

## فصل ۳

# دانش فنی، اصول، قواعد، قوانین و مقررات

۱ مبانی الکتریسیته

۲ مبانی و مدارهای الکترونیک

۳ دیجیتال و میکرو کنترلر

۴ لحیم کاری و طراحی مدار چاپی

۵ مدارهای الکتریکی

### ماهیت الکتریسته

الکتریسته پدیده‌ای است که دیده نمی‌شود. ولی قادر است پدیده‌های فیزیکی بسیاری مانند حرارت، روشنایی، حرکت، مغناطیس را به وجود آورد. الکتریسته دو هزار سال پیش توسط یونانی‌ها پس از پیدا شدن کهربا که ماده‌ای زرد مایل به قهوه‌ای و به صورت تکه‌های سخت مانند سنگ است کشف شد. آنها در آن زمان پی بردند وقتی یک قطعه کهربا، به جسم دیگری مالش داده می‌شود، نیروی مرموز و خاصی در آن به وجود می‌آید که قادر است اجسامی مانند تکه‌های کوچک کاغذ، برگ خشک یا پاره‌های چوب را جذب کند. در ابتدا تمام اجسامی که مانند کهربا عمل می‌کردند «دی الکتریک» نام گرفتند. بعدها دریافتند که تعدادی از اجسام پس از مالش، یکدیگر را جذب و برخی دیگر یکدیگر را دفع می‌کنند. در اواسط سال‌های ۱۷۰۰ میلادی فرانکلین این دو نوع الکتریسته را که در دو جسم با جنس مختلف به وجود می‌آید الکتریسته «مثبت» و «منفی» نامگذاری کرد.

مدل اتمی عناصر مانند منظومه بسیار کوچک خورشیدی است که هسته اتم مانند خورشید و الکترون‌ها مانند سیارات بر روی مدارهایی حول هسته می‌چرخند. مدار خارجی هر اتم را اصطلاح «لایه والانس» و الکترون‌های روی این مدار را «الکترون‌های والانس» یا الکترون‌های ظرفیت می‌نامند. تعداد الکترون‌های مدار والانس هر اتمی همیشه بین ۱ تا ۸ الکترون است. تعداد این الکترون‌ها نشان دهنده ظرفیت آن اتم است. مدارهای الکترونی اتم‌ها را به ترتیب با حروف اختصاری. O, N, M, L, K مشخص می‌کنند.

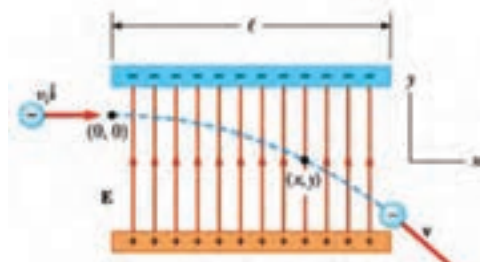
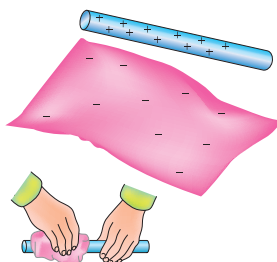
### ویژگی‌های اتم و ذرات آن

- جرم پروتون ۱۸۴۰ مرتبه بیشتر از جرم الکترون است.
- قطر پروتون یک سوم قطر الکترون است.
- پروتون دارای بار مثبت و در هسته اتم قرار دارد.
- نوترون بدون بار بوده و در هسته اتم قرار دارد.
- الکترون دارای بار منفی است و روی مدارهای اطراف هسته می‌چرخد.
- مدارهای الکترونی اطراف هسته، بیضی شکل هستند.
- در شرایط عادی تعداد الکترون‌ها و پروتون‌های هر اتم با هم برابرند.
- در طبیعت همه نیروهای مخالف مثبت و منفی موجود در اتم یکدیگر را خنثی می‌کنند و هیچ تأثیری روی هم ندارند.

**یون‌های مثبت و منفی:** اگر در اتمی تعداد الکترون‌ها از پروتون‌ها کمتر باشد، اتم بار مثبت دارد و چنانچه تعداد الکترون‌های اتمی از پروتون‌های آن بیشتر باشد، اتم بار منفی دارد. به عبارت دیگر اگر اتم‌های یک جسم، الکترون‌های خود را از دست بدهند یا الکترون اضافی بگیرند، آن جسم باردار خواهد شد. اصطلاحاً به عنصری که الکترون‌هایی از دست داده «یون مثبت» و به

عنصری که الکترون‌هایی به دست آورد «یون منفی» می‌گویند.  
**حرکت الکترون در میدان الکتریکی:** اگر الکترونی در میدان الکتریکی قرار گیرد، با توجه به جهت میدان و جهت حرکت، منحرف می‌شود، شکل ۱.  
**تولید الکتریسیته ساکن:**

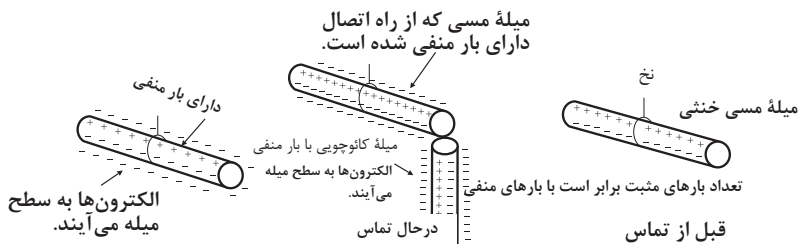
**الف- اصطکاک (مالش):** اگر یک میله شیشه‌ای را به یک تکه ابریشم مالش دهیم، میله شیشه‌ای به ابریشم الکترون خواهد داد. در این حالت میله به علت کمبود الکترون دارای بار مثبت و ابریشم به علت افزایش الکترون دارای بار منفی می‌شود، شکل ۲.



شکل ۱- انحراف بار الکتریکی در میدان الکتریکی

شکل ۲- پس از مالش دادن یک میله شیشه‌ای به پارچه ابریشمی، آنها دارای بار الکتریکی می‌شوند.

**ب- باردار کردن از طریق تماس:** با استفاده از یک میله کائوچویی باردار، می‌توان جسم دیگری مانند مس را فقط با تماس دادن این دو جسم با یکدیگر باردار کرد. در این حالت الکترون‌های روی سطح کائوچو وارد مس می‌شود و مس را دارای بار منفی می‌کند، شکل ۳.

