



دانشگاه آزاد اسلامی

واحد اشکذر

دانشکده مهندسی برق، گروه برق

پایان نامه کارشناسی

رشته مهندسی برق-گرایش قدرت

عنوان:

شبیه سازی سیستم های قدرت

(مجمع مس سرچشمه)

استاد راهنما:

آقای دکتر علیرضا انتظاری

نگارش:

مهدی محمودی میمند

بهار 90

معرفی شبکه برق مجتمع مس

برق کارخانه مس سرچشمه از طریق 4 خط 20KV از پست برق توانیر تامین می شود، البته تا حدود 3 سال پیش کارخانه فقط از طریق دو خط 20kv A و B تامین انرژی می شود ولی در طی چند سال گذشته بدلیل اجرای طرح های توسعه دو خط 20kv D و C از پست برق به مرکز توزیع جهت تامین برق طرح های توسعه آورده شده است. در پست برق سرچشمه، دو خط 230 کیلو ولت از سیرجان می آید که در آنجا پس از تبدیل به 132 و 20 کیلو ولت به سمت شهربابک و خاتون آباد انتقال می یابد و ادامه خط 230 کیلو ولت به رفسنجان و باغین می رود ضمناً در مجتمع مس سرچشمه 5 واحد نیروگاه گازی نیز نقش تامین برق را به عهده دارند که این واحدهای نیروگاهی که ظرفیت هر کدام از آنها 25MVA می باشد برق را به شبکه سراسری می دهد و برق مجتمع از شبکه گرفته می شود که این خود باعث می شود که مجتمع مس هزینه چندان بابت برق مصرفی نپردازد و هر چند که ممکن است مجتمع نسبت به وزارت نیرو بستانکار شود.

همان طور که گفته شد برق مورد نیاز مجتمع با چهار خط 20 کیلو ولت فشار قوی از شبکه سراسری تامین می شود. یک پست اصلی در مجتمع وجود دارد که در بالای تپه مشرف به نیروگاه حرارتی مجتمع نصب شده است، این پست در اختیار وزارت نیرو می باشد. برق مورد نیاز مجتمع در حالتی که کل کارخانجات با ظرفیت کامل فعال باشند، در حدود 90 مگا وات است که در شرایط عادی کلاً از طریق شبکه سراسری تامین می شود. برق فشار قوی از پست اصلی از داخل کانال بتونی به پست توزیع که در جنب نیروگاه حرارتی قرار گرفته است، انتقال یافته و از پست مذکور به نقاط مختلف مجتمع تقسیم می شود. در پست توزیع 38 دژینگتور 20 کیلو ولت بر روی تابلو های اصلی نصب شده است کلیه کلیدهای ذکر شده در پست توزیع تحت پوشش سیستم کنترل از راه دور بوده و قطع و وصل آنها از درون نیروگاه حرارتی انجام می شود. انتقال نیرو از پست توزیع به پست های فرعی که در نقاط مختلف مجتمع واقع

شده عمدتاً توسط کابل‌های برق که از داخل کانال‌های بتونی مسقف و یا از داخل لوله های **PVC** گذرانده شده ، می باشد .

در مسیر کانال در قسمت های مختلف محوطه اتاقک‌هایی در نظر گرفته شده که از طریق آنها می توان به کانال‌های انتقال نیرو و نهایتاً به کابل‌های برق دسترسی پیدا کرد . حد فاصل اتاقک‌های مذکور از یکدیگر بین 100 تا 150 متر است .

کل ترانسفورماتورهای کاهنده و افزایشنده موجود در مجتمع 90 دستگاه است که در نقاط مختلف داخل پست اصلی ، پست تقسیم و پست های فرعی نصب شده اند و قدرت های متفاوتی دارند . چهار دستگاه از ترانس های مذکور هر کدام 40 هزار کیلو ولت آمپر قدرت داشته و بقیه ترانس های نصب شده در پست ها بین 2500 کیلو ولت آمپر الی 7500 کیلو ولت آمپر قدرت دارند

برق خروجی از ترانس ها از طریق **BUSBAR** به وسیله شین های مسی به طول 30 متر که نسبت به یکدیگر در فاصله مناسب و عایق قرار گرفته اند به پست کلید انتقال پیدا کرده و از پست مذکور به وسیله کابل‌های خشک و کابل‌های زره دار به پست های فرعی و از آنجا بوسیله کابل‌های فشار قوی روغنی به دستگاه‌های نصب شده در سالنها انتقال می یابد .

