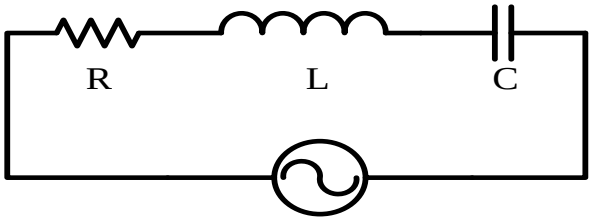
مدارهای الکتریکی

مبانی نظری و مفاهیم کاربردی



مترجمین:

سید زین العابدین موسوی **پرویز امیری**

اعضای هیأت علمی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی

محمد صادق میرزاجانی دارستانی

عضو باشگاه پژوهشگران و نخبگان جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد پرند

سرشناسه	:	سعید، خالد Saeed, Khalid
عنوان و نام پدیدآور	:	مدارهای الکتریکی: مبانی نظری و مفاهیم کاربردی/[خالد سعید] ؛ مترجمین سیدزین‌العابدین موسوی، پرویز امیری، محمدصادق میرزاجانی دارستانی.
مشخصات نشر	:	تهران: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری	:	د، ۴۱۲ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	:	۹۷۸-۶۰۰-۹۹۶۶۹-۴-۳
وضعیت فهرست نویسی	:	فیپا
یادداشت	:	عنوان اصلی:.Electric circuits and systems with solved problems, 2005
یادداشت	:	کتابنامه: ص. ۳۹۴.
موضوع	:	مدارهای برقی
موضوع	:	Electric circuits
موضوع	:	مدارهای برقی -- مسائل، تمرین‌ها و غیره
موضوع	:	Electric circuits -- Problems, exercises, etc.
موضوع	:	برق -- شبکه‌ها
موضوع	:	Electric networks
شناسه افزوده	:	موسوی، سیدزین‌العابدین، ۱۳۳۳ -، مترجم
شناسه افزوده	:	امیری، پرویز، ۱۳۴۸ -، مترجم
شناسه افزوده	:	میرزاجانی دارستانی، محمدصادق، ۱۳۶۸ - ، مترجم
شناسه افزوده	:	دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی
شناسه افزوده	:	Shahid Rajaee Teacher Training University
رده بندی کنگره	:	۱۳۹۷ ۴م۷س/TK۴۵۴
رده بندی دیویی	:	۶۲۱/۳۱۹۲
شماره کتابشناسی ملی	:	۵۱۹۶۵۸۰

دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

عنوان	:	مدارهای الکتریکی مبانی نظری و مفاهیم کاربردی
مترجمین	:	دکتر سیدزین العابدین موسوی و دکتر پرویز امیری، اعضای هیأت علمی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، محمدصادق میرزاجانی دارستانی، عضو باشگاه پژوهشگران و نخبگان جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد پرند
ویراستار علمی	:	دکتر علی زنگنه، عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی
ویراستار ادبی	:	عاطفه نجیبی
نوبت چاپ	:	اول- بهار ۱۳۹۷
انتشارات	:	دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی
لیتوگرافی	:	فرانقش
چاپ	:	شریف
طراح جلد	:	عباس مرادی
ناظر چاپ	:	محمد معتمدی نژاد
صفحه‌آرا	:	محمد جواد رحیمیان
کارشناسان	:	نیره فیروزی/ طاهره کیاء/ علی رضایی اهوانوئی
شمارگان	:	۱۰۰۰ جلد
قیمت	:	۳۰۰,۰۰۰ ریال
شابک	:	۹۷۸-۶۰۰-۹۹۶۶۹-۴-۳ ISBN: 978-600-99669-4-3

کلیهٔ حقوق این اثر برای مؤلفان و مترجمان و دانشگاه تربیت دبیر شهیدرجائی محفوظ است.

