فصل اوّل

اجزای ساده‌ی مدار (C-L-R)

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

۱ــ حوزه‌ی عمل مدارهای قدرت و مدارهای الکترونیکی را شرح دهد.

۲ــ اجزای ساده‌ی مدارهای الکتریکی را نام ببرد.

۳ــ مقاومت را تعریف کند.

۴ــ مقاومت‌های استاندارد را نام ببرد.

۵ ــ مقاومت‌های دقیق را شرح دهد.

۶ــ مقاومت وابسته به حرارت را شرح دهد و انواع آن‌را نام ببرد.

۷ــ مقاومت‌های وابسته به ولتاژ را تعریف کند.

۸ ــ مقاومت‌های وابسته به نور را تعریف کند.

۹ــ مقاومت‌های وابسته به میدان را تعریف کند.

۱۰ــ سلف را تعریف کند و اجزای آن‌را نام ببرد.

۱۱ــ خازن را تعریف کند.

۱۲ــ انواع خازن‌ها را نام ببرد.

۱۳ــ انواع دی‌الکتریک خازن‌ها را نام ببرد.

۱۴ــ خازن‌های خشک را توضیح دهد.

۱۵ــ خازن‌های فرکانس بالا را شرح دهد.

۱۶ــ مشخصات خازن‌های الکترولیتی را شرح دهد.

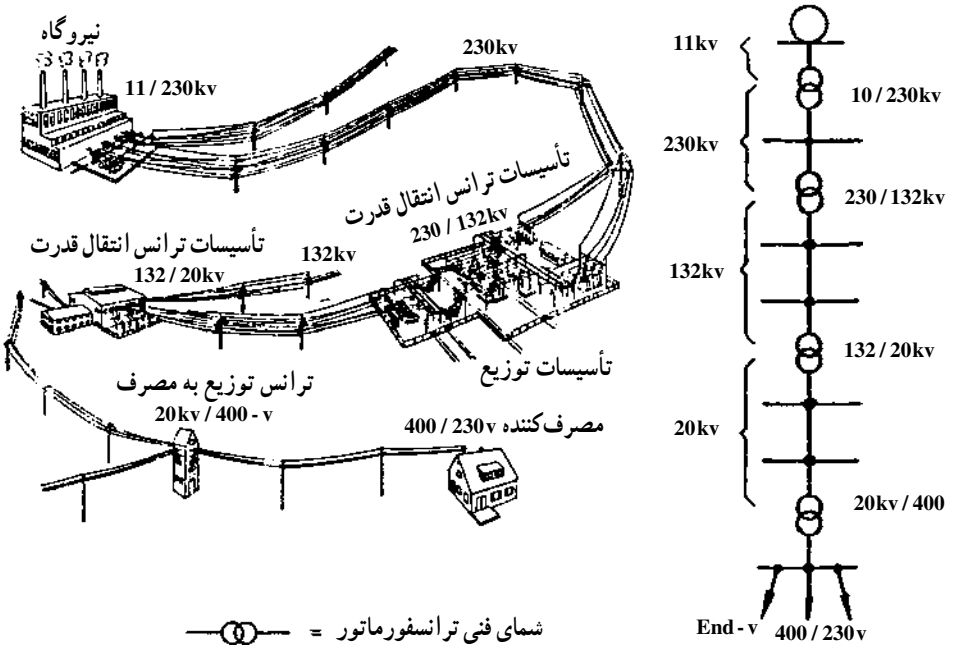
۱۷ــ خازن‌های تانتالیوم را شرح دهد.

۱۸ــ چگونگی ثبت مشخصات خازن‌ها روی بدنه‌ی آن‌ها را توضیح دهد.

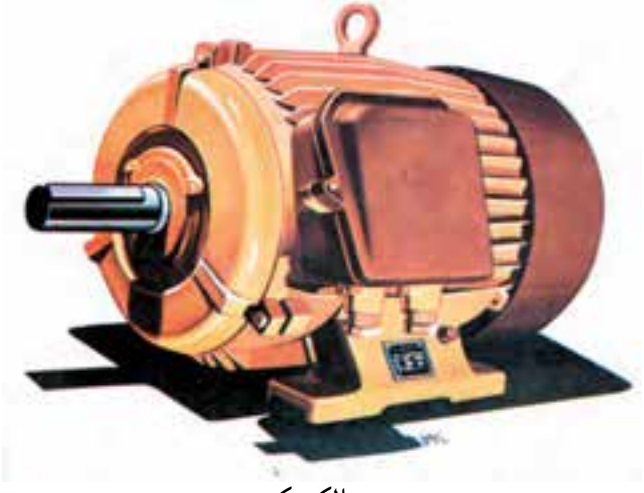
مقدمه

مجموعه‌ی وسایل الکتریکی‌ای که در زندگی امروزه از آن‌ها استفاده می‌کنیم به دو گروه کلی تقسیم می‌شوند :

گروه نخست، وسایلی هستند که در صنعت یا منازل مسکونی با ولتاژهای بالا (۲۲۰V – ۳۸۰V یا در حد کیلوولت KV) کار می‌کنند و بدنه و قطعات به‌کار رفته در آن‌ها از ظرافت چندانی برخوردار نیست. اغلب این وسایل به «وسایل قدرتی» یا «الکتروتکنیکی» مشهورند.



نقشه‌ی خطی شبکه‌ی برق‌رسانی و مراحل مختلف بین یک شبکه‌ی الکتریکی از تولید تا مصرف



موتور الکتریکی

تابلوی مدارات فرمان کنتاکتوری

شکل ۱ــ۱ــ حوزه‌ی کاری رشته‌ی الکتروتکنیک

گروه دوم وسایلی هستند که با ولتاژ پایین کار می‌کنند و اغلب این وسایل دارای حجمی کوچک یا متوسط و اجزای ظریف هستند. این وسایل را «الکترونیکی» یا «دیجیتالی» می‌نامند.

رایانه‌ی کیفی[1]

مجموع صوتی کامل(ست set)

تلفن الکترونیکی

تلویزیون رنگی

ویدئو

دوربین فیلمبرداری

پردازنده‌ی الکترونیکی

تلفن همراه

شکل ۲ــ۱ــ نمونه‌ای از وسایل الکترونیکی

۱ــ Laptop Computer

از صنعت برق در وسایل الکتریکی 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 راه اندازی الکترونیکی یا الکتروتکنیکی به‌تنهایی موجود نیست بلکه ترکیبی از این دو وسایل در آن به‌کار 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 و مدارهای پردازش سیگنال[1] برای تأمین اهداف موردنیاز در کنترل سر و کار دارد. الکترونیک قدرت را می‌توان به‌صورت «کاربرد نیمه‌هادی‌های خاص برای کنترل و تبدیل قدرت الکتریکی» تعریف 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)[2] کاربرد دارد که از آن‌جمله است : شارژکننده‌های باتری، دیمرها، مخلوط‌کن‌ها، جرثقیل و بالابرها، کنترل موتورها، کنترل قطار و محرک ژنراتورها.

در شکل ۳ــ۱ نمای داخلی یک کارخانه نشان داده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، در این واحد از وسایل مختلف (الکتروتکنیکی و الکترونیکی) استفاده شده است.

شکل ۳ــ۱ــ نمای داخلی کارخانه تولید شیشه

در درس‌های تخصصی سال دوم با مفاهیم و تعاریف خاصی آشنا شده‌اید که در این‌جا به‌منظور یادآوری و بهره‌گیری از آن‌ها در مباحث جدید از آن مفاهیم و تعاریف یاد می‌کنیم.

۱ــ Signal

۲ــ High Voltage DC

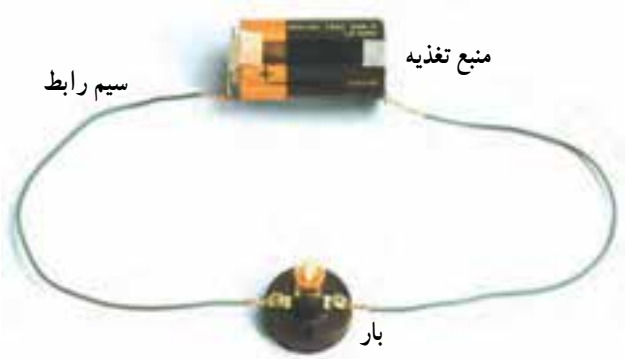
۱ــ۱ــ مدار الکتریکی

مسیر کاملی را که برای عبور جریان الکتریکی وجود دارد «مدار الکتریکی» گویند. هر وسیله‌ی الکتریکی برای این‌که بتواند کار کند ضروری است تا جریان الکتریکی از یک قطب تولیدکننده (منبع) فرستاده شود و پس از عبور از وسیله‌ی موردنظر و انجام کار به قطب دیگر مولّد باز گردد.

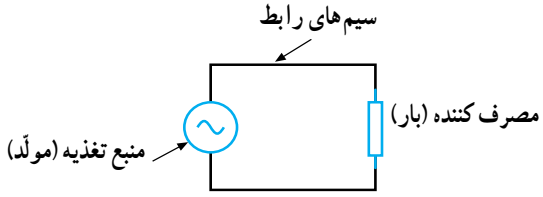
هر مدار الکتریکی از اجزای اصلی تشکیل شده است که عبارت‌اند از :

۱ــ منبع تغذیه (باتری ــ ژنراتور)، ۲ــ سیم‌های رابط، ۳ــ مصرف‌کننده (بار)[1].

در شکل ۴ــ۱ یک مدار الکتریکی کامل رسم شده است.



