فصل چهارم

طراحی و محاسبه

هدف‌های رفتاری:

هنرجو باید در پایان این فصل بتواند :

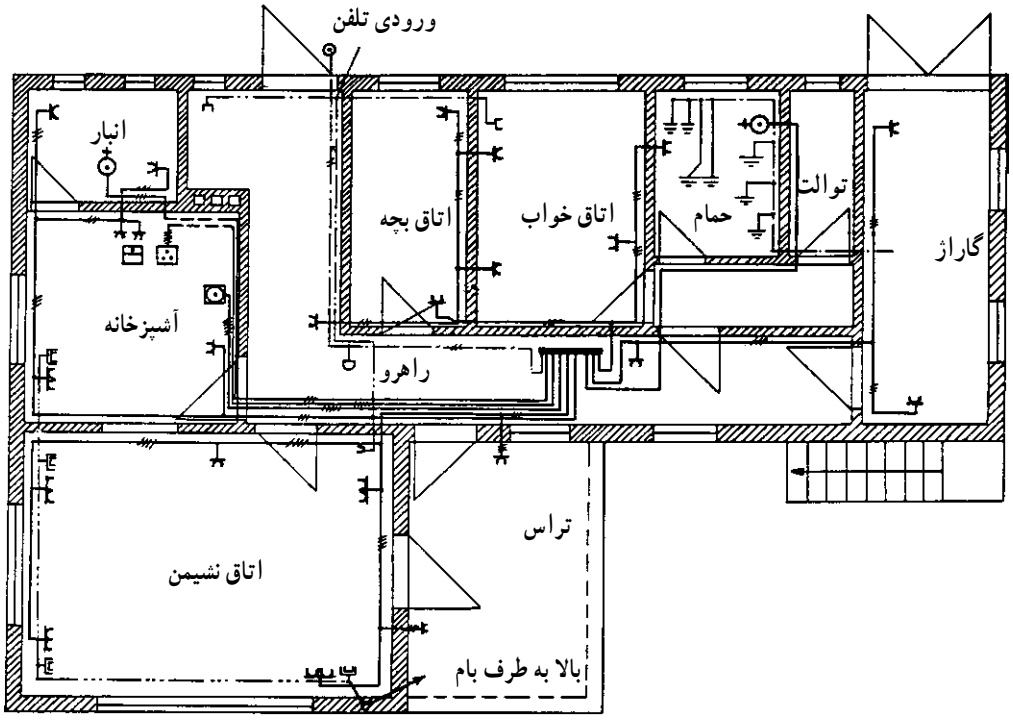
۱ــ مقاطع استاندارد سیم‌ها و جریان عبوری را بخواند.

۲ــ مقطع سیم‌ها و فیوزهای مورد لزوم را محاسبه کند.

۳ــ تابلو توزیع خانه را طراحی کند.

۴ــ بهای تجهیزات و اجرای کار را برآورد کند.

ساعات آموزش		
نظری	عملی	جمع
۱۲	ــ	۱۲



۴ــ طراحی و محاسبه

در این فصل با جدول‌های استاندارد مقاطع مختلف سیم‌ها همراه با جریان مجاز و فیوز محافظ آنها، محاسبات مربوط به انتخاب سیم و فیوز هر انشعاب با توجه به نوع نصب و افت ولتاژ مجاز و همچنین محاسبات مربوط به یک تابلو فیوز، برآورد تعداد و متراژ مواد مصرفی شامل لوله و اتصالات مربوط و سیم‌های مورد نیاز و روشنایی‌ها، پریزها و... و نیز قیمت کل کار آشنا می‌شویم.

۱ــ ۴ ــ جدول‌های استاندارد مقطع سیم‌ها به همراه جریان مجاز عبوری و فیوز لازم

همان طور که می دانیم، جریان الکتریکی عبوری از سیم‌ها، در آنها تولید حرارت می‌کند و سبب افزایش درجهٔ حرارت سیم‌ها می شود . درصورتی که درجهٔ حرارت هادی زیاد شود ، موجب خرابی عایق سیم‌ها می‌گردد . عایق سیم‌ها معمولاً P.V.C بوده و حداکثر حرارت مجاز آنها ۷۰ C است. بنابراین، لازم است برای جریان الکتریکی مشخصی ، با توجه به شرایط نصب و حداکثر دمای محیط، سیمی با سطح مقطع مناسب انتخاب شود تا سبب خرابی عایق سیم و اتصالی بین آنها نشود .

سازندگان، سیم‌های الکتریکی را با سطح مقطع استاندارد با مقاطع ۰/۷۵ــ ۱ــ ۱/۵ــ ۲/۵ــ ۴ــ ۶ــ ۱۰ــ ۱۶ــ ۲۵ــ ۳۵ــ۵۰ــ۷۰ــ۹۵ و... میلی‌مترمربع تولید می‌کنند . سیم‌هایی که در سیم‌کشی ساختمان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، عایق‌دار است. البته توصیه می‌شود حداقل سطح مقطع آنها نیز ۱/۵ میلی‌مترمربع کم‌تر نباشد.

سیم‌های عایق‌دار، بسته به وضعیت نصب آنها به سه گروه تقسیم می‌شوند :

گروه ۱: سیم‌های داخل لوله که تعداد آنها در هر لوله یک تا سه سیم در نظر گرفته شده است.

گروه ۲ : سیم‌های دولا یا سه لا که آزادانه در هوا کشیده می شوند و معمولاً برای مصرف کننده‌های سیار به کار می روند.

گروه ۳: تعدادی سیم یک‌لا که آزادانه در هوا کشیده می‌شود و فاصلهٔ بین سیم‌های مجاور حداقل برابر قطر سیم است.