یک دستگاه دیزل ژنراتور به قدرت 2000 اسب بخار در محل خاتون آباد (واقع در 45 کیلومتر مجتمع ، که آب مجتمع توسط 15 حلقه چاه عمیق و از طریق لوله ای به قطر 28 اینچ از این محل تامین و پمپاژ می شود) ، نصب شده است ، که در مواقع اضطراری قطع جریان برق از شبکه سراسری ، برق مربوط به سیستم روشنایی و همچنین برق الکتروپمپ های محل پمپاژ آب را تامین می نماید .

در سطح مجتمع ترانس ها و تجهیزات برقی زیادی وجود دارد که در این پروژه به دلیل حجم زیاد آنها شبیه سازی خطوط فشار قوی پالایشگاه و لیچینگ و طرح اولیه کارخانه انجام می گیرد .

در فصل دوم شبیه سازی شبکه توزیع وانتقال واقعی ارائه می شود که شبیه سازی انها به طور کامل انجام می شود .

هدف از این قسمت علاوه بر شبیه سازی در نرم افزار ETAP , گزارش گیری , تحلیل نتایج عیب یابی تلفات وتأثیر خازن گذاری را در فصل های بعد مورد ارزیابی قرار می گیرد .

فصل دوم

شبیه سازی شبکه در نرم افزار

ETAP

.

مرحله ی اول شبیه سازی:

ترسیم شبکه ی قدرت

در مرحله ی اول باید قبل از هر کاری شبکه ترسیم شود که
باتوجه به اطلاعات از ترانسفورماتورها، پست ها، موتورها

و... شبکه را ترسیم می کنیم و در مراحل بعدی مقدار دهی وبعد
پخش بار انجام می شود.

نرم افزار ETAP کارایی خوبی برای شبیه سازی شبکه قدرت
وتاسیسات الکتریکی و... دارد.

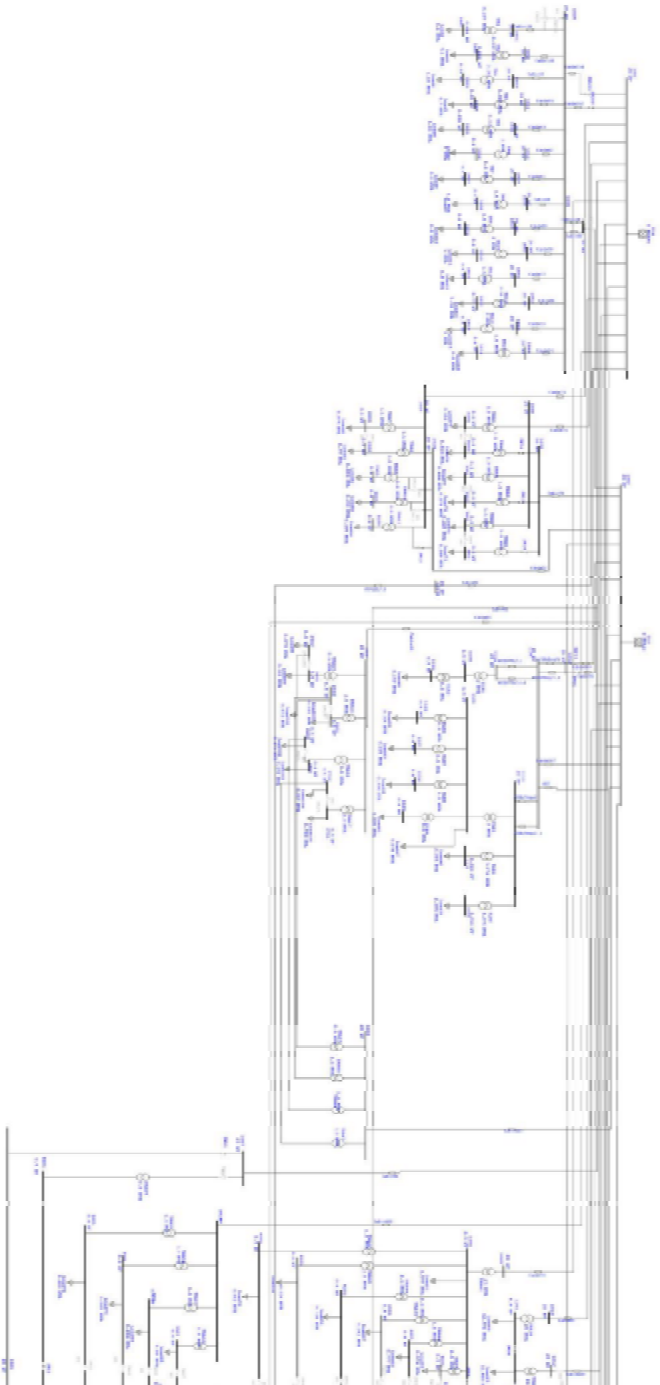
مرحله ی دوم شبیه سازی:

