

بخش ۱		آزمایش ۲: تعیین مقاومت درونی ولت‌متر	
شماره دانشجویی: ۹۷۳۱۱۱۱		نام و نام خانوادگی: دانیال حمدی	
نام مربی: استاد صداقت جلیل‌آبادی		روز و ساعت آزمایشگاه: چهارشنبه - ۱۰ تا ۱۲:۳۰	

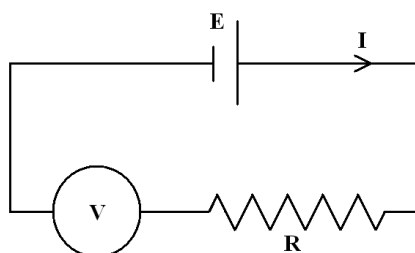
هدف آزمایش: اندازه‌گیری مقاومت درونی ولت‌متر

وسایل آزمایش: ولت‌متر، منبع تغذیه DC، چند مقاومت، سیم‌های رابط

تئوری آزمایش (با ترسیم مدار الکتریکی):

قصد داریم مقاومت درونی یک ولت‌متر را اندازه بگیریم. برای این کار، ولت‌متر را به صورت سری در مدار می‌بندیم. در این صورت با داشتن اختلاف پتانسیل دو سر ولت‌متر (که خود ولت‌متر به ما نشان می‌دهد) و جریان مدار (که از قانون KVL به دست می‌آوریم)، می‌توانیم مقاومت درونی ولت‌متر را از طریق رابطه‌ی $R = \frac{V}{I}$ محاسبه کنیم.

به عبارت دیگر:



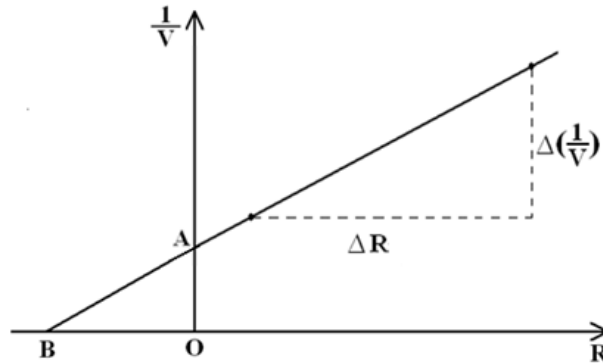
$$E = V + RI \rightarrow E = V + R \frac{V}{R_v} \quad (1)$$

در رابطه‌ی به دست آمده، مقادیر E ، V و R معلوم هستند، پس به راحتی می‌توانیم مقدار $R_v = \frac{RV}{E-V}$ را محاسبه کنیم.

با تقسیم طرفین رابطه بر EV ، به رابطه‌ی زیر می‌رسیم.

$$\frac{1}{V} = \frac{1}{E} + \left(\frac{1}{R_v E} \right) R \quad (2)$$

که نمودار $\frac{1}{V}$ بر حسب R به شکل زیر خواهد بود.



با استفاده از نمودار بالا، به دو روش می‌توان مقاومت درونی ولت‌متر را به دست آورد.

۱. **طول از مبدأ:** ولت‌متر در رابطه‌ی بالا، اگر $\frac{1}{V}$ برابر صفر شود، میزان R با R_v برابر خواهد بود.

$$\frac{1}{V} = \frac{1}{E} + \left(\frac{1}{R_v E} \right) R \rightarrow 0 = \frac{1}{E} + \left(\frac{1}{R_v E} \right) R \rightarrow -1 = \frac{R}{R_v} \rightarrow R_v = -R \quad (3)$$

بنابراین مقاومت درونی ولت‌متر برابر طول از مبدأ نمودار بالا است.