طبق استاندارد VDE آلمان، جدول ۱ــ۴ جریان مجاز و فیوز استاندارد برای جلوگیری از عبور جریان بیش از حد مجاز را نشان می دهد. این جدول برای حداکثر دمای ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد محاسبه شده است.

جدول ۱ــ۴ ــ مشخصات سیم‌های استاندارد همراه با جریان مجاز و جریان فیوز محافظ

سطح مقطع mm^2	گروه ۱		گروه۲		گروه۳	
	جریان مجاز سیم به A	جریان نامی فیوز به A	جریان مجاز سیم به A	جریان نامی فیوز به A	جریان مجاز سیم به A	جریان نامی فیوز به A
۰/۷۵	ــ	ــ	۱۳	۱۰	۱۶	۱۶
۱	۱۲	۱۰	۱۶	۱۶	۲۰	۲۰
۱/۵	۱۶	۱۶	۲۰	۲۰	۲۵	۲۵
۲/۵	۲۱	۲۰	۲۷	۲۵	۳۴	۳۵
۴	۲۷	۲۵	۳۶	۳۵	۴۵	۵۰
۶	۳۵	۳۵	۴۷	۵۰	۵۷	۶۳
۱۰	۴۸	۵۰	۶۵	۶۳	۷۸	۸۰
۱۶	۶۵	۶۳	۸۷	۸۰	۱۰۴	۱۰۰
۲۵	۸۸	۸۰	۱۱۵	۱۰۰	۱۳۷	۱۲۵
۳۵	۱۱۰	۱۰۰	۱۴۳	۱۲۵	۱۶۸	۱۶۰
۵۰	۱۴۰	۱۲۵	۱۷۸	۱۶۰	۲۱۰	۲۰۰
۷۰	۱۷۵	۱۶۰	۲۲۰	۲۲۵	۲۶۰	۲۵۰
۹۵	۲۱۰	۲۰۰	۲۶۵	۲۵۰	۳۱۰	۳۰۰
۱۲۰	۲۵۰	۲۵۰	۳۱۰	۳۰۰	۳۶۵	۳۵۰
۱۵۰	ــ	ــ	۳۵۵	۳۵۰	۴۱۵	۴۲۵

چنانچه درجهٔ حرارت محیط (گرم‌ترین زمان) از ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد بیش‌تر شود . باید مقادیر جدول ۱ــ۴ را در ضریبی که از جدول ۲ــ۴ به دست می‌آید ضرب کرد تا جریان مجاز سیم و جریان نامی فیوز محافظ سیم تصحیح شوند.

جدول ۲ــ۴ــ ضرایب تصحیح جریان مجاز

درجهٔ حرارت محیط(C)	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵
ضریب تصحیح	۱/۲	۱/۱۵	۱/۱۰	۱/۰۵	۱	۰/۹۲	۰/۸۵	۰/۷۵	۰/۶۵	۰/۵۳	۰/۳۸

۲ــ۴ــ محاسبهٔ مقطع سیم از جدول و افت ولتاژ مجاز

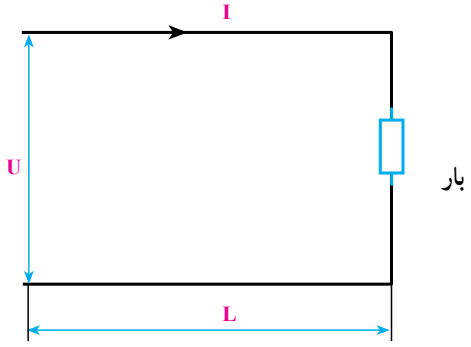
انتخاب سطح مقطع مناسب سیم، علاوه بر جریان مصرف کننده و دمای محیط، به افت ولتاژ در سیم‌ها نیز بستگی دارد. افت ولتاژ درون سیم‌ها باعث می‌شود که ولتاژ دو سر مصرف کننده از مقدار مجاز کم‌تر شده موجب بد کارکردن یا سوختن وسیلهٔ الکتریکی شود. هر چه طول سیم‌ها زیادتر شود، افت ولتاژ مسیر بیش‌تر می‌شود. در این قسمت محاسبهٔ مقطع سیم را با توجه به افت ولتاژ در جریان تک‌فازه بررسی می‌کنیم.

۱ــ۲ــ۴ــ محاسبهٔ افت ولتاژ: مصرف کننده‌های الکتریکی ولتاژ نامی معیّنی دارند. اگر ولتاژ دو سر آنها از مقدار نامی بیش‌تر شود ، باعث سوختن آنها می‌شود. همچنین اگر ولتاژ آنها از مقدار نامی کم‌تر شود، اختلالاتی در کارشان پیش می‌آید. افت ولتاژ را نمی‌توان به طور کامل از بین برد، امّا می‌توان آن را در حد معینی کنترل کرد. به این افت ولتاژ مجاز می‌گویند . در مدارهای تک فاز اگر افت ولتاژ را با Δu نشان دهیم، با توجه به شکل ۱ــ۴ مقدار آن از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود :

$$I = \frac{P}{U\cos\varphi} \qquad (I)$$

$$\Delta u = ۲RI\cos\varphi \qquad (II)$$

که در آن R مقاومت هر سیم، φ اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان بار، P توان مصرف‌کننده و I جریان مصرف‌کننده است.



