# کدام نرم افزار برق

## راهنمای جامع انتخاب نرم افزار مناسب

EXCLUSIVE PRODUCT
1398
edition
POWER ENGINEERING

نویسنده
محمد سیاه تیری

اختصاصی

POWEREN.IR

www.takbook.com

بسم الله الرحمن الرحیم

"کدام نرم افزار برق"

www.takbook.com

**نام کتاب:** کدام نرم‌افزار برق

**نویسنده:** محمد سیاه تیری

**تاریخ انتشار:** آبان - 1397

"**ویرایش اول:** تیر – 1398"

تقدیم به او

آینه عشق، عاطفه و سادگی

که وجودم برایش همه "رنج" است

و وجودش برایم همه "مهر"

## کپی رایت:

*شما می‌توانید این کتاب را به دوستان خود هدیه داده و یا با لبخند نشر دهید.*



www.takbook.com

# فهرست


مقدمه ..... 1

مهندسی برق ..... 2

گرایش قدرت ..... 2

معرفی قدرت ..... 6

**تولید** ..... 7

**انتقال** ..... 8

**توزیع** ..... 8

ماشین های الکتریکی ..... 9

**نرم افزارهای گرایش ماشین های الکتریکی** ..... 10

**انتخاب اول: مکسول - Ansys Maxwell** ..... 11

معرفی ..... 11

کاربرد ..... 12

مقاله نویسی ..... 12

مکسول در ایران ..... 12

وجه بین المللی ..... 13

برخی از ویژگی های مکسول ..... 13

**انتخاب دوم: کامسول - Comsol** ..... 14





www.takbook.com

معرفی ..... 14
کاربرد ..... 16
مقاله نویسی ..... 18
کامسول در ایران ..... 18
برخی از ویژگی های کامسول ..... 18
الکترونیک قدرت ..... 19
**نرم افزارهای گرایش الکترونیک قدرت** ..... 20
**انتخاب اول: متلب – Matlab** ..... 21
معرفی ..... 21
کاربرد ..... 22
مقاله نویسی ..... 23
متلب در ایران ..... 23
وجه بین المللی ..... 24
برخی از ویژگی های متلب ..... 24
**انتخاب دوم: ارکد – OrCAD** ..... 26
معرفی ..... 26
برخی از ویژگی های ارکد ..... 29
سیستم‌های قدرت ..... 30
**نرم افزارهای گرایش سیستم‌های قدرت** ..... 33



www.takbook.com

**انتخاب اول: دیگسایلنت - DigSILENT** ..... 34
معرفی ..... 34
کاربرد ..... 35
مقاله نویسی ..... 35
دیگسایلنت در ایران ..... 36
وجه بین المللی ..... 37
برخی از ویژگی های دیگسایلنت ..... 37
**انتخاب دوم: ای ام تی پی - EMTP** ..... 39
معرفی ..... 39
کاربرد ..... 40
مقاله نویسی ..... 41
EMTP در ایران ..... 41
وجه بین المللی ..... 41
برخی از ویژگی های EMTP ..... 41
برق در صنعت ..... 42
**حوزه‌های کاری برق صنعتی** ..... 44
**انتخاب اول: پی ال سی - PLC** ..... 44
معرفی ..... 44
تعریف PLC ..... 45
کنترل‌لر ..... 45



www.takbook.com

منطقی ..... 46
برنامه پذیر ..... 46
انتخاب کامپیوتر یا PLC ..... 46
پیش از PLC ..... 47
رشد ناگهانی PLC ..... 49
انواع PLC ..... 50
PLC های مطرح در ایران ..... 52
زیمنس ..... 52
دلتا ..... 60
سایر PLCها ..... 61
ارتباط ما و PLC ..... 61
ارتباط با متخصصین ..... 61
ارتباط با اپراتور ..... 62
HMI چیست ..... 62
بازار کار PLC ..... 62
درآمد PLC در ایران ..... 63
درآمد PLC در اروپا ..... 63
رقابت در PLC ..... 64
فرصت های جوانان ..... 64
ویرایش دوم ..... 65



www.takbook.com

# مقدمه

در ابتدا تشکر می کنم که ما را انتخاب کردید، در کتاب کدام نرم‌افزار برق سعی خواهم کرد به شما مناسب ترین نرم‌افزار را با توجه به گرایش تحصیلی، امکان کسب درآمد، به روز بودن، وجه جهانی، در دسترس بودن و ... به شما معرفی نمایم.

به لطف دانش کامپیوتر هر روزه شاهد نرم افزارهای جدیدی در حوزه برق هستیم که برخی از آنها مورد اقبال قرار می گیرند و اندک اندک وارد صنعت می شوند و از طرفی دیگر تعداد زیادی از آنها مسیر ناکامی بسیاری از نرم افزارهای دیگر را طی می کنند که شاید در پس هزینه های هنگفت تنها یک سال در کنار مهندسین حضور داشتند.

خوشبختانه شناخت نرم افزارهای کاربردی با قطعیت بالایی امکان پذیر است و نیازی نیست که شما با استفاده از آزمون و خطا در این مسیر قدم نهید، کتاب حاضر تنها حاصل پژوهش و تجربه های بنده نیست بلکه از اساتید برجسته ای همانند؛ دکتر کریم عباس زاده (استاد تمام دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی)، دکتر محمد اردبیلی (استاد تمام دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی)، دکتر محمد توکلی بینا (استاد تمام دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی)، دکتر مصطفی جعفری (استاد دانشگاه فنی شهید چمران کرمان)، دکتر اصغر اکبری ازیرانی (استاد تمام دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی)، مهندس رضا پژمانفر (نویسنده کتاب های مطرح برق) کمک گرفته ام تا در نهایت بتوانیم به شما بهترین گزینه را معرفی نمایم، هر کدام از شخصیت های یادشده در زمینه ای خاص مانند؛ صنعت، مقاله نویسی، مدیر گروه برق، ادیتور IEEE و ... فعالیت دارند و این تحقیق سبب شد که بتوانیم گزینه ای جامع برای مخاطبین گرامی درنظر بگیریم.



www.takbook.com

# مهندسی برق

بدون شک رشته برق یکی از آینده دارترین رشته ها در میان رشته های مهندسی می باشد و چون مخاطب این کتاب مهندسین برق می باشند به همین دلیل نیازی نیست که مزیت های بی شمار این رشته را برشماریم، مهندسی برق به گرایش های؛ مهندسی قدرت، مهندسی الکترونیک، مهندسی مخابرات، مهندسی کنترل، مهندسی مکاترونیک و مهندسی پزشکی (بیوالکتریک ـ بیوانفورماتیک) تقسیم می شود، هرچند این رشته دارای زیرگرایش های خاص دیگری نیز می باشد ولی در حال حاضر گرایش های مشخص و پایه ای این رشته مهندسی به موارد یاد شده خلاصه می شود.

در نخستین نسخه این کتاب تمام تمرکز ما بروی گرایش قدرت خواهد بود و در صورت استقبال شما عزیزان در طول زمان سایر گرایش ها نظیر؛ الکترونیک، مخابرات، کنترل، مکاترونیک، برق صنعتی و مهندسی پزشکی را نیز به آن خواهیم افزود.

# گرایش قدرت

بدون شک گرایش قدرت یکی از قدیمی ترین زیر مجموعه های رشته برق می باشد که حیات آن با زمان پیدایش نیروی برق و انتقال آن آغاز شده است و به همین دلیل همواره در کشورهای توسعه یافته در حال توسعه به شدت مورد توجه قرار می گیرد.

تاریخچه یک گرایش و روند پیشرفت آن به ما کمک می کند که نرم‌افزار مناسبی را انتخاب کنیم چرا که گذر زمان باعث به وجود آمدن مسائل نوین و کنار رفتن مسائل قدیمی می گردد کما اینکه فلسفه حضور نرم افزارهای مهندسی بیشتر ابداع می باشد تا صرفا بررسی کارهای گذشته.



www.takbook.com

گرایش قدرت در 30 سال گذشته به شدت تغییر کرده است، این تغییر به قدری بزرگ می باشد که گویا یک مرد 55 ساله یکباره به جوانی 19 ساله تغییر سن داده باشد!

**اما این تغییرات چه مواردی می باشند و موارد یاد شده تا چند سال تاریخ انقضاء دارند؟**

تغییرات گسترده گرایش قدرت مدیون دو حوزه؛ الکترونیک قدرت و انرژی های نو می باشد، با استفاده از الکترونیک قدرت توانسیتم سبک های مختلف ولتاژی (AC-DC) را به یکدیگر تبدیل نماییم، تغییرات سطح ولتاژی در حالت DC داشته باشیم که تا قبل از این به سختی امکان پذیر بود و درنهایت دنیای موتورهای AC را با اینورتر ها به کلی دگرگون نماییم.

حوزه الکترونیک قدرت در ابتدای راه است و همچنان مرزهای جدیدی هر روز به خود می بیند که گویا این دانش تازه متولد شده است.

اما حوزه انرژی های نو نه تنها باعث پیشرفت الکترونیک قدرت شد بلکه بیشتر از آن ماشین های الکتریکی (موتو – ژنراتور) را تحت شعاع قرار داد و سبب ایجاد نسل های جدید و البته کاربردی تر از ماشین های امروزی گشت.

در حوزه ماشین های الکتریکی شاهد تنوع نرم‌افزار بیشتری نسبت به الکترونیک قدرت هستیم و دلیل آن هم مشخص است؛ حضور همزان الکتریسیته، مغناطیس، حرارت و مکانیک.

بزرگترین غفلت بشر امروزی را می توان عدم توجه کافی به انرژی های بی پایان پاک (حداقل برای میلیون ها سال) دانست که چه ساده این انرژی ها هر روز در حال هدر رفتن هستند.

اگر شرایط پیچیده تغییرات آب و هوایی (climate change) را مدنظر قرار بگیریم و به رفرنس های چاپ شده نگاهی بیاندازیم بسادگی متوجه خواهیم شد اگر فعالیت های



www.takbook.com

انسانی به همین اندازه کنونی باشد و افزایش نیابد، هرساله شاهد افزایش دما به صورت میانگین 0.04 سانتی گراد خواهیم بود! و این میانگین دما مسلما افزایش خواهد یافت چرا که هر ساله شاهد رشد چشمگیر فعالیت های انسانی نیز هستیم. اریک سولهیم، رئیس برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد می گوید: «افزایش دمای کره زمین به میزان ۳٫۲ درجه، یعنی به اندازهٔ کافی برای نجات جان صدها میلیون نفر از فاجعه‌ای که در آینده روی خواهد داد، کاری انجام نشده است.» در این زمینه قاره آسیا، آسیب پذیرترین نقطهٔ دنیا است. اگرچه افزایش سطح آب دریاها به یکباره روی نخواهد داد اما افزایش تدریجی آن، زندگی چهار پنجم از ساکنان این قاره را تحت تاثیر قرار خواهد داد.

بنا بر مدل سازی‌های تصویری، شهر اوزاکا در ژاپن که قلب تجاری منطقه محسوب شده و تولید ناخالص داخلی آن به اندازه کشوری مانند هلند است، در زیر آب ناپدید خواهد شد.

افزایش سطح آبها، وقوع طوفان‌ها و سیلابهای ساحلی را افزایش می دهد و بر این اساس پژوهشگران پیش بینی می‌کنند که این طوفانها و طغیانها تا سالهای ۲۰۷۰ میلادی حدود یک تریلیون دلار از سرمایه‌ها و زیرساختهای اوزاکا را به خطر بیندازد.

از دیگر شهرهایی که قربانی گرم شدن زمین خواهند شد، بندر اسکندریه مصر است.

پیش‌بینی می شود که این شهر تاریخی نیز به‌تدریج به زیر آب برود. بنا بر گزارش هیات "بین دولتی تغییرات اقلیمی"، سواحل اسکندریه حتی با افزایش ارتفاع ۰٫۵ متری آب دریا نیز ناپدید خواهند شد و به این ترتیب دستکم ۸ میلیون نفر از ساکنان این منطقه و دلتای رود نیل، مجبور به نقل مکان می‌شوند.

ریو دو ژانیرو در برزیل نیز دیگر شهر قربانی افزایش دمای زمین خواهد بود. برآورد می‌شود بر اثر بالا آمدن سطح آب‌های زمین در این شهر، به مرور زمان سواحل دیدنی و فرودگاه



www.takbook.com

محلی و سپس مکان‌هایی که در سال گذشته میزبان بازی‌های المپیک بودند، به‌تدریج در زیر آب مدفون خواهند شد.

شهر مشهور شانگهای در چین نیز کاملا ناپدید خواهد شد. این شهر که بزرگترین بندر جهان محسوب می شود، یکی از آسیب‌پذیرترین نقاط دنیاست. این شهر شامل چند جزیره، دو ساحل طولانی، بنادر کشتیرانی و کیلومترها کانال، رودخانه و آبراه است. پیش‌بینی می‌شود با افزایش تدریجی سطح آب و همچنین افزایش سیلابها ۱۷/۵ میلیون نفر مجبور به نقل مکان شوند.

شهر میامی در ایالات متحده آمریکا نیز از دیگر مکانهایی است که به‌شدت از گرمایش زمین آسیب خواهد دید. در سالهای اخیر جزر و مدهای غیرمتعارف و به صدا درآمدن زنگهای خطر و پیشروی آب دریا به مناطق ساحلی آنقدر تکرار شده است که اکنون این وضعیت، برای ساکنان این منطقه به پدیده‌ای عادی تبدیل شده است.

به این ترتیب بر اساس برآورد دانشمندان، زندگی دستکم **۲۷۵ میلیون** نفر در سراسر جهان تحت الشعاع قرار خواهد گرفت.

و درنهایت در آینده نزدیک شاهد تخلیه بسیاری از مناطق دارای جمعیت انسانی خواهیم بود.

این مسائل برای کشورهای جهان سوم که درگیر مسائل نامساعد داخلی هستند شاید مهم به نظر نرسند ولی به صورت کلی مسیر جدید برای رشته برق در حال ترسیم می باشد، به سادگی می توان دید که نیروگاه های پاک و از طرفی خودرو های پاک در حال رشد سرسام آوری هستند و این دسته از وسایل نیاز به ماشین های (موتور - ژنراتور) جدید دارند که باید توسط نرم افزارهای تخصصی و حرفه‌ای طراحی و تحلیل شوند.



www.takbook.com

نکته دیگری که سبب رشد نرم افزارها می شود حضور بازار سرمایه است؛ هر ساله شرکت های خودروسازی سرمایه های عظیمی بروی نرم افزاهای ساخت خودرور و ماشین های الکتریکی انجام می دهند چرا که در دنیای رقابت بدنبال برتری هستند (اروپا)، این مورد در آمریکا بروی نرم افزارهای انتقال و شبیه سازی خطوط برق بیشتر به چشم می خورد و درنهایت ما به عنوان مهندسین متخصص می بینیم که شرکت های سازنده به صورت مستمر آپدیت های منظم و قوی برای محصولات خود ارائه می کنند، این مورد درحالیست که در برخی از رشته های برق به دلیل عدم حضور بازار سرمایه شاهد نرم‌افزار مطرحی نیستیم و یا اگر نرم‌افزار مطرحی حضور دارد هر چند سال یکبار تغییرات جزئی به خود می بیند.

در ادامه به معرفی دقیق تر این رشته تحلصیلی خواهیم پرداخت؛

## معرفی قدرت

همان‌طور که اشاره شد عمده مباحث در مهندسی برق قدرت بر تولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریکی و برخی تجهیزات مصرف‌کننده انرژی الکتریکی استوار است، که این خود شامل ترانسفورماتورها، ژنراتورها، موتورهای الکتریکی و تجهیزات الکترونیک قدرت است.

