

### اجزای ساده‌ی مدار (C-L-R)

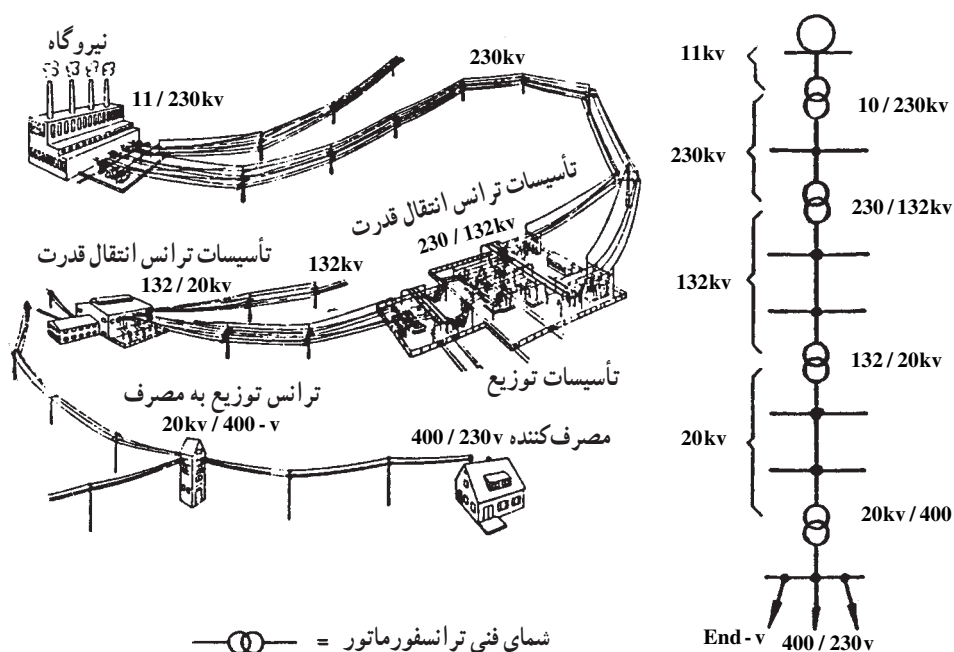
هدف‌های رفتاری: پس از پایان این درس از فراگیر انتظار می‌رود :

- ۱- حوزه‌ی عمل مدارهای قدرت و مدارهای الکترونیکی را شرح دهد.
- ۲- اجزای ساده‌ی مدارهای الکتریکی را نام ببرد.
- ۳- مقاومت را تعریف کند.
- ۴- مقاومت‌های استاندارد را نام ببرد.
- ۵- مقاومت‌های دقیق را شرح دهد.
- ۶- مقاومت وابسته به حرارت را شرح دهد و انواع آن را نام ببرد.
- ۷- مقاومت‌های وابسته به ولتاژ را تعریف کند.
- ۸- مقاومت‌های وابسته به نور را تعریف کند.
- ۹- مقاومت‌های وابسته به میدان را تعریف کند.
- ۱۰- سلف را تعریف کند و اجزای آن را نام ببرد.
- ۱۱- خازن را تعریف کند.
- ۱۲- انواع خازن‌ها را نام ببرد.
- ۱۳- انواع دی‌الکتریک خازن‌ها را نام ببرد.
- ۱۴- خازن‌های خشک را توضیح دهد.
- ۱۵- خازن‌های فرکانس بالا را شرح دهد.
- ۱۶- مشخصات خازن‌های الکترولیتی را شرح دهد.
- ۱۷- خازن‌های تانتالیوم را شرح دهد.
- ۱۸- چگونگی ثبت مشخصات خازن‌ها روی بدنه‌ی آن‌ها را توضیح دهد.

## مقدمه

مسکونی با ولتاژهای بالا ( $220V - 380V$ ) یا در حد کیلوولت (KV) کار می کنند و بدنه و قطعات به کار رفته در آن ها از ظرفیت چندانی برخوردار نیست. اغلب این وسایل به «وسایل قدرتی» یا «الکتروتکنیکی» مشهورند.

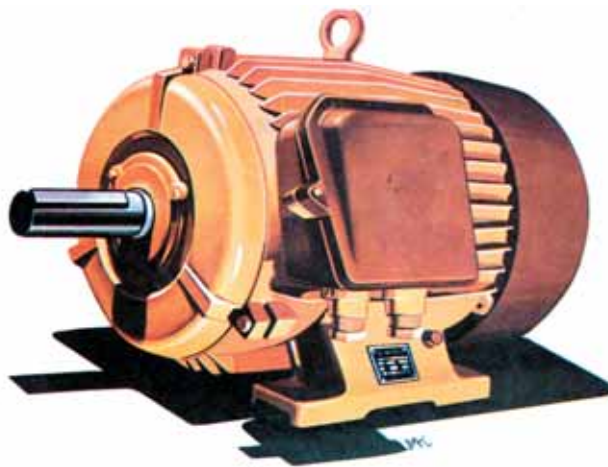
مجموعه ی وسایل الکتریکی ای که در زندگی امروزه از آن ها استفاده می کنیم به دو گروه کلی تقسیم می شوند :  
گروه نخست، وسایلی هستند که در صنعت یا منازل



نقشه ی خطی شبکه ی برق رسانی و مراحل مختلف بین یک شبکه ی الکتریکی از تولید تا مصرف



تابلوی مدارات فرمان کنتاکتوری



موتور الکتریکی

شکل ۱-۱- حوزه ی کاری رشته ی الکتروتکنیک

ظریف هستند. این وسایل را «الکترونیکی» یا «دیجیتالی» می نامند.

گروه دوم وسایلی هستند که با ولتاژ پایین کار می کنند و اغلب این وسایل دارای حجمی کوچک یا متوسط و اجزای



مجموع صوتی کامل (ست set)



رایانه‌ی کیفی<sup>۱</sup>



تلویزیون رنگی

ویدئو

دوربین فیلمبرداری



تلفن الکترونیکی



پردازنده‌ی الکترونیکی



تلفن همراه



شکل ۱-۲ نمونه‌ای از وسایل الکترونیکی

<sup>۱</sup> - Laptop Computer

و مدارهای پردازش سیگنال<sup>۱</sup> برای تأمین اهداف موردنیاز در کنترل سرو کار دارد. الکترونیک قدرت را می‌توان به صورت «کاربرد نیمه‌هادی‌های خاص برای کنترل و تبدیل قدرت الکتريکی» تعريف کرد.

مبنای الکترونیک قدرت براساس کلیدزنی عناصر نیمه‌هادی قدرت است. الکترونیک کاربردی (قدرت) در جایگاه مهمی از تکنولوژی پیشرفته قرار گرفته است و هم‌اکنون در بخش عمده‌ای از تجهیزات قدرت بالا، هم‌چون دستگاه‌های کنترل گرما، کنترل نور، کنترل موتور، منابع تغذیه‌ی سیستم‌های محرک وسایل نقلیه و سیستم‌های فشار قوی جریان مستقیم (HVDC)<sup>۲</sup> کاربرد دارد که از آن جمله است: شارژکننده‌های باتری، دیمرها، مخلوط‌کن‌ها، جرثقیل و بالابرها، کنترل موتورها، کنترل قطار و محرک ژنراتورها.

در شکل ۱-۳ نمای داخلی یک کارخانه نشان داده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، در این واحد از وسایل مختلف (الکتروتکنیکی و الکترونیکی) استفاده شده است.

از صنعت برق در وسایل الکتريکی گوناگون به شکل‌های مختلف استفاده می‌شود. شاید تفکیک این دو گروه بسیار دشوار باشد. برای مثال اگر تابلوی مدار راه‌اندازی موتورهای dc را بررسی کنیم (مخصوصاً در قدرت‌های زیاد) درمی‌یابیم که در این تابلوها فقط قطعات و وسایل راه‌اندازی الکترونیکی یا الکتروتکنیکی به تنهایی موجود نیست بلکه ترکیبی از این دو وسایل در آن به کار رفته است. به همین دلیل فراگیری علمی که ترکیبی از آن دو باشد در وضعیت کنونی برای هر فرد متخصص برق ضروری است.

امروزه گرایشی به نام «الکترونیک کاربردی» یا «الکترونیک صنعتی (قدرت)» مطرح گردیده که مطالب بیان شده در آن دربرگیرنده‌ی قطعات الکترونیکی و کنترلی با توان بالاست.

به عبارت دیگر، الکترونیک کاربردی تلفیقی از گرایش قدرت، الکترونیک و کنترل است. بخش «قدرت» به تجهیزات قدرتی ساکن و گردان برای تولید، انتقال و توزیع برق مربوط می‌شود و بخش الکترونیک (فرمان) با عناصری مانند نیمه‌هادی‌ها



شکل ۱-۳- نمای داخلی کارخانه تولید شیشه



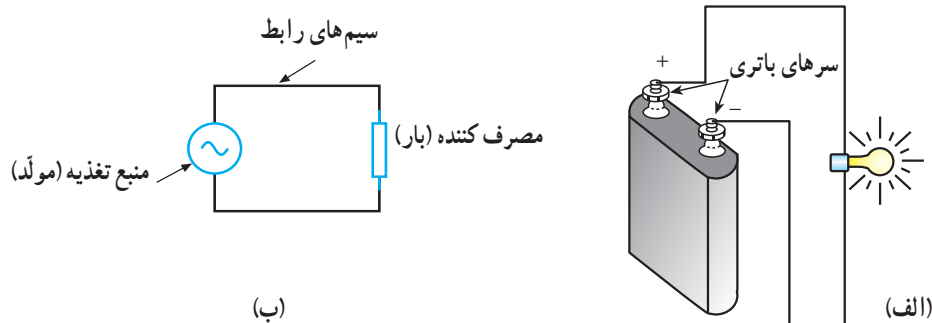
در درس‌های تخصصی سال دوم با مفاهیم و تعاریف خاصی آشنا شده‌اید که در این جا به منظور یادآوری و بهره‌گیری از آن‌ها در مباحث جدید از آن مفاهیم و تعاریف یاد می‌کنیم.

## ۱-۱- مدار الکتریکی

مسیر کاملی را که برای عبور جریان الکتریکی وجود دارد «مدار الکتریکی» گویند. هر وسیله‌ی الکتریکی برای این که بتواند کار کند ضروری است تا جریان الکتریکی از یک قطب تولید کننده

(منبع) فرستاده شود و پس از عبور از وسیله‌ی مورد نظر و انجام کار به قطب دیگر مولد باز گردد. هر مدار الکتریکی از اجزای اصلی تشکیل شده است که عبارت‌اند از:

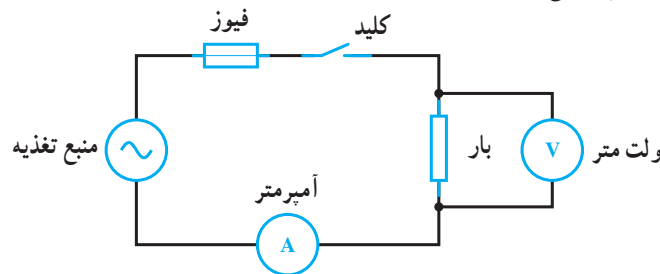
- ۱- منبع تغذیه (باتری - ژنراتور)، ۲- سیم‌های رابط، ۳- مصرف کننده (بار)¹.
- در شکل ۱-۴ یک مدار الکتریکی کامل رسم شده است.