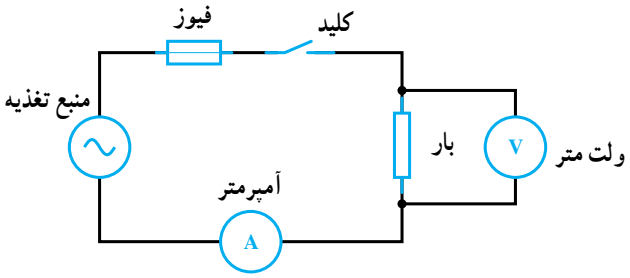
(الف)



(ب)

شکل ۴ــ۱ــ مدار الکتریکی کامل (بسته)

با توجه به توضیح می‌توان چنین نتیجه‌گرفت که در مدارهای الکتریکی اجزای دیگری هم‌چون کلید، فیوز و وسایل اندازه‌گیری به‌کار می‌روند که جزء عناصر اصلی یک مدار به‌حساب نمی‌آیند. در شکل ۵ــ۱ اجزای اصلی یک مدار الکتریکی به همراه اجزای فرعی آن نشان داده شده است.



شکل ۵ــ۱

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 به‌انرژی مکانیکی تبدیل می‌کند.

میزان توانایی انجام کار در مصرف‌کننده‌های الکتریکی را برحسب توان آن‌ها می‌سنجند. از جمله عواملی که در مقدار توان این مصرف‌کننده‌ها نقش دارد، مقدار مقاومت داخلی و نوع آن (اهمی R، سلفی XL و خازنی XC) است که در این‌جا هر یک از آن‌ها را معرفی می‌کنیم.

۲ــ۱ــ مقاومت الکتریکی (R)[2]

مقاومت، عنصر یا قطعه‌ی الکتریکی است که سبب محدود شدن شدت جریان تولیدشده در مدارات الکتریکی می‌شود. به‌عبارت دیگر، مقاومت با عبور جریان مخالفت می‌کند.

واحد مقاومت اُهم (Ω) است و آن‌را با حرف R نشان می‌دهند. مقاومت دارای انواع مختلف با ویژگی‌های خاص است که به‌طور جداگانه تشریح خواهد شد. علامت اختصاری مقاومت به‌صورت : یا است.

۳ــ۱ــ مشخصات مهم مقاومت‌ها

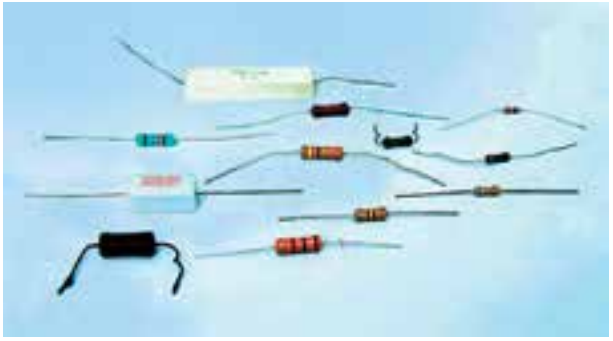
۱ــ مقدار اهمی مقاومت: مهم‌ترین مشخصه‌ی یک مقاومت مقدار آن است که برحسب اهم (Ω)، کیلواهم (KΩ) یا مگااهم (MΩ) بیان می‌شود. مقادیر کیلو و مگا را با این ضرایب می‌توان به اهم تبدیل کرد :

$(۱\,K\Omega = ۱۰^{۳}\,\Omega \quad و \quad ۱\,M\Omega = ۱۰^{۶}\,\Omega)$

۱ــ Load

۲ــ R= Resistor

۲ــ توان مجاز: ماکزیمم توانی که مقاومت به‌طور دائم می‌تواند تحمل کند را «توان قابل‌تحمّل» گویند. این توان اغلب به‌صورت حرارت در اطراف مقاومت هدر می‌رود. ماکزیمم قدرت مجاز، به حرارت محیط، ولتاژ و جریان مقاومت بستگی دارد. مقادیر استاندارد توان مجاز در مقاومت‌ها معمولاً $\frac{۱}{۸}$، $\frac{۱}{۴}$، $\frac{۱}{۲}$، ۱، ۲و... وات است. چند نمونه مقاومت با وات‌های مختلف در شکل «۶ــ۱» نشان داده شده است.



شکل ۶ــ۱

مقدار این توان از رابطه‌ی $P = \frac{V^۲}{R} = R.I^۲$ به‌دست می‌آید. برای بالابردن ضریب اطمینان بهتر است پس از محاسبه‌ی توان از مقاومت با توان مجاز بالاتر استفاده نمود.

۳ــ تلرانس: مقدار واقعی یک مقاومت در عمل با مقداری که به‌وسیله‌ی سازنده قید می‌شود اختلاف دارد. این اختلاف «تلرانس[۱]» یا «درصد خطا» نامیده می‌شود و آن‌را برحسب درصد بیان می‌کنند. میزان خطا بستگی به‌تکنولوژی ساخت و دقّت دستگاه‌های تولید مقاومت دارد. میزان درصد تلرانس معرف حدّ پایینی و حدّ بالایی مقدار مقاومت است؛ برای مثال اگر یک مقاومت ۱۰۰Ω دارای تلرانس ۱۰٪ باشد دارای مقداری بین ۹۰ تا ۱۱۰ اهم است که ۹۰Ω را «حدّ پایینی» و ۱۱۰Ω را «حدّ بالایی» گویند. مقدار تلرانس درمقاومت‌ها به‌صورت عدد برروی مقاومت نوشته شده یا در مقاومت‌هایی با کد رنگی به‌وسیله‌ی رنگ بیان می‌شود. مقاومت‌ها را برحسب مقدار تلرانس به‌چهار دسته تقسیم می‌نمایند:

انواع مقاومت‌ها ازنظر تلرانس:
- ۱ــ مقاومت‌های معمولی (دارای تلرانس ۵٪ تا ۲۰٪).
- ۲ــ مقاومت‌های نیمه‌دقیق (دارای تلرانس ۱٪ تا ۵٪).
- ۳ــ مقاومت‌های دقیق (دارای تلرانس ۰/۵٪ تا ۱٪).
- ۴ــ مقاومت‌های خیلی دقیق (دارای تلرانس کمتر از ۰/۵٪).

۴ــ۱ــ انواع مقاومت‌ها

مقاومت‌های الکتریکی را به‌این‌صورت می‌توان تقسیم‌بندی نمود:

- انواع مقاومت‌ها
  - ۱ــ مقاومت‌های ثابت
    - ۱ــ کربنی
      - الف ــ لایه‌ی کربنی
      - ب ــ لایه‌ی فلزی
      - ج ــ لایه‌ی اکسید فلز
    - ۲ــ لایه‌ای
    - ۳ــ سیمی
  - ۲ــ مقاومت‌های متغیر
    - ۱ــ قابل تنظیم
      - الف ــ پتانسیومتر
      - ب ــ رئوستا
    - ۲ــ وابسته (تابع)
      - الف ــ تابع حرارت TDR
        - ۱ــ PTC
        - ۲ــ NTC
      - ب ــ تابع نور LDR
      - ج ــ تابع ولتاژ VDR
      - د ــ تابع میدان MDR

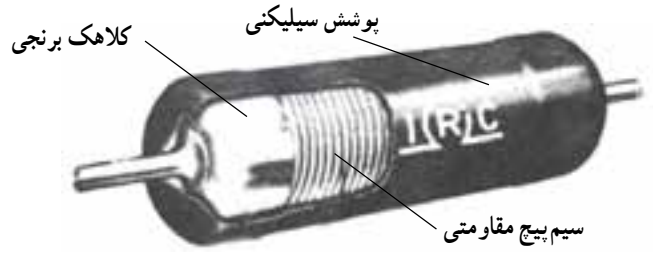
۱ــ Tolerance

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.

۵ــ۱ــ مقاومت‌های ثابت

مقاومت‌های ثابت به آن‌دسته از مقاومت‌ها گفته می‌شود که مقدارشان همواره ثابت است.

۱ــ۵ــ۱ــ مقاومت‌های سیمی: مقاومت سیمی[۱] 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 تلرانس پایین (تا حدود ۰/۵٪ به‌منظور مقاومت دقیق[۲] (با توان $\frac{۱}{۴}$ تا ۲ وات) ساخته می‌شوند. در شکل ۷ــ۱ چند نمونه مقاومت سیمی دیده می‌شود.



شکل ۷ــ۱ــ چند نمونه مقاومت سیمی

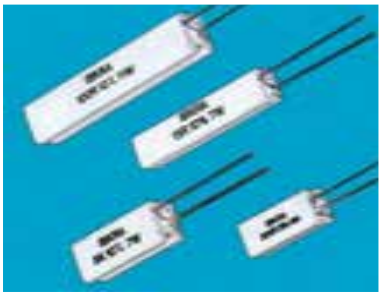
مقاومت‌های سیمی توان ۲ وات به بالا عموماً در یک محفظه مانند سیمان با مقطع مربع ــ مستطیل شکل ساخته می‌شوند و به «مقاومت‌های آجری» معروفند. شکل خاص محفظه‌ی مقاومت‌های آجری این امکان را فراهم می‌آورد که برای خنک‌کردن بتوان آن‌ها را بر روی ورقه‌ی فلزی خنک‌کننده (رادیاتور[۳]) قرار داد. مقاومت‌های آجری در مدارهای صوتی و تصویری به‌منظور کاهش‌دهنده‌ی ولتاژ استفاده می‌شوند، اما امروزه با به‌کارگیری 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 همین‌دلیل، در بسیاری از مدارها به‌عنوان مقاومت

۱ــ Wire wound Resistor

۲ــ Precision wire wound Resistor

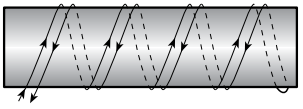
۳ــ Heat sink

فیوزی[1] استفاده می‌شود و به‌آن «مقاومت حفاظتی[2]» نیز می‌گویند (شکل ۸ ــ ۱). این مقاومت‌ها در حالت عادی به‌صورت یک مقاومت معمولی عمل می‌کنند و چنان‌چه جریان عبوری آن از حد معینی بیش‌تر شود مانند یک فیوز قطع می‌شوند.



