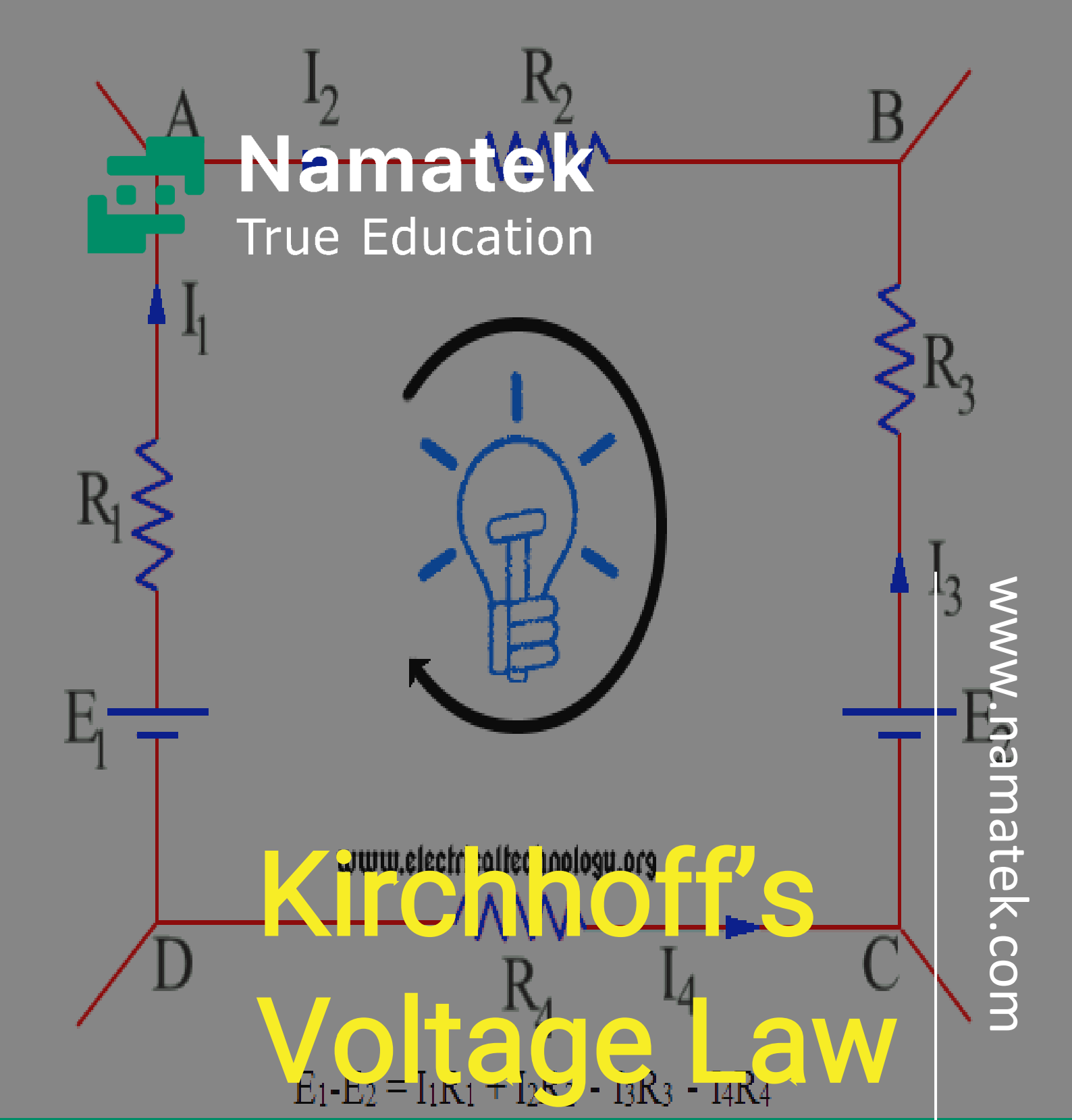


Kirchhoff's Voltage Law

قانون Kvl کیرشهف

www.namatek.com

فهرست مطالب

۱. قانون KVL چیست؟
۲. تعیین افزایش و افت ولتاژ
۳. فرمول KVl
۴. مثال از قانون Kvl در حلقه بسته

بسیاری از مدارهای الکتریکی دارای پیچیدگی زیادی بوده و نمی توان مجهولات آن ها را تنها با استفاده از قوانین ساده محاسبه کرد. در نتیجه برای تحلیل این مدارها نیاز به قوانینی پیچیده تر از قانون اهم (Ohm law) و قواعد ساده کننده ترکیب المان های موازی و سری است. از جمله این قوانین می توان به قوانین کیرشهف اشاره کرد که به منظور ساده سازی مدارها استفاده می شود.

