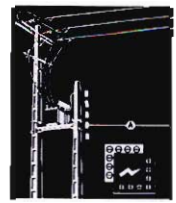


پنجمین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیروی برق

تنظیم ولتاژ و توان راکتیو
در شبکه‌های توزیع با توجه به مسائل اقتصادی

حسن نصر آزادانی - نرگس برکتین

شرکت برق منطقه‌ای اصفهان

چکیده :

افت ولتاژ و توان در فیدرهای بلند توزیع به دلیل پراکندگی مصرف‌کننده‌های روستائی در کشور ما از مسائل جدید محسوب نمی‌گردد. با این حال تدابیر علمی و اقتصادی خاصی که الگوی شرکتهای توزیع باشد جهت مقابله با آن اتخاذ نگردیده است. به دلیل اهمیت کمتر معیارهای اقتصادی در قبل. ظهور چنین مواردی در منطقه معمولاً همراه با تقاضا و نهایتاً احداث ایستگاه فوق توزیع بوده است. امروزه با توجه به مسائل جاری کشور نیاز است که تحت چنین شرایطی مسائل اقتصادی مرتبط با احداث ایستگاههای فوق توزیع. استفاده از تنظیم‌کننده‌های ولتاژ و خازنها در فیدرهای طولانی مد نظر قرار گیرد.

در این مقاله سه فیدر ۲۰ kv در شمال استان چهار محال و بختیاری مورد مطالعه قرار گرفته است. [۳] با بهره‌گیری از نرم‌افزار تجزیه و تحلیل توزیع[۱]، فیدرها مدل گردیده‌اند و سپس امکان استفاده از تنظیم‌کننده‌های ولتاژ و خازن بر روی آنها مورد بررسی قرار گرفته است. نتیجه این بررسی به تعویق افتادن سرمایه گذاری سنگین پست فوق توزیع و بهبود افت ولتاژ و توان تحت شرایط فعلی و تا چند سال آینده است.

1 - CYMDPA.

۱ـ مقدمه:

به طور کلی افت ولتاژ و توان در یک منطقه که ناشی از عوامل خاصی مانند طولانی بودن فیدرها، رشد بار و یا اضافه شدن یک مشترک با مصرف قابل ملاحظه می‌باشد به صور مختلفی می‌تواند جبران گردد که از جمله می‌توان موارد زیر را نام برد.

الف: احداث ایستگاه فوق توزیع.

ب: تعویض هادی‌ها[1].

ج: ترکیب مجدد سیستم[2]

د: کنترل ضریب قدرت.

ه: کنترل ولتاژ.

و: ترکیبی از موارد بالا.

اتخاذ هر کدام از روشهای بالا علاوه بر مسائل فنی نیاز به بررسیهای اقتصادی دارد که خود با شرایط فعلی از جمله عوامل تعیین‌کننده محسوب می‌گردد. رهائی از سرمایه‌گذاری سنگین بند الف اهمیت موارد ب تا ه را بیشتر مطرح می‌سازد.

در صورت وجود افت ولتاژ مجاز و مناسب بودن ظرفیت هادی‌ها تغذیه منطقه می‌تواند تا چند سال توسط فیدر موجود ادامه یابد که در این راستا بهره‌گیری از بعضی موارد بالا مثل کنترل ضریب قدرت صرفه‌های اقتصادی ویژه‌ای را به همراه خواهد داشت.

در صورت وجود محدودیت ظرفیت هادی‌ها، تعویض هادیهای سیستم با مقاطعی بالاتر از جمله انتخاب‌هائی است که پی‌آمد آن جبران افت ولتاژ نیز می‌باشد.

از امکان ترکیب مجدد سیستم به دلیل عدم همزمانی پیک بار مصرف‌کننده‌های خانگی تجاری و صنعتی می‌توان با استفاده از کلیدهای اتوماتیک کنترل از راه دور و سیستم اسکادا[3] استفاده نموده و بارهای مختلف را به صورت مقطعی بین فیدرهای مختلف تقسیم نمود. البته روش فوق مخصوصاً از نقطه نظر تداوم تغذیه مصرف‌کننده‌ها و کاهش قطعی‌ها حائز اهمیت است، لذا برداشتن گامهای اولیه‌ای در این راستا برای شرکتهای توزیع ضروری است.

اصلاح ضریب قدرت و تنظیم ولتاژ از دیگر روشها است که در این مقاله مورد بررسی قرار خواهد گرفت [۲]. تاکنون مقالات زیادی در زمینه تنظیم ولتاژ و جایابی بهینه خازنهای موازی

---

1 - Reconductor.

2 - Reconfiguration.

3 - Scada.

در شبکه‌های متعادل و نامتعادل ارائه شده است. [۵، ۴، ۱] لیکن در مقالات داخلی به شرایطی که منطبق با وضعیت شبکه‌های توزیع ایران از بعد فنی و اقتصادی باشد پرداخته نشده است. بررسی منحنی‌های بار، همجواری فیدرها، مسئله افت ولتاژ و توان، استفاده از خازنهای ثابت و یا اتوماتیک و بالاخره نیاز یا عدم نیاز ایستگاه فوق توزیع از جمله مسائلی است که همزمان در ابعاد فنی اقتصادی مورد بررسی قرار نگرفته است. هدف از ارائه این مقاله بررسی توام مسائلی است که در بالا مطرح گردید.