شکل ۱-۴- مدار الکتریکی کامل (بسته)

با توجه به توضیح می‌توان چنین نتیجه گرفت که در مدارهای الکتریکی اجزای دیگری هم چون کلید، فیوز و وسایل اندازه‌گیری به کار می‌روند که جزء عناصر اصلی یک مدار به حساب

نمی‌آیند. در شکل ۱-۵ اجزای اصلی یک مدار الکتریکی به همراه اجزای فرعی آن نشان داده شده است.





شکل ۱-۵

مصرف کننده (بار) وسیله‌ای است که انرژی الکتریکی را به انرژی دیگر تبدیل می‌کند، مانند: لامپ که انرژی الکتریکی را تبدیل به انرژی نورانی و یا موتور الکتریکی که انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کند. میزان توانایی انجام کار در مصرف کننده‌های الکتریکی را

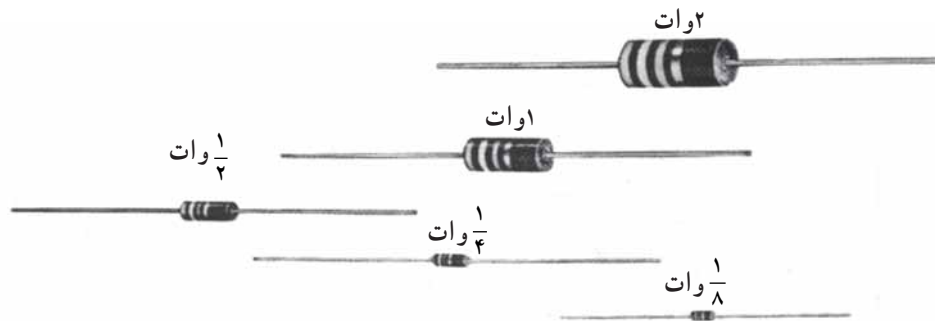
برحسب توان آن‌ها می‌سنجند. از جمله عواملی که در مقدار توان این مصرف کننده‌ها نقش دارد، مقدار مقاومت داخلی و نوع آن (اهمی R، سلفی XL و خازنی XC) است که در این جا هریک از آن‌ها را معرفی می‌کنیم.

## ۱-۲- مقاومت الکتریکی (R)

مقاومت، عنصر یا قطعه‌ای الکتریکی است که سبب محدود شدن شدت جریان تولیدشده در مدارات الکتریکی می‌شود. به عبارت دیگر، مقاومت با عبور جریان مخالفت می‌کند. واحد مقاومت اهم ( $\Omega$ ) است و آنرا با حرف R نشان می‌دهند. مقاومت دارای انواع مختلف با ویژگی‌های خاص است که به طور جداگانه تشریح خواهد شد. علامت اختصاری مقاومت به صورت:  یا  است.

## ۱-۳- مشخصات مهم مقاومت‌ها

۱- مقدار اهمی مقاومت: مهم‌ترین مشخصه‌ی یک



شکل ۱-۶

دستگاه‌های تولید مقاومت دارد. میزان درصد تolerانس معرف حدّ پایینی و حدّ بالایی مقدار مقاومت است؛ برای مثال اگر یک مقاومت  $100\Omega$  دارای تolerانس  $\pm 1\%$  باشد دارای مقداری بین  $90$  تا  $110$  اهم است که  $90\Omega$  را «حدّ پایینی» و  $110\Omega$  را «حدّ بالایی» گویند. مقدار تolerانس در مقاومت‌ها به صورت عدد بر روی مقاومت نوشته شده یا در مقاومت‌هایی با کد رنگی به وسیله‌ی رنگ بیان می‌شود. مقاومت‌ها را بر حسب مقدار تolerانس به چهار دسته تقسیم می‌نمایند:

مقدار این توان از رابطه‌ی  $P = \frac{U^2}{R} = R \cdot I^2$  به دست

می‌آید. برای بالابردن ضریب اطمینان بهتر است پس از محاسبه‌ی توان از مقاومت با توان مجاز بالاتر استفاده نمود.

۳- تolerانس: مقدار واقعی یک مقاومت در عمل با مقداری که به وسیله‌ی سازنده قید می‌شود اختلاف دارد. این اختلاف «تولرانس<sup>۲</sup>» یا «درصد خطا» نامیده می‌شود و آنرا بر حسب درصد بیان می‌کنند. میزان خطا بستگی به تکنولوژی ساخت و دقت

۱-  $R = \text{Resistor}$

۲- Tolerance

- |   |   |                                  |
|---|---|----------------------------------|
| ۱- مقاومت‌های معمولی (دارای تolerance ۵٪ تا ۲۰٪).<br>۲- مقاومت‌های نیمه‌دقیق (دارای تolerance ۱٪ تا ۵٪).<br>۳- مقاومت‌های دقیق (دارای تolerance ۰/۵٪ تا ۱٪).<br>۴- مقاومت‌های خیلی دقیق (دارای تolerance کمتر از ۰/۵٪). | } | انواع مقاومت‌ها از نظر tolerance |
|---|---|----------------------------------|

## ۴-۱- انواع مقاومت‌ها

مقاومت‌های الکتریکی را به این صورت می‌توان تقسیم‌بندی

نمود:



که مقدارشان همواره ثابت است.

**۴-۱-۵-۱- مقاومت‌های سیمی:** مقاومت سیمی<sup>۱</sup> از پیچیدن طول معینی سیم مقاومت‌دار از جنس آلیاژهای مختلف نیکل بر روی استوانه‌ای عایق از جنس سرامیک ساخته می‌شود. این مقاومت عموماً برای توان‌های بالا (۲ تا ۲۵۰ وات) ساخته می‌شود. این ویژگی خاص، آن‌ها را از سایر مقاومت‌ها متمایز می‌سازد؛ هم‌چنین انواع خاصی از مقاومت سیمی نیز برای مصارف tolerance پایین (تا حدود ۰/۵٪ به منظور مقاومت دقیق<sup>۲</sup>)

**توضیح:** در این تقسیم‌بندی از انواع مقاومت‌های ثابت، تنها به توضیحاتی درباره‌ی مقاومت‌های سیمی اکتفا شده و هم‌چنین از مجموعه‌ی مقاومت‌های متغیر، فقط مقاومت‌های وابسته بررسی شده است، زیرا در درس «مبانی برق» با سایر موارد آشنا شده‌اید.

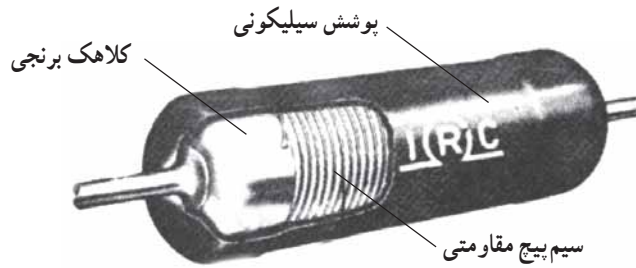
## ۵-۱- مقاومت‌های ثابت

مقاومت‌های ثابت به آن دسته از مقاومت‌ها گفته می‌شود

<sup>۱</sup> - Wire wound Resistor

<sup>۲</sup> - Precision wire wound Resistor

(با توان  $\frac{1}{4}$  تا ۲ وات) ساخته می‌شوند. در شکل ۷-۱ چند نمونه مقاومت سیمی دیده می‌شود.



شکل ۷-۱- چند نمونه مقاومت سیمی

امروزه با به کارگیری نیمه‌هادی‌ها و پایین آمدن ولتاژ کار مدارها، از این مقاومت‌ها کم‌تر استفاده می‌گردد. یکی از ویژگی‌های خوب مقاومت سیمی این است که به هنگام سوختن شعله‌ور نشده هم‌چنین پس از سوختن، کاملاً قطع می‌شود؛ به همین دلیل، در بسیاری از مدارها به عنوان مقاومت فیوزی<sup>۲</sup> استفاده می‌شود و به آن «مقاومت حفاظتی»<sup>۳</sup> نیز می‌گویند (شکل ۸-۱). زیرا این مقاومت‌ها در حالت عادی به صورت یک مقاومت معمولی عمل

مقاومت‌های سیمی توان ۲ وات به بالا عموماً در یک محفظه مانند سیمان با مقطع مربع - مستطیل شکل ساخته می‌شوند و به «مقاومت‌های آجری» معروفند. شکل خاص محفظه‌ی مقاومت‌های آجری این امکان را فراهم می‌آورد که برای خنک کردن آن‌ها را بر روی ورقه‌ی فلزی خنک‌کننده (رادیاتور)<sup>۱</sup> قرار داد. مقاومت‌های آجری در مدارهای صوتی و تصویری به منظور کاهش دهنده‌ی ولتاژ استفاده می‌شوند، اما



شکل ۸-۱- مقاومت آجری

۱- Heat sink

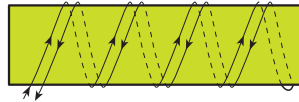
۲- Fusible Resistor

۳- Safety Resistor



می‌کنند و چنانچه جریان عبوری آن از حد معینی بیش‌تر شود مانند یک فیوز قطع می‌شوند.

مقاومت سیمی به سبب «سیم پیچ بودن» دارای خاصیت «اندوکتانس» (خودالقایی) بوده که این نوعی عیب برای آن محسوب می‌شود. خاصیت خودالقایی حاصل در فرکانس‌های بالا مشکل ایجاد می‌کند. البته در این گونه موارد توانسته‌اند با روش پیچیدن

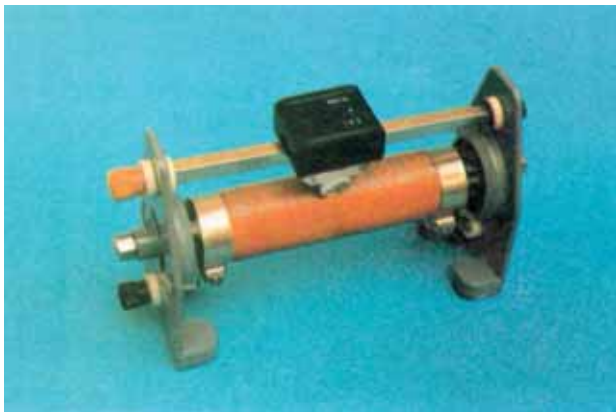


شکل ۹-۱- پیچیدن سیم به روش دولایی (بی‌فیلار)

سیم به صورت دولایی یا بی‌فیلار<sup>۱</sup> تا حد زیادی این مشکل را برطرف نمایند. در این روش سیم‌های رفت و برگشت در کنار هم قرار گرفته و عبور جریان‌های مساوی و مخالف هم تا حد زیادی خاصیت خودالقایی را کاهش می‌دهد. در شکل ۹-۱ پیچیدن سیم به روش بی‌فیلار، روی استوانه سرامیکی نشان داده شده است.

مقاومت‌های سیمی دارای انواع مختلفی هستند که اغلب براساس ساختمان داخلی آن‌ها نام‌گذاری شده‌اند که از جمله می‌توان مقاومت‌های سیمی با پوشش «آلومینیومی»، «سیلیکونی» و «سرامیکی» را نام برد. مقاومت‌های سیمی در قالب مقاومت‌های

متغیر نیز ساخته می‌شوند که در شکل ۱۰-۱ دو نمونه‌ی دیگر از آن نشان داده شده است. از مقاومت‌های سیمی در مدار تحریک مولدهای dc، در مدارات راه‌اندازی و کنترل سرعت موتورهای ac، کنترل جریان دیمرها و نظایر آن استفاده می‌شود.



ب- مقاومت سیمی متغیر (رئوستا)



الف - مقاومت سیمی متغیر

شکل ۱۰-۱

## ۱-۶- مقاومت‌های متغیر

مقاومت‌های متغیر به مقاومت‌هایی اطلاق می‌شود که مقدارشان ثابت نبوده و قابل تغییر می‌باشد.

