

شش پیه ساز سیستم های قدرت



Electrical Power Industries Laboratories Co. (U.S.)

شرکت آزمایشگاه های صنایع برق

www.eepil.com



شبیه ساز سیستم های قدرت

شبیه سازها به منظور آموزش کاربران و آشنایی با شرایط واقعی جهت بالابردن قدرت و سرعت تصمیم گیری هنگام کار با تجهیزات مختلف تحت شرایط متنوع و متغیر بکار می روند.

برای بررسی رفتار و عملکرد سیستمهایی که دسترسی به کل و یا قسمتهای مختلف آن به دلایل ایمنی و هزینه بر بودن و... امکانپذیر نیست، ایجاد مجموعه های سخت افزاری یا نرم افزاری با هزینه کمتر و ابعاد کوچکتر که توانایی شبیه سازی رفتارها و عملکردهای سیستم در حالت واقعی را داشته باشد، کارساز می باشد.

در سیستم طراحی شده که می توان آنرا شبیه ساز آنالوگ سیستم قدرت نامید، قابلیت تجزیه و تحلیل پدیده های سیستم قدرت به صورتی که در یک شبکه قدرت واقعی از مرحله تولید تا مصرف اتفاق می افتند، وجود دارد.

در واقع این سیستم، مدل کوچک شده یک شبکه قدرت بزرگ است که شامل ژنراتور، ترانسفورماتور، خطوط انتقال و غیره می باشد و مشخصه های قسمتهای مختلف را بصورت واقعی مدلسازی می نماید.

کاربردهای این محصول در مراکز صنعتی، تحقیقاتی و آموزشی مطابق با موارد ذیل می باشد:

- تجزیه و تحلیل پدیده های سیستم قدرت (حالت دائم، حالت خطا، حالت های خاص حفاظت شده و...)
- بررسی توسعه سیستم کنترل شبکه قدرت و سیستمهای حفاظتی
- بررسی و مقایسه نتایج بدست آمده توسط سیستم با نتایج نرم افزارهای تجزیه و تحلیل سیستمهای قدرت
- امکان انجام آزمایشهای مختلف توسط این سیستم (بوجود آوردن شرایط مختلف خطا، بررسی عملکرد درست تجهیزات حفاظت، کنترل و...)

تدابیر آموزشی مختلف این سیستم برای :

- پرسنل مدیریت انرژی
 - اپراتورهای نیروگاه و پست
 - پرسنل تعمیرات
 - دانشجویان
 - محققان و ... بسیار مفید خواهند بود.
- قسمتهای تشکیل دهنده محصول عبارتند از:
- مدل پایه (ENP121):
- سیستم نیروگاه
 - سیستم خطوط انتقال
 - سیستم توزیع
 - سیستم جبران ساز توان راکتیو مدل TCR
 - سیستم بار
- مدل پیشرفته (ENP121-OS):
- سیستم حفاظت
 - سیستم کنترل و مدیریت اطلاعات SCADA
 - بارهای غیر خطی و هارمونیک
 - جبران ساز توان راکتیو مدل TSC
 - جبران ساز توان راکتیو مدل STATCOM
 - فیلتر های حذف هارمونیک

بخش‌های مختلف سیمولاتور:

۱. مدل نیروگاه

در این مدل، مجموعه موتور سه فاز القلی به همراه درایور مربوطه مدل توربین را تشکیل می‌دهد.

سیستم کنترل دور این موتور، مدل گاورنر نیروگاه را تشکیل می‌دهد که با گرفتن فیدبک از فرکانس شبکه و توان، سرعت و گشتاور موتور را تنظیم می‌کند.

ژنراتور نیروگاه یک ماشین سنکرون سه فاز قطب صاف یا برجسته بدون جاروبک می‌باشد. سیستم تحریک شامل یک منبع جریان DC و یک سیستم تحریک استاتیکی بر اساس AVR است که با گرفتن فیدبک ولتاژ از خروجی ژنراتور توان راکتیو آن را کنترل می‌کند.

در این سیستم امکان سنکرون کردن ژنراتور با شبکه سراسری وجود دارد و بدین منظور، یک سیستم سنکرون کننده در پل نیروگاه در نظر گرفته شده است.