در بسیاری از کشورهای جهان، دولت شبکه‌های الکتریکی را به منظور اتصال مولدها و مصرف‌کننده های الکتریکی راه‌اندازی می‌کند. این شبکه در اصطلاح شبکه قدرت نامیده می شود. به وسیله این شبکه مصرف‌کننده‌های الکتریکی می توانند بدون متحمل شدن سختی‌ها و هزینه‌های مربوط به تولید برق به صورت جداگانه، برق را از شبکه خریداری نمایند. در این میان یکی از وظایف مهندسین برق قدرت، طراحی و نگهداری شبکه‌های الکتریکی و مصرف‌کننده‌های متصل شده به شبکه است. تجهیزات متصل شده به شبکه



www.takbook.com

الکتریکی (on-grid) نامیده می شوند. این تجهیزات می توانند به شبکه، توان الکتریکی تزریق کرده یا برعکس از آن توان دریافت کنند یا حتی، هر دو کار را با هم انجام دهند.

مهندسین قدرت، فعالیت هایی را در زمینهٔ تجهیزات جدای از شبکه (off-grid) نیز انجام می‌دهند. دلیل استفاده نکردن از شبکه در این نوع مصرف‌کننده‌ها عموماً ثابت نبودن این مصرف‌کننده‌هاست به صورتی که هزینه اتصال برای آن‌ها در هر جابه‌جایی، امکان وصل به شبکه را برای آن‌ها غیرممکن می‌کند.

امروزه بیشتر شبکه‌های الکتریکی از توان الکتریکی به صورت سه فاز متناوب استفاده می‌کنند که دلیل اصلی این انتخاب سهولت در تولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریکی بدین صورت است. البته معمولاً در مصرف‌کننده‌های کوچک توزیع به صورت تک فاز صورت می گیرد که این به دلیل ضروری نبودن وجود سه فاز و همچنین ایمنی بیشتر برای این مصرف‌کننده هاست. با این وجود در صنایع و مصرف‌کننده‌های توان بالا برای بالا بردن بهره‌وری و استفاده از موتورهای سه فاز، انرژی الکتریکی به صورت سه فاز توزیع می شود.

**تولید**

تولید انرژی الکتریکی فرآیندی است که در طول آن دیگر شکل‌های انرژی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شوند. برای انجام این فرایند راه‌های متعددی وجود دارد.

نمایی از یک نیروگاه

از تبدیل الکترومکانیکی معمولاً در مواردی استفاده می‌شود که منبع انرژی زغال سنگ (نیروگاه سوخت فسیلی), نفت، گاز طبیعی، اورانیوم (انرژی هسته‌ای), جریان آب یا جریان باد باشد و در تمام این موارد به جز انرژی بادی برای تبدیل انرژی مکانیکی به انرژی الکتریکی از ژنراتورهای سنکرون AC که به توربین بخار، گازی یا آبی متصل هستند استفاده می‌شود. استفاده از این نوع ژنراتورها دارای فواید بسیاری است که استفاده از آن‌ها را در بیشتر صنایع بزرگ تولید برق رایج کرده‌است.

**انتقال**

نمایی از خطوط فشار قوی

در این شاخه تمرکز مهندسین بروی انتقال برق تولیدی می باشد که در نوع خود مسائل چالشی بسیار زیادی به همراه دارد به گونه ای که این گرایش را بیشتر از هر روز دیگر گسترده تر کرده است. حوزه انتقال همواره از مصرف کنندگان هم تاثیر پذیرفته است به صورتی که با پیچیده شدن بارهای مصرفی نحوه مدیریت انتقال نیز پیچیده تر شده است.

**توزیع**

توزیع انرژی الکتریکی در واقع دریافت برق از شبکه انتقال و رساندن آن به مصرف‌کننده هاست. تبدیل ولتاژ وارد شده به سیستم توزیع به ولتاژ مورد نیاز مصرف‌کننده ها نیز در حوزه توزیع برق قرار میگیرد.

نمایی از پست فشار ضعیف توزیع

اجازه دهید در ادامه به ذکر زیرگرایش های این رشته مهندسی پرداخته و سپس به معرفی نرم افزارهای کاربردی هر گرایش بپردازیم.

**رشته مهندسی برق قدرت شامل؛**

ماشین های الکتریکی، الکترونیک قدرت، سیستم‌های قدرت، برنامه ریزی و مدیریت سیستم‌های انرژی و سامانه های برقی حمل و نقل می باشد که به ترتیب به معرفی نرم افزارهای کاربردی هر زیرگرایش می پردازیم.

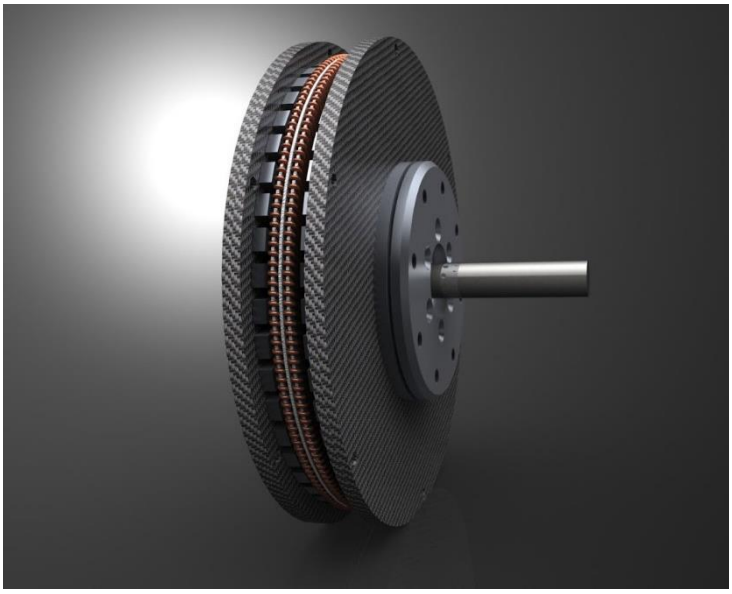
## ماشین های الکتریکی

در این گرایش شما به صورت کلی با ماشین های الکتریکی سروکار خواهید داشت، این حوزه به جهت انرژی های نو به شدت در حال تغییر می باشد و متناسب با نیازها شاهد مدل های جدیدی از ماشین ها هستیم.

هیچ گاه نمی توان از نقش ماشین های الکتریکی در زندگی بشر متمدن، چشم پوشی کرد. امروزه می توان در جای جای زندگی بشر، نقش این ماشین ها را دید. یک ماشین الکتریکی را می توان به عنوان دستگاهی تعریف کرد که می تواند انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی و بالعکس تبدیل کند. در مورد ماشین های الکتریکی دو مفهوم بسیار مهم تحت عنوان ژنراتور و موتور وجود دارند که می توان هر کدام را بدین گونه تعریف کرد؛ هر گاه ماشین الکتریکی، انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل کند، آن را می توان ژنراتور یا مولد الکتریکی نامید و هر گاه انرژی الکتریکی را به مکانیکی تبدیل کند،



www.takbook.com



نسل جدید ماشین های الکتریکی – Axial Flux Machine

آن را موتور الکتریکی می گویند. به دلیل اینکه در هر ماشین الکتریکی قطعاً تبدیل انرژی در یک جهت انجام می گیرد، می توان آن را به طور قطع ژنراتور یا موتور نامید. (البته در حال حاضر ماشین های همزمان موتو و ژنراتور نیز در دست تحقیق و بررسی می باشند.) در همه ماشین های الکتریکی از مواد مغناطیسی برای شکل دادن و جهت بخشیدن به میدان های مغناطیسی که جزء اجتناب ناپذیر ماشین های الکتریکی هستند، استفاده می شود.

**نرم افزارهای گرایش ماشین های الکتریکی**

کامسول - Comsol

مگنت - Infolytica Magnet

انسیس مکسول – Ansys Maxwell

فلاکس - Altair Flux

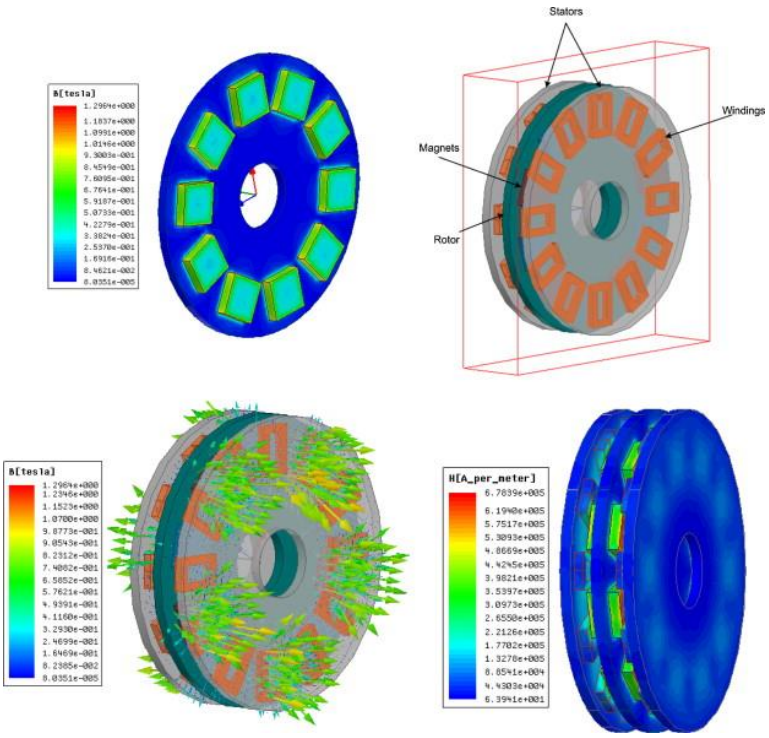
متلب – MATLAB

## نرم افزارهای پیشنهادی گرایش ماشین های الکتریکی

## انتخاب اول: مکسول - Ansys Maxwell

### معرفی

مکسول نرم‌افزاری برای آنالیز پیشرفته میدانهای مغناطیسی اجسام الکترومغناطیسی می باشد. از این نرم‌افزار در طراحی و شبیه سازی موتورها، ترانسفورماتورها، سیم پیچ ها و کلا دستگاه‌های که بصورت مغناطیسی کار می کنند استفاده می شود. این نرم‌افزار بر اساس استاندارهای روز و با آخرین تکنولوژی ساخته شده است.



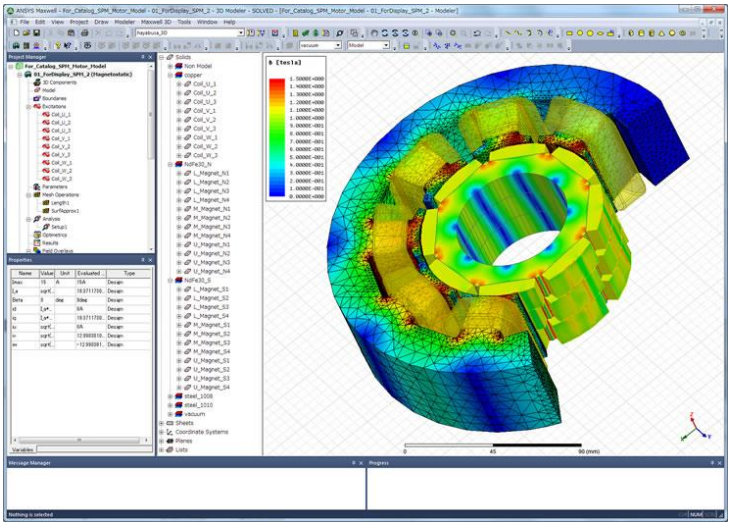
شبیه سازی یک ماشین Axial Flux (شار محور) در نرم افزار مکسول

شما با این نرم‌افزار پرقدرت می توانید انواع حالات مغناطیسی چه در ترانسفرماتورها و یا در ماشین های الکتریکی را پیاده سازی کنید، در دنیای واقعی قبل از اینکه کارشناسان و مهندسین دست به ساخت ماشینی بزنند ابتدا ماشین مورد نظر را با این برنامه شبیه سازی کرده سپس در صورت عدم وجود مشکل، آن را عملا می سازند البته باید در نظر داشت این برنامه می تواند باعث بهبود عملکرد ماشین های کنونی نیز گردد.

به دلیل سطح پردازش های بالای نرم‌افزار مکسول؛ ران و یا اجرای یک برنامه ممکن است ساعت ها به طول انجامد که ممکن است به سیستم شما فشار بیاید لذا توصیه می کنیم حتما از یک سیستم خوب جهت انجام محاسبات بهره گیرید.

## کاربرد

این نرم‌افزار به دلیل محبوبیت بالا میان شرکت های خصوصی به سرعت در حال استفاده و توسعه می باشد و از سوی دیگر به دلیل اطمینان بالا از پاسخ های ارائه شده گزینه شماره یک اساتید دانشگاهی گرایش ماشین های الکتریکی برای مقاصد علمی می باشد.



شبیه سازی یک ماشین متداول شعاعی (Radial) در نرم افزار مکسول

## مقاله نویسی

اگر به مقالات 10 سال اخیر نگاهی بیاندازید متوجه خواهید شد این نرم‌افزار با اختلاف بسیار زیاد از رقبا در صدر جدول قرار گرفته است.

به دلیل فانشن های خوب طراحی این نرم‌افزار به هیچ وجه به طرح های سنتی ماشین (در اینجا منظور از ماشین؛ ترانسفورماتور و هر دستگاهی که با الکتریسیته، مغناطیس و الکترومغناطیس کار می کند می باشد) محدود نمی شود و شما می توانید طرح های خود را به راحتی شبیه سازی نمایید.

## مکسول در ایران

به دلیل نبود متخصص به اندازه کافی در رابطه با این نرم‌افزار در حال حاضر شرکت های زیادی خواهان به کارگیری مهندسین حرفه‌ای در زمینه کار با مکسول هستند، یکی از شرکت های معتبر که همواره در استخدامی های خود خواهان کارشناس مکسول می باشد شرکت مطرح "مپنا" می باشد.

> در طی بازدیدی که به شخصه از این شرکت داشتم و با مدیر گروه تحقیقات Mapna جناب دکتر ابراهیمی صحبتی داشتم مهم ترین نرم افزار کاربردی در واحد R&D این شرکت سازنده ژنراتور، نرم افزار Ansys Maxwell می باشد.
>
> —— کدام نرم افزار برق ——

## وجه بین المللی

در کشورهای اروپایی ساخت ماشین های الکتریکی برای خودروهای برقی و نیروگاه های بادی به شدت مورد توجه قرار گرفته است، به همین دلیل شرکت های مطرح خودروسازی و فعال در زمینه ساخت نیروگاه مانند؛ شرکت فولکس واگن (Volkswagen) و زیمنس (Siemens) از پارتنر های (همکار تجاری) رسمی این نرم‌افزار می باشند.

