

## گزارش کار مربوط به جلسه‌ی دوم آزمایشگاه مدارهای الکتریکی

تهیه و تنظیم:

مبین خیری [994421017]

عطا میرزالی [984421037]

مهدی بیک باباپور [984421007]

استاد راهنما: آقای محمدیان

### قوانین KVL و KCL

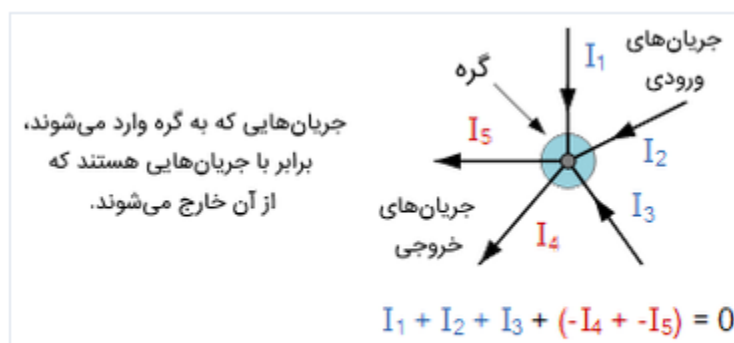
گاهی، استفاده از قانون اهم برای به دست آوردن ولتاژ و جریان مدارهای پیچیده، دشوار است. در نتیجه، برای انجام محاسبات مربوط به این مدارها به قوانینی نیاز داریم که بتوانیم بر اساس آن، معادلات مدار را به دست آوریم. قانون مداری کیرشهف، یکی از راه‌حل‌های مناسب برای این کار است.

در سال 1875، فیزیکدان آلمانی، «گوستاو کیرشهف»، دو قانون بیان کرد که مربوط به جریان و انرژی در مدارهای الکتریکی بود؛ «قانون جریان کیرشهف (Kirchhoffs Current Law)» یا KCL که مربوط به جریان در یک مدار بسته است و «قانون ولتاژ کیرشهف (Kirchhoffs Voltage Law)» یا KVL که به ولتاژهای یک مدار بسته می‌پردازد.

### قانون اول کیرشهف؛ قانون جریان (KCL)

قانون جریان کیرشهف یا KCL بیان می‌کند: «جریان یا بار الکتریکی وارد شده به یک گره دقیقاً برابر با بار یا جریانی است که از آن خارج می‌شود.» (به عبارت دیگر، مجموع جبری تمام جریان‌های وارد شده به یک گره باید برابر صفر باشد).

این ایده کیرشهف، با نام **پایستگی یا بقای بار** نیز شناخته می‌شود.



قانون جریان کیرشهف

در شکل بالا، مقدار سه جریان 1، 2 و 3 که به گره وارد می‌شوند، مثبت است و دو جریان 4 و 5 که از گره خارج می‌شوند، منفی هستند. معادله زیر، رابطه بین جریان‌ها را بیان می‌کند:

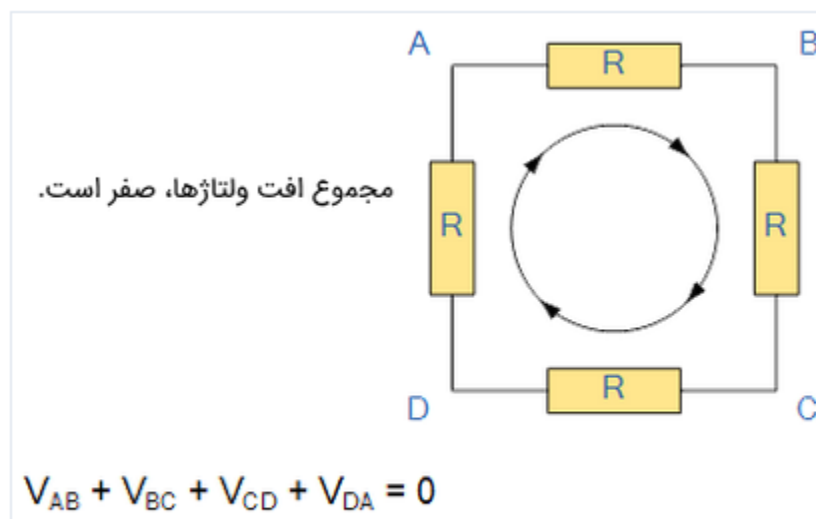
$$I_1 + I_2 + I_3 - I_4 - I_5 = 0$$

اصطلاح گره در مدارهای الکتریکی معمولاً به اتصال یا پیوند دو یا بیشتر از دو مسیر حامل جریان مانند سیم یا قطعات الکتریکی اطلاق می‌شود. برای جریانی که به گره وارد یا از آن خارج می‌شود، باید یک مسیر بسته وجود داشته باشد. وقتی با تحلیل مدارهای موازی سر و کار داریم، می‌توانیم از KCL استفاده کنیم.

### قانون دوم کیرشهف؛ قانون ولتاژ (KVL)

قانون ولتاژ کیرشهف یا KVL بیان می‌کند: «در هر شبکه حلقه بسته، کل ولتاژ حلقه برابر با مجموع تمام افت ولتاژهای موجود در آن است.»

به عبارت دیگر، مجموع تمام ولتاژهای حلقه باید برابر با صفر باشد. این ایده کیرشهف، به عنوان بقا یا پایستگی انرژی نیز شناخته می‌شود.



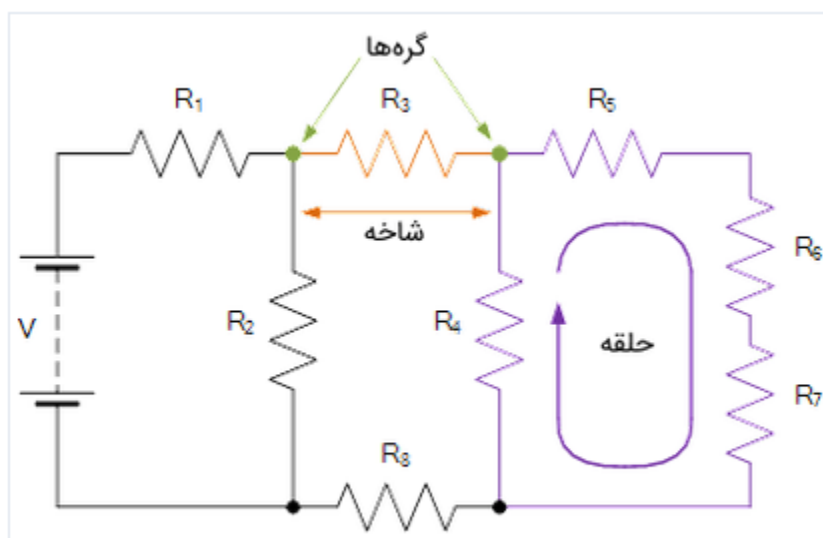
### قانون ولتاژ کیرشهف

برای نوشتن معادله بر ولتاژ حلقه، باید از یک نقطه آن شروع کنیم، در یک جهت یکسان همه افت ولتاژها را بنویسیم و به همان نقطه اول بازگردیم. این نکته مهم است که وقتی افت ولتاژها را می‌نویسیم تغییر جهت ندهیم، زیرا با تغییر جهت، دیگر مجموع ولتاژها صفر نخواهد بود. از قانون ولتاژ کیرشهف می‌توان در مدارهای سری استفاده کرد.

وقتی یک مدار DC یا AC را با استفاده از قوانین مداری کیرشهف تحلیل می‌کنیم، با واژه‌ها و اصطلاحاتی روبرو می‌شویم که بخش‌های مختلف مدار را توصیف می‌کنند، مانند گره، مسیر، شاخه، حلقه و مش. این اصطلاحات در مدارهای الکتریکی بسیار تکرار می‌شوند و دانستن آن‌ها امری ضروری است.

