



تحليل سیستم‌های قدرت

با استفاده از نرم‌افزار

DigSILENT Power Factory

SILENT DIG

تدوین به شیوه گردآوری

دکتر سجاد گلوانی، استادیار گروه قدرت مهندسی برق دانشگاه ارومیه

دکتر بهروز طوسی، دانشیار گروه قدرت مهندسی برق دانشگاه ارومیه



تحليل سیستم‌های قدرت با استفاده از نرم‌افزار DigSILENT Power Factory

دکتر گلوانی، دکتر طوسی



Power Systems Analysis

using

DigSILENT Power Factory

SILENT DIG

Sadjad Galvani

Behrouz Tousi

به نام خدا

تحلیل سیستم‌های قدرت

با استفاده از نرم‌افزار

DIgSILENT Power Factory

دکتر سجاد گلوانی

استادیار گروه قدرت مهندسی برق دانشگاه ارومیه

دکتر بهروز طوسی

دانشیار گروه قدرت مهندسی برق دانشگاه ارومیه

پاییز ۱۳۹۸

گلوانی، سجاد.

تحلیل سیستم‌های قدرت با استفاده از نرم‌افزار Digsilent Power Factory / گردآوری سجاد گلوانی و بهروز

طوسی، - ارومیه، دانشگاه ارومیه، ۱۳۹۷.

مصور، جداول، نمودار، ۱۷۳ص. - انتشارات دانشگاه ارومیه، ۲۶۵.

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۸۶۸۱-۵۸-۸

کتابنامه.

۱- برق - سیستم‌ها - نرم افزار. ۲- برق - شبکه‌ها - نرم افزار. الف. طوسی، بهروز، گردآوری. ب. عنوان.

ج. فروست.

شماره ملی: ۵۷۶۲۰۲۲ --- رده کنگره: ۱۳۹۸، ۴ت ۸گ، TK.1005

عنوان: تحلیل سیستم‌های قدرت با استفاده از نرم‌افزار Digsilent Power Factory

گردآوری: سجاد گلوانی و بهروز طوسی

ناشر: دانشگاه ارومیه -- سری ۲۶۵

سال نشر: ۱۳۹۸

آدرس: ارومیه- کیلومتر ۱۱ جاده سرو - انتشارات - ۳۲۷۷۹۹۳۰ - ۰۹۱۴۱۸۶۹۴۲۷ - پاشازاده

پیش‌گفتار

مجموعه نرم‌افزارهای شرکت DigSILENT GmbH در صنعت برق بیش از هشتاد کشور دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرد. این موضوع به علاوه قابلیت‌های فراوان و بعضاً منحصر به فرد ارائه شده در این محصول و همچنین وجود شرکت یا شرکت‌های نمایندگی رسمی شرکت دیگسایلنت در ایران و ارائه خدمات فروش و پشتیبانی، این نرم‌افزار را در جایگاه ممتاز و ویژه‌ای در بین نرم‌افزارهای مشابه قرار داده است. در حال حاضر نرم‌افزار مذکور در آزمایشگاه تحلیل سیستم‌های انرژی بسیاری از دانشگاه‌های ایران تدریس می‌شود.

اینجانب نیز از سال ۱۳۸۹ هم‌زمان با شروع همکاری در دانشگاه ارومیه اقدام به تدریس این نرم‌افزار در قالب درس آزمایشگاه بررسی سیستم‌های قدرت نمودم. کتاب پیش‌رو حاصل تجربه هشت سال تدریس مستمر این نرم‌افزار می‌باشد. در این کتاب از یک شیوه آموزشی پروژه‌محور و گام به گام مبتنی بر سؤال‌های هدف‌دار در جهت سوق دادن ذهن دانشجویان به آنچه باید فرا بگیرند، استفاده شده است. تا کنون کتاب‌های ارزشمندی در زمینه آموزش این نرم‌افزار تألیف و تدوین شده است. این کتاب علاوه بر این‌که سرفصل‌های درس آزمایشگاه تحلیل سیستم‌های انرژی را پوشش داده و برای مدرسان و دانشجویان این درس مناسب می‌باشد، می‌تواند برای علاقه‌مندان صنعت برق به عنوان یک راهنما برای شروع کار و آشنایی نسبتاً کامل با این نرم‌افزار باشد.