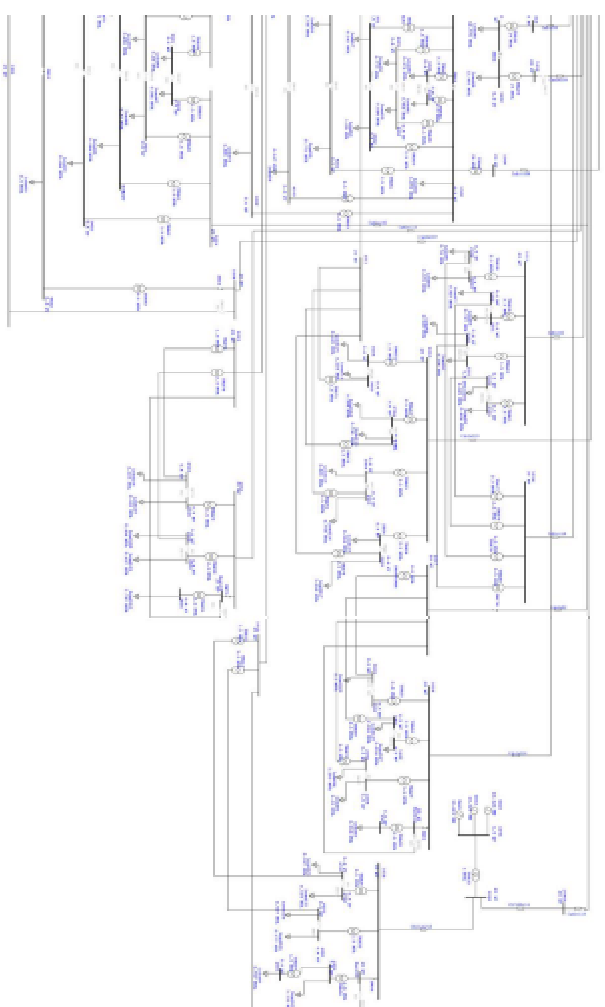
مقدار دهی شبکه ی قدرت

برای شبه سازی شبکه ی قدرت در نرم افزار ETAP باید مقادیر
ترانسفورماتور ظرفیت ترانسفورماتور امپدانس در صد ($uk\%$) ونصب
X/R ترانسفورماتور باید وارد شود. امپدانس درصد
ترانسفورماتورها را می توان از جدول 1-5 و 2-5 در کتاب شبیه سازی
سیستم قدرت مشاهده کرد و ان اطلاعات را وارد جدول
ترانسفورماتور کرد.

طول خط و امپدانس توا لی مثبت وسطح مقطع باید در اطلاعات خط
وارد شود که در درس آ ز بررسی آموخته ایم.

ولتاژ باس ها را بر حسب KV باید در اطلاعات مربوط به هر
باس مشخص گردد.