شکل ۱ ــ ۴

اگر افت ولتاژ مجاز را با α نشان دهیم :

$$\alpha = \frac{\Delta u}{U}\times ۱۰۰ \qquad (III)$$

و نیز :

$$R = \frac{\rho l}{A} \qquad (IV)$$

که ρ مقاومت مخصوص $(\Omega.m)$ ، l طول سیم (m) و A سطح مقطع سیم $(m^۲)$ است.

$$\alpha = \frac{۲RI\cos\varphi}{U}\times ۱۰۰ = \frac{۲I\cos\varphi\times\frac{\rho l}{A}}{U}\times ۱۰۰$$

و نتیجه این‌که :

$$A = \frac{۲۰۰\rho Il\cos\varphi}{\alpha U} \qquad (V)$$

A برحسب $m^۲$ به دست می‌آید.

مثال ۱: اگر یک مصرف کننده تک‌فاز با جریان مصرفی ۱۶/۲۳ آمپر و ضریب قدرت ۰/۷ توسط سیمی با مقاومت مخصوص $۲/۰۶۴\times۱۰^{-۸}$ اهم متر و به طول ۲۰متر از منبع ۲۲۰ولتی تغذیه شود ، سطح مقطع سیم باید چه قدر باشد تا افت ولتاژ از ۳درصد بیش‌تر نشود؟

حل:

$$A=\frac{۲۰۰\rho Il\cos\varphi}{\alpha U}$$

$$A=\frac{۲۰۰\times۲/۰۶۴\times۱۰^{-۸}\times۱۶/۲۳\times۲۰\times۰/۷}{۳\times۲۲۰}$$

$$=۱/۴۲\times۱۰^{-۶}m^{۲}$$

$$A=۱/۴۲\times۱۰^{-۶}\times۱۰^{۶}=۱/۴۲mm^{۲}$$

بنابراین، سیم استاندارد نرم شده باید ۱/۵یا ۲/۵ میلی‌مترمربع انتخاب شود.

مثال ۲: چنانچه در مثال ۱، حداکثر دمای محیط به ۴۵درجهٔ سانتی‌گراد برسد، مقطع مناسب سیم چه‌قدر باید انتخاب شود؟

حل : با مراجعه به جدول ۱ــ۴ جریان مجاز سیم $۱/۵mm^{۲}$ مسی ۱۶آمپر و جریان مجاز سیم $۲/۵mm^{۲}$ مسی برابر ۲۱آمپر است . همچنین با توجه به اینکه دمای محیط C ۴۵ است، با استفاده از جدول ۲ــ۴ ضریب تصحیح ۰/۶۵ خواهد بود که در این صورت جریان مجاز سیم $۱/۵mm^{۲}$ مسی برابر $۱۶\times۰/۶۵=۱۰/۴A$ و جریان مجاز سیم $۲/۵mm^{۲}$ مسی برابر $۲۱\times۰/۶۵=۱۳/۶۵A$ می‌شود. پس می‌بینیم که هیچ کدام از این دو سیم مناسب جریان ۱۶/۲۳A مصرف کننده نیستند. در این حالت باید سیم با مقطع $۴mm^{۲}$ مسی را انتخاب کنیم، که جریان مجازش در C ۲۵ برابر ۲۷A بوده و با توجه به ضریب تصحیح ۰/۶۵ جریان مجاز آن در C ۴۵ برابر می شود با :

$$۲۷\times۰/۶۵=۱۷/۵۵A$$

که می‌تواند جریان ۱۶/۲۳A مصرف کننده را به راحتی عبور دهد.

مقدار افت ولتاژ مجاز طبق مقررات اتحادیه تولیدکنندگان نیروی برق (EVU) برای محلهای مختلف به شرح زیر تعیین شده است :

در سیم‌های بین شبکه و کنتور منزل	٪۰/۵
در سیم‌های بین کنتور و وسایل برقی	٪۱/۵
در سیم‌های بین کنتور و موتورها	٪۳

۳ــ۴ــ طراحی تابلو توزیع و انتخاب فیوزهای مناسب

اصولاً هر ساختمان احتیاج به یک تابلو فیوز دارد که از این تابلو، انشعابات مختلفی گرفته می‌شود. برای هر انشعاب با توجه به مقدار جریان هر مسیر، فیوز مناسبی نصب می‌گردد. این تابلو با توجه به بار کلی ساختمان می‌تواند تک فاز یا سه فاز باشد. محل نصب آن باید طوری باشد که از نظر ایمنی، دسترسی به آن به راحتی امکان پذیر باشد تا در موقع بروز حادثهٔ احتمالی ، افراد بتوانند به سرعت جریان برق را قطع کنند .

تابلو توزیع از نظر ابعاد باید به‌گونه‌ای انتخاب شود که علاوه بر گنجایش فیوزها و متعلقات مورد نظر، دارای ظرافت لازم نیز باشد. تابلو توزیع بهتر است به کلید و فیوز اصلی نیز مجهز باشد تا در موقع لزوم بتوان تمام مدارها را قطع و یا فیوزهای معیوب را تعویض کرد. همچنین باید ترمینال‌هایی برای سیم‌های نول و اتصال زمین داشته باشد. جنس تابلو می‌تواند از پلاستیک سخت یا کائوچو و یا فلز باشد که با توجه به نوع لوله کاری انتخاب می‌شود. شکل ۲ــ۴ چندین نوع کلید ، فیوز و تابلو فیوز را نشان می دهد.