نشانی: تهران، لویزان – کد پستی ۱۶۷۸۸-۱۵۸۱۱ – صندوق پستی ۱۶۳ – ۱۶۷۸۵ – تلفن: (۲۶۳۲) ۹ – ۲۲۹۷۰۰۶۰، ۲۲۹۷۰۰۷۰، تلفکس: ۲۲۹۷۰۰۴۲، پست الکترونیکی: Publish@sru.ac.ir، وب سایت: http://Publish.sru.ac.ir

سخن مترجمین:

مدارهای الکتریکی را می‌توان به عنوان پلی جهت گذر از کشور سرسبز و پر رمز و راز علم به جزیره مصنوعی و بسیار سودمند مهندسی برق دانست. لذا این درس در مهندسی برق پر اهمیت-ترین موضوع به لحاظ وسعت کاربری و عمق نفوذ به حساب می‌آید، به کمک آن هر پدیده را می‌توان به زبان شیوای علمی بیان و مورد سنجش و ارزیابی دقیق و اتخاذ تصمیم شایسته قرار داد. لذا این موضوع درسی در برنامه‌ریزی دانشگاهی به عنوان درس " اصلی" معرفی و با نهایت اهمیت و جایگاه در مراکز علمی معتبر به آن می‌نگرند و در دو نیمسال متوالی تدریس می‌گردد. از طرفی مفاهیم به‌کار رفته در این درس برای افرادی که در هر سطحی بخواهند در این صنعت اشتغال داشته باشد، کاملاً ضروری است.

کتاب‌های مرجع در این میان آن چنان با دقت و وسواس به جزییات می‌پردازند که از مفاهیم کلی غافل مانده، فلسفه و جایگاه درس هم به فراموشی سپرده می‌شود. این مراجع در حیطه درک دارای اهمیت شایان هستند. در مقابل برخی مراجع با توجه به مخاطب خاص هیچ‌گونه توجهی به مفاهیم پایه پر اهمیت نداشته و تنها به نکات کاربردی اکتفا می‌نمایند. که نتیجه‌اش در حیطه مهارت‌ورزی قابل قبول می‌تواند باشد.

مترجمان اعضای هیات علمی دانشکده برق دانشگاه شهید رجایی و عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد پرند، که علاوه بر نگاه مهندسی خود را به مفاهیم فرادهی و فراگیری به‌صورت موضوعی می‌نگرند، بر اساس تجربیات اندوخته از تدریس مدارهای الکتریکی ۱و ۲ در بیش از دو دهه با مشکلات دانشجویان در دوره‌های کارشناسی پیوسته، ناپیوسته و کاردانی به خوبی آگاه هستند، کتاب مدارها و سیستم‌های الکتریکی تالیف دکتر خالد سعید را به لحاظ ایجاز و جامعیت به عنوان یک مرجع در هر یک از مقاطع مورد اشاره نافع تشخیص داده‌اند. به امید آن‌که بتواند هم‌زمان در جهت درک مفاهیم پایه و ماندگاری آن‌ها و نکات کلی و کاربردی نقش سازنده‌ای داشته باشد. از استادان خردمند و نکته‌سنج و دانشجویان پر تلاش درخواست دارد، ضمن بذل توجه به اهداف مولف و ناشر دانشگاهی و مترجمان، هرگونه ایراد، کمبود و نظرات اصلاحی را به نشانی الکترونیکی mohammadsadegh.mirzajani@yahoo.com ارسال تا ضمن بهره‌گیری موجبات سپاس مترجمان را فراهم و آنها را مرهون بزرگواری خود نمایند.

در انتها بر خود وظیفه می‌دانیم که از زحمات و تلاش‌های خالصانه خانم‌ها علیرضایی و احسان-بخش (دانشجویان دانشکده برق دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی) که ما را در رسم مجدد شکل‌های این کتاب یاری رساندند تقدیر و تشکر نمائیم.