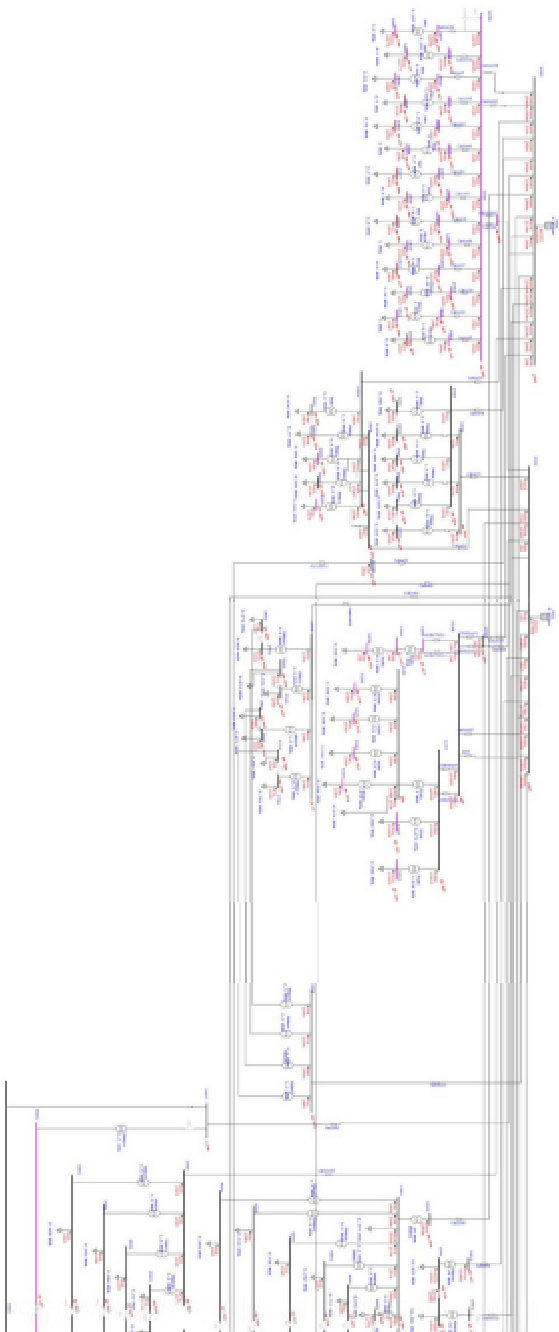


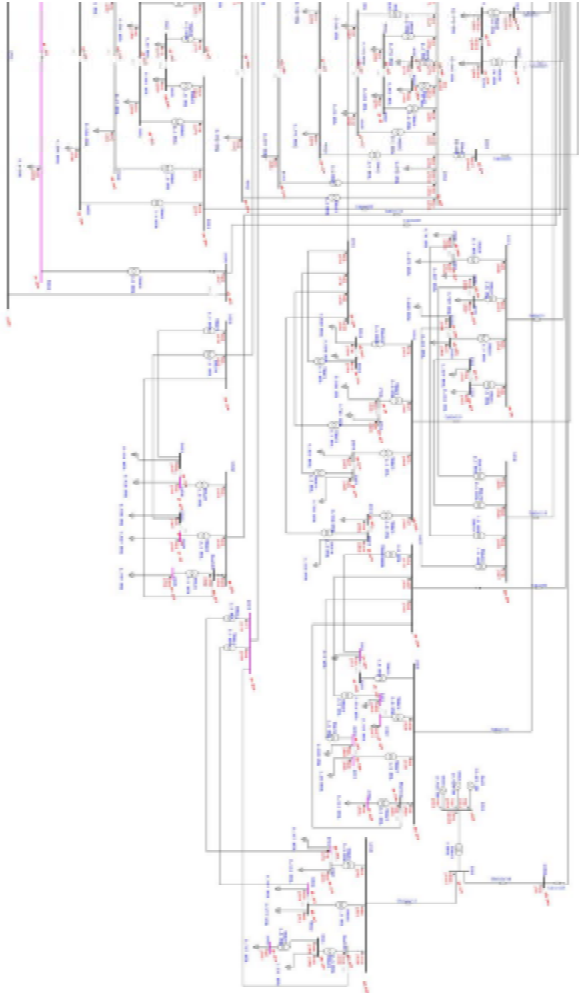
مرحله ی سوم:

اجرای پخش بار

با انتخاب گزینه ی Load flow از منوی ابزار بالای صفحه وارد محیط اجرای پخش بار می شویم .

در این حالت گزینه ی درست راست به نام run load flow جهت انجام پخش بار انتخاب کرده بعد از اجرای پخش بار اندازه ولتاژ باس ها بر حسب p.u و توان اکتیو و راکتیو خطوط ظاهر می شود . در صفحات بعدی پخش بار انجام شده همراه با اطلاعاتش نمایش داده شده .





خازن گذاری:

در این شبکه به علت کمبود خازن مناسب توان راکتیو زیادی از شبکه کشیده می شود و باعث می شود هزینه ی برق مصرفی بیشتر شود. (چون بیشترین افت ولتاژ در باس 1035 می باشد محاسبات خازن گذاری فقط در این باس صورت می گیرد)

برای رفع این عیب باید خازن مناسب را محاسبه کرد و در باس 1035 قرار داد برای محاسبه خازن به روش زیر عمل می کنیم. ضریب قدرت کل باس 1035 را قبل از خازن گذاری را می توان از روی ضریب قدرت توان دریافتی از شبکه خارجی به دست آورد. ضریب قدرت باس 1035 قبل از خازن گذاری $\cos Q = 0.85$ می باشد. مقدار خازن مورد نیاز برای رساندن ضریب قدرت به مقدار دخواه $\cos Q = 0.92$ را می توان از رابطه زیر محاسبه کرد.