۲ـ شرح مقاله:

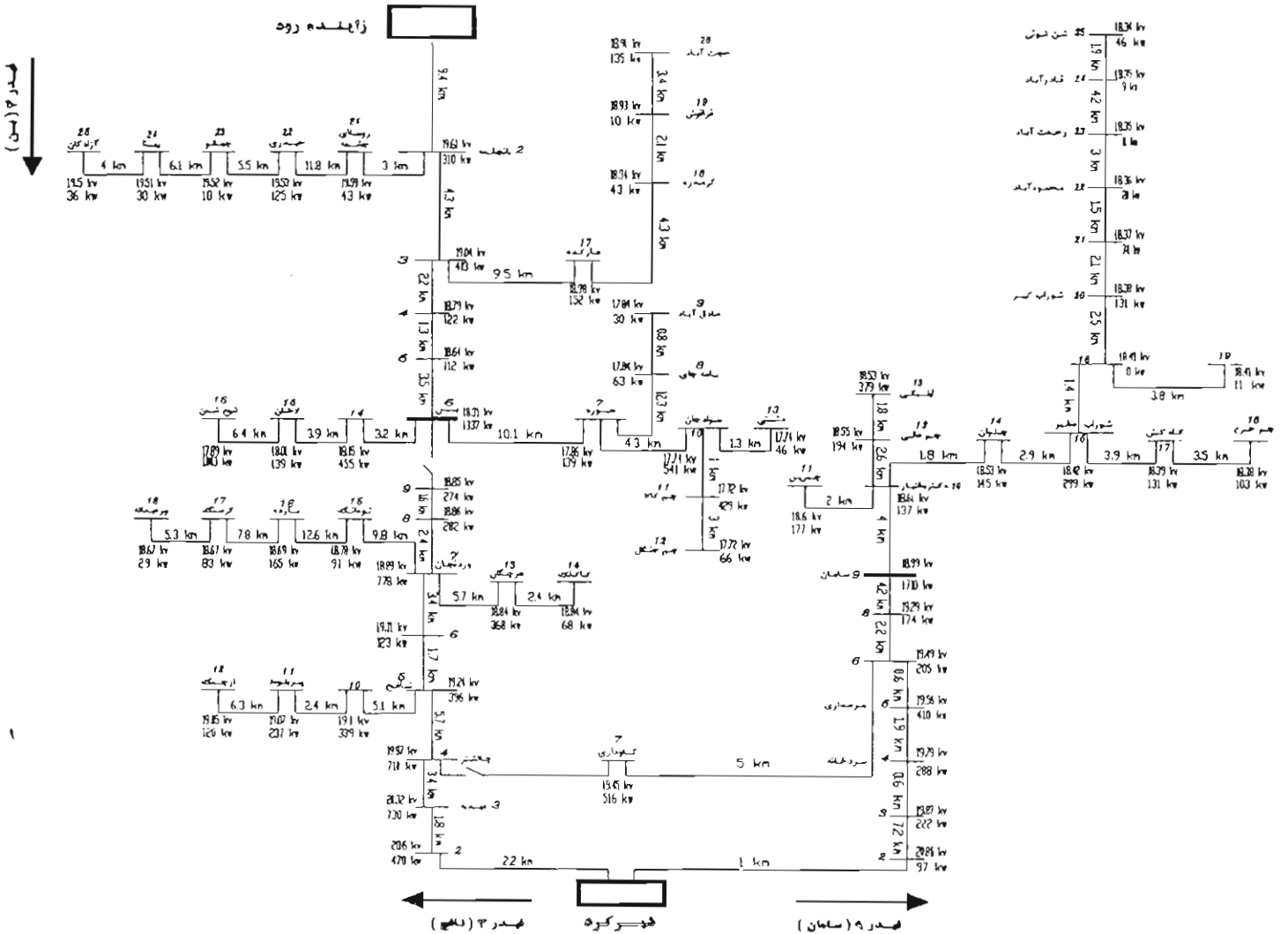
شکل ۱ شمای تک خطی سه فیدر kv ۲۰ را در شمال استان چهار محال و بختیاری نشان می‌دهد. فیدرهای ۹ و ۳ از پست kv ۶۳ شهرکرد به طرف شمال کشیده شده‌اند و به ترتیب دهستان سامان و مسیر دهستان بن را تغذیه می‌نمایند. فیدر ۴ از پست kv ۶۳ زاینده‌رود به طرف دهستان بن امتداد یافته و انتهای آن عمدتاً پمپ‌های کشاورزی حاشیه زاینده‌رود را تغذیه می‌نماید. به دلیل طول بلند فیدرها و با توجه به بار تقریباً ۲۰۰ آمپری هر فیدر مسئله افت ولتاژ و توان در منطقه از جمله مسائل حاد محسوب می‌گردد، که این مسئله با نمونه‌گیری ولتاژ در ساعات پیک در تیرماه سال جاری مسلم گردیده است.

با جمع‌آوری اطلاعات فیدرها شامل طول، نوع هادی، آرایش فازها و ظرفیت ترانس‌ها و همچنین اطلاعات پیک بار ترانس‌ها توسط بخشها، این امکان به وجود آمده است که فیدرهای فوق مدل گردند. به دنبال این مدل‌سازی اولین محاسبات افت ولتاژ انجام پذیرفته است که نتایج آن در شکل ۱ آورده شده است. با توجه به نمونه‌گیری ولتاژ طی ساعات مختلف در منطقه، صحت و دقت مدل‌سازی فیدرها نیز مسلم گردیده است. (توضیح اینکه مقادیر محاسباتی بدون در نظر گرفتن افت ولتاژ روی ترانس‌های توزیع استخراج گردیده‌اند.)

با توجه به وضعیت حاد فیدر زاینده‌رود که افت ولتاژ آن به ۱۲٪ می‌رسد ابتدا فیدر مزبور را بررسی می‌نمائیم.