## برخی از ویژگی های مکسول

- شبیه سازی میدان الکترومغناطیسی فرکانس پایین
- انجام محاسبات با کارایی بالا
- شبیه سازی سیستم‌های الکترومکانیکی و الکترونیک قدرت
- بهینه سازی و مدل سازی پارامتری
- کارگیری فرآیند طراحی خودکار با امکان سفارشی سازی
- و ...



www.takbook.com

## انتخاب دوم: کامسول - Comsol

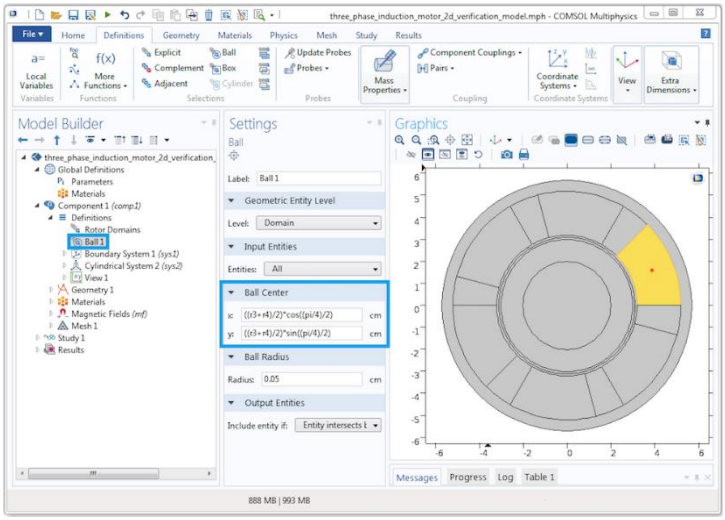
### معرفی

در سال ۱۹۸۶، اسوانت لیت مارک (Svante Littmarck) که در آن زمان دانشجوی دکترا در زمینه ی آنالیز عددی و علوم کامپیوتری در مؤسسه سلطنتی فناوری استکهلم سوئد (KTH) بود، به همراه دو هم دانشگاهی خود به نام های فرهاد سعیدی و سعید زهرای (Said Zahrai) که بعدها ازتیم جدا شدند، شروع به دریافت و انجام سفارشات برنامه نویسی نمودند. آنها پس از مدتی اقدام به تاسیس شرکت، بازاریابی و فروش تولیدات خود در زمینه ی آنالیز عددی کردند. عقد قرارداد با شرکت آمریکایی MathWorks (شرکت صاحب امتیاز MATLAB) سبب شکوفایی و توسعه ی شرکت آنها گردید. پس از اتمام همکاری با شرکت Mathwork، اسوانت و سعیدی تصمیم گرفتند که سود عاید از قرارداد های قبلی خود را در زمینه‌ی توسعه ی محصول نرم‌افزاری به نام FEMLAB سرمایه گذاری کنند. این طرح با موفقیت رو به رو شد و FEMLAB توانست جایگاهی در میان سایر نرم‌افزار های حل عددی پیدا کند. امروزه دفتر اصلی شرکت در استکهلم سوئد واقع گردیده و در کشورهایی نظیر آمریکا و هند نیز دارای نمایندگی فروش و توسعه می باشند.



www.takbook.com

از سال ۲۰۰۵، نام FEMLAB به COMSOL Multiphysics تغییر داده شد. در حال حاضر کاربرد این نرم‌افزار با سرعت چشم گیری در میان طرفداران تکنولوژیهای سطح بالا ( High Tech) در حال گسترش بوده و دانشگاه های معتبری نظیر Stanford و MIT از این محصول در آزمایشگاه های خود استفاده می کنند. هم چنین بزرگ ترین مشتری تجاری این نرم‌افزار سازمان فضایی آمریکا (NASA) می باشد. از دیگر مشتریان مطرح کامسول می توان به شرکت های General Electrics و شرکت Millipore اشاره نمود. شرکت General Electrics از این نرم‌افزار جهت طراحی و شبیه سازی باتری های هیبریدی و شرکت Millipore به منظور توسعه محصولات بیوتکنولوژی خود از این محصول استفاده می کنند.



شبیه سازی یک ماشین الکتریکی در نرم افزار کامسول

نرم‌افزار کامسول درواقع یک مجموعه کامل شبیه‌سازی است که می‌تواند معادلات دیفرانسیل و سیستم‌های غیرخطی را توسط مشتق‌های جزئی به روش اجزاء محدود (FEM) در فضاهای یک، دو و سه بعدی حل نماید. این نرم‌افزار می‌تواند در حضور چالش‌هایی نظیر میدان‌های الکترومغناطیسی، کشش، دینامیک سیالات و دینامیک گاز به خوبی راهگشا باشد. COMSOL همچنین فرصتی برای حل مشکل به عنوان یک فرمول ریاضی (در فرم معادلات) و فیزیکی (انتخاب مدل فیزیکی، به عنوان مثال مدل فرآیند انتشار) برای کاربر می باشد. بدیهی است که در هر صورت معادلات سیستم حل خواهد

شد، تفاوت فقط در امکان استفاده از سیستم‌های فیزیکی و جسمی و واحدها نهفته است. به اصطلاح حالت فیزیکی، می‌توان از معادلات پیش تعریف شده برای اکثر پدیده‌های انجام گرفته در علوم و فناوری استفاده کرد، مانند انواع روش‌های انتقال حرارت و برق، تئوری الاستیسیته (کِشسانی)، نفوذ مولکولی، انتقال جرم و انتشار، انتشار موج و جریان سیال.

با استفاده از نرم‌افزار COMSOL می‌توان طراحی و شبیه‌سازی پروژه‌های مهندسی برق، مکانیک، علوم زمین، شیمی، فیزیک، نجوم و کوانتوم را انجام داد. همچنین این برنامه امکان تعامل با نرم‌افزارهای مهندسی دیگر مانند؛ کتیا،متلب، سالیدورکس، اینونتور، اکسل و... را دارد.

**کاربرد**

نرم‌افزار کامسول به صورت مجازی برای شما یک آزمایشگاه کاملا مجهز را فراهم می آورد که در آن شاهد پدیده های مختلف فیزیک خواهید بود، در این نرم‌افزار تمرکز بروی یک شاخه نبوده و می توانید از جهات مختلف در آن شبیه سازی انجام دهید.

درواقع نرم‌افزار COMSOL Multiphysics همه منظوره بوده و با استفاده از روش های حل عددی پیشرفته اقدام به مدل سازی و شبیه سازی مسائل فیزیک محور می کند. با استفاده از این نرم‌افزار شما قادر خواهید بود که پدیده های شامل چند فیزیک و یا پدیده-پهای جفت شده به هم (coupled) را به کمک بیش از ۳۰ ماژول موجود در این نرم‌افزار تحلیل کنید. همچنین قادر خواهید بود که پلتفرم شبیه سازی را با استفاده از ابزارها و رابط های اختصاصی برای کاربردهای الکتریکی، مکانیکی، شیمیایی و جریان سیال توسعه دهید. افزونه های (Add-Ons) این نرم‌افزار امکان اتصال شبیه سازی های شما در محیط COMSOL Multiphysics را با سایر روش های؛ محاسباتی، نرم افزارهای طراحی دو

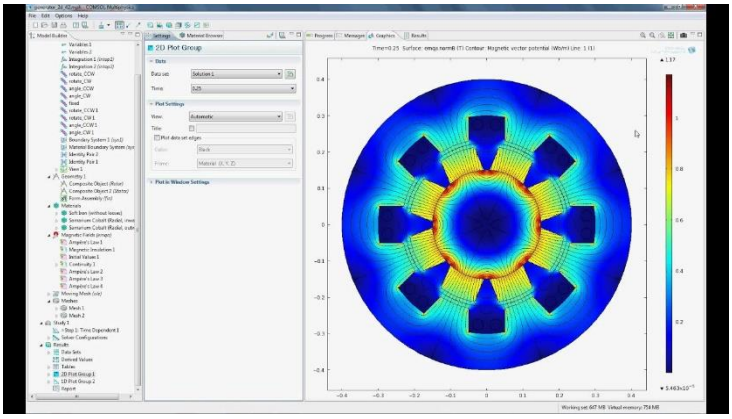


www.takbook.com

بعدی و سه بعدی (CAD) و نرم افزارهای طراحی قطعات الکترونیکی (ECAD) به صورت همزمان (real-time) فراهم می آورد.

هر سه مرحله ی پیش پردازش، پردازش و پس پردازش در محیط کامسول قابل انجام است. جهت سهولت در طراحی و شبیه‌سازی امکان برقرای ارتباط هم زمان (Live Link) با سایر نرم افزارها نظیر متلب (MATLAB)، اکسل (Excel)، اتوکد (AutoCAD)، سالیدورک (SolidWorks)، سالید اج (Solid Edge)، رویت (Revit)، کتیا (CATIA) و اینونتور (Inventor) وجود دارد که به هنگام نصب نرم‌افزار در صورت موجود بودن نرم افزارهای ذکرشده، پلاگین های (plug in) نرم‌افزار به صورت خودکار در نرم افزارهای مقصد بارگذاری می شوند.

محیط کار (Desktop) نرم‌افزار COMSOL به صورت یکپارچه می باشد که سبب سهولت در انجام شبیه سازی های مابین رشته ای می شود. ماژول های افزودنی به نرم‌افزار نیز این یکپارچگی را حفظ نموده و نحوه تعامل شما با نرم‌افزار حتی در حضور این ماژول ها به هیچ عنوان تغییر نمی کند. با استفاده از این نرم‌افزار به راحتی می توانید با قابلیت اطمینان بالایی مدل هایی از یک نوع فیزیک را در محیط و بسترهایی با چند فیزیک توسعه دهید تا چندین پدیده به صورت همزمان درحل مساله لحاظ شوند. دستیابی به این امکان حتی این قدرت را به شما می دهد که بدون دانستن معلومات عمیق از مدل ریاضی مساله و روش های حل عددی، مسایل خود را حل نمایید.



تحلیل ماشین الکتریکی در نرم افزار کامسول



www.takbook.com

به عنوان مثال، شما در COMSOL Multiphysics قادر خواهید بود که معادلات دلخواه خود را که می تواند شامل خواص ماده، مرزها، ترم های مربوط به منبع و چاه ( sink and source) و یا یک جفت معالات دیفرانسیل جزئی (PEDs) باشد را وارد مساله کنید.

این نرم‌افزار ماژول های مختلفی نیز در اختیار دارد که می توان به؛ Chemical، Fluid، Mechanical، Electrical و Interfacing اشاره نمود.

**مقاله نویسی**

نرم‌افزار Comsol نیز در زمینه مقاله نویسی به قدر کافی شناخته شده است و در مواردی که نیاز به بررسی کلی پدیده های فیزیکی داشته باشیم نرم‌افزار کامسول بدون شک انتخاب خوبی خواهد بود.

**کامسول در ایران**

این نرم‌افزار به دلیل دید کلی به مسائل به صورت کار با جزئیات بالا (Detailed Design) در شرکت ها مورد استفاده قرار نمی گیرد ولی در مواردی که نیاز به بررسی ابعاد مختلف پروژه باشد شرکت ها ترجیح می دهند با کامسول کار کنند، این نرم‌افزار فانشن های زیادی در اختیار دارد که می توانند پروژه را به صورت کامل پوشش دهند.

**برخی از ویژگی های کامسول**

- طراحی و شبیه‌سازی پروژه‌های مهندسی برق، مکانیک، علوم زمین، شیمی، فیزیک، نجوم و کوانتوم.
- حل معادلات دیفرانسیل سیستم‌های غیر خطی توسط مشتق‌های جزئی روش المان محدود در فضاهای یک، دو و سه بعدی.



www.takbook.com

- راهگشای خوبی در حضور چالش‌هایی نظیر میدان‌های الکترومغناطیسی، کشش، دینامیک سیالات و دینامیک گاز.
- امکان تعامل با نرم‌افزارهای مهندسی دیگر مانند؛ کتیا، متلب، سالیدورکس، اینونتور، اکسل و...
- قابلیت نصب در سیستم عامل Mac OS و Linux.
- و ...

## الکترونیک قدرت

این شاخه از گرایش مهندسی برق قدرت نسبت به دو گرایش؛ ماشین های الکتریکی و سیستم‌های قدرت از سن کمتری برخوارد می باشد و در واقع با پیشرفت مسائل، چالش های کنترل توان، بار های پیچیده تر، بهبود توان، مسائل کنترلی و ... به وجود آمد.

الکترونیک قدرت مبحثی است متشکل از؛ مهندسی الکترونیک و مهندسی قدرت که در آن عملکرد الکترونیک حالت جامد برای کنترل و تبدیل توان الکتریکی بررسی می‌گردد. به عبارت دیگر الکترونیک قدرت به بررسی استفاده از نیمه هادی‌ها و هادی ها در توان های بالا می‌پردازد.

تقریبا تمام منابع تغذیه جدید همچون شارژرها، اینورترها و یو پی اس‌ها از ساختارهای الکترونیک قدرت استفاده می‌کنند. برای مثال شارژر موبایل و لپ‌تاپ، منابع تغذیه



www.takbook.com

اینورتر (مبدل) نمادی از یک محصول الکترونیک قدرت

کامپیوتر و مانیتور، سیستم‌های قدرت ماشین‌های لباسشویی و ... بر این اساس طراحی و ساخته می‌شوند. در صنعت رایجترین کاربرد الکترونیک قدرت استفاده در درایوهای ماشین های القایی می باشد. در سطوح توان بالاتر، الکترونیک قدرت در کاربردهایی مانند انرژی‌های نو و بهینه‌سازی سیستم قدرت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

این مورد که گفته می شود این گرایش به تازگی در میان سایر گرایش های اصلی قدرت (ماشین های الکتریکی و سیستم‌های قدرت) حضور پیدا کرده است نه تنها یک امتیاز منفی نیست بلکه به شدت باعث جذاب تر شدن و البته آینده دار بودن این گرایش شده است، اگر شما به دانشجویانی که در این گرایش تحصیل می کنند نگاهی بیاندازید متوجه خواهید شد که همگی به دنبال حوزه های جدید و تجربه مسائل منحصر به فردی هستند و به همین دلیل الکترونیک قدرت را انتخاب کرده اند.

**نرم افزارهای گرایش الکترونیک قدرت**

ارکد - OrCAD

متلب – MATLAB

پروتئوس – Proteus

پی اسپایس – PSpice

اچ اسپایس – HSPICE

آلتیوم دیزاینر – Altium Designer

"کدام نرم افزار برق"

www.takbook.com

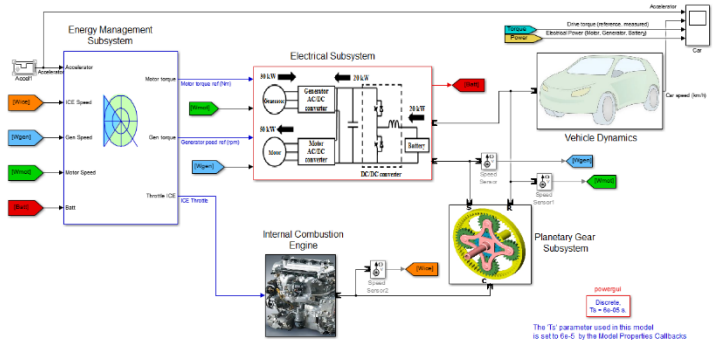
## نرم افزارهای پیشنهادی گرایش الکترونیک قدرت

### انتخاب اول: متلب – Matlab

**معرفی**

نرم‌افزار متلب به جرات شناخته ترین نرم‌افزار در میان تمام برنامه های مهندسی می باشد که به دلیل؛ قدرت بالای محاسبات، جامع بودن، رابط کاربری قوی، به روز بودن (ارائه حتمی 2 آپدیت اصلی در سال)، امکان افزودن ماژول های شخصی و ... توانسته به راحتی این محبوبیت را حفظ نماید.

Cleve Moler، رئیس بخش علوم کامپیوتر در دانشگاه نیو مکزیکو، در اواخر دهه ۱۹۷۰ شروع به توسعه MATLAB کرد. او این برنامه را طراحی کرد تا به دانش آموزانش اجازه دسترسی به LINPACK و EISPACK بدون نیاز به یادگیری Fortran را بدهد. این موضوع به زودی به سایر دانشگاه‌ها گسترش یافت و مخاطبان علاقه‌مندی در جامعه ریاضی کاربردی پیدا کرد.




شبیه سازی یک ماشین الکتریکی در سیمولینک متلب

مهندس جک لیتل، در طی دیدار با Moler از دانشگاه استنفورد در سال ۱۹۸۳ با متلب آشنا شد. او با تشخیص پتانسیل تجاری متلب، تصمیم به همکاری با Moler گرفت. آن‌ها در سال ۱۹۸۴ MATLAB را منتشر کردند و MathWorks را در سال ۱۹۸۴ تأسیس کردند. در سال ۲۰۰۰، MATLAB بازنویسی شد تا از مجموعه جدیدتر کتابخانه برای

دستکاری ماتریس، استفاده شود. متلب برای اولین بار توسط محققان و شاغلان در مهندسی کنترل (تخصص Little's) استفاده می‌شد، اما به سرعت در بسیاری از حوزه‌ها گسترش یافت. متلب توانست در آموزش، به ویژه آموزش جبر خطی، تحلیل عددی و در پردازش تصویر با اقبال بسیار خوبی مواجه شود.