شکل ۸ ــ ۱ــ مقاومت آجری

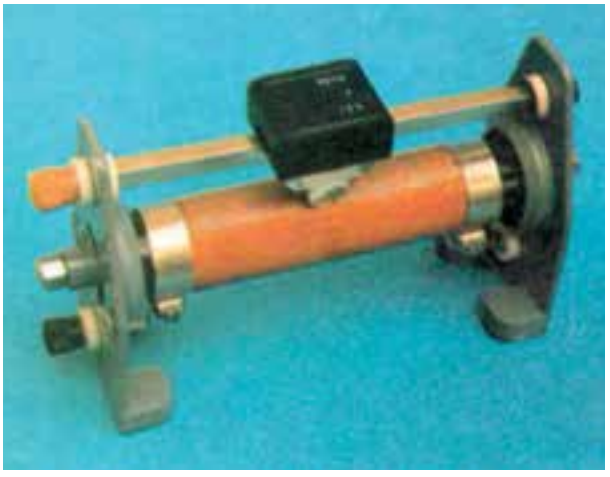
مقاومت سیمی به‌سبب «سیم‌پیچ بودن» دارای خاصیت «اندوکتانس» (خودالقایی) بوده که این نوعی عیب برای آن محسوب می‌شود. خاصیت خودالقایی حاصل در فرکانس‌های بالا مشکل ایجاد می‌کند. البته در این‌گونه موارد توانسته‌اند با روش پیچیدن سیم به‌صورت دولایی یا بی‌فیلار[3] تا حد زیادی این مشکل را برطرف نمایند. در این 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 ۹ــ۱ پیچیدن سیم به‌روش بی‌فیلار، روی استوانه سرامیکی نشان داده شده است.



شکل ۹ــ۱ــ پیچیدن سیم به روش دولایی (بی‌فیلار)

مقاومت‌های سیمی دارای انواع مختلفی هستند که اغلب براساس ساختمان داخلی آن‌ها نام‌گذاری شده‌اند که ازجمله می‌توان مقاومت‌های سیمی با پوشش «آلومینیومی»، «سیلیکنی» و «سرامیکی» را نام برد. مقاومت‌های سیمی در قالب مقاومت‌های متغیر نیز ساخته می‌شوند که در شکل ۱۰ــ۱ 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.

الف ــ مقاومت سیمی متغیر



ب ــ مقاومت سیمی متغیر (رئوستا)

شکل ۱۰ــ۱

۱ــ Fusible Resistor

۲ــ Safety Resistor

۳ــ Bifilar

۶ــ۱ــ مقاومت‌های متغیر

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

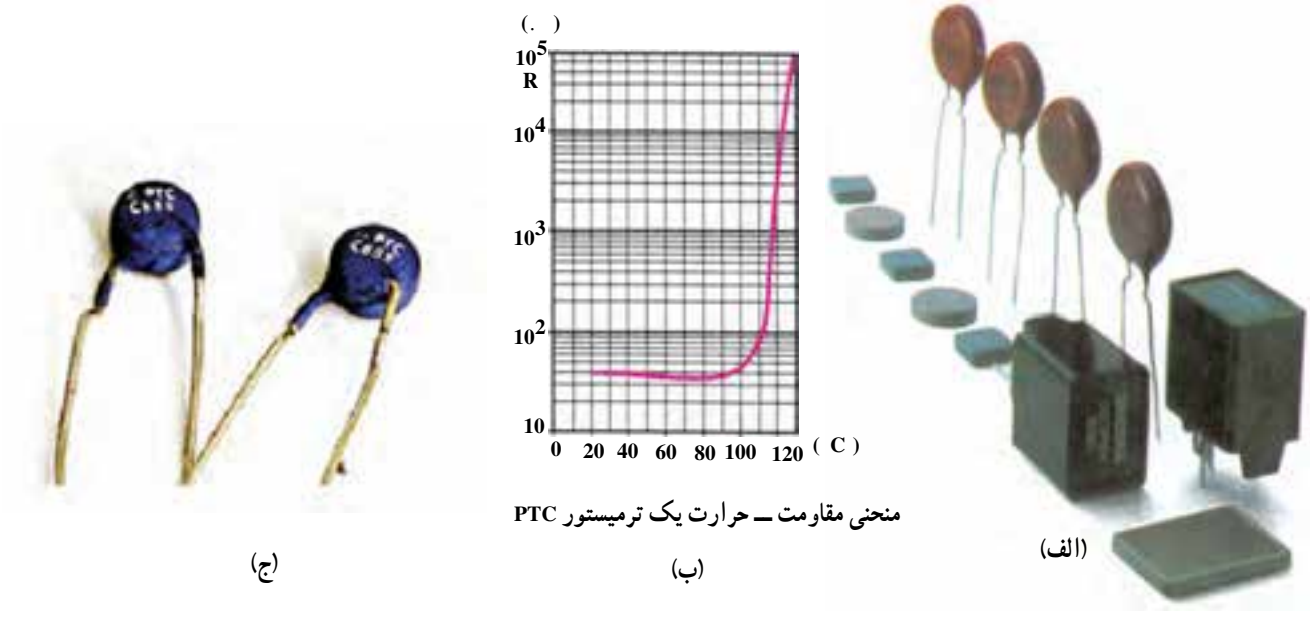
۱ــ۶ــ۱ــ مقاومت‌های متغیر وابسته : به آن دسته از مقاومت‌های متغیر «وابسته» گفته می‌شود که به‌وسیله‌ی عواملی از قبیل نور، حرارت، ولتاژ و... مقدار مقاومتشان تغییر کند. این مقاومت‌ها انواع مختلفی دارد که عبارت‌اند از :

الف ــ مقاومت‌های تابع حرارت (ترمیستور[1])

مقدار اهم این مقاومت‌ها تابع حرارت است. یعنی، در اثر حرارت میزان مقاومتشان تغییرمی‌کند. مقاومت‌های حرارتی را تحت‌عنوان «ترمیستور» می‌شناسیم. تغییرات در مقاومت به ضریب حرارتی آن که مثبت یا منفی باشد(.) بستگی دارد. در این مقاومت‌ها تغییرات مقدار مقاومت نسبت به تغییرات دما خطی نیست. از این مقاومت‌ها در مدارها به‌صورت حس‌کننده[2]های حرارتی در مسیر دستگاه‌های الکتریکی نظیر موتورهای الکتریکی، کوره‌ها، سیستم‌های تهویه و تبرید استفاده می‌شود. به‌طورکلی ترمیستورها در مداراتی که دما را اندازه‌گیری یا کنترل می‌کنند به‌کار می‌روند و در دو نوع ساخته می‌شوند :

۱ــ ترمیستور با ضریب حرارتی مثبت (PTC)[3]:

PTC نوعی ترمیستور است که با افزایش دما مقدار مقاومت آن افزایش می‌یابد. مقدار اهم مقاومت‌های PTC را در دمای C ۲۵ 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 به‌همراه تصویر چند نمونه از آن در شکل ۱۱ــ۱ نشان داده شده است.



(الف)

منحنی مقاومت ــ حرارت یک ترمیستور PTC

(ب)

(ج)

شکل ۱۱ــ۱

۲ــ ترمیستور با ضریب حرارتی منفی (NTC)[4]:

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 ماکزیمم قدرت مجاز مقاومت نیز باید توجه کرد. منحنی تغییرات مقاومت نسبت به تغییرات دما در NTC به‌صورت غیرخطی و نزولی است.

در شکل ۱۲ــ۱ منحنی مشخصه‌ی NTC و یک نمونه مقاومت NTC و در شکل ۱۳ــ۱ چند نمونه مقاومت «NTC»

