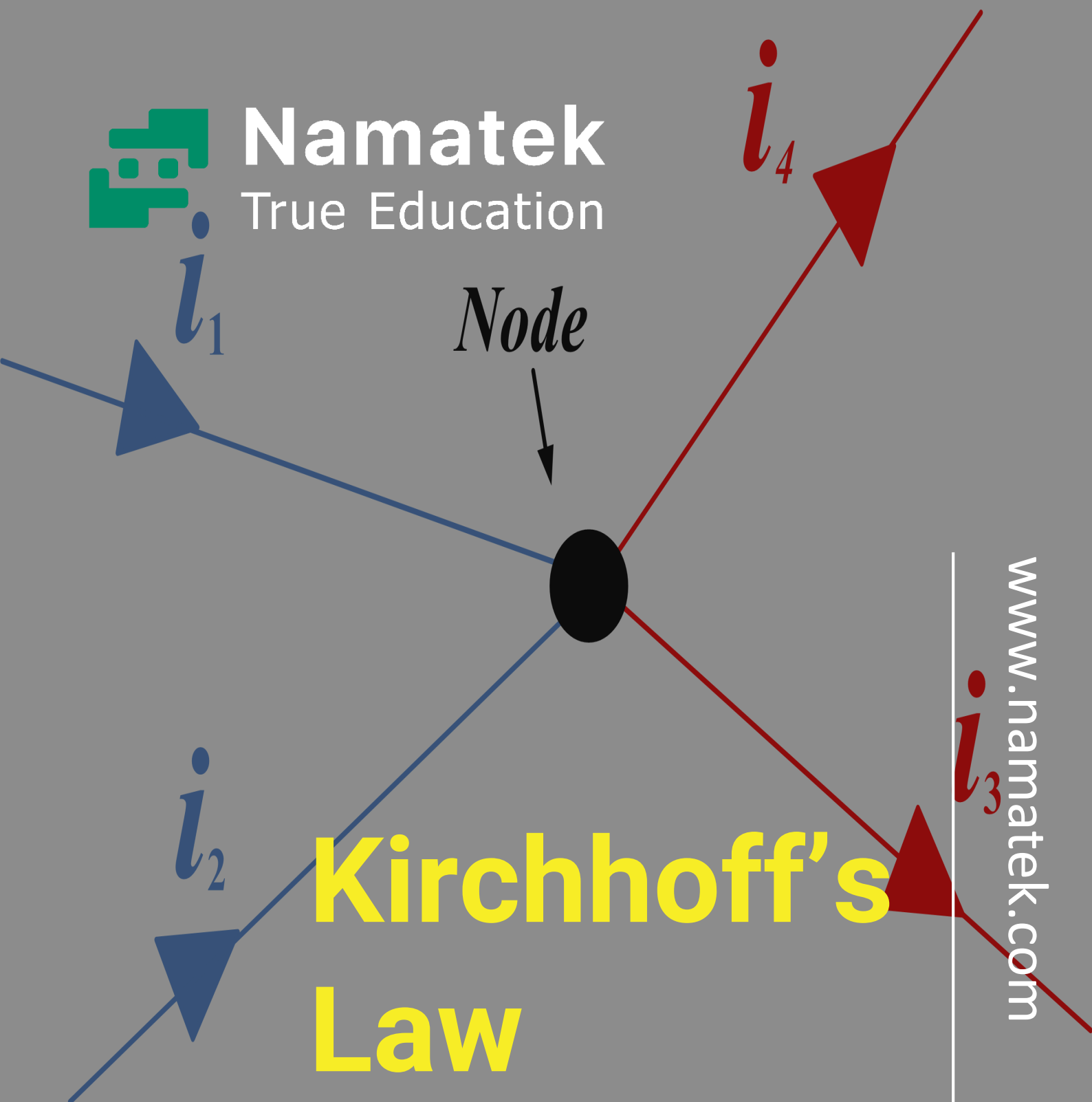




Namatek

True Education



قانون کیرشهف

فهرست مطالب

1. قانون کیرشهف چیست؟
2. محدودیت قانون اهم در حل مدار
3. قانون کیرشهف در حوزه ولتاژ (KVL)
4. کاربرد قانون کیرشهف در حوزه جریان (KCL)
5. قانون جریان کیرشهف در یک مدار چگونه اعمال می شود؟
6. روش حل مدار به کمک قانون جریان کیرشهف (KCL)