### ۱-۶-۱- مقاومت‌های متغیر وابسته : به آن دسته از

مقاومت‌های متغیر «وابسته» گفته می‌شود که به وسیله‌ی عواملی از قبیل نور، حرارت، ولتاژ و... مقدار مقاومتشان تغییر کند. این مقاومت‌ها انواع مختلفی دارد که عبارت‌اند از :

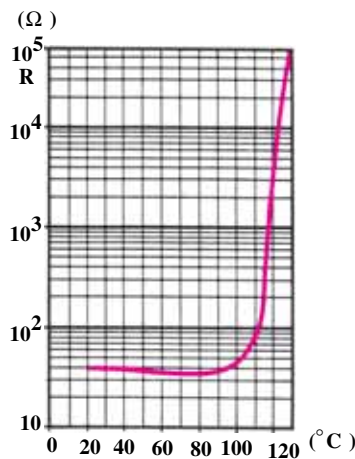
#### الف- مقاومت‌های تابع حرارت (ترمیستور)<sup>۱</sup>

مقدار اهم این مقاومت‌ها تابع حرارت است. یعنی، در اثر حرارت میزان مقاومتشان تغییر می‌کند. مقاومت‌های حرارتی را تحت عنوان «ترمیستور» می‌شناسیم. تغییرات در مقاومت به ضریب حرارتی آن که مثبت یا منفی باشد ( $\pm \alpha$ ) بستگی دارد. در این مقاومت‌ها تغییرات مقدار مقاومت نسبت به تغییرات دما خطی

نیست. از این مقاومت‌ها در مدارها به صورت حس‌کننده<sup>۲</sup> های حرارتی در مسیر دستگاه‌های الکتریکی نظیر موتورهای الکتریکی، کوره‌ها، سیستم‌های تهویه و تبرید استفاده می‌شود. به طور کلی ترمیستورها در مداراتی که دما را اندازه‌گیری یا کنترل می‌کنند به کار می‌روند و در دو نوع ساخته می‌شوند :

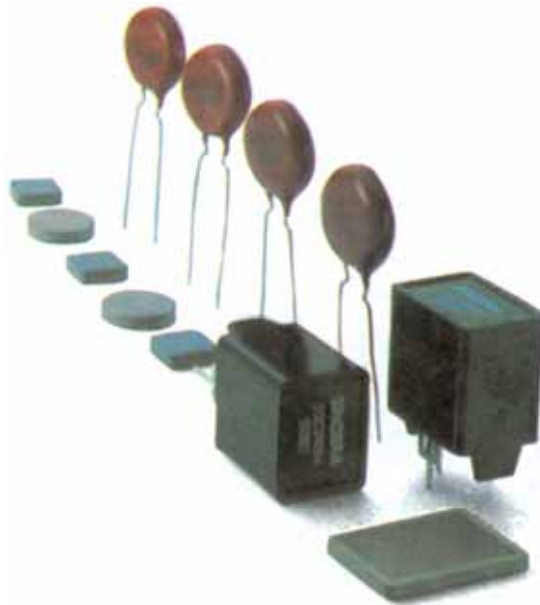
#### ۱- ترمیستور با ضریب حرارتی مثبت (PTC)<sup>۳</sup>:

PTC نوعی ترمیستور است که با افزایش دما مقدار مقاومت آن افزایش می‌یابد. مقدار اهم مقاومت‌های PTC را در دمای  $25^{\circ}\text{C}$  بیان می‌کنند. هم‌چنین علاوه بر این مقدار، دمایی را که در آن مقاومت PTC دوبرابر می‌شود، قید می‌کنند. به این دما «دمای سوئیچ» می‌گویند. منحنی تغییرات مقاومت نسبت به حرارت PTC به همراه تصویر چند نمونه از آن در شکل ۱-۱۱ نشان داده شده است.



منحنی مقاومت - حرارت یک ترمیستور PTC

(ب)



(الف)

شکل ۱-۱۱

#### ۲- ترمیستور با ضریب حرارتی منفی (NTC)<sup>۴</sup>:

NTC نوعی ترمیستور است که با افزایش دما مقدار مقاومتش کاهش می‌یابد. یعنی این نوع مقاومت‌ها دارای ضریب حرارتی

منفی هستند. در انتخاب مقاومت‌های NTC به ماکزیم قدرت مجاز مقاومت نیز باید توجه کرد. منحنی تغییرات مقاومت نسبت به تغییرات دما در NTC به صورت غیرخطی و نزولی است.

۱- Thermally sensitive resistor = THERMISTOR

۲- Sensor

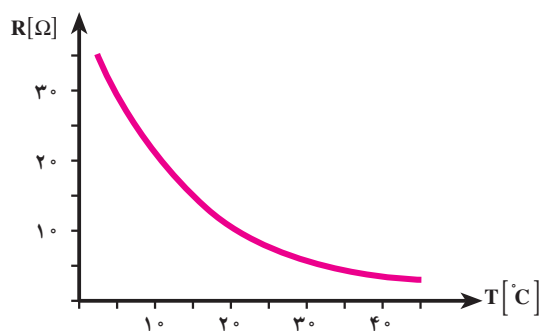
۳- PTC = Positive Temperature Coefficient

۴- NTC = Negative Temperature Coefficient

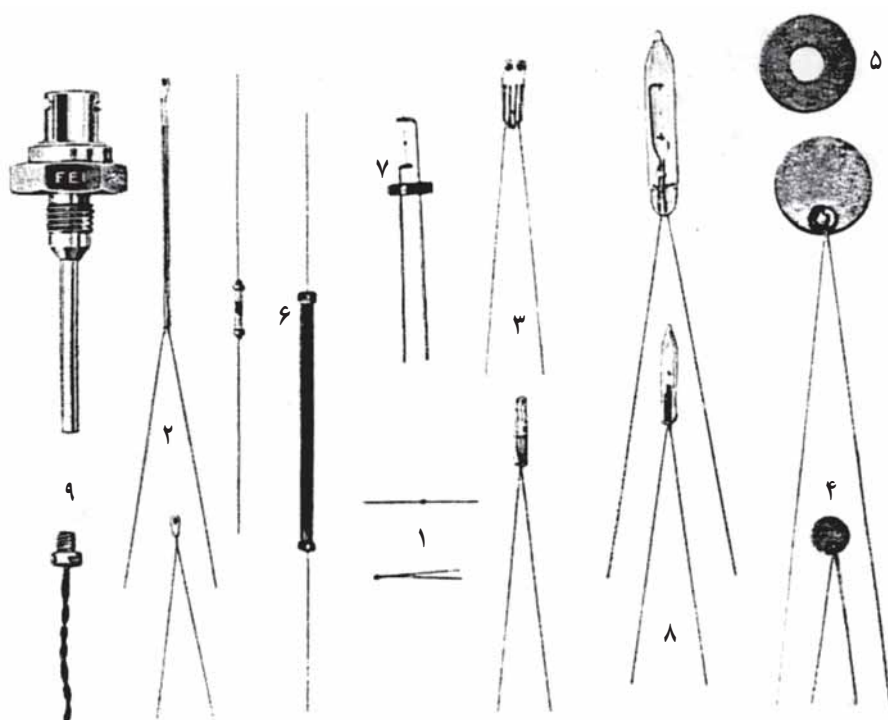
نشان داده شده است.

در شکل ۱-۱۲ منحنی مشخصه‌ی NTC و در شکل

۱-۱۳ چند نمونه مقاومت «NTC» همراه علامت اختصاری آن



شکل ۱-۱۲



- ۱- نوع مهره‌ای
- ۲- پایه‌ی شیشه‌ای
- ۳- دارای مهره و پایه‌ی قابل تعویض
- ۴- نوع دیسکی
- ۵- نوع واشری
- ۶- نوع میله‌ای
- ۷- نوع گازی
- ۸- نوع شیشه‌ای (گاز - خلاء)
- ۹- نوع مخصوص

(الف)



(ب)



شکل ۱-۱۳- تصاویر ترمیستورهای عمومی NTC

دارای مقاومت خیلی زیاد (درحد مگا اهم) و در روشنی دارای مقاومت کم (درحد کیلو یا اهم) است. مقاومت‌های LDR را «فتورزیستور» هم می‌نامند. برای این که نور روی عنصر مقاومتی

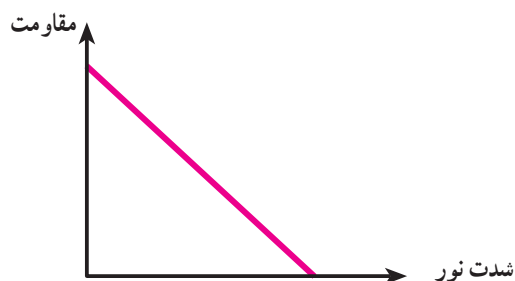
ب- مقاومت‌های تابع نور (LDR):

مقدار مقاومت تابع نور (LDR) تابع تغییرات شدت نور تابیده شده به سطح آن است. مقاومت تابع نور در فضای تاریک

۱- علامت اختصاری PTC مشابه علامت اختصاری NTC است با این تفاوت که فقط به جای - علامت + گذاشته می‌شود.

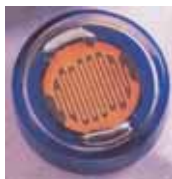
۲- LDR = Light Dependent Resistor

علامت اختصاری و در شکل ۱۵-۱ منحنی تغییرات مقاومت نسبت به نور نشان داده شده است.



شکل ۱۵-۱

فتورزیستور اثر گذارد معمولاً سطح ظاهری آن را با شیشه یا پلاستیک شفاف می پوشانند. در شکل ۱۴-۱ نمای ظاهری و



شکل ۱۴-۱ نمای ظاهری و علامت اختصاری یک فتورزیستور

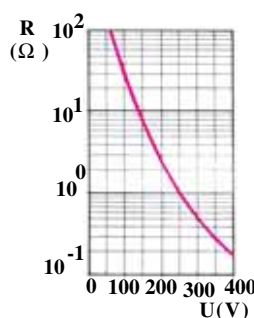
یکسانی در مدار وجود داشته باشد. مقاومت VDR را تحت عنوان «واریستور»<sup>۲</sup> نیز می شناسند. مقدار اهم این مقاومت ها با ولتاژ رابطی معکوس دارد؛ یعنی با افزایش ولتاژ مقدار اهم آن ها کاهش می یابد. شکل ظاهری چند واریستور به همراه منحنی مشخصه ی تغییرات مقاومت نسبت به ولتاژ آن ها در شکل ۱۶-۱ نشان داده شده است.



از این مقاومت در مدارات الکترونیکی به عنوان تشخیص دهنده ی نور (نورسنج) استفاده می شود. از جمله کاربردهای این مقاومت استفاده ی آن در دوربین های عکاسی و کلیدهای نوری و چشم های الکترونیکی است.

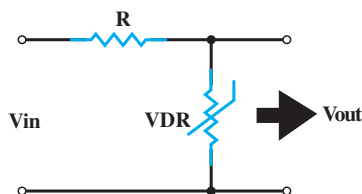
#### مقاومت های تابع ولتاژ (VDR):<sup>۱</sup>

مقاومت های تابع ولتاژ (VDR) مقاومت هایی هستند که متناسب با تغییر ولتاژ مقاومت آن ها تغییر می کند تا همواره ولتاژ



شکل ۱۶-۱ منحنی مقاومت - ولتاژ یک واریستور و نمای ظاهری چند واریستور مختلف

را زیاد می کند. زیاد شدن جریان، باعث افزایش افت ولتاژ دوسر مقاومت R می شود، به این ترتیب ولتاژ اضافی ورودی در دوسر R ظاهر می شود و  $V_{out}$  را ثابت نگه می دارد.