$$Q_C = P (\tan Q_1 - \tan Q_2) = 14160 * (\tan 37.8 - \tan 23) = 4973 = 5000$$

$$\cos Q_1 = 0.78$$

$$\cos Q_2 = 0.92$$

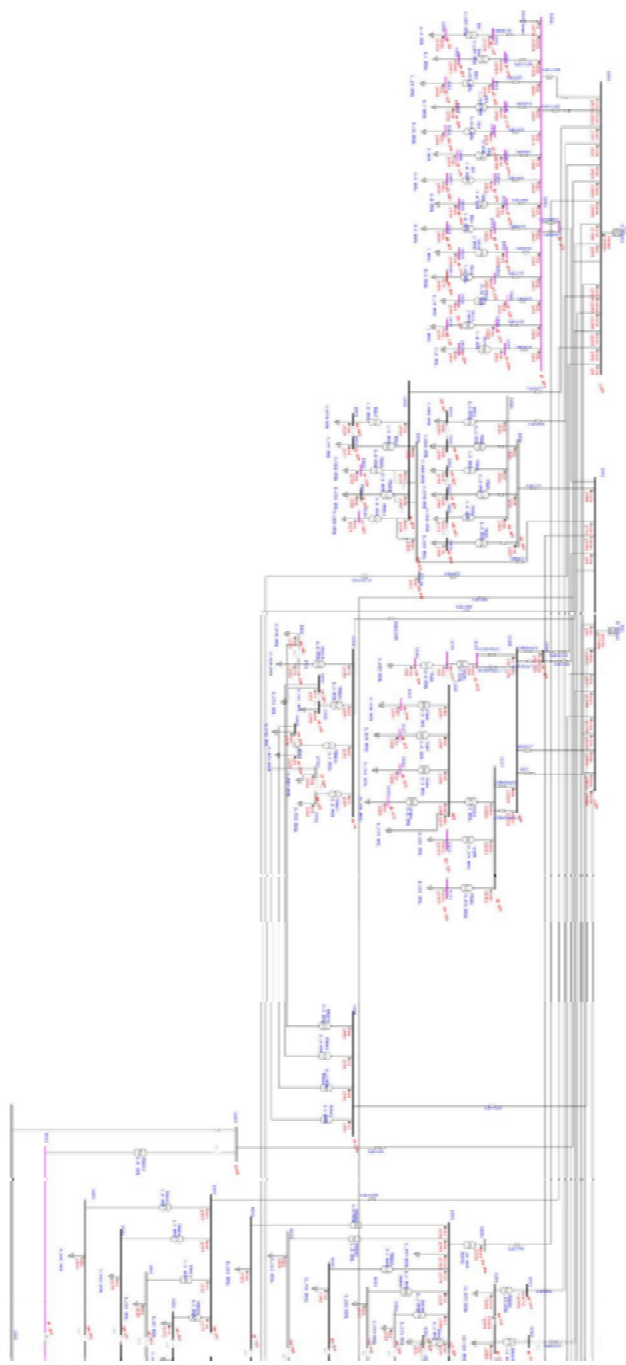
$$Q_1 = 37.8$$

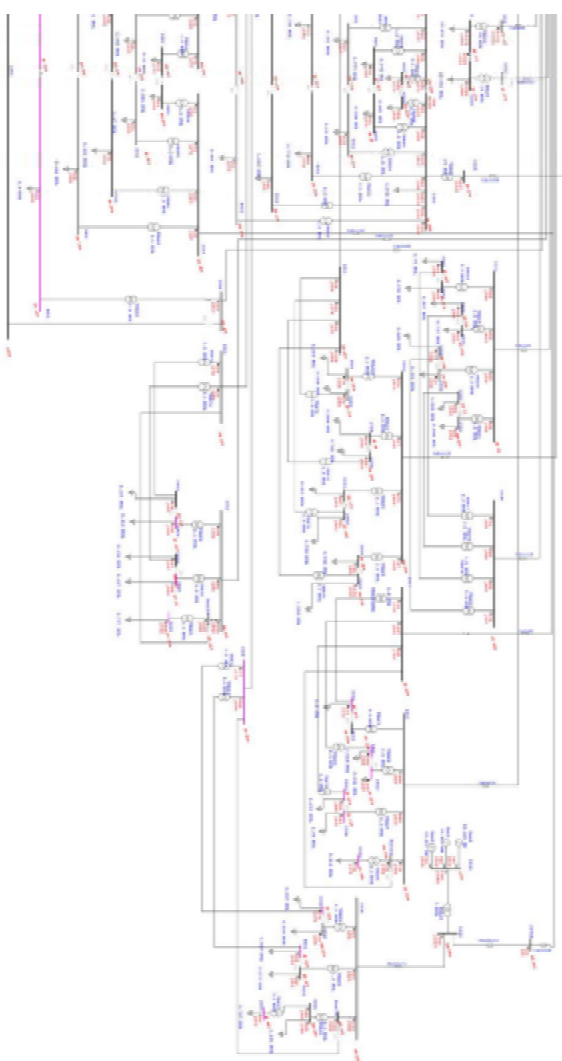
$$Q_2 = 23$$

با توجه به خازن به دست آمده از محاسبات بالا خازن kvar 5000 را به باس 1035 متصل می کنیم. مشاهده می که ضریب قدرت باس دقیقاً برابر 0.92

می شود در ضمن ولتاژ باس ها بهبود می یابد و افت ولتاژ کمتر می شود. البته بهترین محل نصب خازن نزدیکترین محل به تجهیز می باشد.

در صفحه بعد مشاهده می شود که مقدار توان اکتیو در یافتی از شبکه کاهش یافته است.





فصل سوم

تحليل نتایج

تحلیل نتایج

برای تحلیل نتایج با استفاده از پخش بار انجام شده از شبکه قدرت میتوان شبکه قدرت را تحلیل کرد.

بعد از انجام شبیه سازی پخش بار باید به اندازه ولتاژ باس ها و توان خطوط توجه شود. با توجه به پخش بار انجام شده در صفحات قبل می بینیم که هر چه به سمت پایین دست شبکه حرکت کنیم اندازه ولتاژ باسهای بار به علت افت ولتاژ در خطوط کاهش می یابد و هر چه جریان بار و امپدانس خط بیشتر شود، افت ولتاژ طبق رابطه $u=ZI$ بیشتر و ولتاژ باس بار نیز کمتر می شود.

زاویه ولتاژ باس ها نیز به علت انتقال توان از باس 1 به سمت باس های دیگر کم می شود و همه باس ها دارای زاویه منفی ولتاژ می باشند. امپدانس خط به سطح مقطع و طول خط بستگی دارد پس می توان گفت با افزایش طول خط و کاهش سطح مقطع سیم، افت ولتاژ شدید تر و ولتاژ باس بار کمتر می شود.

