

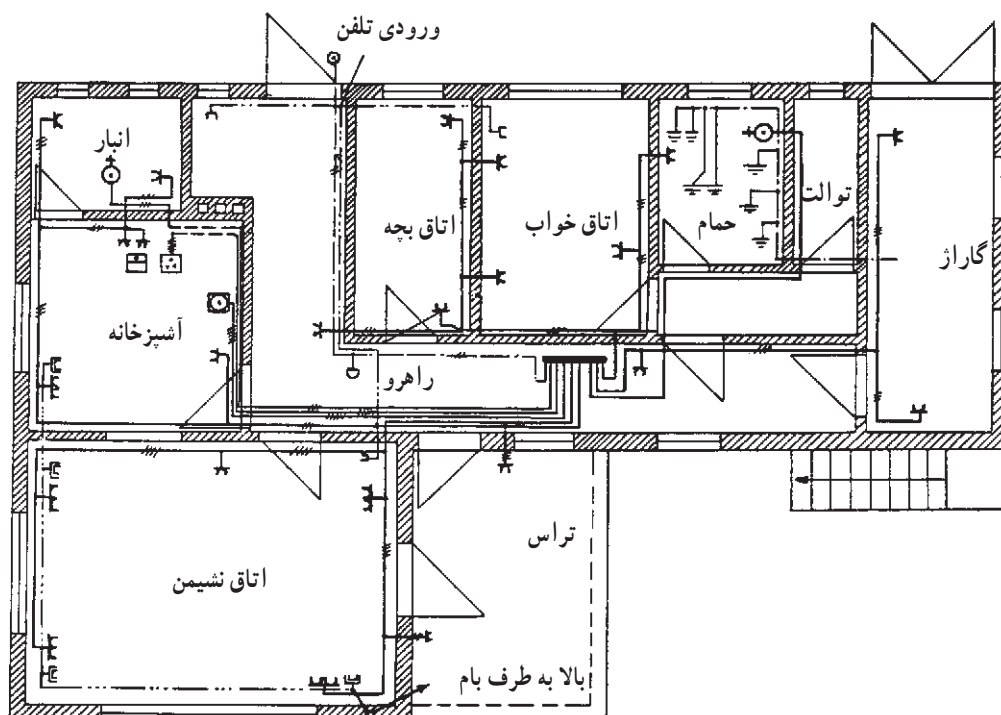
طراحی و محاسبه

هدف‌های رفتاری:

هنرجو باید در پایان این فصل بتواند:

- ۱- مقاطع استاندارد سیم‌ها و جریان عبوری را بخواند.
- ۲- مقطع سیم‌ها و فیوزهای مورد لزوم را محاسبه کند.
- ۳- تابلو توزیع خانه را طراحی کند.
- ۴- بهای تجهیزات و اجرای کار را برآورد کند.

ساعات آموزش		
جمع	عملی	نظری
۱۲	-	۱۲



۴- طراحی و محاسبه

سازندگان، سیم‌های الکتریکی را با سطح مقطع استاندارد با مقاطع ۰/۷۵-۱-۱/۵-۲/۵-۴-۶-۱۰-۱۶-۲۵-۳۵-۵۰-۷۰-۹۵ و ... میلی‌متر مربع تولید می‌کنند. سیم‌هایی که در سیم‌کشی ساختمان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، عایق‌دار است. البته توصیه می‌شود حداقل سطح مقطع آنها نیز ۱/۵ میلی‌متر مربع 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 می‌شوند و معمولاً برای مصرف‌کننده‌های سیار به کار می‌روند.

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

طبق استاندارد VDE آلمان، جدول ۱-۴ جریان مجاز و فیوز استاندارد برای جلوگیری از عبور جریان بیش از حد مجاز را نشان می‌دهد. این جدول برای حداکثر دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد محاسبه شده است.

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 مترای مواد مصرفی شامل لوله و اتصالات مربوط و سیم‌های مورد نیاز و روشنایی‌ها، پریزها و ... و نیز قیمت کل کار آشنا می‌شویم.

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

همان‌طور که می‌دانیم، جریان الکتریکی عبوری از سیم‌ها، در آنها تولید حرارت می‌کند و سبب افزایش درجه حرارت سیم‌ها می‌شود. در صورتی که درجه 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.