قانون کیرشهف یکی از قوانین اساسی برای تحلیل مدارهای الکتریکی است که مسیر تحلیل را بسیار هموار کرده است. برای تعیین مقدار جریان الکتریکی که درون یک مدار می‌گذرد، باید از قوانین خاصی استفاده کنیم که این امکان را به ما می‌دهند تا جریان‌ها را در قالب یک معادله بنویسیم. در ادامه این مقاله همراه ما باشید تا با این قانون و کاربرد آن در مدارهای الکتریکی آشنا شوید.

#1 قانون کیرشهف چیست؟

قانون کیرشهف (**Kirchhoff's Circuit law**) یا به عبارت بهتر قوانین کیرشهف، روابطی هستند که به کمک آن‌ها می‌توان جریان و ولتاژ بخش‌های مختلف مدار را محاسبه کرد.

قوانین کیرشهف را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

• **قانون جریان کیرشهف (Kirchhoff's Current Law = KCL):** جمع جبری جریان‌های وارد و خارج شده در یک گره از مدار الکتریکی صفر است.

• **قانون ولتاژ کیرشهف (Kirchhoff's Voltage Law = KVL):** جمع جبری اختلاف ولتاژ در یک حلقه بسته صفر است.

این دو قانون برای اولین بار در سال ۱۸۴۵ توسط فیزیکدان آلمانی گوستاو کیرشهف مطرح شد.

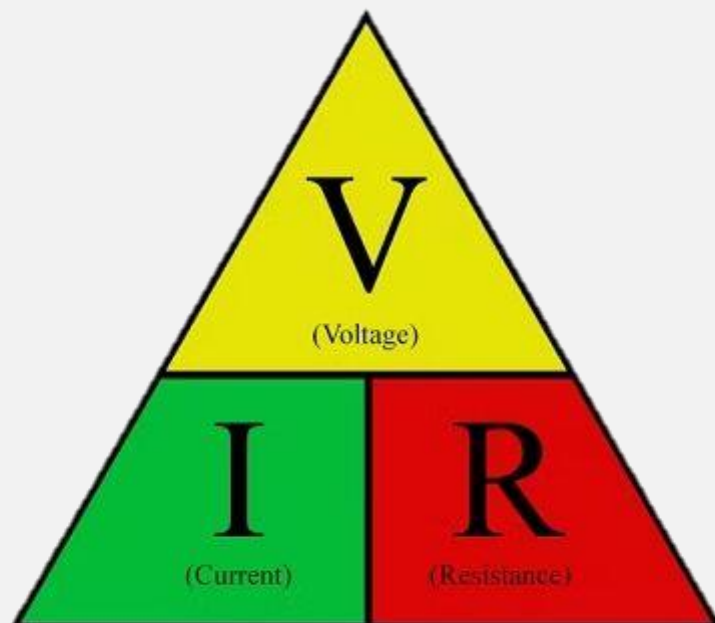


از این قانون ها می توان در حوزه زمان و فرکانس برای تحلیل شبکه استفاده کرد.

قانون کیرشهف برای مدارهای DC بسیار دقیق عمل می کند؛ ولی گزینه مناسبی برای تحلیل مدارهای فرکانس بالا نیست.
در این مقاله قصد داریم بیشتر به شرح قانون کیرشهف در حوزه جریان بپردازیم.

2# محدودیت قانون اهم در حل مدار

قبل از این که قانون کیرشهف مطرح شود، قانون اهم (Ohm Law) برای محاسبه جریان و ولتاژ مدار استفاده می شد.