بر خود لازم می‌دانم از جناب آقای دکتر طوسی استاد بزرگوارم که در تمامی مراحل راه‌اندازی این آزمایشگاه و تهیه دستور کار و برگزاری این دوره‌ها از بنده پشتیبانی کامل علمی نموده‌اند نهایت تشکر و قدردانی را داشته باشم. همچنین لازم است از زحمات صمیمانه جناب آقای مهندس سعید رضائیان مرجانی دانشجوی دکتری رشته سیستم‌های قدرت (در زمان تألیف این کتاب) قدردانی و تشکر نمایم. نهایتاً از زحمات جناب آقای دکتر سعید ذوالفقاری که زحمت ویراستاری علمی کتاب بر عهده ایشان بوده تشکر و قدردانی می‌کنم.

امیدوارم کتاب پیش رو کمکی هرچند ناچیز در پیش‌برد توانایی علمی و نرم‌افزاری دانشجویان در زمینه آنالیز سیستم‌های قدرت کرده باشد. از خوانندگان بزرگوار خواهشمندم هرگونه عیب و قصور، نظرات، انتقادات و پیشنهادهای خود را با آدرس ایمیل s.galvani@urmia.ac.ir در میان بگذارند تا ان‌شاءالله در نسخه‌های بعدی به برطرف کردن آنها اقدام نمایم.

سجاد گلوانی

در این کتاب شبکه ۱۴ شینه استاندارد IEEE به عنوان شبکه مورد مطالعه انتخاب شده است و در تمامی مراحل کار با نرم‌افزار از ترسیم و انجام تحلیل‌های مختلف از این شبکه استفاده خواهد شد. شبکه ۱۴ شینه IEEE در عین سادگی و تعداد کم شین‌ها طیف کاملی از اجزای مختلف سیستم قدرت را داراست و ترسیم و تحلیل آن با نرم‌افزار DiGSILENT Power Factory توانایی و مهارت نسبتاً کاملی برای کار با این نرم‌افزار فراهم خواهد آورد. بنابراین در این دوره نیاز به ایجاد پروژه‌های مختلف در هر فصل یا در هر قسمت نمی‌باشد و نهایتاً بعد از اتمام کتاب یک شبکه به همراه اطلاعات کامل و جامع و موارد مطالعه مختلف در دسترس خواهد بود.

همچنین از آنجا که از نسخه ۱۵ به بعد این نرم‌افزار این شبکه جز مثال‌های از قبل آماده شده نرم‌افزار هم می‌باشد، خواننده در صورت عدم تمایل به رسم شبکه و وارد کردن اطلاعات آن، می‌تواند بدون مطالعه فصل دوم انجام تحلیل‌های مختلف را از فصل سوم به بعد شروع کند. همچنین با تحلیل این شبکه امکان انجام مقایسه با سایر نرم‌افزارها همانند MATPOWER نیز برای خوانندگان علاقه‌مند فراهم می‌شود. لازم به ذکر است که نرم‌افزار MATPOWER هم همانند نرم‌افزار DiGSILENT Power Factory این شبکه را در مثال‌های پیش‌فرض خود دارد.

هرچند این کتاب بر اساس آخرین ویرایش رایگان موجود تدوین شده است، با توجه به به‌روزرسانی مداوم این نرم‌افزار طبیعتاً تفاوت‌هایی احتمالی در نسخه‌های جدیدتر می‌تواند وجود داشته باشد. هرچند روال کلی کار با این نرم‌افزار تا اندازه بسیار زیادی ثابت خواهد بود.