۱ــ Tehrmally sensitive resistor = THERMISTOR

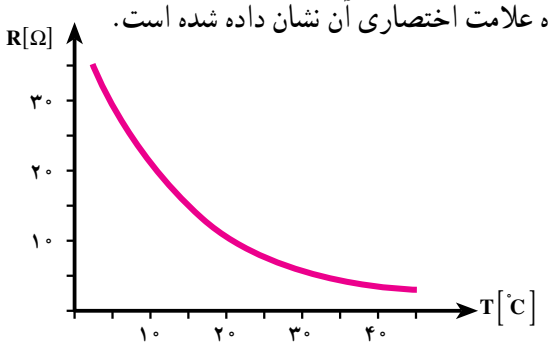
۲ــ Sensor

۳ــ PTC = Positive Temperature Coefficient

۴ــ NTC = Negative Temperature Coefficient

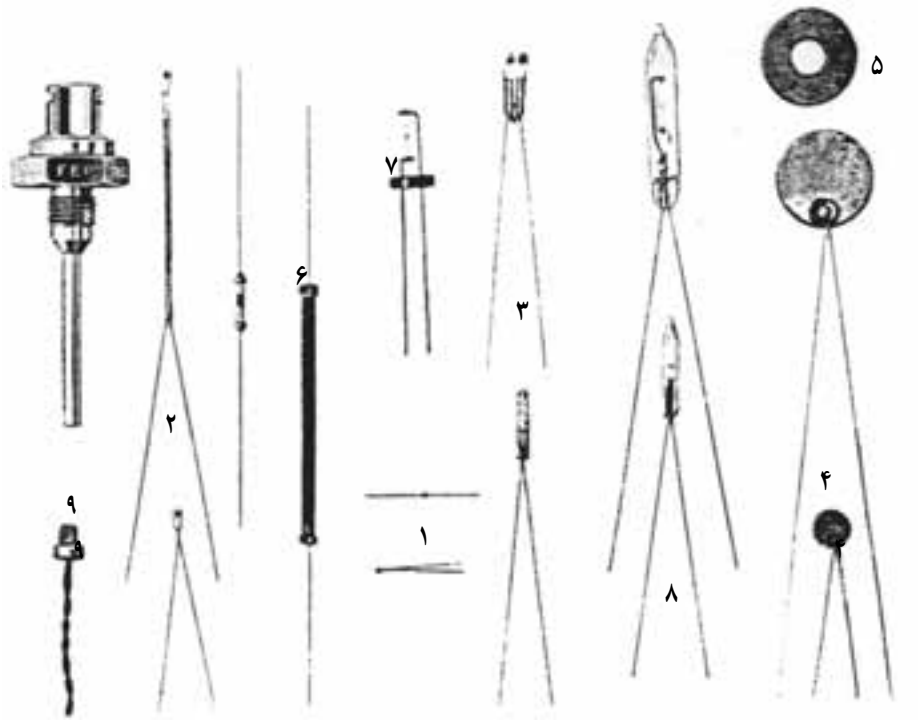
همراه علامت اختصاری آن نشان داده شده است.

(ب)



(الف)

شکل ۱۲ــ۱



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

(الف)

(ب)

شکل ۱۳ــ۱ــ تصاویر ترمیستورهای عمومی NTC

ب ــ *مقاومت‌های تابع نور (LDR)*[۲]:

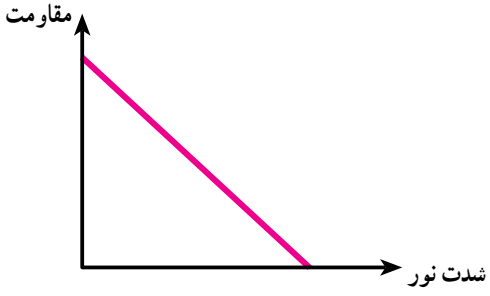
مقدار مقاومت تابع نور (LDR) تابع تغییرات شدت نور تابیده شده به سطح آن است. مقاومت تابع نور در فضای تاریک دارای مقاومت خیلی زیاد (درحد مگااهم) و در روشنایی دارای مقاومت کم (درحد کیلو یا اهم) است. مقاومت‌های LDR را «فتورزیستور» هم می‌نامند. برای این که نور روی عنصر مقاومتی

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

۲ــ LDR = Light Dependent Resistor

فتورزیستور اثر گذارد معمولاً سطح ظاهری آن‌را با شیشه یا پلاستیک شفاف می‌پوشانند. در شکل ۱۴ــ۱ نمای ظاهری و علامت اختصاری و در شکل ۱۵ــ۱ منحنی تغییرات مقاومت نسبت به نور نشان داده شده است.

شکل ۱۴ــ۱ــ نمای ظاهری و علامت اختصاری یک فتورزیستور

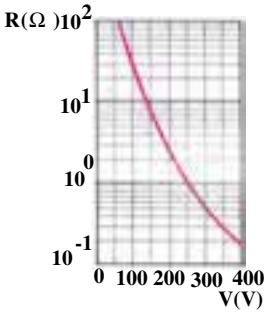


شکل ۱۵ــ۱

از این مقاومت در مدارات الکترونیکی به‌عنوان تشخیص دهنده‌ی نور (نورسنج) استفاده می‌شود. ازجمله کاربردهای این مقاومت استفاده‌ی آن در دوربین‌های عکاسی و کلیدهای نوری و چشم‌های الکترونیکی است.

مقاومت‌های تابع ولتاژ (VDR)[1]:

مقاومت‌های تابع ولتاژ (VDR) مقاومت‌هایی هستند که متناسب با تغییر ولتاژ مقاومت آن‌ها تغییر می‌کند تا همواره ولتاژ یکسانی در مدار وجود داشته باشد. مقاومت VDR را تحت‌عنوان «واریستور»[2] نیز می‌شناسند. مقدار اهم این مقاومت‌ها با ولتاژ رابطه‌ی معکوس دارد ؛ یعنی با افزایش ولتاژ مقدار اهم آن‌ها کاهش می‌یابد. شکل ظاهری چند واریستور به‌همراه منحنی مشخصه‌ی تغییرات مقاومت نسبت به ولتاژ آن‌ها در شکل ۱۶ــ۱ نشان داده شده است.

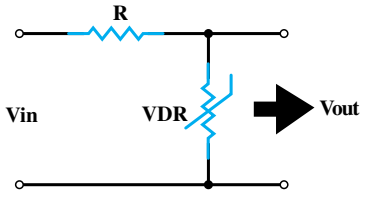


شکل ۱۶ــ۱ــ منحنی مقاومت ــ ولتاژ یک واریستور و نمای ظاهری چند واریستور مختلف

واریستورها به پلاریته ولتاژ اعمال شده وابسته نیستند که این خود مزیّتی برای این نوع مقاومت‌ها محسوب می‌شود، زیرا برای استفاده در مدارات AC بسیار مناسب هستند. ازجمله کاربردهای این مقاومت عبارت‌اند از :

الف ــ تثبیت کننده‌های ولتاژ (شکل ۱۷ــ۱).

در مدار شکل ۱۷ــ۱با تغییر ولتاژ ورودی، ولتاژ خروجی(V_{out}) ثابت می‌ماند زیرا به عنوان مثال اگر ولتاژ ورودی افزایش یابد، مقاومت VDR کم می‌شود و جریان عبوری از مدار را زیاد می‌کند. زیاد شدن جریان، باعث افزایش افت ولتاژ دوسر مقاومت R می‌شود،به این ترتیب ولتاژ اضافی ورودی در دوسر R ظاهر می‌شود و V_{out} را ثابت نگه می‌دارد.



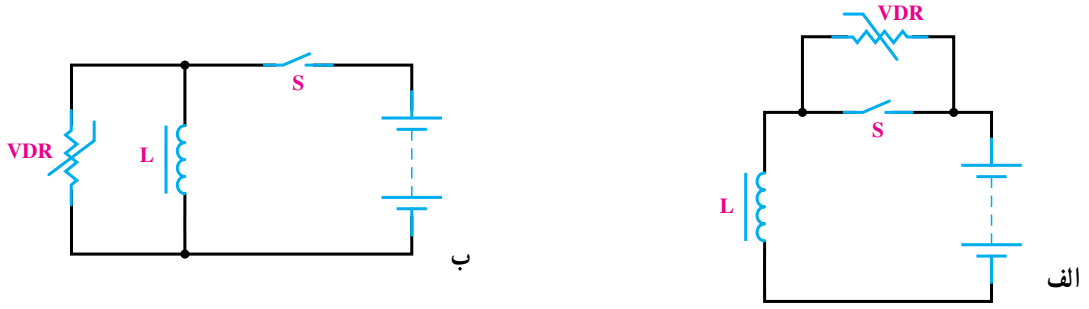
شکل ۱۷ــ۱ــ رگولاتور ولتاژ

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

۱ــ VDR = Voltage Dependent Resistor

۲ــ VARISTOR

طبق شکل ۱۸ــ۱ در هنگام قطع یا وصل کلید، جریان مدار تغییر می‌کند و ولتاژ القایی زیادی توسط سیم‌پیچ ایجاد 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.



شکل ۱۸ــ۱ــ حفاظت کلید از ولتاژ القایی سلف با استفاده از واریستور

مقاومت‌های تابع میدان مغناطیسی (MDR)[1]:

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، درصورت افزایش دما مقدار مقاومت آن‌ها کاهش می‌یابد.

۷ــ۱ــ استانداردهای مقاومت

قطعات تولیدی کارخانجات مختلف ممکن است در نقاط مختلف جهان استفاده شود؛ از این‌رو ضروری است که تمامی آن‌ها به‌منظور تولید قطعات خود ازنظر مقدار و سایر مشخصات از روش‌ها و استانداردهای خاص پیروی کنند. معمول‌ترین آن «استاندارد اروپایی» است که با حرف (E)[2] مشخص می‌شود. این استاندارد خود شامل سری‌های مختلفی به شرح زیر است:

$$E_6 \ , \ E_{12} \ , \ E_{24}$$

همان‌گونه که گفته شد مقدار مقاومت و تلرانس ازجمله عوامل مهم انتخاب مقاومت هستند. درصد تلرانس سبب به‌وجود آمدن محدوده‌ای برای مقاومت می‌شود؛ برای مثال مقاومت ۱ کیلواهمی با تلرانس ۱۰٪ می‌تواند از مقدار ۹۰۰Ω تا ۱۱۰۰Ω داشته باشد و در واقع محدوده‌ای را می‌پوشاند. با درنظر گرفتن این مطلب می‌توان گفت: مقاومت‌هایی که در ردیف قبل و بعد از این قرار می‌گیرند طوری تلرانس برای آن‌ها محاسبه و درنظر گرفته می‌شود که محدوده‌ی مقدار مقاومت‌های دیگر را نپوشانند؛ یعنی برای مثال یاد شده مقاومت قبلی نمی‌تواند بیش‌تر از ۹۰۰Ω و مقاومت بعد از آن نیز نمی‌تواند از ۱۱۰۰Ω کم‌تر باشد.