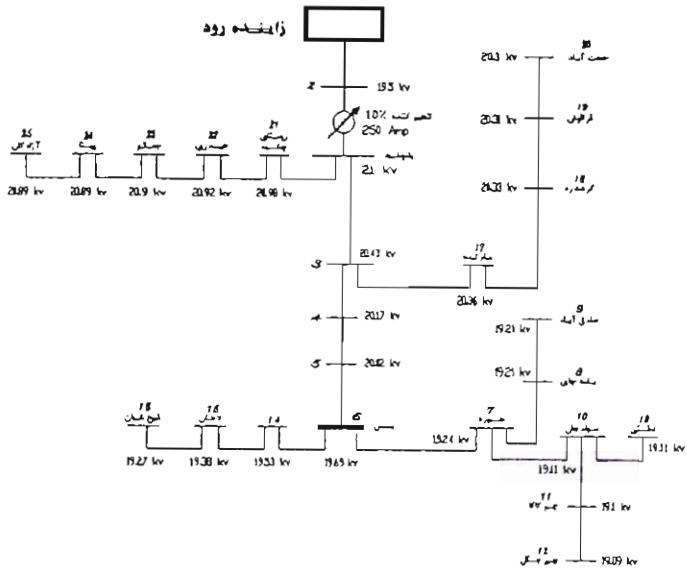
۳ـ استفاده از تنظیم‌کننده‌های ولتاژ:

معمولاً تحت چنین شرایطی که افت ولتاژ فیدرها به مقدار زیادی از محدوده مجاز تجاوز می‌نماید استفاده از خازن نخواهد توانست افزایش مورد لزوم ولتاژ را موجب گردد بلکه تأثیر جدی آن در کاهش اکتیو و راکتیو فیدر می‌باشد. طبیعتاً تحت چنین شرایطی لازم است تا امکان استفاده از تنظیم‌کننده‌های ولتاژ مورد بررسی قرار گیرد. با توجه به ۶/۸٪ افت ولتاژ در شین ۲



« شکل ۱ : شمای تک خطی فیدر ۴ سد زاینده‌رود و فیدرهای ۹ و ۳ شهرکرد. »

تأثیر نصب تنظیم‌کننده را در شین ۲ مورد مطالعه قرار می‌دهیم. با نصب دو تنظیم‌کننده ۱۰٪ به صورت مثلث با جریان نامی ۲۵۰ آمپر محاسبات مجدد افت ولتاژ فیدر انجام پذیرفته است که شکل ۲ نتایج حاصله را نشان می‌دهد.



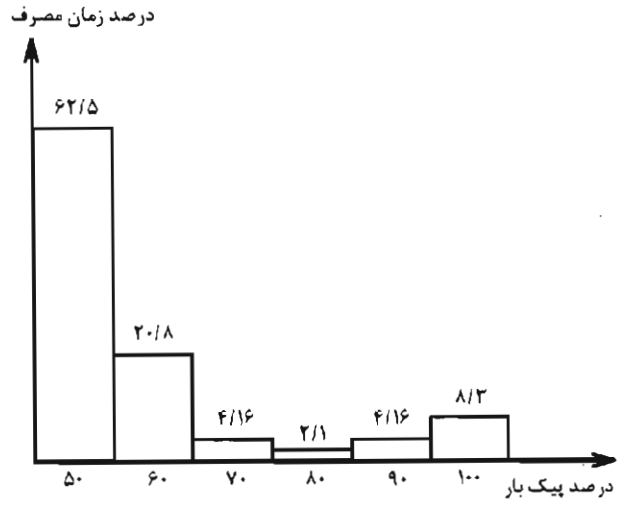
« شکل ۲ : فیدر ۴ سد زاینده‌رود پس از نصب تنظیم‌کننده ولتاژ. »

در این شرایط حداقل ولتاژ در شین ۱۲ برابر با ۱۹/۱ kv می‌باشد که مبین ۹٪ افت نسبت به ولتاژ منبع (۲۱ kv) و ۴/۵٪ افت نسبت به ولتاژ مبنای ۲۰ kv می‌باشد. چنانچه ۵٪ افت را در شبکه ۲۰ kv بپذیریم با امکانات ۵+٪ تپ ترانس‌های توزیع ولتاژ ۴۰۰ v در ثانویه مهیا خواهد شد.

۴ ـ جایابی بهینه خازن :

تحت شرایط موجود شکل (۲) و با در نظر گرفتن تلفات و ضریب توان فیدر به ترتیب ۶۴۶ kw و ۷۸٪ امکان نصب خازن مناسب در جای بهینه را با در نظر گرفتن مسائل اقتصادی مورد بررسی قرار می‌دهیم. روند انجام شده در جای‌گذاری خازن به این صورت می‌باشد که با مشخص کردن میزان بار (به صورت درصد)، ضریب توان مطلوب فیدر و ظرفیت بانکهای

