الکتریسته جاری (مدار جریان مستقیم)

درصورتی که بار الکتریکی شارش (جریان) کند و حاصل آن نسبت به زمان عوض شود، آنگاه جریان ایجاد می شود. که ممکن است متوسط یا لحظه ای باشد.

$$\overline{I}_{\text{متوسط}} = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

$$I_{\text{لحظه‌ای}} = \frac{dq}{dt}$$

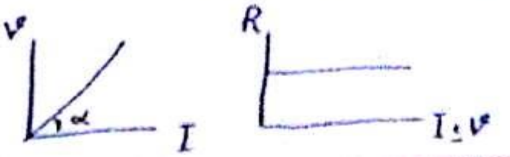
واحد جریان در سیستم SI، $\left[\frac{C}{S}\right] = \overset{\text{آمپر}}{[A]}$ است

قانون اهم :

اگر دو سر رسانایی به اختلاف پتانسیل وصل نباشد این رسانا دارای یک پارامتری تحت عنوان مقاومت می باشد که خاصیت ذاتی آن محسوب می شود

اما اگر به اختلاف پتانسیل وصل شوند، آنگاه از آن جریان می گذرد که در واقع از جسم می گذرد حرکت الکترونها جریان ایجاد می شود. که نسبت اختلاف پتانسیل به جریان عبوری تحت عنوان قانون اهم شناخته می شود که در دمای ثابت مقدار مقاومت برای تمامی مدارها یکسان خواهد بود بنابراین داریم

$$R = \frac{V}{I} = \text{ثابت} \qquad tg\alpha = R$$



واحد مقاومت در سیستم SI ، $[\frac{V}{A}]$ یا $[\overset{\text{اهم}}{\Omega}]$ است

رساناها به دلیل ظاهر متفاوت می‌توانند مقاومت‌های متفاوتی داشته باشند که رابطه مقاومت برای آنها عبارت است از

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

R : مقاومت $[\Omega]$

ρ : مقاومت ویژه $[\Omega . m]$

l : طول رسانا $[m]$

A : سطح مقطع $[m^2]$

از آنجا که سیم‌ها به صورت استوانه می‌باشند بنابراین سطح مقطع آنها دایره می‌باشد که مساحت آن برابر است با

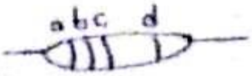
$$A = \pi \underset{\text{شعاع}}{r}^2 = \pi \frac{d^2}{4} \rightarrow \text{قطر}$$

مقاومت ویژه خاصیت ظاهری رسانا اعم از (رنگ، جنس، ...) بستگی دارد و مقدار ثابتی برای هر رسانا می‌باشد.

انواع مقاومت ها :

① ثابت → خطی / رنگی یا کربنی

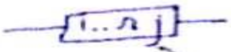
② متغیر → جعبه مقاومت / رئوستا



$R = \underbrace{\overline{ab}}_{} \times 10^{c} \pm d$

[illegible] می شوند

درصد خطا



درصد خطا (k یا j)

توان و انرژی مصرفی

هنگامی که دو سر رسانا را به اختلاف پتانسیل وصل کنیم ، در طول زمان انرژی مصرف می کند که عبارت است از

$$W = RI^2 t = VIt = \frac{V^2}{R} t = Vq = Pt$$

انرژی [J]

توان $[\frac{J}{s}]$ یا [W] وات

و هر رسانا دارای توان یعنی انرژی در واحد زمان می باشد که برابر است با

$$P = \frac{W}{t} = RI^2 = VI = \frac{V^2}{R}$$

واحد اصلی انرژی در سیستم SI همان ژول است اما واحد فرعی کیلووات ساعت نیز استفاده می شود که رابطه آن با ژول برابر است با

$$\boxed{1\,\mathrm{Kwh} = 36 \times 10^{5}\,\mathrm{J}}$$

قوانین کیرشهف

۱. قانون ولتاژها : در یک مدار بسته جمع جبری ولتاژها صفر است

KVL

$$V_T = V_1 + V_2 + \dots$$

۲. قانون جریان‌ها : در یک گره از یک مدار جمع جبری جریان‌های ورودی به گره با جریان‌های خروجی از آن برابر است