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

سری E_6 ــ این سری دارای ۶ قسمت و تلرانس مقاومت‌های آن ۲۰ درصد است.

سری E_{12} ــ این سری دارای ۱۲ قسمت و تلرانس مقاومت‌های آن ۱۰ درصد است.

سری E_{24} ــ این سری دارای ۲۴ قسمت و تلرانس مقاومت‌های آن ۵ درصد است.

۱ــ MDR = MAGNETIC Dependent Resistor

۲ــ از کلمه‌ی «European» به معنی اروپایی گرفته شده است.

جدول ۱ــ۱ تقسیم‌بندی هر سری را نشان می‌دهد.

جدول ۱ــ۱ــ تقسیم‌بندی یک دهه برای سه سری استاندارد

سری E_6	۱/۰			۱/۵			۲/۲			۳/۳			۴/۷			۶/۸		
سری E_{12}	۱/۰		۱/۲		۱/۵		۱/۸		۲/۲		۲/۷		۳/۳		۳/۹		۴/۷		۵/۶		۶/۸		۸/۲	
سری E_{24}	۱/۰	۱/۱	۱/۲	۱/۳	۱/۵	۱/۶	۱/۸	۲	۲/۲	۲/۴	۲/۷	۳/۰	۳/۳	۳/۶	۳/۹	۴/۳	۴/۷	۵/۱	۵/۶	۶/۲	۶/۸	۷/۵	۸/۲	۹/۱

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 به‌دست آورد. برای مثال، با داشتن عدد پایه‌ی ۱/۵ می‌توان به مقاومت‌هایی که در این سری‌ها ساخته می‌شوند، (۰/۱۵Ω، ۱/۵Ω، ۱۵Ω، ۱۵۰Ω، ۱۵۰۰Ω، ۱۵kΩ، ۱۵۰kΩ و ۱/۵MΩ) پی برد.

از سری‌های E_6 و E_{12} و E_{24} برای استاندارد نمودن ظرفیت خازن‌ها و ضریب خودالقایی سلف‌ها نیز استفاده می‌شود. البته سری‌های دیگری نیز هم‌چون E_{48} و E_{96} و E_{192} وجود دارند.

۸ ــ۱ــ تشخیص مقدار اهم مقاومت‌ها

مقدار اهم مقاومت‌ها به سه روش مشخص می‌شوند که عبارت‌اند از :

۱ــ نوارهای رنگی

۲ــ رمزهای عددی

۳ــ نوشتن مقدار مقاومت

۱ــ تشخیص مقدار مقاومت با استفاده از نوارهای رنگی: مقاومت‌های توان کم دارای ابعاد کوچک هستند به همین دلیل مقدار مقاومت و تلرانس را به وسیله‌ی نوارهای رنگی مشخص می‌کنند که خود این روش به دو شکل صورت می‌گیرد :

الف ــ روش چهارنواری ب ــ روش پنج‌نواری.

روش چهارنواری که معمول‌تر هم است برای تعیین مقاومت‌های با تلرانس ۲٪ به بالا استفاده می‌شود. در این روش از دو رنگ اول برای عدد، رنگ سوم برای ضریب و رنگ چهارم برای تلرانس استفاده می‌شود. چنانچه مقاومت، رنگ چهارم نداشته باشد بی‌رنگ محسوب شده و تلرانس آن‌را ۲۰٪ درنظر می‌گیریم. روش پنج‌نواری نیز برای مقاومت‌های دقیق و خیلی دقیق (تلرانس کم‌تر از ۲٪) استفاده می‌شود.

در این روش سه رنگ اول معرف «عدد»، رنگ چهارم معرف «ضریب» و رنگ پنجم بیانگر «تلرانس» است. نوارهای رنگی مقاومت‌های چهار رنگ و پنج‌رنگ در شکل ۱۹ــ۱ نشان داده شده است.

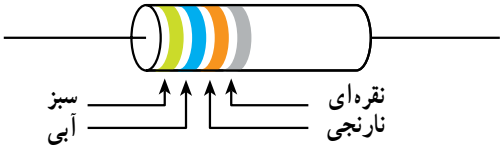
تلرانس	ضریب	عدد	عدد	عدد
نوارپنجم	نوارچهارم	نوار سوم	نوار دوم	نوار اول
	–	۰	۰	۰ سیاه
±۱٪ قهوه‌ای	۰	۱	۱	۱ قهوه‌ای
±۲٪ قرمز	۰۰	۲	۲	۲ قرمز
	۰۰۰	۳	۳	۳ نارنجی
	۰۰۰۰	۴	۴	۴ زرد
±۰/۵٪ سبز	۰۰۰۰۰	۵	۵	۵ سبز
±۰/۲۵٪ آبی	۰۰۰۰۰۰	۶	۶	۶ آبی
±۰/۱٪ بنفش		۷	۷	۷ بنفش
		۸	۸	۸ خاکستری
		۹	۹	۹ سفید

تلرانس	ضریب	عدد	عدد
نوارچهارم	نوار سوم	نوار دوم	نوار اول
	–	۰	۰ سیاه
	۰	۱	۱ قهوه‌ای
±۲٪ قرمز	۰۰	۲	۲ قرمز
	۰۰۰	۳	۳ نارنجی
	۰۰۰۰	۴	۴ زرد
	۰۰۰۰۰	۵	۵ سبز
	۰۰۰۰۰۰	۶	۶ آبی
		۷	۷ بنفش
±۵٪ طلایی	طلایی ۰/۱	۸	۸ خاکستری
±۱۰٪ نقره‌ای	نقره‌ای ۰/۰۱	۹	۹ سفید

شکل ۱۹ــ۱

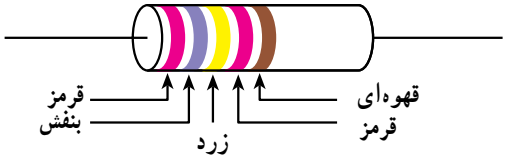
باید توجه نمود که رنگ نوار اول هرگز سیاه نیست و در ضمن اگر نوار رنگی معرف ضریب، طلایی باشد ضریب ۰/۱ و اگر نقره‌ای باشد ضریب ۰/۰۱ است.

مثال ۱: نوارهای رنگی مقاومتی، مطابق شکل روبه‌رو است، مقدار مقاومت و تلرانس آن چه‌قدر است؟



حلّ: $۵۶\times۱۰^{۳}=۵۶K\Omega\pm۱۰٪$

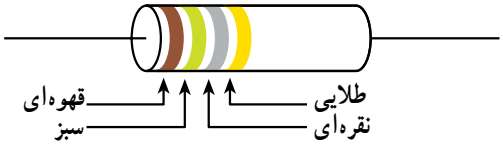
مثال ۲: اگر مقدار مقاومتی $۲/۲K\Omega\pm۵٪$ باشد کدهای رنگی آن‌را مشخص کنید.



حلّ: با توجه به جدول نوارهای رنگی می‌توان نوشت :

(طلایی ــ قرمز ــ قرمز ــ قرمز)

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

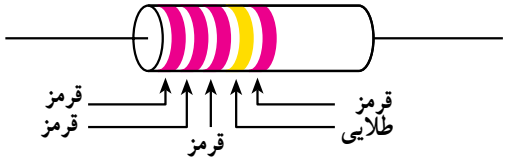


حلّ: $۲۷۴۰۰\Omega\pm۱٪=۲۷/۴K\Omega\pm۱٪$

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

حلّ: $۱۵\times۰/۰۱=۰/۱۵\Omega\pm۵٪$

مثال ۵: مقدار اهم و تلرانس مقاومت پنج‌رنگ روبه‌رو را تعیین کنید :



حلّ : $۲۲۲\times۰/۱=۲۲/۲\Omega\pm۲٪$

۲ــ تشخیص مقدار مقاومت با استفاده از رمز حروف:

روش دیگری که برای نشان دادن مقدار مقاومت‌ها به‌کار می‌رود استفاده از حروف خاصی است که به‌صورت رمز، مقدار و درصد تلرانس مقاومت را بیان می‌کند. در جدول ۲ــ۱ و ۳ــ۱ معانی حروفی که برای ضریب و تلرانس به‌کار می‌روند بیان شده است.

جدول ۲ــ۱ــ معنی حرف ضریب

حرف	R یا E	K	M
ضریب	×۱	$\times(۱۰)^{۳}$	$\times(۱۰)^{۶}$

جدول ۳ــ۱ــ معنی حرف تلرانس

حرف	B	C	D	F	G	H	J	K	M
تلرانس	۰/۱-	۰/۲۵-	۰/۵-	۱-	۲-	۳-	۵-	۱۰-	۲۰-

در این روش حرف اول نشان‌دهنده ضریب و حرف دوم تلرانس مقاومت است، چنان‌چه مقدار عددی مقاومتی دارای ممیز باشد از حرف اول علاوه‌بر مفهوم ضریب به‌عنوان ممیّز هم استفاده می‌شود.