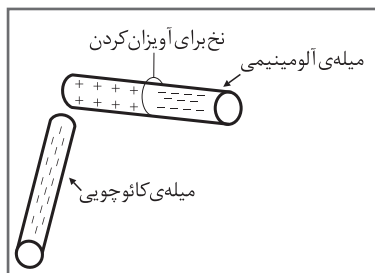


شکل ۳

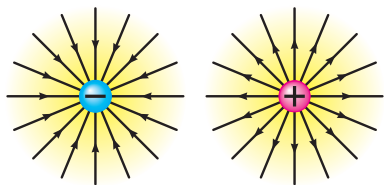
**ج- باردار کردن اجسام از طریق القاء:** چون الکترون‌ها و پروتون‌ها نیروی جاذبه و دافعه دارند، اگر یک میله کائوچویی باردار منفی را به یک میله آلومینیومی، خیلی نزدیک کنیم ولی به آن نچسبانیم، نیروی بارهای منفی کائوچو، الکترون‌های میله آلومینیوم را دفع می‌کند و به سر دیگر

میله می‌راند. در نتیجه یک سر میله آلومینیومی مثبت و سر دیگر آن منفی می‌شود. حال اگر میله کاتوچویی را کنار بگذاریم، الکترون‌های میله آلومینیومی دوباره تغییر آرایش می‌دهند و میله را به حالت خنثی درمی‌آورند، شکل ۴.

طبق قرارداد در ذرات باردار (اتم) جهت خطوط نیروی بارهای منفی به سمت داخل و در بارهای مثبت به سمت خارج است، شکل ۵.



شکل ۴



شکل ۵ - جهت خطوط نیرو

د- مثال عملی از باردار شدن اجسام: یک میله (شانه) پلاستیکی را طبق شکل ۶ با پارچه پشمی یا موهای سر خود مالش دهید. سپس طبق شکل ۷ موارد زیر را اجرا کنید:

■ شئ پلاستیکی را به ذرات نمک نزدیک کنید.

■ شئ پلاستیکی را به توپ پینگ‌پنگ نزدیک کنید.

■ شئ پلاستیکی را به یک رشته نخ نایلونی نزدیک کنید.

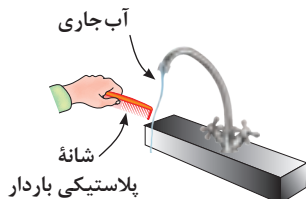
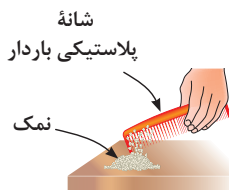
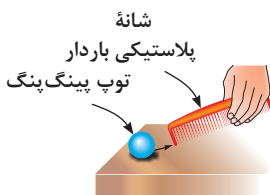
■ شئ پلاستیکی را به آب جاری که با فشار کم از شیر آب خارج می‌شود نزدیک کنید.

■ یک کولن بار الکتریکی موجود در یک جسم برابر با:  $10^{18} \times \frac{6}{28}$  الکترون است.

■ با توجه به شکل ۸، اختلاف پتانسیل با اختلاف دما و اختلاف سطح آب قابل مقایسه است.



شکل ۶



شکل ۷



اختلاف دما سبب انتقال گرما می شود

شکل ۸

## زندگی دانشمندان



چارل آگوستن دو کولُن

(به فرانسوی Charles-Augustin de Coulomb) تولد ۱۴ ژوئن ۱۷۳۶ در  
آنگولم فرانسه - درگذشت ۲۳ اوت ۱۸۰۶ در پاریس - فیزیکدان

## دستگاه‌هایی که بر اساس الکتریسیته ساکن کار می‌کنند

دستگاه رنگ پاش و غبار گیر الکتریکی دستگاه‌هایی هستند که بر اساس الکتریسیته ساکن کار می‌کنند. برای کسب اطلاعات بیشتر به منابع مرتبط مراجعه کنید. (شکل ۹) چه دستگاه‌های دیگر خانگی می‌شناسید که از الکتریسیته ساکن استفاده می‌کنند. با جست‌وجوی کلمه «electrostatic equipments» در اینترنت می‌توانید موارد بیشتری را بیابید.



الف - دستگاه رنگ‌پاش الکتریکی      ب - دستگاه غبارگیر الکتریکی

شکل ۹

**مثال:** چه مدت طول می‌کشد تا شش کولن بار جریانی برابر با ۴ آمپر را در سیمی جاری کند؟

$$I = \frac{q}{t} \rightarrow t = \frac{q}{I} = \frac{6}{4} = 1.5 \text{ s (ثانیه)}$$

## چگونگی حرکت الکترون‌های آزاد و سرعت آن برای برقراری جریان الکتریکی

حرکت الکترون‌های آزاد در درون سیم به صورت ضربه‌ای «Impulse» صورت می‌گیرد. یعنی در مدارهای والانس، الکترون‌ها با یک دیگر برخورد می‌کنند و از اتمی به اتم دیگر منتقل می‌شوند. سرعت انتقال این ضربه‌ها در حدود سرعت سیر نور  $300000000$  کیلومتر بر ثانیه است.

چون اتم‌ها خیلی به هم نزدیک هستند به محض وارد شدن الکترون آزاد جدید آن الکترون انرژی خود را به الکترون دیگر می‌دهد و آن را دفع می‌کند و به سمت دیگر می‌راند. ضربه‌های انرژی از یک الکترون به الکترون دیگر برخورد می‌کند و باعث جابه‌جایی آن می‌شود که در اصطلاح الکتریکی آن را جریان الکتریکی می‌نامند.

**مقاومت و هدایت مخصوص سیم:** مقاومت و هدایت مخصوص سیم‌ها از طریق اندازه‌گیری به دست می‌آید و برای سیم‌های مسی و آلومینیومی که در صنعت برق کاربرد دارند برابر است با:

$$K_{Cu} = 56 \text{ (هدایت مخصوص مس)}$$

$$\rho_{Cu} = \frac{1}{K} = \frac{1}{56} = 0.01785 \text{ (مقاومت مخصوص مس)}$$

$$K_{Al} = 37 \text{ (هدایت مخصوص آلومینیوم)}$$

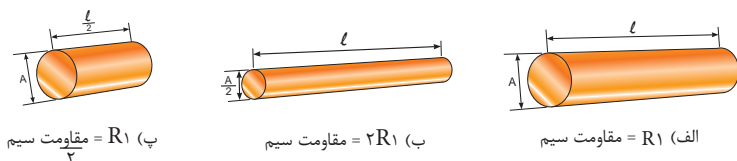
$$\rho_{Al} = \frac{1}{K} = \frac{1}{37} = 0.027 \text{ (مقاومت مخصوص آلومینیوم)}$$

واحد دو ضریب  $\rho$  (رو) و  $K$  (کاپا) بر حسب عوامل مرتبط با مقاومت الکتریکی تعیین می‌شود:

$$K = \frac{m}{\Omega mm^2} \Rightarrow K = \frac{\text{متر}}{\text{اهم میلی متر مربع}} \text{ یا } \frac{1}{\Omega cm}$$

$$\rho = \frac{\Omega mm^2}{m} \Rightarrow \rho = \frac{\text{اهم میلی متر مربع}}{\text{متر}} \text{ یا } \Omega cm$$