کمترین اندازه ولتاژ مربوط به باس های می باشد که در فاصله ی دورتری از پست قرار دارند البته بار فیدر نیز هم مهم میباشد. وقتی که اندازه ولتاژ باس ها از محدوده $0.95_{p.u} < |V| < 1.02$ خارج شود و وارد محدوده $p.u$ حاشیه ای شود باس ها به رنگ صورتی ظاهر می شود و اگر اندازه ولتاژ باس ها از محدوده مجاز $0.95_{p.u} < |V| < 1.05_{p.u}$ خارج شود و وارد محدوده بحرانی شود باس ها به رنگ قرمز ظاهر می شود. با انتخاب گزینه Alert view مقادیر ولتاژ باس ها که وارد ناحیه بحرانی و حاشیه ای شده اند در پنجره های صفحه ی قبل نشان داده شده است.

گزارش گیری:

در ابتدای گزارش کامل، تعداد باس های اسلک ، ولتاژ کنترل شده و بار (P-Q or load) و همچنین مجموع عناصر شبکه مثل ژنراتور ، ترانسفورماتور دو سیم پیچه و ترانسفورماتور سه سیم پیچه و خط مشخص شده است .

در ادامه گزارش ، مقادیر ورودی باس ها، خطوط و ترانسفورماتورها ارائه می شود و بعد نتایج پخش بار و فلوی عبوری از خطوط و ترانسفورماتورها نمایش داده شده است که در شکل صفحات قبل این فصل گزارش نمایش داده شده است .

توجه شود چون در نرم افزار ETAP توان اکتیو و راکتیو ورودی به باس با علامت منفی و توان خروجی با علامت مثبت مشخص می شود در حالی که در نرم افزار POWER WORLD این مسأله فقط در مورد توان راکتیو صادق بود. آمپر عبوری ضریب قدرت توان خطوط متصل به باس نیز در دو ستون آخر مشخص شده است.