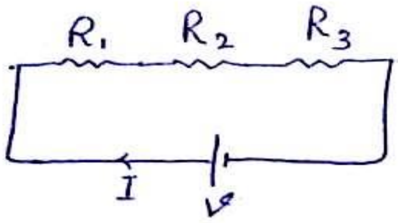
KCL

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4$$

به هم بستن مقاومت ها

به هم بستن مقاومت ها به حالت عکس به هم بستن خازن ها است

(I) سری یا متوالی



در این حالت جریان اصلی مدار بدون تغییر به تک تک مقاومت ها می رسد پس: $I_T = I_1 = I_2 = \cdots$ (I)

اما اختلاف پتانسیل کل (باتری) به سبب مصرف کننده های موجود در مدار هر کدام یک مقدار از آن را می گیرند تا در انتها به صفر برسد و دوباره در باتری برود و فعل و انفعالات شیمیایی رخ دهد و باز گردد پس: $V_T = V_1 + V_2 + \cdots$ (II)

بر اساس قانون اهم داریم: $R = \frac{V}{I} \rightarrow V = RI$ (III)

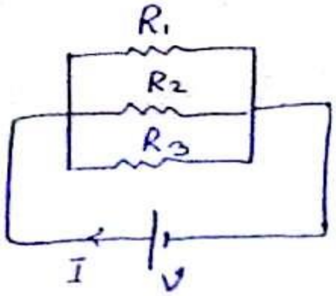
جایگذاری (II) در (III) $\Longrightarrow R_T \cancel{I_T} = R_1 \cancel{I_1} + R_2 \cancel{I_2} + \cdots$

مقاومت معادل مدار $R_T = R_1 + R_2 + \cdots$ پس

در این حالت مقاومت معادل از تک تک مقاومت ها بیشتر است

اگر n مقاومت مشابه به صورت سری متصل شوند مقاومت معادل $R_T = nR$,

Ⅱ موازی یا انشعابی



در این حالت جریان کل مدار شاخه شاخه می‌شود و بنابراین به کل مسیرها تقسیم می‌شود پس

Ⅰ $I_T = I_1 + I_2 + \cdots$

اما اختلاف پتانسیل در سر باتری دقیقاً اختلاف پتانسیل هر یک از مقاومت‌ها می‌باشد پس

Ⅱ $V_T = V_1 = V_2 = \cdots$

بر اساس قانون اهم خواهیم داشت.

$$R = \frac{V}{I} \longrightarrow I = \frac{V}{R} \quad Ⅲ$$

با جایگذاری Ⅲ در Ⅱ $\rightarrow \frac{\cancel{V_T}}{R_T} = \frac{\cancel{V_1}}{R_1} + \frac{\cancel{V_2}}{R_2} + \cdots$

$$\rightarrow \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots$$ مقاومت معادل مدار

برای 2 مقاومت $R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$, $V_1 = \left(\frac{R_2}{R_1+R_2}\right) V_T$, $V_2 = \left(\frac{R_1}{R_1+R_2}\right) V_T$

مقاومت معادل در حالت موازی از تک تک مقاومت‌ها کمتر است

اگر چند مقاومت مشابه به صورت موازی به هم وصل شوند مقاومت معادل $R_T = \frac{R_1}{n}$

نکته

۱. آمپرسنج وسیله اندازه گیری جریان در مدار می باشد که در صورتی که ایده ال باشد مقاومت داخلی آن صفر است : $R_a \approx 0$

آمپرسنج در مدار بصورت متوالی قرار می گیرد بنابراین باید مقاومت داخلی آن ناچیز باشد تا جریان را کم نکند

۲. ولت سنج وسیله اندازه گیری ولتاژ در مدار می باشد که اگر ایده ال باشد مقاومت داخلی آن ∞ است : $R_v = \infty$

ولت سنج در مدار بصورت موازی قرار می گیرد بنابراین نباید جریانی از خود عبور دهد پس مقاومت داخلی اش بی نهایت است

نکته

1 اگر چند لامپ را با توان های P_1 و P_2 بصورت موازی بهم وصل کنیم توان معادل برابر است با :

$$P_T = P_1 + P_2$$

2 اگر چند لامپ با توان های P_1 و P_2 و ... بصورت سری بهم متصل کنیم توان کل برابر است با

$$\frac{1}{P_T} = \frac{1}{P_1} + \frac{1}{P_2} + \dots$$

3 اگر چند لامپ را بصورت سری بهم وصل کنیم و آنها را به اختلاف پتانسیل V متصل کنیم :

