

آزمایش ۲

قوانین کیرشهف و پل و تستون

بررسی قوانین کیرشهف و استفاده از این قوانین برای تعیین مقاومت مجهول

تئوری آزمایش

قوانین کیرشهف

مدارهای الکتریکی از مولدهای الکتریکی و مقاومت‌های الکتریکی تشکیل می‌شوند. برای تعیین شدت جریان در هر شاخه از مدار و پارامترهای مجهول دیگر از قوانین کیرشهف که بر اساس قانون بقای بار و انرژی در مدار بدست می‌آیند، استفاده می‌کنیم.

- **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.

$$\sum_i I_i = 0$$

برای مثال در شکل ۱، در نقطه A: $I_3 - I - I_5 = 0$

در نقطه M: $I_4 + I_7 - I_3 = 0$

- **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.

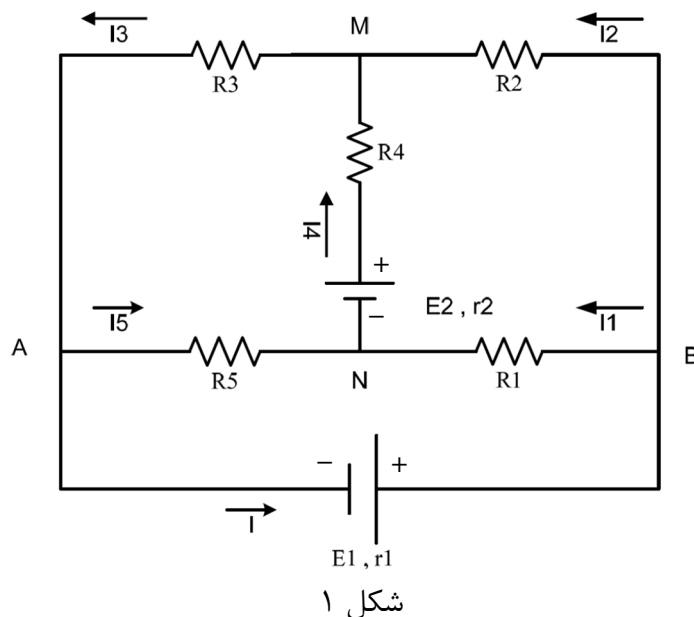
$$\sum_i V_i = 0$$

برای مثال در شکل ۱ حلقه BNMB (در جهت پاد ساعتگرد) $R_7 I_7 - (R_4 + r_7) I_4 + E_7 - R_1 I_1 = 0$ است.

تعیین مقاومت مجهول توسط پل وتستون

یکی از روش‌هایی که برای تعیین مقاومت مجهول به کار می‌رود روش پل وتستون است که معادله آن از قوانین کیرشهف (قانون گره و حلقه) به دست می‌آید. در شکل ۱ اگر بجای منبع E_2 و مقاومت R_4 یک گالوانومتر و به جای مقاومت R_5 یک رئوستا با مقاومت مجهول R_x قرار دهید وقتی جریان عبوری از گالوانومتر صفر شود، رابطه زیر بین مقاومت‌ها برقرار خواهد بود که از این رابطه می‌توان مقاومت مجهول را محاسبه کرد.

$$R_1 R_3 = R_x R_2$$



وسایل آزمایش

منبع تغذیه (دو کاناله)، بردبرد، ولت‌متر، آمپر‌متر، گالوانومتر، رئوستا (مقاومت قابل تنظیم)، مقاومت‌های الکتریکی، سیم‌رابط (۱۲ عدد).