در صفحات بعدی گزارش ، خلاصه های از بار گذاری و تلفات ترانسفورماتور ها و خطوط آمده است . در صفحات پایانی ، تحت عنوان Alert Summary Report مقادیری که وارد محدوده حاشیه ای و بحرانی شده است نمایش داده می شود و در آخر گزارش ، خلاصه ای

از مجموع توان تولیدی، مصرفی و تلفات کل سیستم ارائه شده است.

در گزارش گرفته شده از صفحه 1 تا صفحه 9 در قسمت BUS INPUT DATA در ستون اول اسم باس و ستون دوم نوع بار و ستون سوم ولتاژ نامی بر حسب KV و در ستون چهارم توضیحی در باره باس می دهد. که در این گزارش هیچ شرحی درباره ی باس داده نشده است. در ستون پنجم ولتاژ بر حسب درصد و در ستون ششم زاویه ولتاژ مشخص شده است. در ستون هفتم تولید نیرو بر صورت توان اکتیو و راکتیو بر حسب Mw و MVAR مشخص شده است و در ستون هشتم بار موتوری به صورت توان اکتیو و راکتیو بر حسب Mw و MVAR و در ستون نهم بار استاتیکی به صورت توان اکتیو و راکتیو بر حسب Mw و MVAR و در ستون دهم توان حرارتی به صورت max و min بر حسب MVAR مشخص شده است.

از صفحه ی 10 تا صفحه 13 در قسمت LINE/ CABLE DATA در ستون اول اسم کابل در ستون دوم کتابخانه ای که کابل از آن انتخاب شده و در ستون سوم سایز کابل بر حسب mm^2 و در ستون چهارم طول کابل بر حسب متر در ستون پنجم چند رشته ای بودن و در ستون ششم درجه حرارت کابل و در ستون هفتم و هشتم و نهم به ترتیب مقاومت و راکتانس و اندوکتانس کابل مشخص شده است. در ستون دهم توان ظاهری یا همان توان مبنا در ستون یازدهم و دوازدهم و سیزدهم به ترتیب مقاومت و راکتانس و ادمیتانس بر حسب درصد مشخص شده است. هر چه سطح مقطع و طول کابل زیاد باشد مقدار ادمیتانس هم مشخص می شود و بر عکس.

از صفحه ی 13 تا 18 در قسمت XFMR/REACTOR DATA در ستون اول اسم ترانس و در ستون دوم توان ظاهری بر حسب MVA در ستون سوم ولتاژ نامی طرف اولیه بر حسب KV و ستون چهارم ولتاژ نامی طرف ثانویه بر حسب KV و ستون پنجم امپدانس درصد ترانس و

ستون ششم نسبت X/R ترانس و ستون هفتم و هشتم تب ترانس از این مقدار به این مقدار و در ستون نهم و دهم امپدانس بر حسب اهم و نسبت X/R راکتور مشخص شده است. در ستون یازدهم و دوازدهم و سیزدهم به ترتیب $\% \text{ Tal}$ و مقاومت در صد و راکتانس در صد ترانس مشخص شده است.

از صفحه ی 18 تا 23 در قسمت **BRANCH CONNECTIONS** در ستون اول اسم کابل در ستون دوم نوع ارتباط سیم است یا کابل و در ستون سوم و چهارم کابل ارتباط بین کدام باس ها را ایجاد کرده است. یعنی از کدام باس به کدام باس وصل شده و ستون پنجم و ششم و هفتم امپدانس در صد کابل بر حسب مینا را به ترتیب مقاومت و راکتانس و امپدانس مشخص شده و بعد از مشخصات کابل مشخصات ترانس ها و بریکر ها مشخص شده است.

از صفحه ی 23 تا 47 در قسمت **LOAD FLOW REPORT** در ستون اول و دوم و سوم که مربوط به اسم باس و نوع باس و ولتاژ نامی باس بر حسب KV است. در ستون چهارم و پنجم به ترتیب ولتاژ باس را بر حسب در صد و زاویه ی ولتاژ را مشخص می کند و هر چه از باس اسلک دور می شویم زاویه کمتر می شود. در ستون ششم و هفتم که توان اکتیو و راکتیو شبکه را بر حسب Mw و MVAR مشخص می کند. در گزارش دیده می شود که مقدار توان اکتیو و راکتیو باس **BUS SC** مقدار دارد چون ورودی شبکه قدرت است و بقیه ی باس ها چون هیچ ورودی دیگری به شبکه قدرت وجود ندارد صفر است. در ستون هشتم و نهم مربوط به **Motor load** بار موتوری است که توان اکتیو و راکتیو بر حسب Mw و MVAR مشخص شده است و در باسی که به موتور وصل شده باشد توان اکتیو و راکتیو مقدار دارد. در ستون دهم و یازدهم مربوط به **Static Load** بار استاتیکی می باشد که توان اکتیو و راکتیو مربوط به باس که به آن بار استاتیکی وصل شده است را بر حسب Mw و MVAR نشان می دهند. در ستون دوازدهم و سیزدهم مربوط به **Load flow** پخش بار می باشد که مشخص می کند باس مربوطه از طرف کدام باس تغذیه می شود و خود