الف) چنانچه لامپی بسوزد یا باز شود همه خاموش می شوند

ب) چنانچه لامپی اتصالی کند خودش خاموش و بقیه با روشنایی بیشتر به کار می مانند

ج) بر طبق رابطه $P=RI^2$ چون I ثابت در مدار سری است لامپ با [illegible] مقاومت بیشتر، توان بیشتری دارد

4 اگر چند لامپ را بصورت موازی بهم وصل و به اختلاف پتانسیل V متصل کنیم :

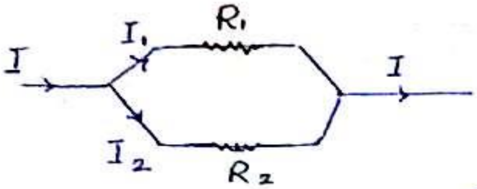
الف) چنانچه لامپی بسوزد یا باز شود خودش خاموش ولی بقیه روشن می مانند

ب) چنانچه لامپی اتصالی کند همه خاموش می شوند

ج) طبق رابطه $P = \frac{V^2}{R}$ چون V ثابت در مدار موازی است لامپ با مقاومت کمتر توان بیشتری دارد

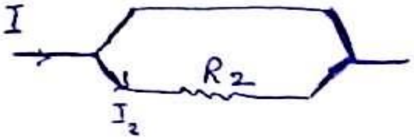
⊛ اتصال کوتاه :

اگر مدار روبرو را داشته باشیم :



مولد
تولید

درصورتی که مقاومت R_1 خیلی بزرگ باشد، آنگاه عملاً جریان I_1 خیلی کوچک درحد صفر خواهد شد و خواهیم داشت :



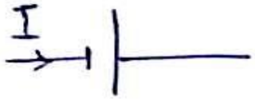
اگر $R_1 \to \infty \Rightarrow I_1 \approx 0$ و $I = I_2$

در این حالت اتفاقی که رخ می دهد اتصال کوتاه است و R_2 از مدار خارج می شود یعنی جریان به قدری سریع از مقاومت می گذرد که مقاومت را نمی بیند و در واقع مقاومت فرصت گرفتن جریان را پیدا نمی کند.

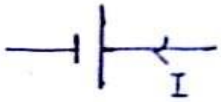
* در مدارها وجود دو سیم خالی (حداقل) مصرف کننده های پیرامون آنها اتصال کوتاه هستند و از مدار خارج می شوند.

پیل یا مولد الکتریکی : دستگاهی است که در آن انرژی شیمیایی تبدیل به انرژی الکتریکی می شود.

هر پیل یا مولد براساس این تبدیل دارای یک مقدار ولتاژ می شود که با ε نمایش می دهند ε نیروی محرکه مولد است که بیشترین ولتاژ را می تواند به مدار بدهد اما مولد دارای یک مقاومت درونی نیز می باشد که مقدار آن همواره کوچک است و مثبت می باشد برای نیروی محرکه مولد به واسطه جریانی که از آن می گذرد داریم :

(I)


$\varepsilon > 0$

(II)


$\varepsilon < 0$

* $\varepsilon = V + rI$

افت پتانسیل

اختلاف پتانسیل دو سر مدار

افت پتانسیل :

(I) اگر در مدار در جهت جریان حرکت کنیم بنابراین مصرف کننده ها ولتاژ بیشتری را می گیرند بنابراین افت پتانسیل زیاد می شود پس علامت جملات RI و rI ها منفی می شود

(II) اگر در مدار خلاف جریان باشیم آنگاه افت پتانسیل کم می شود و علامت جملات RI و rI ها مثبت می شود

انواع مدارها

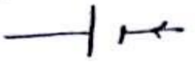
① تک حلقه :

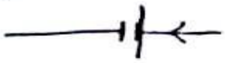
در مدار تک حلقه تنها یک جریان از تمامی مصرف کننده‌ها می‌گذرد بنابراین گره‌ای وجود ندارد و از رابطه زیر جریان محاسبه می‌شود :

راه حل استفاده از فرمول :

$$I = \frac{\sum \varepsilon - \sum \varepsilon'}{\sum (R+r)}$$

ابتدا یک مسیر حرکت برای جریان انتخاب می‌کنیم (دلخواه)