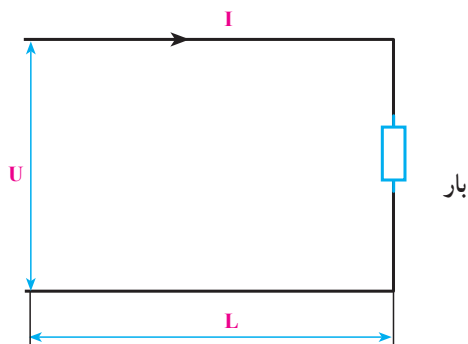
جدول ۱-۴- مشخصات سیم های استاندارد همراه با جریان مجاز و جریان فیوز محافظ

سطح مقطع mm ^۲	گروه ۱		گروه ۲		گروه ۳	
	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	—	—	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	—	—	۳۵۵	۳۵۰	۴۱۵	۴۲۵

چنانچه درجه حرارت محیط (گرم ترین زمان) از ۲۵ درجه سانتی گراد بیش تر شود . باید مقادیر جدول ۴-۱ را در ضربی و جریان نامی فیوز محافظ سیم تصحیح شوند .

جدول ۴-۲ - ضرایب تصحیح جریان مجاز

درجه 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



شکل ۴-۱

اگر افت ولتاژ مجاز را با α نشان دهیم :

$$\alpha = \frac{\Delta u}{U} \times 100 \quad \text{(III)}$$

و نیز :

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

که ρ مقاومت مخصوص ($\Omega \cdot m$) ، l طول سیم (m) و A سطح مقطع سیم (m^2) است .

$$\alpha = \frac{\gamma RI \cos \varphi}{U} \times 100 = \frac{\gamma I \cos \varphi \times \frac{\rho l}{A}}{U} \times 100$$

و نتیجه این که :

$$A = \frac{\gamma \cdot \rho \cdot l \cdot \cos \varphi}{\alpha U} \quad \text{(V)}$$

A بر حسب m^2 به دست می آید .

۴-۲ - محاسبه 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 می شود که ولتاژ دو سر مصرف کننده از مقدار مجاز کم تر شده موجب بد کار کردن یا سوختن وسیله الکتریکی شود. هر چه طول سیمها زیاده تر شود، افت ولتاژ مسیر بیش تر می شود. در این قسمت محاسبه مقطع سیم را با توجه به افت ولتاژ در جریان تک فازه بررسی می کنیم .

۴-۲-۱ - محاسبه افت ولتاژ: مصرف کننده های

الکتریکی ولتاژ نامی معینی دارند. اگر ولتاژ دو سر آنها از مقدار نامی بیش تر شود، باعث سوختن آنها می شود. همچنین اگر ولتاژ آنها از مقدار نامی کم تر شود، اختلالاتی در کارشان پیش می آید. افت ولتاژ را نمی توان به طور کامل از بین برد، اما می توان آن را در حد معینی کنترل کرد. به این افت ولتاژ مجاز می گویند. در مدارهای تک فاز اگر افت ولتاژ را با Δu نشان دهیم، با توجه به شکل ۴-۱ مقدار آن از رابطه زیر محاسبه می شود :

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

$$\Delta u = \gamma RI \cos \varphi \quad \text{(II)}$$

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

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٪

۳-۴- 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 حادثه احتمالی، افراد بتوانند به سرعت جریان برق را قطع کنند.

تابلو توزیع از نظر ابعاد باید به گونه‌ای انتخاب شود که علاوه بر گنجایش فیوزها و متعلقات مورد نظر، دارای ظرفیت لازم نیز باشد. تابلو توزیع بهتر است به کلید و فیوز اصلی نیز مجهز باشد تا در موقع لزوم بتوان 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 ۲-۴ چندین نوع کلید، فیوز و تابلو فیوز را نشان می‌دهد.