سید زین العابدین موسوی- پرویز امیری- محمد صادق میرزاجانی دارستانی
بهار ۱۳۹۷ خورشیدی

فهرست

عنوان	صفحه
فصل ۱– اصول و مفاهیم مدارهای الکتریکی	
مقدمه	۲
۱-۱ میدان الکتریکی E	۲
۱-۲ پتانسیل الکتریکی V	۳
۱-۳ خازن‌ها C	۴
۱-۴ جریان الکتریکی (I)	۹
۱-۵ مقاومت‌ها (R)	۱۱
۱-۶ قانون اُهم	۱۳
۱-۷ منابع انرژی الکتریکی	۱۴
۱-۸ میدان مغناطیسی و القاگرها	۱۷
۱-۹ R، L و C حقیقی	۲۰
۱-۱۰ توان و انرژی الکتریکی	۲۱
۱-۱۱ تعاریف الکتریکی	۲۳
۱-۱۲ ساختار و پیکره‌بندی مدار	۲۶
۱-۱۳ طبقه‌بندی مدارها و سیستم‌ها	۲۷
۱-۱۴ پرسش‌ها، مسائل و آزمون	۳۲
فصل ۲– مدار با تحریک ثابت	
مقدمه	۴۴
۲-۱ قوانین کیرشهف	۴۴
۲-۲ ساده‌سازی شبکه	۵۵
۲-۳ تحلیل مدارهای .D.C- روش جریان شاخه	۶۴
۲-۴ رویکرد جریان حلقه	۶۷
۲-۵ رویکرد ولتاژ گره	۸۱
۲-۶ خازن‌ها و القاگرها در مدارهای .d.c	۹۰
۲-۷ پرسش‌ها، مسائل و آزمون	۹۳
فصل ۳– قضایای شبکه	
مقدمه	۱۲۴
۳-۱ مفهوم خطی بودن— شکل دیگری از قضیه جمع آثار	۱۲۴
۳-۲ اثبات قضیه جمع آثار	۱۲۷
۳-۳ قضیه تونن	۱۲۹
۳-۴ اثبات قضیه تونن	۱۳۳

۳-۵ قضیه نورتون ۱۳۵
۳-۶ قضیه هم‌پاسخی ۱۳۹
۳-۷ قضیه جانشینی ۱۴۲
۳-۸ یک نتیجه از قضیه جانشینی ۱۴۲
۳-۹ قضیه میلمَن— یک نتیجه از رویکرد ولتاژ گره ۱۴۴
۳-۱۰ قضیه انتقال بیشترین توان ۱۴۷
۳-۱۱ پرسش‌ها، مسائل و آزمون ۱۵۴

فصل ۴– جریان متناوب: سیگنال‌های سینوسی

مقدمه ۱۸۰
۴-۱ شکل موج‌ها و سیگنال‌های متناوب ۱۸۰
۴-۲ مدارهای سینوسی .A.C ۱۸۴
۴-۳ عناصر مدارهای .a.c ۱۸۵
۴-۴ مدارهای *RLC* در حالت .a.c ۱۹۴
۴-۵ مقادیر میانگین و موثر (*rms*) ۲۰۰
۴-۶ توان .A.C ۲۰۶
۴-۷ پرسش‌ها، مسائل و آزمون ۲۱۳

فصل ۵– مدار با تحریک هارمونیک

مقدمه ۲۱۸
۵-۱ جبر مختلط ۲۱۸
۵-۲ نمایش اعداد مختلط ۲۲۰
۵-۳ نمایش مختلط کمیت‌های الکتریکی ۲۲۳
۵-۴ مدارهای RLC— نمایش فازوری ۲۲۹
۵-۵ بیان توان به کمک نشانگر *j* ۲۳۵
۵-۶ ساده‌سازی شبکه .A.C ۲۳۷
۵-۷ قوانین کیرشهف ۲۴۱
۵-۸ قوانین تقسیم ولتاژ و جریان ۲۴۳
۵-۹ روش جریان حلقه ۲۴۵
۵-۱۰ روش ولتاژ گره ۲۴۷
۵-۱۱ قضیه جمع آثار ۲۴۸
۵-۱۲ قضیه تونن ۲۵۱
۵-۱۳ قضیه نورتون ۲۵۱
۵-۱۴ قضیه انتقال بیشترین توان ۲۵۲
۵-۱۵ پرسش‌ها، مسائل و آزمون ۲۵۹