این قانون به صورت زیر بیان می شود:

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

که در این رابطه:

• R مقاومت بر حسب اهم (Ω)

• V ولتاژ بر حسب ولت (V)

• I جریان بر حسب آمپر (A)

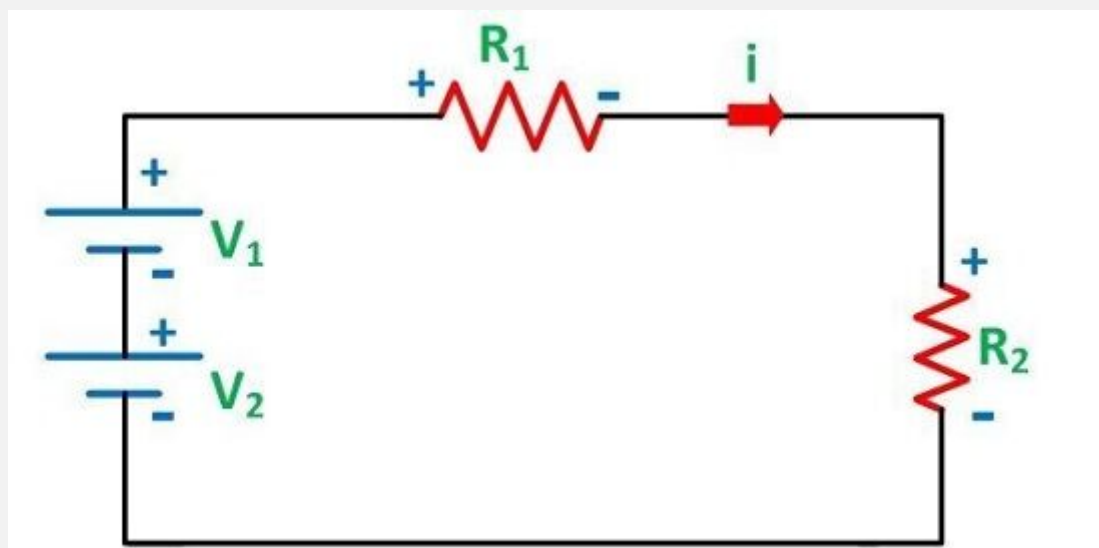
پس در یک مدار الکتریکی در صورتی که دو پارامتر از سه کمیت رابطه بالا را داشته باشیم، مقدار مجهول سوم به دست می آید؛ بنابراین برای محاسبه جریان فقط کافی است مقدار ولتاژ و مقدار مقاومت را داشته باشیم.

این رابطه برای حل مدارهای ساده بسیار کمک کننده است؛ اما به محض این که مدار کمی پیچیده تر شود، برای مثال مقاومت از حالت سری و موازی معمولی، ساختارهای پیچیده تری مانند ستاره و پل داشته باشد، دیگر نمی توان از رابطه اهم به تنهایی برای محاسبه جریان یا ولتاژ استفاده کرد؛ اما قانون کیرشهف به راحتی به ما امکان محاسبه پارامترهای مجهول را می دهد.

#3 قانون کیرشهف در حوزه ولتاژ (KVL)

همان طور که قبلا توضیح دادیم، قانون کیرشهف در حوزه ولتاژ با توجه به این نکته که جمع جبری ولتاژها در یک مسیر بسته صفر است، به حل یک مدار می پردازد.

با یک مثال ساده کاربرد این قانون را توضیح خواهیم داد.
مدار زیر را در نظر بگیرید:



شما باید روابط KVL را برای هر مسیر بسته در مدار بنویسید.
در شکل بالا تنها یک مسیر بسته وجود دارد.
حال رابطه KVL را می نویسیم:

$$V_{R1} + V_{R2} - V_2 - V_1 = 0$$

توجه کنید که برای هر اختلاف پتانسیل جهت صحیح را رعایت کنید.
حال می توان رابطه را ساده تر کرد:

$$i.R_1 + i.R_2 = V_1 + V_2$$

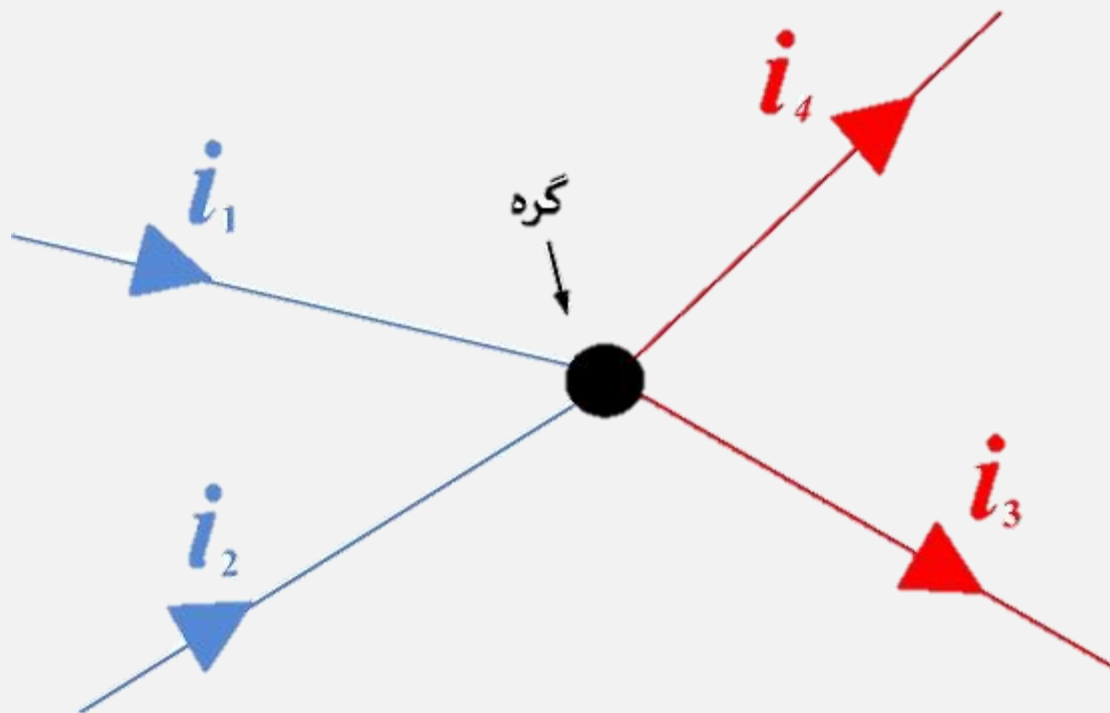
$$i = \frac{V_1 + V_2}{R_1 + R_2}$$

برای مدارهایی با تعداد بیشتری از حلقه های بسته نیز باید همین کار را
برای تمامی حلقه ها تکرار کرد.

#4 کاربرد قانون کیرشهف در حوزه جریان (KCL)

موارد به کار گیری قانون کیرشهف در حوزه جریان (KCL):

- از این قانون می توان برای حل مدارهای پیچیده در هر شرایطی (به جز مدارهای فرکانس بالا) استفاده کرد.
- به کمک این قانون می توان مقدار مجهول هر یک از پارامترهای مقاومت، جریان یا ولتاژ را حساب کرد.
- قانون کیرشهف در درک و بررسی روند انتقال انرژی در مدار بسیار کمک کننده است.
- به کمک این قانون جریان های وارد شده به گره یا خارج شده از گره را می توان به راحتی مشخص کرد. در نتیجه به راحتی می توان فهمید کدام شاخه جریان می کشد و کدام شاخه جریان می دهد.