متلب (MATLAB) درواقع یک محیط نرم‌افزاری برای انجام محاسبات عددی و یک زبان برنامه‌نویسی نسل چهارم است. واژهٔ متلب هم به معنی محیط محاسبات رقمی و هم به معنی خود زبان برنامه‌نویسی مربوطه است که از ترکیب دو واژهٔ MATrix (ماتریس) و LABoratory (آزمایشگاه) ایجاد شده‌است. این نام حاکی از رویکرد ماتریس محور برنامه است، که در آن حتی اعداد منفرد هم به عنوان ماتریس در نظر گرفته می‌شوند.

متلب که از محصولات شرکت مت‌ورکس است، برای گروه‌های مختلف مهندسان در رشته‌های مختلف از جمله مهندسی برق، مکانیک، رایانه و... کاربرد بسیاری دارد.

**کاربرد**

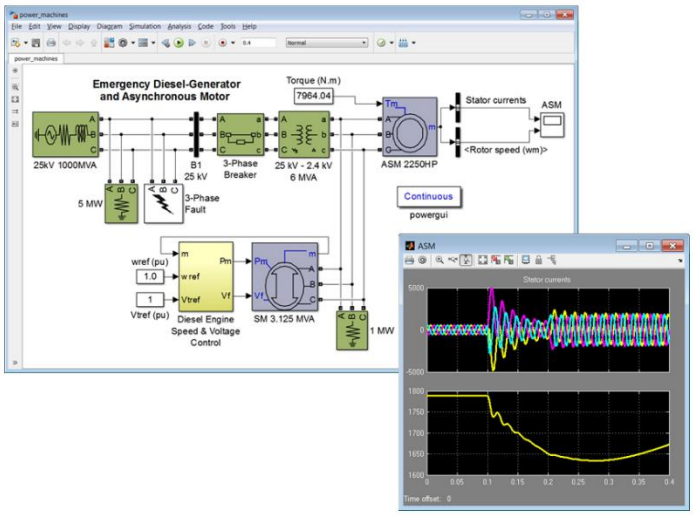
از ویژگی های بارز نرم‌افزار Matlab؛ تجزیه و تحلیل روش های متعدد و رسیدن به روش سریع تر حل مسئله می باشد. این امکان با صفحات گسترده و زبان های برنامه نویسی مانند C, C++ و یا جاوا ایجاد شده است. از این برنامه می توانید برای شبیه سازی اداوت قدرت، پردازش سیگنال و ارتباطات، پردازش تصویر و ویدئو, سیستم‌های کنترل، اندازه گیری و تست، امورمالی محاسباتی و زیست شناسی محاسباتی استفاده کنید. برنامه متلب که زبان محاسبات فنی می باشد توسط بیش از یک میلیون مهندس و دانشمند در صنعت و دانشگاه مورد استفاده قرار می گیرد.

کار کردن با ماتریس ها در متلب بسیار ساده است. یک تصویر به شکل یک ماتریس سه بعدی ذخیره می‌گردد که بُعد اول و دوم آن برای تعیین مختصات نقاط و بُعد سوم آن برای تعیین رنگ نقاط استفاده می‌شود. (داده ها تماما به صورت ماتریسی ذخیره می



www.takbook.com

شوند) فایل‌های صوتی نیز در متلب به شکل ماتریس‌های تک ستون (بردارهای ستونی) ذخیره می گردند.




شبیه سازی یک سیستم قدرت در سیمولینک متلب

در نظر داشته باشید که متلب در بعد شخصی سازی نیز بسیار خوب عمل کرده و شما می توانید توابع مورد نیاز خود را به صورت مجزا برای برنامه، بنویسید. همچنین ساخت رابط گرافیکی کاربرپسند مانند دیالوگ‌هایی که در محیط‌های ویژوال بیسیک و C وجود دارند، در متلب نیز امکان‌پذیر است. این قابلیت، ارتباط بهتری را میان برنامه‌های کاربردی نوشته شده با متلب و کاربران برقرار می‌کند.

متلب علاوه بر توابع فراوانی که دارد، برنامه‌نویس نیز می‌تواند تابع جدید تعریف کند.

## مقاله نویسی

بیش از 70% مقالات ثبت شده به صورت مستقیم یا غیر مستقیم از این نرم‌افزار استفاده کرده اند، این آمار خیره کننده در کنار نوآوری های جدید و بروز این نرم‌افزار نشان می دهد که متلب می تواند تا ده‌های آینده به راحتی در میان محققین محبوب باشد.

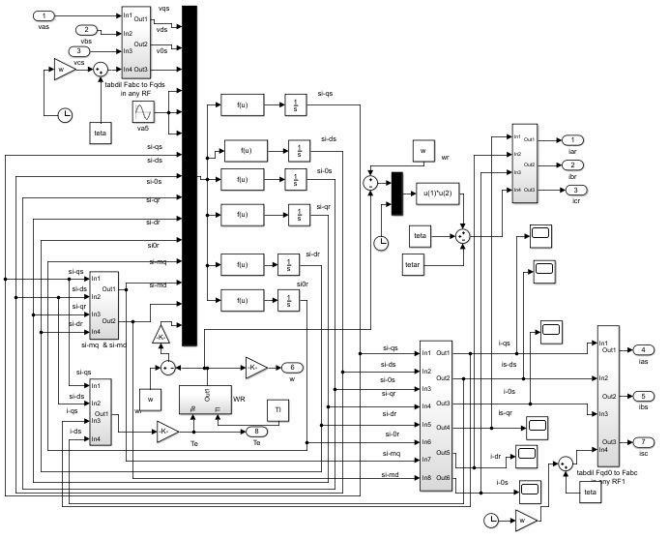
## متلب در ایران

این نرم‌افزار به دلیل کاربردهای فراوان و دقیقی که به همراه دارد توانسته به مدت زیادی در شرکت های ایرانی مورد استفاده قرار بگیرد، البته این مسئله تنها به دلیل دقیق بودن محاسبات نیست بلکه در متلب شما به هر آنچه که تصور کنید دسترسی خواهید داشت.

نرم افزار متلب به صورت کلی به دو قسمت مهم تبدیل می شود؛ سیمولینک و محیط کدنویسی. به مهندسین برق توصیه می شود در راستای یادگیری موثرتر ابتدا و به صورت عمده در قسمت Simulink کار نمایند.

—— کدام نرم افزار برق ——

## وجه بین المللی



شبیه سازی یک ماشین القایی در سیمولینک متلب

این نرم‌افزار به صورت خاص برای شرکت های مهندسی تدارک دیده شده و به دانشجویان نیز اجازه داده می شود که به صورت کوتاه مدت از نسخه محدود شده این نرم‌افزار استفاده نمایند این درحالیست که قیمت پک استاندارد (داشتن حداقل ماژول ها) به شدت بالاست، محبوبیت این نرم‌افزار بدلیل تولید تولباکس‌های اختصاصی شرکت های خریدار به وضوح مشخص است، چرا که اگر کاربرد صنعتی را به همراه نداشت شاهد این همه گردش سرمایه در این نرم‌افزار به صورت بین اللملی نمی بودیم.

## برخی از ویژگی های متلب

- مدل‌سازی فیزیکی



www.takbook.com

- تحلیل‌های آماری
- منطق فازی
- واقعیت مجازی
- پردازش تصویر
- طراحی فیلتر
- تحلیل‌های اقتصادی
- شبکه‌های عصبی
- طراحی سیستم‌های مخابراتی
- و ...

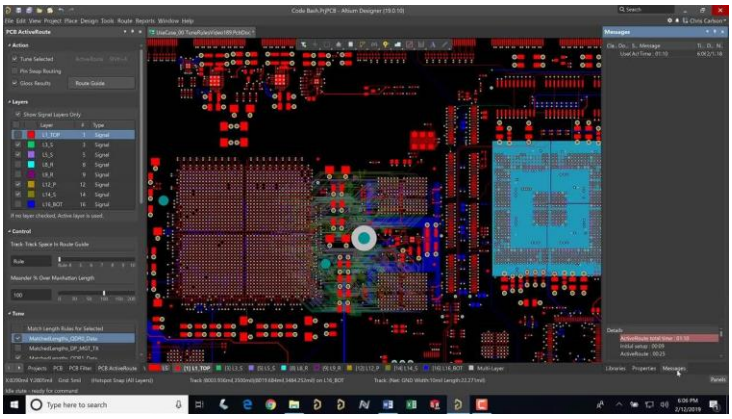


www.takbook.com

## انتخاب دوم: ارکد – OrCAD

### معرفی

نرم‌افزار ارکد در واقع یک ابزار در زمینه کار با EDA (electronic design automation) می باشد. این نرم‌افزار عمدتا توسط مهندسین طراح برای ساخت طرح های مهندسی و بردهای الکترونیکی استفاده می شود، OrCAD (Oregon + CAD) در سال 1999 از شرکت Cadence Design Systems خریداری شد و در نهایت در سال 2005 با شرکت Cadence Allegro ادغام گردید. در ادامه این خریدها در سال 1998 شرکت ارکد امتیاز انحصاری شرکت میکروسیم، سازنده نرم‌افزار PSpice را خریداری نمود و در حال حاضر شرکت پی اسپایس تحت نظارت ارکد فعالیت می کند.



طراحی مدار در نرم افزار ارکد

امروزه مدل سازی و شبیه سازی کامپیوتری جزئی جدایی ناپذیر از تمامی علوم و فنون گشته است. طراحی مدارات الکتریکی نیز از این قاعده مستثنا نیستند. شبیه سازی مدارات الکتریکی علاوه بر کاهش چشمگیر هزینه و زمان تست و آزمون، این امکان را در اختیار ما قرار می دهد که بتوانیم رفتار بخش هایی از مدار را رصد کنیم که در عمل نیازمند تجهیزات گران قیمت بوده و حتی بعضاً غیر ممکن اند. بهینه سازی پارامترها در مدارهای غیرخطی و پیچیده یکی دیگر از مسائلی است که یکی از بهترین راه حل های آن استفاده از شبیه سازی است. کاربرد شبیه سازها منحصر به کاربردهای طرحی، تست و بهینه سازی نشده و در زمینه های دیگری نظیر یادگیری و آموزش عملکرد مدارات الکتریکی و توپولوژی های گوناگون و همچنین مهندسی معکوس نیز کاربرد فراوانی دارند. تمامی این



www.takbook.com

موارد سبب می شوند که یادگیری ابزارهای شبیه سازی مدارات الکتریکی برای تمامی کسانی که در رشته های مرتبط با برق و سخت افزار فعالیت می کنند یک نیاز محسوب گردد.

## کاربرد

نرم‌افزار OrCAD یکی از قدیمی ترین و حرفه‌ای ترین نرم افزارهای آنالیز و شبیه ساز مدارات الکترونیکی است که جایگاهی ویژه در مجامع علمی جهان دارد. دقت تحلیل این نرم‌افزار به حدی است که در اکثر آزمایشگاه های الکترونیک، در صنایع قطعه سازی (برای تست مدارات داخلی قطعات) و در فعالیت های تحقیقاتی و علمی از این نرم‌افزار استفاده می شود.

در نرم‌افزار OrCAD می توان مدار را از نظر ولتاژ dc و ولتاژ ac و .... مورد تحلیل و بررسی قرار داد، ویژگی که باعث برتری این نرم‌افزار نسبت به دیگر نرم افزارهای هم تراز می شود، قابلیت مشاهده تاثیر انواع پارمتر ها مانند؛ دما، نویز و... بر روی مدار می باشد، شبیه سازی مدارات آنالوگ با این نرم افزار، مانند تست عملیاتی مدار در فرآیند ساخت است. نرم‌افزار OrCad به‌صورت کلی از سه بخش اصلی تشکیل می شود که در ادامه به بررسی آنها خواهیم پرداخت:

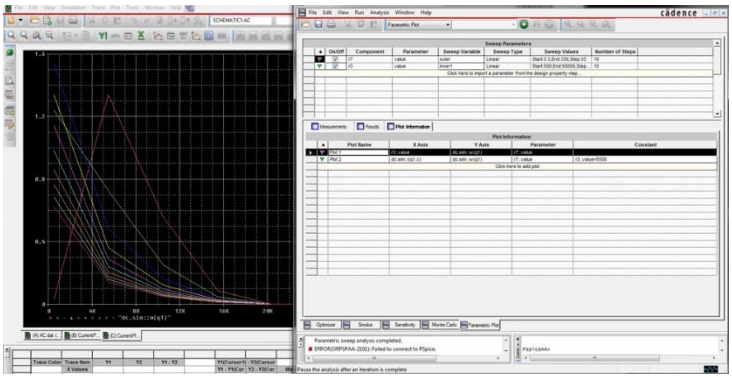
### :Cadence PSpice A/D and Advanced Analysis

PSpice ®Cadence® یک محیط گرافیکی پیشرفته است که کاربران می توانند با استفاده از آن مدارات آنالوگ و mixed-signal را شبیه سازی کند. PSpice یک ابزار پیشرفته برای تحلیل مدارات الکترونیکی است که باعث افزایش سرعت و دقت طراحی می شود. در PSpice می توان هر مدار آنالوگی را شبیه سازی کرد، این نرم‌افزار دارای رنج



www.takbook.com

وسیعی از قطعات الکترونیکی شامل مقاومت، خازن، آی سی، سلف، مدل های قطعاتی همچون ماسفت، IGBT، منبع تولید PWM، مبدل های DAC و ADC و... است. این نرم افزار دارای یک بخش جانبی به نام PSpice A/D است که کاربران با استفاده از آن می توانند مدل های شبیه سازی برای ترانسفوماتور و سلف های DC را تولید کنند.

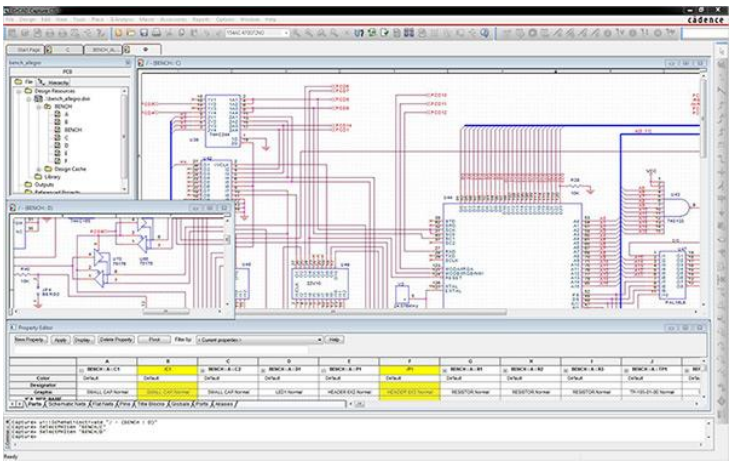


محیط برنامه Cadence PSpice A/D and Advanced Analysis

در این نرم‌افزار امکان انجام تحلیل های همچون Temperature and Stress Analysis, Electro-mechanical Simulation, Worst-case Analysis, Monte Carlo Analysis, and Curve-fit Optimizers بعلاوه سایر تحلیل های عادی (جاروب AC، DC و...) وجود دارد و کاربر درصورت نیاز می تواند داده های شبیه سازی را در نرم‌افزار MathWorks MATLAB نیز تحلیل کند.

## Cadence OrCAD Capture and Capture CIS:

OrCAD Capture محیط شماتیک اصلی نرم‌افزار OrCAD است که کاربر می تواند بعد از طراحی مدار خود در آن، علاوه بر انجام شبیه سازی، برای آن فیبر مدار چاپی طراحی کنند. این بخش از نرم‌افزار از Cadence® PSpice برای شبیه

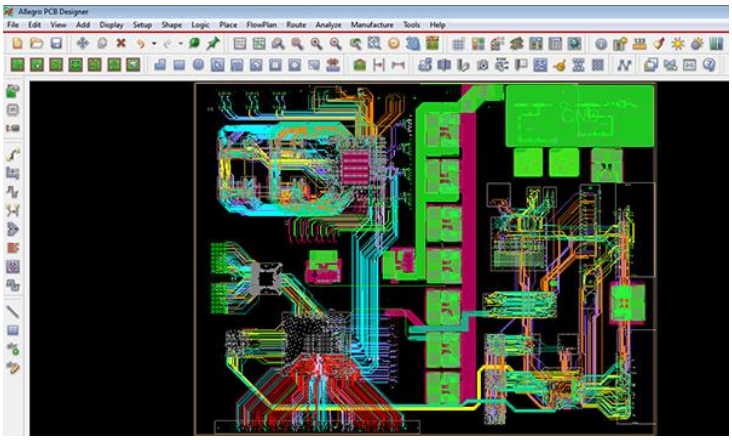


محیط برنامه Cadence OrCAD Capture and Capture CIS

سازی مدار استفاده می کند. در OrCAD Capture کتابخانه های قدرمندی شامل بیش از 3000 قطعه ی الکترونیکی وجود دارد و وجود دو ابزارComponent Information System (CIS) و the Cadence ActiveParts Portal در آن باعث افزایش سرعت طراحی شده است.