فصل ۶– تشدید

مقدمه ۲۸۰
۶-۱ مفاهیم نظری ۲۸۰
۶-۲ مدارهای تشدید سری ۲۸۱
۶-۳ مدارهای تشدید موازی ۲۹۶
۶-۴ مدار مخزن و انرژی در مدارهای LC ۲۹۸
۶-۵ مدارهای تشدید عملی و کاربرد آنها ۲۹۹
۶-۶ مفهوم تشدید و فیلترهای الکتریکی ۳۰۵
۶-۷ پرسش‌ها، مسائل و آزمون ۳۰۸

فصل ۷– شبکه‌های دو درگاهی

مقدمه ۳۱۸
۷-۱ رفتار شبکه‌های دارای دو درگاه در مقایسه با سیستم‌های دارای یک درگاه ۳۱۹
۷-۲ نمایش اَمپدانس $[Z]$ ۳۲۰
۷-۳ نمایش هدایت ظاهری $[Y] = [Z]^{-1}$ ۳۲۱
۷-۴ نمایش انتقال $[T]$ (رابطه i/p-o/p) ۳۲۲
۷-۵ یک نمایش انتقال دیگر (رابطه $[T]^{-1}$ – o/p-i/p) ۳۲۳
۷-۶ نمایش هیبریدی $[H]$ ۳۲۴
7-7 یک نمایش هیبریدی دیگر $[H]^{-1}$ ۳۲۵
۷-۸ تعیین مولفه‌های ماتریس ۳۲۵
۷-۹ روابط بین ماتریس‌های شبکه ۳۳۶
۷-۱۰ پرسش‌ها، مسائل و آزمون ۳۴۰

فصل ۸– پاسخ حالت گذرا

مقدمه ۳۵۴
۸-۱ ویژگی گذرا ۳۵۶
۸-۲ مدار RC ۳۵۶
۸-۳ مدار RL ۳۶۲
۸-۴ حالت گذرا در مدارهای RLC ۳۶۹
۸-۵ مدارهای گذرای A.C. ۳۷۳
۸-۶ پرسش‌ها، مسائل و آزمون ۳۷۷

مراجع ۳۹۰

واژه‌نامه و نمایه ۳۹۴

فهرست علائم و اختصارات

ولتاژ	V
جریان	I
مقاومت	R
خازن	C
القاگر	L
بار الکتریکی	Q
ضریب کیفیت	Q
چگالی جریان	J
توان الکتریکی	P
فرکانس	F
هرتز	HZ
ولت آمپر رِاَکتیو	VAR
توان ظاهری	S
ضریب توان	P.F.
جریان متناوب	A.C.
جریان مستقیم	D.C.
پهنای باند	BW

فصل اول

اصول و مفاهیم مدارهای الکتریکی

مقدمه

در این فصل پیش‌زمینه و تاریخچه‌ای کلی درباره میدان‌های الکترواستاتیکی، الکتریکی و مغناطیسی ارائه خواهیم کرد. فرض بر این است که دانشجویان با مفهوم فیزیکی بارهای الکتریکی آشنا بوده و درباره رسانایی و القاء از دانش اولیه برخوردار هستند. با این‌حال، تعاریف ضروری و قوانین حاکم بر کمیت‌های الکتریکی به اختصار ارائه می‌گردد.

