

# فصل اول

## کلیات

## آشنایی با کتاب درسی

همکاران ارجمند؛

کتاب درسی کابل کشی و سیم‌پیچی ماشین‌های الکتریکی شامل پنج فصل یا پودمان بوده و در هر فصل دو واحد یادگیری آورده شده است. نحوه انتخاب این واحدهای یادگیری چنان که قبلاً درس طراحی و سیم‌کشی برق ساختمان‌های مسکونی بر مبنای نیازسنجی دنیای کار بوده است. ممکن است در نگاه اول در نظر بعضی از همکاران سیستم‌های یو پی اس یا سیستم درهای خودکار همخوانی چندانی با سیستم‌های جریان ضعیف نداشته باشد ولی از آنجایی که اغلب در نقش بار سیستم‌های یو پی اس ظاهر می‌شوند، تأسیسات جریان ضعیف نظیر دوربین مدار بسته، اعلام سرقت، اعلام حریق و سیستم UPS در این دسته‌بندی جای گرفته است. از طرفی درهای خودکار (اتوماتیک) نیز به دلیل استفاده بیشتر در این خانواده و ارتباط آن با سیستم‌های جریان ضعیف در این دسته‌بندی قرار گرفته است.

در کتاب راهنمای هنرآموز کابل کشی و سیم‌پیچی ماشین‌های الکتریکی سعی شده است تا پاسخ فعالیت‌ها، تحقیق‌ها و مطالبی آورده شود که ممکن است برای هنرجویان علاقه‌مند مورد توجه قرار گیرد. فیلم‌های آموزشی که محتوای کارهای فرآیندی را نمایش می‌دهد و کتاب همراه هنرجو دو جزء دیگر بسته آموزشی است. کتاب راهنمای هنرآموز در دو فصل ارائه شده است. فصل اول شامل کلیات روش‌های تدریس، طرح درس روزانه، بودجه‌بندی سالانه موضوعات مختلف درسی، جدول ارتباط افقی و عمودی کتاب‌های سال یازدهم و ارزشیابی است.

در فصل دوم این کتاب هدف، ارائه فصل به فصل محتوای کتاب درسی و پاسخ به فعالیت‌ها به همراه دانش‌افزایی است. البته در این فصل سعی شده است تأکید بیشتر بر محتوایی باشد که تنوع داشته یا از مشخصات فنی بیشتری برخوردار است.

## ۱-۱- زمان تقریبی آموزش پودمان‌ها:

در جدول ۱ زمان تقریبی و پیشنهادی برای بودجه‌بندی تدریس این پنج پودمان ارائه شده است و در ادامه آن نیز مسیر آموزش نتیجه شده از دنیای کار انتخاب شده است.

## ۱-۲- زمان کل آموزش پودمان‌ها:

زمان کل آموزش کتاب کابل کشی و سیم‌پیچی ماشین‌های الکتریکی ۳۰۰ ساعت در نظر گرفته شده است. این زمان با توجه به محتوی و تناسب زمان آموزش آن بودجه‌بندی و فصل‌بندی شده است (جدول ۱).

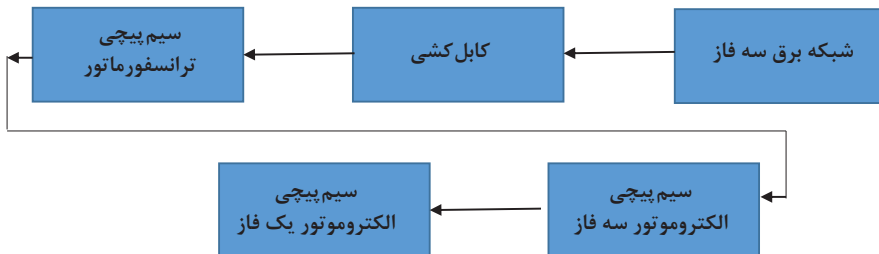
جدول ۱- پودمان‌های کتاب طراحی و اجرای تأسیسات جریان ضعیف و زمان آن

ردیف	جدول ارائه پودمان	زمان برحسب ساعت
۱	مصرف‌کننده‌های سه فاز	۶۰
۲	کابل کشی	۶۰
۳	سیم‌پیچی ترانسفورماتور	۶۰
۴	سیم‌پیچی الکتروموتور سه فاز	۶۰
۵	سیم‌پیچی الکتروموتور تک‌فاز	۶۰
	مجموع	۳۰۰

## ۱-۳- مسیر یادگیری درس پایه یازدهم - کابل کشی

### و سیم‌پیچی ماشین‌های الکتریکی

طبق برنامه‌ریزی و نیازسنجی انجام شده توسط خبرگان دنیای کار، کابل کشی و سیم‌پیچی مسیر ارائه شده در شکل ۱ قابل ارائه خواهد بود.



شکل ۱- مسیر یادگیری در اسناد نیازسنجی

## ۴-۱-۱ استاندارد فضا

این درس به کارگاه مستقل نیاز دارد، اگرچه ماهیت پودمان‌های سه، چهار و پنج با محتوای پودمان اول و دوم متفاوت است ولی با چیدمان مناسب می‌توان فعالیت‌ها و کارهای عملی را در یک کارگاه انجام داد.

■ اجرای این درس نیاز به یک فضای درسی - کارگاهی دارد مباحث تئوری در همان محل برای هنرجویان تدریس شده و به دنبال آن کار عملی پودمان‌ها در بخش کارگاهی دنبال می‌شود، و واحد یادگیری سیم‌پیچی ماشین‌های الکتریکی بیشترین فضا را دربرمی‌گیرد. مدارهای سه فاز روی تابلوهای مشبک مجهز به کلیدهای کنترلی و حفاظت الکتریکی، انجام می‌شود. کابل کشی و فعالیت‌های مربوط به آن در کارگاه مجهز به میز کار و ابزار مکانیک عمومی قابل انجام است.

## ۵-۱-۱ شایستگی‌های فنی و غیر فنی

شایستگی به نحوه کار به نحو مطلوب و مطابق استاندارد گفته می‌شود. هر شایستگی از سه جزء، دانش، مهارت و نگرش تشکیل می‌شود. شایستگی‌ها از تقسیم‌بندی کلی، شایستگی‌های فنی حوزه کارهای فنی رشته را در بر می‌گیرد و شایستگی‌های غیرفنی که اهمیت بسیار زیادی دارد تکمیل‌کننده شایستگی‌های فنی و کارآمد شدن فرد در دنیای کار خواهد شد.