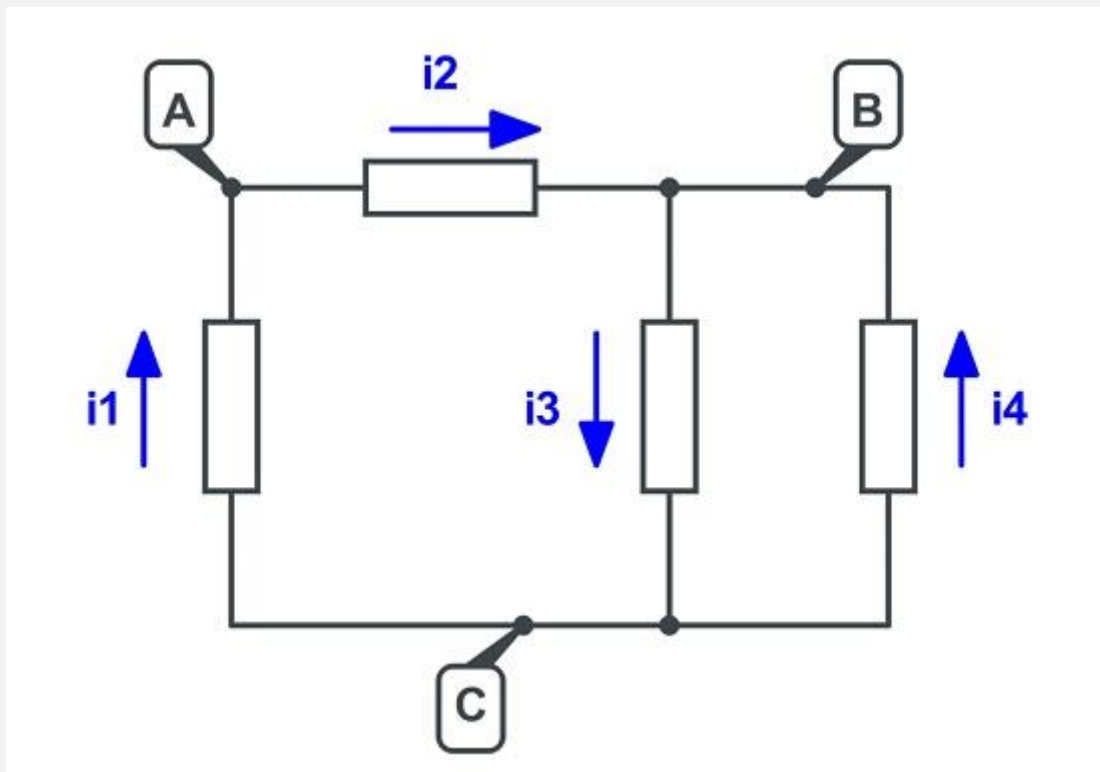
#5 قانون جریان کیرشهف در یک مدار چگونه

اعمال می شود؟

قانون کیرشهف در حوزه جریان بر مبنای بقای بار است. این قانون بیان می کند که هر مقدار جریان و باری که وارد یک گره می شود، همان میزان بار و جریان نیز باید خارج شود.

دلیل آن این است که الکترون ها نمی توانند از یک سیستم خارج و یا به یک سیستم وارد شوند (در حقیقت هیچ نشستی وجود ندارد). هم چنین الکترون ها هیچ گاه نمی توانند در جایی انباشته شوند؛ زیرا هم دیگر را دفع می کنند.

مدار زیر را در نظر بگیرید:



در مدار بالا سه گره داریم که با نام های A, B, C مشخص شده اند. برای هر کدام از گره ها قانون کیرشهف را می نویسیم.
قانون کیرشهف را با روابط ریاضی به صورت زیر بیان می کنیم:

$$\sum i = 0$$

که این رابطه بیان می کند جمع جبری جریان برای هر گره صفر است.
حال باید جریان های ورودی و خروجی را علامت گذاری کرد.
پس به صورت زیر عمل می کنیم:

- جریان های ورودی به گره: علامت مثبت
 - جریان های خروجی از گره: علامت منفی
- بنابراین رابطه KCL در مدار بالا به صورت زیر خواهد شد:

- گره A مدار: $i_1 - i_2 = 0$
- گره B مدار: $i_2 - i_3 + i_4 = 0$
- گره C مدار: $-i_1 + i_3 - i_4 = 0$

قانون کیرشهف را به صورت زیر نیز می توان بیان کرد:

$$\sum_{in} i = \sum_{out} i$$

یعنی مجموع جریان های وارد شده به گره با مجموع جریان های خارج شده از گره برابر است؛ بنابراین روابطی که برای هر گره نوشتیم را می توانیم به صورت زیر بازنویسی کنیم.

• گره A مدار: $i_1 = i_2$

• گره B مدار: $i_2 + i_4 = i_3$

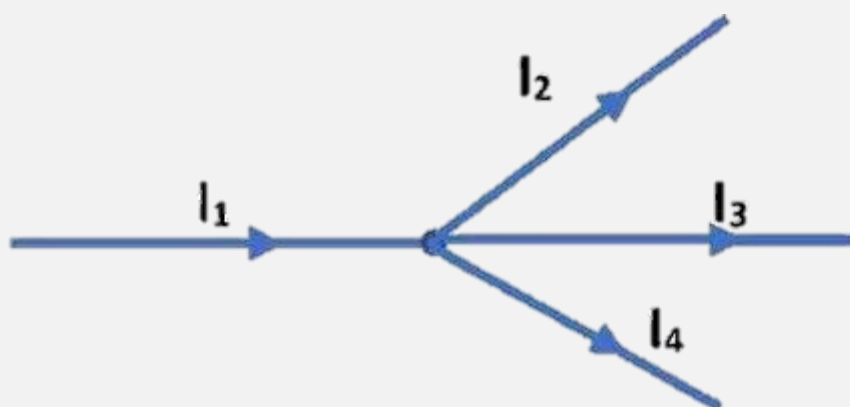
• گره C مدار: $i_3 = i_1 + i_4$

#5-1 نکات قابل توجه در تحلیل مدار

هنگامی که قصد استفاده از قانون کیرشهف (KCL) را دارید به نکات زیر توجه کنید:

- جهت جریان های وارد شده و خارج شده را به درستی قرار دهید؛ زیرا بر جواب مسئله بسیار تاثیر می گذارد.
- از قوانین KCL در هر جای مدار می توانید استفاده کنید و مجبور به استفاده فقط در محل اتصالات نیستید؛ اما استفاده از این قوانین فقط در محل اتصالات (مانند گره A, B, C) برای حل مساله کافی است.
- در گره های بزرگتر مانند گره زمین تمامی جریان های ورودی و خروجی را مشخص کنید؛ زیرا بخش های زیادی در مدار هستند که به گره زمین متصل می شوند؛ ولی به دلیل شلوغ نشدن مدار، فقط به نام

زمین نام گذاری می شوند و در شماتیک اتصال فیزیکی برای آن ها رسم نمی شود.



#6 روش حل مدار به کمک قانون جریان کیرشهف (KCL)

به صورت کلی برای حل یک مدار و به دست آوردن پارامترهای آن به کمک قانون کیرشهف (KCL) مراحل زیر را دنبال کنید:

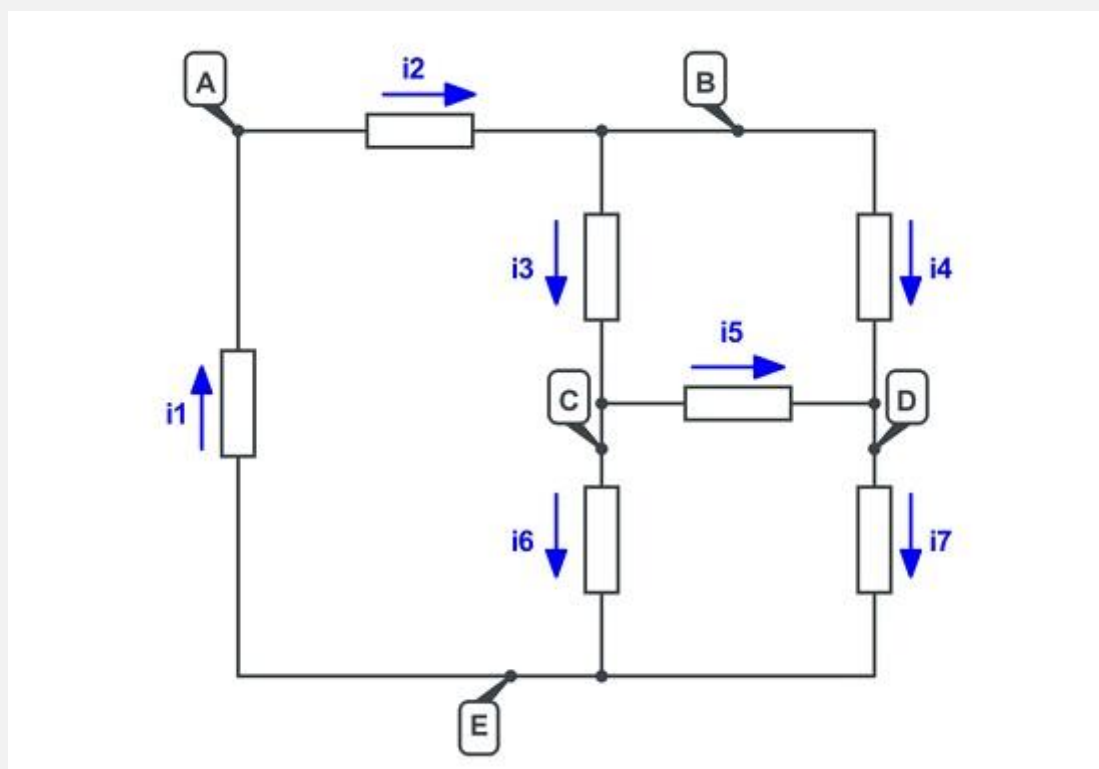
- تمامی گره ها و اتصالات را روی مدار مشخص کرده و علامت گذاری کنید.