مثال ۱: اگر یک مصرف کننده تک فاز با جریان مصرفی ۱۶/۲۳ آمپر و ضریب قدرت ۰/۷ توسط سیمی با مقاومت مخصوص $10^{-8} \times 16/23 \times 20 \times 0/7$ اهم متر و به طول ۲۰ متر از منبع ۲۲۰ ولتی تغذیه شود، سطح مقطع سیم باید چه قدر باشد تا افت ولتاژ از ۳ درصد بیش تر نشود؟

$$A = \frac{20 \cdot \rho I \cos \phi}{\alpha U} \quad \text{حل:}$$

$$A = \frac{20 \cdot 0 \cdot 2 / 0 \cdot 64 \times 10^{-8} \times 16 / 23 \times 20 \times 0 / 7}{3 \times 220}$$

$$= 1 / 42 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A = 1 / 42 \times 10^{-6} \times 10^6 = 1 / 42 \text{ mm}^2$$

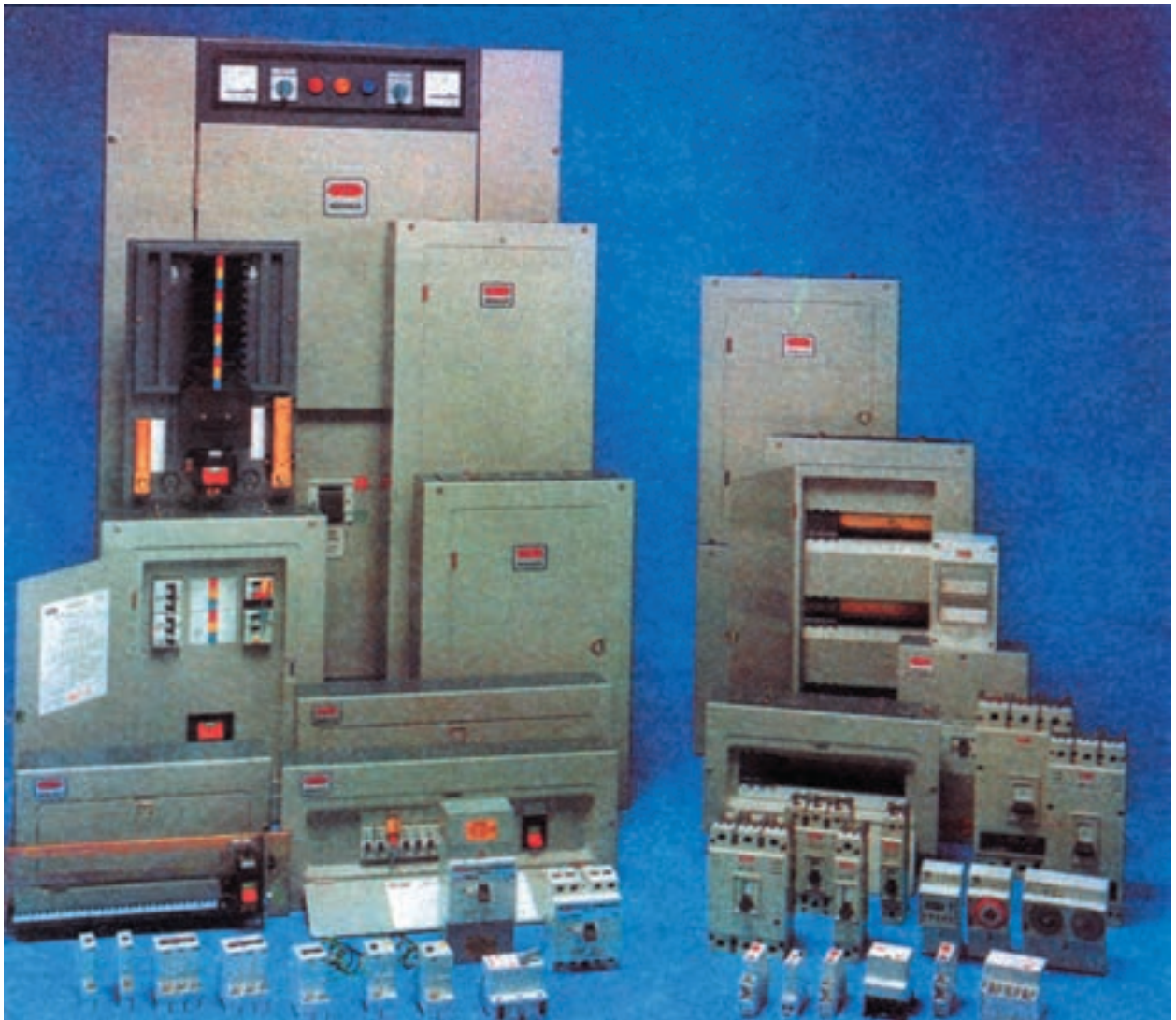
بنابراین، سیم استاندارد نرم شده باید ۱/۵ یا ۲/۵ میلی متر مربع انتخاب شود.