در این مقاله به توضیح قانون KVL می پردازیم که به نام قانون دوم کیرشهف نیز شناخته می شود.

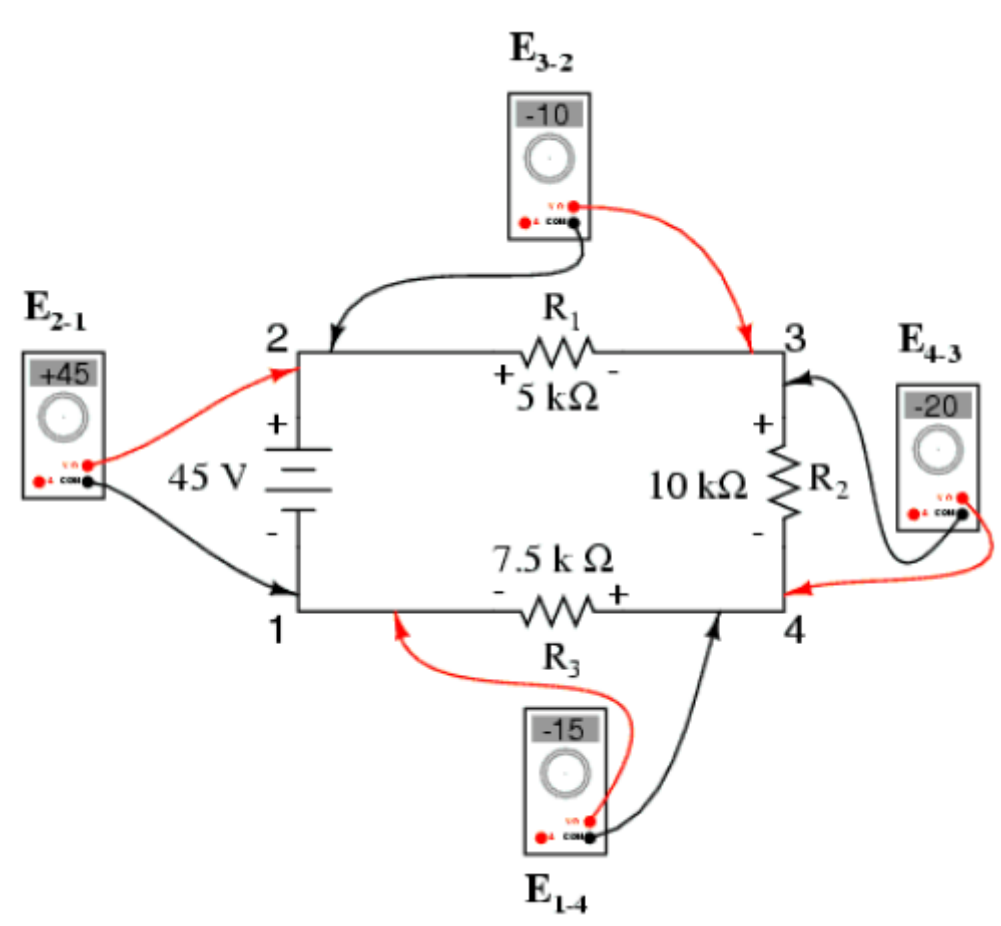
قانون KVL چیست؟

قوانین کیرشهف ابزار اصلی تحلیل مدارهای الکتریکی هستند که به وسیله آن ها مقدار ولتاژ و جریان در مدارهای AC یا DC یافته می شود.

کیرشهف در سال ۱۸۴۷ دو قانون جریان (KCL) و قانون ولتاژ (KVL) را ارائه کرد. قانون ولتاژ kvl بیان می کند که جمع جبری ولتاژها در یک حلقه یا مسیر بسته برابر صفر است. به عبارت دیگر در یک مدار مجموع افزایش ولتاژها برابرست با مجموع افت ولتاژها. ولتاژ با مقدار انرژی مورد نیاز برای جابجایی بار الکتریکی رابطه دارد. از این رو می توان گفت قانون KVL بیان ریاضی قانون بقای انرژی در مدارهای الکتریکی است.

برای مثال در یک مدار باتری تامین کننده توان است و یک مقاومت با مصرف توان آن را به حرارت تبدیل می کند.

پس به عبارت دیگر قانون KVL یعنی مقدار انرژی تامین شده برابر با مقدار انرژی مصرف شده است.