۲. مدل پست نیروگاه و پست انتقال

در مدل پست نیروگاه از شینه بندی دوپل استفاده شده است. ترانسفورماتور پست از نوع افزایشنده دارای تپ چنجر Off line با گروه برداری (11) Dyn می‌باشد. در این پست برای تنظیم ولتاژ و جبران توان راکتیو ناشی از بار و خط انتقال از یک بانک راکتور موازی استفاده می‌گردد. در مدل پست انتقال از شینه بندی 1/5 کلیدی با ترانسفورماتور کاهشنده استفاده می‌گردد.

۳. مدل سیستم انتقال

خطوط انتقال مدل شده در این سیستم از نوع π و با سطح ولتاژ KV 230 می‌باشند. خطوط طوری طراحی شده اند که محدوده وسیعی از توانهای واقعی موجود در خطوط شبکه قدرت را مدلسازی نمایند. جهت سهولت در امر اندازه گیری و یا ایجاد خطا، هر خط انتقال به چند قسمت تقسیم شده و هر قسمت آن با مدل π مدلسازی شده است.

۴. مدل خطوط فوق توزیع و توزیع

در این مدل از خطوط انتقال با ساختارهای مختلف مانند خطوط هوایی و خطوط کابلی استفاده شده است. همچنین امکان شبیه سازی خطوط فرسوده (با تلفات بالا) در این مدل فراهم شده است. ترانسفورماتورهای توزیع در باسبار توزیع قرار می‌گیرند و امکان اتصال مصرف کننده به شبکه از طریق آنها و یا بطور مستقیم مقدور است.

۵. پست توزیع

این مدل دارای دو ورودی، دو خروجی است که امکان مانور روی شینه ها را به منظور آموزش و افزایش مهارت اپراتور فراهم می‌نماید. ترانسفورماتور ها دارای تپ چنجر Off line با سیم پیچی از نوع Yndn می‌باشند. همچنین این ترانسفورماتور ها مجهز به ترانسفورماتور زمین می‌باشند.

۶ • ترانسفورماتور توزیع

مدل این ترانسفورماتور ها از نوع کاهنده با اتصالات Dyn5(11) یا Dzn5(11) دارای تپ چنجر از نوع Off line می باشند.

مجموعه پل سه فاز ترپستوری (مدل درایور موتورهای الکتریکی) و نیگری رگولاتور ولتاژ AC (مدل گرمکن های برقی و تجهیزات روشنایی) می باشد.
برای تنظیم و نمایش پارامتر های مختلف بارهای غیر خطی از یک رابط گرافیکی استفاده شده است.

۷ • فیلتر پسیو (غیر فعال)

در این مدل فیلتر های پسیو متداول در شبکه قدرت شامل فیلتر های تک تنظیمه و بالا گذر شبیه سازی شده اند. نحوه شبیه سازی به گونه ای است که دانش پژوه می تواند با تغییر پارامترهای مختلف فیلتر تاثیر هر یک از آنها را بر سیستم شبکه قدرت ملاحظه نماید. از جمله موارد قابل انجام امکان شبیه سازی پدیده رزونانس موازی شبکه قدرت است.

۸ • جبران ساز های توان راکتیو استاتیک (SVC)

شامل سه نوع مختلف راکتور کنترل شونده ترپستوری (TCR)، خازن سوئیچ شونده ترپستوری (TSC) و جبران ساز استاتیکی چند سطحی (STATCOM) می باشند.

از سیستم های مذکور برای جبران سازی سریع توان راکتیو ناشی از بار و نیز برای تنظیم پروفیل ولتاژ، متعادل سازی بار و اصلاح هارمونیک های شبکه استفاده می گردد. برای انجام تنظیمات و نمایش پارامترهای مختلف سیستم از رابط های گرافیکی استفاده شده است. استفاده از جبران سازهای مختلف امکان مقایسه آنها را از نظر سرعت و دقت برای دانشجو فراهم کرده است.