مثال ۲: چنانچه در مثال ۱، حداکثر دمای محیط به ۴۵ درجه سانتی گراد برسد، مقطع مناسب سیم چه قدر باید انتخاب شود؟

حل: با مراجعه به جدول ۱-۴ جریان مجاز سیم $1/5 \text{ mm}^2$ مسی ۱۶ آمپر و جریان مجاز سیم $2/5 \text{ mm}^2$ مسی برابر ۲۱ آمپر است. همچنین با توجه به اینکه دمای محیط C ۴۵ است، با استفاده از جدول ۲-۴ ضریب تصحیح ۰/۶۵ خواهد بود که در این صورت جریان مجاز سیم $1/5 \text{ mm}^2$ مسی برابر $10/4 \text{ A}$ برابر $16 \times 0/65 = 10/4 \text{ A}$ و جریان مجاز سیم $2/5 \text{ mm}^2$ مسی برابر $13/65 \text{ A}$ می‌شود. پس می‌بینیم که هیچ کدام از این دو سیم مناسب جریان $16/23 \text{ A}$ مصرف کننده نیستند. در این حالت باید سیم با مقطع 4 mm^2 مسی را انتخاب کنیم، که جریان مجازش در C ۲۵ برابر 27 A بوده و با توجه به ضریب تصحیح ۰/۶۵ جریان مجاز آن در C ۴۵ برابر می‌شود با:

$$27 \times 0/65 = 17/55 \text{ A}$$

که می‌تواند جریان $16/23 \text{ A}$ مصرف کننده را به راحتی عبور دهد.



شکل ۲-۴- چندین نوع کلید، فیوز و تابلو فیوز

و α را $1/5$ درصد انتخاب می‌کنیم:

$$I = \frac{1 \times 1000}{22} = 45.5 \text{ A}$$

$$A = \frac{200 \times 2.064 \times 10^{-8} \times 15 \times 45.5 \times 1}{1.5 \times 220} =$$

$$0.85 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \Rightarrow A = 0.85 \text{ mm}^2$$

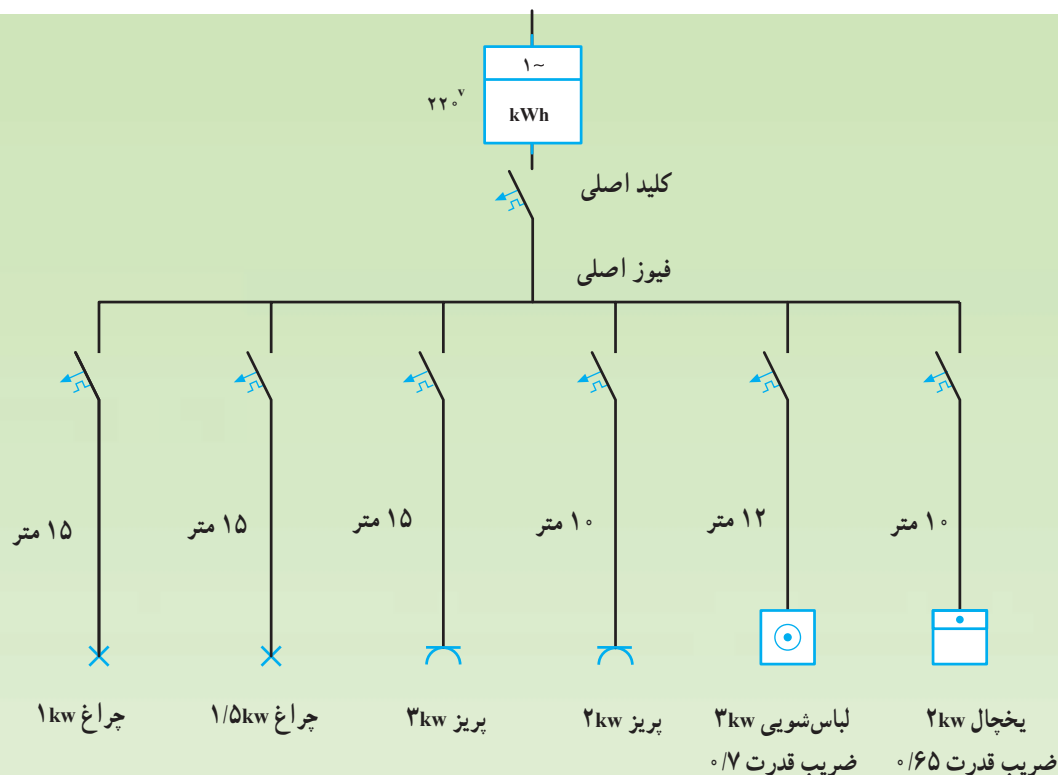
سیم 1 mm^2 از نظر افت ولتاژ و جریان کافی است؛ اما به لحاظ استحکام مکانیکی از سیم 1.5 mm^2 استفاده کرده و فیوز آن را 10 A انتخاب می‌کنیم.