۲. **شیب نمودار (m)**

$$m = \frac{1}{R_v E} \rightarrow R_v = \frac{1}{mE}$$

روش انجام آزمایش:

1. مداری مطابق شکل ۱ ببندید.
2. نیروی محرکه‌ی منبع تغذیه را با نظر مربی آزمایشگاه، روی عدد مناسب قرار دهید.
3. مقدار مقاومت‌های داده شده را با استفاده از کدهای رنگی بخوانید و در جدول زیر ثبت نمایید.
4. به ازای مقاومت‌های مختلفی که وارد مدار می‌کنید، ولتاژ ولت‌متر را قرائت کرده، و در جدول زیر ثبت نمایید.
5. مقاومت درونی ولت‌متر را با استفاده از روش محاسباتی (تعیین میانگین کمیت و میانگین خطای مطلق، $\overline{R_v} \pm \Delta R_v$) گزارش کنید، و درون جدول ثبت کنید.
6. نمودار $\frac{1}{V}$ را بر حسب R روی کاغذ میلی‌متری رسم کرده، و از روی نمودار مقدار مقاومت درونی ولت‌متر R_v (طول از مبدأ) را گزارش کنید.
7. بار دیگر با معلوم بودن E ، مقاومت درونی ولت‌متر R_v را با استفاده از شیب خط گزارش کنید.

بخش ۲ آزمایش ۲: تعیین مقاومت درونی ولت‌متر	
نام و نام خانوادگی: دانیال حمدی	شماره دانشجویی: ۹۷۳۱۱۱۱
روز و ساعت آزمایشگاه: چهارشنبه - ۱۰ تا ۱۲:۳۰	نام مربی: استاد صداقت جلیل‌آبادی

جدول زیر را تکمیل کنید:

$\varepsilon + \Delta\varepsilon = 1.015 \pm 0.001 (v)$					
$R(M\Omega)$	$V(v)$	$\frac{1}{V}(v^{-1})$	$R_v(M\Omega)$	$\overline{R}_v(M\Omega)$	$\overline{R}_v + \Delta\overline{R}_v(M\Omega)$
0.557	0.972	1.029	12.591		
0.815	0.947	1.056	11.350		
2.310	0.82	1.220	9.714		
4.800	0.672	1.488	9.404	10.107	10.107 ± 1.065
5.700	0.631	1.585	9.366		
10.270	0.479	2.088	9.178		
10.950	0.462	2.165	9.148		

یک نمونه از محاسبات را انجام دهید.

$$R_v = \frac{RV}{E - V} \rightarrow R_v = \frac{0.557 \times 0.972}{1.015 - 0.972} = 12.591(M\Omega) \quad (4)$$

مقاومت درونی ولت‌متر را با استفاده از روش محاسباتی (تعیین میانگین کمیت و میانگین خطای مطلق، $\overline{R}_v \pm \Delta\overline{R}_v$) گزارش کنید، و درون جدول ثبت کنید.

میانگین مقاومت درونی R_v :

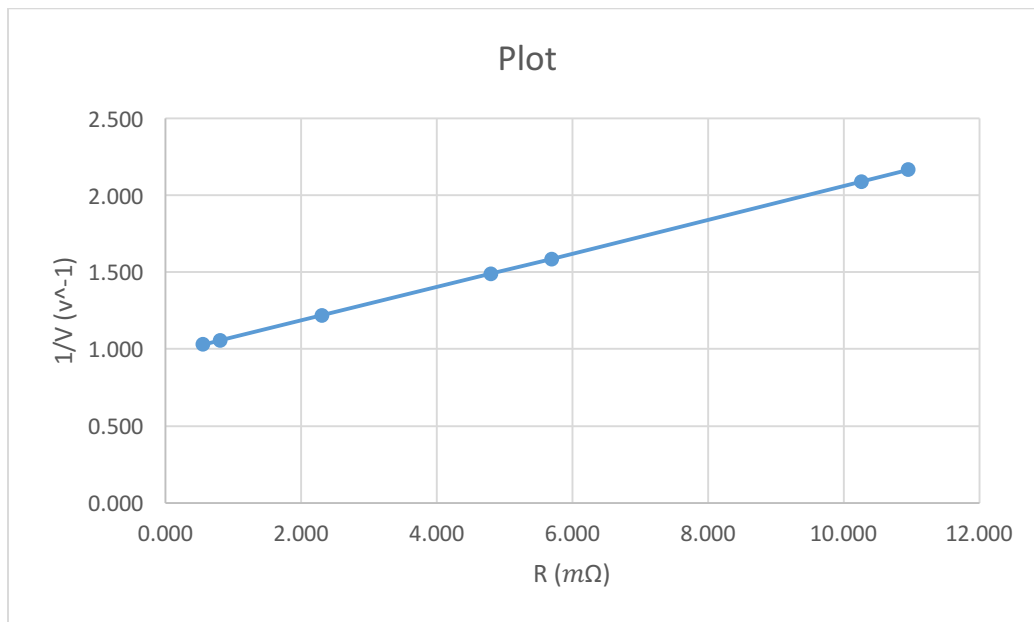
$$\begin{aligned} \overline{R}_v &= \frac{\sum R_v}{n} \\ &= \frac{12.591 + 11.350 + 9.714 + 9.404 + 9.366 + 9.178 + 9.148}{7} \\ &= 10.107 (M\Omega) \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned}\overline{\Delta r} &= \frac{\sum |\Delta R_v|_i}{\text{\#number of trials}} \\ &= \frac{2.483 + 1.243 + 0.393 + 0.703 + 0.741 + 0.929 + 0.959}{7} \\ &= 1.065 (M\Omega)\end{aligned}\quad (6)$$