خازنی، در هر مرحله محل مناسب خازن یافته شده و پس از جای‌گذاری آن ضریب توان کنترل گردیده و در صورت کوچک‌تر بودن آن از مقدار مشخص شده محل مناسب بعد برای جای‌گذاری بانک خازنی دوم مشخص می‌گردد و روند فوق تا رسیدن به ضریب توان مشخص شده در بار تعیین شده ادامه می‌یابد. [۳] طبیعتاً در بارهای مختلف مقدار و مکان خازنها متفاوت می‌باشد. در شرایط بار کامل حداکثر بانکهای خازنی در مدار آورده خواهند شد و با کاهش بار در زمانهای مختلف از تعداد بانکها کاسته می‌شود. دنبال کردن چنین رویه‌ای در بارهای مختلف روی فیدر مورد مطالعه نیازمند خازن‌های با کنترل اتوماتیک و به دنبال آن ادوات حفاظتی و اندازه‌گیری مناسب در شین‌هائی است که تعداد بانکهای خازنی آنها با بار تغییر می‌نماید. در اینجا قبل از اینکه بر روی خازنهای اتوماتیک که تمایلی هم به انتخاب آنها نیست متمرکز شویم لازم است محاسبات و خازن‌گذاری را ترجیحاً با خازنهای ثابت شروع نمائیم و سپس افزایش تعداد بانکهای ثابت و یا کنترل شده را در هر مقطع توسط معیارهای اقتصادی و فنی برآورد نماییم. جهت نیل به اهداف فوق ضروری است تا نمودار زمانی مصرف بار فیدر را از دفاتر ثبت اطلاعات فیدرها در ایستگاه فوق توزیع مربوطه استخراج نمود. در مورد فیدرهای فوق میانگین درصد زمان مصرف بار طی چهار فصل با نمونه‌گیری روزهای مختلف استخراج گردیده که نمودار ستونی شکل ۳ آن را نشان می‌دهد.



« شکل ۳ : نمودار درصد زمان مصرف بار روزانه. »

نمودار فوق ممکن است برای مناطق و فیدرهای خاصی مقادیر متفاوتی داشته باشد که بنابراین لازم است برای هر فصل یا هر چند فصل به صورت جداگانه استخراج گردد.

به ازاء درصد بار و زمان مصرف آن تلفات در زمان مصرف فیدر محاسبه گردیده که در ستون سوم جدولهای ۱ و ۲ آورده شده است.

طبیعی است که از جمع اعداد ستون سوم میانگین تلفات فیدر مشخص می‌گردد. ستون سوم وجود تلفات در زمان مصرف بیشتری را در بار ۵۰٪ نشان می‌دهد. این موضوع مبین آن است که جایابی و تعیین اولین خازن بایستی در بار ۵۰٪ صورت گیرد. در اینجا این حرکت با معرفی ضریب توان ۹۸٪ در منبع و بار ۵۰٪ طی دو حالت با معرفی بانکهای خازنی ۴۵۰ KVAR و ۶۰۰ KVAR انجام پذیرفته است.

« جدول ۱ : خازن‌گذاری با بانکهای kvar ۴۵۰ و کمتر. »

مراحل خازن‌گذاری																	
* پنجم		چهارم		چهارم		سوم		دوم		اول							
خازن ۳۰۰ kvar روی شین ۱۴		خازن ۳۰۰ kvar روی شین ۶		خازن ۴۵۰ kvar روی شین ۶		خازن ۴۵۰ kvar روی شین ۱۶		خازن ۴۵۰ kvar روی شین ۱۶		خازن ۴۵۰ kvar روی شین ۱۰							
ضریب توان	تلفات فیدر در زمان مصرف (KW)	ضریب توان	تلفات فیدر در زمان مصرف (KW)	ضریب توان	تلفات فیدر در زمان مصرف (KW)	ضریب توان	تلفات فیدر در زمان مصرف (KW)	ضریب توان	تلفات فیدر در زمان مصرف (KW)	ضریب توان	تلفات فیدر در زمان مصرف (KW)	ضریب توان	تلفات فیدر در زمان مصرف (KW)	درصد مصرف بار	درصد بار
۰/۹۷	۳۷/۴۳	۰/۸۹	۳۹/۱۸	۰/۹	۳۸/۳۵	۰/۸۷	۴۱/۰۸	۰/۸۴	۴۲/۳۲	۰/۸۱	۴۸/۶۲	۰/۷۸	۵۳/۶۳	۸/۳	۱۰۰
۰/۹۲	۱۲/۶	۰/۹	۱۵/۲۷	۰/۹۱	۱۴/۹۴	۰/۸۸	۱۶/۰۵	۰/۸۵	۱۷/۴	۰/۸۱	۱۹/۳	۰/۷۸	۲۱/۴۶	۴/۱۶	۹۰
۰/۹۴	۵/۵۸	۰/۹۲	۵/۸۲	۰/۹۳	۴۵/۷۱	۰/۹	۶/۱۳	۰/۸۶	۶/۶۹	۰/۸۲	۷/۵	_	۸/۳۶	۳/۱	۸۰
۰/۹۶	۸/۱۵	۰/۹۴	۸/۲۲	۰/۹۵	۸/۲۸	۰/۹۱	۸/۹	۰/۸۷	۹/۷۸	۰/۸۳	۱۱/۰۷	۰/۷۹	۱۲/۶۸	۴/۱۶	۷۰
۰/۹۸	۲۸/۹۱	۰/۹۶	۲۹/۷۴	۰/۹۷	۲۹/۳۳	۰/۹۳	۳۰/۹۲	۰/۸۹	۳۳/۳۲	۰/۸۴	۳۹/۳۱	۰/۷۹	۴۵/۹۷	۳۰/۸	۶۰
۰/۹۸	۶۰	۰/۹۸	۶۰	۰/۹۹	۶۰	۰/۹۶	۶۱/۸۸	۰/۹۱	۶۸/۲۲	۰/۸۵	۷۹/۳۸	۰/۷۹	۹۵	۶۲/۵	۵۰

* خازن با کنترل اتوماتیک.