**عوامل فیزیکی مؤثر در مقدار مقاومت الکتریکی:** هرگاه سه قطعه سیم با مشخصات داده شده در شکل ۱۰ را در اختیار داشته باشیم و به طور جداگانه مقدار مقاومت‌های هریک از آنها را اندازه بگیریم به نتایجی می‌رسیم که نشانگر ارتباط بین عوامل مؤثر در مقاومت الکتریکی یک هادی است. برای پیدا کردن عوامل مؤثر، موارد زیر را مورد بررسی قرار می‌دهیم:



شکل ۱۰- مقاومت چند قطعه سیم با ابعاد مختلف

- مقاومت سیم (الف) را اندازه می‌گیریم و به عنوان مقاومت مبنا یادداشت می‌کنیم.
- سپس مقاومت سیم (ب) را اندازه می‌گیریم. در این حالت با وجودی که سطح مقطع سیم نصف شده است مقدار مقاومت آن به دو برابر افزایش می‌یابد.
- با اندازه‌گیری مقاومت سیم در مرحله (پ) مشاهده می‌کنیم با توجه به این که طول سیم در حالت (پ) نسبت به حالت (الف) نصف شده، مقدار مقاومت آن نیز به نصف مقدار مقاومت در حالت (الف) کاهش یافته است. با مقایسهٔ مراحل الف، ب و ج در می‌یابیم که مقاومت سیم با طول آن رابطه مستقیم و با سطح مقطع آن نسبت معکوس دارد. مقدار مقاومت سیم را می‌توان از روابط رو به‌رو به دست آورد.

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad \text{یا} \quad R = \frac{l}{\kappa \cdot A}$$

جدول‌های ۱ و ۲ مقدار مقاومت و هدایت مخصوص تعدادی از رساناهای مهم را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مقاومت مخصوص

ماده	مقاومت ویژه $\rho(\Omega.m)$	ضریب دمایی مقاومت ویژه $0:(K^{-1})$
نقره	$1.62 \times 10^{-8}$	$4.1 \times 10^{-3}$
مس	$1.69 \times 10^{-8}$	$4.3 \times 10^{-3}$
آلومینیوم	$2.75 \times 10^{-8}$	$4.4 \times 10^{-3}$
تنگستن	$5.25 \times 10^{-8}$	$4.5 \times 10^{-3}$
آهن	$9.68 \times 10^{-8}$	$6.5 \times 10^{-3}$
پلاتین	$10.6 \times 10^{-8}$	$3.9 \times 10^{-3}$
منگانی ۱	$48.2 \times 10^{-8}$	$2 \times 10^{-6}$
سیلیسیوم خالص	$2.5 \times 10^{-3}$	$-70 \times 10^{-3}$
سیلیسیوم نوع ۲n	$8.7 \times 10^{-4}$	
سیلیسیوم نوع ۳p	$2.8 \times 10^{-3}$	
شیشه	$10^{10} - 10^{14}$	
کوارتز مذاب	$\sim 10^{16}$	

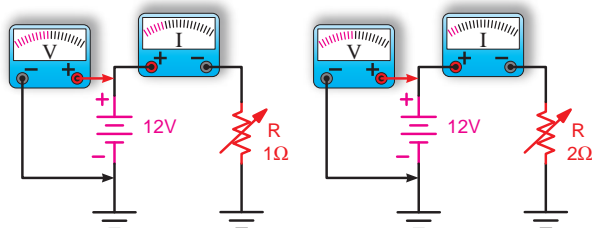
۱ آلیاژی است که به طور خاص به منظور داشتن  $\alpha$  کوچک ساخته شده است.

۲ این نوع نیمه رسانا از سیلیسیوم با ناخالصی فسفر ساخته شده و دارای چگالی حامل‌های بار  $10^{23} \text{ cm}^{-3}$  می‌باشد.

۳ این نیز سیلیسیوم با ناخالصی آلومینیوم تهیه شده و دارای چگالی حامل‌های بار  $10^{23} \text{ cm}^{-3}$  است.

## جدول ۲- مقاومت و هدایت مخصوص

Material	Resistivity $\rho$ (ohm m)		Temperatu- recoefficientaper degree C	Conductivity $\sigma \times 10^7 / \Omega m$	Ref
Silver	1.59	$\times 10^{-8}$	-0038	6.29	3
Copper	1.68	$\times 10^{-8}$	-00386	5.95	3
Copper, annealed	1.72	$\times 10^{-8}$	-00393	5.81	2
Aluminum	2.65	$\times 10^{-8}$	-00429	3.77	1
Tungsten	5.6	$\times 10^{-8}$	-0045	1.79	1
Iron	9.71	$\times 10^{-8}$	-00651	1.03	1
Platinum	10.6	$\times 10^{-8}$	-003927	0.943	1
Manganin	48.2	$\times 10^{-8}$	-000002	0.207	1
Lead	22	$\times 10^{-8}$	...	0.45	1
Mercury	98	$\times 10^{-8}$	-0009	0.10	1
Nichrome (Ni.Fe,Cr alloy)	100	$\times 10^{-8}$	-0004	0.10	1
Cunstantan	49	$\times 10^{-8}$	...	0.20	1
Carbon* (graphite)	3-60	$\times 10^{-5}$	-0005	...	1
Grmanium*	1-500	$\times 10^{-3}$	-05	...	1
Silicon*	0.1-60	...	-07	...	1
Glass	1-10000	$\times 10^9$	...	...	1
Quartz (fusecl)	7.5	$\times 10^{17}$	...	...	1
Hard rubber	1-100	$\times 10^{13}$	...	...	1



ب- رابطه جریان با مقدار مقاومت

$$I = \frac{V}{R} \quad V = IR \quad R = \frac{V}{I}$$

الف- روابط قانون اهم

شکل ۱۱- قانون اهم



## تبدیل واحدها

در جدول ۳، تبدیل واحدها از واحد بزرگ به کوچک و بالعکس آمده است.