بگذارید با مثالی این قانون را بیشتر توضیح دهیم:

فرض کنید از خانه خود شروع به پیاده روی می کنیم. در طول پیاده روی از تپه هایی بالا و پایین رفته و از مسیری متفاوت به خانه برمی گردیم. هنگامی که به نقطه شروع پیاده روی بازگشتیم علی رغم بالا و پایین رفتن از این تپه ها، ارتفاع ما نسبت به ابتدای مسیر تغییری نکرده است. بالا و پایین رفتن از این تپه ها معادل افزایش و کاهش ولتاژ در مدار الکتریکی است. بنابراین پس از طی یک مسیر بسته در مدار الکتریکی

مجموع ولتاژها تغییری نخواهد کرد. برای فرمول بندی قانون KVL نیاز است با مفاهیم افزایش و افت ولتاژ در یک المان و نحوه تعیین آن آشنا باشیم.

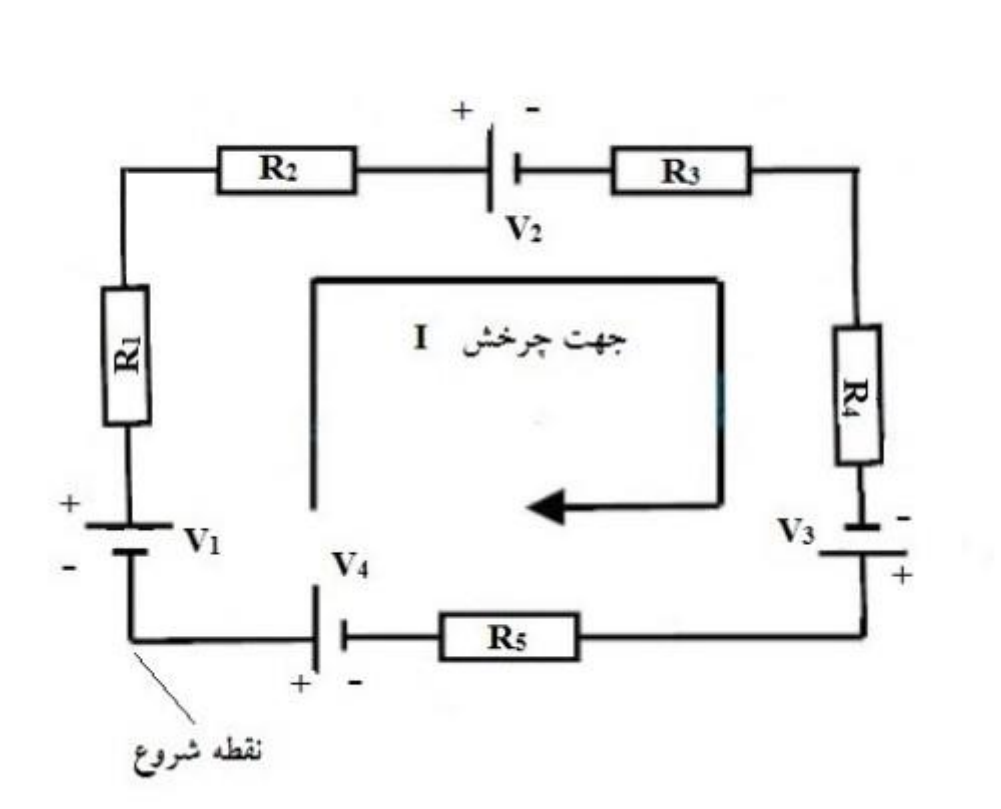
تعیین افزایش و افت ولتاژ

مقدار ولتاژ (اختلاف پتانسیل) بین دو نقطه تعیین می گردد. در مدار الکتریکی با ورود به یک وسیله و خروج از آن دو نقطه لازم برای تعیین ولتاژ خواهیم داشت. در یک وسیله اگر از پتانسیل بالاتر به پتانسیل پایین تر حرکت کنیم در آن وسیله افت ولتاژ (یعنی علامت منفی در قانون KVL) در نظر می گیریم.

در صورتی که جهت حرکت از پتانسیل کمتر به بیشتر باشد افزایش ولتاژ (علامت مثبت در قانون KVl) در نظر گرفته می شود.

فرمول KVL

مدار زیر را در نظر بگیرید.



در این مدار جهت جریان I در جهت عقربه های ساعت در نظر گرفته شده است. با شروع از نقطه مشخص شده در شکل و با حرکت در جهت جریان، مقدار و علامت تغییر ولتاژ المان ها به ترتیب عبارت خواهد بود از:

V1مثبت، IR1منفی، IR2منفی، V2منفی، IR3منفی، IR4منفی، V3 مثبت، IR5منفی و V4 مثبت.