شکل ۲ــ۴ــ چندین نوع کلید، فیوز و تابلو فیوز

مثال ۳: یک خانهٔ مسکونی که از برق تک‌فاز استفاده می‌کند ، دارای تابلو توزیع مطابق شکل ۳ــ۴ است. اگر حداکثر دمای محیط ۲۵ C شود ، مقطع سیم و فیوز هر مسیر را محاسبه کنید .

$$\rho_{cu} = ۲/۰۶۴ \times ۱۰^{-۸} \Omega m$$

حل: برای مدار ۱kw روشنایی :

$$I = \frac{P}{u}$$

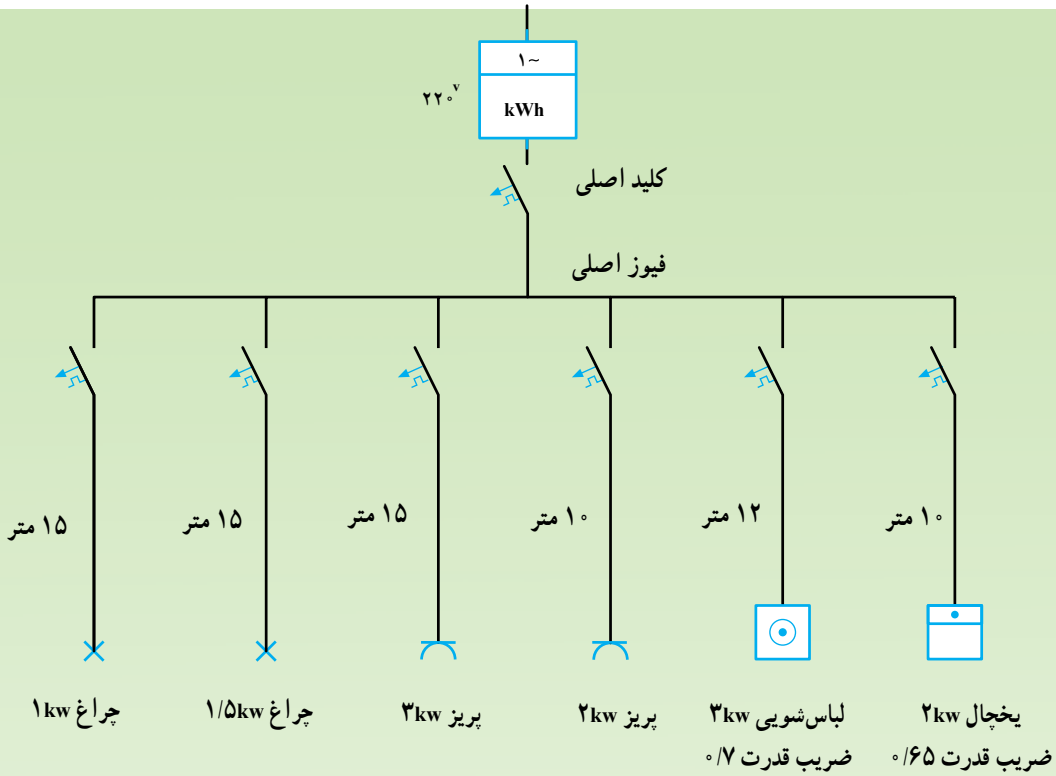
و α را ۱/۵درصد انتخاب می‌کنیم :

$$I = \frac{۱ \times ۱۰۰۰}{۲۲۰} = ۴/۵۵ \ A$$

$$A = \frac{۲۰۰ \times ۲/۰۶۴ \times ۱۰^{-۸} \times ۱۵ \times ۴/۵۵ \times ۱}{۱/۵ \times ۲۲۰} =$$

$$۰/۸۵ \times ۱۰^{-۶} m^۲ \Rightarrow A = ۰/۸۵ mm^۲$$

سیم $۱ mm^۲$ از نظر افت ولتاژ و جریان کافی است ؛ امّا به لحاظ استحکام مکانیکی از سیم $۱/۵ mm^۲$ استفاده کرده و فیوز آن را ۱۰A انتخاب می‌کنیم.



شکل ۳ــ۴

برای مدار روشنایی ۱/۵kw :

$$I=\frac{1/5\times1000}{220}=6/82\ A$$

$$A=\frac{200\times2/064\times10^{-8}\times15\times6/82\times1}{1/5\times220}=$$

و $1/28\times10^{-6}m^2=1/28mm^2$

سیم $1/5mm^2$ از نظر افت ولتاژ و جریان مناسب است.

فیوز این مسیر نیز ۱۰A انتخاب می‌شود .

برای انشعاب پریزهای ۳kw با فرض ضریب قدرت ۰/۸ :

$$I=\frac{3\times1000}{220\times0/8}=17/05\ A$$

$$A=\frac{200\times2/064\times10^{-8}\times15\times17/05\times0/8}{1/5\times220}=$$

$2/56\times10^{-6}m^2=2/56mm^2$

پس سیم $2/5mm^2$ از نظر جریان کافی است ؛ ولی افت ولتاژ اندکی بیش‌تر می شود که بدون اشکال است ($\alpha=1/54$) و استفاده از سیم $4mm^2$ ضرورتی ندارد و فیوز مربوطه را ۲۰A انتخاب می کنیم.

برای پریزهای ۲kw با فرض ضریب قدرت ۰/۸ داریم :

$$I=\frac{2\times1000}{220\times0/8}=11/36\ A$$

$A=1/14mm^2$

پس سیم $1/5mm^2$ و فیوز ۱۶A مناسب است.

برای ماشین لباسشویی ۳kw داریم :

$$I=\frac{3\times1000}{220\times0/7}=19/48\ A$$

$$A=\frac{200\times2/064\times10^{-8}\times12\times19/48\times0/7}{1/5\times220}=$$

$2\times10^{-6}m^2=2mm^2$

پس سیم $2/5mm^2$ و فیوز ۲۰A مناسب است. (با توجه به جریان مجاز) انتخاب $\alpha=1/5$ درصد برای این وسیله موتوری به این دلیل است که شرایط کار این وسیله خانگی بهتر شود . برای یخچال ۲kw داریم :

$I=13/99\ A$

$A=1/14\ mm^2$

پس سیم $1/5mm^2$ و فیوز ۱۶A مناسب است.