مثال ۳: یک خانه مسکونی که از برق تک‌فاز استفاده می‌کند، دارای تابلو توزیع مطابق شکل ۳-۴ است. اگر حداکثر دمای محیط 25 C شود، مقطع سیم و فیوز هر مسیر را محاسبه کنید.

$$\rho_{\text{cu}} = 2.064 \times 10^{-8} \Omega \text{m}$$

حل: برای مدار 1 kw روشنایی:

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



شکل ۳-۴

$$I = \frac{2 \times 1000}{220 \times 0.8} = 11.36 \text{ A}$$

$$A = 1/14 \text{ mm}^2$$

پس سیم $1/5 \text{ mm}^2$ و فیوز 1.6 A مناسب است.

برای ماشین لباسشویی 3 kW داریم:

$$I = \frac{3 \times 1000}{220 \times 0.7} = 19.48 \text{ A}$$

$$A = \frac{200 \times 2/0.64 \times 10^{-8} \times 12 \times 19/48 \times 0.7}{1/5 \times 220} =$$

$$2 \times 10^{-6} \text{ m}^2 = 2 \text{ mm}^2$$

پس سیم $2/5 \text{ mm}^2$ و فیوز 2 A 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 2 kW داریم:

$$I = 13/99 \text{ A}$$

$$A = 1/14 \text{ mm}^2$$

پس سیم $1/5 \text{ mm}^2$ و فیوز 1.6 A مناسب است.

برای مدار روشنایی $1/5 \text{ kW}$:

$$I = \frac{1/5 \times 1000}{220} = 6/82 \text{ A}$$

$$A = \frac{200 \times 2/0.64 \times 10^{-8} \times 15 \times 6/82 \times 1}{1/5 \times 220} =$$

$$1/28 \times 10^{-6} \text{ m}^2 = 1/28 \text{ mm}^2$$

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

فیوز این مسیر نیز 1 A انتخاب می شود.

برای انشعاب پریزهای 3 kW با فرض ضریب قدرت 0.8 :

$$I = \frac{3 \times 1000}{220 \times 0.8} = 17/05 \text{ A}$$

$$A = \frac{200 \times 2/0.64 \times 10^{-8} \times 15 \times 17/05 \times 0.8}{1/5 \times 220} =$$

$$2/56 \times 10^{-6} \text{ m}^2 = 2/56 \text{ mm}^2$$

پس سیم $2/5 \text{ mm}^2$ از نظر جریان کافی است؛ ولی افت

ولتاژ اندکی بیشتر می شود که بدون اشکال است

($\alpha = 1/54$) و استفاده از سیم 4 mm^2 ضرورتی ندارد و

فیوز مربوطه را 2 A انتخاب می کنیم.

برای پریزهای 2 kW با فرض ضریب قدرت 0.8 داریم:

انتخاب فیوز اصلی اندکی مشکل تر 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 مصرف‌کننده‌ها به‌طور همزمان از شبکه تغذیه نمی‌کنند، ضریبی به نام ضریب هم‌زمانی تعریف می‌شود که در مجموع جریان‌های مصرف‌کننده‌ها 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.