« جدول ۲ : خازن‌گذاری با بانکهای kvar ۶۰۰ و کمتر. »

مراحل خازن‌گذاری																	
پنجم		چهارم		سوم		دوم		دوم		اول							
				خازن ۴۵۰ kvar روی شین ۶		خازن ۴۵۰ kvar روی شین ۱۶		خازن ۶۰۰ kvar روی شین ۱۶		خازن ۶۰۰ kvar روی شین ۱۰							
ضریب توان	تلفات فیدر در زمان مصرف (KW)	ضریب توان	تلفات فیدر در زمان مصرف (KW)	ضریب توان	تلفات فیدر در زمان مصرف (KW)	ضریب توان	تلفات فیدر در زمان مصرف (KW)	ضریب توان	تلفات فیدر در زمان مصرف (KW)	ضریب توان	تلفات فیدر در زمان مصرف (KW)	ضریب توان	تلفات فیدر در زمان مصرف (KW)	درصد مصرف بار	درصد بار
				۰/۸۸	۴۰	۰/۸۵	۲۳/۰۸	۰/۸۶	۴۱/۹۱	۰/۸۲	۴۷/۲۳	۰/۷۸	۵۲/۶۲	۸/۳	۱۰۰
				۰/۸۹	۱۵/۶	۰/۸۶	۱۶/۸۹	۰/۸۷	۱۶/۴۳	۰/۸۳	۱۸/۶۸	۰/۷۸	۲۱/۴۶	۴/۱۶	۹۰
				۰/۹۱	۵/۹۶	۰/۸۷	۶/۳۹	۰/۸۹	۶/۳	۰/۸۴	۷/۲۵	_	۸/۳۶	۳/۱	۸۰
				۰/۹۳	۸/۶۵	۰/۸۹	۹/۲۲	۰/۹۱	۹/۱۵	۰/۸۵	۱۰/۶۵	۰/۷۹	۱۲/۶۸	۴/۱۶	۷۰
				۰/۹۵	۳۰/۶۷	۰/۹۱	۳۲/۰۷	۰/۹۳	۳۲/۳۲	۰/۸۶	۳۷/۱۸۶	۰/۷۹	۴۵/۹۷	۲۰/۸	۶۰
				۰/۹۷	۶۱/۲۵	۰/۹۳	۶۶/۲۵	۰/۹۵	۶۸/۳۸	۰/۸۷	۷۵/۶۳	۰/۷۹	۹۵	۶۲/۵	۵۰

۱ـ۴ـ خازن‌گذاری با بانکهای ۴۵۰ KVAR :

با اجرای برنامه، شین ۱۰ اولین محل بهینه برای نصب خازن معین گردیده است. با جای‌گذاری این بانک خازنی تلفات زمان مصرف فیدر به ازاء بارهای مختلف محاسبه و در ستون پنجم جدول (۱) درج گردیده است. جمع اعداد این ستون میانگین تلفات فیدر را پس از نصب اولین خازن مشخص می‌کند. با ثابت نگه داشتن اولین خازن در مدار، مراحل یافتن محل و مقدار دومین بانک خازنی را دنبال می‌نمائیم و همین روند را برای خازنهای بعدی به نحوی که جدول (۱) نشان می‌دهد دنبال می‌نمائیم. (توجه اینکه مرحله چهارم با دو وضعیت بانکهای ۴۵۰ KVAR و ۳۰۰ KVAR انجام پذیرفته است).

۲ـ۴ـ خازن‌گذاری با بانکهای ۶۰۰ KVAR :

شروع مراحل خازن‌گذاری توسط بانکهای ۶۰۰ KVAR مطابق روش قبل انجام گرفته است که نتایج حاصل از آن در جدول (۲) آورده شده است.

۳ـ۴ـ خازن‌گذاری‌ها توام با مسائل اقتصادی :

جدول (۳) خلاصه نتایج جداول ۱ و ۲ را نشان می‌دهد. در این جدول علاوه بر اولویت‌بندی شین‌ها جهت خازن‌گذاری، ظرفیت و تلفات اکتیو قبل و بعد از نصب خازن و همچنین میزان توان بازیافتی به ازاء هر کیلووار خازن آورده شده است. همچنین جهت ارائه معیارهای اقتصادی هزینه هر خازن و همچنینی هزینه صرفه‌جوئی شده به ازاء خازن مربوطه نیز محاسبه گردیده است. ملاک محاسبه هزینه هر خازن براساس آخرین قیمتهای خرید، برای هر خازن ثابت ۱۲ $/KVAR و برای خازنهای اتوماتیک ۱۶ $/KVAR در نظر گرفته شده است که با منظور نمودن نرخ برابری دلار و ریال و هزینه‌های جنبی دیگر به ۳۶۰۰۰ Rls/KVAR و ۴۸۰۰۰ Rls/KVAR تغییر داده شده است. هزینه صرفه‌جوئی شده ناشی از اختلاف در اتلاف توان نیز برای مدت ۹ ماه (به استثناء سه ماهه زمستان) و به ازاء هر کیلووات‌ساعت قیمت تمام شده برق تقریباً معادل ۱۰۰ ریال محاسبه گردیده است. در ستون آخر جدول نیز زمان

« جدول ۳ : مراحل خازن‌گذاری توام با مسائل اقتصادی مربوط. »