انتخاب فیوز اصلی اندکی مشکل‌تر از فیوز انشعاب‌ها است. برای انتخاب فیوز اصلی باید جریان کل انشعاب‌ها را با یکدیگر جمع برداری کرد ؛ زیرا زاویهٔ اختلاف فاز آنها یکی نیست. پس از به دست آوردن جریان کل باید آن را در ضریب هم‌زمانی ضرب کرد و بر مبنای جریان جدید، سیم اصلی و فیوز اصلی را محاسبه نمود.

چون همهٔ مصرف کننده‌ها به‌طور همزمان از شبکه تغذیه نمی‌کنند، ضریبی به نام ضریب هم‌زمانی تعریف می‌شود که در مجموع جریان‌های مصرف کننده‌ها ضرب می‌شود تا جریان واقعی به دست آید.

ضریب هم‌زمانی برای روشنایی خانگی ۱ و برای مدارهای مرکب از روشنایی و وسایل خانگی برابر ۰/۸ انتخاب می‌شود.

۴ــ۴ــ برآورد قیمت تجهیزات مورد نیاز

برای محاسبهٔ قیمت تجهیزات ابتدا باید مقدار تجهیزات مورد نیاز را تعیین کرد. در این قسمت روش تعیین مقدار مواد و لوازم مورد نیاز را بررسی می‌کنیم.

با توجه به نقشهٔ سیم‌کشی ، تعداد کلیدهای تک پل ، دوپل، تبدیل و... و پریزها، لامپ‌های رشته‌ای، لامپ‌های فلورسنت (تکی، دوتایی و... به تفکیک)، زنگ اخبار، در بازکن و دیگر لوازم را شمرده یادداشت می‌کنیم، سپس به‌وسیلهٔ خط‌کش طول لوله‌های مصرفی را اندازه گرفته (با توجه به تعداد لوله‌های کنار همدیگر و نیز با تفکیک قطر یا شمارهٔ آنها) با توجه به مقیاس نقشه، اندازهٔ واقعی آنها را حساب می‌کنیم.

برای تعیین مقدار اتصالات باید تعداد زانوها ، سه‌راه‌ها، بوشن‌ها و دیگر اتصالات آنها را شمرده (اگر لوله‌کاری از نوع فولادی یا پولیکا باشد) و به تفکیک یادداشت کنیم.

برای تعیین مقدار سیم مورد نیاز، با توجه به نقشه و استفاده از خط‌کش و تعداد سیم‌های هم قطر در هر مسیر ، به تفکیک سیم‌های با سطح مقطع‌های مساوی را محاسبه کرده با توجه به مقیاس مقدار واقعی را به دست می‌آوریم و یادداشت می‌کنیم.

تابلو مورد نیاز را با توجه به تعداد فیوزهای مورد نیاز و جنس آن یادداشت می‌کنیم.

در عمل مقداری از این مواد و وسایل مورد نیاز شکسته یا به نحوی افت می‌شود ؛ از این‌رو باید برای موادی نظیر سیم‌ها، لوله‌ها، لامپ‌ها، سرپیچ‌ها و... ضریبی برابر ۱/۰۵ تا ۱/۱۰ در نظر گرفت تا جبران افتها شود [۱].

با توجه به این‌که مواد مصرفی شامل لوله‌ها به صورت شاخه‌های ۵ متری فولادی یا ۶متری (پولیکا) و خرطومی در بسته‌های ۴۵ متری و سیم‌ها در بسته‌های صدمتری در بازار موجود هستند و قیمت هر شاخه لوله یا هر بسته سیم داده می‌شود، لازم است متراژ به دست آمده را به متراژ هر شاخه یا بسته تقسیم کرد تا تعداد لوله‌ها و بسته‌های سیم یا بسته‌های لولهٔ خرطومی مشخص شود. پس از تعیین لیست مورد نیاز و قیمت هر واحد، می‌توان قیمت کل مواد مورد نیاز را برآورد کرد.

برای انجام کار سیم‌کشی ، قیمت هر شعله و هر انشعاب سیم‌کشی و نصب تابلو فیوز و لوسترها را مشخص کرده در تعداد آنها ضرب می‌کنیم تا میزان دستمزد سیم‌کشی و اجرای پروژه محاسبه شود.

هر شعله شامل نصب قوطی کلید، کلید (تک پل، تبدیل و پریز هر کلیدی که یک تکمه داشته باشد)، سیم‌کشی، نصب لامپ، آزمایش و روشن کردن آن لامپ است. مدار دوپل، دو شعله محسوب می‌شود.

قیمت کل کار از جمع قیمت مواد مصرفی و دستمزد و نظارت بر کار محاسبه می‌شود .

لازم به توضیح است که یک پروژهٔ سیم کشی وقتی اصولی و عملی است که نقشهٔ سیم‌کشی محل توسط متخصص برق کشیده شده و مورد تأیید مراجع با صلاحیت قرار گرفته شود. به‌وسیلهٔ افراد یا شرکت‌های واجد شرایط اجرا گردد، و در نهایت از سوی بازرسان مورد آزمایش قرار گیرد. در این بازرسی‌ها لازم است علاوه بر نوع کار، نوع و جنس مواد مصرفی به طور کلی و سیستم حفاظت به طور خاص مورد بررسی و آزمایش

۱ــ ضریب داده شده با توجه به حجم کار می‌تواند تغییر کند.