**:Cadence OrCAD PCB Designer**

OrCAD PCB Designer نام بخش دیگر نرم‌افزار ORCAD است که کاربران بعد از طراحی شماتیک در محیط CAPTURE می توانند با انتقال قطعات به این محیط، فایل PCB مورد نیاز خود را طراحی کنند. این نرم‌افزار نیز مانند سایر نرم‌افزار های هم تراز الکترونیک همچون پروتل یا پروتوس دارای بخش های مختلفی مانند؛ Constraint Manager, Design Capture Technology, Component Tools, a PCB Editor, An Auto/Interactive Route می باشد.



محیط برنامه Cadence OrCAD PCB Designer

Cadence OrCAD Signal Explorer، Cadence OrCAD FPGA System Planner و Cadence ActiveParts Portal بخش های دیگر این نرم‌افزار هستند.

**برخی از ویژگی های ارکد**

- کتابخانه ای جامع با بیش از 3000 قطعه.



www.takbook.com

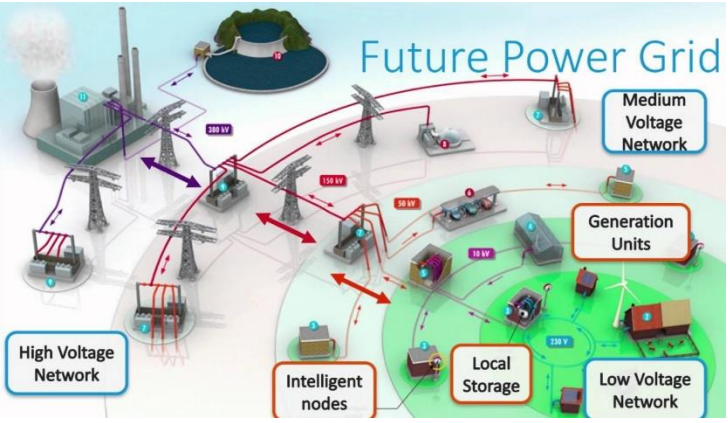
- رسم شماتیک در محیط OrCad Capture.
- ایجاد کتابخانه ها و المان های جدید در این نرم افزار.
- شبیه سازی طرح مورد نظر به وسیله Pspice Simulaction و Orcad Signal Explorer.
- تهیه netlist از طرح مورد نظر جهت ایجاد PCB در محیط Orcad PCB Designer.
- قراردادن مدار بر روی فیبر مدار چاپی به صورت دستی یا به صورتی که نرم‌افزار آن را پیشنهاد می کند.
- رسم اتصالات بین قطعات PCB با روش هایی چون Routing–Auto یا Automatic RotingSemi.
- مشاهده برد نهایی ایجاد شده به صورت گرافیکی از نماهای مختلف.
- امکان ارتباط و تبادل داده این نرم‌افزار با نرم‌افزار MATLAB.
- و ...

## سیستم‌های قدرت

این گرایش در میان کشورهای جهان سوم به شدت کاربردی می باشد، در این گرایش عمده مسائل حول انتقال و مدیریت توان الکتریکی می چرخد. سیستم‌های قدرت خوشبختانه در کشورمان دارای آزمایشگاه های مجهزی نیز می باشد که باعث شده دانشجویان برای کسب دانش فنی با محدودیت های کمتری روبه‌رو باشند.



www.takbook.com



نمونه‌ای از یک سیستم قدرت کامل

این گرایش از نظر موضوعی گسترده ترین گرایش می باشد و به همین دلیل کسانی که وارد این گرایش می شوند انتخاب های خیلی زیادی برای تعیین حوزه کاری خود دارند. با ظهور ادوات الکترونیک قدرت و موضوعاتی جدید مانند انرژی های تجدید پذیر (که تنها راه چاره برای تامین انرژی برخی کشورها در آینده ای نه چندان دور است)، بازار برق، ماشین های برقی، شبکه های هوشمند، تولید پراکنده (DG)، ریزشبکه ها و... دیگر مطالعات سیستم قدرت کلاسیک راه گشای مشکلات نوین نیست و حالا نیاز به مهندسین و دانشمندانی در این حوزه است که یک بار دیگر مسائلی همچون دینامیک سیستم، بهره برداری از سیستم، قابلیت اطمینان، عایق و فشار قوی، مدیریت و برنامه ریزی سیستم‌های قدرت و ... را از نو مورد مطالعه قرار داده و آنها را فرمول بندی نمایند. بنابراین می توان گفت امروزه متخصصین این رشته در شروع راهی طولانی قرار دارند که در طی آن شکل و شمایل سیستم‌های قدرت به طور وسیعی تغییر خواهد کرد.

**در این گرایش زمینه های کاری متفاوتی وجود دارد که در ادامه به معرفی آنها پرداخته ایم:**

**دینامیک سیستم‌های قدرت:** به طور خلاصه در قدم اول به تحلیل سیستم قدرت از نظر پایداری و پاسخ های گذرای سیستم پرداخته و در قدم دوم به طراحی کنترلر جهت بهبود عملکرد سیستم قدرت می پردازد. این زمینه انتخاب خوبی برای علاقه‌مندان به کاربرد کنترل در سیستم قدرت می باشد.

**قابلیت اطمینان:** با استفاده از تئوری آمار و احتمالات و ترکیب آن با مهندسی برق با تعریف شاخص هایی میزان قابلیت اطمینان سیستم را بررسی می کند. قابل ذکر است که این زمینه بسیار پتانسیل مقاله دادن و اپلای کردن را دارد.

**بازار برق و برنامه ریزی و تجدید ساختار:** از زمینه های جدید مهندسی قدرت هستند که به قیمت گذاری برق، دورنمای شبکه برق و خصوصی سازی در صنعت برق می پردازد. این زمینه برای علاقه‌مندان به مباحث اقتصادی و مدیریتی مناسب می باشد.

**کیفیت توان:** شامل مطالعات هارمونیکی شبکه قدرت می باشد. در این زمینه ابتدا با دید ریاضیاتی و تبدیلات حوزه زمان و فرکانس عوامل پایین آورنده کیفیت برق را تشخیص داده و سپس به دنبال راه حل هایی جهت رفع آثار این عوامل می پردازد. این زمینه به دلایل استفاده از مدارهای الکترونیک قدرت در سیستم قدرت به نوعی رابط بین گرایش الکترونیک قدرت و سیستم می باشد.

**ادوات FACT و HVDC:** از زمینه هایی است که به کاربرد ادوات الکترونیک قدرت در سیستم قدرت می پردازد و مانند زمینه کیفیت توان رابط بین الکترونیک قدرت و شبکه قدرت می باشد.

**بهره برداری سیستم‌های قدرت:** احتمالاً نام دیسپاچینگ را شنیده اید، فرض کنید تمام اشخاصی که در زمینه های قبلی کار می کنند وظیفه خود را انجام داده و یک سری قیود و شروط برای کارکرد سیستم نیز تعیین کرده اند در این صورت متخصصین بهره برداری درصدد یافتن نقطه کاری برای شبکه قدرت خواهند بود تا تمام محدودیت های فنی از قبل تعیین شده را (مثلاً قید پایداری و امنیت شبکه و...) ضمن صرف کمترین هزینه ممکن، ارضا کنند. این فرآیند در مراکز دیسپاچینگ انجام خواهد شد. این رشته برای افراد علاقه‌مند به مسائل بهینه سازی مناسب است.



www.takbook.com

**عایق و فشار قوی**

**حفاظت و رله**

**و ...**

**نرم افزارهای گرایش سیستم‌های قدرت**

گمز - GAMS

متلب – MATLAB

ای تپ – Etap

ای ام تی پی – EMTP

دیگسایلنت – DigSILENT

پی ال اس کد – PLS CADD

پی اس کد – PSCAD

ان ای پلن – NEplan

**نرم افزارهای پیشنهادی گرایش سیستم‌های قدرت**



www.takbook.com

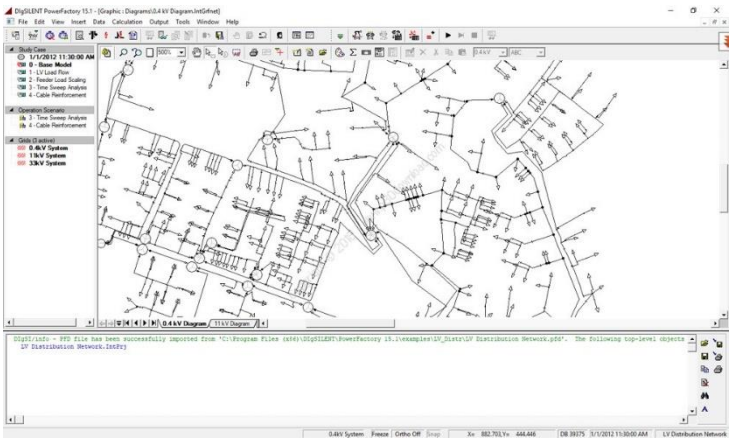
## انتخاب اول: دیگسایلنت - DigSILENT

### معرفی

نرم‌افزار دیگسایلنت را بدون شک می توان مهمترین نرم‌افزار گرایش سیستم‌های قدرت دانست، علت محبوبیت DigSILENT تنها در دانشگاه نهفته نیست بلکه این نرم‌افزار جزء اندک نرم‌افزار های مهندسی می باشد که به صورت گسترده در صنعت حضور فعال دارد و از آنجایی که همواره تولید، انتقال و توزیع برق در کشورهای جهان سوم و مدرن امری حیاتی می باشد این نرم‌افزار توانسته از این فرصت استفاده کرده و با شبیه سازی های حرفه‌ای به کمک مهندسین طراحی و نگه داری شبکه قدرت بیاید.

از دید دانشگاهی هم که بدون شک کامل ترین نرم‌افزار محاسباتی در زمینه تولید، شبکه های قدرت و توزیع می باشد که هر آنچه را که می توانید تصور کنید را می شود با این نرم‌افزار طراحی و بررسی نمود.

از دید کاربردی شاید جالب باشد که برخلاف نرم‌افزار های مهندسی که تنها محدود به شرکت های خصوصی مهندسی و برخی صنایع سنگین می باشند نرم‌افزار دیگسایلنت حتی در اداره برق شهرستان ها نیز مورد استفاده قرار می گیرید و به همین دلیل یادگیری آن برای یک مهندس برق جزء موارد ضروریست، و البته در مصاحبه های استخدامی داشتن دانش کافی در مورد این نرم‌افزار شما را حتما در اولویت گزینش قرار خواهد داد.



یک شبکه قدرت در نرم افزار دیگسایلنت



www.takbook.com

DigSILENT PowerFactory توسط شرکت آلمانی طراحی و ایجاد شده است و بدون اغراق در تمامی جنبه های برقی در نوع خود یک شاهکار هست و البته با بروزرسانی های منظم شاهد کامل تر شدن و نزدیک تر شدن هرچه بیشتر به شرایط واقعی در شبیه سازی های آن هستیم.

**کاربرد**

وظیفه دیگسایلنت محاسبه و تحلیل رفتار سیستم‌های قدرت با اهداف طراحی و بهره برداری می باشد. طراحی و توسعه این نرم‌افزار از سال 1976 توسط مهندسین و برنامه نویسان با تجربه در شرکت DIgSILENT (شرکت مسئولیت محدود - GmbH) آلمان آغاز شده است. آخرین ویرایش این نرم‌افزار بر اساس تجربیات موفق نسخه های قبل و در محیط C++ ایجاد گردیده است. DIgSILENT PowerFactory در عین اینکه می تواند به عنوان یك ابزار محاسباتی قوی برای سیستم‌های قدرت در مقیاس بزرگ استفاده شود امکان استفاده به عنوان یك ابزار جیبی برای حل مسائل برق را نیز داراست. الگوریتم و تکنیك های مدلسازی این نرم‌افزار مطمئن و قابل انعطاف می باشد به گونه ای که قادر است طیف وسیعی از رفتارهای سیستم قدرت را در حالت های ماندگار و یا گذرا شبیه سازی و محاسبه نماید.

**مقاله نویسی**

مهم ترین رقیب این نرم‌افزار در این قسمت نرم‌افزار MATLAB می باشد. اما مسلما رتبه دوم ازآن دیگسایلنت می باشد و دلیل آن حضور برخی از فانشن های می باشد که اختصاصا در دیگسایلنت حضور دارند، نرم‌افزار دیگسایلنت در بحث مدیریت و تحلیل های اختصاصی بدون رقیب می باشد و دانشجویان با خیالی آسوده این نرم‌افزار را برای مقاله نویسی انتخاب می کنند.

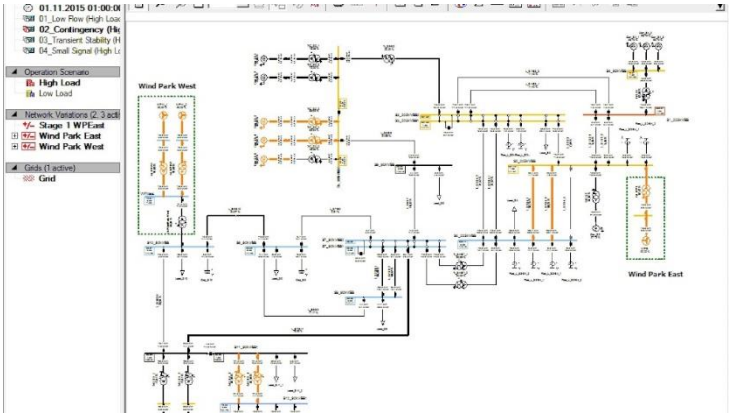


www.takbook.com

## دیگسایلنت در ایران

زمانی که دیگسایلنت منتشر گردید، بازار انحصارا در اختیار Etap بود، اما به دلیل پیشرفت های خیلی زیاد این نرم‌افزار، از ده سال پیش کوچ کاربران با سرعت زیادی از ای تپ به دیگسایلنت شروع شده است، این رویه در کشور ما هم به چشم می خورد و شرکت های معتبر مهندسی سعی در استخدام متخصصین این نرم‌افزار می کنند.

اما چرا ای تپ به راحتی در این رقابت کنار زده شد؟



المان های تشکیل دهنده یک سیستم قدرت – نرم افزار دیگسایلنت

سیستم‌های قدرت به کمک الکترونیک قدرت توانسته به دنیای جدیدی قدم بگذارند که ای تپ از این دنیا به راحتی گذشت در ادامه‌ی کار، شرکت آلمانی نه تنها بروی این قسمت بسیار سرمایه گذاری کرد بلکه تمامی مقالات معتبر کار شده در حوزه های مختلف نیز در نرم‌افزار جدید خودشان پیاده سازی نمودند، این شرکت آلمانی کار را به اینجا محدود نکرده و با شرکت های معتبر مهندسی نیز قرارداد های همکاری بست و با این کار توانست به صورت رسمی بازار را در اختیار گیرد.