۱-۱ میدان الکتریکی E

برای شناخت میدان الکتریکی و شدت آن، ابتدا نیروی الکتریکی بین بارها را تعریف می‌کنیم. بر طبق قانون کولن[۱]، نیروی الکتریکی F بین دو بار q_1 و q_2 دارای رابطه مستقیم با حاصل‌ضرب مقادیر بارها و رابطه معکوس با مربع فاصله بین مراکز جرم آنها (r) دارد.

$$F \propto \frac{q_1 . q_2}{r^2} \quad \text{یا} \quad F = k\frac{q_1 . q_2}{r^2} \qquad (۱-۱)$$

اگر q_1 و q_2 بر حسب کولن محاسبه شده باشند [C] و r بر حسب متر باشد [m]، در این‌صورت F بر حسب نیوتن [N] خواهد بود. k مقدار ثابت در تناسب مورد نظر بوده و در فضای آزاد که $\varepsilon_0 \approx ۸/۸۵۴\times۱۰^{-۱۲}\mathrm{C}^2/\mathrm{N.m}^2$ ضریب نفوذ فضای آزاد است، دارای مقدار $۱/۴\pi\varepsilon_0 = ۹\times۱۰^۹\ \mathrm{N.m}^2/\mathrm{C}^2$ است.

ناحیه اطراف بار q (یا جرم باردار)، که در آن نیروی الکتریکی F قابل مشاهده است، میدان الکتریکی نامیده می‌شود. بزرگی این میدان، شدت میدان الکتریکی نامیده می‌شود و با حرف E نشان داده شده و به کمک نیروی F وارد بر یک ذره باردار (یک واحد بار مثبت) $q_.$ به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$E = \frac{F}{q_.} \qquad (۲-۱)$$

واحد شدت میدان الکتریکی [N/C] است. از آنجایی‌که F یک بردار و $q_.$ یک اسکالر هست، بنابراین E یک بردار خواهد بود. جهت بردار E هم‌راستای بردار F است.

۱- Charles De Coulomb (۱۷۳۶-۱۸۰۶)، فیزیکدان فرانسوی. قانون او در سال ۱۷۸۵ به چاپ رسید.

توجه داشته باشید که ذره باردار $q.$ بسیار کوچک است–حداقل بسیار کوچکتر از بار اصلی q که میدان الکتریکی را ایجاد می‌کند- اما همچنان از بار الکتریکی الکترون که دارای مقدار $۱/۶\times ۱۰^{-۱۹}\mathrm{C}$ هست، بزرگتر است.

از معادله‌های (۱-۱) و (۱-۲) و با فرض اینکه یکی از بارهای الکتریکی $q_۱$ یا $q_۲$ برابر q و بار دوم بسیار اندک و برابر $q.$ باشد، میدان E حاصل از بار q از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$E = k\frac{q}{r^۲} \qquad (۳-۱)$$

که شدت میدان ناشی از بار q در فاصله r از آن را تعریف می‌کند.

۱-۲ پتانسیل الکتریکی V

کار لازم برای انتقال ذره باردار $q.$ از فاصله بی‌نهایت به نقطه‌ای معین در میدان ناشی از بار q، میزان یک کمیت الکتریکی عددی بنام پتانسیل (یا ولتاژ V) نامیده می‌شود. اگر W کار انجام شده بر حسب ژول[۱] $[\mathrm{J}]$ باشد، در این حالت پتانسیل الکتریکی V برابر است با:

$$V = \frac{w}{q.} \qquad (۴-۱)$$

پتانسیل الکتریکی دارای واحد $[\mathrm{J/C}]$ است که به آن ولت[۲] $[\mathrm{V}]$ نیز گفته می‌شود.

از آنجایی‌که کار از حاصل‌ضرب نیرو در جابه‌جایی به‌دست می‌آید، بنابراین می‌توان به آسانی نشان داد که در فاصله‌ای معین از بار نقطه‌ای q پتانسیل الکتریکی برابر است با:

$$V = k\frac{q}{r} \qquad (۵-۱)$$

حالا، مشتق اول معادله (۱-۵) را به‌دست آورده و نتیجه آنرا با معادله (۱-۳) مقایسه می‌کنیم تا رابطه مهم زیر

$$E = -\frac{dV}{dr} \qquad (۶-۱)$$

با واحد $[\mathrm{V/m}]$ حاصل شود، در حالت کلی شدت میدان E، منفی گرادیان کمیت اسکالر ولتاژ است. علامت منفی نشان‌دهنده جهت مخالف E با dV/dr است.