۹ • مصرف کننده

شامل بارهای استاتیک، دینامیک و بار غیر خطی می باشد. بار استاتیکی شامل مجموعه ای از المانهای مقاومتی، سلفی و خازنی است. همچنین بار دینامیکی شامل یک مجموعه موتور - ژنراتور می باشد. که امکان مطالعه رفتار سیستم قدرت در شرایط مختلف کار برای دانشجو را فراهم می نماید.
بار غیر خطی شامل دو نوع سیستم متفاوت متشکل از یک

۱۰ • مدل سیستم حفاظت

برای اینکه سیستم شبیه سازی شده از هر نظر مشابه با سیستم قدرت واقعی باشد، حفاظتهایی از قبیل حفاظتهای ژنراتور، ترانسفورماتورها، خطوط، باسها و... قابل اعمال هستند. حفاظتهای ژنراتور شامل:

الف. حفاظت دیفرانسیل، حفاظت اضافه ولتاژ، حفاظت توان

معکوس، حفاظت هارمونیک سوم و...

ب. حفاظتهای ترانسفورماتور شامل:

حفاظت دیفرانسیل، حفاظت اضافه جریان جهتی و...

ج. حفاظت خطوط انتقال شامل:

حفاظت بیستانس، حفاظت خطای زمین و...

د. حفاظت بار دینامیکی شامل:

حفاظت اضافه جریان، حفاظت خطای زمین و...

ه. حفاظتهای جبران کننده های توان راکتیو شامل:

حفاظت اضافه ولتاژ، حفاظت مربوط به سوئیچهای

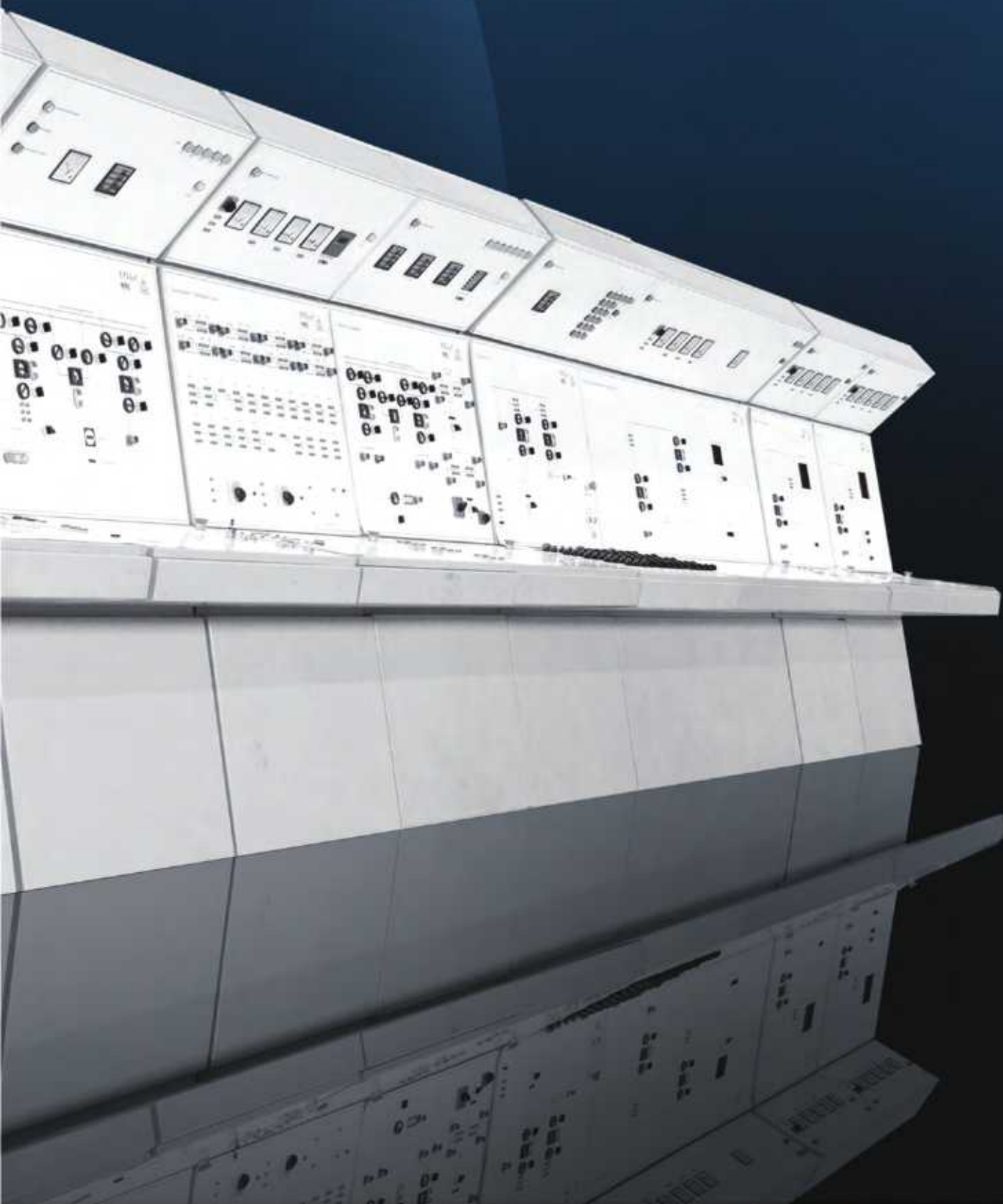
الکترونیکی و...