زمان بازگشت سرمایه (روز)	صرفه‌جویی سالانه ناشی از اختلاف تلفات (ریال)	هزینه خازن (ریال)	بارپذیرفت توان بر هر کیلووار خازن (W/KVAR)	اختلاف تلفات اکتیو (KW)	میانگین تلفات اکتیو فیدر بعد از خازن‌گذاری (KW)	میانگین تلفات اکتیو فیدر قبل از خازن‌گذاری (KW)	ظرفیت خازن (KVAR)	مراحل خازن - گذاری	تعداد شین	
۲۸۱	۳۰۷۳۹۵۲۰	۱۶۲۰۰۰۰۰	۷۱	۲۱/۹۹	۳۰۵/۳	۳۳۷/۱۹	۴۵۰	اول	۱۰	
۲۶۸	۱۵۸۵۰۰۸۰	۱۶۳۰۰۰۰۰	۵۴	۳۴/۴۶	۱۸۰/۷۴	۳۰۵/۲	۴۵۰	دوم	۱۶	
۵۷۰	۱۰۰۳۳۱۹۲۰	۱۶۲۰۰۰۰۰	۳۵/۰۹	۱۵/۷۹	۱۶۴/۸۵	۱۸۰/۷۴	۴۵۰	سوم	۶	خازن‌گذاری
۱۰۷۸	۵۴۱۰۸۰۰	۱۶۳۰۰۰۰۰	۱۸/۵۵	۸/۳۵	۱۵۶/۶	۱۶۴/۸۵	۴۵۰	چهارم	۶	با بانکهای
۹۲۶	۲۱۹۹۰۴۰	۱۰۸۰۰۰۰۰	۲۱/۶	۶/۴۸	۱۵۸/۷۴	۱۶۴/۸۵	۲۰۰	چهارم	۶	۴۵۰ KVAR
۱۹۴۵	۲۶۳۳۶۰	۱۴۰۰۰۰۰۰	۱۳/۵۶	۳/۰۷	۱۵۶/۶۷	۱۵۸/۷۴	۲۰۰	پنجم	۱۴	
۳۰۱	۲۵۸۸۰۲۰۰	۲۱۶۰۰۰۰۰	۶۶/۵	۳۹/۹	۱۱۷/۳۹	۳۳۷/۱۹	۶۰۰	اول	۱۰	خازن‌گذاری
۴۲۶	۱۷۳۱۸۳۶۰	۲۱۶۰۰۰۰۰	۴۴/۸	۲۶/۸۸	۱۷۰/۴۱	۱۹۷/۲۹	۶۰۰	دوم	۱۶	با بانکهای
۲۰۸	۱۴۳۰۱۳۶۰	۱۶۲۰۰۰۰۰	۴۹/۰۴	۲۷/۰۷	۱۷۵/۲۳	۱۹۷/۳۹	۴۵۰	دوم	۱۶	۶۰۰ KVAR
۶۸۸	۸۴۸۳۳۳۰	۱۶۲۰۰۰۰۰	۳۹/۰۹	۱۳/۰۹	۱۶۲/۱۳	۱۷۵/۲۳	۴۵۰	سوم	۶	

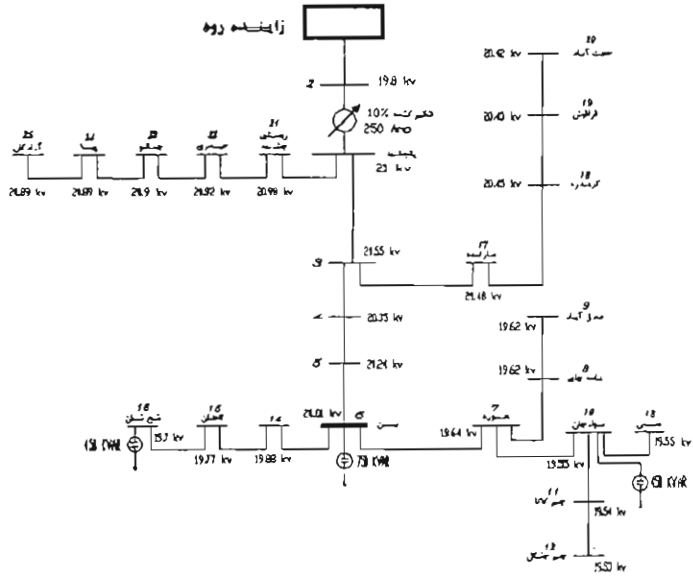
بازگشت سرمایه به روز آورده شده است. با توجه به جدول ۳ می‌توان در مورد انتخاب یک یا چند بانک خازنی با توجه به تأثیر آن از لحاظ فنی و اقتصادی با در نظر گرفتن توان مالی شرکت تصمیم‌گیری نمود. در اینجا این تصمیم‌گیری در قالب ۳ طرح تعریف گردیده است که جدول ۴ آنها را مشخص می‌نماید.

با توجه به اینکه زمان نهائی بازگشت سرمایه سه طرح در جدول ۴ دارای اختلاف ناچیزی می‌باشند. لذا طرح دوم به دلیل سوددهی بیشتر نسبت به بقیه ترجیح داده می‌شود. شکل ۴ فیدر را تحت شرایط جدید یعنی وجود تنظیم‌کننده ولتاژ و بانکهای خازنی نشان می‌دهد. مقادیر ولتاژها روی هر شین آورده شده است که نشان‌دهنده حداقل ولتاژ به میزان ۱۹/۵۳kv در شین ۱۲ می‌باشد.

مراحل نیاز یا عدم نیاز تنظیم‌کننده ولتاژ و همچنین خازن‌گذاری فیدرهای ۹ و ۳ شهرکرد به روش بالا صورت پذیرفته است. شکل ۵ مکان و مقدار خازنها و همچنین تنظیم‌کننده‌های ولتاژ را توام با مقادیر جدید ولتاژ برای هر سه فیدر نشان می‌دهد. در این شرایط افت ولتاژ فیدرها در محدوده مجاز ۵٪ + kv ۲۰ قرار گرفته و تلفات فیدرها به مقدار زیادی جبران گردیده است.