### ۱-۵-۱-۱ شایستگی‌های فنی:

- ۱ شبکه برق مصرف‌کننده سه فاز
- ۲ کابل کشی
- ۳ سیم‌پیچی ترانسفورماتور
- ۴ سیم‌پیچی الکتروموتورهای سه فاز
- ۵ سیم‌پیچی الکتروموتورهای یک‌فاز

### ۲-۱-۵-۱ شایستگی‌های غیر فنی:

- ۱ تفکر سیستمی: درک صحیح از عملکرد الکتروموتورها و ارتباط اجزای سیستم الکترومغناطیسی و مکانیکی آن
- ۲ تفکر منطقی: حل مسئله، استدلال در مورد پدیده‌های مختلف و ارتباط منطقی اجزای سیستم سه فاز و پیدا کردن ارتباط آنها
- ۳ مدیریت تجهیزات و مواد: استفاده بهینه از کابل و سیم لاکه و مواد مصرفی در کارگاه سیم‌پیچی

- ۴ **مدیریت کیفیت:** ارائه خدمات سیم‌پیچی با هدف جلب و رضایت مشتری
- ۵ **جمع آوری اطلاعات و مذاکره:** کاربرد فناوری اطلاعات نظیر ترجمه کاتالوگ کلیدها، کابل‌ها و الکتروموتورها و کاربرد نرم‌افزار.
- ۶ **سواد اطلاعاتی:** سازماندهی اطلاعات، جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات ماشین‌های الکتریکی و کابل‌کشی
- ۷ **تفکر انتقادی:** سعی در تشخیص عیوب و تحلیل عملکرد ماشین‌های الکتریکی در حالت‌های مختلف و عیوب نصب کابل‌کشی
- ۸ **مستندسازی:** تهیه گزارش از سیم‌پیچی انواع الکتروموتورها و انواع کابل‌کشی و بارهای مختلف سه فاز
- ۹ **مسئولیت‌پذیری:** تعهد و وظیفه‌شناسی در انجام کارهای عملی برق سه فاز و سیم‌پیچی الکتروموتورها

## ۱-۶-۱- جدول ارتباط افقی - عمودی

این جدول نحوه ارتباط محتوای پودمان‌های مختلف کتاب‌های درسی پایه یازدهم را نشان می‌دهد. سعی شده است در انتخاب نوع واحدهای یادگیری رعایت پیش‌نیازها انجام شود. کارهایی که انجام آنها در اتافک و یا سایت رایانه‌ای قابلیت انجام دارند در جدول ۲ با رنگ متفاوت پیشنهاد شده است.

جدول ۲- ارتباط عمودی - افقی دروس کارگاهی پایه یازدهم

تاریخ	طراحی و نصب سیستم‌های حفاظتی و خانه هوشمند	درس کابل‌کشی و سیم‌پیچی ماشین‌های الکتریکی
هفته ۱	نقطه کار مدول PV	راه‌اندازی موتور ۳Ø در اتصال λ با کلید ۱-۰
هفته ۲	تأثیر زاویه، دما و سایه روی مدول	راه‌اندازی موتور ۳Ø در اتصال Δ با کلید ۱-۰
هفته ۳	اندازه‌گیری پارامترهای مدول	راه‌اندازی موتور ۳Ø با کلید Δ-λ
هفته ۴	اتصال ناسازگار مدول‌ها	راه‌اندازی موتور ۳Ø با کلید چپگرد راستگرد
هفته ۵	شارژ باتری با مدول - کنترل شارژ	اتصال ستاره لامپی متعادل و نامتعادل

II	هفته ۶	راه اندازی PV منفصل از شبکه	اتصال مثلث لامپی متعادل و نامتعادل
	هفته ۷	قطعه شناسی و کاتالوگ خوانی	اتصال کلید ولت متر تابلویی و چراغ سیگنال
	هفته ۸	نصب نرم افزار، وارد کردن قطعات	کابلشو زدن به کابل
	هفته ۹	مدار روشنایی با حسگر حرکتی	نصب کابل روی دیوار با بست
	هفته ۱۰	مدار کلید ۴پل در سالن پذیرایی	ساخت سینی کاهشی
III	هفته ۱۱	کنترل روشنایی هالوژن - LED	ساخت ساپورت L
	هفته ۱۲	کنترل روشنایی با لوکس متر	مفصل زدن کابل
	هفته ۱۳	کنترل پرین یخچال در آشپزخانه	کار با کولیس - میکرومتر و سیم و ...
	هفته ۱۴	کنترل نشت آب منازل*	ساخت ترانسفورماتور ۱ ورودی ۱ خروجی
	هفته ۱۵	جوش ترمیت انشعابات ۳ و ۴ راه	ساخت ترانسفورماتور چند خروجی
III	هفته ۱۶	اتصال هادی همبندی مسی به میلگردهای موجود در سازه	ساخت ترانسفورماتور *
	هفته ۱۷	جوشکاری میلگردهای همبندی	خارج کردن سیم پیچ سوخته و عایق کاری
	هفته ۱۸	وصل شدن به قطعه اتصال	محاسبه و دیاگرام موتور ۳۰ - (G=۲p)
	هفته ۱۹	نصب صاعقه گیر	سیم پیچی موتور ۳۰ - (G=۲p)
	هفته ۲۰	نصب SPD در تابلو اصلی	محاسبه و دیاگرام موتور ۳۰ - طبقه به ازای قطب
IV	هفته ۲۱	اندازه گیری شارژ باطری و تست مبدل ولتاژ	سیم پیچی موتور ۳۰ - طبقه به ازای قطب
	هفته ۲۲	اندازه گیری مقاومت زمین PV	محاسبه و دیاگرام موتور ۳۰ - طبقه ۲
	هفته ۲۳	اندازه گیری شارژ باطری و تست مبدل ولتاژ	سیم پیچی موتور ۳۰ - طبقه ۲
	هفته ۲۴	بررسی عملکرد کنترل شارژ	محاسبه و دیاگرام موتورهای طرح دو فاز
	هفته ۲۵	مقدار توان مدول و ظرفیت باتری مورد نیاز و قیمت تمام شده یک PV	سیم پیچی موتورهای طرح دوفاز

V	محاسبه و دیاگرام موتورهای ۱Ø با خازن راه انداز	نقشه کشی هم‌بندی با AutoCAD	هفته ۲۶	V
	سیم‌پیچی موتورهای ۱Ø با خازن راه انداز	نقشه کشی KNX با AutoCAD	هفته ۲۷	
	محاسبه و دیاگرام موتور ۱Ø دو سرعت (کولر)	نقشه کشی PV با AutoCAD	هفته ۲۸	
	سیم‌پیچی موتور ۱Ø دو سرعت (کولر)	انجام پروژه با نرم‌افزار PVsyst	هفته ۲۹	

\* کارهای نیمه تجویزی

## ۷-۱- بودجه‌بندی پیشنهادی سالانه درس کابل کشی و سیم‌پیچی ماشین‌های الکتریکی

بودجه‌بندی سالانه پودمان‌های کتاب کابل کشی و سیم‌پیچی ماشین‌های الکتریکی با هدف ارائه موضوع هر قسمت مهم واحد یادگیری، اهداف جزء واحد یادگیری و فعالیت تکمیلی آورده شده است. بودجه‌بندی پیشنهادی سالانه درس کابل کشی و سیم‌پیچی ماشین‌های الکتریکی در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳ - بودجه بندی پیشنهادی سالانه درس کابلی کشی و سیم‌بجی ماشین‌های الکتریکی