---

۱ - Joule James Prescott (۱۸۱۸-۱۸۸۹)، فیزیکدان انگلیسی _ نظریه الکترومغناطیس.

۲ -Volta Alessandro (۱۷۴۵-۱۸۲۷)، فیزیکدان ایتالیایی _ نخستین پیل محرکه الکتریکی را اختراع نمود.

معادله (۱-۶) را می‌توان به شکل انتگرالی زیر نوشت:

$$V = \int_a^b dV = -\int_a^b E\, dr \;\Rightarrow V = V_b - V_a = -\int_a^b E\, dr$$

که در آن V اختلاف پتانسیل بین نقاط a و b است. اگر a در بی‌نهایت باشد، $V_a = 0$ خواهد شد ($r \to \infty$ را در معادله (۱-۵) جایگزین کنید تا به ولتاژ صفر برسید)، بنابراین اختلاف پتانسیل (یا ولتاژ) V برابر $V_b = -\int E\, dr$ خواهد بود. به‌سادگی،

$$V = -\int_a^b E\, dr \qquad (۱-۷)$$

در حالت یکنواخت، $V = Er$ یا $E = V/r$ مستقیماً از معادله (۱-۳) و معادله (۱-۴) قابل اثبات است.

۱-۳ خازن‌ها (C)

هر دو ماده رسانا (صفحه نامیده می‌شود) با مقدار بار یکسان که مقابل هم قرار گرفته و با یک عایق از هم جدا شده‌اند، یک خازن را پدید می‌آورند. قابلیت ذخیره بار در یک خازن (و در نتیجه انرژی)، با ظرفیت خازنی C اندازه‌گیری می‌شود. اگر یک ولتاژ V بر حسب ولت به خازن اعمال شود تا یکی از صفحات به اندازه $q+$ کولن و صفحه دیگر به میزان $q-$ کولن باردار شود، در این‌صورت ظرفیت خازن عبارت است از:

$$C = \frac{q}{V} \qquad (۱-۸)$$

و واحد آن C/V است که با فاراد[۱] [F] نشان داده می‌شود.

با این‌حال، فاراد مقدار بسیار بزرگی است و معمولاً به‌جای آن از واحدهای میکرو فاراد ($1\mu F = 10^{-6} F$)، نانو فاراد ($1nF = 10^{-9} F$) و پیکو فاراد ($1pF = 10^{-12} F$) استفاده می‌شود. مقدار ظرفیت خازن مسطح به مساحت صفحه‌ها A، فاصله بین آنها d و ویژگی ماده عایق (یا دی‌الکتریک) ε بستگی دارد. ظرفیت چنین خازنی از رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$C = \varepsilon \frac{A}{d} \qquad (۱-۹)$$

---

۱ -Faraday Michael (۱۷۹۱-۱۸۶۷)، فیزیکدان و شیمیدان انگلیسی.

مقاومت دی‌الکتریک

هر عایق دارای آستانه تحمل نسبت به اختلاف پتانسیل قرار گرفته در دو سر آن است. اگر این پتانسیل افزایش یابد، یک شکست[۱] رخ می‌دهد که باعث عبور جریان از عایق می‌گردد. بنابراین، این امر موجب هدایت عایق می‌شود. وقتی این اتفاق برای یک خازن رخ می‌دهد، خازن مانند رسانا عمل می‌کند. برای توضیح این مفهوم، پدیده صاعقه را در نظر بگیرید. می‌دانیم که یک ظرفیت خازنی بین ابرها و زمین وجود دارد و هوای بین آنها نیز مانند عایق عمل می‌کند. وقتی اختلاف پتانسیل بین آنها بسیار زیاد باشد (به‌طور مثال، ۱۰۰ MV، که در واقع نیز همین مقدار به‌دست خواهد آمد) در این‌صورت جریان بسیار زیادی از آنها به واسطه هوا عبور خواهد کرد که منجر به پدیده‌ای می‌شود که به آن صاعقه می‌گویند.

در خازن‌های تجاری موجود در بازار، عایق دارای یک مقاومت با مقدار بسیار زیاد است (مراجعه به بخش ۱-۹).