مثال۱: مقدار و تلرانس مقاومتی که به‌صورت رمز بر روی آن ۵R۶K نوشته شده چه‌قدر است؟

حلّ: با توجه به جدول داریم : $R = ۵/۶\Omega \pm ۱۰-$

مثال ۲: مقدار اهم و تلرانس مقاومتی که به‌صورت رمز R۲۷F نشان داده شده را تعیین کنید :

حلّ: $R = ۰/۲۷\Omega \pm ۱-$

مثال ۳: بر روی مقاومتی به‌صورت رمز ۲M۲M نوشته شده است مقدار اهم و تلرانس آن چه‌قدر است؟

حلّ: $R = ۲/۲M\Omega \pm ۲۰-$

مثال ۴: معنای حروف رمز مقاومت ۲۲KK چیست؟

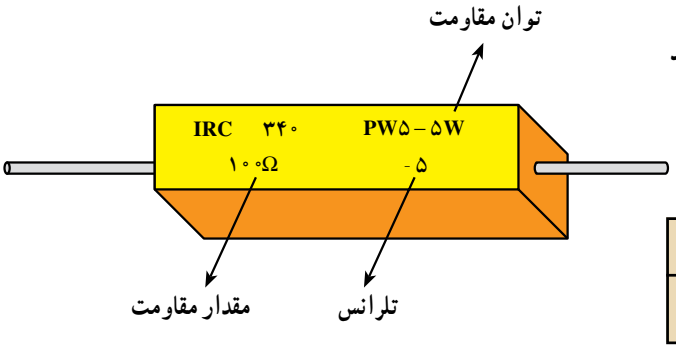
حلّ: K اول معرف $K\Omega$

K دوم معرف ۱۰- ± تلرانس

$R = ۲۲K\Omega \pm ۱۰-$

۳ــ تشخیص مقدار مقاومت با استفاده از مقدار نوشته شده:

در این روش مقدار مقاومت و تلرانس آن مستقیماً روی مقاومت نوشته می‌شود ؛ مانند مقاومت شکل ۲۰ــ۱.



شکل ۲۰ــ۱

۹ــ۱ــ سلف

سلف یا سیم‌پیچ، یک قطعه الکتریکی است که از طریق پیچیدن سیم به شکل حلقه‌ای ساخته می‌شود و می‌تواند انرژی الکتریکی را به صورت میدان‌های الکترو مغناطیسی ذخیره کند. سلف از دو قسمت اصلی تشکیل شده است.

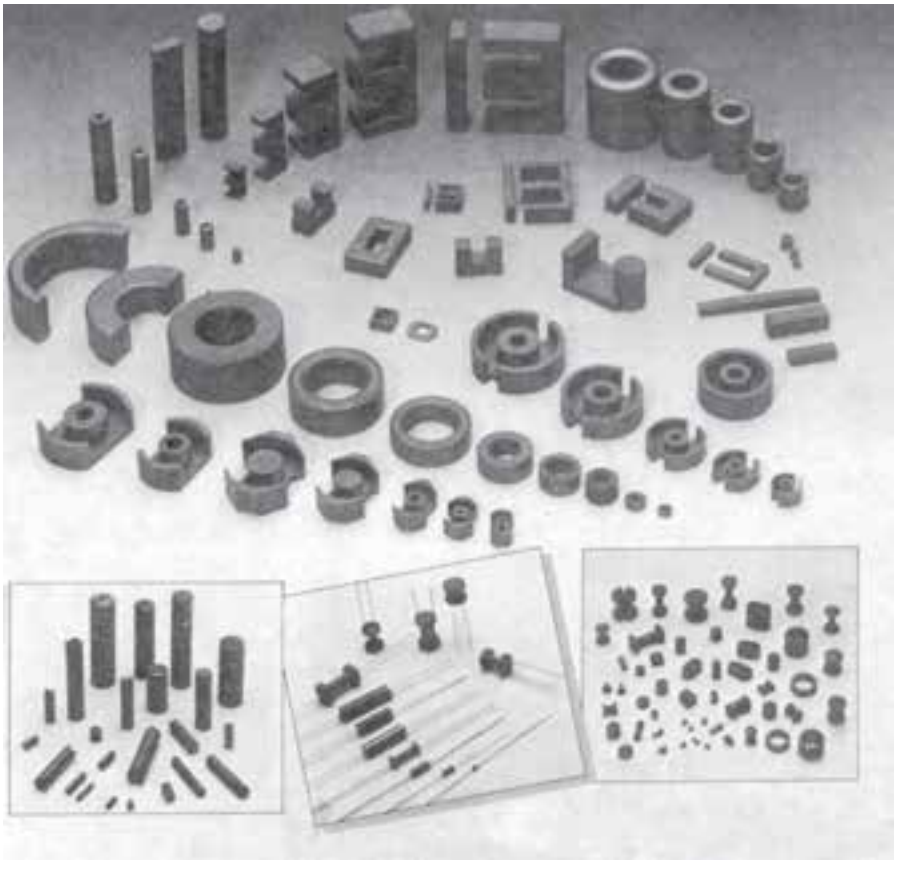
الف ــ سیم‌پیچ: سیم‌پیچ از پیچیدن طول معینی از یک سیم‌هادی با روکش عایق بر روی یک پایه‌ی عایق شکل می‌گیرد.

ب ــ هسته: قسمتی است که درون سیم‌پیچ قرار می‌گیرد تا مسیر مناسبی برای میدان مغناطیسی فراهم آورد. در فرکانس‌های بالا (۵۰مگاهرتز به بالا) به علت استفاده از سلف‌های با خودالقایی کم جنس هسته از هوا است.

در شکل ۲۱ــ۱ نمونه‌هایی از سلف‌ها و ترانس‌های کوچک نشان داده شده است. در سلف‌های با خودالقایی زیاد در صورتی‌که هسته از هوا باشد ابعاد سلف بزرگ می‌شود، بنابراین، هسته‌ی مناسب در صنعت الکترونیک فریت‌ها هستند. در شکل۲۲ــ۱ 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.

فریت: به‌طورکلی اصطلاح «فریت» به مواد سرامیکی‌ای گفته می‌شود که دارای خواص فرومغناطیس باشند. فریتی که در سلف‌ها بیش‌تر استفاده می‌شود در شمار فریت‌های نرم[1] هستند.

شکل ۲۱ــ۱



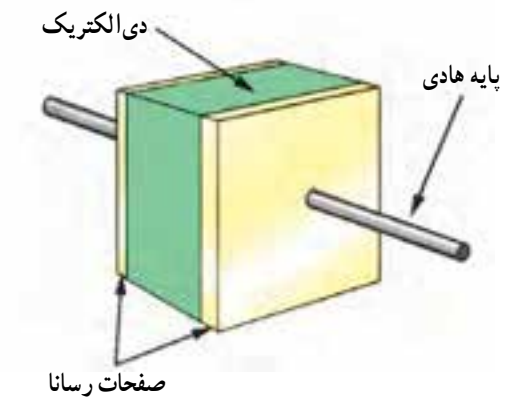
شکل ۲۲ــ۱ــ نمونه‌هایی از فریت‌های آماده برای سلف‌ها و ترانسفورماتورهای کوچک

۱ــ فرمول فریت نرم MFe_2O_3

۱۰ــ۱ــ خازن

خازن المانی است که انرژی الکتریکی را توسط میدان الکترواستاتیکی (بارالکتریکی) در خود ذخیره می‌نماید. ساختمان داخلی خازن از دو قسمت اصلی تشکیل شده است :

الف ــ صفحات هادی ب ــ عایق بین هادی‌ها (دی‌الکتریک).



شکل ۲۳ــ۱

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

هرچه ضریب دی‌الکتریک یک ماده‌ی عایق بزرگ‌تر باشد آن دی‌الکتریک دارای خاصیت عایقی بهتر است.

در جدول ۴ــ۱ مقدار ضریب دی‌الکتریک چند نوع عایق آمده است.

برای مثال، با دقت در جدول ۴ــ۱ می‌توان دریافت که خاصیت عایقی اکسیدآلومینیوم ۷ برابر خاصیت عایقی هوا است.

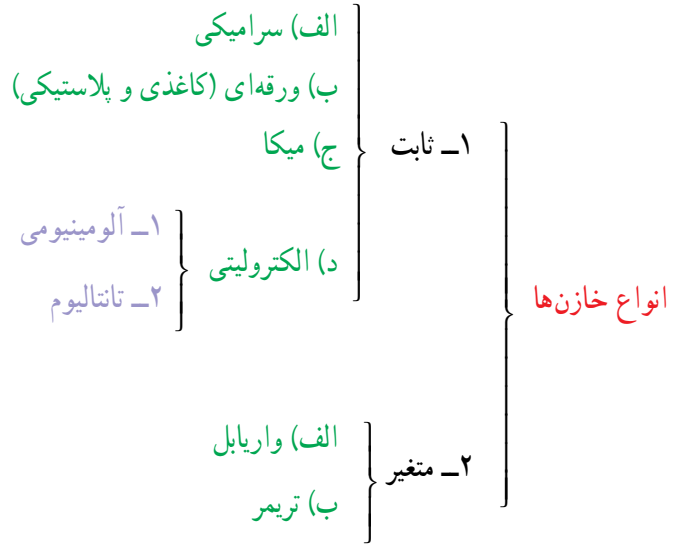
جدول ۴ــ۱ــ ضریب دی‌الکتریک چندماده

نوع عایق	ضریب دی‌الکتریک
هوا یا خلأ	۱
اکسید آلومینیوم	۷
سرامیک	۸۰۰ــ۱۲۰۰
شیشه	۵/۵ــ۱۰
میکا	۳ــ۸
روغن	۲ــ۵
پلی استر	۲/۵
کوارتز	۳/۴ ــ ۴/۲
پارافین	۲ــ۲/۲
کاغذ	۲ــ۶
فیبر	۳ــ۵
اکسید تانتالیوم	۲۶

توجه: نیازی نیست هنرجویان اعداد مندرج در جدول ۴ــ۱را به خاطر بسپارند. در صورت طرح سؤال لازم است جدول در اختیار هنرجو قرار گیرد.