ردیف	ماه	فصل	واحد	موضوع	هدف	فعالیت‌های تکمیلی
۱	مهر	۱	شبکه برق و مصرف کننده‌های سه فاز	راه اندازی موتور ۳۷۰ اتر اتصال ۸. با کلید ۱-۰ه	جریان خط و فاز و مدار سه فاز در حالت ستاره	بررسی جریان راه اندازی در حالت ستاره الکتروموتورهای مختلف
۲	مهر	۱	شبکه برق و مصرف کننده‌های سه فاز	راه اندازی موتور ۳۷۰ اتر اتصال Δ با کلید ۱-۰ه	جریان خط و فاز مدار سه فاز در حالت ستاره	بررسی جریان راه اندازی در حالت مثلث الکتروموتورهای مختلف
۳	مهر	۱	شبکه برق و مصرف کننده‌های سه فاز	راه اندازی موتور ۳۷۰ با کلید ۸ - Δ	مدار سه فاز ستاره - مثلث	بررسی جریان راه اندازی در حالت ستاره - مثلث الکتروموتورهای مختلف
۴	مهر	۱	شبکه برق و مصرف کننده‌های سه فاز	راه اندازی موتور ۳۷۰ با کلید چگرد راستگرد	مدار چگرد و راستگرد و کلید آن	چگرد - راستگرد انواع الکتروموتور
۵	آبان	۱	شبکه برق و مصرف کننده‌های سه فاز	اتصال ستاره لامپی متعادل و نامتعادل	اثر جریان و ولتاژ در بار متعادل و نامتعادل در حالت ستاره	اتصال لامپ‌ها با توان مختلف
۶	آبان	۱	شبکه برق و مصرف کننده‌های سه فاز	اتصال مثلث لامپی متعادل و نامتعادل	اثر جریان و ولتاژ در بار متعادل و نامتعادل در حالت مثلث	اتصال لامپ‌ها با توان مختلف
۷	آبان	۱	شبکه برق و مصرف کننده‌های سه فاز	اتصال کلید ولت متر تابلویی و چراغ سیگنال	نحوه اتصال کلید ولت متری	تست انواع کلید تابلویی ولت متر
۸	آبان	۲	کابلی کشی	کابلشو زدن با کابل	مهارت کابلشو زدن	کاربرد انواع کابلشوی مختلف
۹	آذر	۲	کابلی کشی	نصب کابلی روی دیوار با بست	مهارت نصب کابل روی دیوار	نصب چندین نوع کابل روی دیوار
۱۰	آذر	۲	کابلی کشی	ساخت سینی کشی	سینی کشی کابل	کاربرد چند نوع سینی کابل
۱۱	آذر	۲	کابلی کشی	ساخت ساپورت L	وظیفه ساپورت (نگه دارنده)	انواع ساپورت
۱۲	آذر	۲	کابلی کشی	مفصل زدن کابل	مفصل زدن و مراحل آن	انواع مفصل کابل



۱۳	دی	۳	سیم پیچی ترانسفورماتور	کار با کولیس - میکرومتر و سیم و...	کار با ابزار اندازه گیری قطر سیم	تحلیل رفتار ترانسفورماتور با شبیه ساز
۱۴	دی	۳	سیم پیچی ترانسفورماتور	ساخت ترانسفورماتور ۱ ورودی ۱ خروجی	سیم پیچی ترانسفورماتور	تحلیل رفتار ترانسفورماتور با شبیه ساز
۱۵	دی	۳	سیم پیچی ترانسفورماتور	ساخت ترانسفورماتور چند خروجی	ترانسفورماتور چند سر خروجی	تحلیل رفتار ترانسفورماتور با شبیه ساز
۱۶	دی	۳	سیم پیچی ترانسفورماتور	ساخت ترانسفورماتور *	مونتاز ترانسفورماتور	تحلیل رفتار ترانسفورماتور با شبیه ساز
۱۷	بهمن	۴	سیم پیچی موتورهای سه فاز	خارج کردن سیم پیچ سوخته و عایقکاری	آشنایی با کلاف، شیار و انواع سیم لاکه	ساخت انواع سیم لاکه
۱۸	بهمن	۴	سیم پیچی موتورهای سه فاز	محاسبه دیاگرام موتور $۳\phi$ - $(G=TP)$	محاسبه و ترسیم دیاگرام	بررسی انواع دیگر الکتروموتورها
۱۹	بهمن	۴	سیم پیچی موتورهای سه فاز	سیم پیچی موتور $۳\phi$ - $(G=TP)$	سیم پیچی الکتروموتور	بررسی انواع دیگر الکتروموتورها
۲۰	بهمن	۴	سیم پیچی موتورهای سه فاز	محاسبه و دیاگرام موتور $۳\phi$ - $(G=TP)$ به ازای قطب	محاسبه و ترسیم دیاگرام	بررسی انواع دیگر الکتروموتورها
۲۱	اسفند	۴	سیم پیچی موتورهای سه فاز	سیم پیچی موتور $۳\phi$ - $(G=TP)$ به ازای قطب	سیم پیچی الکتروموتور سه فاز	بررسی انواع دیگر الکتروموتورها
۲۲	اسفند	۴	سیم پیچی موتورهای سه فاز	محاسبه و دیاگرام موتور $۳\phi$ - $(G=TP)$	ترسیم دیاگرام دو طبقه	بررسی انواع دیگر الکتروموتورها
۲۳	اسفند	۴	سیم پیچی موتورهای سه فاز	سیم پیچی موتور $۳\phi$ - $(G=TP)$	سیم پیچی الکتروموتور دو طبقه	بررسی انواع دیگر الکتروموتورها
۲۴	اسفند	۵	سیم پیچی موتورهای تک فاز	محاسبه و دیاگرام موتورهای طرح دوفاز	موتورهای طرح دو فاز	بررسی انواع دیگر الکتروموتورها
۲۵	فروردین	۵	سیم پیچی موتورهای تک فاز	سیم پیچی موتورهای طرح دوفاز	سیم پیچی الکتروموتور سه فاز	بررسی انواع الکتروموتورهای تک فاز
۲۶	فروردین	۵	سیم پیچی موتورهای تک فاز	محاسبه و دیاگرام موتورهای $۱\phi$ با خازن راه انداز	محاسبه و ترسیم دیاگرام الکتروموتور خازن دار	بررسی انواع الکتروموتورهای تک فاز
۲۷	اردیبهشت	۵	سیم پیچی موتورهای تک فاز	سیم پیچی موتورهای $۱\phi$ با خازن راه انداز	محاسبه و ترسیم دیاگرام الکتروموتور خازن دار	بررسی انواع الکتروموتورهای تک فاز
۲۸	اردیبهشت	۵	سیم پیچی موتورهای تک فاز	محاسبه و دیاگرام موتور $۱\phi$ دو سرته (کولر)	ترسیم دیاگرام الکتروموتور کولر آبی	بررسی انواع الکتروموتورهای تک فاز
۲۹	اردیبهشت	۵	سیم پیچی موتورهای تک فاز	سیم پیچی موتور $۱\phi$ دو سرته (کولر)	سیم پیچی الکتروموتور کولر	بررسی انواع الکتروموتورهای تک فاز

## ۸-۱- طرح درس روزانه

طرح درس روزانه یک قالب و چهارچوب کلی برای اجرای موفق یک جلسه آموزش در اختیار هنرآموز قرار می‌دهد. برای نمونه و مثال طرح درس آورده شده در جدول ۴ طرح درس روزانه پیشنهادی برای یک جلسه آموزش شایستگی واحد یادگیری سیم‌پیچی ترانسفورماتور می‌باشد.