۴-۲- 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 به وسیلهٔ 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 این رو باید برای موادی نظیر سیم‌ها، لوله‌ها، لامپ‌ها، سریچ‌ها و... ضریبی برابر ۱/۰۵ تا ۱/۱۰ در نظر گرفت تا جبران افتها شود^۱.

با توجه به این که مواد مصرفی شامل لوله‌ها به صورت شاخه‌های ۵ متری فولادی یا ۶ متری (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 مترآژ به دست آمده را به مترآژ 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 سیم‌کشی وقتی اصولی و عملی است که نقشهٔ سیم‌کشی محل توسط متخصص برق کشیده شده و مورد تأیید مراجع با صلاحیت قرار گرفته شود. به وسیلهٔ 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

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

قرار گیرند . خوشبختانه، در سال های اخیر، در کشور ما قوانین خاصی برای سیم کشی های ساختمان توسط سازمان نظام مهندسی ساختمان تهیه و تدوین شده که به تدریج اجرایی خواهد شد که تحقق این امر باعث جلوگیری از آتش سوزی و برق گرفتگی می شود و مانع خسارت های مالی و جانی در سطح کشور خواهد شد.

۵-۴- مقادیر افت ولتاژ در مدارهای فشار ضعیف

مقطع به میلی متر مربع	افت ولتاژ به ولت	نوع جریان
در صورت معلوم بودن جریان		
$A \frac{\sqrt{L.I}}{x.u}$	$u \frac{\sqrt{L.I}}{x.A}$	جریان دایم
$A \frac{\sqrt{L.I}}{x.u} \cos.$	$u \frac{\sqrt{L.I}}{x.A} \cos.$	جریان متناوب تک فازه
در صورت معلوم بودن قدرت		
$A \frac{\sqrt{L.P}}{x.u.U}$	$u \frac{\sqrt{L.P}}{x.A.U}$	جریان دایم و متناوب تک فازه

A - مقطع هادی به میلی متر مربع .

I - شدت جریان در هادی به آمپر .

L - طول خط به متر .

P - قدرت مصرفی به وات .

U - ولتاژ خط به ولت .

u - افت ولتاژ به ولت .

x - کدوکتیویته هادی .

cos. - ضریب قدرت .

(ضریب هدایت (کدوکتیویته) مس ۵۶ و آلومینیم ۳۶ $\frac{\text{متر}}{\text{اهم میلی متر مربع}}$ است).

جدول ۴-۴ - انتخاب لوله فولادی نسبت به تعداد رشته و مقطع کابل های مختلف

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

۶-۴ - انتخاب لوله - سیم - فیوز

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

این جدول ها در این صفحه و صفحات بعد آمده است.

جدول ۳-۴ - انتخاب لوله فولادی نسبت به تعداد رشته و

سطح مقطع کابل

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

جدول ۵-۴- انتخاب لوله فولادی نسبت به تعداد رشته و سطح مقطع کابل‌های مختلف

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

جدول ۶-۴- کابل‌های نوع پروتودور دارای ولتاژ نامی ۱۰۰۰ تا ۶۰۰ ولت چند رشته‌ای (NYF باهادی مسی)