فصل اول این کتاب سعی در آشنایی خوانندگان با محیط کلی نرم‌افزار، قسمت‌های مختلف آن و همچنین قابلیت‌های نرم‌افزار دارد. در فصل دوم رسم دیاگرام تک‌خطی شبکه قدرت و وارد کردن اطلاعات آن مورد توجه قرار خواهد گرفت. در فصل سوم به انجام محاسبات پخش بار، اخذ نتایج، تهیه گزارش‌های خروجی مختلف و استفاده از ابزارهای مفید در تحلیل نتایج پرداخته خواهد شد. در فصل چهارم به انجام محاسبات انواع اتصال‌های کوتاه در شبکه قدرت پرداخته خواهد شد. فصل پنجم به معرفی پخش بار بهینه و نحوه پیاده‌سازی آن اختصاص داده شده است. نهایتاً در فصل ششم کلیات تحلیل در حوزه زمان سیستم‌های قدرت ارائه خواهد شد.

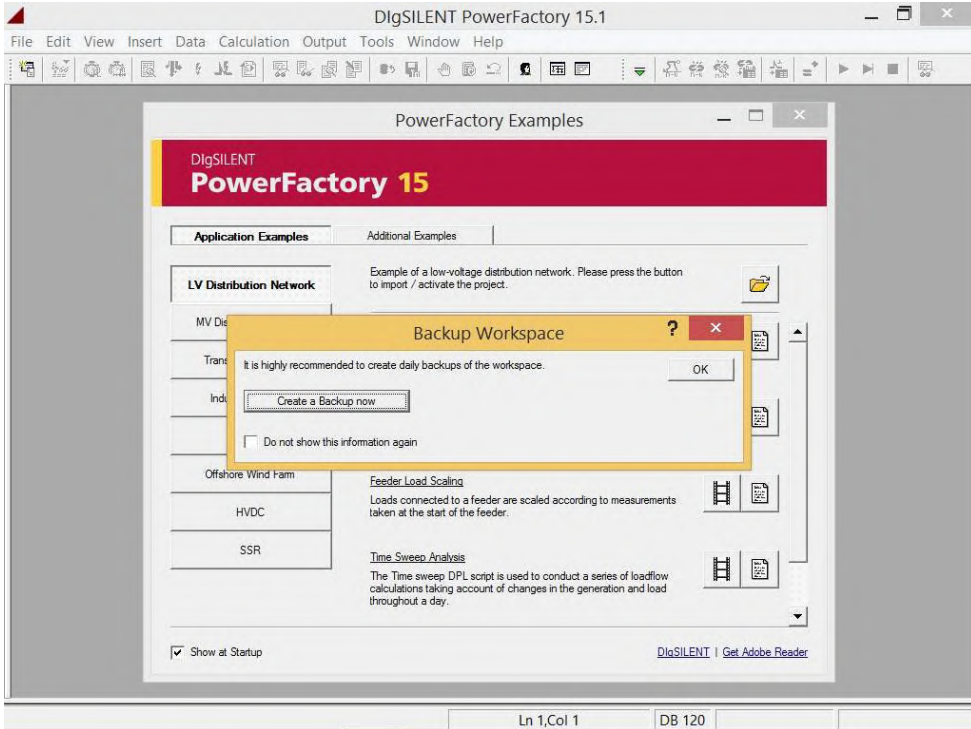
فهرست مطالب:

فصل اول: آشنایی کلی با نرم‌افزار DigSILENT Power Factory	۱
فصل دوم: رسم دیاگرام تک‌خطی، مدل‌سازی تجهیزات و و وارد کردن اطلاعات	۱۵
۱-۲- ایجاد پروژه جدید	۱۶
۲-۲- رسم دیاگرام تک‌خطی	۱۶
۳-۲- وارد کردن اطلاعات مربوط به شبکه قدرت	۳۴
۴-۲- مدل‌سازی دقیق تر خطوط انتقال (برای دانشجویان علاقه‌مند)	۵۵
فصل سوم: محاسبات پخش بار در شبکه قدرت	۶۲
۱-۳- رنگ‌آمیزی شبکه	۶۳
۲-۳- محاسبات پخش بار	۶۶
۳-۳- اخذ نتایج	۷۰
۴-۳- رنگ‌آمیزی نتایج	۸۲
۵-۳- ابزارهای دیاگرام تک‌خطی	۸۵
۶-۳- ترسیم پروفیل ولتاژ	۸۸
۷-۳- ترسیم پروفیل توان‌های عبوری از خطوط انتقال	۹۳
۸-۳- مقایسه نتایج	۹۶
۹-۳- ذخیره پروژه	۱۰۰
فصل چهارم: محاسبات اتصال کوتاه (مقارن و نامقارن)	۱۰۴
۱-۴- اتصال‌های کوتاه غیرهم‌زمان	۱۰۵
۲-۴- اتصال‌های کوتاه هم‌زمان	۱۱۴
فصل پنجم: پخش بار بهینه (اقتصادی) Optimal Power Flow	۱۲۰
۱-۵- تنظیمات مربوط به پخش بار بهینه و تعریف تابع هزینه ژنراتورها	۱۲۱
۲-۵- پخش بار بهینه با هدف کاهش هزینه‌های بهره‌برداری	۱۲۷
۳-۵- پخش بار بهینه با هدف کاهش تلفات	۱۳۲
فصل ششم: پایداری و تحلیل زمانی سیستم‌های قدرت	۱۳۵
۱-۶- تعریف ملزومات مطالعات زمانی	۱۳۶
۲-۶- تعریف اتفاقات	۱۴۱
۳-۶- تحلیل در حوزه زمان و اخذ نتایج	۱۴۶
مراجع	۱۶۵
واژه‌نامه	۱۶۷

فصل اول
آشنایی کلی با نرم افزار
DIGSILENT Power Factory

در این فصل نگاهی کلی به محیط نرم افزار و قسمت های مختلف آن خواهیم داشت و با قابلیت های نرم افزار آشنا خواهیم شد.

برای شروع کار با نرم افزار DigSILENT Power Factory روی آیکون برنامه  دو بار کلیک کنید. پنجره اولیه نرم افزار به صورت شکل (۱-۱) می باشد.



شکل (۱-۱): پنجره اولیه نرم افزار

در ابتدا مطابق با شکل (۱-۲) و توصیه نرم افزار می توانید از فضای کاری^۱ خود نسخه پشتیبان^۲ تهیه کنید. لازم به ذکر است که در فضای کاری، پایگاه داده های محلی^۳، فایل های نتایج و فایل های log ذخیره می شوند.