جدول ۴- نمونه‌ای از یک طرح درس روزانه

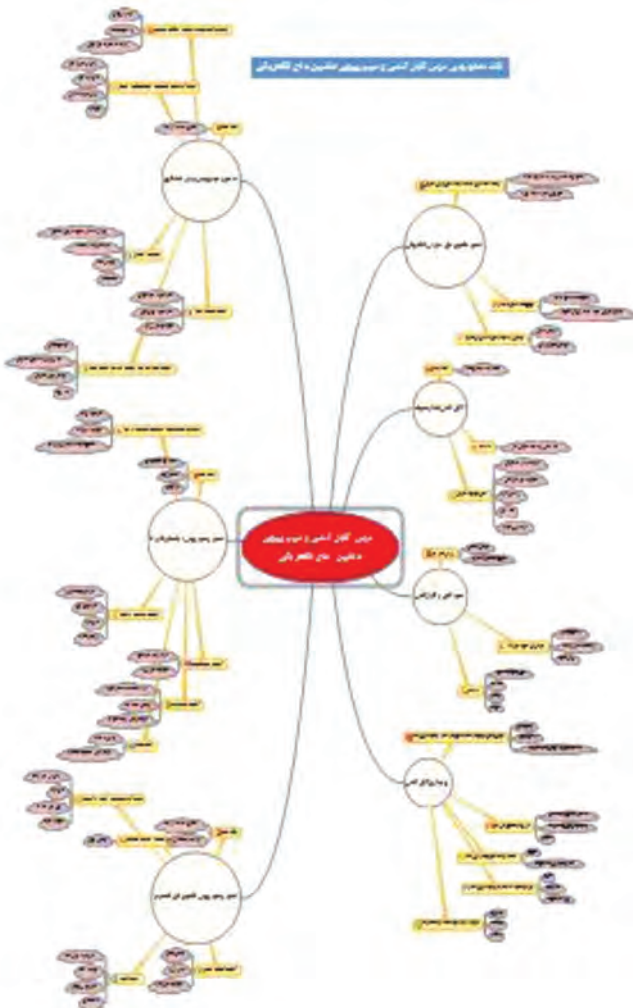
طرح درس روزانه / استان تنظیم:		اداره آموزش و پرورش		هنرستان فنی و حرفه‌ای
طرح درس روزانه		اداره آموزش و پرورش		هنرستان فنی و حرفه‌ای
نام کتاب: کابل کشی و سیم‌پیچی ماشین‌های الکتریکی پایه: یازدهم مقطع: فنی و حرفه‌ای متوسطه رشته: الکترونیک صفحات: طرح درس شماره: ۱۲		موضوع درس: محاسبه و سیم‌پیچی ترانسفورماتور		تاریخ: مدت زمان کارگاهی: ۲۴۰ دقیقه تعداد هنرجویان: ۱۶ نفر تعداد صفحات: ۳
شیوه تدریس: تدریس دو نفره Dual training استاندارد عملکرد (performance standard): نصب و سیم‌کشی روی تابلوی مشبک بدون داکت و ترمینال گذاری تابلویی، سیم‌پیچی ترانسفورماتور یک فاز، یک ورودی، یک خروجی، ۲۲۰ ولت به ۱۲ ولت طبق محاسبه				

اهداف کلی: محاسبه و سیم‌پیچی ترانسفورماتور	
اهداف رفتاری	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ محاسبه ترانسفورماتور (تعداد دور، قطر سیم)</li> <li>■ سیم‌پیچی اولیه ترانسفورماتور</li> <li>■ سیم‌پیچی ثانویه ترانسفورماتور</li> <li>■ لحیم‌کاری، آزمایش بی‌باری و اتصال کوتاه ترانسفورماتور</li> </ul>
اهداف یادگیری	محاسبه ترانسفورماتور یک فاز را انجام دهد. سر سیم ترانسفورماتور را به سیم خروجی لحیم کند. آزمایش بی‌باری و اتصال کوتاه را انجام دهد.
الگوی نوین در فرایند یاددهی و یادگیری	
مقدمه	پس از سلام و احوال پرسی و حضور غیاب درس را شروع می‌کنیم آشنایی با ترانسفورماتور واقعی، ایدئال، افزایشده و کاهشده.
مطالب نوین	القای متقابل محاسبات ترانسفورماتور سیم‌پیچی ترانسفورماتور

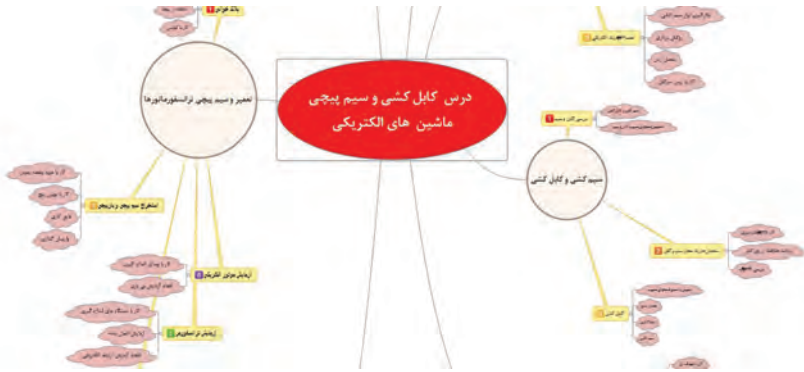
<p>ابتدا القای متقابل و اصول عملکرد ترانسفورماتور و محاسبات آن و سپس سیم پیچی ترانسفورماتور</p>	<p>روشن اجرا</p>
<p>کلاس و کارگاه (فضای آموزشی مناسب برای ۱۶ نفر)          تابلو وایت بُرد          ویدئو پروژکتور و یا تابلو هوشمند          سیم لاکه - قرقره - قلع - لحیم - هویه - بوبین سیم پیچ</p>	<p>مواد و وسایل آموزشی</p>
<p>طراحی و بودجه بندی تدریس آماده سازی و سایل          ■ آماده سازی رسانه های آموزشی</p>	<p>قبل از تدریس فعالیت های</p>
<p>طرح سؤالات مثل:          کاربرد ترانسفورماتور را بیان کند.          وظیفه ترانسفورماتور چیست؟</p>	<p>ارزشیابی تشخیصی</p>
<p>اهمیت ترانسفورماتور در خطوط انتقال، توزیع شبکه برق          تاریخچه ابداع ترانسفورماتور و ضرورت آن</p>	<p>معرفی درس جدید و ایجاد انگیزه</p>
<p>ارائه مطلب با آثار رسانه های تعاملی در مورد مدار مورد نظر          ■ نمایش فیلم مستند سیم پیچی ترانسفورماتور          ■ معرفی انواع ترانسفورماتور با نمایش عکس</p>	<p>فعالیت ضمن تدریس فرایند یاددهی و یادگیری</p>
<p>تفاوت ترانسفورماتور ایدئال و واقعی را بیان کنید.          مراحل سیم پیچی ترانسفورماتور را شرح دهید.          آزمایش بی باری و اتصال کوتاه ترانسفورماتور را تعریف کنید.</p>	<p>ارزشیابی تکوینی</p>
<p>مروری بر کل مطالب و درخواست از هنرجویان برای تهیه گزارش عملکردی مقایسه نتایج به دست آمده از آزمایش های الکتریکی حاصل از ترانسفورماتورهای سیم پیچی شده.</p>	<p>جمع بندی و اختتامیه</p>

## ۹-۱- نقشه مفهومی کتاب کابل کشی و سیم‌پیچی ماشین‌های الکتریکی

نقشه مفهومی یک ابزار گویا برای معرفی جزئیات محتوای پودمان‌ها و واحدهای یادگیری است. نقشه مفهومی کتاب کابل کشی و سیم‌پیچی ماشین‌های الکتریکی مطابق شکل ۲ در پنج پودمان و ده واحد یادگیری به معرفی المان‌ها و جزئیات محتوای کتاب درسی می‌پردازد. برای آشنایی بیشتر با اینفوگرافی و نقشه مفهومی مذکور بخشی از این نقشه در شکل ۳ در اندازه بزرگ‌تر نشان داده شده است.