$\sum \varepsilon$: تمامی منابعی را که بصورت  از آن عبور می‌کنیم را باهم جمع می‌زنیم

$\sum \varepsilon'$: تمامی منابعی را که بصورت  از آن عبور می‌کنیم را باهم جمع می‌زنیم

$\sum (R+r)$: تمام مقاومت‌ها را باید با هم جمع می‌کنیم

این عددهای بدست آمده را در رابطه فوق می‌گذاریم . در صورتی که جواب منفی درآمد فقط جهت مسیر حرکت جریان را عوض می‌کنیم و نیازی به محاسبه دوباره نیست

(II) روش جریان حلقه :

در این موارد به خاطر وجود گره مشخص، دیگر نمی‌توانیم از فرمول جریان معادل یک حلقه استفاده کنیم چون از تمامی مصرف کننده‌ها یک جریان نمی‌گذرد بنابراین مراحل زیر را برای سه جریان‌ها به کار می‌بندیم :

1. ابتدا یک گره خاص را انتخاب کرده یعنی گرهی که تمامی جریان‌ها را که به همه مصرف کننده‌ها می‌رسد را در بر بگیرد .

۲. ورودی و خروجی جریان‌ها را به صورت کاملاً دلخواه انتخاب می‌کنیم (KCL)

۳. دو مسیر حرکت (برای دو حلقه) در حلقه‌ها به صورت جداگانه انتخاب می‌کنیم و سپس دو نقطه مشخص را در دو حلقه در نظر بگیریم
F

۴. در حلقه‌ها به صورت جدا ، از نقطه مشخص شده در مسیر انتخابی حرکت کرده و پس از گذشتن از تمامی مصرف کننده‌ها به خودش برمی‌گردیم . معادلاتی که نوشته می‌شود بر اساس قانون KVL می‌باشد یعنی باید از پتانسیل نقطه مشخص شروع کرده و معادلاتی بر حسب ولتاژ برای هر مصرف کننده بنویسیم و سپس به خودش برگردیم این معادلات عبارتند از : RI ، rI ، ε

۵ در نوشتن معادلات علامت‌ها را بر اساس موارد ذکر شده در صفحه ۱۰ عمل می‌کنیم

توان و بازده در مدارها :

$P = \varepsilon I \underset{\varepsilon = V + rI}{=} (V + rI)\, I = VI + rI^2 = P' + P''$ توان کل یا توان مولد تولید

$P' = VI \underset{V = RI}{=} RI^2 = P - P''$ توان مصرفی مدار یا مفید مولد

$P'' = rI^2 = P - P'$ توان اتلاف

بازده مدار $Ra = \left\{ \frac{\text{توان مفید}}{\text{توان کل}} \right\} \times 100$

$$Ra = \left\{ \frac{P'}{P} \right\} \times 100$$

$$Ra = \left\{ \frac{V}{\varepsilon} \right\} \times 100$$

$$Ra = \left\{ \frac{R}{R + r} \right\} \times 100$$

۱ ۲ ۵

* اگر $R = r$ باشد، نقاط دارم :

$$\begin{cases} Ra = 50\% \\ P' = \text{حداکثر} \\ V = \frac{1}{2}\varepsilon \end{cases}$$

اثر دما بر مقاومت :

اگر دما بالا رود در نتیجه در شکل ظاهری مقاومت (رسانا) تغییر ایجاد می‌شود بنابراین هم مقاومت و هم مقاومت ویژه رسانا زیاد می‌شود و لذا خواهیم داشت :

$$R = R_0(1+\alpha\Delta\theta) \Rightarrow \Delta R = R_0\alpha\Delta\theta$$

$$\rho = \rho_0(1+\alpha\Delta\theta) \Rightarrow \Delta\rho = \rho_0\alpha\Delta\theta$$

R : مقاومت پس از تغییر دما

R_0 : مقاومت اولیه

ρ : مقاومت ویژه پس از تغییر دما

ρ_0 : مقاومت ویژه اولیه

α : ضریب رسانندگی $\left[\frac{1}{K}\right]$ یا $\left[\frac{1}{^\circ C}\right]$

$\Delta\theta$: تغییرات دمایی $[K]$ یا $[^\circ C]$

ΔR : میزان تغییرات مقاومت

$\Delta\rho$: میزان تغییرات مقاومت ویژه