شکل ۱۷-۱ رگولاتور ولتاژ

واریستورها به پلارینه ولتاژ اعمال شده وابسته نیستند که این خود مزیتی برای این نوع مقاومت ها محسوب می شود، زیرا برای استفاده در مدارات AC بسیار مناسب هستند. از جمله کاربردهای این مقاومت عبارت اند از:

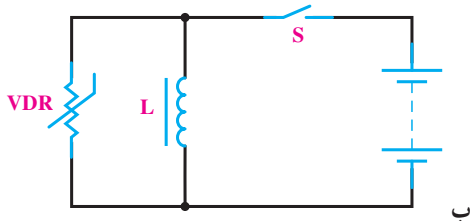
الف - تثبیت کننده های ولتاژ (شکل ۱۷-۱).

در مدار شکل ۱۷-۱ با تغییر ولتاژ ورودی، ولتاژ خروجی ( $V_{out}$ ) ثابت می ماند زیرا به عنوان مثال اگر ولتاژ ورودی افزایش یابد، مقاومت VDR کم می شود و جریان عبوری از مدار

<sup>۱</sup> VDR = Voltage Dependent Resistor

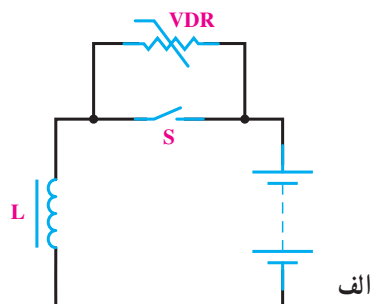
<sup>۲</sup> VARISTOR

می‌شود. این ولتاژ مقدار اهم VDR را کم می‌کند و مدار از طریق VDR بسته می‌شود و کلید را در مقابل ولتاژ القایی سلف حفاظت می‌کند.



ب- حفاظت مدارها در مقابل اضافه ولتاژها در اثر قطع و وصل کلید.

طبق شکل ۱۸-۱ در هنگام قطع یا وصل کلید، جریان مدار تغییر می‌کند و ولتاژ القایی زیادی توسط سیم‌پیچ ایجاد



شکل ۱۸-۱- حفاظت کلید از ولتاژ القایی سلف با استفاده از واریستور

همان‌گونه که گفته شد مقدار مقاومت و تلرانس از جمله عوامل مهم انتخاب مقاومت هستند. درصد تلرانس سبب به وجود آمدن محدوده‌ای برای مقاومت می‌شود؛ برای مثال مقاومت ۱ کیلو اهمی با تلرانس ۱۰٪ می‌تواند از مقدار  $900\Omega$  تا  $1100\Omega$  داشته باشد و در واقع محدوده‌ای را می‌پوشاند. با در نظر گرفتن این مطلب می‌توان گفت: مقاومت‌هایی که در ردیف قبل و بعد از این قرار می‌گیرند طوری تلرانس برای آن‌ها محاسبه و در نظر گرفته می‌شود که محدوده‌ی مقدار مقاومت‌های دیگر را نپوشانند؛ یعنی برای مثال یاد شده مقاومت قبلی نمی‌تواند بیش‌تر از  $900\Omega$  و مقاومت بعد از آن نیز نمی‌تواند از  $1100\Omega$  کم‌تر باشد.

بنابراین با توجه به میزان تلرانس مقاومت‌ها، سری‌های استاندارد مختلفی موجود است. در این جا سه سری استاندارد مقاومتی آمده است:

سری E<sub>6</sub> - این سری دارای ۶ قسمت و تلرانس مقاومت‌های آن ۲۰ درصد است.

سری E<sub>۱۲</sub> - این سری دارای ۱۲ قسمت و تلرانس مقاومت‌های آن ۱۰ درصد است.

سری E<sub>۲۴</sub> - این سری دارای ۲۴ قسمت و تلرانس مقاومت‌های آن ۵ درصد است.

### مقاومت‌های تابع میدان مغناطیسی (MDR)<sup>۱</sup>:

مقاومت‌های تابع میدان (MDR) به مقاومت‌هایی گفته می‌شود که به سبب اثر میدان مغناطیسی بر آن‌ها مقدار اهمشان تغییر می‌کند. در ساخت این مقاومت‌ها از نیمه‌هادی‌هایی استفاده شده که دارای ضریب حرارتی منفی هستند؛ به همین دلیل، در صورت افزایش دما مقدار مقاومت آن‌ها کاهش می‌یابد.

### ۱-۷- استانداردهای مقاومت

قطعات تولیدی کارخانجات مختلف ممکن است در نقاط مختلف جهان استفاده شود؛ از این رو ضروری است که تمامی آن‌ها به منظور تولید قطعات خود از نظر مقدار و سایر مشخصات از روش‌ها و استانداردهای خاص پیروی کنند. معمول‌ترین آن «استاندارد اروپایی» است که با حرف (E)<sup>۲</sup> مشخص می‌شود. این استاندارد خود شامل سری‌های مختلفی به شرح زیر است:

E<sub>6</sub> ، E<sub>12</sub> ، E<sub>24</sub>

<sup>۱</sup>- MDR = MAGNETIC Dependent Resistor

<sup>۲</sup>- از کلمه‌ی «Europ» به معنی اروپایی گرفته شده است.



جدول ۱-۱ تقسیم‌بندی هر سری را نشان می‌دهد.

جدول ۱-۱- تقسیم‌بندی یک دهه برای سه سری استاندارد

۶/۸				۴/۷				۳/۳				۲/۲				۱/۵				۱/۰				سری E۶
۸/۲		۶/۸		۵/۶		۴/۷		۳/۹		۳/۳		۲/۷		۲/۲		۱/۸		۱/۵		۱/۲		۱/۰		سری E۱۲
۹/۱	۸/۲	۷/۵	۶/۸	۶/۲	۵/۶	۵/۱	۴/۷	۴/۳	۳/۹	۳/۶	۳/۳	۳/۰	۲/۷	۲/۴	۲/۲	۲	۱/۸	۱/۶	۱/۵	۱/۳	۱/۲	۱/۱	۱/۰	سری E۲۴

### ۱- تشخیص مقدار مقاومت با استفاده از نوارهای

رنگی: مقاومت‌های توان کم دارای ابعاد کوچک هستند؛ به همین دلیل مقدار مقاومت و تolerانس را به وسیله‌ی نوارهای رنگی مشخص می‌کنند که خود این روش به دو شکل صورت می‌گیرد:

الف - روش چهارنوازی ب - روش پنج‌نوازی.

روش چهارنوازی که معمول‌تر هم است برای تعیین مقاومت‌های با تolerانس ۲٪ به بالا استفاده می‌شود. در این روش از دو رنگ اول برای عدد، رنگ سوم برای ضریب و رنگ چهارم برای تolerانس استفاده می‌شود. چنانچه مقاومت، رنگ چهارم نداشته باشد بی‌رنگ محسوب شده و تolerانس آن را ۲۰٪ در نظر می‌گیریم. روش پنج‌نوازی نیز برای مقاومت‌های دقیق و خیلی دقیق (تولرانس کمتر از ۲٪) استفاده می‌شود.

در این روش سه رنگ اول معرف «عدد»، رنگ چهارم معرف «ضریب» و رنگ پنجم بیانگر «تولرانس» است. نوارهای رنگی مقاومت‌های چهار رنگ و پنج‌رنگ در شکل ۱-۱۹ نشان داده شده است.

هریک از سه سری شامل اعدادی هستند که به آن‌ها «اعداد

پایه» می‌گویند و با ضرب یا تقسیم اعداد هرسری در مضارب ۱۰ می‌توان مقادیر مختلفی از این سری‌ها را به دست آورد. برای مثال، با داشتن عدد پایه‌ی ۱/۵ می‌توان به مقاومت‌هایی که در این سری‌ها ساخته می‌شوند، ( $0.15\Omega$ ،  $0.15\Omega$ ،  $1.5\Omega$ ،  $15\Omega$ ،  $150\Omega$ ،  $1.5k\Omega$ ،  $15k\Omega$ ،  $150k\Omega$  و  $1.5M\Omega$ ) پی برد.

از سری‌های E۶ و E۱۲ و E۲۴ برای استاندارد نمودن ظرفیت خازن‌ها و ضریب خودالقایی سلف‌ها نیز استفاده می‌شود. البته سری‌های دیگری نیز هم چون E۴۸ و E۹۶ و E۱۹۲ وجود دارند.

### ۸-۱- تشخیص مقدار اهم مقاومت‌ها

مقدار اهم مقاومت‌ها به سه روش مشخص می‌شوند که

عبارت‌اند از:

۱- نوارهای رنگی، ۲- رمزهای عددی و ۳- نوشتن مقدار

مقاومت.

# کد رنگی براساس استاندارد IEC

تولانس	ضریب	عدد	عدد	تولانس	ضریب	عدد	عدد
نوار پنجم	نوار چهارم	نوار سوم	نوار دوم	نوار اول	نوار چهارم	نوار سوم	نوار دوم
سیاه	سیاه	سیاه	سیاه	سیاه	سیاه	سیاه	سیاه
قهوه‌ای $\pm 1\%$	قهوه‌ای	قهوه‌ای	قهوه‌ای	قهوه‌ای	قهوه‌ای	قهوه‌ای	قهوه‌ای
قرمز $\pm 2\%$	قرمز	قرمز	قرمز	قرمز	قرمز	قرمز	قرمز
نارنجی	نارنجی	نارنجی	نارنجی	نارنجی	نارنجی	نارنجی	نارنجی
زرد	زرد	زرد	زرد	زرد	زرد	زرد	زرد
سبز $\pm 0.5\%$	سبز	سبز	سبز	سبز	سبز	سبز	سبز
آبی $\pm 0.25\%$	آبی	آبی	آبی	آبی	آبی	آبی	آبی
بنفش $\pm 0.1\%$	بنفش	بنفش	بنفش	بنفش	بنفش	بنفش	بنفش
طلایی $\pm 5\%$	طلایی	طلایی	طلایی	طلایی	طلایی	طلایی	طلایی
نقره‌ای $\pm 10\%$	نقره‌ای	نقره‌ای	نقره‌ای	نقره‌ای	نقره‌ای	نقره‌ای	نقره‌ای
خاکستری	خاکستری	خاکستری	خاکستری	خاکستری	خاکستری	خاکستری	خاکستری
سفید	سفید	سفید	سفید	سفید	سفید	سفید	سفید

شکل ۱۹-۱

باید توجه نمود که رنگ نوار اول هرگز سیاه نیست و در ضمن اگر نوار رنگی معرف ضریب، طلایی باشد ضریب ۰/۱ و اگر نقره‌ای باشد ضریب ۰/۱ است.

مثال ۱: نوارهای رنگی مقاومتی، مطابق شکل روبه‌رو است، مقدار مقاومت و تولانس آن چه قدر است؟

$$\text{حل: } 56 \times 10^3 = 56K\Omega \pm 1\%$$

مثال ۲: اگر مقدار مقاومتی  $27K\Omega \pm 5\%$  باشد کدهای رنگی آن را مشخص کنید.