جدول ۳- تبدیل واحدها

مقدار ضرب	شکل نمایی ضرب	نام ضرب	حرف اختصاری	جهت‌گیری تبدیل ضرب
۱۰ <sup>۳</sup>	۱۰ <sup>۳</sup>	ترا	T	 <p>از واحدهای بزرگتر به واحدهای کوچکتر در ضرب دارای توان مثبت ضرب می‌کنیم.</p>
۱۰ <sup>۶</sup>	۱۰ <sup>۶</sup>	کیلا	K	
۱۰ <sup>۹</sup>	۱۰ <sup>۹</sup>	مگا	M	
۱۰ <sup>۱۲</sup>	۱۰ <sup>۱۲</sup>	گیگا	G	
۱۰ <sup>۱۵</sup>	۱۰ <sup>۱۵</sup>	تيرا	P	
۱۰ <sup>۱۸</sup>	۱۰ <sup>۱۸</sup>	پتا	E	
۱۰ <sup>۲۱</sup>	۱۰ <sup>۲۱</sup>	ایکسا	I	
۱۰ <sup>۲۴</sup>	۱۰ <sup>۲۴</sup>	زتا	Z	
۱۰ <sup>۲۷</sup>	۱۰ <sup>۲۷</sup>	یوتا	Y	
۱۰ <sup>۳۰</sup>	۱۰ <sup>۳۰</sup>	سکوا	S	
۱۰ <sup>-۳</sup>	۱۰ <sup>-۳</sup>	میلی	m	 <p>از واحدهای کوچکتر به واحدهای بزرگتر در ضرب دارای توان منفی ضرب می‌کنیم.</p>
۱۰ <sup>-۶</sup>	۱۰ <sup>-۶</sup>	میکرو	μ	
۱۰ <sup>-۹</sup>	۱۰ <sup>-۹</sup>	نانو	n	
۱۰ <sup>-۱۲</sup>	۱۰ <sup>-۱۲</sup>	پیکو	p	
۱۰ <sup>-۱۵</sup>	۱۰ <sup>-۱۵</sup>	فمتو	f	
۱۰ <sup>-۱۸</sup>	۱۰ <sup>-۱۸</sup>	آتو	a	
۱۰ <sup>-۲۱</sup>	۱۰ <sup>-۲۱</sup>	زپتو	z	
۱۰ <sup>-۲۴</sup>	۱۰ <sup>-۲۴</sup>	یوکتو	y	
۱۰ <sup>-۲۷</sup>	۱۰ <sup>-۲۷</sup>	سپتو	s	
۱۰ <sup>-۳۰</sup>	۱۰ <sup>-۳۰</sup>	سکوا	q	

## واحدهای بزرگ‌تر هرتز

واحد فرکانس سیکل بر ثانیه یا هرتز (Hz) است. واحدهای بزرگ‌تر فرکانس عبارتند از:

$$1 \text{ kHz} = 10^3 \text{ Hz} = 1,000 \text{ Hz} \quad \text{کیلوهرتز}$$

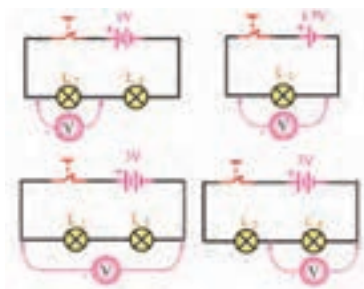
$$1 \text{ MHz} = 10^6 \text{ Hz} = 1,000,000 \text{ Hz} \quad \text{مگاهرتز}$$

$$1 \text{ GHz} = 10^9 \text{ Hz} = 1,000,000,000 \text{ Hz} \quad \text{گیگاهرتز}$$

$$1 \text{ THz} = 10^{12} \text{ Hz} = 1,000,000,000,000 \text{ Hz} \quad \text{تراهرتز}$$

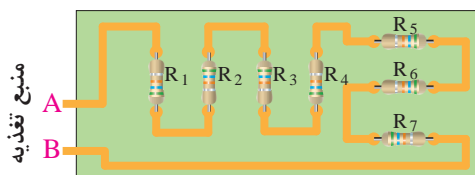
## مدارهای سری مقاومت‌ها

- در مدار سری، همواره جریان عبوری از مدار در کلیه نقاط مدار یکسان است.
- در مدار سری، همواره مقدار مقاومت معادل بیشتر از بیشترین مقاومت موجود در مدار است.
- برای اندازه‌گیری ولتاژ در مدار، ولت متر به صورت موازی بسته می‌شود، شکل ۱۲.

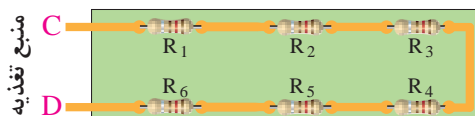


شکل ۱۲ - اتصال ولت متر به مدار سری

- در مدار سری، ولتاژ تغذیه متناسب با مقدار مقاومت‌های مدار بین آنها تقسیم می‌شود.
- نمونه‌های عملی مدارهای سری، شکل ۱۳.



الف - بین نقاط A و B مقاومت‌های  $R_1$  تا  $R_7$  سری شده‌اند.



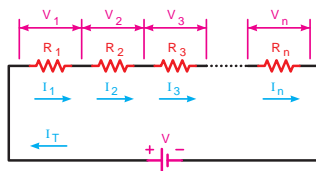
ب - بین نقاط C و D مقاومت‌های  $R_1$  تا  $R_6$  سری شده‌اند.

شکل ۱۳ - اتصال سری مقاومت‌ها

## مقادیر ولتاژ در مدار سری

$V_1 = R_1 I$	ولتاژ دو سر مقاومت $R_1$
$V_2 = R_2 I$	ولتاژ دو سر مقاومت $R_2$
$V_3 = R_3 I$	ولتاژ دو سر مقاومت $R_3$
$V_4 = R_4 I$	ولتاژ دو سر مقاومت $R_4$
$V_T = R_T I_T$	ولتاژ کل مدار

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$



شکل ۱۴ - مقادیر ولتاژ در مدار سری

خصوصیات مدار سری

$$\begin{cases} I_r = I_{R_1} = I_{R_2} = I_{R_3} = \dots = I_n & (1) \\ V = V_{R_1} + V_{R_2} + V_{R_3} + \dots + V_n & (2) \end{cases}$$

## مدارهای موازی مقاومت‌ها

■ در مدار موازی، همواره مقدار مقاومت معادل کمتر از کمترین مقاومت موجود در مدار است.

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

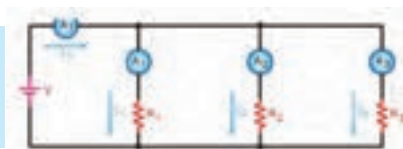
■ در مدار موازی، ولتاژ تغذیه ارتباطی با مقدار مقاومت‌های مدار ندارد. ولتاژ دو سر مقاومت‌ها همواره برابر با ولتاژ تغذیه است.

■ در مدار موازی جریان کل برابر با مجموع جریان‌های هر شاخه است شکل ۱۵ و ۱۶.

خصوصیات  
مدار موازی

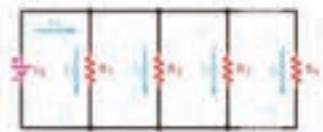
$$V = V_{R_1} = V_{R_2} = V_{R_3} = \dots = V_n \quad (1)$$

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n \quad (2)$$



شکل ۱۵ - مقادیر ولتاژ در مدار سری

$I_1 = \frac{V}{R_1}$	جریان عبوری از مقاومت $R_1$
$I_2 = \frac{V}{R_2}$	جریان عبوری از مقاومت $R_2$
$I_3 = \frac{V}{R_3}$	جریان عبوری از مقاومت $R_3$
$I_4 = \frac{V}{R_4}$	جریان عبوری از مقاومت $R_4$
$I_T = \frac{V}{R_T}$	جریان عبوری از کل مدار



$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

شکل ۱۶ - مقادیر جریان‌ها در مدار موازی

## مقاومت‌های تابع عوامل فیزیکی

■ مقاومت حرارتی NTC ترمیستورهای هستند که در اثر افزایش دما مقدار مقاومت آنها کاهش می‌یابد.