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

جدول ۷-۴ - قابلیت تحمل بار کابلیت با سیم‌ها، کابل‌های عایق‌دار و جریان مجاز فیوز

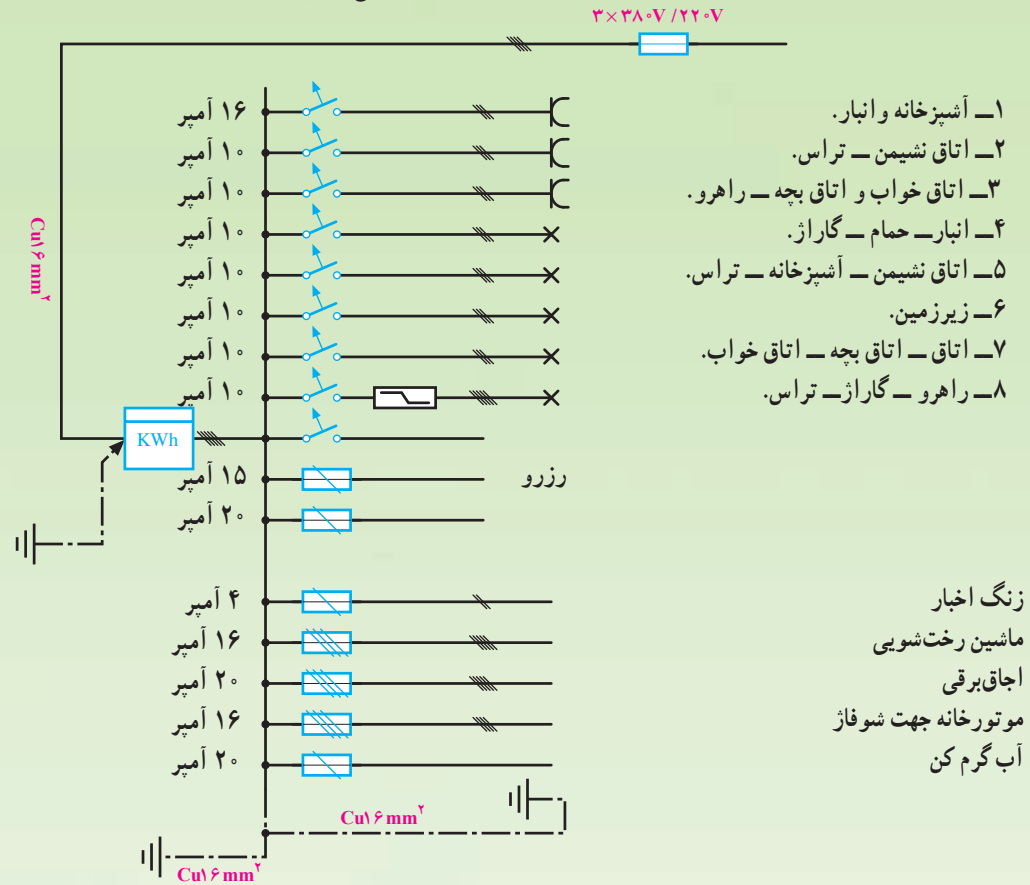
سطح مقطع اسمی به mm^2	سیم در لوله یا کانال در درجه حرارت محیط برابر ۲۵ درجه سانتی‌گراد		روی کار در سینی کابل		وضعیت کلی به‌طور آزاد در هوا یا متحرک	
	جریان مجاز به A	جریان مجاز فیوز به A	جریان مجاز به A	جریان مجاز فیوز به A	جریان مجاز به A	جریان مجاز فیوز به A
0,75	—	—	13	10	16	16
1	12	10	16	16	20	20
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 ۴-۸ - انتخاب کلید و فیوز

انواع کلید و فیوز		اندازه 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 لنائز ضعیف NH یا HRC	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 کننده جریان اشتباهی با جریان قطع 30mA	25	40	63									
	کلید ایمنی قطع کننده جریان اشتباهی با جریان قطع 0,3A	25	40	63	100	160							
	کلید ایمنی قطع کننده جریان اشتباهی با جریان قطع 0,5A	25	40	63	100	160							

در شکل ۴-۴ رسم شده اندازه لوله، نوع فیوز، کلید و سطح مقطع سیم را برای هر قسمت جداگانه انتخاب کنید.

مثال: با توجه به تابلوی توزیع برق روشنایی و مصرفی بریزها و تأسیسات دیگر، مربوط به ساختمان ویلایی در مزرعه که



شکل ۴-۴- تابلوی توزیع برق روشنایی و مصرفی بریزها و ... مربوط به ساختمان ویلایی در مزرعه

بر اساس همان جدول‌ها از سیم $2/5 \text{ mm}^2$ و کلید فیوز مینیاتوری 16^A استفاده می‌کنیم.

برای زنگ اخبار از سیم 1 mm^2 و کلید فیوز مینیاتوری پیچی آلفا 6^A و لوله‌ی Pg11، برای ماشین رخت‌شویی و موتورخانه شوفاز از سیم $2/5 \text{ mm}^2$ و فیوز مینیاتوری پیچی آلفا 16^A و لوله‌ی Pg11 یا Pg13/5 را انتخاب می‌کنیم.