۱۱ • مدل سیستم کنترل و مدیریت داده ها (SCADA)

این سیستم ها معمولاً با هدف کنترل و نظارت پروسه بصورت بلادرنگ در کاربردهای صنعتی مورد استفاده قرار می گیرد. این سیستم به کاربر امکان وارد کردن داده به پروسه، اندازه گیری مقادیر مختلف در هر لحظه و... را می دهد. در طول کارکرد پروسه، سابقه کاملی از مقادیر اندازه گیری شده ایجاد می شود که برای برنامه ریزی های بعدی و بهینه کردن سیستم از لحاظ اقتصادی بسیار مفید است.

در این پروژه، سیستم SCADA به قسمتهای مختلف سیمولاتور از جمله رله ها، کلیدها، نمایشگرها، مجموعه موتور- ژنراتور و... متصل می شود و قابلیت کنترل و نمایش مقادیر مختلف آنها را به کاربر می دهد.

ENP121





آزمایش‌های قابل انجام

همانطور که گفته شد، سیمولاتور قدرت از اتصال بخش‌های مختلف به یکدیگر ساخته شده است. بنابراین این انجام آزمایشات بر روی هر بخش به طور مجزا مقدور است. از طرفی برای بررسی اثرات مقابل اجزا مختلف میتوان آنها را با یکدیگر متصل نمود و آزمایشات مربوط را بر روی ترکیب حاصل انجام داد. به طور کلی آزمایش‌هایی را که توسط سیمولاتور قدرت قابل انجام می‌باشند عبارتند از:

• ژنراتور

- بررسی اثر تغییرات تحریک روی توان راکتیو تحویلی ژنراتور
- بررسی اثر تغییرات کنترل گاورنر روی توان اکتیو تحویلی ژنراتور
- مشاهده حالت‌های گذرا در اثر ورود بارهای ناگهانی به شبکه
- تغییرات زاویه بار در اثر افزایش توان راکتیو
- سنکرون سازی سیستم با شبکه واقعی و ژنراتور دوم و...