تعیین اندازه مقاومت با استفاده از حلقه‌های رنگی روی آن: به هر حلقه رنگی روی مقاومت مطابق جدول ۱، یک عدد نسبت داده می‌شود. برای تعیین اندازه مقاومت، اگر حلقه طلایی یا نقره‌ای در سمت راست باشد، حلقه رنگی اول از سمت چپ (a) نشان‌دهنده رقم دهگان و حلقه رنگی دوم (b) بیانگر رقم یکان می‌باشد و حلقه سوم (c) رقم توان ۱۰ و یا به عبارتی تعداد صفرها را نشان می‌دهد.

$$R = ab \times 10^c$$

جدول ۱

حلقه رنگ	سیاه	قهوه‌ای	قرمز	نارنجی	زرد	سبز	آبی	بنفش	خاکستری	سفید
حلقه اول	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
حلقه دوم	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
حلقه سوم	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
حلقه چهارم	خطا: اگر حلقه نداشته باشد $\pm 20\%$ نقره‌ای $\pm 10\%$ طلایی $\pm 5\%$									



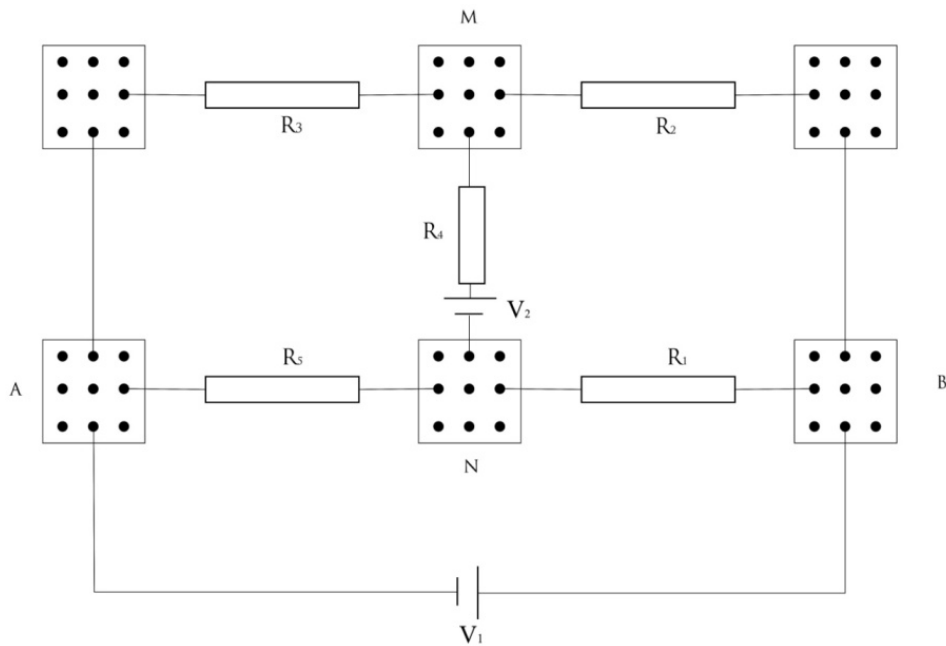
طلایی زرد سبز قهوه‌ای

$$R = 15 \times 10^4 \pm 5\%$$

علاوه بر چهار حلقه ذکر شده، حلقه دیگری نیز ممکن است وجود داشته باشد، حلقه سفید رنگ (در مقاومت‌های اروپایی) و یا طلایی رنگ (در مقاومت‌های آمریکایی) به معنی ممیز بین رقم اول و دوم است و اگر نقره‌ای باشد، نشانه ممیز قبل از دو رقم است. با استفاده از مولتی متر مقاومت های زیر را شناسایی کنید.

جدول ۲

$R_1 = 390 \Omega$	$R_2 = 220 \Omega$	$R_3 = 47 \Omega$	$R_4 = 47 \Omega$	$R_5 = 100 \Omega$



شکل ۲

روش آزمایش

بررسی قوانین کیرشهف

- با استفاده از مقاومت‌ها (جدول ۲) مداری مطابق شکل ۲ ببندید.
- به وسیله ولت‌متر، ولتاژ منبع تغذیه‌ها را تنظیم کنید ($V_1 = 5\text{ V}$ و $V_2 = 8\text{ V}$).
- به وسیله آمپر‌متر، اندازه جریان‌های هر شاخه را تعیین کرده و در جدول ۳ ثبت کنید.
- قانون اول کیرشهف را با توجه به جریان‌های اندازه‌گیری شده در آزمایش تحقیق کنید.