NTC مخفف NTC-Negative Temperature Coefficient است.

■ مقاومت حرارتی PTC ترمیستورهای هستند که در اثر افزایش دما مقدار مقاومت آنها افزایش می‌یابد.

PTC مخفف PTC-Positive Temperature Coefficient است.

■ مقاومت تابع نور LDR مخفف کلمات: LDR- Light Dependent Resistor است.

■ مشخصات دیگر مقاومت‌های تابع عوامل فیزیکی مانند ضریب حرارتی، ماکزیمم فرکانس کار، ماکزیمم درجه حرارت مجاز نیز مطرح هستند که برای کسب اطلاعات بیشتر می‌توانید به سایر منابع مراجعه کنید.

## منابع تولید الکتریسته

**اندازه باتری‌ها:** باتری‌ها در اندازه‌های (size) مختلف ساخته می‌شوند در جدول ۴ اندازه و ابعاد باتری‌ها و علامت اختصاری مربوط به چند نوع باتری را ملاحظه می‌کنید.

شکل ۱۷ اندازه انواع باتری‌های قلمی و کتابی را نشان می‌دهد.

جدول ۴- مشخصات چند نمونه باتری‌ها

عرض	عمق	طول	علامت اختصاری
-	۱۰/۵	۴۴/۵	AAA
-	۱۴/۵	۵۰/۵	AA
-	۲۶/۲	۵۰	C
-	۳۴/۲	۶۱/۵	D
۲۶/۵	۱۷/۵	۴۸/۵	PP۳



شکل ۱۷ - اندازه انواع باتری‌ها

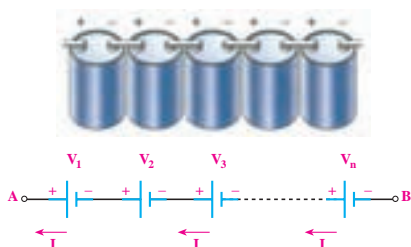
## اتصال سری پیل‌ها

■ اگر پیل‌ها را طوری به هم وصل کنیم که قطب منفی هریک به قطب مثبت دیگری اتصال داشته باشد و این روش **اتصال «تا آخرین پیل ادامه یابد، این نوع اتصال را «اتصال سری»** یا موافق پیل‌ها می‌نامند، شکل ۱۸.

■ جریان عبوری از مدار چند پیل که با هم سری شده‌اند، برای همه پیل‌ها مساوی است.

■ ولتاژ کل پیل‌های سری شکل ۱۸ از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$V_{AB} = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$



شکل ۱۸- اتصال سری پیل‌ها

## ولتاژ استاندارد پیل‌ها و باتری‌ها

پیل‌ها در ولتاژ استاندارد  $1.5\text{ V}$ ،  $1.2\text{ V}$  و باتری‌ها در ولتاژ استاندارد  $2.4\text{ V}$ ،  $3\text{ V}$ ،  $3.6\text{ V}$ ،  $3.7\text{ V}$ ،  $4.5\text{ V}$ ،  $6\text{ V}$ ،  $9\text{ V}$  و  $24\text{ V}$  ساخته می‌شوند.

مواد به کار رفته در ساختمان باتری‌ها: در تکنولوژی ساخت باتری‌ها از مواد مختلفی استفاده می‌کنند، مثلاً باتری‌های لیتیومی (lithium) در انواع مختلف ساخته می‌شوند. بعضی از انواع آن عبارتند از :

LI-Ion، LI-FeS<sub>2</sub>، LI-MnO<sub>2</sub>، LI-SoCl<sub>4</sub> این باتری‌ها طول عمر زیاد و تنوع ساخت دارند. باتری‌های اکسید نقره (silver-oxide) دارای ابعاد کوچک هستند و در ماشین حساب‌ها و ساعت‌های مچی مورد استفاده قرار می‌گیرند. باتری‌های نیکل کادمیوم (NI-CD) و نیکل متال هیدرید (NI-MH) از انواع دیگر باتری هستند که شارژ پذیرند. باتری‌های معمولی اتومبیل باتری اسید سرب و باتری (Seal Lead Acid) هستند که باتری‌هایی شارژ پذیرند.

باتری‌های خورشیدی (solar Cell) باتری‌هایی دارای ساختار غیر شیمیایی هستند و از ترکیبات سیلیکن (سیلیسیم SI) ساخته می‌شوند که به نور حساس هستند و ایجاد ولتاژ می‌کنند.

■ مشخصات فنی باتری شکل ۱۹

Specification of Gel Battery 12N7-BS						
Model	Voltage (v)	Capacity(ah) 10hr	Dimension(mm)			Approx. Weight(kgs)
			L	W	H	
12N7-BS	12v	7Ah	137	76	124	2.60
MOQ: 300 pcs gel battery						
Warranty: 12 months						
Usage: wuyang125/street bike/motorcycle						



شکل ۱۹- برگه مشخصات یک نمونه باتری

ENERGIZER CR2032



Lithium Coin	
Classification:	Specifications
Chemical System:	"Lithium Coin"
Designation:	Lithium / Manganese Dioxide (Li/MnO <sub>2</sub> )
Nominal Voltage:	ANGI / NEDA-5004LC, IEC-CR2032
Typical Capacity:	3.0 Volts
	240 mAh (to 2.0 volts)
	(Rated at 15K ohms at 21°C)
Typical Weight:	3.0 grams (0.10 oz.)
Typical Volume:	1.0 cubic centimeters (0.06 cubic inch)
Typical IR:	10,000 - 40,000 mΩ
Max Rev Charge:	1 microampere
Energy Density:	198 milliwatt hr/g, 653 milliwatt hr/oz
Typical Li Content:	0.109 grams (0.0038 oz.)
UL Recognized:	HR01980
Operating Temp:	-30C to 60C
Self Discharge:	~1% / year

شکل ۲۰- برگه مشخصات باتری ساعت

پاور بانک که برای شارژ تلفن همراه در مواقعی که به برق دسترسی ندارید، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در شکل ۲۱ یک نمونه پاور بانک و قسمتی از برگه اطلاعات آن به زبان اصلی آورده شده است.