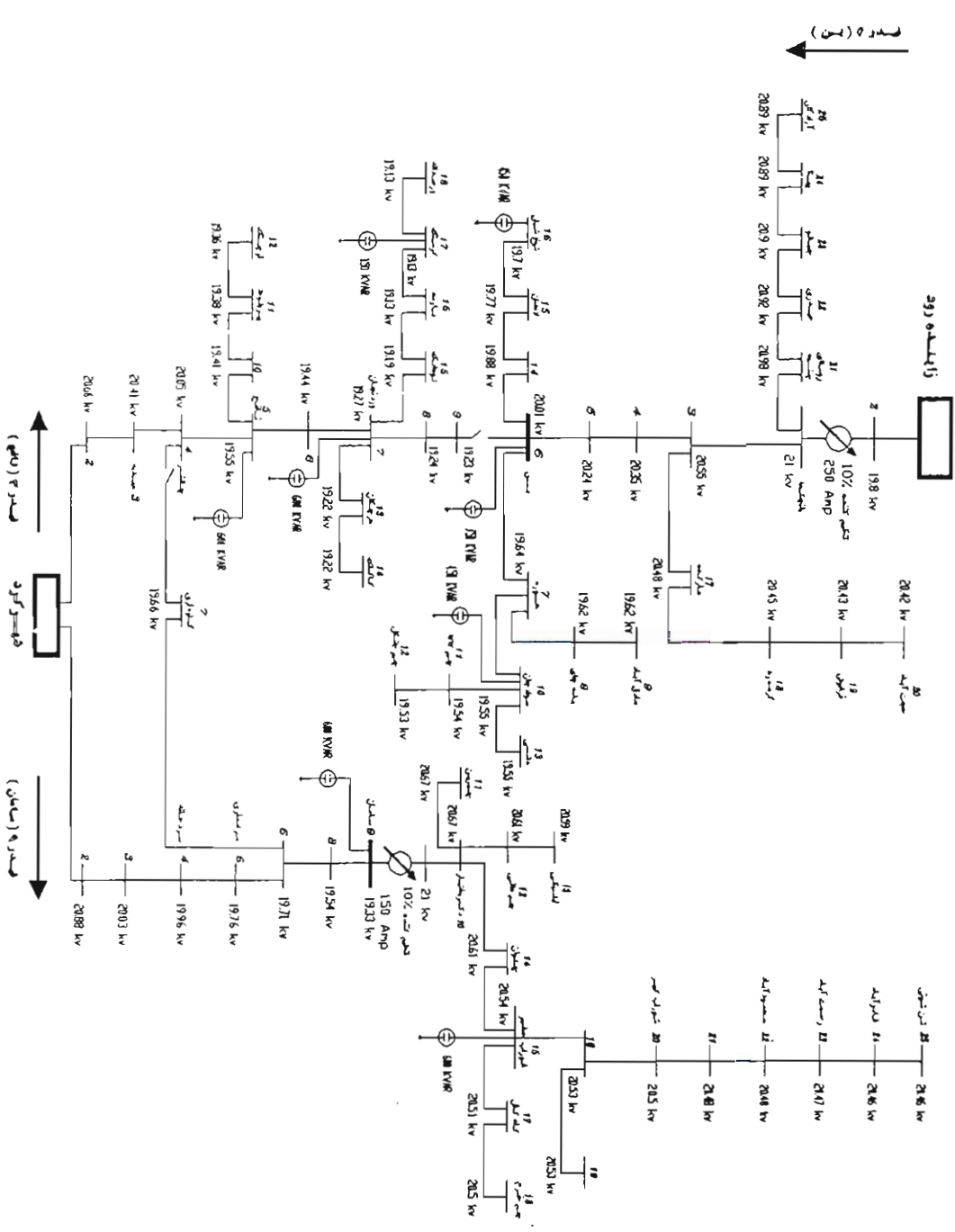
« جدول ۴ : طرحها و مسائل اقتصادی مربوط »

شماره طرح	ظرفیت خازن ـ شماره شین (KVAR)	هزینه طرح (ریال)	صرفه‌جوئی سالانه (ریال)	زمان بازگشت سرمایه (روز)
اول	۱۰ ـ ۴۵۰ ۱۶ ـ ۴۵۰ ۶ ـ ۴۵۰	۴۸۶۰۰۰۰۰	۴۶۸۱۱۵۲۰	۳۷۳
دوم	۱۰ ـ ۴۵۰ ۱۶ ـ ۴۵۰ ۶ ـ ۴۵۰ ۶ ـ ۳۰۰	۵۹۴۰۰۰۰۰	۵۱۰۱۰۵۶۰	۴۱۹
سوم	۱۰ ـ ۶۰۰ ۱۶ ـ ۴۵۰ ۶ ـ ۴۵۰	۵۴۰۰۰۰۰۰	۴۸۶۳۸۸۰۰	۳۹۹



« شکل ۴ : فیدر ۴ زاینده‌رود پس از نصب تنظیم‌کننده ولتاژ و خازن. »

« شکل ۵ : شمای تک خطی فیدر ۴ سد زاینده‌رود و فیدرهای ۹ و ۳ شهرکرد پس از نصب تنظیم‌کننده ولتاژ و خازن. »



۵ ـ بررسی فیدرها در سالهای آتی :

جدول (۵) کل مطالعات انجام شده در این مقاله را توام با مسائل اقتصادی مربوطه نشان می‌دهد. برای دسترسی به هزینه کل طرحها قیمت تنظیم‌کننده‌ها نیز از قرار هر دستگاه ۶۰ میلیون ریال منظور گردیده است.