قرار گیرند .خوشبختانه، در سال‌های اخیر، در کشور ما قوانین خاصی برای سیم‌کشی‌های ساختمان توسط سازمان نظام مهندسی ساختمان تهیه و تدوین شده که به تدریج اجرایی خواهد شد که تحقق این امر باعث جلوگیری از آتش‌سوزی و برق‌گرفتگی می‌شود و مانع خسارت‌های مالی و جانی در سطح کشور خواهد شد.

۵ــ۴ــ مقادیر افت ولتاژ در مدارهای فشار ضعیف

نوع جریان	افت ولتاژ به ولت	مقطع به میلی‌متر مربع
جریان دایم	درصورت معلوم بودن جریان	
	$u \quad \frac{۲L.I}{x.A}$	$A \quad \frac{۲L.I}{x.u}$
جریان متناوب تک فازه	$u \quad \frac{۲L.I}{x.A}\cos.$	$A \quad \frac{۲L.I}{x.u}\cos.$
جریان دایم و متناوب تک فازه	درصورت معلوم بودن قدرت	
	$u \quad \frac{۲L.P}{x.A.U}$	$A \quad \frac{۲L.P}{x.u.U}$

A ــ مقطع هادی به میلی‌متر مربع.

I ــ شدت جریان در هادی به آمپر.

L ــ طول خط به متر.

P ــ قدرت مصرفی به وات.

U ــ ولتاژ خط به ولت.

u ــ افت ولتاژ به ولت.

x ــ کندوکتیویته هادی.

cos. ــ ضریب قدرت.

(ضریب هدایت (کندوکتیویته) مس ۵۶ و آلومینیم ۳۶ $\frac{\text{متر}}{\text{اهم‌میلی‌مترمربع}}$ است).

۶ــ ۴ ــ انتخاب لوله ــ سیم ــ فیوز

جداولی برای آسان شدن کار وجود دارد که از آن طریق می‌توان اندازه لوله، نوع فیوز، کلید و سطح مقطع سیم را با درنظر گرفتن جریان مجاز آن‌ها انتخاب کرد.

این جدول‌ها در این صفحه و صفحات بعد آمده است.

جدول ۳ــ ۴ــ انتخاب لولهٔ فولادی نسبت به تعداد رشته و سطح مقطع کابل

اندازهٔ کابل از نوع NYY و لولهٔ فولادی و قطر خارجی آن‌ها		
اندازهٔ لوله	قطر خارجی کابل mm	سطح مقطع کابل mm^2
pg 21	16,3	2/10
pg 29	19,1	2/16
pg 29	23,1	2/25
pg 29	25,7	2/35
pg 11	11,1	3/1.5
pg 11	12,4	3/2.5
pg 13,5	14,0	3/4
pg 16	15,1	3/6
pg 29	17,2	3/10
pg 29	20,2	3/16
pg 29	24,6	3/25
pg 29	27,2	3/35
pg 36	31,5	3/50
pg 42	35,6	3/70
pg 48	41,0	3/95

جدول ۴ــ ۴ ــ انتخاب لولهٔ فولادی نسبت به تعداد رشته و مقطع کابل‌های مختلف

اندازهٔ کابل از نوع NYY و لولهٔ فولادی و قطر خارجی آن‌ها		
اندازهٔ لوله	قطر خارجی کابل mm	سطح مقطع کابل mm^2
pg 11	7,8	1/4
pg 11	8,3	1/6
pg 11	9,3	1/10
pg 11	10,7	1/16
pg 11	12,4	1/25
pg 13,5	13,6	1/35
pg 16	15,4	1/50
pg 29	17,3	1/70
pg 11	10,6	2/1.5
pg 11	11,8	2/2.5
pg 11	13,3	2/4
pg 13,5	14,3	2/6

جدول ۵ ــ۴ــ انتخاب لولهٔ فولادی نسبت به تعداد رشته و سطح مقطع کابل‌های مختلف

اندازهٔ کابل از نوع NYY و لولهٔ فولادی و قطر خارجی آن‌ها		
اندازهٔ لوله	قطر خارجی کابل mm	سطح مقطع کابل mm^2
Pg36	34,0	$3/\frac{50}{25}$
pg42	38,0	$3/\frac{70}{35}$
pg48	43,0	$3/\frac{95}{50}$
–	48,0	$3/\frac{120}{70}$
pg11	11,8	4/1.5
pg13,5	13,5	4/2.5
pg21	15,1	4/4
pg21	16,3	4/6
pg29	18,7	4/10
pg29	22,2	4/16
pg29	26,8	4/25
pg36	30,3	4/35
pg36	35,2	4/50
pg42	39,5	4/70

جدول ۶ ــ۴ــ کابل‌های نوع پروتودور دارای ولتاژ نامی ۱۰۰۰ تا ۶۰۰ ولت چند رشته‌ای (NYY باهادی مسی)

جریان مجاز		تعداد رشته ها و سطح مقطع آن‌ها	جریان مجاز		تعداد رشته‌ها و سطح مقطع
در هوا به A	در زمین به A	به mm^2	در هوا به A	در زمین به A	mm^2
18	27	3 . 1,5 یا 4	21	30	2 . 1,5
25	36	3 . 2,5 یا 4	29	41	2 . 2,5
34	46	3 . 4 یا 4	38	53	2 . 4
44	58	3 . 6 یا 4	48	66	2 . 6
60	77	3 . 10 یا 4	66	88	2 . 10