۱۱ــ۱ــ انواع خازن‌ها

خازن‌ها به دو دسته‌ی کلی «ثابت» و «متغیر» تقسیم‌بندی می‌شوند. خازن‌های ثابت و متغیر را نیز می‌توان به این‌صورت تقسیم‌بندی نمود :



۱۲ــ۱ــ خازن‌های ثابت

این خازن‌ها دارای ظرفیت معینی هستند که در وضعیت معمولی تغییر پیدا نمی‌کنند. خازن‌های ثابت را براساس نوع ماده‌ی دی‌الکتریک به‌کار 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»[۱] را نام برد.

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

۱ــ۱۲ــ۱ــ خازن‌های سرامیکی: خازن سرامیکی[۲] معمول‌ترین خازن غیرالکترولیتی است که در آن دی‌الکتریک به‌کار رفته از جنس سرامیک است. ثابت دی‌الکتریک سرامیک بالاست ؛ از این‌رو امکان ساخت خازن‌های با ظرفیت زیاد در اندازه‌ی کوچک را در مقایسه با سایر خازن‌ها به‌وجود آورده، در نتیجه ولتاژ کار آن‌ها نیز بالا خواهد بود. ظرفیت خازن‌های سرامیکی معمولاً بین ۵ PF تا ۰/۱μF است. این نوع خازن‌به‌صورت 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 ۲۴ــ۱ و ۲۵ــ۱ نمونه‌هایی از این خازن نشان داده شده است.

۱ــ Film

۲ــ Ceramic capacitor

شکل ۲۴ــ۱ ــ نمونه‌هایی از خازن سرامیکی

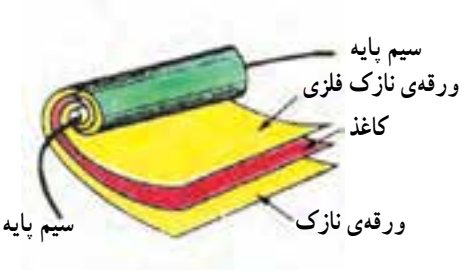
شکل ۲۵ــ۱ــ انواع خازن‌های سرامیکی و کاغذی

۲ــ۱۲ــ۱ــ خازن‌های ورقه‌ای: در خازن‌های ورقه‌ای از کاغذ و مواد پلاستیکی به سبب انعطاف‌پذیری آن‌ها، برای دی‌الکتریک استفاده می‌شود. این گروه از خازن‌ها خود به دوصورت ساخته می‌شوند.

الف ــ 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 ۲۵ــ۱ شکل ظاهری و در شکل ۲۶ــ۱ ساختمان داخلی خازن کاغذی نشان داده شده است.

(الف)



(ب)

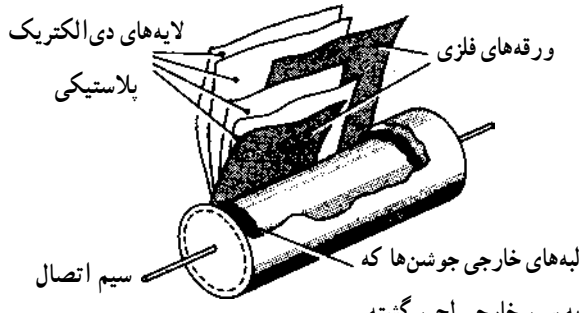
شکل ۲۶ــ۱ــ ساختمان داخلی و شکل ظاهری خازن کاغذی

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 از آن‌ها استفاده کرد.

ب ــ خازن‌های پلاستیکی: در این نوع خازن از ورقه‌های نازک پلاستیک برای دی‌الکتریک استفاده می‌شود. ورقه‌های پلاستیکی همراه با ورقه‌های نازک فلزی (آلومینیومی) به‌صورت لوله، در درون قاب پلاستیکی بسته‌بندی می‌شوند.

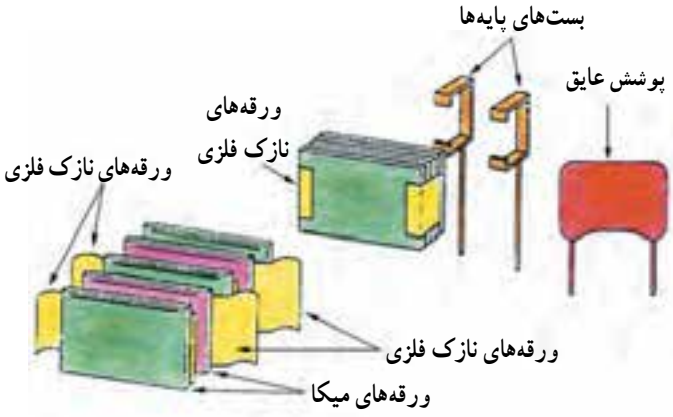
امروزه این نوع خازن‌ها به دلیل داشتن مشخصات خوب در مدارات زیادی به‌کار می‌روند. این خازن‌ها نسبت به تغییرات دما حساسیت زیادی ندارند؛ به همین سبب از آن‌ها در مداراتی استفاده می‌کنند که احتیاج به خازنی با ظرفیت ثابت در مقابل حرارت باشد. یکی از انواع دی‌الکتریک‌هایی که در این خازن‌ها به‌کار می‌رود پلی استایرن[1] 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 ۲۷ــ۱ ساختمان داخلی خازن پلاستیکی را می‌بینید.



شکل ۲۷ــ۱ــ ساختمان خازن پلاستیکی

۳ــ۱۲ــ۱ــ خازن‌های میکا: در این نوع خازن از ورقه‌های نازک میکا در بین صفحات خازن (ورقه‌های فلزی ــ آلومینیوم) استفاده می‌شود و در پایان، مجموعه در یک محفظه قرار داده می‌شوند تا از اثر رطوبت جلوگیری شود. ظرفیت خازن‌های میکا تقریباً بین ۰/۰۱ تا ۱ میکروفاراد است. از ویژگی‌های اصلی و مهم این خازن‌ها می‌توان داشتن ولتاژ کار بالا، عمر کارکرد طولانی و کاربرد در مدارات فرکانس بالا را نام برد. درشکل ۲۸ــ۱ تصویر ساختمان داخلی این خازن نشان داده شده است.



شکل ۲۸ــ۱ــ ساختمان داخلی خازن میکا

۴ــ۱۲ــ۱ــ خازن‌های الکترولیتی: از خازن‌های الکترولیتی به‌دلیل قابلیتی که در ساخت آن‌ها وجود دارد برای ظرفیت‌های بالا استفاده می‌کنند. داشتن ظرفیت زیاد در آن‌ها ناشی از به‌کار 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 الکترولیتی 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 به‌صورت معکوس اتصال داده شود دی‌الکتریک آن از بین رفته و خازن تبدیل به یک هادی می‌شود؛ سپس محلول الکترولیت خازن تجزیه می‌گردد و در اثر گاز ایجاد شده در محفظه، منفجر می‌شود.

امروزه نوع خاصی خازن الکترولیتی ساخته شده است که پلاریته ندارد و می‌توان در هر دو جهت (در ولتاژ AC) استفاده

۱ــ Polystyrene

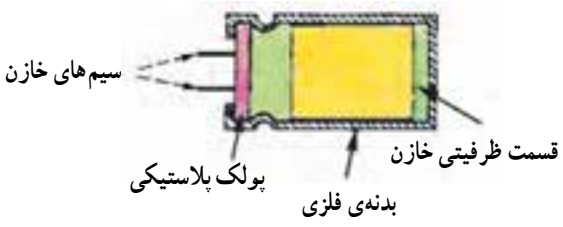
نمود. از این خازن‌ها در مدارات راه‌انداز موتورها و مدارات نوسان‌ساز صوتی استفاده می‌شود. خازن‌های الکترولیتی در دو نوع «آلومینیومی» و «تانتالیومی» ساخته می‌شوند.

الف ــ 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 بدین‌صورت 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 ۲۹ــ۱ نحوه‌ی پیچیدن ورقه‌ها را ملاحظه می‌کنید.

شکل ۲۹ــ۱ــ طرز قرارگرفتن ورقه‌های آلومینیوم

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



شکل ۳۰ــ۱ــ ساختمان داخلی خازن الکترولیتی

هنگامی‌که 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 بالابودن جریان 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 ۳۱ــ۱ اندازه‌های مختلفی از خازن‌های آلومینیومی و علایم اختصاری آن نشان داده شده است.

شکل ۳۱ــ۱ــ نمونه‌هایی از خازن‌های الکترولیتی و علائم اختصاری آن‌ها

ب ــ خازن‌های تانتالیوم: در این نوع خازن به‌جای آلومینیوم از فلز تانتالیوم استفاده می‌شود. زیاد بودن ثابت دی‌الکتریک اکسید تانتالیوم نسبت به اکسید آلومینیوم (حدوداً ۳ برابر) سبب می‌شود خازن‌های تانتالیومی نسبت به نوع آلومینیومی در حجم مساوی دارای ظرفیت بیش‌تری باشند.

شکل ۳۲ــ۱ــ شکل ظاهری چند خازن تانتالیوم

محاسن خازن تانتالیومی نسبت به نوع آلومینیومی بدین قرار است :

الف ــ ابعاد کوچکتر ب ــ جریان نشتی کم‌تر ج ــ عمر کارکرد طولانی.