### اصطلاحات مدارهای DC

- **مدار (Circuit):** یک مدار، مسیر هادی حلقه بسته‌ای است که جریان الکتریکی در آن برقرار می‌شود.
  - **مسیر (Path):** یک خط از عناصر یا منابع متصل به هم است.
  - **گره (Node):** گره، یک اتصال یا پیوند از مدار است که در آن، دو یا بیشتر از دو عنصر مدار به هم متصل هستند. گره را با یک نقطه مشخص می‌کنیم.
  - **شاخه (Branch):** شاخه، یک یا گروهی از اجزای مدار مانند مقاومت یا منبع است که بین دو گره وصل شده‌اند.
  - **حلقه (Loop):** حلقه، یک مسیر بسته در مدار است که اگر از یک نقطه شروع کنیم و به همان جا برگردیم، بیش از یک بار از هر عنصر عبور نکرده باشیم.
  - **مش (Mesh):** مش، ساده‌ترین حلقه مدار است که شاخه‌ای در آن نیست.
- شکل زیر گره، حلقه و شاخه را در یک مدار ساده نشان می‌دهد.

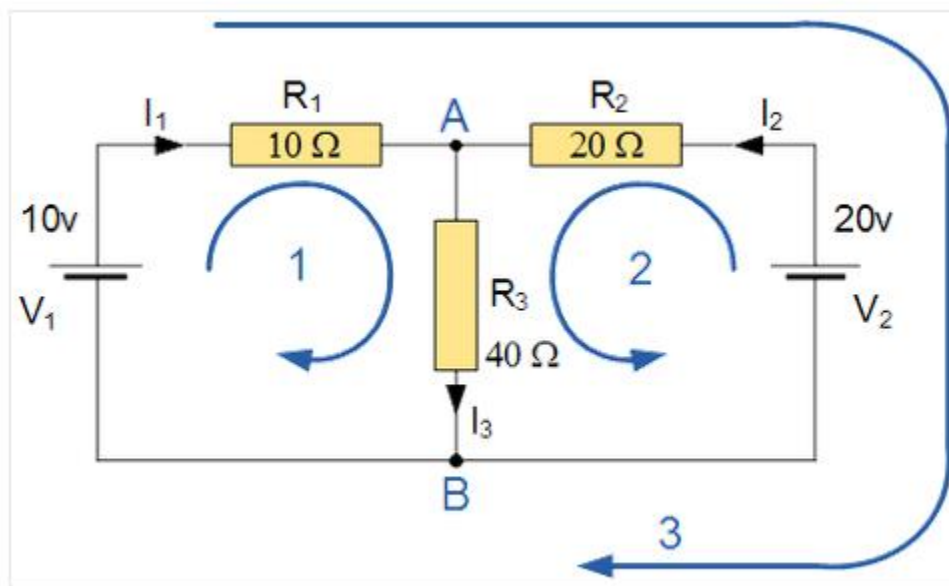


یک مدار DC ساده

دقت کنید که می‌گوییم اجزای مدار به صورت سری به هم متصل هستند، اگر جریان یکسانی از آن‌ها بگذرد و می‌گوییم موازی هستند، اگر ولتاژ دو سر آن‌ها برابر باشد.

## مثال

در مدار شکل زیر، جریان گذرنده از مقاومت  $R_3$  را به دست آورید.



یک مدار مقاومتی

مدار 3 شاخه، 2 گره (A و B) و 2 حلقه مستقل دارد. با استفاده از قانون جریان کیرشهف، معادلات زیر را داریم:

• در گره A:  $I_1 + I_2 = I_3$

• در گره B:  $I_3 = I_1 + I_2$

قانون ولتاژ کیرشهف نیز منجر به معادلات زیر می‌شود:

• حلقه 1:  $10 = R_1 I_1 + R_3 I_3 = 10I_1 + 40I_3$

• حلقه 2:  $20 = R_2 I_2 + R_3 I_3 = 20I_2 + 40I_3$

• حلقه 3:  $10 - 20 = 10I_1 - 20I_2$

از آنجایی که  $I_3$  برابر با مجموع  $I_1 + I_2$  است، معادلات فوق را می‌توان به صورت زیر بازنویسی کرد:

• معادله اول:  $10 = 10I_1 + 40(I_1 + I_2) = 50I_1 + 40I_2$

• معادله دوم:  $20 = 20I_2 + 40(I_1 + I_2) = 40I_1 + 60I_2$

اکنون دو معادله داریم که می‌توانیم با استفاده از آن‌ها 1 و 2 را به دست آوریم. اگر محاسبات لازم را انجام دهیم، مقدار  $I_1 = -0.143$  و  $I_2 = +0.429$  آمپر به دست می‌آیند و از آن‌جایی که  $I_3 = I_1 + I_2$ ، مقدار  $I_3 = 0.286$  A است. ولتاژ دو سر مقاومت  $R_3$  نیز برابر است با:  $0.286 \times 40 = 11.44$  V

علامت منفی جریان 1 به این معنی است که جهت اولیه جریان برای این حلقه اشتباه انتخاب شده بود. در حقیقت، باتری 20 ولتی، باتری 10 ولتی را شارژ می‌کند.

### کاربرد قوانین مداری کیرشهف

با کمک دو قانون مداری کیرشهف می‌توان مقادیر ولتاژ و جریان مدار را پیدا کرد. روند اصلی استفاده از این قوانین به صورت زیر است:

۱. فرض کنید همه ولتاژها و مقاومت‌ها داده شده‌اند (اگر داده نشده باشند، آن‌ها را نامگذاری کنید، مثلاً  $V_1, V_2, \dots$  و  $R_1, R_2, \dots$ ).
۲. هر شاخه مدار را به عنوان شاخه جریان در نظر بگیرید و نامگذاری کنید ( $I_1, I_2, I_3$  و غیره).
۳. معادلات قانون اول کیرشهف را برای هر گره بنویسید.
۴. معادلات قانون دوم کیرشهف را برای حلقه‌های مستقل مدار بنویسید.
۵. از معادلات خطی به دست آمده استفاده کرده و جریان‌های نامعلوم را بیابید.

## آزمایش ۲: قانون اهم، KVL و KCL

**هدف آزمایش:** آشنایی با طرز کار منبع تغذیه DC، بررسی قانون اهم، KVL و KCL

### تئوری آزمایش:

#### ۱- منبع تغذیه DC

این دستگاه دارای خروجی تثبیت شده ولتاژ و جریان بوده و قادر به تولید ولتاژ خروجی DC و جریان خروجی DC است. اشکال زیر نمای یک منبع تغذیه DC را نشان می‌دهد. که قادر به تولید ولتاژ خروجی DC بین صفر تا ۳۰ ولت و جریان خروجی DC بین صفر تا ۳ آمپر در هر کانال به صورت مجزا می‌باشد.



شکل (۱): منبع تغذیه DC سمت راست دو کاناله، سمت چپ تک کاناله





## ۱-۲- قانون اهم

بین ولتاژ دو سر یک مقاومت خطی و جریان گذرنده از آن رابطه زیر برقرار است.