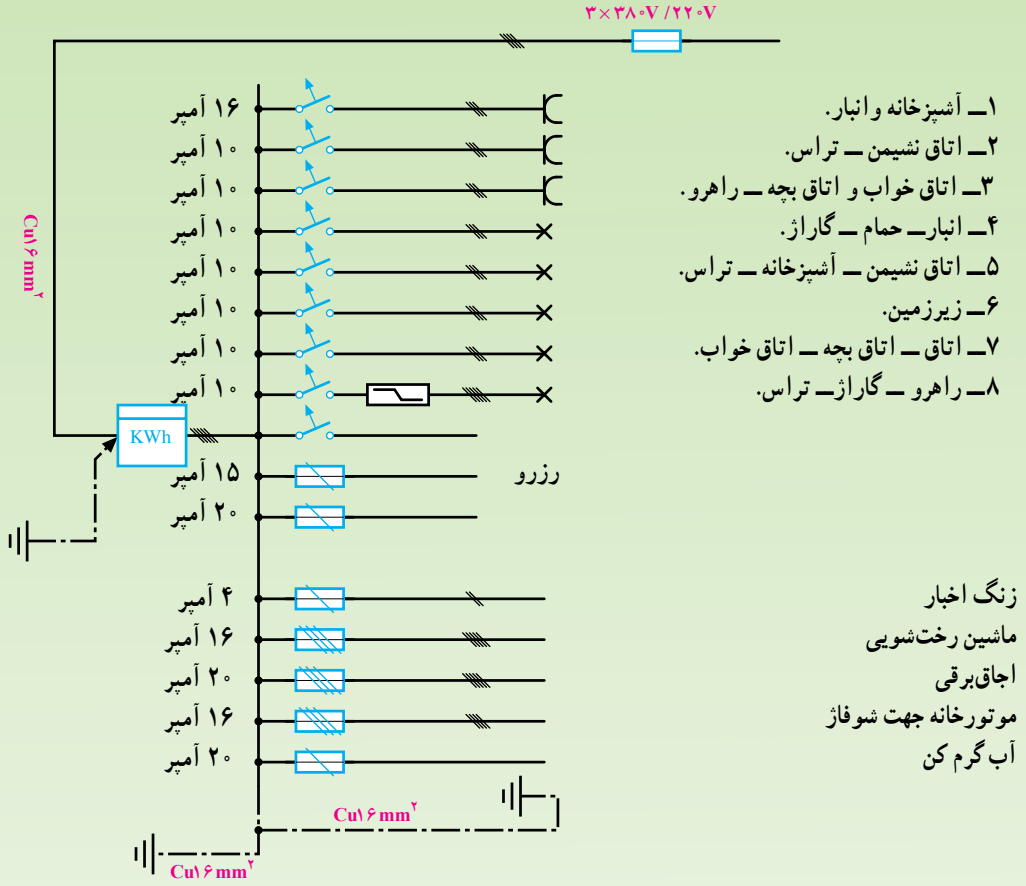
جدول ۷ــ۴ــ قابلیت تحمل بار کابلیت با سیم‌ها، کابل‌های عایق‌دار و جریان مجاز فیوز

سطح مقطع اسمی	سیم در لوله یا کانال در درجه‌حرارت محیط برابر ۲۵ درجه سانتی‌گراد		روی کاردر سینی کابل		وضعیت کلی به‌طور آزاد در هوا یا متحرک	
	جریان مجاز	جریان مجاز فیوز	جریان مجاز	جریان مجاز فیوز	جریان مجاز	جریان مجاز فیوز
به mm^2	به A	به A	به A	به A	به A	به A
0,75	–	–	13	10	16	16
1	12	10	16	16	20	20
1,5	16	16	20	20	25	25
2,5	21	20	27	25	34	35
4	27	25	35	35	45	50
6	35	35	47	50	57	63
10	48	50	65	63	78	80
16	65	63	87	80	104	100
25	88	80	115	100	137	125
35	110	100	143	125	168	160

جدول ۸ــ۴ ــ انتخاب کلید و فیوز

انواع کلید و فیوز		اندازهٔ فیوزهای مختلف مورد استفاده نسبت به پایه فیوز (آمپر)										
فیوز پیچی	پایه فیوز 25A	2	4	6	10	16	20	25				
	پایه فیوز 63A	35	50	63								
	پایه فیوز 100A	80	100									
	پایه فیوز 200A	125	160	200								
فیوز کاردی و لتاژ ضعیف فیوزهای HRC یا NH	پایه فیوز 125A	6	10	16	20	25	36	50	63	80	100	125
	پایه فیوز 160A	6	10	16	20	25	36	50	63	80	100	125
	پایه فیوز 250A	36	50	63	80	100	125	160	200			
	پایه فیوز 400A	80	100	125	160	200	224	250	300	315	355	400
	پایه فیوز 630A	300	555	425	500	630						
	پایه فیوز 1000A	600	1000									
کلید فیوز	کلید فیوز 160A	6	10	16	20	25	36	50	63	80	100	125
	کلید فیوز 250A	36	50	63	30	100	125	160	200			
	کلید فیوز 400A	80	100	125	160	200	224	250	300	315	555	400
	کلید فیوز 630A	300	355	425	500	630						
جریان‌های مجاز عبور از کلید												
انواع کلیدها	کلید گردان	10	16	25	40	63	100	200				
	کلید پاکو	16	25	40	63	100	200	400	630			
	کلید مینیاتوری مدل L	6	10	16	20	25	32					
	کلید مینیاتوری مدل G	1	1,6	2	3	4	6	8	10	16	20	25
	کلید مینیاتوری پیچی مدل (آلفا)	6	10	16	20	25						32
	کلید ایمنی قطع کنندهٔ جریان اشتباهی با جریان قطع 30mA	25	40	63								
	کلید ایمنی قطع کنندهٔ جریان اشتباهی با جریان قطع 0,3A	25	40	63	100	160						
	کلید ایمنی قطع کنندهٔ جریان اشتباهی با جریان قطع 0,5A	25	40	63	100	160						

مثال: با توجه به تابلوی توزیع برق روشنایی و مصرفی پریزها و تأسیسات دیگر، مربوط به ساختمان ویلایی در مزرعه که در شکل ۴ــ۴ رسم شده اندازهٔ لوله، نوع فیوز، کلید و سطح مقطع سیم را برای هر قسمت جداگانه انتخاب کنید.



