ـ۷ـ حدانتقال خط ۲۰KV باخازن موازی

دراین حالت ضریب توان بار۰/۹ بوده وخط توسط خازن موازی که ازابتداتاانتهاحرکت نموده تانقطه بهینه بدست آید،جبرانسازی می‌شود.نتایج حاصل درشکل (۶)آورده شده وداریم :

L = 50 KM (P = 3.6 MW , S= 1 , QC = 3.3 MVAR)

(P = 3.8 MW , S= 1 , QC = 3.6 MVAR)

L = 100 KM (P = 1.8 MW , S= 1 , QC = 1.8 MVAR)

(P = 2.7 MW , S= 0.88 , QC = 3.6 MVAR)

L = 150 KM (P = 1.2 MW , S= 1 , QC = 1.2 MVAR)

(P = 1.8 MW , S= 0.88 , QC = 2.4 MVAR)

٤ - محاسبات اقتصادی

دراین مطالعه ،مبانی مقایسه اقتصادی طرحهابه قرارزیربوده است :

۱ـ هردلارمعادل ۲۰۰۰ریال درنظرگرفته شده‌است .

۲ـ هزینه (ارزی وریالی که تواماً"وبرحسب ریال)به روش زیرمحاسبه می‌گردد.دراین رابطه 1/0.7

برای منظورنمودن ۳۰٪ ذخیره قدرت نیروگاه وارقام $ ۵۰۰ و R ۱۰۰۰۰۰هزینه سرمایه‌گذاری یک کیلووات نیروگاه بخاری است .

هزینه‌تلفات قدرت = ($ ۵۰۰ * ۲۰۰۰ + R ۱۰۰۰۰۰)*۱۰۰۰*تلفات (MW) / (۰/۷*$۱۰^{۶}$)

(میلیون ریال) = ۱۵۷۱ /۴ * تلفات(MW)

۳ـ هزینه (ارزی وریالی که تواما" وبرحسب ریال)درمدت ۳۰ سال بهره‌برداری از تأسیسات ازرابطه زیرمحاسبه می‌گردد.دراین رابطه ۸۷۶۰ تعدادساعات درسال ۰/۴ ضریب بارتلفات‌انرژی و۱۱/۲۶ ضریب استهلاک سالیانه سرمایه بابهره ۸٪ درمدت ۳۰ سال می‌باشد.

هزینه تلفات انرژی = تلفات (MW) * ۸۷۶۰ * ۰/۰۱۳*۱۱/۲۶ * ۲۰۰۰ * ۱۰۰۰ *$۱۰^{-۶}$

(میلیون ریال) = ۱۰۲۵/۸ * تلفات (MW)

۴ـ هزینه هر KVAR خازن معادل ۳۴۰۰۰ ریال وهر KVA بوستر ۷۰۰۰۰ ریال درنظرگرفته شده است. نتایج حاصل درشکل (۷)قابل مشاهده وبررسی است .

۵ـ نتیجه‌گیری

باتوجه به نتایج بدست آمده ونمودارهای ترسیم شده ملاحظه می‌شودکه ،حداقل خط ۲۰KV جبران‌نشده به ۱۱۰ MW.KM محدودمی‌شود وباجبران سازی باروش یک بوستری ۱۸۰MW.KM ، با روش‌دوبوستری ۲۴۰MW.KM ،باروش خازن موازی وانتخاب مقادیرنسبتا"بزرگ حدود ۱۹۰ MW.KM وباترکیبی ازیک بوستروخازن موازی حدود ۲۰۰MW.KM خواهدگردید.

همچنین مشخص گردیدکه برخلاف ذهنیت موجودمبنی برنصب پوسترهادراواسط ویا انتهای فیدرها، مکان مناسب برای نصب آنهابمنظورانتقال حداکثرتوان ازخط باافت ولتاژ مجاز، درمحدوده ۲۰٪ ابتدای طول خط ازپست تغذیه کننده می‌باشد.

جبرانسازی باروش دوبوستربدلیل عدم بهبودشرایط بمیزان قابل توجه درمقایسه با دیگر روشها از نظر فنی واقتصادی توجیه نمی‌گردد.

بامشاهده نمودارهزینه‌هاملاحظه می‌شودکه برای طولهاوبارهای مختلف ،یکی از روشهای جبرانسازی توسط بوستر،خازن موازی ویاترکیبی ازآن دوبهینه خواهدبود.