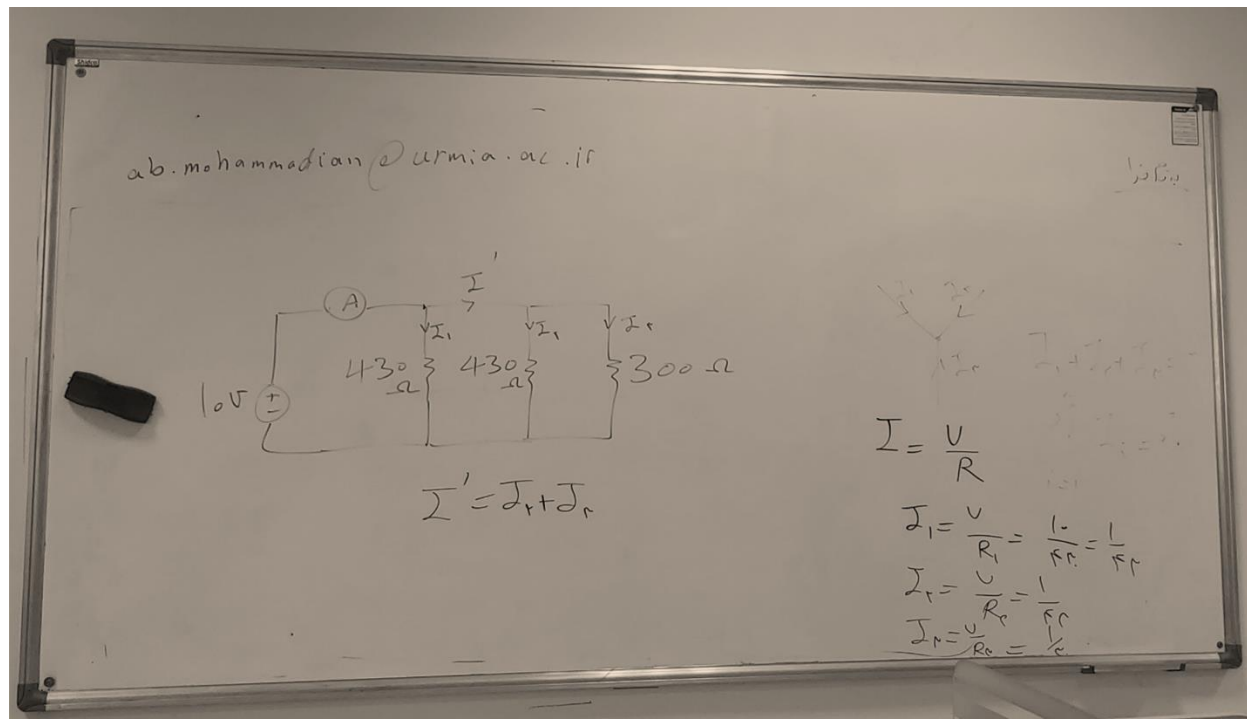
$$V(t) = R \times I(t)$$

این رابطه به قانون اهم مشهور است. در این رابطه  $I$  برحسب آمپر و  $R$  برحسب اهم و  $V$  برحسب ولت مشخص می‌شود. همچنین این رابطه را به صورت زیر نیز بکار می‌برند. که در آن  $G$  ضریب هدایت المان بوده و برحسب mho بیان می‌شود.

$$G = \frac{1}{R} = \frac{I}{V}$$

## مراحل آزمایش:

۱- مدار زیر را ببندید. دقت کنید در این مدار ولت‌متر به صورت موازی با مقاومت و آمپر متر به صورت سری با آن قرار گیرد.



- **قانون اول کیرشهف (قضیه گره - kcl):** جمع جبری شدت جریان‌هایی که به یک نقطه می‌رسند، برابر با صفر است. به عبارت دیگر بار الکتریکی با همان آهنگی که به یک نقطه از مدار وارد می‌شود، از آن خارج می‌شود.

جریانی که به گره وارد می‌شود را مثبت و جریانی که از گره خارج می‌شود را منفی در نظر می‌گیریم.

$$\sum I_i = 0$$

• قانون دوم کیرشهف (قضیه حلقه - kvl): مجموع تغییرات پتانسیل در هر مسیر بسته برابر با صفر است.

این قضیه روشی برای بیان قانون بقای انرژی در مدارهای الکتریکی است.