شکل ۴ــ۴ــ تابلوی توزیع برق روشنایی و مصرفی پریزها و ... مربوط به ساختمان ویلایی در مزرعه

پاسخ:

۱ــ آشپزخانه و انبار با توجه به جدول ۷ــ۴ سیم $۱/۵\ mm^۲$ تحمّل جریان $۱۶\ A$ را داراست، اما برای اطمینان از یک مقطع بالاتر یعنی سیم با مقطع $۲/۵\ mm^۲$ از جدول ۸ــ۴ کلید مینیاتوری $۱۶\ A$ G و لولهٔ PVC یا فولادی Pg۱۱ یا Pg۱۳/۵ را انتخاب می‌کنیم. موارد ۲ الی ۸ اتاق‌ها، راهرو، گاراژ و تراس با استفاده از جدول ۷ــ۴ سیم $۱\ mm^۲$ تحمّل جریان $۱۰\ A$ را داراست که برای اطمینان از سیم $۱/۵\ mm^۲$ و از جدول ۸ــ۴ کلید مینیاتوری $۱۰\ A$ L و لوله‌ی PVC یا فولادی Pg۱۱ یا Pg۱۳/۵ را انتخاب می‌کنیم، همچنین برای خطوط یدک (رزرو) بر اساس همان جدول‌ها از سیم $۲/۵\ mm^۲$ و کلید فیوز مینیاتوری $۱۶\ A$ G استفاده می‌کنیم.

برای زنگ اخبار از سیم $۱\ mm^۲$ و کلید فیوز مینیاتوری پیچی آلفا $۶\ A$ و لوله‌ی Pg۱۱، برای ماشین رختشویی و موتورخانه شوفاژ از سیم $۲/۵\ mm^۲$ و فیوز مینیاتوری پیچی آلفا $۱۶\ A$ و لوله‌ی Pg۱۱ یا Pg۱۳/۵ را انتخاب می‌کنیم.

برای اجاق برقی و آب گرم‌کن، سیم $۴\ mm^۲$ و فیوز مینیاتوری پیچی آلفا $۲۰\ A$ و لولهٔ Pg۱۱ را انتخاب می‌کنیم.

هم‌چنین کلید ایمنی قطع کنندهٔ جریان اشتباهی با جریان قطع $۳۰\ mA$ و جریان مجاز $۶۳\ A$ برای ویلا انتخاب می‌شود.

پرسش

۱ــ از جدول استاندارد سیم‌ها چگونه استفاده می‌شود؟

۲ــ افزایش طول سیم چه تأثیری در انتخاب سطح مقطع سیم دارد؟

۳ــ اگر ولتاژ یک مصرف‌کننده بیش از حد زیاد یا کم شود، چه تأثیری در کار مصرف کننده دارد؟

۴ــ انتخاب فیوز مناسب چگونه است؟

۵ــ یک تابلو فیوز چه خصوصیاتی باید داشته باشد؟

۶ــ چرا در تابلو فیوز باید فیوز اضافی نصب کرد ؟

۷ــ مقطع سیم فاز بیش‌تر است یا نول؟ توضیح دهید .

۸ــ چگونه مقدار لوله‌ها و سیم‌های لازم را محاسبه می‌کنند؟

۹ــ چگونه قیمت کل یک طرح (سیم کشی) محاسبه می‌شود؟

۱۰ــ در شکل ۵ــ۴ اگر دمای محیط ۴۵ سانتی‌گراد باشد مطلوب است :

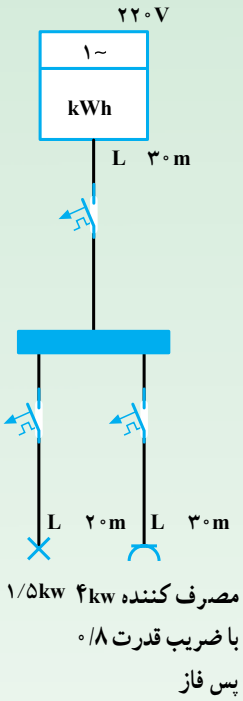
الف. محاسبه سطح مقطع سیم هر انشعاب و خط اصلی

ب. تعیین فیوز مناسب هر انشعاب و خط اصلی

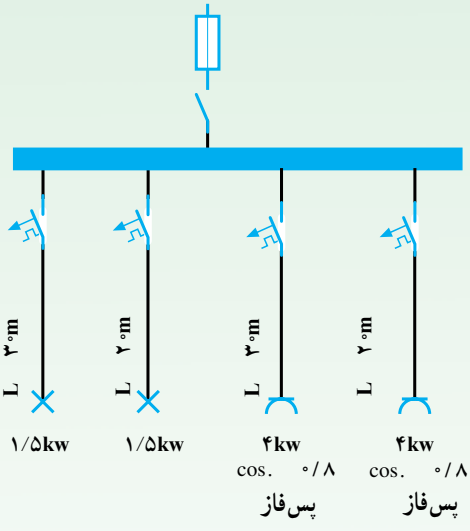
۱۱ــ در شکل ۶ــ۴ اگر دمای محیط ۵۰ سانتی‌گراد باشد، مطلوب است :

الف. محاسبهٔ سطح مقطع سیم‌های هر انشعاب و خط اصلی

ب. تعیین فیوز مناسب هر انشعاب و خط اصلی



شکل ۵ــ۴



شکل ۶ــ۴