شکل ۲- نقشه مفهومی



شکل ۳- بخشی از نقشه مفهومی

با کمی دقت در نقشه مفهومی در می‌یابیم هر یک از پودمان‌ها شامل دو واحد یادگیری بوده و هر یک از واحدهای یادگیری به نسبت عنوان و موضوع واحد یادگیری به جزئیات، کارها و ابزار مناسب پرداخته است.

## ۱۰-۱- ارزشیابی شایستگی

ارزشیابی شایستگی‌های کتاب کابل کشی و سیم‌پیچی ماشین‌های الکتریکی یکی از مهم‌ترین قسمت‌های برنامه‌درسی این درس است. توصیه می‌شود برای ارزشیابی کتاب‌درسی کابل کشی و سیم‌پیچی ماشین‌های الکتریکی مطابق جدول ارزشیابی آورده شده (جدول ۴) عمل شود. در این ارزشیابی شرح کار انجام شده، استاندارد عملکرد انجام کار، شایستگی‌های کار شاخص‌ها و شرایط نقش بسیار مهمی دارند. استاندارد عملکرد کار، حدود، شرایط مکان و زمان و نحوه دقیق انجام کار را توصیف می‌کند و شاخص‌های ارزشیابی، شایستگی لازم برای استاندارد کار را ارائه می‌دهد. نحوه نمره‌دهی نیز به سه دسته تقسیم شده است. این سه دسته‌بندی شامل پایین‌تر از حد انتظار، در حد انتظار و بالاتر از حد انتظار می‌باشد. حداقل نمره قبولی هر واحد شایستگی کار ۱۲ نمره است.

در پایان سال تحصیلی به ازای هر پودمان با فرض حد نصاب نمره قبولی (۲ نمره) ده نمره در مجموع و با احتساب نمره مستمر به ازای ۲ نمره، هنرجو با نمره ۱۲ قبول خواهد شد. چنانچه نمره ایشان در ارزشیابی شایستگی بالاتر از حد انتظار باشد برای هر پودمان ۳ نمره و در مجموع ۱۵ نمره خواهد داشت و در صورت احتساب نمره مستمر این نمره قابلیت قابل ارتقاء تا ۲۰ نمره دارد. به عبارت دیگر هر نمره پودمان با ضریب پنج مدنظر قرار می‌گیرد و برای نمره پودمان با احتساب نمره مستمر به‌عنوان نمره شایستگی آن پودمان لحاظ می‌شود.

**تذکر:** نمره ایمنی شرط لازم برای احراز شایستگی است.

## جدول ۵- ارزشیابی شایستگی واحد کار سیم‌پیچی الکتروموتور سه فاز

<p><b>شرح کار:</b>                  شناسایی قطعات ساختمان الکتروموتور                  تئوری میدان دوار                  بازکردن الکتروموتور                  بازپیچی الکتروموتور                  محاسبه و رسم دیاگرام</p>			
<p>استاندارد عملکرد: بازپیچی و سیم‌پیچی الکتروموتور سه فاز در کارگاه سیم‌پیچی با رعایت موارد ایمنی</p>			
<p><b>شاخص‌ها:</b>                  شناسایی قطعات الکتروموتور                  آشنایی با میدان دوار                  مراحل بازپیچی                  رسم دیاگرام</p>			
<p>شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:</p>			
<p>شرایط: فضای مناسب - ابزار مناسب - مدت زمان متناسب با حجم کار                  ابزار و تجهیزات: بوبین پیچ - الکتروموتور شیار خالی و سوخته - میز تست الکتروموتور - لباس کار - دستکش</p>			
<p>معیار شایستگی:</p>			
<p>* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.</p>			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	بازپیچی الکتروموتور سه فاز	۲	
۲	رسم دیاگرام و سیم‌پیچی	۲	
۳	بازکردن الکتروموتور	۱	
۴	عایق کاری شیارهای الکتروموتور	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: کسب اطلاعات کار تیمی مستندسازی ویژگی شخصیتی	۲	
	میانگین نمرات		*

## فصل ۲

# بررسی محتوای کتاب درسی

- مقدمه واحد یادگیری چیست: همکار گرامی مقدمه هر واحد یادگیری محل ورود به بحث جدید واحد یادگیری است بنابراین برای ورود به این محتوی باید هنرجویان با انگیزه کافی آن را دنبال کنند. مقدمه واحدهای یادگیری با فراهم کردن زمینه‌های زیر برای هر واحد یادگیری طراحی شده است.
- دید کلی از محتوی به یادگیرنده ارائه کند.
  - ایجاد انگیزه کند و برای یادگیرنده اشتیاق لازم جهت دنبال کردن محتوای واحد یادگیری فراهم کند.
  - یک سؤال در ذهن یادگیرنده ایجاد کند و در صورت ارائه تاریخچه بتواند ایجاد جرقه در ذهن هنرجویان کند.
  - مقدمه سعی دارد چرایی فناوری را در ذهن یادگیرنده تداعی کند.

## هدف: آشنایی با شبکه برق سه فاز، اتصال مصرف‌کننده‌های سه فاز متعادل و نامتعادل و بررسی پارامترهای الکتریکی بارهای سه فاز

**مقدمه:** در کتاب دانش فنی پایه، هنرجویان با روش‌های تولید انرژی الکتریکی و نیروگاه‌های مختلف آشنا شوند و از طرفی در کتاب‌های قبلی کارگاهی زمینه فعالیت آنها با برق تک فاز است ولی در این درس برای اولین بار هنرجویان با مقوله ولتاژ و جریان سه فاز آشنا می‌شوند. با تفاوت روابط و منحنی‌های حاکم بر مدارهای الکتریکی سه فاز آشنا می‌شوند. تفاوت روابط و منحنی‌های حاکم بر مدارهای الکتریکی سه فاز و تک فاز مثل توان‌ها و ولتاژ و جریان در این درس باید تشریح شود. یکی از نکات بسیار مهم در اجرای کارهای عملی مربوط به این پودمان، ایمنی برق کارگاهی است. توصیه می‌شود هنرآموزان محترم حتماً تمام نکات ایمنی تابلوی آزمایش و تابلوی اصلی مربوط به مدارهای عملی را بررسی کرده و از صحت عملکرد آنها اطمینان حاصل کنند.