توجه شود که برای تعیین ولتاژ مقاومت ها از قانون اهم (V=IR) استفاده شده است. همین طور می دانیم که با حرکت در جهت جریان در یک مقاومت از پتانسیل بیشتر به پتانسیل کمتر رفته و در نتیجه افت ولتاژ خواهیم داشت. با اعمال قانون KVL خواهیم داشت:

$$V_1 - IR_1 - IR_2 - V_2 - IR_3 - IR_4 + V_3 - IR_5 - V_4 = 0$$

یا

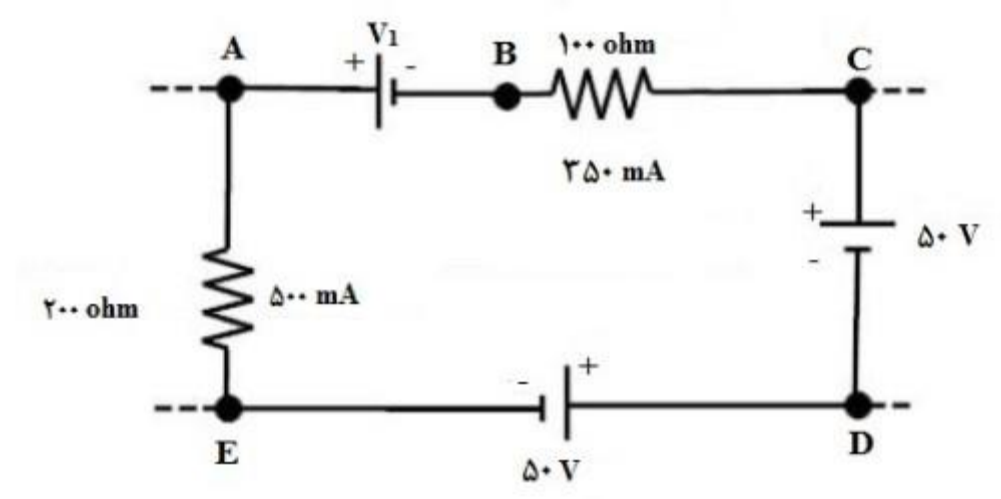
$$V_1 - V_2 + V_3 - V_4 = IR_1 + IR_2 + IR_3 + IR_4 + IR_5$$

در فرمول بندی قانون KVL باید به چند نکته توجه داشت:

مسیر چرخش در حلقه باید از ابتدا تا انتها یکسان بوده و تغییر نکند. در غیر اینصورت مجموع ولتاژها برابر صفر نخواهد بود. توجه شود که مسیر به گونه ای انتخاب شود که در هر حلقه **تنها یک بار از هر وسیله** عبور شود.

مثال از قانون kvl در حلقه بسته

مدار تک حلقه شکل زیر را در نظر بگیرید.



در این مدار جریان عبوری در خلاف جهت عقربه های ساعت بوده و مقدار آن در مقاومت ها مشخص است. با استفاده از قانون KVL می خواهیم مقدار ولتاژ V1 را پیدا کنیم. با شروع از نقطه E و حرکت در جهت

خلاف عقربه های ساعت و اعمال قانون KVL در این حلقه بسته خواهیم داشت:

$$V_{ED}+V_{DC}+V_{CB}+V_{BA}+V_{AE}=0$$

در این معادله VED ولتاژ بین نقاط E و D است. با حرکت از نقطه E به سمت نقطه D از پتانسیل منفی به پتانسیل مثبت می رویم در نتیجه افزایش ولتاژ خواهیم داشت.یعنیVED=50 V

VDCولتاژ بین نقاط D و C است VDC=50 V

VCB ولتاژ بین نقاط C و B است.

در مقاومت الکتریکی با حرکت در جهت جریان از پتانسیل بیشتر به پتانسیل کمتر می رویم. در نتیجه:

$$V_{CB}=-I\times R=-350\text{mA}\times 100\text{ohm}=-35\text{V}$$

VBA ولتاژ بین نقاط A و B است. با توجه به این که از قطب منفی به قطب مثبت می رویم افزایش ولتاژ داریم در نتیجه مقدار آن مثبت است:
VBA=V1

VAE ولتاژ بین نقاط A و E است:

$$V_{AE}=-I\times R=-500\text{mA}\times 200\text{ohm}=-100\text{V}$$

با جایگذاری در معادله قانون KVL خواهیم داشت:

$$50+50-35+V_1-100=0 \Rightarrow V_1=35\text{V}$$