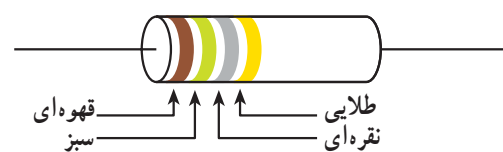
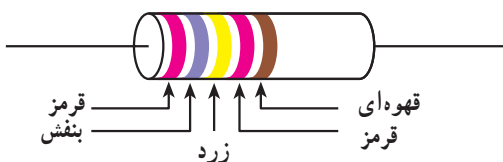
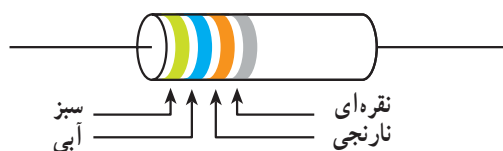
حل: با توجه به جدول نوارهای رنگی می‌توان نوشت: (طلایی - قرمز - قرمز - قرمز)

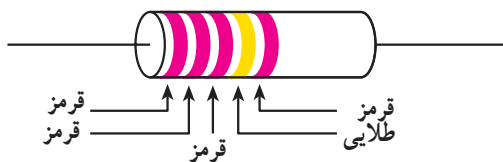
مثال ۳: مقدار مقاومت و درصد خطای شکل داده شده چقدر است؟

$$\text{حل: } 27400\Omega \pm 1\% = 27.4K\Omega \pm 1\%$$

مثال ۴: با توجه به جدول کدهای رنگی مقدار اهم و تولانس مقاومت را تعیین کنید:

$$\text{حل: } 15 \times 0.01 = 0.15 \pm 5\%$$





و درصد تolerانس مقاومت را بیان می کند. در جدول ۱-۲ و ۱-۳ معانی حروفی که برای ضریب و تolerانس به کار می روند بیان شده است.

جدول ۱-۳- معنی حرف تolerانس

حرف	B	C	D	F	G	H	J	K	M
تولرانس	±۰/۱٪	±۰/۲۵٪	±۰/۵٪	±۱٪	±۲٪	±۳٪	±۵٪	±۱۰٪	±۲۰٪

شده است مقدار اهم و تolerانس آن چه قدر است؟

حل:  $R = 2 / 2 M \Omega \pm 2\%$

مثال ۴: معنای حروف رمز مقاومت ۲۲KK چیست؟

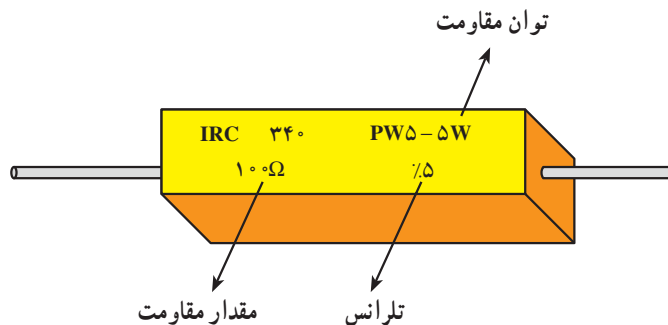
حل: K اول معرف  $K \Omega$

K دوم معرف  $\pm 10\%$  تolerانس

$R = 22 K \Omega \pm 10\%$

۳- تشخیص مقدار مقاومت با استفاده از مقدار

نوشته شده: در این روش مقدار مقاومت و تolerانس آن مستقیماً روی مقاومت نوشته می شود؛ مانند: مقاومت شکل ۱-۲۰.



شکل ۱-۲۰

تشکیل شده است.

الف - سیم پیچ: سیم پیچ از پیچیدن طول معینی از یک

سیم هادی با روکش عایق بر روی یک پایه ی عایق شکل می گیرد.

ب - هسته: قسمتی است که درون سیم پیچ قرار می گیرد

مثال ۵: مقدار اهم و تolerانس مقاومت پنج رنگ روبه رو را

تعیین کنید:

حل:  $222 \times 10^0 / 1 = 222 / 2 \Omega \pm 2\%$

۲- تشخیص مقدار مقاومت با استفاده از رمز

حروف: روش دیگری که برای نشان دادن مقدار مقاومت ها به کار می رود استفاده از حروف خاصی است که به صورت رمز، مقدار

جدول ۱-۲- معنی حرف ضریب

حرف	R یا E	K	M
ضریب	$\times 1$	$\times (10)^3$	$\times (10)^6$

در این روش حرف اول ضریب و حرف دوم تolerانس بوده،

چنانچه مقدار عددی دارای ممیز باشد از همان حروف به منظور ممیز استفاده می شود.

مثال ۱: مقدار و تolerانس مقاومتی که به صورت رمز بر روی

آن ۵R۶K نوشته شده چه قدر است؟

حل: با توجه به جدول داریم:  $R = 5 / 6 \Omega \pm 10\%$

مثال ۲: مقدار اهم و تolerانس مقاومتی که به صورت رمز

R۲۷F نشان داده شده را تعیین کنید:

حل:  $R = 27 \Omega \pm 1\%$

مثال ۳: بر روی مقاومتی به صورت رمز ۲M۲M نوشته

## ۱-۹- سلف

سلف یا سیم پیچ، سیم هادی معمولی است که پیچانده شده است.

سلف المانی است که انرژی الکتریکی را توسط میدان

الکترومغناطیسی ذخیره می کند. سلف از دو قسمت اصلی

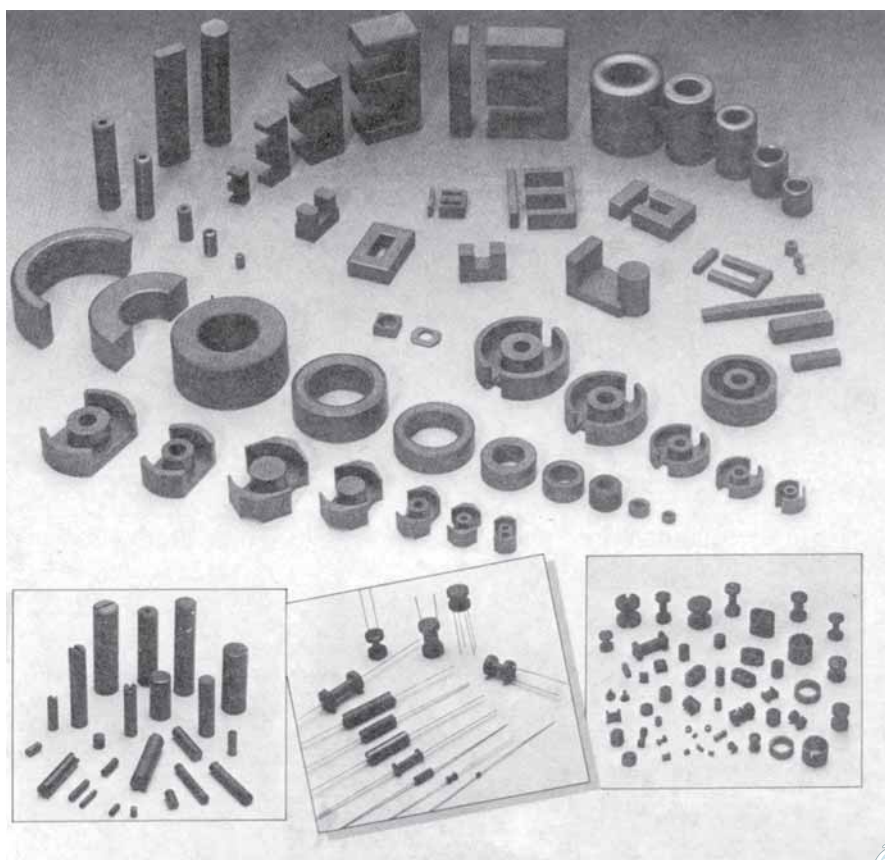
مناسب در صنعت الکترونیک فریت‌ها هستند. در شکل ۱-۲۲ تعدادی از فریت‌های آماده برای سلف‌ها و ترانسفورماتورها نشان داده شده است. از سیم‌پیچ‌ها در ساختمان ترانسفورماتورها، موتورهای الکتریکی، فیلترها، بلندگو، میکروفون، گوشی و غیره استفاده می‌شود.

تا مسیر مناسبی برای میدان مغناطیسی فراهم آورد. در فرکانس‌های بالا (۵۰ مگاهرتز به بالا) به علت استفاده از سلف‌های با خودالقایی کم جنس هسته از هوا است.

در شکل ۱-۲۱ نمونه‌هایی از سلف‌ها و ترانس‌های کوچک نشان داده شده است. در سلف‌های با خودالقایی زیاد در صورتی که هسته از هوا باشد ابعاد سلف بزرگ می‌شود، بنابراین، هسته‌ی



شکل ۱-۲۱

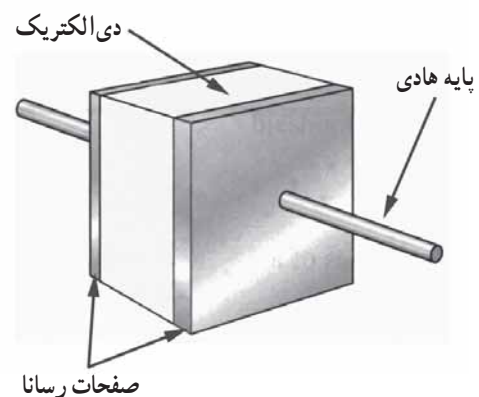


شکل ۱-۲۲ نمونه‌هایی از فریت‌های آماده برای سلف‌ها و ترانسفورماتورهای کوچک

فریت: به طور کلی اصطلاح «فریت» به مواد سرامیکی ای گفته می شود که دارای خواص فرومغناطیس باشند. فریتی که در سلف ها بیش تر استفاده می شود در شمار فریت های نرم<sup>۱</sup> هستند.

## ۱۰-۱- خازن

خازن المانی است که انرژی الکتریکی را توسط میدان الکترواستاتیکی (بار الکتریکی) در خود ذخیره می نماید. ساختمان داخلی خازن از دو قسمت اصلی تشکیل شده است :  
الف - صفحات هادی ب - عایق بین هادی ها (دی الکتریک).



شکل ۱-۲۳

توجه: نیازی نیست هنرجویان اعداد مندرج در جدول ۱-۴ را به خاطر بسپارند. در صورت طرح سؤال لازم است جدول در اختیار هنرجو قرار گیرد.

بنابراین هرگاه دو هادی در مقابل هم قرار گرفته و در بین آن ها عایقی قرار داده شود، تشکیل خازن می دهند. معمولاً صفحات هادی خازن از جنس آلومینیوم، روی و نقره با سطح نسبتاً زیاد بوده و در بین آن ها عایقی (دی الکتریک) از جنس هوا، کاغذ، میکا، پلاستیک، سرامیک، اکسید آلومینیوم و اکسید تانتالیوم استفاده می شود.

هرچه ضریب دی الکتریک یک ماده ی عایق بزرگ تر باشد آن دی الکتریک دارای خاصیت عایقی بهتر است.  
در جدول ۱-۴ مقدار ضریب دی الکتریک چند نوع عایق آمده است.

برای مثال، با دقت در جدول ۱-۴ می توان دریافت که خاصیت عایقی اکسید آلومینیوم ۷ برابر خاصیت عایقی هوا است.