### ۱- مقایسه برق سه فاز و تک فاز:

برای پی‌بردن هنرجویان به اهمیت برق سه فاز اشاره به موارد ذیل ضروری است:

- ۱ مزیت برق سه فاز نسبت به تک فاز
- ۲ ترسیم منحنی سه فاز از روی منحنی سینوسی تک فاز
- ۳ یکسو کردن منحنی سه فاز و تک فاز

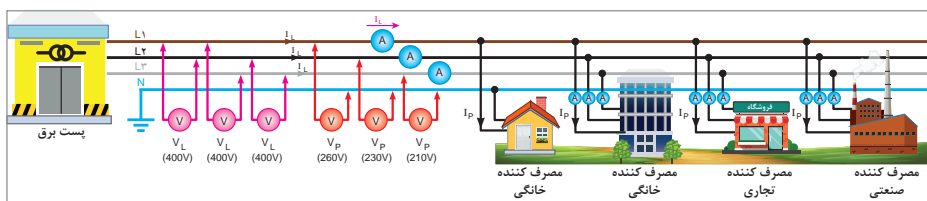
### الف) انتقال انرژی الکتریکی

انرژی الکتریکی به صورت سه فاز در نیروگاه‌ها در محدوده  $15\text{ Kv}$  تولید می‌شود و توسط ترانسفورماتور افزایش‌دهنده به ولتاژی معادل  $230\text{ Kv}$  در هر فاز افزایش می‌یابد. این افزایش ولتاژ به‌طور طبیعی در ترانسفورماتور، کاهش جریان خروجی نیروگاه، کاهش تلفات خط انتقال و کاهش سطح مقطع خط انتقال را به‌همراه خواهد داشت. در این قسمت می‌توان انواع دکل‌های خطوط انتقال را معرفی کرد. ولتاژ خط انتقال از روی تعداد مقره‌های زنجیره مقره قابل تشخیص است، برای این منظور می‌توان از فیلم راهنمای هنرآموز استفاده کرد.



### ب) توزیع انرژی الکتریکی

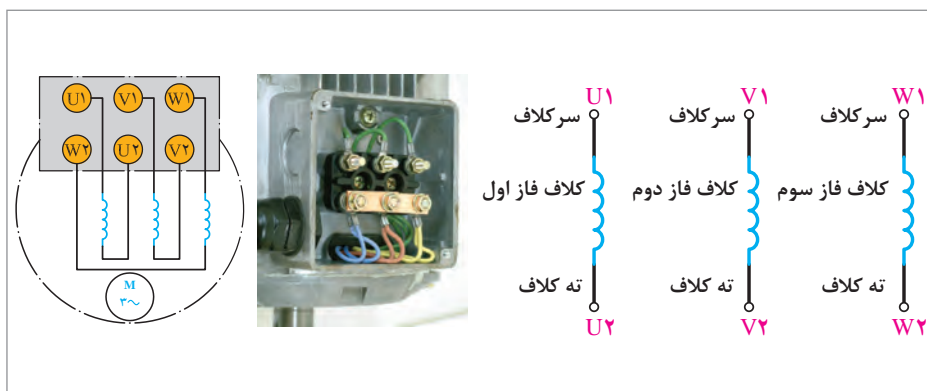
در این قسمت توالی خطوط هوایی توزیع برق معرفی شده است. نام سیم و رنگ و علامت اختصاری مطابق استاندارد IEC آورده شده است. در کنار این موضوع می‌توان از کابل‌های خود نگهدار که در پودمان بعد نیز آورده شده به عنوان جایگزین خطوط هوایی صحبت کرد. شکل ۱ که در صفحه ۱۱ کتاب درسی آمده برای بیان تفاوت ولتاژ خط و فاز بسیار آموزنده و مفید است.



شکل ۱- ولتاژ و جریان خط و فاز و مصرف کننده سه فاز و تک فاز

## ۲-۱- الکتروموتورهای الکتریکی سه فاز

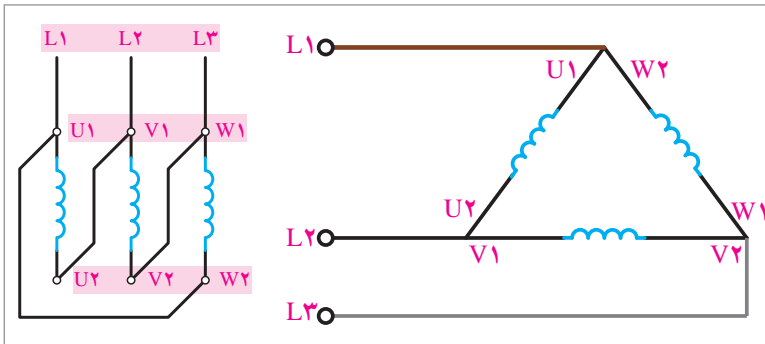
در این بخش ابتدا معرفی کلاف‌های سیم‌پیچی الکتروموتور و نام ترمینال‌ها در تخته کلم یا جعبه ترمینال مورد توجه است. در شمای فنی، الکتروموتور با یک دایره نشان داده می‌شود. شکل ۲ که با شماره ۲۱ در کتاب درسی آمده است نمونه خوبی برای نشان دادن کلاف‌های سه گانه داخل الکتروموتور و ترمینال‌های تخته کلم است.



شکل ۲- اتصال مثلث کلاف الکتروموتور سه فاز

### ۱-۲-۱- اتصال ستاره و مثلث

در هر دو حالت اتصال الکتروموتور به شبکه سه فاز خطوط فاز  $L_1, L_2, L_3$  به سر کلاف‌های  $V_1, W_1, U_1$  متصل می‌شود، منتهی برای حالت ستاره سر کلاف‌های  $U_2, V_2, W_2$  به یکدیگر متصل می‌شود. لیکن در حالت مثلث سر هر کلاف به انتهای کلاف مجاور متصل می‌شود. در این حالت  $U_1$  به  $W_2$ ،  $V_1$  به  $U_2$  و  $W_1$  به  $V_2$  متصل می‌شود (شکل ۳).



شکل ۳- نحوه اتصال مثلث

در کتاب‌های قدیمی و استانداردهای دیگر به جای سه فاز  $L_1, L_2, L_3$  از حروف R, S, T استفاده می‌شود. در این کتاب مبنای شناخت فازها  $L_1, L_2, L_3$  است. یکی از نقاط چالشی و بعضاً ابهام برانگیز برای هنرجویان اتصال تسمه‌های فلزی مسی در دو حالت ستاره و مثلث داخل تخته کلم است. حتماً ذکر این نکته اهمیت دارد که برای اتصال حالت مثلث به دلیل عدم اتصال تسمه‌های مسی باید سر و ته کلاف‌ها از داخل موتور به ترمینال‌ها جابه‌جا شود تا اتصال مثلث راحت قابل اجرا باشد.

### ۱-۲-۲- راه‌اندازی الکتروموتور با کلیدهای سه فاز

در این قسمت ابتدا طبق تقسیم‌بندی شمای فنی کلیدها در شکل ۲۷ تقسیم‌بندی کلی از کلیدها و وظیفه آنها ارائه شده و معمولاً با کلید صفر و یک این مصرف آغاز می‌شود.

شمای حقیقی کلید صفر و یک در حالت صفر (۰) بدون هیچ نشانه و در حالت یک (I) با علامت ضربدر (x) مشخص شده است. این علامت اتصال دو ترمینال متناظر با خانه مدنظر را نشان می‌دهد.

## ۴-۱- کاربرد مولتی مترهای دیجیتالی:

مولتی مترهای تابلویی به دو دسته آنالوگ (عقربه‌ای) و دیجیتال (عددی) تقسیم می‌شوند.

آمپرمترها و ولت مترهای آنالوگ امروز جای خود را به دلایلی از جمله دقت بیشتر، زیبایی و جانمایی بهتر و خوانش مقادیر اندازه‌گیری شده به دستگاه‌های اندازه‌گیری دیجیتال داده‌اند (شکل ۴).