اما جدا از مباحث بازاریابی، نرم‌افزار دیگسایلنت حقیقتا توانسته به شکلی حرفه‌ای به بررسی مسائل سیستم‌های قدرت بپردازد و با توجه به کاربردهای آن عملا بروی کاغذ قابل قیاس با نرم‌افزار Etap نمی باشد.



www.takbook.com

> نرم افزار دیگسایلنت در سال ۲۰۱۷ در حالی تولد ۳۰ سالگی خود را جشن گرفت که ادعا کرده توانسته تمامی استاندارد های مطرح جهانی (IEEE، IEC، ANSI، EIA و...) را پوشش دهد.
>
> — کدام نرم افزار برق —

## وجه بین المللی

در زمینه شناخت و اعتبار، شرکت دیگسایلنت نیازی به معرفی ندارد و در این زمینه توانسته در 3 دهه اخیر به خوبی برند سازی نماید. نرم‌افزار دیگسایلنت توانسته در 140 کشور به صورت رسمی فعالیت نماید که در نوع خود بی نظیر است.

## برخی از ویژگی های دیگسایلنت

- محیط مدیریت اطلاعات پروژه به صورت تک و چند کاربره.
- دارای بانک اطلاعات با ذخیره سازی داده های تاریخی و عملکرد حسابرسی.
- مدل اطلاعات Time-stamped.
- امکان Baselining, Versioning و Publishing مدل‌ها.
- نمودارهای ساده، دقیق و یکپارچه.
- ابزار های احتمالی و تجزیه و تحلیل سریع (جریان بار AC و DC).
- توزیع، جاسازی و مدلسازی قدرت.
- مدل های جدید برای نیروگاه بادی و مجازی.
- طراحی مناسب نرم‌افزار و ساختار اطلاعاتی آن.
- قابلیت تعریف دقیق موضوعات و سناریوها.



www.takbook.com

- معادلات ریاضی و تکنیک های حل.
- برنامه نویسی و نگهداری نرم‌افزار و نحوه ارتباط و تعامل توابع محاسباتی نرم‌افزار با یکدیگر.
- امکانات متنوع، قابلیت های مختلف نرم‌افزار، ساختار ارتباطی کاربر پسند و تکنیک های به روز.
- محاسبات پخش بار.
- محاسبات اتصال کوتاه.
- تحلیل و محاسبات خطا و حوادث.
- محاسبات شبیه سازی دینامیکی.
- شبیه سازی حالت های گذرا الکترومغناطیسی.
- محاسبات و تحلیل مقادیر ویژه.
- کاهش شبکه.
- هماهنگی رله ها.
- وارسی عملکرد تجهیزات حفاظتی.
- تحلیل هارمونیکی.
- محاسبات قابلیت اطمینان.
- پخش بار اقتصادی.
- اینترفیس اسکادا.
- دیاگرام تك خطی.
- منطق فازی.
- واقعیت مجازی.
- پردازش تصویر.
- طراحی فیلتر.



www.takbook.com

- تحلیل‌های اقتصادی.
- شبکه‌های عصبی.
- طراحی سیستم‌های مخابراتی.
- و ...

## انتخاب دوم: ای ام تی پی - EMTP

### معرفی

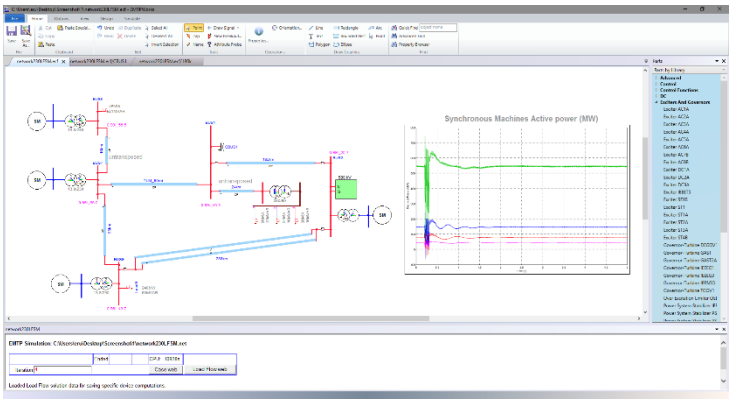
**EMTP** که تا چند سال قبل با نام EMTPWorks شناخته می شد، یکی از نرم افزارهای قدرتمند برای شبیه سازی و آنالیز سیستم‌های قدرت در حالت گذرا است که کاربران می توانند برای شبیه سازی حالت گذرای الکترومغناطیسی، الکترومکانیکی و کنترلری در



www.takbook.com

سیستم‌های قدرت از آن استفاده کنند. در این نرم‌افزار مدل قطعات مختلف الکتریکی مطابق با ویژگی های الکترومکانیکی و الکترومغناطیسی مدل واقعی آنها وجود دارد و کاربر می تواند عمل کرد آنها را در بازه میکرو ثانیه تا دقیقه شبیه سازی نماید.

## کاربرد



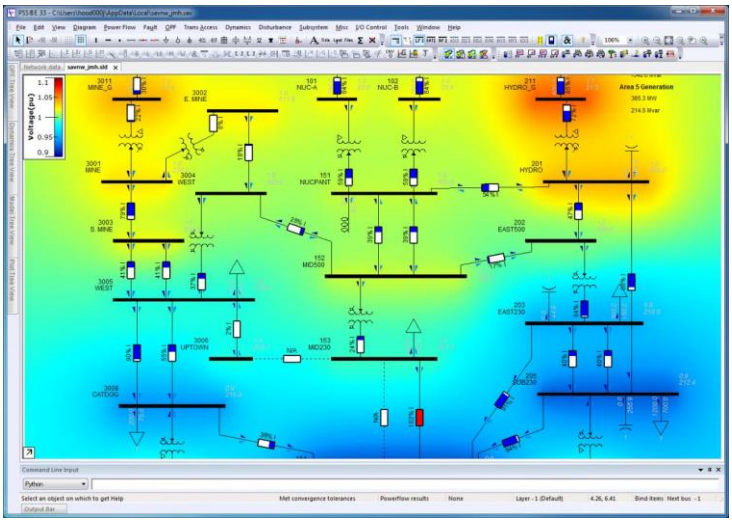

محیط نرم افزار EMTP

سیستم‌های قدرت الکتریکی به طور قابل ملاحظه ای غیرخطی و طبیعت دینامیکی دارند. از عملکرد تجهیزات، باز و بسته شدن مدارشکن ها، پاک سازی خطاها تا تغییرات تولیدی توان در اثر تغییر تقاضای بار و تأثیر شرایط جوی بر سیستم‌های قدرت، در این مسأله تأثیرگذار می باشند. فرضا در شرایط ماندگار معین، سیستم باید در مدت زمان کوتاهی به شرایط ماندگار جدید قابل قبول، تغییر حالت دهد (یعنی در مدت کوتاهی از حالت ۱ به حالت ۲ ماندگار برسد، حال به هر دلیلی مثلا تغییر بار)، بنابراین انرژی الکترومغناطیسی و الکترومکانیکی به طور دائمی و ثابت میان اجزای سیستم قدرت، توزیع می شود. این انرژی مبادله ای، نمی تواند به طور آنی جابجا شود اما مدت زمان این جابجایی آنقدر کوتاه است که در دسته حالت گذرا قرار می گیرد. همچنین وضعیت انرژی منابع، می تواند تغییرات را تحمل کند و ممکن است سیستم در معرض فشارهای بالا در پی ولتاژ و جریان افزایشی ناشی از این پدیده های گذرا، قرار گیرد. تحلیل و بررسی این موارد همانند؛ جریان، ولتاژ، سرعت، فرکانس و گشتاور در سیستم‌های الکتریکی، موضوع اصلی تحلیل گذرا و شبیه سازی پدیده های گذرا در سیستم‌های قدرت می باشد که این بررسی و تحلیل در نرم‌افزار قدرتمند EMTP قابل شبیه سازی و انجام است.



www.takbook.com

## مقاله نویسی



تحلیل یک سیستم قدرت – نرم افزار EMTP

به دلیل محدودیت های ذاتی این نرم‌افزار تنها می توان در یک سبک خاص -کار در سیستم‌های حالت گذرا- مقاله نوشت، بااین حال در کنار این محدودیت، شما شاهد دقت بالای پاسخ نرم‌افزار EMTP در حوزه تخصصی اش خواهید بود.

## EMTP در ایران

بیشترین کاربرد این نرم‌افزار در تحقیقات دانشگاهی می باشد و متاسفانه جنبه صنعتی به صورت کاربردی در حال حاضر ندارد.

## وجه بین المللی

این نرم‌افزار به دلیل تمرکز بروی حالت گذرا در سایر دانشگاه های جهان به خوبی شناخته شده می باشد و در ارائه راه حل های جدید کنترل و کاهش تنش های کوتاه مدت در سیستم‌های قدرت بسیار مطرح می باشد.

## برخی از ویژگی های EMTP

- کار در مد سرج ها
- پشتیبانی از HVDC
- تحلیل حفاظتی شبکه
- پشتیبانی از تمامی کلید های قدرت
- امکان استفاده از توزیع گسترده

# برق در صنعت

برق در صنعت را بیشتر با واژه "برق صنعتی" می شناسیم، گرایشی از قدرت که تنها تا مقطع فوق دیپلم ادامه دارد.

نمایی از یک تابلو برق صنعتی

در مراکز کارودانش و یا فنی حرفه‌ای سعی می شود در مدت زمان کوتاهی مفاهیم اساسی برق که در صنعت برق بسیار کاربردی هستند را به این عزیزان آموزش دهند البته این سبک از آموزش بدون نقص نمی باشد، چرا که بعضا دیده می شود تکنسین مذکور علت بسیاری از مفاهیم را نمی داند هرچند این خود نیز یک مزیت است چرا که اکثر افراد برای افزایش دانش تخصصی خود تصمیم به ادامه تحصیل در مقطع کارشناسی برق قدرت تحت عنوان مهندس برق می نمایند.

با توجه به گپ دانشی که بین یک مهندس و یک تکنسین وجود دارد فعالیت در حوزه های برق صنعتی می تواند فرصت های بی‌نظیری را برای مهندسین برق فراهم آورد، متاسفانه سازوکار آموزش در فنی و حرفه‌ای و کارودانش به مراتب نسبت به دانش روز عقب می باشد به همین دلیل سهم زیادی از بازار کار تکنسین ها به سمت تخصصی شدن میل کرده است که باعث شده حضور مهندسین در این تخصص ها بیشتر از قبل به چشم آید.

یادگیری و ورود به نرم افزارهای برق صنعتی مزیت های بسیار خوبی برای علاقه‌مندان به همراه دارد، که از آنها به؛

- کسب درآمد آنی
- مدت زمان کوتاه یادگیری
- رقابت پذیری آسان
- یادگیری در لبه دانش صنعتی
- نیاز همیشگی کشور
- بازار کار خوب
- و ...

می توان اشاره کرد.

در سال های دور امکان یادگیری برق صنعتی توسط خود افراد امکان پذیر نبود چرا که نیاز به داشتن سخت افزارهای صنعتی مسئله ای حل نشدنی بود. به همین علت شرکت های خصوصی تحت عنوان مراکز آموزشی برق صنعتی دایر شدند، این شرکت ها با گرفتن مبالغ هنگفتی از شرکت کنندگان و علاقه‌مندان، در مدت زمان بسیار کوتاهی حجم زیادی از مطالب را به آنها آموزش می دادند، خوشبختانه با پیشرفت ادوات برقی و روی کار آمدن نرم افزارهای تخصصی دیگر نیازی به سخت افزار های حجیم و گران قیمت برای یادگیری برق صنعتی نیست.

چراکه به راحتی و با نصب یک نرم‌افزار می توانید تمام فرآیندهای کنترلی، اتوماسیون، پروتکلی و ... را شبیه سازی نمایید، به همین دلیل رفته رفته اقبال و ابراز علاقه‌مندی به شرکت‌های مذکور کاهش یافت. درنتیجه در سال های اخیر، افراد به سادگی در منزلشان می توانند برق صنعتی را به شکل وسیع یادبگیرید.



www.takbook.com

ظهور نرم افزارهای تخصصی در اتوماسیون و صنعت باعث جلب توجه مهندسین برق قدرت نیز شد. این امر به شکلی سرسام آور درحال گسترش بود که از سایر گرایش های برق نظیر؛ الکترونیک و کنترل نیز علاقه‌مندانی را جذب خود نمود.

## حوزه‌های کاری برق صنعتی

پی ال سی – PLC

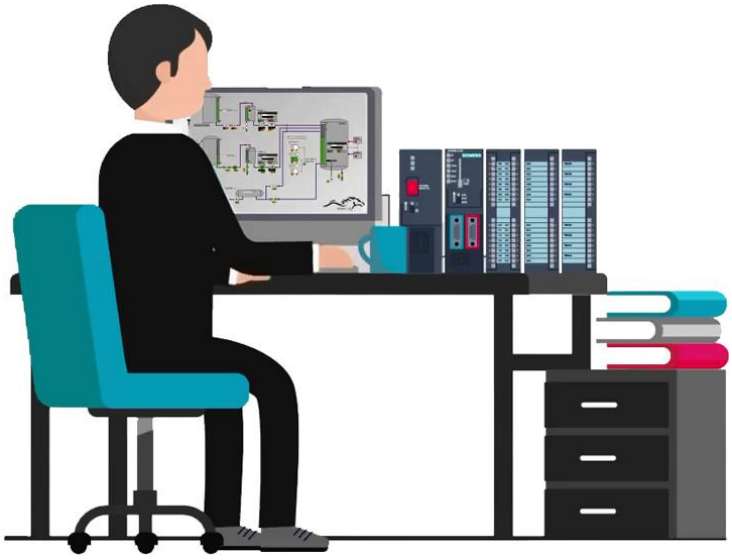
رله‌های هوشمند

### انتخاب‌های پیشنهادی گرایش برق صنعتی

### انتخاب اول: پی ال سی - PLC

**معرفی**

وقتی صحبت از صنعت و اتوماسیون می شود اولین گزینه که در ذهن شکل می گیرد PLC می باشد، PLC توانسته در تمام جنبه‌های صنعتی به شکلی قدرتمند حاضر شود و امروزه ردپای پی ال سی را در کارگاه های کوچک تا صنایع بسیار حساس نظیر هسته ای می توانیم ببینیم، از آنجایی که



سهم عمده ای از تخصص PLC مهارت برنامه نویسی آن است

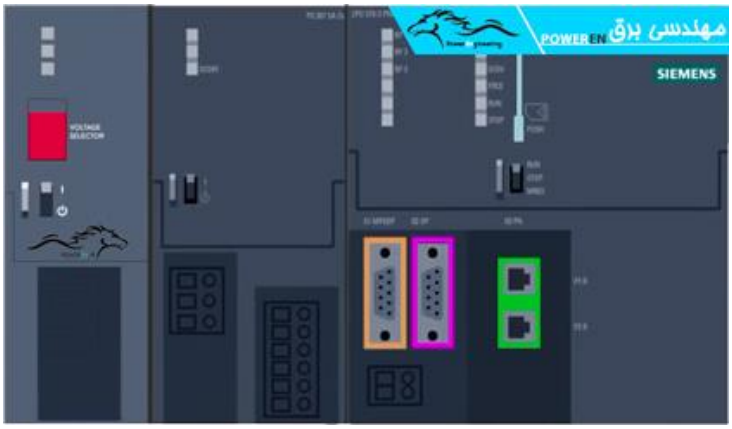


www.takbook.com

فرض بر این است که مخاطب این کتاب دانشی در مورد PLC ندارد اجازه دهید در ادامه به صورت تخصصی به آن بیشتر بپردازیم؛

## تعریف PLC

PLC مخفف عبارت “Programmable Logic Controller” می باشد که از معنای آن می توان به نکات خوبی پی برد، PLC به زبان ساده یعنی: کنترل‌گر منطقی برنامه‌پذیر!




PLC سری 300 زیمنس

## کنترل‌گر منطقی برنامه‌پذیر یعنی چه

کلمه به کلمه این جمله در دل خود معنای مهمی دارند که در ادامه به بررسی آنها می پردازیم؛

### کنترل‌لر

از این کلمه در می یابیم که با دستگاهی روبه رو هستیم که می تواند تمام کارهای کنترلی را برای ما انجام دهد، به همین دلیل است که به PLC، اتوماسیون نیز اطلاق می گردد، چرا که یک اتوماسیون تماما یک سیستم کنترلی و البته عملگرا می باشد.