جدول ۱-۴- ضریب دی الکتریک چند ماده

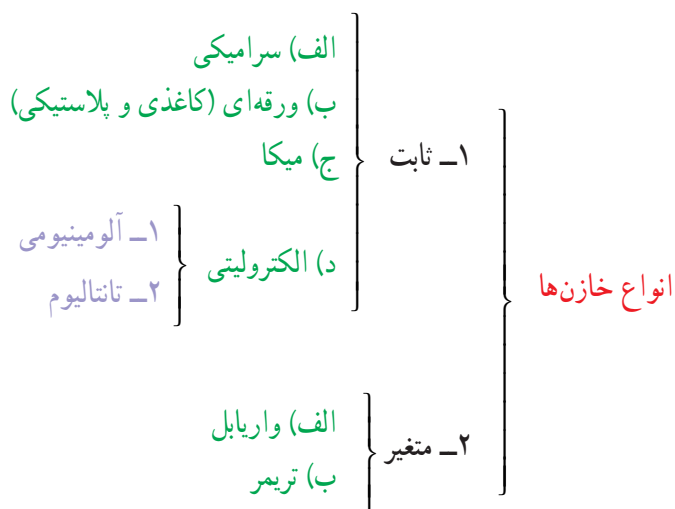
نوع عایق	ضریب دی الکتریک
هوا یا خلأ	۱
اکسید آلومینیوم	۷
سرامیک	۸۰۰-۱۲۰۰
شیشه	۵/۵-۱۰
میکا	۳-۸
روغن	۲-۵
پلی استر	۲/۵
کوارتز	۳/۴-۴/۲
پارافین	۲-۲/۲
کاغذ	۲-۶
فیبر	۳-۵
اکسید تانتالیوم	۲۶



## ۱۱-۱- انواع خازن‌ها

می‌شوند. خازن‌های ثابت و متغیر را نیز می‌توان به این صورت تقسیم‌بندی نمود :

خازن‌ها به دو دسته‌ی کلی «ثابت» و «متغیر» تقسیم‌بندی



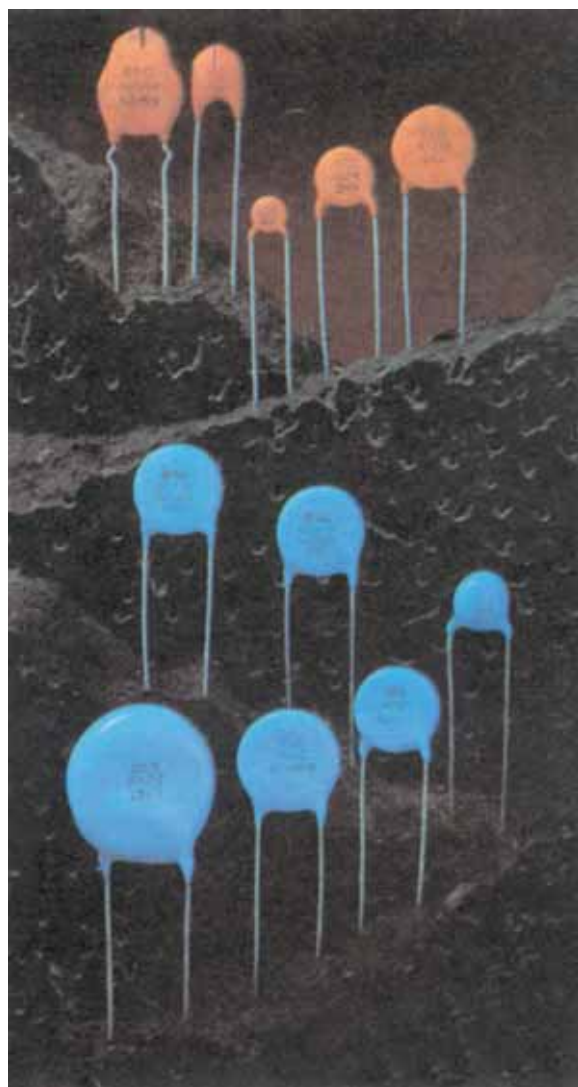
## ۱۲-۱- خازن‌های ثابت

این خازن‌ها دارای ظرفیت معینی هستند که در وضعیت معمولی تغییر پیدا نمی‌کنند. خازن‌های ثابت را براساس نوع ماده‌ی دی‌الکتریک به کار رفته در آن‌ها تقسیم‌بندی و نام‌گذاری می‌کنند و از آن‌ها در مصارف مختلف استفاده می‌شود. از جمله این خازن‌ها می‌توان انواع «سرامیکی»، «میکا»، «ورقه‌ای» (کاغذی و پلاستیکی)، «الکترولیتی»، «روغنی»، «گازی» و نوع خاص «فیلم»<sup>۱</sup> را نام برد.

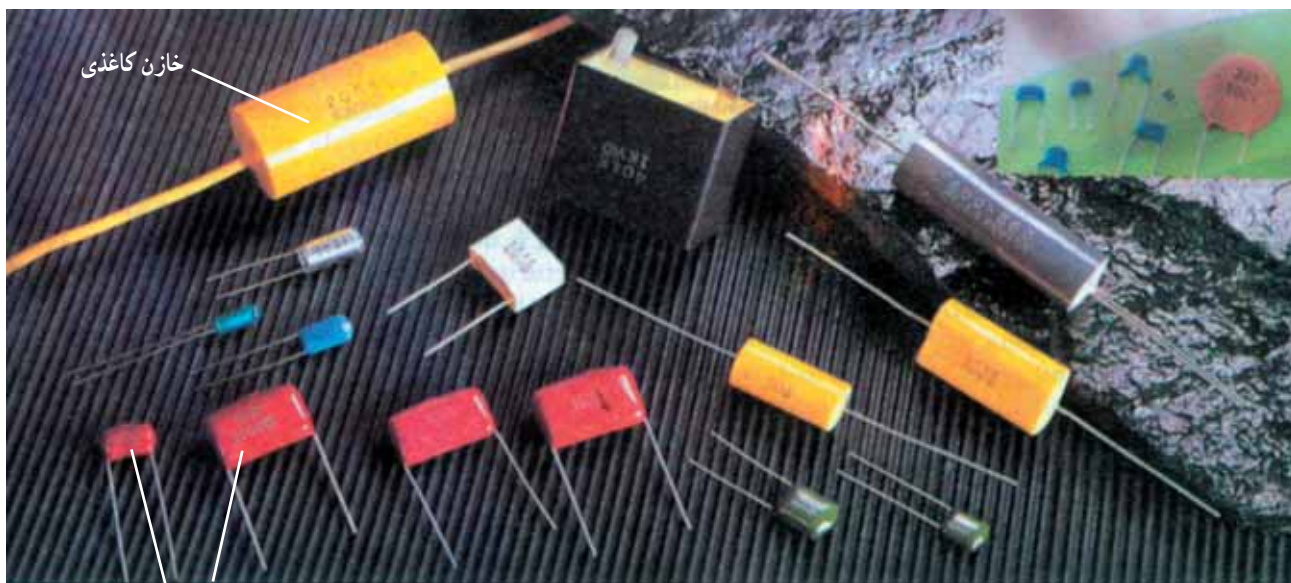
اگر ماده‌ی دی‌الکتریک طی یک فعالیت شیمیایی تشکیل شده باشد آن‌را «خازن الکترولیتی» و در غیر این صورت آن‌را «خازن خشک» گویند. خازن‌های روغنی و گازی در صنعت برق بیش‌تر در مدارات الکتریکی برای راه‌اندازی و یا اصلاح ضریب قدرت به کار می‌روند. بقیه‌ی خازن‌های ثابت دارای ویژگی‌های خاصی هستند که بدان اشاره می‌کنیم :

## ۱۲-۱-۱- خازن‌های سرامیکی: خازن

سرامیکی<sup>۲</sup> معمول‌ترین خازن غیرالکترولیتی است که در آن دی‌الکتریک به کار رفته از جنس سرامیک است. ثابت دی‌الکتریک سرامیک بالاست؛ از این رو امکان ساخت خازن‌های با ظرفیت زیاد در اندازه‌ی کوچک را در مقایسه با سایر خازن‌ها به وجود آورده، در نتیجه ولتاژ کار آن‌ها نیز بالا خواهد بود. ظرفیت خازن‌های سرامیکی معمولاً بین ۵ PF تا ۱۰۰ μF است. این نوع خازن به صورت دیسکی (عدسی) و استوانه‌ای تولید می‌شود و فرکانس کار خازن‌های سرامیکی بالای ۱۰۰ مگاهرتز است. عیب بزرگ این خازن‌ها وابسته بودن ظرفیت آن‌ها به دمای محیط است، زیرا با تغییر دما ظرفیت خازن تغییر می‌کند. از این خازن در مدارهای الکترونیکی، مانند مدارهای مخابراتی و رادیویی استفاده می‌شود. در شکل‌های ۱-۲۴ و ۱-۲۵ نمونه‌هایی از این خازن نشان داده شده است.



شکل ۲۴-۱ نمونه‌هایی از خازن سرامیکی



خازن سرامیکی

شکل ۲۵-۱ انواع خازن‌های سرامیکی و کاغذی

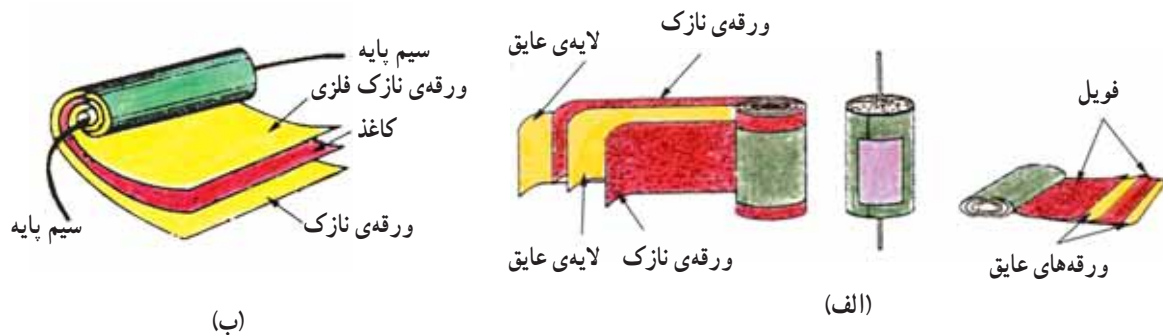
## ۲-۱۲-۱- خازن‌های ورقه‌ای: در خازن‌های ورقه‌ای

از کاغذ و مواد پلاستیکی به سبب انعطاف‌پذیری آن‌ها، برای دی‌الکتریک استفاده می‌شود. این گروه از خازن‌ها خود به دو صورت ساخته می‌شوند.

### الف - خازن‌های کاغذی: دی‌الکتریک این نوع خازن

از یک صفحه‌ی نازک کاغذ متخلخل تشکیل شده که یک

دی‌الکتریک مناسب درون آن تزریق می‌گردد تا مانع از جذب رطوبت گردد. برای جلوگیری از تبخیر دی‌الکتریک درون کاغذ، خازن را درون یک قاب محکم و نفوذناپذیر قرار می‌دهند. در شکل ۱-۲۵ شکل ظاهری و در شکل ۱-۲۶ ساختمان داخلی خازن کاغذی نشان داده شده است.



شکل ۱-۲۶- ساختمان داخلی و شکل ظاهری خازن کاغذی

### خازن‌های کاغذی به علت کوچک بودن ضریب

دی‌الکتریک عایق آن‌ها دارای ابعاد فیزیکی بزرگ هستند، اما از مزایای این خازن‌ها آن است که در ولتاژها و جریان‌های زیاد می‌توان استفاده کرد.

### ب - خازن‌های پلاستیکی: در این نوع خازن از

ورقه‌های نازک پلاستیک برای دی‌الکتریک استفاده می‌شود. ورقه‌های پلاستیکی همراه با ورقه‌های نازک فلزی (آلومینیومی) به صورت لوله، در درون قاب پلاستیکی بسته‌بندی می‌شوند.