شکل ۲۱- برگه مشخصات یک نمونه پاور بانک

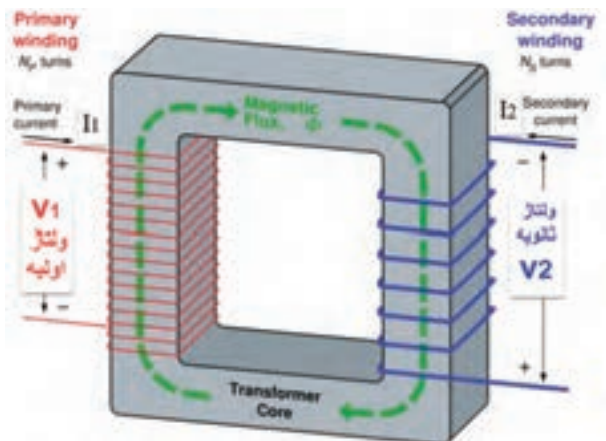
## ترانسفورماتور

■ روابط مورد استفاده در ترانسفورماتور ایده‌آل: اگر تعداد دور اولیه سیم‌پیچ ترانسفورماتور را  $N_1$  و ولتاژ آن را  $V_1$  و جریان آن را  $I_1$  در نظر بگیریم.  $P_1 = V_1 \times I_1$  توان اولیه ولتاژ ثانویه  $V_2$  و جریان آن  $I_2$  و تعداد دور سیم‌پیچ ثانویه  $N_2$  نام دارد. کمیت‌های اولیه را با اندیس  $P$  اول کلمه primary و کمیت‌های ثانویه را با اندیس  $S$  اول کلمه Secondary نیز نشان می‌دهند. مثلاً  $P_S$  یعنی توان ثانویه و  $P_P$  یعنی توان اولیه، توانی که به بار می‌رسد یعنی توان ثانویه  $P_S = V_2 \times I_2$  است. در یک ترانسفورماتور ایده‌آل (یعنی ترانسفورماتوری که از تلفات آن صرف‌نظر کرده‌ایم).

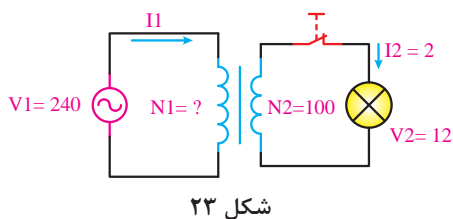
$$P_1 = P_2 \rightarrow V_1 I_1 = V_2 I_2$$

روابط بین ولتاژ و جریان و دور در این ترانسفورماتور به این صورت است. شکل ۲۲.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$$



شکل ۲۲- رفتار ترانسفورماتور



شکل ۲۳

**مثال:** در شکل ۲۳ برای روشن کردن یک لامپ ۱۲ ولتی توسط برق شهر با ولتاژ ۲۴۰ ولت از یک ترانسفورماتور کاهنده (۲۴۰ به ۱۲ ولت) استفاده می‌کنیم. اگر تعداد دور ثانویه ( $N_2$ ) برابر ۱۰۰ دور باشد، تعداد دور اولیه و جریان اولیه را حساب کنید. از ثانویه ۲ آمپر جریان عبور می‌کند.

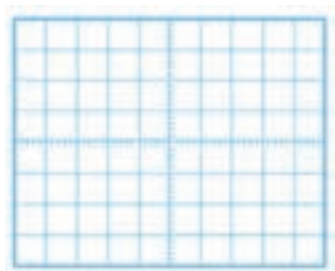
**حل:**

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \rightarrow \frac{240}{12} = \frac{N_1}{100} \rightarrow 20 = \frac{N_1}{100} \rightarrow N_1 = 2000 \text{ دور}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} \rightarrow \frac{240}{12} = \frac{2}{I_1} \rightarrow 20 \cdot I_1 = 2 \rightarrow I_1 = \frac{2}{20} = 0.1 \text{ آمپر}$$

**راهنمایی برای ترسیم موج سینوسی:** برای ترسیم موج باید محور عمودی برحسب ولتاژ و محور افقی برحسب زمان باشد. ابتدا زمان تناوب موج را به دست می‌آوریم.

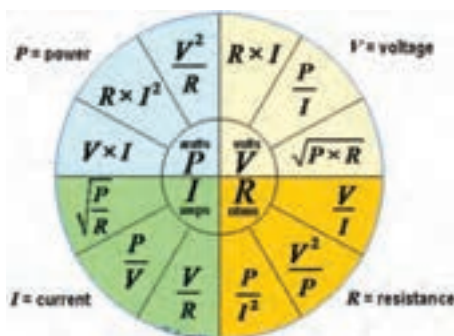
$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1000} = 1 \text{ msec}$$



شکل ۲۴

مقیاس مناسبی برای محور افقی انتخاب می‌کنیم. مثلاً هر خانه افقی را معادل ۰/۲ میلی ثانیه در نظر می‌گیریم، لذا تعداد خانه‌های افقی  $\frac{1}{0.2} = 5$  می‌شود، پس یک سیکل را در ۵ خانه افقی رسم می‌کنیم. برای دامنه باید مقیاس طوری انتخاب شود که قله تا قله موج در تعداد خانه‌های عمودی به درستی ترسیم شود. مثلاً هر خانه عمودی را معادل ۲ ولت در نظر می‌گیریم. تعداد خانه‌های عمودی برای رسم قله تا قله موج خانه ۴ می‌شود، لذا قله تا قله موج را در ۴ خانه عمودی رسم می‌کنیم، شکل ۲۴.

## رابطه‌های مورد استفاده برای محاسبه مقاومت، جریان، ولتاژ و توان



شکل ۲۵

رابطه‌های مورد استفاده برای محاسبه مقاومت، جریان، ولتاژ و توان در شکل ۲۵ ارائه شده است. در هر ربع مختصات، رابطه‌های مربوط به محاسبه یکی از کمیت‌های ولتاژ، جریان، مقاومت و توان آورده شده است. در صورت نیازی می‌توانید در حل مسائل از آن‌ها استفاده کنید و آن‌ها را بخاطر بسپارید.

## مدارهای جریان متناوب

**خود القایی از نقطه نظر انرژی :** مدارهای جریان متناوب شامل عناصری مانند مقاومت، سلف و خازن یا ترکیبی از این عناصر است، گروهی از عناصر مانند مقاومت، توان را بصورت حرارت تلف می‌کنند. گروه دیگر مانند سلف (سیم پیچ) و خازن توان الکتریکی را بصورت انرژی ذخیره می‌کنند. در سلف وقتی جریان مدار زیاد می‌شود انرژی گرفته شده از منبع در سلف به صورت میدان مغناطیسی در اطراف آن ذخیره می‌شود (شکل ۲۶). وقتی که افزایش جریان متوقف می‌شود میدان مغناطیسی ثابت باقی می‌ماند و مبادله انرژی از مدار به سلف قطع می‌شود. تا هنگامی که جریان شروع به کم شدن نکرده است انرژی ذخیره شده در سلف به مولد باز نمی‌گردد. انرژی ذخیره شده در سلف توان غیرفعال یا توان راکتیو (Reactive) نام دارد. هنگامی که جریان شروع به کم شدن می‌کند، میدان مغناطیسی نیز شروع به کم شدن می‌کند و انرژی ذخیره شده در خود را به مدار باز می‌گرداند. شکل ۲۷ بازگشت انرژی را به مدار نشان می‌دهد.