جهت بررسی فیدر در سالهای آتی، رشد بار براساس مقادیر سالهای قبل و نتایج تجربی ۵٪ در نظر گرفته شده و با منظور نمودن آن در محاسبات سال بروز شرایط نامتعارف از نظر افت ولتاژ در فیدرها مشخص گردیده است پس از آن نیز روشهائی جهت فائق آمده بر مشکل فوق به عنوان تدابیر آتی نیز مطرح گردیده است که حاصل آن ۵ الی ۶ سال تأخیر در احداث ایستگاه فوق توزیع می‌باشد.

« جدول (۵) : نتایج نهائی تنظیم ولتاژ و توان فیدرها. »

تدبیر نهائی و زمان آن	سال بروز شرایط نامتعارف بعدی	تدابیر آتی	سال بروز شرایط نامتعارف افت ولتاژ	زمان بازگشت سرمایه (روز)	هزینه طرح (ریال) صرفه‌جوئی سالانه (ریال)	تدابیر فعلی	نام فیدر
بررسی چگونگی رشد بار و مطالعه در مورد احداث ایستگاه فوق توزیع در مکان مناسب در سال ۱۳۷۸	۱۳۸۰	احداث خط ۵ خط X۷ ۲۰ از شین ۲۰ ب پست فوق توزیع ست	۱۳۷۸	۱۲۶۶	۱۷۹۴۰۰۰۰۰ ۵۱۰۱۰۵۶۰	۱ ـ تنظیم‌کننده ولتاژ ۳ ـ خازن ۴ × ۲۵۰ ×۷۸۶	۴
	۱۳۷۹	انتقال تنظیم‌کننده از شین ۹ به ۶ و تجدید نظر در خازنها	۱۳۷۶	۲۳۲۱	۱۶۳۳۰۰۰۰۰ ۳۶۶۵۱۳۶۰	۱ ـ تنظیم‌کننده ولتاژ ۳ ـ خازن ۲ × ۶۰۰ ×۷۸۶	۹
	۱۳۷۸	نصب تنظیم‌کننده و تجدید نظر در خازنها	۱۳۷۵	۵۳۳	۴۳۳۰۰۰۰۰ ۲۹۱۶۰۰۰۰	۱ ـ خازن ۲ × ۶۰۰ ×۷۸۶	ـ
					۳۸۵۸۰۰۰۰۰ ۱۰۶۶۲۱۹۲۰	هزینه کل (ریال) صرفه‌جوئی سالانه کل (ریال)	

بررسی اقتصادی طرحها مبین یک سرمایه‌گذاری تقریباً ۳۸۶ میلیون ریالی است که سالانه ۱۰۶ میلیون ریال صرفه‌جوئی به همراه خواهد داشت. این نتایج حاکی از به تعویق افتادن سرمایه‌گذاری تقریباً چهار میلیارد ریالی احداث پست فوق توزیع به مدت پنج سال می‌باشد که از مسائل درخور توجه این بررسی محسوب می‌گردد.

۶ ـ نتیجه گیری :

با توجه به روندی که در این مقاله تحت شرایط حاد سه فیدر از نظر افت ولتاژ و توان در یک منطقه صورت پذیرفت. این نکته مسلم گردید که علیرغم احساس به نیاز یک ایستگاه فوق توزیع، مشکل به صورت معقول با سرمایه‌گذاری بسیار کمتری با استفاده از تنظیم‌کننده‌های ولتاژ و خازن مناسب مرتفع گردید. این مسئله مخصوصاً در شرایطی که طول و بار فیدرها زیاد می‌باشد مستلزم بررسی دقیق در دو بعد فنی و اقتصادی است. چراکه احداث پست فوق توزیع نیز به دلیل طولانی بودن فیدرها در آینده نزدیکی جوابگوی افت ولتاژ انتهای فیدرها نخواهد بود که به دنبال آن سرمایه‌گذاریهای جانبی دیگری را خواهد طلبید.

استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیائی (GIS)[1] و انتقال شبکه‌های توزیع با تمامی اطلاعات به آن علاوه بر کاربردها و مزایای ویژه در بهره‌برداری، دیسپاچینگ و مسائل آماری نیز این توانائی را دارد که با برنامه‌های تجزیه تحلیل توزیع مانند نرم‌افزار CYMDPA ارتباط دو طرفه برقرار نماید. اقدام و تسریع در جهت چنین مهمی که در آینده‌ای نزدیک شرکتهای توزیع ملزم به پذیرفتن آن خواهند بود یکی از قدمهائی است که راه را برای بررسیهای همه جانبه‌ای که قسمتی از آن در این مقاله صورت پذیرفته است هموار می‌سازد.

۷ ـ مراجع :

1 - Hsiao-Dong Chiang, Jin-Cheng Wang "Optimal Capacitor Placement and Sizing In Distribution Systems" IEEE, VOL. 5, NO. 2, 1990, pp. 634-649.

2 - Civanlar "Volt/Var Control on distribution Systems With Lateral Branches Using Shunt Capasitors and Voltage Regulators" IEEE, VOL. 104, 1985, pp. 3278-3297.

3 - CYMDPA Distribution Primary Analysis User's Guide & Reference Manual.

۴ ـ "جایابی بهینه خازنهای موازی در شبکه‌های سه فاز شعاعی توزیع انرژی در حالت بار و شبکه‌های نامتعادل" مسعود علی‌اکبر گلکار ـ هشتمین کنفرانس بین‌المللی برق ۱۳۷۲.

۵ ـ "تعیین بهینه ظرفیت و محل نصب خازن در سیستمهای توزیع" حمید معصومی ـ علی معمار دو قلعه ـ سومین کنفرانس سراسری شبکه‌های توزیع نیروی برق ۱۳۶۷.

---

1 - Geographic Information System.