• ترانسفورماتور

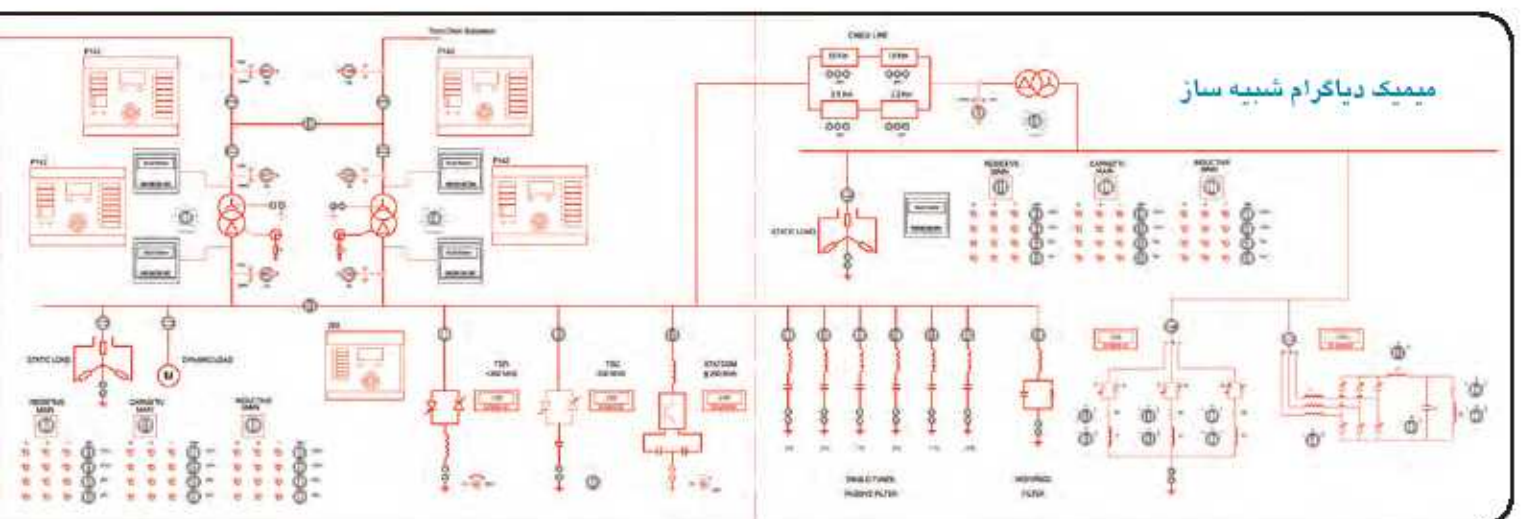
- رابطه بین اندازه و فاز ولتاژها و جریانهای ترانسفورماتور ها در اتصالات مختلف
- اثرات مربوط به بارگیریهای مختلف از ترانسفورماتور ها
- حذف مؤلفه صفر جریان در اتصال مثلث
- متعادل سازی بار با اتصال زیگزاک
- نسبت انتقال توانها از ثانویه به اولیه در اتصالات مختلف
- کنترل ولتاژ با تغییر تپ چنجر و اثر آن بر روی توان راکتیو

• خطوط انتقال

- تأثیر طول خط در ولتاژ انتهای آن
- تأثیر ضریب توان بار در انتهای ولتاژ خط
- مشاهده اثر فرانتی (خط انتقال بی بار)
- تأثیر نوع خط در ولتاژ انتهای آن
- قطع و وصل کلید در نزدیکی باسیار یا در نقاط ابتدایی یک خط بلند (حالت‌های گذرا)
- عبور بار طبیعی از خط (اندازه گیری ولتاژ و ضریب توان در نقاط مختلف)
- خط از سر تغذیه (اندازه گیری ولتاژ وسط خط در حلیکه ولتاژ دو انتهای آن ثابت و مساوی هستند)
- تأثیر طول خط در حداکثر توان انتقالی $(P = P_0 / \sin\theta)$
- بررسی رابطه $(P = \frac{V_1 \cdot V_2}{X} \sin\delta)$
- نصب خازنهای سری یا موازی، نصب راکتور سری یا موازی در وسط یا انتهای خط و...

• بارها

- تأثیر تغییر بارهای مقاومتی، خازنی، سلفی و بارهای دینامیک در ولتاژ و جریان نقاط مختلف



- کلیدزنی بانکها خازنی (حالت گذرا)
- کلیدزنی راکتور (حالت گذرا)
- وارد شدن ناگهانی بارهای بزرگ (حالت گذرا)
- اصلاح ضریب توان بار توسط SVC
- تثبیت ولتاژ سربار توسط SVC
- حذف فلیکر توسط SVC
- تأثیر بارهای نامتعادل بر ولتاژ سربار
- مؤلفه صفر جریان بار و تأثیر آن بر روی ولتاژ
- متعادلسازی بار توسط SVC و مقارن شدن ولتاژ سربار
- بررسی انواع منابع تولید هارمونیک و تحلیل اثرات آنها بر شبکه قدرت
- تزریق جریان هارمونیکی به شبکه قدرت با قابلیت اعمال به فازهای مختلف
- بررسی اثرات سوء بارهای هارمونیکی بر بارهای خطی متصل به شین مشترک
- بررسی شاخص های کیفیت توان از قبیل THD و ...