شکل ۲۷ - بازگشت انرژی به مدار



شکل ۲۶ - ذخیره انرژی در سیم پیچ



**خازن از نقطه نظر مصرف انرژی:** اگر خازن به جریان متناوب متصل شود، چون جهت ولتاژ دو سر خازن در جریان متناوب تغییر می‌کند، خازن نیز مشابه سلف به‌طور دائم در حال تبادل انرژی خواهد بود. انرژی ذخیره شده در یک خازن به صورت ذخیره بارهای الکترواستاتیکی در سطح صفحات آن صورت می‌گیرد (شکل ۲۸). خازن در لحظاتی که ولتاژ دو سر آن در حال افزایش است یعنی، در شرایط دریافت و ذخیره سازی انرژی قرار دارد. هنگامی که ولتاژ خازن شروع به کاهش کند بارهای الکترواستاتیکی شروع به کم شدن کرده و انرژی ذخیره شده مطابق شکل ۲۹ به مدار باز می‌گردد.



شکل ۲۹ - بازگشت انرژی به مدار



شکل ۲۸ - ذخیره انرژی در خازن

**طراحی سؤال:** با توجه به الگوی پرسش مربوط به رابطه ضریب خودالقایی سیم‌پیچ بوبین، سؤالات دیگری را طراحی و به کمک هم‌کلاسی‌های خود حل کنید.

سیم‌های مورد استفاده در بوبین‌پیچی، ترانس پیچی و موتورپیچی به سیم لاکی معروف‌اند، این سیم بر اساس قطر و بر حسب میلی‌متر استاندارد می‌شوند. مثلاً منظور از سیم ۰/۶۰ یعنی سیمی که قطر آن ۰/۶۰ mm است. این عدد، قطر سیم بدون لاک است. بر روی سیم‌های لاکی، لایه نازکی از لاک مخصوص به عنوان عایق قرار دارد. بنابراین برای اندازه‌گیری قطر سیم لاکی باید این لایه لاک از روی سیم برداشته شود. رابطه بین قطر و سطح مقطع سیم‌ها با مقطع گرد به صورت زیر و از رابطه مساحت دایره محاسبه می‌شود.

■ در این رابطه  $d$  قطر سیم و  $A$  سطح مقطع سیم است.

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

بنابراین با داشتن قطر سیم می‌توان سطح مقطع سیم را بدست آورد.

**مثال:** اگر سیمی دارای قطر ۱/۳۸۲ میلی‌متر باشد سطح مقطع آن چند  $\text{mm}^2$  است؟

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3/14 \times 1/382^2}{4} = 1/5 \text{ mm}^2$$

## علامت مربوط به انواع سیم‌های مورد استفاده در سیم‌کشی ساختمان (داخل لوله)

M: سیم مقاوم در برابر رطوبت (سیم کولر آبی)،  
 T: سیم کواکسیال یا سیم آنتن و سیم رابط دستگاه‌های تصویری،  
 Y: سیم مدارات خبری (به تنهایی بیان می‌شود).  
 O: فاقد سیم محافظ یا سیم ارت،  
 J: دارای سیم محافظ به رنگ سبز و زرد،  
 MH: کابل چند رشته‌ای باهادی افشان (قابل انعطاف).  
 T: یک کابل دو سیمه که از یک رشته سیم داخلی یا مرکزی با عایق PVC و یک سیم مسی که بر روی عایق سیم مرکزی بافته شده است.

### نکته

علائم ذکر شده در بالا را به خاطر نسپارید (حفظ نکنید). در صورت نیاز باید بتوانید با مراجعه به منابع مختلف آنها را شناسایی کنید و مورد استفاده قرار دهید.

## روابط مربوط به محاسبه قطر سیم

■ با توجه به جدول ۵ متناسب با توان مورد نظر چگالی جریان انتخاب می‌شود.

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = 1/13 \sqrt{\frac{I}{J}} \quad A = \frac{I}{J}$$

A: سطح مقطع سیم برحسب میلی‌متر مربع

I: جریان عبوری از سیم بر حسب آمپر

J: چگالی جریان بر حسب  $\frac{\text{آمپر}}{\text{میلی متر مربع}}$

## جدول کامل مشخصات سیم‌های لاک

جدول ۵- مشخصات توان و چگالی جریان

P (V.A)	J ( $\frac{\text{آمپر}}{\text{میلی متر مربع}}$ )
۰-۵۰	۴
۵۰-۱۰۰	۳/۵
۱۰۰-۲۰۰	۳
۲۰۰-۵۰۰	۲/۵

در جدول ۶ تعداد شش ستون وجود دارد که ستون اول از سمت چپ قطر سیم بدون لاک و در ستون دوم از سمت چپ قطر سیم با لاک داده شده است. معمولاً در ظاهر به نظر می‌رسد که سیم لاک‌ی بدون روکش است، ولی یک لایه بسیار نازک از ماده‌ای بنام شارلاک روی آن پوشیده شده است، شکل ۳۰.



در ستون سوم از سمت چپ سطح مقطع سیم بدون روپوش (لاک) آمده است، ستون چهارم از سمت چپ وزن سیم بر حسب گرم به ازاء هر متر و ستون پنجم از سمت چپ مقاومت سیم بر حسب اهم برای یک متر داده شده است. آخرین ستون تعداد دور یعنی تعداد مقطع سیمی که در یک سانتی متر مربع جای می گیرد را به ما می دهد.