همین واژه کنترل بود که سبب شد در دراز مدت PLC جایگزین سیستم‌های رله ای شود (سیستم رله ای چیست!؟ صبر داشته باشید در ادامه خواهیم گفت).

**منطقی**

خوب منطقیست دیگر!. شاید این مورد زیاد عجیب به نظر نرسد ولی اصولا تمام مزیت PLC در این همین کلمه خلاصه می شود، وقتی یک دستگاه منطقی باشد می توانیم همانند یک انسان منطقی از او انتظار داشته باشیم، ساده تر بگویم؛ اگر زبانش را بفهمیم به راحتی می شود با او مکالمه کرد (انجام فرآیند های پیچیده کنترلی).

پس تا اینجا یک کنترلر منطقی داریم که می تواند برایمان بسیار جالب توجه باشد اما معجزه زمانی رخ می دهد که کلمه سوم به آن اضافه می شود...

**برنامه پذیر**

بله دقیقا، اگر دو مورد بالا امکان پذیر باشند ولی نتوانیم برای آن به شکلی، دستوراتی را فراهم نماییم عملا این دستگاه کاربردی ندارد، برنامه پذیری یک PLC می تواند به شکل های متنوعی صورت پذیرد. در سال های خیلی دور شاهد سلیقه بازی بسیار زیادی در زبان های برنامه نویسی PLC بوده ایم، که خوشبختانه با حضور استاندارد IEC تمام این سلیقه ها به سمت یک نقطه مشخص سوق داده شد و امروزه یادگیری و انتخاب زبان برنامه نویسی برای شروع و یا یادگیری PLC امری به مراتب ساده است.

با توجه به موارد گفته شده PLC برای ما زیاد هم غریبه نیست! برای روشن شدن موضوع اجازه دهید PLC را با لپ تاپ یا کامپیوتر خانگیتان مقایسه کنیم؛ عملا هردو می توانند برای ما کارهایی را کنترل کنند، کامپیوترهای ماهم منطق دارند و ازقضا برنامه پذیر هم هستند.

**انتخاب کامپیوتر یا PLC**

احتمالا این سوال برایتان پیش می آید چرا از یک لپ تاپ در محیط صنعتی یا کارگاهی استفاده نکنیم؟



www.takbook.com

کامپیوتر صنعتی متعلق به دهه 80 میلادی

واقعیت این است که در سال های 1950 این کار در صنایع سنگین صورت می پذیرفت و اغلب کارهای کنترلی با کامپیوترها انجام می شد ولی مشکل اینجا بود که این کامپیوتر ها برای محیط های صنعتی مناسب نبودند، این عدم تناسب را در دو بعد می توان دید؛

**فیزیکی:** کامپیوترها دارای قطعات ظریفی می باشند و عملا برای محیط های صنعتی گزینه خوبی بشمار نمی آیند. (غبار، رطوبت، گرما و سرما، نویز الکتریکی و نوسان برق و... به شدت به این دستگاها آسیب وارد می کرد.)

**محاسباتی:** سیستم‌های کامپیوتری وقتی برای یک هدف خاص طراحی می شوند می توانند با قدرت عمل نمایند و هرچه حیطه کاری آنها وسیع تر شود (کارهای عادی هم انجام دهند) قدرت و توانایی محاسباتی آنها نیز به شدت کاهش می یابد.

"

وقتی یک دستگاه قرار است همه کاری انجام دهد درنهایت نمی تواند هیچکاری انجام دهد!

—— کدام نرم افزار برق ——

"

## پیش از PLC

**سوال مهم دیگری هم هست که قبل از PLC برای کنترل فرآیندها راه کار چه بود؟**



www.takbook.com

جواب این سوال؛ استفاده از مدارات رله کنتاکتوری است!

مداراتی که نه تنها منطق ندارند بلکه به هیچ وجه هم نمی شود آنها را برنامه ریزی کرد، اجازه دهید با یک مثال عمق فاجعه را برایتان شرح دهم؛

تصور کنید ما یک کلان شهر داریم که در اطراف خود 100 شهر دارد که همگی آنها به فاصله 900 کیلومتری از کلان شهر ما واقع شده اند.

رله کنتاکتوری همواره موجب نارضایتی مهندسین می بود

ما باید هر یک ماه یکبار و تنها به یکی از این شهرها سفر کنیم و برای آنها یک نامه بفرستیم.

در مدل رله ای به این شکل بود که برای تمام 100 شهر مجبور بودیم جاده بسازیم و که به صورت کلی نیاز به 900*Km100 (نود میلیون کیلومتر) جاده داشتیم، البته این تنها یک قسمت داستان هست، اینکه شما هرسال باید از این جاده ها نگه داری کنید هم چالش دوم است.

اما به روش PLC کافی بود در شهر مبدا و مقصد از اینترنت استفاده کنیم! شاید باورپذیر نباشد ولی این همه تفاوت بین یک سیستم رله ای و یک سیستم اتوماسیون به سبک PLC، وجود داشت.

## رشد ناگهانی PLC

نمودار رشد جهانی PLC – پیش بینی بازار پی ال سی در سال های 2017-2021

به همین دلیل با ظهور نخستین میکروپروسسورها و پس از آن PLC، بازار به شدت از آنها استقبال کرد، البته این استقبال جنبه‌ی منفی دیگری هم داشت؛ PLC ها و شرکت های سازنده از دو مقوله اساسی به کلی جاماندند؛

**امنیت دستگاهایشان:** ظهور ویروس های مخرب صنعتی و البته در مقیاس جهانی نظیر استاکس نت.

**استانداردهای مشخص:** عدم وجود استاندارد برای یکپارچه سازی و حرکت در یک مسیر.

نیاز دوم به واسطه بازار و البته رقابتی تر شدن تولید خود به خود رفع گردید ولی نیاز امنیت همچنان یکی از مقوله های مهم در PLC ها می باشد که باعث شده برخی کشورها نظیر ایران از PLC بومی و ساخت داخلی خودشان استفاده نمایند؛ توضیحات بیشتر و

مقایسه PLC زیمنس با PLC شرکت مپنا را در آموزش PLC زیمنس مفصل توضیح داده ام.

## انواع PLC

با توجه به بازار خوب این حوزه که بیشتر به آن اتوماسیون نیز گفته می شود شرکت های زیادی یکی پس از دیگری وارد آن شده اند، شرکت هایی که اگر گذشته را به خوبی بشناسید متوجه خواهید شد بیشترشان نوآور نیستند بلکه کپی کننده شرکت های بزرگ هستند، به همین دلیل انتخاب PLC مطرح به سادگی ممکن است، با این حال شرکت های زیادی نظیر؛

- ABB PLC
- AB PLC (Allen Bradley)
- Mitsubishi PLC
- Delta PLC
- Siemens PLC
- Omron PLC
- Hitachi PLC
- GE PLC (General Electric)
- Honeywell PLC
- FATEK PLC
- Schneider Electric PLC
- Bosch PLC

و ...

وارد این حوزه شده اند و هرکدام درصدی از این بازار را در اختیار دارند. در ادامه با توجه به سهم آنها از بازار جهانی به بررسی برخی از مهمترین ها می پردازیم؛

قبل از اینکه به بررسی این PLC ها بپردازیم اجازه دهید سوال زیر را پاسخ دهیم؛

**آیا واقعا PLC های شرکت های مختلف باهم تفاوت های اساسی دارند؟**

ABB PLC

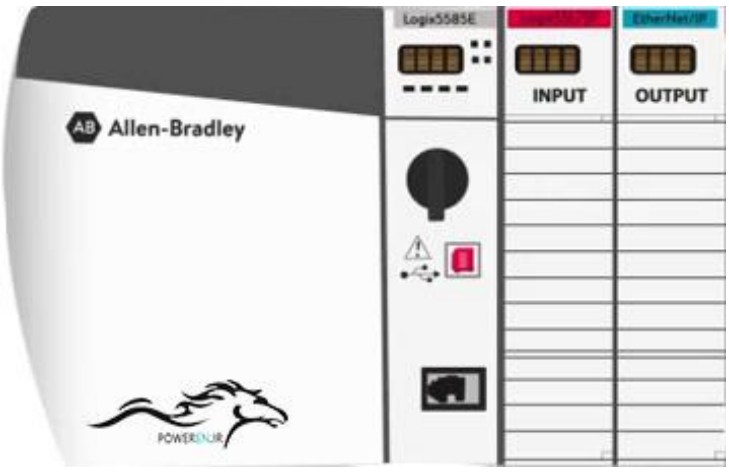
پاسخ خیر است! وقتی شما خیلی کلی به داستان نگاه کنید گپ دیده شده بین این شرکت ها زیاد به چشم نمی خورد (موارد برنامه نویسی، کانفیگ های سخت افزاری و ...) اما این گپ زمانی به شکل فاحشی بزرگ می شود که شما بخواهید کارهای حرفه‌ای انجام دهید. به همین دلیل توصیه می کنیم همواره بروی یک برند خاص متمرکز شوید و با سایر PLC ها به صورت ضمنی آشنا باشید. کما اینکه اگر شما در یک برند متخصص حرفه‌ای باشید فرصت های کاری بیشتری را خواهید داشت تا اینکه از هر برند به قدر ناچیزی سواد تخصصی داشته باشید. و مورد دیگر اینکه مسئله تنها PLC نیست، بلکه این کنترلر با ادوات مختلف دیگری باید در تماس باشد؛ اگر شما بخواهید میان برندهای متفاوت کار کنید مجبور هستید تمام ماژول های اضافی را نیز فراگیرید؛ که عملا زمان بسیار زیادی از شما خواهد گرفت.

در بخش بعدی باهم محبوب ترین PLC های موجود در ایران را مرور خواهیم کرد؛



www.takbook.com

## PLC های مطرح در ایران



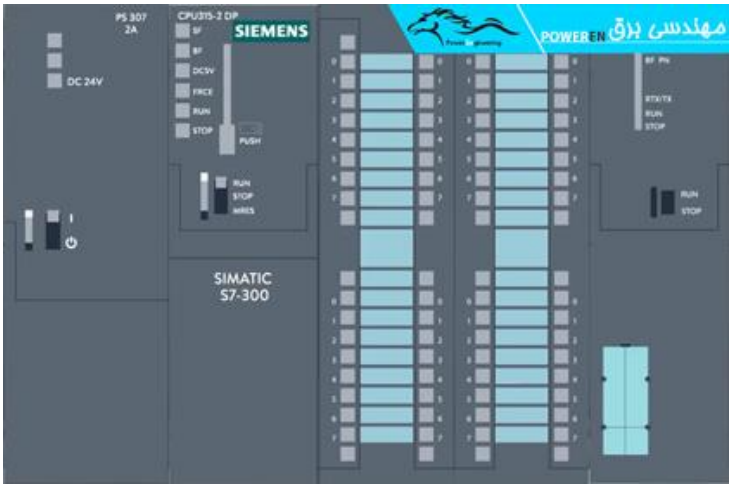
Allen Bradley PLC

معمولا در اکثر کشورها همان PLCهای مطرح جهانی پرکاربردترین هستند (زیمنس - Allen Bradley و ABB)، هرچند که هر کشور با توجه به شرایطش ممکن است تفاوت هایی داشته باشد، به عنوان مثال شما برند Allen Bradley را در ایران به ندرت خواهید دید، علت هم واضح است این PLC ساخت ایالات متحده آمریکا می باشد و ایران رسما تبادلات تجاری با این کشور ندارد. از سوی دیگر ممکن است به دلیل شرایط بد اقتصادی برخی از واردکنندگان به دنبال حضور مدل هایی از PLC باشند که در کنار قیمت مناسب، حاشیه سود خوبی نیز برایشان داشته باشد در 90% مواقع هم سازنده این PLCها کشور چین می باشد.

### زیمنس

خوشبختانه شرکت زیمنس با ایران رابطه خوبی داشته و دارد به همین دلیل از همان ابتدای حضور PLC در صنایع، محصولات شرکت زیمنس نیز در دهه‌های گذشته وارد ایران شدند و به عنوان تنها برند تاپ کشور تاکنون فعالیت می کند.

درحال حاضر درصد بسیار بالایی از سهم PLC کشور در اختیار این برند می باشد، علت حضور و بی رقیب بودن آن هم به دلیل کیفیت جهانی این برند می باشد که سبب شده صنایع کوچک و سنگین بدون هیچ دغدغه ای آن را انتخاب نمایند.



PLC شرکت زیمنس سری 300

مسئله دیگر قطعات و لوازم آن است که به دلیل فراوانی جهانی به راحتی قابل تهیه می باشد.

PLC های زیمنس می توانند بدون خاموش شدن به راحتی به بازه کاری 12 تا 15 سال برسند، این درحالیست که برندهای چینی در بهترین حالت می توانند 4 سال عمر مفید داشته باشند.

بازار زیمنس در ایران تنها به PLC محدود نمی شود چرا که بسیاری از ادوات کنترلی و قدرتی ساخته شده توسط این شرکت آلمانی، در صنایع ایران مورد استفاده قرار گرفته اند، با توجه به موارد یاد شده مسلما گزینه شماره یک یادگیری PLC در ایران، زیمنس می باشد.

"

مسئله دیگر پشتیبانی از استانداردهای جهانی و خدمات نرم افزاری این شرکت می باشد که توانسته ویژگی های رقابتی مانند شبیه ساز نرم افزاری و کدنویسی استاندارد را برای کاربران مهیا سازد (این سبک کاری سبب شده که یادگیری این PLC به عنوان مرجع آموزش PLC برای سایر برندها درنظر گرفته شود.)

—— کدام نرم افزار برق ——

"



www.takbook.com

**انواع پی ال سی زیمنس**

- مینی پی ال سی (لوگو زیمنس)
- پی ال سی های کمپکت (Compact PLC)
- پی ال سی های ماژولار (Modular PLC)
- پی ال سی های رک (Rack PLC)

در ادامه مروری خواهیم داشت بر مهمترین های خانواده PLC زیمنس؛

**مینی پی ال سی – Mini PLC ( لوگو زیمنس )**

کوچکترین پی ال سی خانواده زمینس را لوگو (LOGO) می نامند. بزرگترین تفاوت آن با سایر PLCها در توان پردازشی و تعداد ورودی – خروجی آن (نهایت ورودی خروجی 40) می باشد. لوگو زیمنس مناسب پروژه های کوچک می باشد. مینی پی ال سی ها دارای یک صفحه کوچک با تعدادی دکمه می باشند و از طریق نرم‌افزار ها می توان بروی آنها برنامه نویسی کرد. در اغلب مینی پی ال سی ها یک صفحه کوچک با تعدادی دکمه وجود دارد که علاوه بر برنامه ریزی با کامپیوتر توسط همین صفحه کوچک می توان به پی ال سی برنامه داد.

Logo PLC

از دید عملکرد و قدرت سخت افزاری، PLC لوگو در پایین ترین سطح قرار می گیرد به همین دلیل گزینه خوبی برای آغاز یادگیری جهت کار با PLCهای شرکت زیمنس نمی باشد. این PLC در دسته‌ی مینی ها قرار می گیرد!.

## PLC S7-200

پی ال سی S7 سری 200 اولین محصول از سری S7 می باشد. پی ال سی S7-200 به صورت کامپکت (Compact) یا یکپارچه می باشد. کامپکت بودن به این معنا می باشد که هر سه بخش تغذیه، سی پی یو یا پردازنده و بخش ورودی خروجی ها درون یک باکس قرار گرفته اند. کنترلر S7-200 را برای سیستم‌های ساده تر به کار می روند. در حال حاضر پی ال سی S7 سری 200 توسط شرکت زیمنس دیگر تولید نمی شود و پی ال سی S7 سری 300 جایگزین این کنترلر شده است. این نوع پی ال سی ها (S7-200) ورودی و خروجی های بیشتری نسبت به مینی پی ال سی ها دارند (تا 300 ورودی خروجی بیشتر) و در پروژه های متوسط استفاده می شوند.