ضمنا" لازم به ذکراست که بدلیل مشکلات سوئیچینگ خازنها،درشرایط یکسان استفاده از بوسترها ارجحیت خواهد داشت

۶ـ مراجع

1. ELECTRLCAL DISTRIBUTION ENGNEERING

   BY: ANTHONY J.PANSINI MC GRAW - HILL 1988

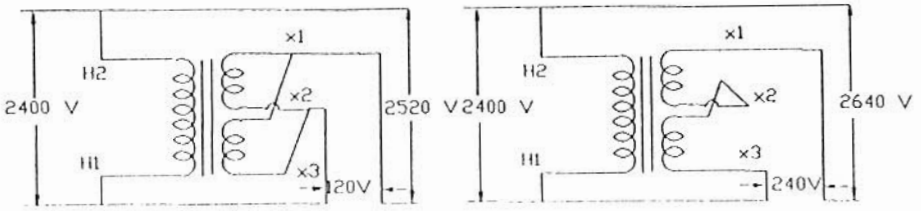
2. ELECTRIC POWER DISTRIBUTION SYSTEM ENGINEERING

   BY: TURAN GONEN MC GRAW _ HILL 1987

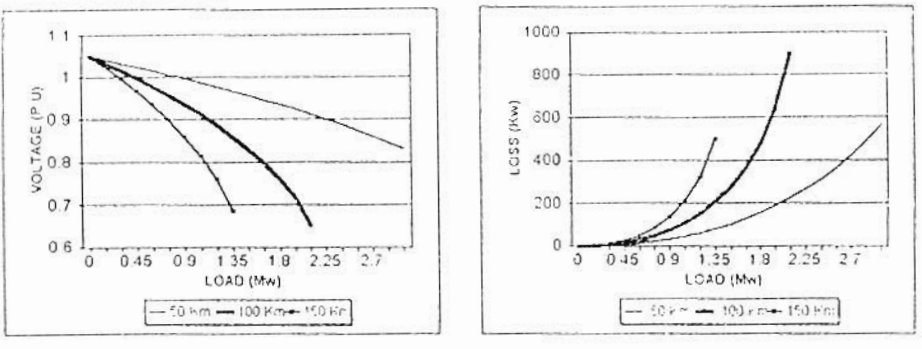
3. ELECTRIC MACHINERY FUNDAMNTALL

   BY: STEPHEN J. CHAPMAN MC GRAW-HILL 1991

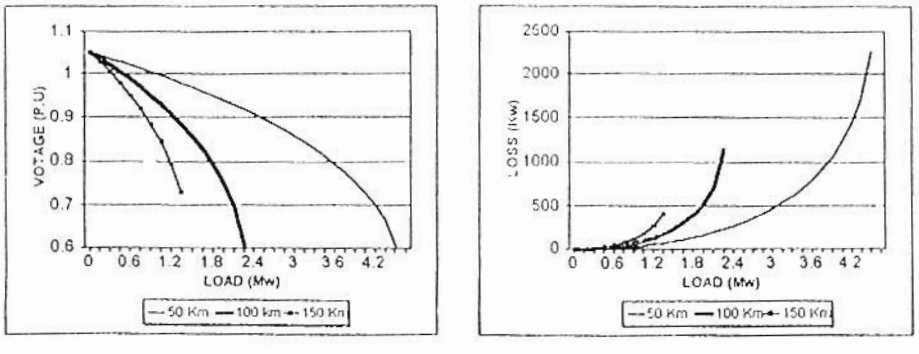
۴ـ اسنادومدارک موجوددرسازمان برق ایران



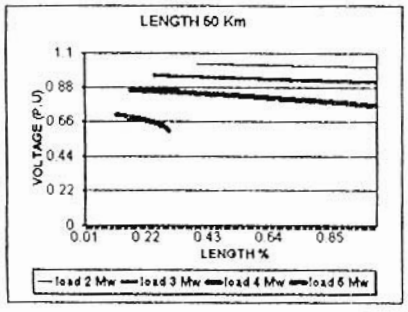
شکل (۱) - الف - بوستر با جریان زیاد ، ب - بوستر با ولتاژ ثانویه زیاد