شکل ۴- مولتی متر تابلویی آنالوگ و دیجیتال



شکل ۵- مولتی متر تابلویی True RMS

از طرفی با یک مولتی متر دیجیتال می‌توان پارامترهای بیشتری را اندازه‌گیری کرد. به‌عنوان مثال با یک مولتی‌متر دیجیتال سه فاز می‌توان پارامترهای ولتاژ خط و فاز، جریان‌های مصرفی هر سه فاز و نمایش فرکانس را اندازه‌گیری کرد. بعضی از این مولتی مترها حتی قابلیت اندازه‌گیری ولتاژ در حالت عادی و True RMS را نیز دارا هستند (شکل ۵). دقت اندازه‌گیری مقادیر مؤثر شکل موج مربعی با مولتی‌مترهای معمولی خیلی ضعیف است. به همین منظور خروجی اینورترها و یو پی اس‌ها را با مولتی‌مترهای True RMS اندازه‌گیری می‌کنند.

همکاران ارجمند، در کتاب درسی تأکید شده است که برای اندازه‌گیری ولتاژها و جریان‌های خطی از وسایل اندازه‌گیری مجتمع استفاده شود که در اصطلاح به آنها سوپر ولت متر یا آمپر متر گفته می‌شود، ولی برای مقادیر فازی ولتاژ و جریان از ولت متر یا آمپر متر تکی استفاده شود (شکل ۶).



شکل ۶- سوپر ولت متر- آمپر متر دیجیتال و ولت متر تکی دیجیتال

کار عملی شماره ۱

## ۱-۱- راه‌اندازی موتور سه فاز در اتصال ستاره با کلید قطع و وصل (صفر- یک)

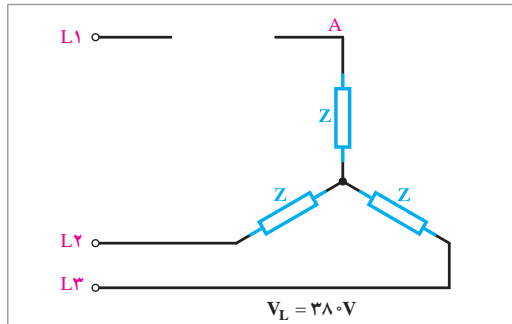
بهتر است در این کار عملی برای اندازه‌گیری جریان‌های فاز  $A_1, A_2, A_3$  از آمپر متر دیجیتال تکی و برای اندازه‌گیری  $V_{p1}, V_{p2}, V_{p3}$  از ولت متر دیجیتال تکی استفاده شود. پس از اتمام سیم‌کشی با رعایت نکات ایمنی مقادیر ولتاژ و جریان فازی و خطی اندازه‌گیری و در جدول شماره یک ثبت شود.

### الف) حالت نرمال

اگر سیم‌پیچی‌های الکتروموتور متعادل و دارای امپدانس داخلی برابر باشد طبیعی است که مقادیر جریان‌ها برابر بوده و جریان سیم نول صفر خواهد بود.

### ب) حالت قطع یک فاز

اگر یک فاز قطع شود، جریان فاز مربوط صفر و جریان دو فاز دیگر تغییر خواهد کرد چون الکتروموتور در حالت ستاره است. دو گروه سیم پیچ الکتروموتور بین دو فاز با یکدیگر سری شده و دو سر هر سیم پیچ در حدود  $180^\circ$  تا  $200^\circ$  ولت قرار می‌گیرد. این در حالی است که در حالت عدم قطع سیم نول ولتاژ خط  $380^\circ$  تا  $400^\circ$  ولت و ولتاژ فاز برابر  $230^\circ$  ولت خواهد بود (شکل ۷).



شکل ۷- مدار معادل قطع یک فاز در حالت ستاره

### ۶-۱- اتصال مثلث سیم‌پیچی الکتروموتور سه فاز:

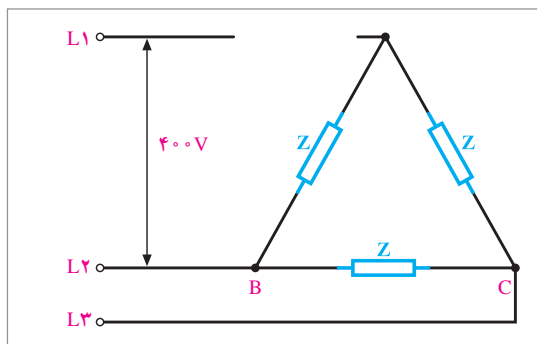
راه‌اندازی الکتروموتور در این حالت با کلید صفر - یک شبیه حالت ستاره است. فقط سربندی در تخته کلم (جعبه ترمینال) تغییر کرده است.

الف) حالت نرمال

در این حالت مقادیر جریان خط از حالت ستاره بیشتر خواهد بود.

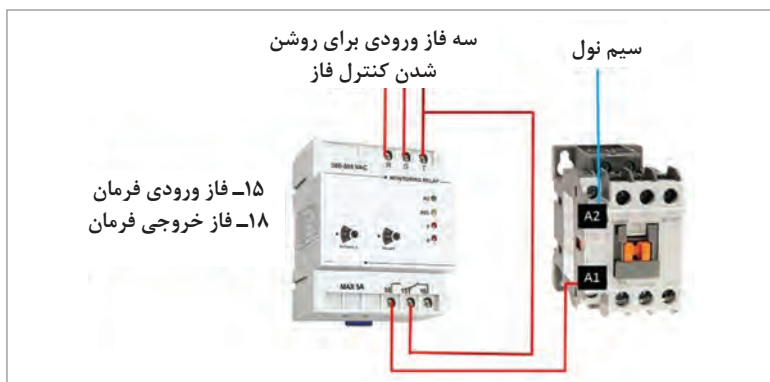
ب) حالت قطع تک فاز

چنانچه در حالت مثلث یک فاز قطع شود، دو گروه کلاف الکتروموتور با یکدیگر سری شده و امپدانس حاصل از این دو کلاف متوالی با یک گروه کلاف دیگر الکتروموتور موازی می‌شود (شکل ۸).



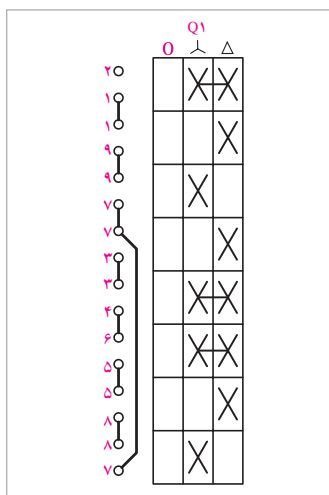
شکل ۸- مدار معادل قطع یک فاز در حالت مثلث

در این وضعیت یک گروه کلاف ولتاژ خط و فاز برابر ۴۰۰ ولت (یا ۳۸۰ ولت) داشته ولی دو کلاف متوالی شده نصف ولتاژ خط تحت ولتاژی برابر ۲۰۰ ولت (یا ۱۸۰ ولت) قرار خواهند گرفت. جریان‌های فاز قطعاً با یکدیگر برابر نیست. **یادآوری:** دو فاز شدن الکتروموتور سه فاز می‌تواند منجر به آسیب رسیدن به سیم پیچ الکتروموتور شود. برای جلوگیری از این آسیب رسیدن به الکتروموتور از دستگاه کنترل فاز استفاده می‌شود (شکل ۹).