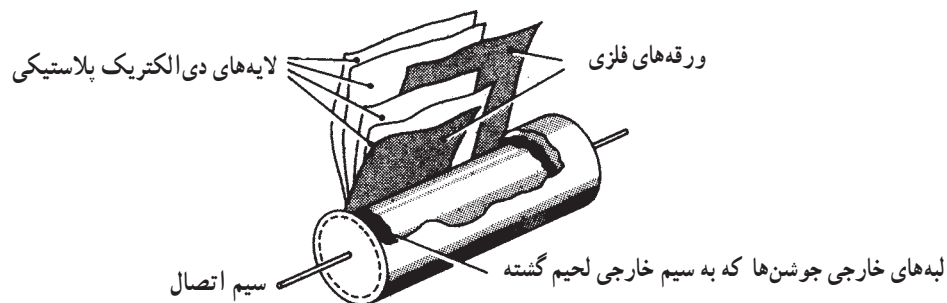
امروزه این نوع خازن‌ها به دلیل داشتن مشخصات خوب

در مدارات زیاد به کار می‌روند. این خازن‌ها نسبت به تغییرات دما

حساسیت زیادی ندارند؛ به همین سبب از آن‌ها در مداراتی استفاده می‌کنند که احتیاج به خازنی با ظرفیت ثابت در مقابل حرارت باشد. یکی از انواع دی‌الکتریک‌هایی که در این خازن‌ها به کار می‌رود پلی‌استایرن<sup>۱</sup> است؛ از این رو به این خازن‌ها «پلی‌استر» گفته می‌شود که از جمله رایج‌ترین خازن‌های پلاستیکی است. ماکزیمم فرکانس کار خازن‌های پلاستیکی حدود یک مگاهرتز است.

در شکل ۱-۲۷ ساختمان داخلی خازن پلاستیکی را

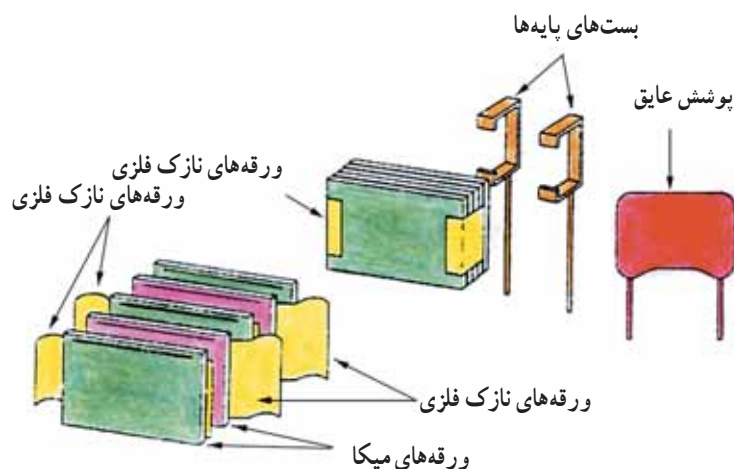
می‌بینید.



شکل ۱-۲۷- ساختمان خازن پلاستیکی

۱- Polystyrene

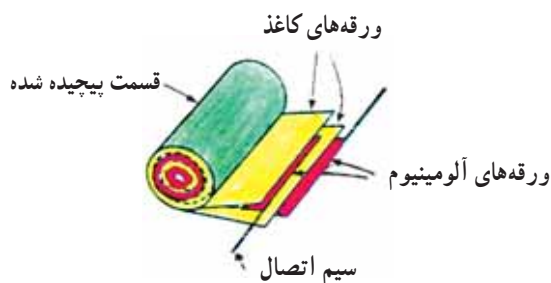
ویژگی‌های اصلی و مهم این خازن‌ها می‌توان داشتن ولتاژ کار بالا، عمر کارکرد طولانی و کاربرد در مدارات فرکانس بالا را نام برد. در شکل ۱-۲۸ تصویر ساختمان داخلی این خازن نشان داده شده است.



شکل ۱-۲۸- ساختمان داخلی خازن میکا

۳-۱۲-۱- خازن‌های میکا: در این نوع خازن از ورقه‌های نازک میکا در بین صفحات خازن (ورقه‌های فلزی - آلومینیوم) استفاده می‌شود و در پایان، مجموعه در یک محفظه قرار داده می‌شوند تا از اثر رطوبت جلوگیری شود. ظرفیت خازن‌های میکا تقریباً بین ۱٪ تا ۱ میکروفاراد است. از

نوع «آلومینیومی» و «تانتالیومی» ساخته می‌شوند.  
الف- خازن آلومینیومی: این خازن، همانند خازن‌های ورقه‌ای از دو ورقه‌ی آلومینیومی تشکیل شده است. یکی از این ورقه‌ها که لایه‌ی اکسید روی آن ایجاد می‌شود «آند» نامیده می‌شود و ورقه‌ی آلومینیومی دیگر نقش کاتد را دارد.  
ساختمان داخلی آن بدین صورت است که دو ورقه‌ی آلومینیومی به همراه دو لایه‌ی کاغذ متخلخل که در بین آن‌ها قرار دارند هم‌زمان پیچیده شده و سیم‌های اتصال نیز به انتهای ورقه‌های آلومینیومی متصل می‌شوند. در شکل ۱-۲۹ نحوه‌ی پیچیدن ورقه‌ها را ملاحظه می‌کنید.



شکل ۱-۲۹- طرز قرار گرفتن ورقه‌های آلومینیوم

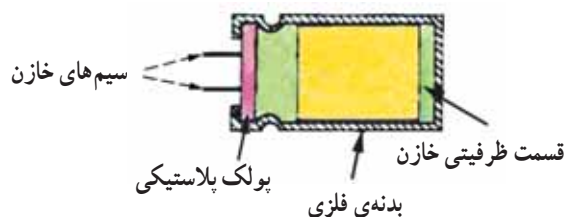
۴-۱۲-۱- خازن‌های الکتrolیتی: از خازن‌های الکتrolیتی به دلیل قابلیتی که در ساخت آن‌ها وجود دارد برای ظرفیت‌های بالا استفاده می‌کنند. داشتن ظرفیت زیاد در آن‌ها ناشی از به کار بردن یک لایه‌ی دی‌الکتریک نازک با ضخامت تقریبی کم (یک نانومتر) است. چنین لایه‌ای به وسیله‌ی یک عمل شیمیایی (اکسیداسیون) بر روی فلزات مناسب همچون آلومینیوم و تانتالیوم تشکیل می‌شود. در اکثر خازن‌های الکتrolیتی پلاریته مثبت و منفی مشخص شده است و اصطلاحاً گفته می‌شود این خازن‌ها «قطبی» هستند. به همین سبب، هنگام کار با این نوع خازن‌ها باید دقت نمود، زیرا اگر خازن به صورت معکوس اتصال داده شود دی‌الکتریک آن از بین رفته و خازن تبدیل به یک هادی می‌شود؛ سپس محلول الکتrolیت خازن تجزیه می‌گردد و در اثر گاز ایجاد شده در محفظه، منفجر می‌شود.

امروزه نوع خاصی خازن الکتrolیتی ساخته شده است که پلاریته ندارد و می‌توان در هر دو جهت (در ولتاژ AC) استفاده نمود. از این خازن‌ها در مدارات راه‌انداز موتورهای و مدارات نوسان‌ساز صوتی استفاده می‌شود. خازن‌های الکتrolیتی در دو



مجموعه را درون یک قاب فلزی قرار داده و با یک پولک پلاستیکی که سیم‌های خازن از آن می‌گذرد محکم بسته می‌شود.

پس از پیچیدن ورقه‌ها آن را درون یک الکترولیت مناسب که شکل‌گیری لایه‌ی اکسید را سرعت می‌بخشد غوطه‌ور می‌سازند تا دو لایه‌ی کاغذ متخلخل از الکترولیت پر شوند. سپس کل



شکل ۳۰-۱- ساختمان داخلی خازن الکترولیتی

نشتی اشاره کرد. از جمله ویژگی‌های خوب این خازن‌ها داشتن ظرفیت زیاد نسبت به حجمشان است. از این خازن‌ها در منابع تغذیه و مدارهای فیلتر (صافی) استفاده می‌شود. پایه‌ی منفی (کاتد) خازن‌های الکترولیتی را با نواری مشخص می‌کنند که علامت منفی (-) را نشان می‌دهد.

در شکل ۳۱-۱ اندازه‌های مختلفی از خازن‌های آلومینیومی و علایم اختصاری آن نشان داده شده است.

هنگامی که ترمینال آند (صفحه آلومینیومی خالص‌تر) به قطب مثبت و کاتد به قطب منفی یک منبع ولتاژ متصل می‌شوند در اثر واکنش شیمیایی بر روی ورقه‌ی آند یک لایه‌ی عایق اکسید آلومینیوم تشکیل می‌شود. ولتاژ کار خازن متناسب با ضخامت لایه‌ی اکسید است.

از معایب خازن‌های الکترولیتی آلومینیومی می‌توان به تبخیر و خارج شدن الکترولیت از پولک پلاستیکی و بالا بودن جریان

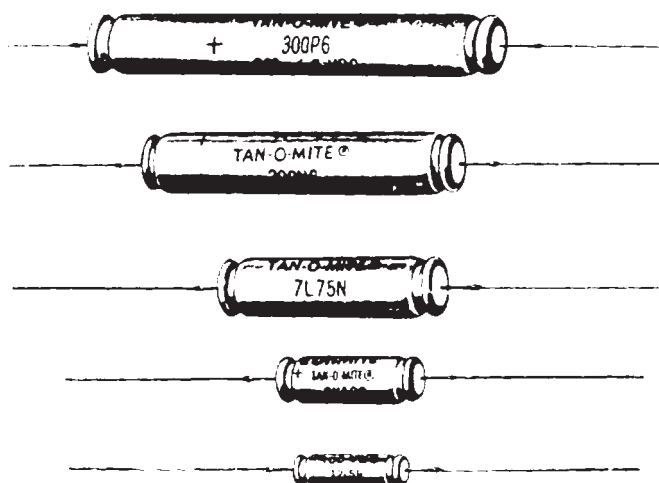


شکل ۳۱-۱- نمونه‌هایی از خازن‌های الکترولیتی



۳ برای) سبب می شود خازن های تانتالیوم نسبت به نوع آلومینیومی در حجم مساوی دارای ظرفیت بیش تری باشند.

ب - خازن های تانتالیوم: در این نوع خازن به جای آلومینیوم از فلز تانتالیوم استفاده می شود. زیاد بودن ثابت دی الکتریک اکسید تانتالیوم نسبت به اکسید آلومینیوم (حدوداً



شکل ۱-۳۲ - شکل ظاهری چند خازن تانتالیوم

داد: «فاصله ی صفحات»، «سطح صفحات» و «نوع دی الکتریک».

اساس کار خازن متغیر بر مبنای تغییر سطح مشترک صفحات خازن یا تغییر ضخامت دی الکتریک است، همان گونه که پیش از این مشاهده کردیم ظرفیت یک خازن نسبت مستقیم با سطح مشترک دو صفحه ی خازن دارد. خازن های متغیر عموماً از نوع عایق هوا یا پلاستیک هستند. در شکل ۱-۳۳ دو نوع خازن متغیر را به همراه علائم اختصاری آن ها مشاهده می کنید. نوعی که به وسیله ی دسته ی متحرک (محور) عمل تغییر ظرفیت انجام می شود «واریابل»<sup>۱</sup> نامند و در نوع دیگر این عمل به وسیله ی پیچ گوشتی صورت می گیرد که به آن «تریمر»<sup>۲</sup> گویند. محدوده ی تغییرات ظرفیت خازن های واریابل ۱۰ تا ۴۰۰ پیکوفاراد و در خازن های تریمر از ۵ تا ۳۰ پیکوفاراد است. از این خازن ها در گیرنده های رادیویی برای تنظیم فرکانس ایستگاه رادیویی استفاده می شود.