• وقوع خطا

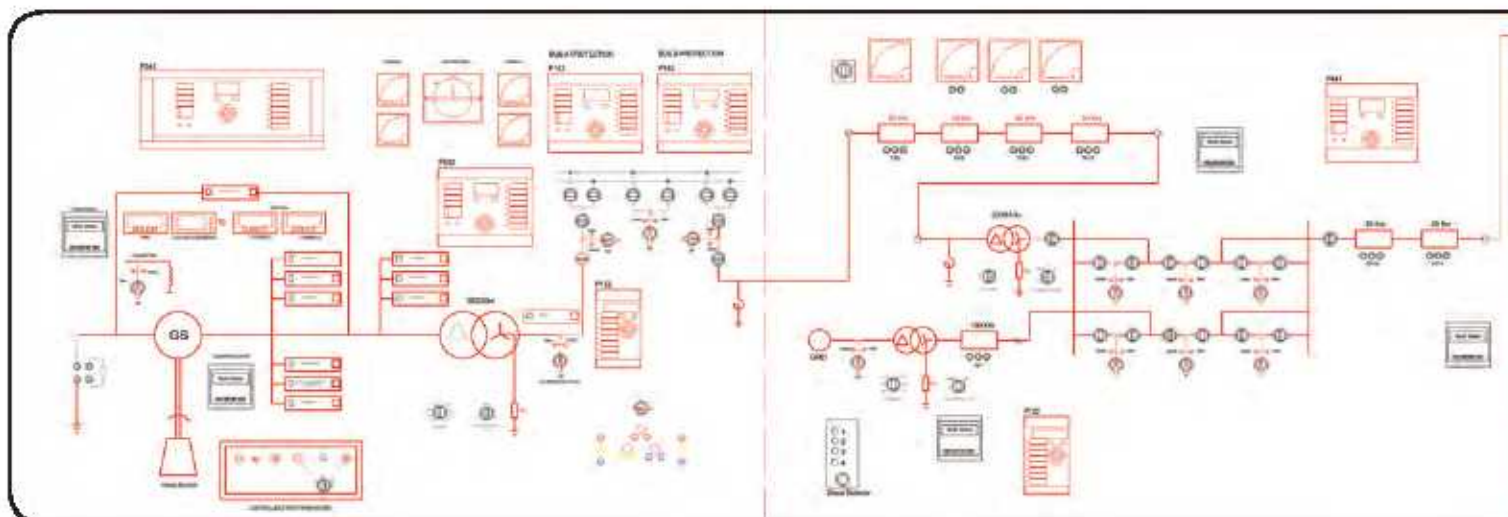
- ایجاد انواع خطای اتصال کوتاه در نقاط مختلف (اتصال تک فاز به زمین، دو فاز به زمین، سه فاز به زمین و... از طریق یک امپدانس یا بطور مستقیم)
- تأثیر نوع خطا بر روی پاسخ سیستم
- تأثیر محل وقوع خطا بر روی پاسخ سیستم
- اندازه گیری مؤلفه های منفی، مثبت و صفر ایجاد شده در اثر وقوع خطا در نقاط مختلف
- خطاهای سیم پیچی
- ولتاژها و جریانهای گذرا در اثر وقوع خطا (حالت گذرا)

• حفاظت

- تنظیم رله های اضافه جریان در سیستمهای شعاعی
- حفاظت دیفرانسیل در واحدهای ژنراتور، ترانسفورماتورها، باسبارها و ...
- حفاظت دیستانس در خطوط انتقال
- حفاظت توان معکوس ژنراتور
- حفاظت مؤلفه توالی منفی ژنراتور
- حفاظت افزایش فرکانس ژنراتور
- رله گذاری در سیستم های قدرت و انجام تنظیمات آنها

• فیلتر غیر فعال (پسیو)

- نحوه طراحی فیلتر های پسیو مختلف
- بررسی میزان بهبود پارامتر های کیفیت توان با اعمال فیلتر های متفاوت بر شبکه قدرت
- بررسی عوامل ایجاد پدیده رزونانس موازی و تأثیر آن بر شبکه قدرت



مشخصات فنی سیمولاتور

• نیروگاه

- توان..... 300MVA
- ولتاژ..... 21kV
- ضریب توان..... 0.85
- راکتانس سری ژنراتور..... 15%

• پست نیروگاه

- توان..... 300MVA
- نسبت تبدیل ترانسفورماتور..... $21/230$
- نوع اتصال ترانسفورماتور..... Dyn11
- تعداد و مقدار تپ ترانسفورماتور..... $4 \times 2.5\%$
- امپدانس اتصال کوتاه..... 12%
- بانک راکتور..... 60MVAR
- مدل شینه بندی پست..... دوپل