جدول ۳

جریان هر شاخه (mA)	I_{R_1}	I_{R_2}	I_{R_3}	I_{R_4}	I_{R_5}

- در مدار شکل ۲ افت پتانسیل دو سر هر مقاومت را اندازه‌گیری کرده و در جدول ۴ ثبت کنید.
- قانون دوم کیرشهف را با توجه به ولتاژهای اندازه‌گیری شده در هر مسیر بسته تحقیق کنید.

جدول ۴

افت پتانسیل دو سر مقاومت (V)	V_{R_1}	V_{R_2}	V_{R_3}	V_{R_4}	V_{R_5}

- با استفاده از مقادیر معلوم مقاومت‌ها و ولتاژ منبع تغذیه‌ها، جریان و افت پتانسیل مربوط به هر مقاومت را محاسبه کنید.
- با مقایسه نتایج محاسبه شده (با استفاده از قوانین گره و حلقه در مدار) نتایج آزمایش، خطای هر یک را تعیین کنید.

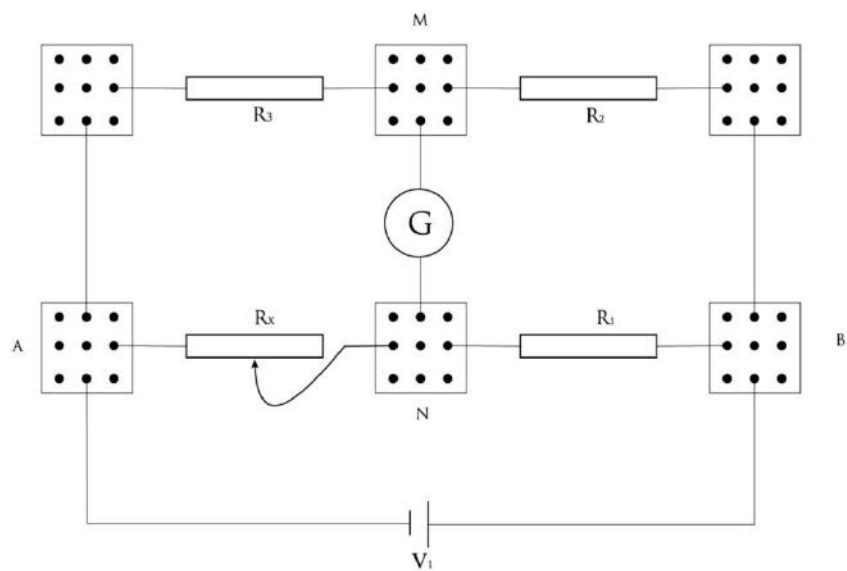
تعیین مقاومت مجهول

- منبع V_2 و مقاومت R_4 را با یک گالوانومتر و مقاومت R_5 را با یک رئوستا (مقاومت مجهول R_x) جایگزین کنید (شکل ۳).
- مقاومت رئوستا را تغییر دهید طوری که گالوانومتر جریان صفر را نشان دهد.
- در این حالت، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R_x و جریان عبوری از آن را اندازه‌گیری کرده و در جدول ۵ ثبت کنید.

جدول ۵

$V_{R_x} (V)$	
$I_{R_x} (mA)$	

- با استفاده از جدول ۵، R_x را محاسبه کنید. همچنین با استفاده از رابطه مقاومت‌ها برای پل وتستون مقاومت مجهول را محاسبه کنید. آیا اختلافی بین این دو مقدار وجود دارد؟ توضیح دهید. درصد خطای R_x اول را نسبت به R_x دوم محاسبه کنید.



شکل ۳

پرسش ها

۱- رابطه $R_1 R_3 = R_x R_2$ را در مدار شکل ۳ اثبات کنید.