برای اجاق برقی و آب گرم کن، سیم 4 mm^2 و فیوز مینیاتوری پیچی آلفا 2^A و لوله‌ی Pg11 را انتخاب می‌کنیم.

هم‌چنین کلید ایمنی قطع‌کننده جریان اشتباهی با جریان قطع 30 mA و جریان مجاز 63^A برای ویلا انتخاب می‌شود.

پاسخ:

۱- آشپزخانه و انبار با توجه به جدول ۴-۷ سیم $1/5 \text{ mm}^2$ تحمل جریان 16^A را داراست، اما برای اطمینان از یک مقطع بالاتر یعنی سیم با مقطع $2/5 \text{ mm}^2$ از جدول ۴-۸ کلید مینیاتوری 16^A و لوله‌ی PVC یا فولادی Pg11 یا Pg13/5 را انتخاب می‌کنیم. موارد ۲ الی ۸ اتاق‌ها، راهرو، گاراژ و تراس با استفاده از جدول ۴-۷ سیم 1 mm^2 تحمل جریان 10^A را داراست که برای اطمینان از سیم $1/5 \text{ mm}^2$ و از جدول ۴-۸ کلید مینیاتوری 10^A و لوله‌ی PVC یا فولادی Pg11 یا Pg13/5 را انتخاب می‌کنیم، هم‌چنین برای خطوط یدک (رزرو)



- ۱- از جدول استاندارد سیم‌ها چگونه استفاده می‌شود؟
- ۲- افزایش طول سیم چه تأثیری در انتخاب سطح مقطع سیم دارد؟
- ۳- اگر ولتاژ یک مصرف‌کننده بیش از حد زیاد یا کم شود، چه تأثیری در کار مصرف‌کننده دارد؟
- ۴- انتخاب فیوز مناسب چگونه است؟

۵- یک تابلو فیوز چه خصوصیتی باید داشته باشد؟

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

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

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

۹- چگونه قیمت کل یک طرح (سیم‌کشی) محاسبه می‌شود؟

۱۰- در شکل ۴-۵ اگر دمای محیط ۴۵ سانتی‌گراد باشد مطلوب است:

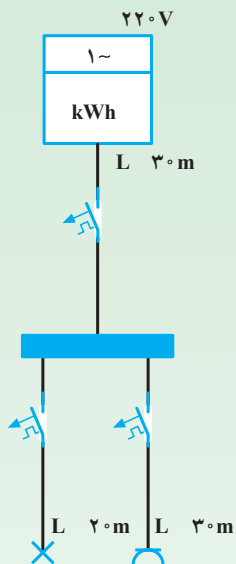
الف. محاسبه سطح مقطع سیم هر انشعاب و خط اصلی

ب. تعیین فیوز مناسب هر انشعاب و خط اصلی

۱۱- در شکل ۴-۶ اگر دمای محیط ۵۰ سانتی‌گراد باشد، مطلوب است:

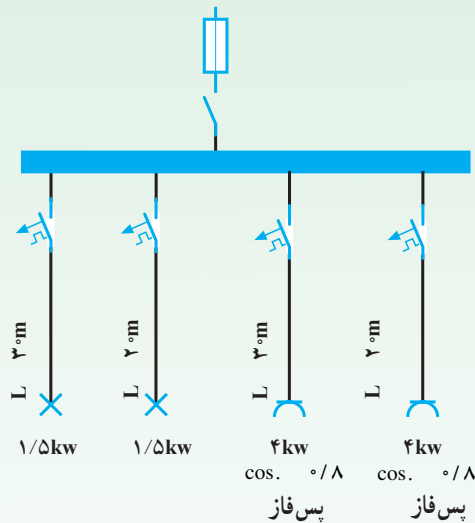
الف. محاسبه سطح مقطع سیم‌های هر انشعاب و خط اصلی

ب. تعیین فیوز مناسب هر انشعاب و خط اصلی



مصرف‌کننده ۴kw
با ضریب قدرت ۰/۸
پس فاز
۱/۵kw

شکل ۴-۵



شکل ۴-۶