محاسن خازن تانتالیومی نسبت به نوع آلومینیومی بدین قرار است:

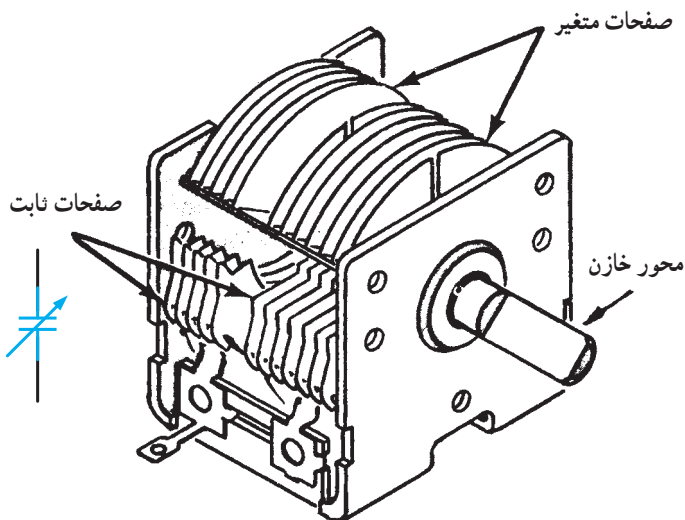
الف - ابعاد کوچکتر، ب - جریان نشتی کم تر، ج - عمر کارکرد طولانی.

از جمله معایب این نوع خازن ها در مقایسه با خازن های آلومینیومی عبارت اند از:

الف - خازن های تانتالیوم گران تر هستند،  
ب - نسبت به افزایش ولتاژ اعمال شده در مقابل ولتاژ مجاز آن، هم چنین معکوس شدن پلارایته حساس ترند،  
ج - قابلیت تحمل جریان های شارژ و دشارژ زیاد را ندارند،  
د - خازن های تانتالیوم دارای محدودیت ظرفیت هستند (حداکثر تا ۳۳۰ میکروفاراد ساخته می شوند).

### ۱-۱۳ - خازن های متغیر

به طور کلی با تغییر سه عامل می توان ظرفیت خازن را تغییر



الف - انواع خازن‌های تریمر و علامت اختصاری آن

ب - ساختمان یک خازن متغیر (واریابل) و علامت اختصاری آن

شکل ۱-۳۳

#### ۱-۱۴- تشخیص مقدار ظرفیت خازن

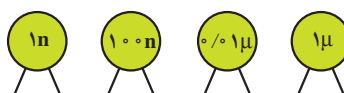
برای تعیین ظرفیت خازن‌ها از سه روش استفاده می‌شود که عبارت‌اند از:

۱- نوشتن مقدار ظرفیت ۲- رمزهای عددی ۳- نوارهای

رنگی.

#### ۱- تشخیص ظرفیت با کمک مقدار نوشته شده: در

این حالت مقدار عدد ظرفیت و واحد آن عیناً بر روی بدنه‌ی خازن قید می‌شود که در این صورت ابهامی برای خواندن مقدار ظرفیت وجود ندارد (شکل ۱-۳۴).

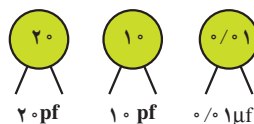


شکل ۱-۳۴

#### ۲- روش رمزهای عددی: در اغلب مواقع واحد ظرفیت

بر روی بدنه‌ی خازن قید نمی‌شود. در این صورت چنانچه این عدد از یک کوچک‌تر باشد ظرفیت برحسب «میکروفاراد» و

چنانچه عدد بزرگ‌تر از یک باشد ظرفیت برحسب «پیکوفاراد» است (شکل ۱-۳۵).

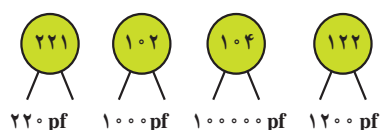


شکل ۱-۳۵

در حالتی که عدد ظرفیت بزرگ‌تر از واحد است - به‌ویژه

در مورد خازن‌های سرامیکی و عدسی ۱۰۰ پیکوفاراد به بالا - معمولاً عدد ظرفیت به صورت یک عدد سه‌رقمی مشخص

می‌شود که دو رقم اول «عدد» و رقم سوم «ضریب» (تعداد صفر) رامشخص می‌کند (شکل ۱-۳۶).



شکل ۱-۳۶

تفاوت دارند؛ به همین دلیل در این جا برای نمونه فقط جدول نوارهای رنگی و نحوه ی قرائت در خازن های تانتالیوم درج گردیده است.

برای نمونه، در این روش عدد ۱۰۱ به معنی ۱۰۰ پیکوفاراد و عدد ۴۷۳ به معنی ۴۷۰۰۰ پیکو یا ۴۷ نانوفاراد است. قواعد فوق در اکثر موارد از طرف سازندگان رعایت می شود.

### ۳- تشخیص مقدار ظرفیت با کمک نوارهای رنگی:

مقدار ظرفیت خازن ها گاهی به وسیله ی نوارها یا نقطه های رنگی مشخص می شود. معانی رنگ ها برای ارقام و ضرایب، همانند معانی رنگ ها در مقاومت هاست، اما روش تعیین ظرفیت خازن، تیرانس و ولتاژ کار از روی نوارهای رنگی در خازن های مختلف

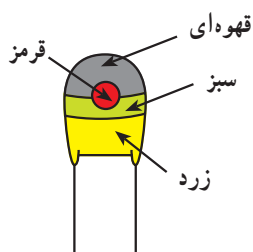
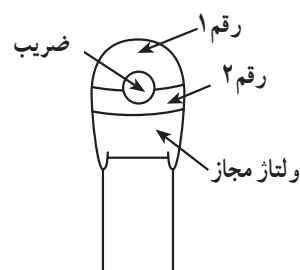
### ۱۵-۱- نوارهای رنگی خازن های تانتالیوم

تعیین مقدار ظرفیت خازن های تانتالیوم روش مخصوصی دارد که در جدول ۵-۱ چگونگی محاسبه ی ظرفیت این نوع خازن ها مشخص شده است:

جدول ۵-۱- جدول خازن تانتالیوم

ولتاژ مجاز	ضریب	رقم ۲	رقم ۱	رنگ
۱۰ ولت	۱ میکروفاراد	۰	—	سیاه
—	۱۰ میکروفاراد	۱	۱	قهوه ای
—	۱۰۰ میکروفاراد	۲	۲	قرمز
—	—	۳	۳	نارنجی
۶/۳ ولت	—	۴	۴	زرد
۱۶ ولت	—	۵	۵	سبز
۲۰ ولت	—	۶	۶	آبی
—	—	۷	۷	بنفش
۲۵ ولت	۰/۰۱	۸	۸	خاکستری
۳۰ ولت	۰/۱	۹	۹	سفید
۳۵ ولت	—	—	—	صورتی

خازن تانتالیوم



مثال: با توجه به کدهای رنگی مشخص شده در شکل

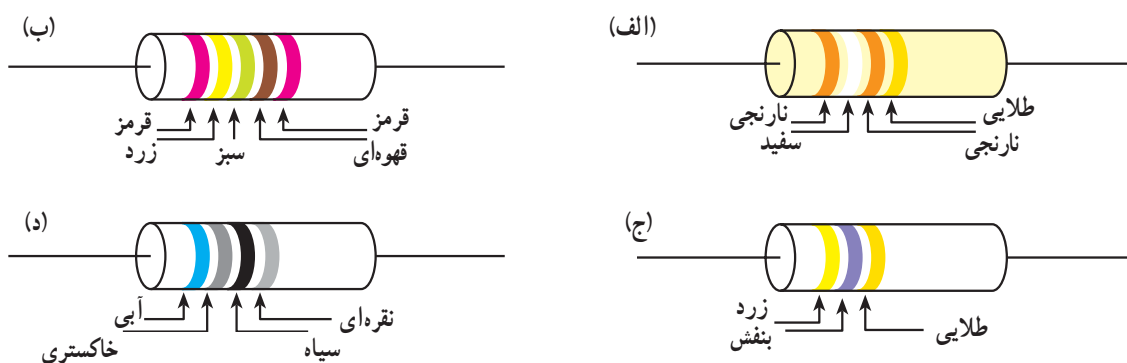
روبه رو، ظرفیت خازن تانتالیوم را تعیین کنید.

حل: با توجه به جدول کدهای رنگی می توان نوشت:

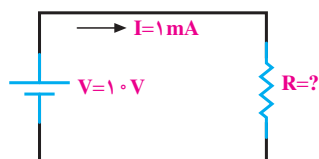
$$C = 15 \times 10^2 = 1500 \mu F \text{ ظرفیت خازن}$$

$$U = 6/37 \text{ ولتاژ خازن}$$

- ۱- در بحث الکترونیک کاربردی منظور از بخش قدرت و فرمان در مدارهای الکتریکی چیست؟
- ۲- منظور از تفرانس در مقاومت‌ها چیست و به چند گروه تقسیم‌بندی می‌شود؟
- ۳- مقاومت حفاظتی به چه مقاومت‌هایی گفته می‌شود؟ چرا؟
- ۴- اصطلاح «بی‌فیلار» در مقاومت‌های سیمی به چه معناست؟
- ۵- مقاومت‌های PTC و NTC به چه مقاومت‌هایی گفته می‌شود؟
- ۶- محدوده‌ی تغییرات مقاومتی فتورزیستور چه قدر بوده، نحوه‌ی عملکرد آن چگونه است؟
- ۷- سری‌های استاندارد  $E_{24}$ ،  $E_{12}$ ،  $E_6$  بیانگر چه مفهومی هستند؟ مختصراً توضیح دهید.
- ۸- مقدار و تفرانس مقاومت‌های زیر را تعیین کنید.



- ۹- در مدار شکل زیر اگر بخواهیم جریان مدار ۱ mA باشد چه مقاومتی مناسب است؟ (از نظر اهم و توان).



- ۱۰- چرا در سری  $E_{12}$  ضریب ۱/۱ و یا در سری  $E_{24}$  ضریب ۱/۴ وجود ندارد؟
- ۱۱- مقدار اهم و تفرانس مقاومت‌های زیر را تعیین کنید :  
 الف - ۴K۷J      ب - ۱M۱D  
 ج - ۱۰G      د - ۶۸KM
- ۱۲- سلف را تعریف کرده، توضیح دهید چرا در فرکانس‌های بالا سلف‌ها را بدون هسته‌ی آهنی می‌سازند؟
- ۱۳- منظور از دی‌الکتریک چیست؟ چهار دی‌الکتریک مناسب را نام ببرید.
- ۱۴- از جمله معایب خازن‌های سرامیکی چیست؟ کاربرد این خازن‌ها در کجاست؟
- ۱۵- انواع خازن‌های ورقه‌ای را نام برده، به اختصار درباره‌ی هریک توضیح دهید.
- ۱۶- خازن‌های قطبی به چه خازن‌هایی گفته می‌شود؟ چرا؟

۱۷- ساختمان داخلی انواع خازن‌های الکترولیتی را به اختصار توضیح داده، دو مورد از خصوصیات آن‌را

بنویسید.

۱۸- خازن‌های تریمر و واریابل چگونه خازن‌هایی هستند؟

۱۹- ظرفیت خازن‌های زیر را تعیین کنید :