چه باس هایی را تغذیه می کند . در جلوی ان باس ها توان اکتیو بر حسب Mw و توان راکتیو بر حسب $MVAR$ و امپر و PF $\% (COSQ)$ بر حسب در صد) و همچنین مقدار تپ ترانس بر حسب $\%$ مشخص شده است.

از صفحه 47 تا 62 در قسمت **LOAD FLOW SUMMARY** مختصری درباره پخش بار اطلاعاتی داده است. در سه ستون جداگانه مقدار به صورت زیر مشخص شده اند.

در ستون 1 اسم باس و در ستون 2 ولتاژ نامی باس بر حسب KV و ستون 3 و 4 ولتاژ بر حسب درصد و ولتاژ واقعی باس بر حسب KV مشخص شده است و در ستون بعد هم به همین صورت است.

در صفحات پایانی توان اکتیو بر حسب MV و راکتیو بر حسب $MVAR$ و توان کلی بر حسب MVA و ضریب قدرت بر حسب درصد برای باس ها و شبکه ورودی (ژنراتور) و کل دیماندوکل بار موتوری و بار استاتیکی و کل تلفات آشکار و سیستم نا متناسب و تکرارها مشخص شده است.

فصل پنجم

نتیجه گیری

نتیجه گیری:

در این پروژه جهت انجام شبیه سازی توسط نرم افزار ETAP اکثر پارامترهای مورد نیاز جهت شبیه سازی از قبیل مشخصات ترانس ها، خط های هوایی، کابل ها و بارهای مورد استفاده شده در سطح مجتمع در بایگانی مجتمع موجود بوده که از آنها جهت شبیه سازی شبکه مورد نظر استفاده گردید و کلیه مقادیر داده شده در شبکه مقادیر واقعی می باشند پس از ترمیم شبکه این شبکه در دو حالت مورد بررسی قرار گرفت که در حالت اول بدون خازنگذاری و اصلاح شبکه و در حالت دوم جهت تصحیح شبکه و جلوگیری از افت ولتاژ خازنگذاری انجام گردید.

در این نرم افزار پس از شبیه سازی و اجرای آن مقدار افت ولتاژ هر خط در کنار آن ظاهر می شود که به صورت رنگهای صورتی و قرمز با توجه به میزان افت ولتاژ کمتر (صورتی) و افت ولتاژ بیشتر به صورت قرمز نشان داده می شود.

در حالت اول بعد از ترسیم شبکه و دادن مقادیر لازم به شبکه، شبکه بدون خازنگذار راه اندازی گردید که مشخص شد در خط شماره (1034-1035) که مربوط به پالایشگاه می باشند. بیشترین افت ولتاژ را داریم (96/56 درصد) که این خود نشان از این دارد که مصرف راکتیو این خط زیاد می باشد که در عمل نیز چنین حالتی در پالایشگاه وجود دارد و به این دلیل که در سایر قسمتهای کارخانه افت ولتاژ کمتری داشتیم خازنگذاری را فقط در شین مربوط به پالایشگاه (1034 و 1035) انجام دادیم که پس از محاسبات بار و خازنگذاری مشخص شده که خازن (5000(KVAR) جهت بهبود کاهش افت ولتاژ مناسب می باشد که پس از اضافه کردن خازن محاسبه شده مشخص گردید که این وضعیت بهبود پیدا کرده و افت ولتاژ از 96/56 درصد به مقدار 97/27 درصد رسیده است که البته این خازنگذاری در سایر قسمتهای کارخانه نیز باعث بهبود افت ولتاژ شده است و در نهایت نیز داده ها و نتایج شبیه سازی سیستم قدرت گزارش گیری به عمل آمد به این صورت که برای گرفتن گزارش از

شبکه قدرت با انتخاب گزینه ی **Report manager** می توان گزارش مورد نظر را در سر برگ **Complete** می توان گزارش کاملی را از سیستم قدرت گرفت. در . پایان گزارشات توضیحا تی در مورد انها داده شده است .