شکل ۹- دستگاه کنترل فاز

## ۷-۱- کلید ستاره - مثلث



شکل ۱۰- حالت‌های ثابت اتصال با تغییر وضعیت کلید

همکاران گرامی، یکی از نوآوری‌ها، آموزش کلیدهای مدار سه فاز در این قسمت تحلیل اتصالات مسیر برق و مصرف‌کننده توسط کلید است. تشخیص عملکرد اتصال که توسط علامت ضربدر (x) مشخص می‌شود در اتصالات کلید هدف اصلی در این بخش است. به‌عنوان مثال بعضی از اتصالات با عوض کردن کلید از حالت ستاره به مثلث یا بالعکس تغییر نمی‌کند. این حالت‌ها با علامت x-x مشخص می‌شود (شکل ۱۰).

## ۱-۸-۱ بررسی مفاهیم بارهای متعادل و نامتعادل

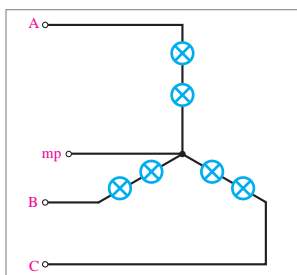
### در مصرف کننده‌های سه فاز

بار متعادل سه فاز باری است که در هر فاز از نظر مقدار و فاز (زاویه) با بقیه فازها برابر باشد. اگر یکی از این مقادیر با دیگری برابر نباشد اصطلاحاً بار نامتعادل خواهد بود. همکاران گرامی، هنرجویان تا این مقطع در دروس سال دهم و یازدهم با میحث امپدانس ( $Z$ ) آشنایی لازم را ندارند. بنابراین در معرفی بارهای ترکیبی متعادل  $R-L$  یا  $R-C$  با ترسیم شکل و نشان دادن مقادیر مقاومت، سلف و خازن می‌توان بدون کاربرد روابط مفاهیم را منتقل کرد.

برابر نبودن جریان‌های فازی در اتصال ستاره در حالت بار نامتعادل سیم نول را جریان دار کرده و مقدار  $I_N$  مخالف صفر خواهد شد. تفهیم این نکته در اتصال ستاره بسیار اهمیت دارد.

### ۱-۸-۱-۱ مدار لامپی با اتصال ستاره

#### متعادل



شکل ۱۱- بار ستاره متعادل

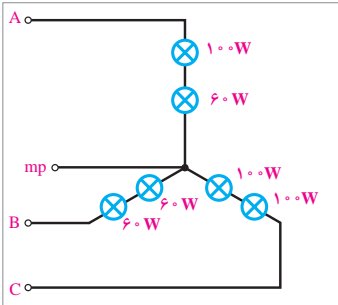
اگر چه حالت ستاره از ۳ لامپ نیز می‌توان استفاده کرد برای مقایسه حالت ستاره و مثلث در کل حالت‌ها از ۲ لامپ متوالی شده در هر فاز استفاده می‌شود و در مجموع ۶ لامپ به کار می‌رود. در این حالت به دلیل تقارن و تعادل بارها جریان نول صفر است (شکل ۱۱).

### ۱-۸-۲ مدار لامپی با اتصال ستاره و قطع یکفاز

در این حالت تعداد لامپ‌ها برابر ۶ عدد و در هر شاخه (فاز) از دو لامپ سری هم می‌توان استفاده نمود. در کتاب توان‌های ۶۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ ولت پیشنهاد شده است. طبیعی است به دلیل اختلاف توان در هر شاخه جریان‌های خط برابر نبوده و سیستم نول جریان صفر نخواهد داشت. شرایط قطع یک فاز و قطع یک لامپ مانند حالت متعادل قابل تحلیل و بررسی است.

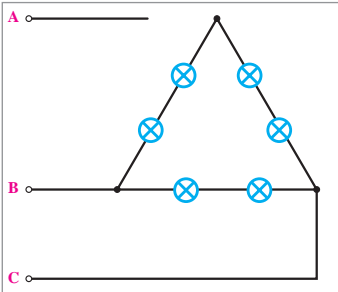
### ۳-۸-۱- اتصال مثلث

اتصال مثلث نیز مانند اتصال ستاره در دو حالت متعادل و نامتعادل قابل تحلیل و بررسی است. در این حالت نیز از ۶ لامپ سری هم‌توان برای حالت مثلث و ستاره و همین تعداد با توان‌های متفاوت برای حالت بار نامتعادل بهره بگیرید (شکل ۱۲).



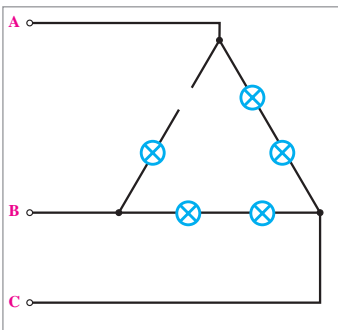
شکل ۱۲- بار ستاره نامتعادل

**الف) اتصال مثلث متعادل:** در این حالت دو سر هر لامپ  $100W$  ولتاژی معادل نصف ولتاژ خط حدود  $180$  ولت قرار می‌گیرد. چنانچه یکی از فازها قطع شود ۴ لامپ با یکدیگر متوالی شده و حاصل آنها با دو لامپ شاخه دیگر موازی خواهد شد (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- قطع یکفاز در حالت مثلث متعادل

بنابراین در این حالت جریان و ولتاژ شاخه بین دو فاز ثابت ولی جریان و ولتاژ دو سر دو شاخه سری شده و تغییر می‌کند و ولتاژی در حدود  $95$  ولت در سر لامپ‌های سری شده قرار می‌گیرد. چنانچه یکی از لامپ‌ها از مدار خارج شود یا بسوزد جریان آن شاخه صفر شده و بقیه لامپ جریان و ولتاژ قبلی را خواهد داشت (شکل ۱۴).



شکل ۱۴- قطع یک لامپ در حالت مثلث متعادل



ب) اتصال مثلث نامتعادل: در این حالت از ۶ لامپ با توان‌های متفاوت در شاخه‌های مثلث استفاده می‌شود. اثر قطع یک فاز و خارج کردن یک لامپ از مدار با توجه به تفاوت توان لامپ‌ها ولی مشابه با حالت متعادل قابل تحلیل و بررسی است.

## ۹- امدارات سه فاز با استفاده از لامپ رشته‌ای

برای رسیدن به این گونه مفاهیم استفاده از مدارهای لامپی بسیار تسهیل‌کننده خواهد بود. در این اتصالات لامپی (ستاره و مثلث) علاوه بر مقادیر اندازه‌گیری شده نور لامپ نیز به قضاوت و تحلیل هنرجویان در مورد رفتار مدار بسیار کمک می‌کند. معمولاً برای این منظور در حالت ستاره از ۳ لامپ  $100\text{W}$  رشته‌ای معمولی و برای حالت مثلث به دلیل ولتاژ خط و فاز  $380$  ولت از دو لامپ  $100\text{W}$  رشته‌ای با اتصال متوالی (سری) استفاده می‌شود. در کتاب درسی برای مطالعه وضعیت لامپ‌ها، در هر دو حالت ستاره و مثلث از دو لامپ سری شده رشته‌ای در هر فاز بهره گرفته شده است.