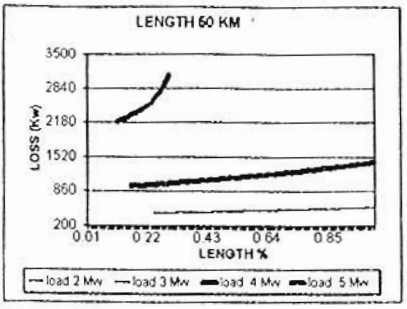


شکل (۲) - نمودار پروفیل ولتاژ و تلفات خط بر حسب قدرت انتقالی برای بارهای با ضریب توان ۰/۹

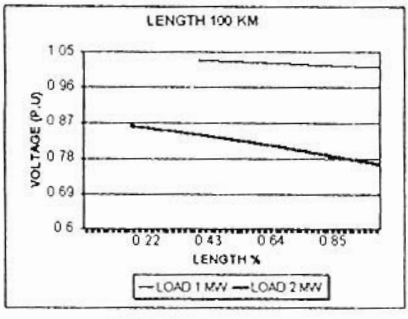


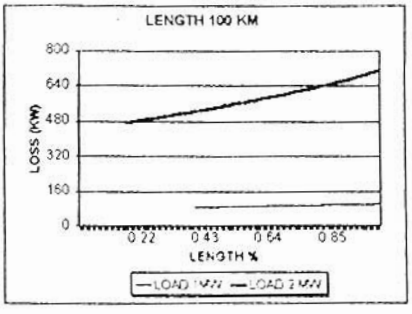
شکل (۳) - نمودار پروفیل ولتاژ و تلفات خط بر حسب قدرت انتقالی برای بارهای با ضریب توان ۰/۹۵



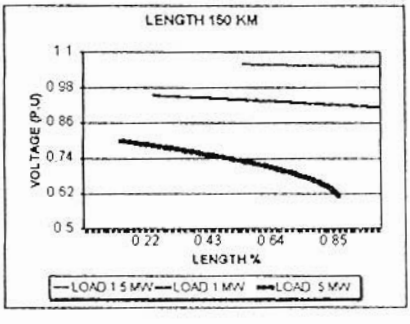


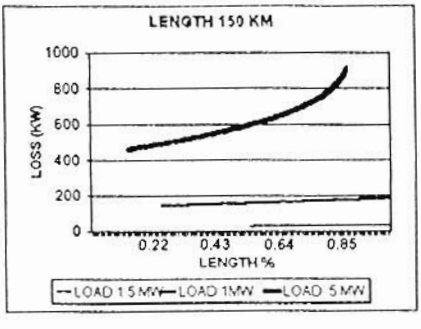
(الف)





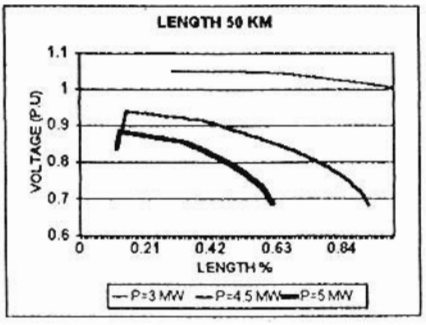
(ب)

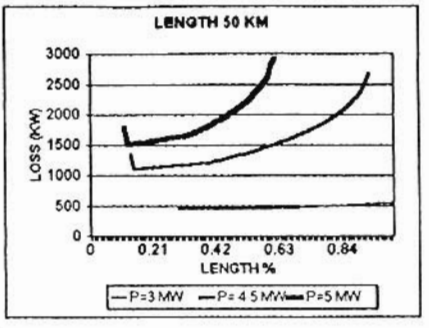




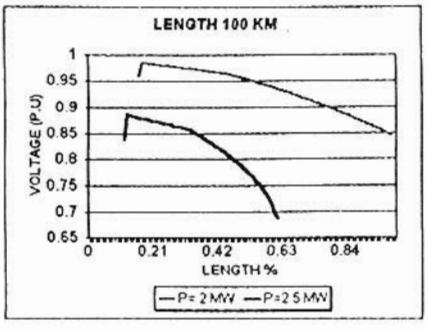
(ج)

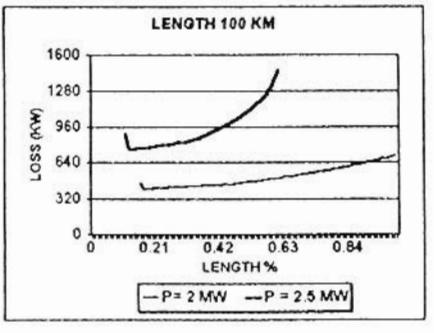
شکل (٤) – نمودار پروفیل ولتاژ و تلفات خط بر حسب تغییرات مکان بوستر درطول خط
(الف) – 50 KM ; (ب) - L = 100 KM ; (ج) – L = 150 KM