¹ Workspace

² Backup

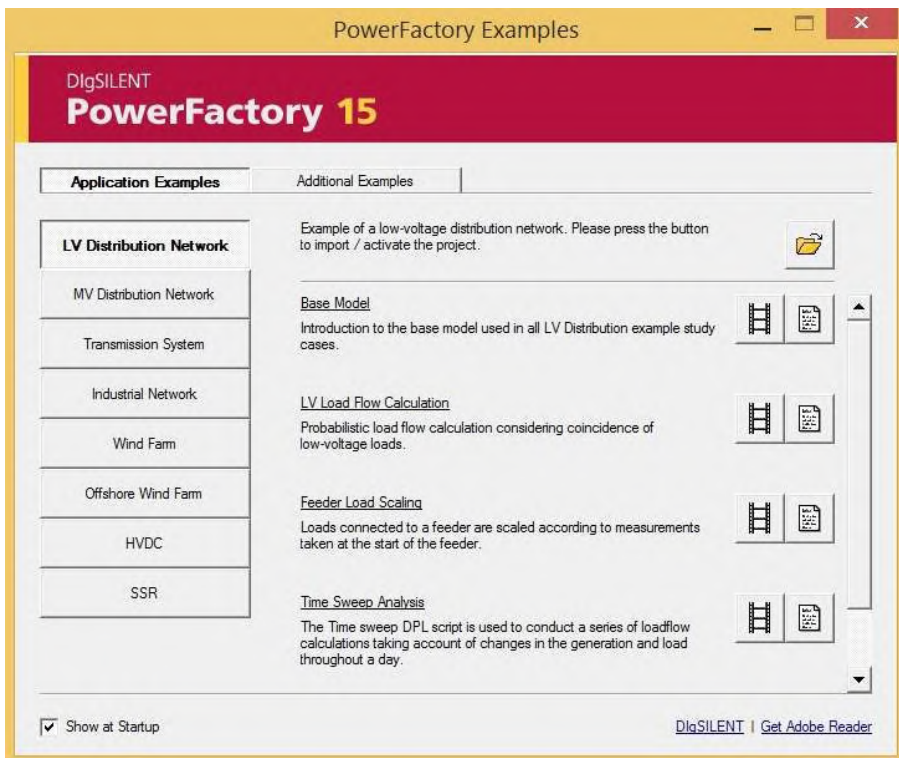
³ Local Database



شکل (۱-۲): تهیه نسخه پشتیبان از فضای کاری




در صورت عدم تمایل به نمایش مجدد این پنجره مقابل گزینه Do not show this information again تیک بزنید.

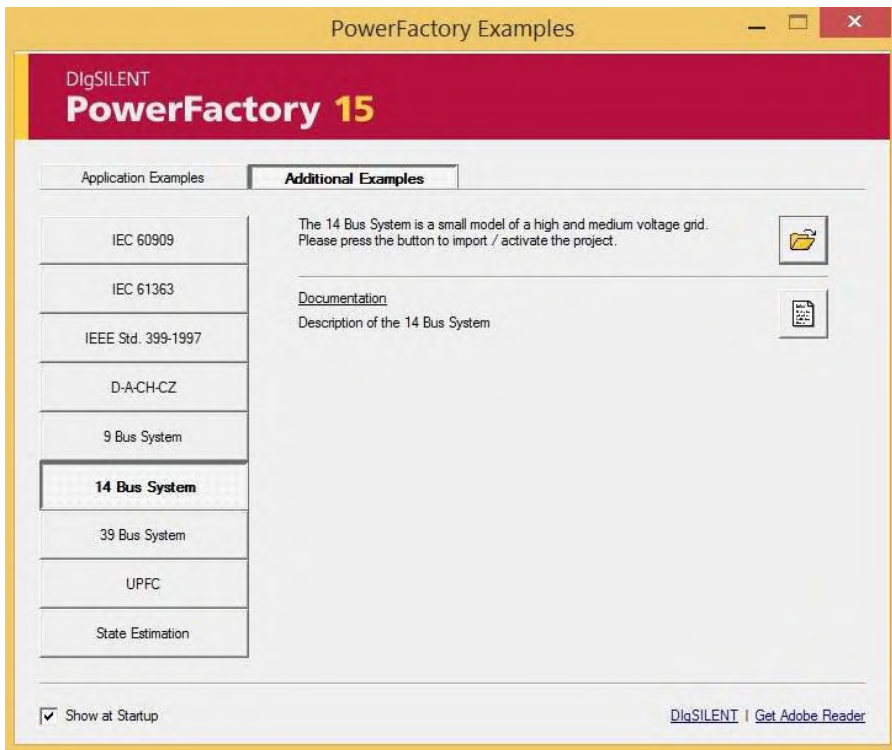
با توجه به این که برای بار اول با نرم افزار کار می کنید و فعلاً چیزی برای تهیه پشتیبان ندارید، بدون تهیه نسخه پشتیبان روی OK کلیک کنید. پنجره مثال ها به صورت شکل (۱-۳) ظاهر خواهد شد.



شکل (۱-۳): پنجره مثال ها

در صورت عدم تمایل به نمایش مجدد این پنجره، تیک مقابل گزینه Show at Startup در پایین این پنجره را بردارید.