#### جدول ۶- مشخصات سیم های لاک

تعداد دور در هر cm <sup>۱</sup>	مقاومت سیم Ω/m	وزن سیم gr/m	سطح مقطع سیم mm <sup>۲</sup>	قطر سیم با لاک mm	قطر سیم mm
۵۸۰	۰/۱۸۲۴	۰/۸۹۰	۰/۰۹۶	۰/۳۸	۰/۳۵
۵۲۰	۰/۱۶۳۲	۰/۹۹۴	۰/۱۰۸	۰/۴۰	۰/۳۷
۴۵۰	۰/۱۳۹۶	۱/۱۶۰	۰/۱۲۶	۰/۴۳	۰/۴۰
۳۷۰	۰/۱۱۰۳	۱/۴۸۰	۰/۱۵۹	۰/۴۸	۰/۴۵
۳۰۰	۰/۰۸۹۴	۱/۸۳۰	۰/۱۹۶	۰/۵۴	۰/۵۰
۲۵۰	۰/۰۷۳۸	۲/۲۰۰	۰/۲۳۸	۰/۵۹	۰/۵۵
۲۱۰	۰/۰۶۲۱	۲/۶۲	۰/۲۸۳	۰/۶۴	۰/۶۰
۱۸۰	۰/۰۵۵۲۶	۲/۹۷	۰/۳۳۴	۰/۶۹	۰/۶۵
۱۶۰	۰/۰۴۵۵	۳/۴۳	۰/۳۸۵	۰/۷۴	۰/۷۰
۱۴۰	۰/۰۳۹۵	۳/۹۵	۰/۴۴۴	۰/۸۴	۰/۷۵
۱۲۰	۰/۰۳۴۸	۴/۴۸	۰/۵۰۴	۰/۸۹	۰/۸۰
۱۱۰	۰/۰۳۰۹	۵/۰۵	۰/۵۶۸	۰/۹۴	۰/۸۵
۱۰۰	۰/۰۲۷۵	۵/۶۶	۰/۶۳۶	۰/۹۹	۰/۹۰
۹۰	۰/۰۲۴۷	۶/۳۱	۰/۷۰۹	۱/۰۶	۰/۹۵
۸۱	۰/۰۲۲۳	۷/۰۰	۰/۷۸۶	۱/۱۶	۱/۰۰
۷۵	۰/۰۱۸۵	۸/۴۶	۰/۹۵۰	۱/۲۶	۱/۱۰
۵۶	۰/۰۱۵۵	۱۰/۰۹	۱/۱۳۱	۱/۳۶	۱/۲۰
۴۸	۰/۰۱۳۲	۱۱/۸	۱/۳۲۷	۱/۴۶	۱/۳۰
۴۰	۰/۰۱۱۴	۱۳/۷	۱/۵۳۹	۱/۵۶	۱/۴۰
۳۳	۰/۰۰۹۹	۱۵/۷۵	۱/۷۷۰	۱/۶۶	۱/۵۰
۲۵	۰/۰۰۸۸	۱۷/۹	۲/۰۱۱	۱/۷۶	۱/۶۰
۲۰	۰/۰۰۷۷	۲۰/۲	۲/۲۷۰	۱/۷۶	۱/۷۰
۱۷	۰/۰۰۶۹	۲۲/۶	۲/۵۴۵	۱/۸۶	۱/۸۰
۱۵	۰/۰۰۶۲	۲۵/۲	۲/۸۳۵	۱/۹۶	۱/۹۰
۱۲	۰/۰۰۵۶	۲۸/۰۰	۳/۱۴۲	۲/۰۷	۲
۷	۰/۰۰۳۶	۴۳/۷	۴/۹۰۸	۲/۵۷	۲/۵
-	۰/۰۰۲۵	۶۲/۹	۷/۰۷۹	۳/۰۸	۳

جدول ۷- مشخصات سیم‌های لاک‌ی

تعداد دور در هر cm'	مقاومت سیم $\Omega/m$	وزن سیم gr/m	سطح مقطع سیم mm'	قطر سیم با لاک mm	قطر سیم mm
۲۰۰۰۰	۸/۹۴	۰/۰۱۹	۰/۰۰۲	۰/۰۶۲	۰/۰۵
۱۵۰۰۰	۶/۲۱	۰/۰۲۷	۰/۰۰۲۸	۰/۰۷۵	۰/۰۶
۱۱۰۰۰	۴/۵۶	۰/۰۳۷	۰/۰۰۳۹	۰/۰۸۵	۰/۰۷
۹۰۰۰	۳/۴۹	۰/۰۴۸	۰/۰۰۵۰	۰/۰۹۵	۰/۰۸
۷۰۰۰	۲/۷۶	۰/۰۶۰	۰/۰۰۶۴	۰/۱۰۸	۰/۰۹
۶۰۰۰	۲/۲۳	۰/۰۷۴	۰/۰۰۷۹	۰/۱۱۵	۰/۱۰
۵۰۰۰	۱/۸۴	۰/۰۸۵	۰/۰۰۹۵	۰/۱۳	۰/۱۱
۴۰۰۰	۱/۵۵	۰/۱۰۵	۰/۰۱۱۵	۰/۱۴	۰/۱۲
۳۶۰۰	۱/۳۲	۰/۱۲۰	۰/۰۱۳۳	۰/۱۵	۰/۱۳
۳۲۰۰	۱/۱۴	۰/۱۴۳	۰/۰۱۵۴	۰/۱۶	۰/۱۴
۲۸۰۰	۰/۹۹	۰/۱۶۴	۰/۰۱۷۷	۰/۱۷	۰/۱۵
۲۵۰۰	۰/۸۷	۰/۱۸۴	۰/۰۲۱۱	۰/۱۸	۰/۱۶
۲۲۵۰	۰/۷۷۳	۰/۲۱۰	۰/۰۲۲۷	۰/۱۹	۰/۱۷
۲۰۰۰	۰/۶۸۹	۰/۲۳۵	۰/۰۲۵۴	۰/۲۰	۰/۱۸
۱۸۰۰	۰/۶۱۹	۰/۲۶۰	۰/۰۲۸۴	۰/۲۱	۰/۱۹
۱۶۵۰	۰/۵۵۷	۰/۲۸۹	۰/۰۳۱۴	۰/۲۲	۰/۲۰
۱۵۰۰	۰/۵۰۷	۰/۳۳۰	۰/۰۳۴۶	۰/۲۳	۰/۲۱
۱۴۰۰	۰/۴۶۰	۰/۲۴	۰/۰۳۸	۰/۲۴	۰/۲۲
۱۳۰۰	۰/۴۲۲	۰/۳۵۰	۰/۰۴۲	۰/۲۵	۰/۲۳
۱۲۰۰	۰/۳۸۸	۰/۳۹۰	۰/۰۴۵	۰/۲۶	۰/۲۴
۱۱۰۰	۰/۳۵۷	۰/۴۲۵	۰/۰۴۹	۰/۲۷	۰/۲۵
۱۰۲۰	۰/۳۳۰	۰/۴۶۰	۰/۰۵۳	۰/۲۸۵	۰/۲۶
۹۵۰	۰/۳۰۶	۰/۴۹۵	۰/۰۵۷	۰/۲۹۵	۰/۲۷
۸۷۰	۰/۲۸۵	۰/۵۳۳	۰/۰۶۲	۰/۳۰۵	۰/۲۸
۸۰۰	۰/۲۶۶	۰/۶۱۲	۰/۰۶۶	۰/۳۱۵	۰/۲۹
۷۷۰	۰/۲۴۸	۰/۶۴۵	۰/۰۷۱	۰/۳۳	۰/۳۰
۶۹۰	۰/۲۱۸	۰/۷۴۰	۰/۰۸۰	۰/۳۵	۰/۳