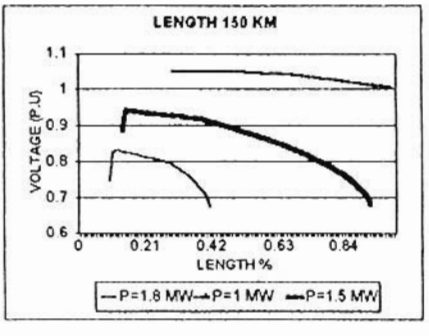


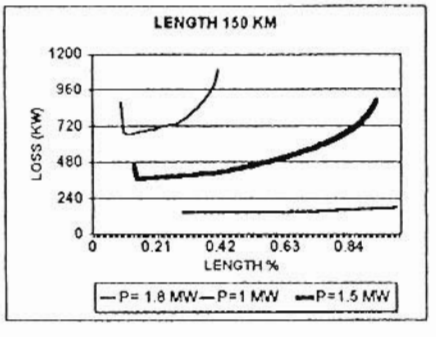
(الف)





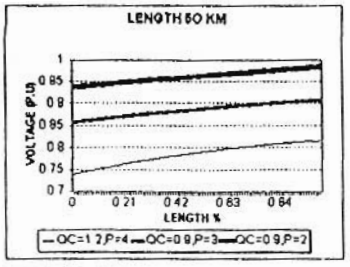
(ب)

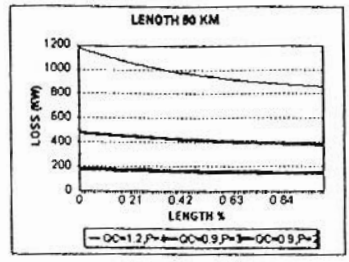




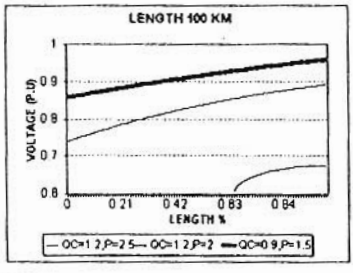
(ج)

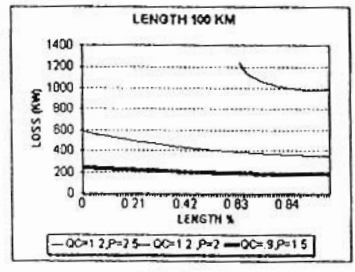
شکل (٥) – نمودار پروفیل ولتاژ و تلفات خط بر حسب تغییرات مکان دو بوستر در .
طول خط . (الف) – 50 KM ; (ب) - L = 100 KM ; (ج) – L = 150 KM



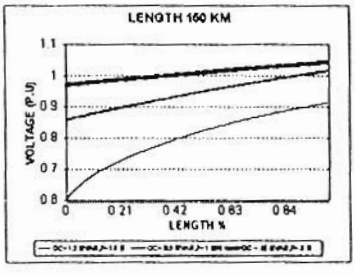


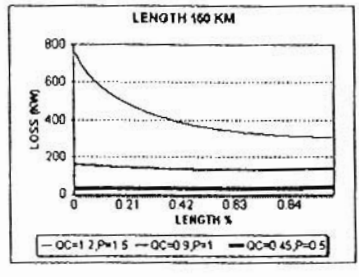
(الف)





(ب)

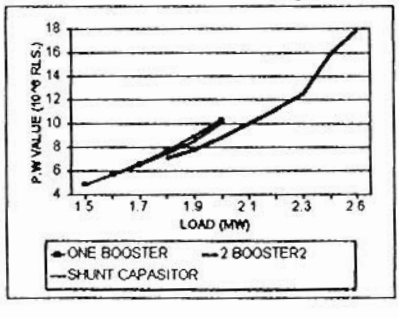




(ج)

شکل ٦ نمودارپروفیل ولتاژ وتلفات خط بر حسب تغییرات مکان خازن موازی درطول خط

L = 150 KM – (ج) ; L = 100 KM - (ب) ; 50 KM – (الف)



شکل(۷) – نمودار هزینه جبرانسازها برای خط به طول ۱۰۰ کیلومتر(۱و۲ بوستر–خازن موازی)