از جمله معایب این نوع خازن‌ها در مقایسه با خازن‌های آلومینیومی عبارت‌اند از :

الف ــ خازن‌های تانتالیوم گران‌تر هستند،

ب ــ نسبت به افزایش ولتاژ اعمال شده در مقابل ولتاژ مجاز آن، هم‌چنین معکوس شدن پلاریته حساس‌ترند،

ج ــ قابلیت تحمل جریان‌های شارژ و دشارژ زیاد را ندارند،

د ــ خازن‌های تانتالیوم دارای محدودیت ظرفیت هستند (حداکثرتا ۳۳۰ میکروفاراد ساخته می‌شوند).

۱۳ــ۱ــ خازن‌های متغیر

به‌طورکلی با تغییر سه عامل می‌توان ظرفیت خازن را تغییر داد : «فاصله‌ی صفحات»، «سطح صفحات» و «نوع دی‌الکتریک».

اساس کار خازن متغیر بر مبنای تغییر سطح مشترک صفحات خازن یا تغییر ضخامت دی‌الکتریک است، همان‌گونه که پیش از این مشاهده کردیم ظرفیت یک خازن نسبت مستقیم با سطح مشترک دو صفحه‌ی خازن دارد. خازن‌های متغیر عموماً از نوع عایق هوا یا پلاستیک هستند. در شکل ۳۳ــ۱ دو نوع خازن متغیر را به همراه علایم اختصاری آن‌ها مشاهده می‌کنید. نوعی را که به وسیله‌ی دسته‌ی متحرک (محور) عمل تغییر ظرفیت انجام می‌شود «واریابل»[1] نامند و در نوع دیگر این عمل به وسیله‌ی پیچ‌گوشتی صورت می‌گیرد که به آن «تریمر»[2] گویند. محدوده‌ی تغییرات ظرفیت خازن‌های واریابل ۱۰ تا ۴۰۰ پیکوفاراد و در خازن‌های تریمر از ۵ تا ۳۰ پیکوفاراد است. از این خازن‌ها در گیرنده‌های رادیویی برای تنظیم فرکانس ایستگاه رادیویی استفاده می‌شود.

الف ــ انواع خازن‌های تریمر و علامت اختصاری آن

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

شکل ۳۳ــ۱

۱۴ــ۱ــ تشخیص مقدار ظرفیت خازن

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

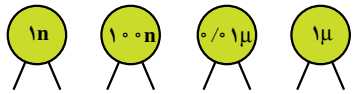
۱ــ نوشتن مقدار ظرفیت ۲ــ رمزهای عددی ۳ــ نوارهای رنگی.

۱ــ 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

۱ــ Variable

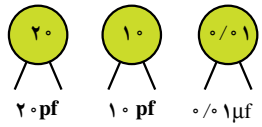
۲ــ Trimmer

ظرفیت وجود ندارد (شکل ۳۴ــ۱).



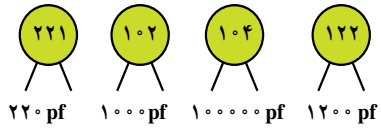
شکل ۳۴ــ۱

۲ــ 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 ۳۵ــ۱).



شکل ۳۵ــ۱

در حالتی که عدد ظرفیت بزرگ‌تر از واحد است (به‌ویژه در مورد خازن‌های سرامیکی و عدسی و برای ۱۰۰ پیکوفاراد به بالا) معمولاً عدد ظرفیت به‌صورت یک عدد سه‌رقمی مشخص می‌شود که دو رقم اول «عدد» و رقم سوم «ضریب» (تعداد صفر) رامشخص می‌کند (شکل ۳۶ــ۱).



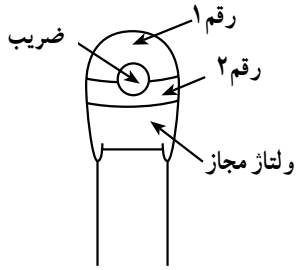
شکل ۳۶ــ۱

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

۳ــ تشخیص مقدار ظرفیت با کمک نوارهای رنگی: مقدار ظرفیت خازن‌ها گاهی به وسیله‌ی نوارها یا نقطه‌های رنگی مشخص می‌شود. معانی رنگ‌ها برای ارقام و ضرایب، همانند معانی رنگ‌ها در مقاومت‌هاست، اما روش تعیین ظرفیت خازن، تلرانس و ولتاژ کار از روی نوارهای رنگی در خازن‌های مختلف تفاوت دارند؛ به همین دلیل در این‌جا برای نمونه فقط جدول نوارهای رنگی و نحوه‌ی قرائت در خازن‌های تانتالیوم درج گردیده است.

۱۵ــ۱ــ نوارهای رنگی خازن‌های تانتالیوم

تعیین مقدار ظرفیت خازن‌های تانتالیوم روش مخصوصی دارد که با توجه به شکل و جدول ۵ ــ۱ چگونگی محاسبه‌ی ظرفیت این نوع خازن‌ها مشخص شده است.



جدول ۵ ــ۱ــ جدول خازن تانتالیوم

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

مثال: با توجه به کدهای رنگی مشخص شده در شکل روبه‌رو، ظرفیت خازن تانتالیوم را تعیین کنید.

حلّ: با توجه به جدول کدهای رنگی می‌توان نوشت :

ظرفیت خازن $C = ۱۵ \times ۱۰^{۲} = ۱۵۰۰ \mu F$

ولتاژ خازن $V = ۶/۳ V$

پرسش

۱ــ در بحث الکترونیک کاربردی منظور از بخش قدرت و فرمان در مدارهای الکتریکی چیست؟

۲ــ منظور از تلرانس در مقاومت‌ها چیست و به چند گروه تقسیم‌بندی می‌شود؟

۳ــ مقاومت حفاظتی به چه مقاومت‌هایی گفته می‌شود؟ چرا؟

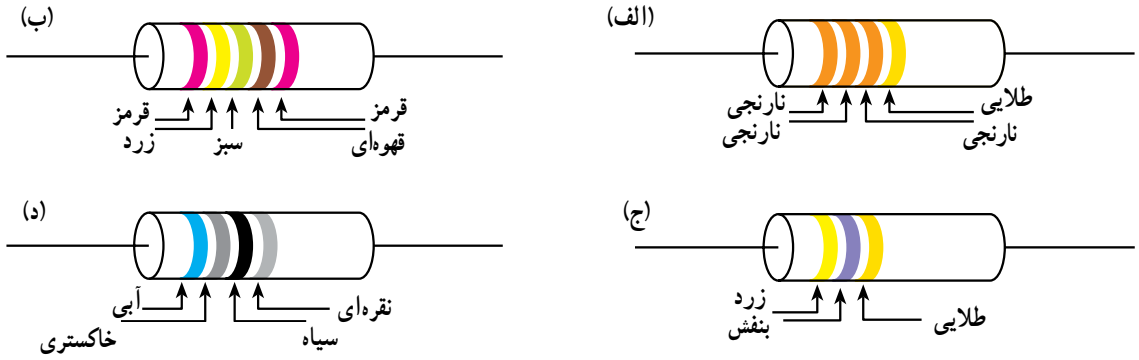
۴ــ اصطلاح «بی‌فیلار» در مقاومت‌های سیمی به چه معناست؟

۵ ــ مقاومت‌های PTC و NTC به چه مقاومت‌هایی گفته می‌شود؟

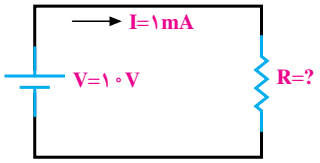
۶ــ محدوده‌ی تغییرات مقاومتی فتورزیستور چه‌قدربوده، نحوه‌ی عملکرد آن چگونه است؟

۷ــ سری‌های استانداردی $E_{۶}$ ، $E_{۱۲}$ و $E_{۲۴}$ بیانگر چه مفهومی هستند؟ مختصراً توضیح دهید.

۸ ــ مقدار و تلرانس مقاومت‌های زیر را تعیین کنید.



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



۱۰ــ چرا در سری $E_{۱۲}$ ضریب ۱/۱ و یا در سری $E_{۲۴}$ ضریب ۱/۴ وجود ندارد؟

۱۱ــ مقدار اهم و تلرانس مقاومت‌های زیر را تعیین کنید :

الف ــ ۴K۷J　　ب ــ ۱M۱D

ج ــ R۱۰G　　د ــ ۶۸KM

۱۲ــ سلف را تعریف کرده، توضیح دهید چرا در فرکانس‌های بالا سلف‌ها را بدون هسته‌ی آهنی می‌سازند؟

۱۳ــ منظور از دی‌الکتریک چیست؟ چهار دی‌الکتریک مناسب را نام ببرید.

۱۴ــ از جمله معایب خازن‌های سرامیکی چیست؟ کاربرد این خازن‌ها در کجاست؟

۱۵ــ انواع خازن‌های ورقه‌ای را نام برده، به‌اختصار درباره‌ی هریک توضیح دهید.

۱۶ــ خازن‌های قطبی به چه خازن‌هایی گفته می‌شود؟ چرا؟

۱۷ــ ساختمان داخلی انواع خازن‌های الکترولیتی را به‌اختصار توضیح داده، دو مورد از خصوصیات آن‌را بنویسید.

۱۸ــ خازن‌های تریمر و واریابل چگونه خازن‌هایی هستند؟

۱۹ــ ظرفیت خازن‌های زیر را تعیین کنید.

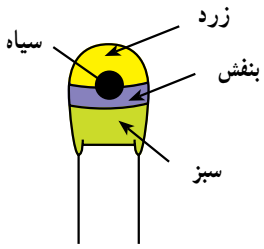
(الف)

(ب)

(ج)

(د)

(هـ)



(و)