PLC S7-200



www.takbook.com

## PLC S7-300

PLC S7-300

کاملا ماژولار (امکان شخصی سازی و توسعه) بوده و از قابلیت های بسیار خوبی جهت شبکه کردن و توسعه اتوماسیون بهره می گیرد. به این معنا که سه بخش اصلی آن از هم جدا می شوند و می توان ماژول های تغذیه، CPU، ورودی و خروجی ها را در کنار هم قرار داد، این مدل بیشترین قابلیت توسعه را به متخصص PLC می دهد. مدل S7-300 محبوب ترین PLC ساخته شده توسط شرکت زیمنس می باشد که در بسیاری از کشورها همچنان در حال انجام وظیفه است، این PLC به دلیل کاربرد فراوان انتخاب شماره یک مهندسین جهت یادگیری و البته انجام کارهای صنعتی می باشد. توسعه پذیری به قدری در این مدل افزایش یافت که شما می توانید حدود 2000 ورودی و خروجی داشته باشید. این مدل با نرم‌افزار سِمَتیک مَنِجِر قابل برنامه نویسی است.

PLC S7-400

## PLC S7-400

جزپی ال سی های رک می باشد (در این مدل رک دارای شخصیت بوده و می تواند به عنوان یک ماژول عمل نماید). این مدل قدرتمند

دارای تنوع بالای CPU می باشد. در این PLC ماژول های بسیار زیادی وجود دارد که سبب شده گزینه خوبی برای کارهای صنعتی سطح بالا تلقی گردد. در این PLC ماژول ها به صورت عمودی نصب می شوند و توانسته تعداد i/o (ورودی و خروجی) را به 5000 عدد برساند. این مدل نیز با نرم‌افزار سِمَتیک مَنِجِر قابل برنامه نویسی است.

## PLC S7-1200

PLC S7-1200

در سال 2008 تولید پی ال سی S7 سری 1200 آغاز شد. اگر از تفاوت CPU با سری S7-300 بگذریم تفاوت بزرگ آن را در تعداد ورودی و خروجی می توان یافت، این PLC در دسته‌ی ماژولار قرار می گیرد. این مدل نیز با نرم‌افزار سِمَتیک مَنِجِر قابل برنامه نویسی است.

## PLC S7-1500

PLC S7-1500

آخرین مدل و درواقع جدیدترین PLC ساخت شرکت زیمنس می باشد، در این نسخه شاهد پیشرفت های بسیار زیادی هستیم و سبب شده مراحل کلی کار با PLC به شدت ساده شود.

این مدل، حداکثر عملکرد را برای دستگاه هایی با سایز متوسط تا بالا با نیازهای عملکردی بالای ارتباطاتی، انعطاف پذیری و توابع تکنولوژی فراهم می کند.



www.takbook.com

واحد پردازش مرکزی پی ال سی های سری S7-1500، برنامه کاربر را اجرا می کنند و کنترلر را با سایر بخش های اتوماسیون شبکه می کند. PLCهای سری S7-1500 در مقایسه با سری S7-300/400 دارای مزایایی همچون سرعت بالاتر (تا حدود 40 برابر)، کارایی و کیفیت بالاتر، نرم‌افزار برنامه نویسی با قابلیت های بیشتر، دارای نمایشگر و خطایابی ساده تری می باشد. این مدل با نرم‌افزار TIA Portal قابل برنامه نویسی است.

> با استفاده از نرم افزار TIA Portal می توان برنامه های نوشته شده برای مدل های S۷-۲۰۰/۳۰۰/۴۰۰/۱۲۰۰ را بدون نیاز به تغییر در برنامه به S۷-۱۵۰۰ تبدیل کرد.
> به همین دلیل S۷-۳۰۰ را مرجع یادگیری می نامند.
>
> —— کدام نرم افزار برق ——

**مزایای زیمنس**

1. کاهش هزینه ها
2. صرفه جویی در زمان برنامه نویسی
3. طراحی استاندارد و صنعتی
4. افزایش ضریب اطمینان عملکرد
5. راه اندازی ساده
6. مناسب برای کارکردهای حساس؛ هسته ای، پالایشگاهی و ...
7. قابلیت رمز گذاری
8. کپی راحت برنامه توسط ماژول اختیاری حافظه
9. مدل های خاص جهت کارهای امنیتی



www.takbook.com

10. پشتیبانی جهانی
11. فراوانی لوازم جانبی
12. استفاده از استانداردهای جهانی برای ارتباط با سایر دستگاها
13. سبد محصولاتی کامل شرکت زیمنس (اینورتر زیمنس و ...)
14. نرم‌افزار بسیار قوی سیماتیک و TIA
15. امکان کار بدون داشتن سخت‌افزار
16. عیب یابی ساده و آسان
17. عدم نیاز به سرویس و نگهداری
18. سهولت توسعه سیستم
19. تاخیرکمتر
20. عملکرد بسیار خوب صنعتی در سالهای گذشته
21. هزینه معقول (با توجه به طول عمر بالای آن و یکبار هزینه کردن)
22. امکان تعریف سخت افزار جدید توسط خودمان
23. و ...

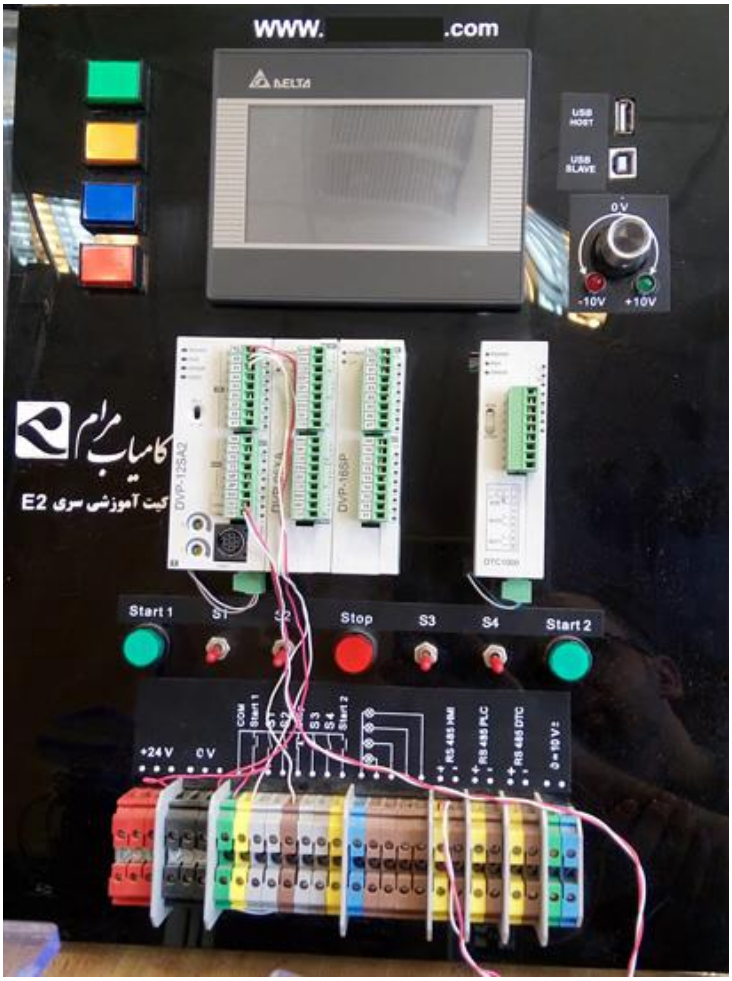
**معایب زیمنس**

1. قیمت بالا (به دلیل نوسانات ارز در کشور)
2. احتمال تحریم از سوی اروپا
3. ماژول های بسیار زیاد
4. نرم‌افزار سنگین TIA



www.takbook.com

**دلتا**



کیت اهدایی شرکت دلتا به دانشگاه

برند دیگری که ممکن است نام آن را در ایران بشنوید "Delta" می باشد، یک PLC جمع و جور برای کارهای سبک، مزیت رقابتی این PLC قیمت بسیار پایین آن می باشد که توانسته در ایران با توجه به تحریم ها بازاری برای خود محیا سازد.

شرکت های واردکننده این PLC تمام تلاش خود را بکار بسته اند تا جایگاه مناسبی برای آن در صنایع داخلی ایجاد نمایند در این مسیر مشاهده می کنیم که به صورت رایگان کیت های آموزشی PLC دلتا را که بعضا قیمت های بالایی هم دارند به دانشگاه ها به صورت رایگان هدیه می دهند تا دانشجویان را به صورت غیرمستقیم ترقیب به یادگیری کار با این نوع PLC نمایند.

**مزایای دلتا**

از مزیت های خوب این شرکت چینی می توان به؛ حجم و اندازه کوچک و قیمت مناسب اشاره کرد هرچند که علت حضور آن در ایران بخاطر عامل دوم و البته رابطه خوب کشورمان با چین می باشد. با این حال این شرکت سعی کرده با ساده سازی برخی از پیچیدگی

های برنامه نویسی زیمنس مزیت رقابتی ایجاد نماید (هرچند این عامل سبب شده به عنوان PLC مرجع نتوان از آن یاد کرد).

PLC دلتا

**معایب دلتا**

متاسفانه عمر کم این PLC، نرم‌افزار بسیار ساده‌ی آن، محدودیت های سخت افزاری، طراحی نامتناسب صنعتی، محدودیت های محاسباتی، مشخص نبودن سابقه عملکرد طولانی و ... از مواردی هستند که سبب شده همچنان در بازار با استقبال خوبی مواجه نشود.

**سایر PLCها**

PLCهای سایر شرکت ها مانند؛ Fatek، LG، Mitsubishi و ... نیز در ایران دیده شده اند که به دلیل سهم خیلی کم از بازار داخلی به آنها پرداخته نشد.

**ارتباط ما و PLC**

هر دستگاهی برای ارتباط با انسان نیاز به یک واسطه دارد، مثلا کامپیوتر واسطه‌اش زبان برنامه نویسی، کیبورد، موس، مانیتور و ... می باشد، این مورد برای PLC به دو صورت امکان پذیر است؛

**ارتباط با متخصصین**

همانگونه که در عنوان ها مشخص است در ارتباط نخست، متخصص به صورت کامل با PLC آشنا می باشد و عملا این شخص برنامه‌ی مدنظر ما را نوشته است، ارتباط بین

PLC و متخصص غالبا با استفاده از کامپیوتر صورت می پذیرد و هدف آن؛ طراحی برنامه، ویرایش برنامه، کنترل PLC، انجام کارهای تخصصی، تست و عیب یابی PLC و ... می باشد.

HMI زیمنس

**ارتباط با اپراتور**

اما ارتباط نوع دوم برای یک اپراتور با دانش ابتدایی است، این شخص معمولا هیچگونه دانشی در ارتباط با PLC ندارد و هدف آن تنها تغییر برخی شرایط کاری (تغییر دمای پخت نان و ...) می باشد، در این حالت ما باید یک سخت‌افزار به PLC اضافه نماییم تا این شخص بتواند به واسطه این دستگاه با PLC ارتباط برقرار نماید.

**HMI چیست**

مخفف عبارت Human Machine Interface است و به معنای واسطه بین انسان و ماشین می باشد. از آن برای مانیتور کردن و مشاهده پارامترهای دستگاههای صنعتی مثل PLC، اینورتر و.... استفاده می شود. HMI در واقع یك مانیتور LCD است که می توان آن را برنامه ریزی نمود و همچنین به کمك آن می توان پارامترهای مختلف را تغییر داده و سیستم را کنترل نمود.

**بازار کار PLC**

وقتی به مسئله درآمد می رسیم همه چیز در کشورهای اروپایی مشخص است، شما به راحتی می توانید درآمد یک مختصص PLC در کشورهای اروپایی و آمریکایی را تخمین بزنید.

**درآمد PLC در ایران**

اما در ایران اوضاع بسیار متفاوت است؛

چرا که المان های بسیار زیادی در تعیین دستمزد یک متخصص PLC در کشورمان تاثیرگذار هستند، با این حال به صورت کلی می توان حداقل و حداکثر دستمزد را برای یک PLC کار با پروژه های متوسط را مشخص کرد؛ حداقل و حداکثر دریافتی ماهیانه به ترتیب 7 و 25 میلیون تومان می باشد.

توجه داشته باشید که این کار شبیه کارهای دولتی نیست و ممکن است در یک ماه درآمد چند ماه نصیبتان شود که در این صورت سرمایه خوبی بدست خواهید آورد هرچند عکس آن نیز صادق است.

**درآمد PLC در اروپا**

اگر شما یک فرد کاملا مبتدی (بدون سابقه کاری) باشید به ازای هر ساعت مبلغ 12 دلار (180 هزارتومان)، اگر در کار با PLC متوسط باشد 35 دلار (525 هزارتومان) و در نهایت اگر یک متخصص PLC باشید به ازای هر ساعت کار 55 دلار (825 هزارتومان) به شما حقوق داده خواهد شد.

بر اساس داده هایی که از دوست صمیمی ام در هلند (که در زمینه اتوماسیون صنعتی مشغول به کار هستند) به دستم رسیده است؛ اگر شما متخصص و تجربه کاری کافی در زمینه برنامه نویسی، سیستم‌های مانیتورینگ، اسکادا، درایو، شبکه های صنعتی و ... داشته و درکنار آنها مسلط به زبان انگلیسی باشید و البته به صورت میانگین روزانه 8 ساعت در شرکتی کار کنید در ماه چیزی حدود 4500 یورو ناخالص درآمد خواهید داشت – 5 سال ابتدای کار معمولا دارای معافیت مالیاتی هستید، با احتساب مالیات به عدد حداقل 3500 یورو خواهید رسید و بعد از 5 سال معافیت مالیاتی درآمدی تا 2800 یورو حدودا خواهید داشت – لازم به ذکر هست که هزینه های متوسط؛ مسکن، آب، برق



www.takbook.com

اینترنت و مالیات حدودا 1500 یورو در ماه بوده و 500 تا 800 یورو نیز هزینه تغذیه و مسائل جانبی دیگر به صورت ماهیانه می باشد. (متاسفانه ارزش پول ملی ما در سال های جاری افت بسیار زیادی داشته است، تمام محاسبات با دلار 15 هزارتومانی و یورو 20 هزارتومانی انجام شده که امیدوارم در سال های بعد این عدد کاهش یابد!.)

## رقابت در PLC

خوشبختانه برعکس کارهای تجربی، تخصص و مطرح شدن در PLC برای جوانان و مهندسین جوان بسیار ساده تر از افراد کهنه و با تجربه است! چرا که اکثر توانایی در این حوزه به برنامه نویسی ختم می شود موردی که برای افراد کهن سال به هیچ وجه جالب نمی باشد (البته هستند کسانی که همواره خود را به روز نگه می دارند و از یادگیری دریغ نمی کنند تا بتوانند در مسیر رشد شخصی ثابت قدم و استوار ادامه دهند). به همین دلیل یادگیری و در کنار آن حرفه‌ای شدن برای شما مهندسین قاعدتا گزینه ساده تری خواهد بود.

## فرصت های جوانان

با توجه به نیاز شدید کشورمان در مسیر توسعه صنعتی، حضور PLCها به شدت افزایش یافته و بعضا نیازهای جدید صنعتی راهکارهای جدید نیز می طلبد که در نهایت به برنامه نویسی سطح بالا خواهد انجامید، رسیدن به این نقطه برای شما که جوان تر هستید کاری به مراتب ساده تر نسبت به کسانیست که با توجه به سنشان دغدغه های بیشتری را باید مدیریت نمایند.



www.takbook.com

# ویرایش دوم

در ویراش بعدی (دوم) سعی خواهم کرد در زمینه برق صنعتی و بازارهای خوب آن بیشتر برایتان بنویسم و در کنار آن در صورت وجود زمان به سایر گرایش های قدرت نیز بپردازیم.



www.takbook.com

**اگر نکته یا پیشنهادی در رابطه با این کتاب دارید می توانید با بنده از طریق ایمیل زیر در تماس باشید، با سپاس فراوان**

***Siahtirim@gmail.com***

در پناه حق ...

محمد سیاه تیری



www.takbook.com