• خط انتقال

- ولتاژ..... 230kV
- طول خط..... $4 \times 50\text{km}$
- نوع هادی..... CURLEW
- تعداد مدارات..... 2
- تعداد باندها..... 2
- امپدانس خط (تک مداره و تک باندها)..... 420
- مدل خط..... π

• پست انتقال

- توان..... 300MVA
- نسبت تبدیل ترانسفورماتور..... $63/230$
- نوع اتصال ترانسفورماتور..... Ynd1
- امپدانس اتصال کوتاه..... 12%
- امپدانس اتصال کوتاه..... 1.5 کلیدی

• خط انتقال فوق توزیع

- ولتاژ..... 63kV
- طول خط..... $2 \times 20\text{km}$
- نوع هادی..... Lynx
- تعداد مدارات..... 2
- تعداد باندها..... 1
- مدل خط..... π

• خط انتقال توزیع

- ولتاژ..... 20kV
- طول خط هوایی-کابلی..... $2 \times 15\text{km}$ و $2 \times 2.5\text{km}$
- نوع هادی..... ACSR
- تعداد فیدر..... 25
- مدل خط..... π

• پست توزیع

- توان..... 300MVA
- نسبت تبدیل ترانسفورماتور..... $20/63$
- نوع اتصال ترانسفورماتور..... Ynd1

- امپدانس اتصال کوتاه ۱۳٪
- تعداد و مقدار تپ ترانسفورماتور ۸*۲.۵٪
- مدل پست H
- ترانسفورماتور زمین

• بار استاتیکی

- ولتاژ ۲۰kV
- توان ۱۸۰MW±۱۸۰MVar

• بار دینامیکی

- ولتاژ ۲۰kV
- توان ۱۵۰MVA
- ضریب قدرت ۰.۸

• جبران‌ساز توان راکتیو فعال (گزینه‌ی)

- نوع TCR.....TSC.....STATCOM
- ولتاژ ۲۰kV.....۲۰kV.....۲۰kV
- توان ±۱۵۰MVar.....۰,±۲۰۰MVar.....۰,±۱۵۰MVar

• بار غیر خطی (گزینه‌ی)

- ولتاژ ۴۰۰V
- توان ۲*۷۵ MVA
- رابط گرافیکی

• فیلتر پسیو (گزینه‌ی)

- ولتاژ ۲۰kV
- توان -۵۰MVar
- مرتبه هارمونیک ۳,۵,۷,۹,۱۱ و فیلترهای بالاگذر

• سیستم کنترل و مدیریت اطلاعات (SCADA) (گزینه‌ی)

- مانیتورینگ کلیه پارامترهای اندازه گیری شده در سیستم سیمولاتور (ولتاژ، جریان توان و...)
- مانیتورینگ وضعیت جاری کلیه رله ها و کلیدها
- ثبت تمام رخدادها و آلارم های ارسال شده از سوی رله ها
- امکان صدور فرمان قطع و وصل به کلید ها و بریکرها
- امکان کنترل از راه دور سیستم نیروگاهی

• سیستم حفاظت پیشرفته (گزینه‌ی)

- حفاظت ژنراتور
- حفاظت ترانسفورماتور
- حفاظت باسبار
- حفاظت خطوط انتقال
- حفاظت بار
- حفاظت جبران‌سازهای توان راکتیو

• خدمات قابل ارائه:

- تحویل محصول در بسته بندی های مقاوم
- قابلیت تحویل جداگانه بخشهای مختلف سیمولاتور بنا به درخواست مشتری
- خدمات نصب، راه اندازی و آموزش در محل مشتری توسط متخصصین شرکت EPIL
- ارائه آموزشهای تکمیلی بنا بر درخواست مشتری
- راهنمای کامل نحوه کاربرد محصول
- یک سال گارانتی و ۵ سال خدمات پس از فروش



دفتر: تهران، خیابان مطهری، بعد از خیابان مفتح، پلاک ۱۸۶، طبقه سوم کد پستی: ۱۵۷۵۹۴۳۵۵۱
تلفن: ۸۸۸۳۱۹۸۸، ۸۸۳۱۷۹۲۶، ۸۸۳۴۱۲۴۴، ۸۸۳۴۱۲۶۹ فکس: ۸۸۸۴۲۳۷۸
Web site: www.eepil.com Email: Info@eepil.com