شدت میدان E بین صفحات خازن به علت آن‌که همان ولتاژ در واحد طول عایق هست، به عنوان معیاری برای اندازه‌گیری مقاومت عایق محسوب می‌شود.

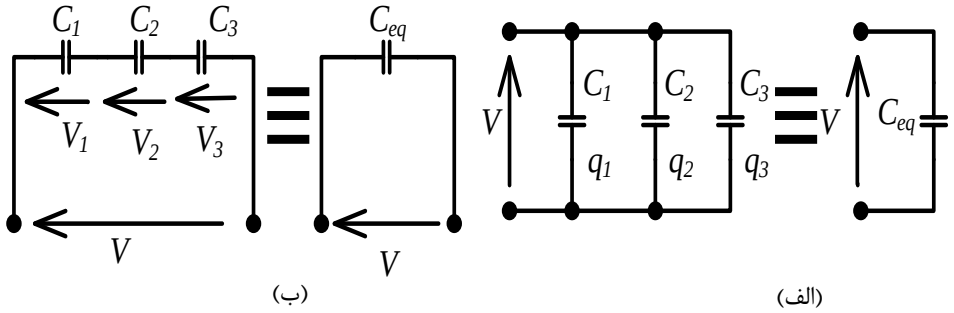
اتصال خازن‌ها

برای آن‌که بتوان یک خازن با ظرفیت خازنی بالاتر یا پایین‌تر داشته باشیم، خازن‌ها را می‌توان به اشکال مختلف به هم متصل کرد. رایج‌ترین نوع اتصال خازن‌ها، سری و موازی است (شکل ۱-۱).

اتصال سری: در اتصال سری (شکل ۱-۱ ب)، اگر یک ولتاژ V اِعمال شود، این ولتاژ بین خازن‌های C_1، C_2 و C_3 تقسیم می‌شود و $V = V_1 + V_2 + V_3$ خواهد بود و این درحالی است که بار q در همه آنها یکسان است: $q = q_1 = q_2 = q_3$. از معادله $V = q/C$ (۱-۸) به‌دست خواهد آمد. در نتیجه،

---

۱ - Breakdown



شکل ۱-۱ اتصال (الف) موازی و (ب) سری خازن‌ها

$$\frac{q}{C_{eq}} = \frac{q_۱}{C_۱} + \frac{q_۲}{C_۲} + \frac{q_۳}{C_۳}$$

یا

$$\frac{۱}{C_{eq}} = \frac{۱}{C_۱} + \frac{۱}{C_۲} + \frac{۱}{C_۳} \qquad \text{(۱-۱۰ الف)}$$

در جایی‌که C_{eq} ظرفیت خازنی معادل خازن‌های سری است. $\frac{۱}{C}$ که عکسِ ظرفیت خازن هست، اِلاستانس[۱] نامیده می‌شود.

مثال ۱-۱

در شکل ۱-۱ ب $C_۱ = ۱۰\mu\text{F}$، $C_۲ = ۲۰\mu\text{F}$، $C_۳ = ۳۰\mu\text{F}$ و $V = ۱۲\text{V}$ است. ولتاژ دو سر هر خازن و بار ذخیره شده در هر کدام از آنها را محاسبه کنید.

پاسخ

ما ابتدا ظرفیت خازنی معادل آنها یعنی C_{eq} را با استفاده از معادله (۱-۱۰ الف) محاسبه می‌کنیم.

$$\frac{۱}{C_{eq}} = \frac{۱}{۱۰} + \frac{۱}{۲۰} + \frac{۱}{۳۰} = \frac{۱}{۶۰}$$

$$C_{eq} \approx ۰/۰\text{μF}$$

حال می‌توانیم بار ذخیره شده روی هر خازن را به‌دست آوریم.

$$q_۱ = q_۲ = q_۳ = q = C \times V = ۰/۰\text{μF} \times ۱۲\text{ V} = ۶۶\text{μC}$$

۱ - Elastance