برای این منظور برای هر گره نامی در نظر بگیرید.

- جریان های ورودی و خروجی را در هر گره پیدا کنید. جریان های ورودی و خروجی علامت عکس هم دارند (برای مثال جریان خارج شده را با علامت منفی و جریان وارد شده را با علامت مثبت در نظر بگیرید).

- حال قانون کیرشهف را برای هر گره به صورت جداگانه اعمال کنید؛ بنابراین اگر n گره داشته باشید، شما باید n رابطه KCL بنویسید.

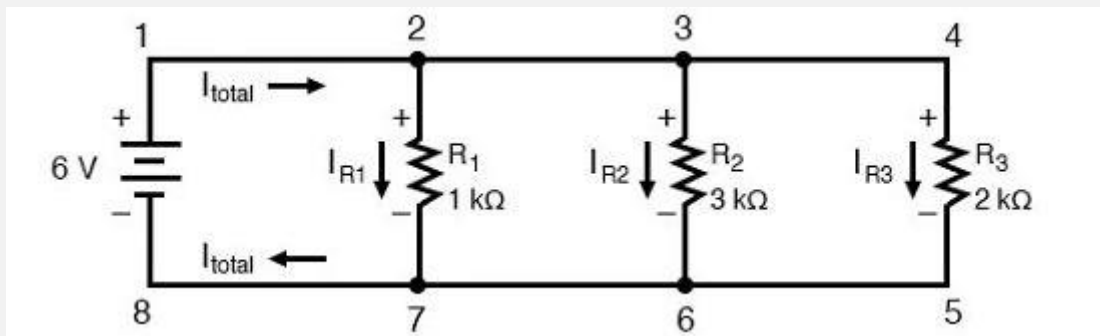
- بعد از نوشتن تمامی روابط بین جریان ها، با حل معادله چند مجهولی جریان های مجهول را محاسبه کنید (در بعضی مدارها بیشتر جریان ها معلوم هستند و بدون نیاز به معادله چند مجهولی می توانید باقی جریان ها را به دست بیاورید).
- حال که تمامی جریان ها محاسبه شدند، به کمک آن ها می توانید پارامترهای مجهول دیگر (مانند ولتاژ یا مقاومت) را به کمک قانون اهم به دست بیاورید.



در ادامه با یک مثال کاربرد این قانون را توضیح خواهیم داد.

مثال

به مدار زیر توجه کنید.



در این مدار گره ها نام گذاری شده و برای هر شاخه جریانی مجهول در نظر گرفته شده است. حال قصد داریم به کمک قانون کیرشهف (KCL) جریان کلی (I_{total}) که از [منبع تغذیه](#) 6 ولتی کشیده می شود را محاسبه کنیم. با توجه به مدار و علامت گذاری های انجام شده و نوشتن KCL در گره ۱ می توان نوشت:

$$I_{total} = I_{R1} + I_{R2} + I_{R3}$$

جریان های I_{R1} و I_{R2} و I_{R3} را می توان به کمک قانون اهم به دست آورد؛ زیرا ولتاژ منبع تغذیه ۶ ولتی به تمام مقاومت ها اعمال شده است. پس:

$$I_{R1} = \frac{6v}{1\text{ k}\Omega} = 6\text{ mA}$$

$$I_{R2} = \frac{6v}{3\text{ k}\Omega} = 2\text{ mA}$$

$$I_{R3} = \frac{6v}{2\text{ k}\Omega} = 3\text{ mA}$$

بنابراین:

$$I_{total} = 6 + 2 + 3 = 11\text{ mA}$$

کلام آخر

قانون کیرشهف ابزار مفیدی برای تجزیه و تحلیل مدار به شما می دهد که به کمک آن می توان جریان و ولتاژ را حتی در مدارهای پیچیده محاسبه کرد. درک این قانون به طراحی مدار برای رسیدن به مدارهای خاص بسیار کمک کننده است.