برای نوشتن قانون ولتاژ در حلقه: در جهت حرکت وقتی به قطب مثبت میرسیم علامت مثبت و اگر به

قطب منفی رسیدیم علامت منفی قرار میدهیم. حال اگر به مقاومت رسیدیم جهت حرکت موافق جهت

جریان باشد علامت مثبت و اگر جهت حرکت مخالف جهت جریان باشد علامت منفی قرار میدهیم.

$$\sum I V_i = 0$$

subject: \_\_\_\_\_ Year: \_\_\_\_\_ Month: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

$I_1 + I_2 + I_3 = 0$   
 $I = \frac{V}{R} = \frac{6}{20} = 0.3$   
 $I' = I_1 + I_2 + I_3$   
 $I_1 = 0.3$   
 $I_2 = 0.3$   
 $I_3 = 0.3$   
 $I_1' = 0.3$   
 $I_2' = 0.3$   
 $I_3' = 0.3$   
 $I_4 = 0.3$   
 $I_5 = 0.3$   
 $I_6 = 0.3$   
 $I_7 = 0.3$   
 $I_8 = 0.3$   
 $I_9 = 0.3$   
 $I_{10} = 0.3$   
 $I_{11} = 0.3$   
 $I_{12} = 0.3$   
 $I_{13} = 0.3$   
 $I_{14} = 0.3$   
 $I_{15} = 0.3$   
 $I_{16} = 0.3$   
 $I_{17} = 0.3$   
 $I_{18} = 0.3$   
 $I_{19} = 0.3$   
 $I_{20} = 0.3$   
 $I_{21} = 0.3$   
 $I_{22} = 0.3$   
 $I_{23} = 0.3$   
 $I_{24} = 0.3$   
 $I_{25} = 0.3$   
 $I_{26} = 0.3$   
 $I_{27} = 0.3$   
 $I_{28} = 0.3$   
 $I_{29} = 0.3$   
 $I_{30} = 0.3$   
 $I_{31} = 0.3$   
 $I_{32} = 0.3$   
 $I_{33} = 0.3$   
 $I_{34} = 0.3$   
 $I_{35} = 0.3$   
 $I_{36} = 0.3$   
 $I_{37} = 0.3$   
 $I_{38} = 0.3$   
 $I_{39} = 0.3$   
 $I_{40} = 0.3$   
 $I_{41} = 0.3$   
 $I_{42} = 0.3$   
 $I_{43} = 0.3$   
 $I_{44} = 0.3$   
 $I_{45} = 0.3$   
 $I_{46} = 0.3$   
 $I_{47} = 0.3$   
 $I_{48} = 0.3$   
 $I_{49} = 0.3$   
 $I_{50} = 0.3$   
 $I_{51} = 0.3$   
 $I_{52} = 0.3$   
 $I_{53} = 0.3$   
 $I_{54} = 0.3$   
 $I_{55} = 0.3$   
 $I_{56} = 0.3$   
 $I_{57} = 0.3$   
 $I_{58} = 0.3$   
 $I_{59} = 0.3$   
 $I_{60} = 0.3$   
 $I_{61} = 0.3$   
 $I_{62} = 0.3$   
 $I_{63} = 0.3$   
 $I_{64} = 0.3$   
 $I_{65} = 0.3$   
 $I_{66} = 0.3$   
 $I_{67} = 0.3$   
 $I_{68} = 0.3$   
 $I_{69} = 0.3$   
 $I_{70} = 0.3$   
 $I_{71} = 0.3$   
 $I_{72} = 0.3$   
 $I_{73} = 0.3$   
 $I_{74} = 0.3$   
 $I_{75} = 0.3$   
 $I_{76} = 0.3$   
 $I_{77} = 0.3$   
 $I_{78} = 0.3$   
 $I_{79} = 0.3$   
 $I_{80} = 0.3$   
 $I_{81} = 0.3$   
 $I_{82} = 0.3$   
 $I_{83} = 0.3$   
 $I_{84} = 0.3$   
 $I_{85} = 0.3$   
 $I_{86} = 0.3$   
 $I_{87} = 0.3$   
 $I_{88} = 0.3$   
 $I_{89} = 0.3$   
 $I_{90} = 0.3$   
 $I_{91} = 0.3$   
 $I_{92} = 0.3$   
 $I_{93} = 0.3$   
 $I_{94} = 0.3$   
 $I_{95} = 0.3$   
 $I_{96} = 0.3$   
 $I_{97} = 0.3$   
 $I_{98} = 0.3$   
 $I_{99} = 0.3$   
 $I_{100} = 0.3$