پس مقدار مقاومت درونی برابر خواهد بود با

$$\overline{R_v} \pm \overline{\Delta R_v} = 10.107 \pm 1.065 (M\Omega) \quad (7)$$

نمودار $\frac{1}{V}$ را بر حسب R روی کاغذ میلی متری رسم کنید.



SLOPE	X-INTERCEPT	Y-INTERCEPT
-------	-------------	-------------

0.109	-8.849	0.966
-------	--------	-------

از روی نمودار، مقدار مقاومت درونی ولت متر R_v (طول از مبدأ) را تعیین کنید.

طول از مبدأ گزارش شده توسط نرم افزار Excel (X-Intercept): -8.849

پس:

$$R_v = \left| R_{\frac{1}{v}=0} \right| = 8.849 (M\Omega) \quad (8)$$

بار دیگر با معلوم بودن E، مقاومت درونی ولت‌متر (R_v) را با استفاده از شیب خط گزارش کنید.

شیب نمودار گزارش شده توسط نرم‌افزار Excel (Slope): 0.109

پس:

$$\frac{1}{R_v E} = 0.109 \rightarrow \frac{1}{R_v \times 1.015} = 0.109 \rightarrow R_v = \frac{1}{0.109 \times 1.015} = 9.038 (M\Omega) \quad (9)$$

جواب به سؤالات:

۱. آیا محدوده‌های مختلف ولت‌متر مقاومت درونی یکسانی دارند؟

برای یافتن پاسخ قطعی به این سؤال، بهتر است که آزمایش را با چندین مقدار منبع تغذیه E تکرار کنیم، و میزان مقاومت‌های درونی به دست آمده را مقایسه کنیم.

اما می‌توان گفت که مقاومت درونی در محدوده‌های مختلف ولت‌متر یکسان نیست، در ولتاژهای بالا این مقدار بیش‌تر و در ولتاژهای پایین کم‌تر است تا افت ولت‌متر تأثیر کم‌تری روی ولتاژ مدار بگذارد.

۲. چرا مقاومت R در مدار شکل ۱ باید خیلی زیاد باشد؟

زیرا ولت‌متر خود با هدف رد نکردن جریان و تغییر ندادن ولتاژ قطعه‌ی مورد اندازه‌گیری، مقاومت بسیار بالایی دارد. به همین دلیل باید مقاومت خارجی را هم بزرگ در نظر بگیریم، تا قابل صرف نظر در برابر مقاومت درونی ولت‌متر نباشد. (هم‌مرتبه باشند). برای مثال شیب نمودار بخش تئوری، برابر $\frac{1}{R_v E}$ می‌باشد، پس اگر مقادیر R را کوچک اختیار کنیم، حاصل ضرب آن با R_v برابر صفر خواهد بود.

در مورد نتایج به دست آمده بحث کنید:

در این آزمایش، برای به دست آوردن میزان مقاومت یک ولت‌متر، آن را به صورت سری با یک منبع تغذیه‌ی DC و مقاومت وصل کردیم. سپس میزان مقاومت را به روش‌های محاسباتی و از روی نمودار محاسبه کردیم. دریافتیم که ولت‌متر مقاومت بسیار بالایی دارد، (در این آزمایش در مقیاس مگا‌هم)، و به همین دلیل هم باید مقاومت خارجی مدارمان را بزرگ اختیار کنیم، تا قابل صرف نظر در برابر مقاومت ولت‌متر نباشد.