این پنجره دارای دو تب^۴ می‌باشد که یکی مثال‌های کاربردی^۵ و دیگری مثال‌های بیشتر^۶ می‌باشد. در قسمت ستونی سمت چپ پنجره، اسامی مربوط به مثال‌های از قبل تهیه شده نرم‌افزار وجود دارد و در قسمت سمت راست راهنماهای مختلف در نظر گرفته شده برای هر مثال را می‌توانید ببینید. برای بارگذاری^۷ مثال از آیکون ، باز کردن فایل متنی راهنمای^۸ مثال از آیکون  و برای دیدن فیلم راهنمای ویدیویی از آیکون  استفاده کنید.



شکل (۱-۴): پنجره مثال‌ها

⁴ Tab

⁵ Application Examples

⁶ Additional Examples

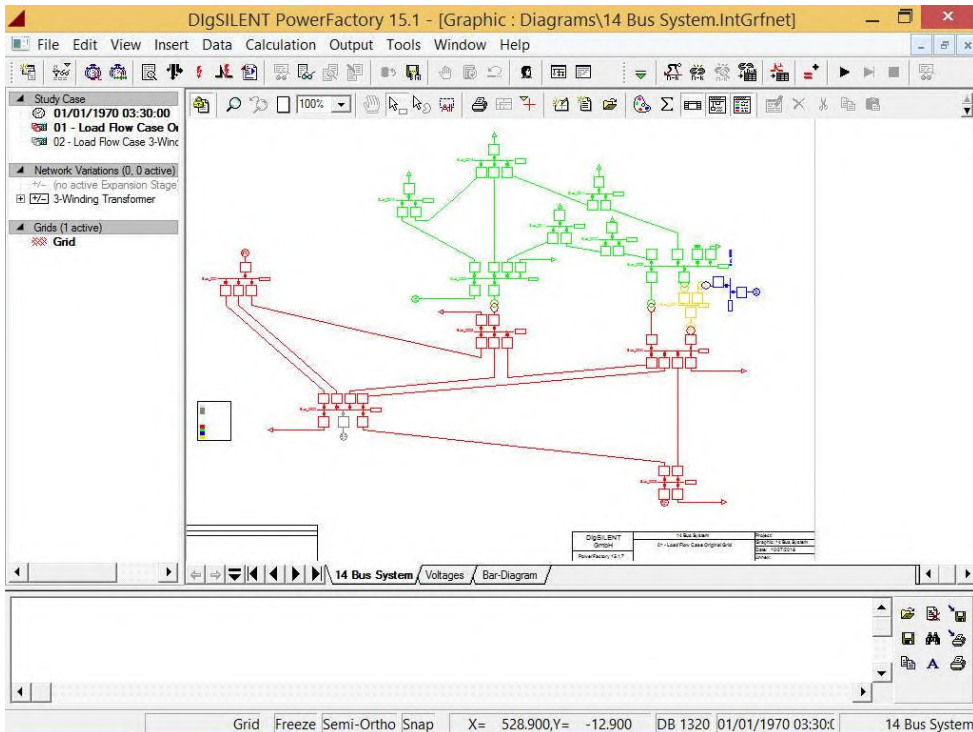
⁷ Load

⁸ Documentation

روی تب Additional Examples کلیک کنید و مطابق با شکل (۴-۱) مثال 14 Bus System را بارگذاری کنید.

در فصل‌های آینده این شبکه را همراه با جزئیات رسم و تحلیل خواهیم کرد.

به صفحه ظاهر شده و دیاگرام تک‌خطی^۹ مطابق با شکل (۵-۱) توجه کنید.



شکل (۵-۱): دیاگرام تک‌خطی و موقعیت پنجره دیاگرام تک‌خطی

نرم‌افزار را ببندید و مجدداً طبق مراحل گفته شده نرم‌افزار را باز و این بار پنجره مربوط به تهیه نسخه پشتیبان و پنجره مربوط به مثال‌ها را ببندید. به صفحه نرم‌افزار مطابق با شکل (۶-۱) توجه داشته باشید.

^۹ One-line Diagram