به نام یگانه لایق پرستش

اندازه‌گیری الکتریکی
Electrical Measurement

دانشگاه صنعتی همدان
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر
گروه کنترل

حل تمرین ۱
موعد تحویل: **۸۹/۲/۶**

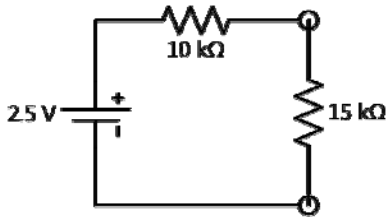
مدرس: **جواد رضوانی جلال**
سال تحصیلی: **ترم دوم ۸۹-۸۸**

کسی که عبادت‌های خالصانه‌ی خود را به سوی خدا فرستد، خداوند برترین مصلحت را به سویش خواهد فرستاد (حضرت زهرا (س)).

۱. داریم:

$$Span = 1800 - 400 = 1400^{\circ}C$$
$$Dead\ Zone = 0.14\% \times 1400^{\circ}C = 1.96^{\circ}C$$
$$Detectable\ Temprature = 400 + 1.96 = 401.96^{\circ}C$$

۲. کافی است که معادل تونن مدار داده شده را نسبت به دو سر مقاومت $15\ k\Omega$ به دست آوریم:



الف- مقدار حقیقی جریان:

$$I_{real} = \frac{2.5\ V}{25\ k\Omega} = 0.1\ mA$$

ب- با در نظر گرفتن مقاومت آمپرسنج داریم:

$$I_{measure} = \frac{2.5\ V}{(25+2)\ k\Omega} = 0.092\ mA$$

ج- می‌خواهیم میزان خطای اندازه‌گیری کمتر از 1% باشد:

$$error = \frac{|I_{measure} - I_{real}|}{I_{real}} < 1\%$$
$$\frac{|I_{measure} - 0.1|}{0.1} < 0.01 \rightarrow 0.099 < I_{measure} < 0.101$$

از طرفی داریم:

$$I_{measure} = \frac{2.5\ V}{(25+R_A)\ k\Omega} = 0.099\ mA$$
$$(25 + R_A) = 25.25\ k\Omega$$
$$\rightarrow R_A = 0.25\ k\Omega = 250\ \Omega$$

۳. در حالت سری داریم:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 = 350\ \Omega \rightarrow \mathrm{R = 350\Omega}$$
$$\Delta R = 2 + 5 + 5 = 12 \rightarrow \Delta R = 12\Omega$$
$$\rightarrow \frac{\Delta R}{R} = \frac{12}{350} = 0.034 = 3.4\% \rightarrow \frac{\Delta R}{R} = 3.4\%$$

در حالت موازی داریم:

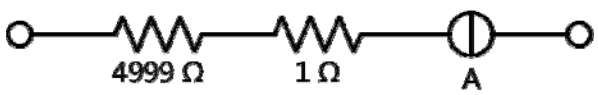
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \rightarrow R = 28.6\ \Omega$$
$$\rightarrow -\frac{dR}{R^2} = -\frac{dR}{R_1^2} - \frac{dR}{R_2^2} - \frac{dR}{R_3^2}$$
$$\rightarrow \frac{\Delta R}{R^2} = \frac{\Delta R_1}{R_1^2} + \frac{\Delta R_2}{R_2^2} + \frac{\Delta R_3}{R_3^2}$$
$$\rightarrow \frac{\Delta R}{R} = \frac{R}{R_1}\frac{\Delta R_1}{R_1} + \frac{R}{R_2}\frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{R}{R_3}\frac{\Delta R_3}{R_3}$$
$$\rightarrow \frac{\Delta R}{R} = 7.3\%$$
$$\Delta R = R \times 7.3\% = 2.1\ \Omega \rightarrow \Delta R = 2.1\ \Omega$$

۴. داریم:

$$E\{x\} = \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} = 147.5\ \Omega$$
$$A = \frac{\sum_{i=1}^{n} |x_i - \bar{x}|}{n} = 0.21\ \Omega$$
$$\delta_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.3\ \Omega$$
$$\delta_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}{n}} = 0.28\ \Omega$$

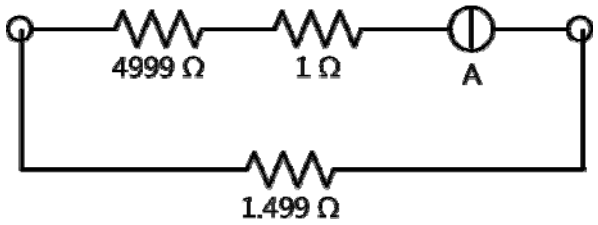
۵. با توجه به توضیحات داده شده و شکل زیر جریان بیشینه دستگاه اندازه‌گیری به صورت زیر به دست می‌آید:

$$i_{max} = \frac{250}{5000} = 50\ mA$$



الف- در این صورت داریم:

$$i_{sh} = \frac{250}{1.499} = 166.77\ A$$
$$\rightarrow I = i_{sh} + i_{max} = 166.82\ A \rightarrow I = 166.82\ A$$



ب- داریم:

$$250 = \frac{5000}{R + 5000} 50 \times R \rightarrow R = 5.005\ \Omega$$

۶. توجه کنید که بدیهی است که K داده شده در اندوکتانس هیچ رابطه‌ای با ثابت فنر ندارد! علی رغم این شفافیت بعضی از دانشجویان این دو پارامتر را یکی گرفته‌اند!

کافی است نسبت دو حالت گفته شده را به دست آوریم:

$$\frac{\theta_2}{\theta_1} = \frac{\frac{1}{2k} I_2^2 \frac{\partial L}{\partial \theta_2}}{\frac{1}{2k} I_1^2 \frac{\partial L}{\partial \theta_1}} \rightarrow \frac{120}{90} = \frac{2^2 \left[2K\left(0.01 + K\frac{\pi}{2}\right)\right]}{1.5^2 \left[2K\left(0.01 + K\frac{2\pi}{3}\right)\right]}$$
$$\rightarrow K = 0.0464 \times 10^{-3} \frac{1}{rad}$$

۷. می‌دانیم که در یک دستگاه ترموکوپل، میزان انحراف با توان دوم جریان ورودی متناسب است:

$$\theta \propto I^2 \rightarrow \theta = kI^2$$

لذا خواهیم داشت:

$$\frac{\theta_{100\%}}{\theta_{33.3\%}} = \frac{kI_{100\%}^2}{kI_{33.3\%}^2} \rightarrow \frac{100\%}{33.3\%} = \frac{10^2}{I_{33.3\%}^2}$$
$$\rightarrow I_{33.3\%} = \frac{10}{\sqrt{3}} = 5.77\ A$$

۸. از بین گزینه‌های الف و ب گستره دستگاه الف بیشتر است و دقت آن نیز بیشتر می‌باشد. باید ببینیم که در جریان ۲ آمپر کدام دستگاه دارای خطای نسبی کمتری می‌باشد. برای دستگاه الف داریم:

$$\frac{\Delta I}{I}|_{100\%} = 0.5\% \rightarrow \Delta I|_{100\%} = 5 \times 0.5\% = 0.025\ A$$
$$\rightarrow \frac{\Delta I}{I}|_{40\%} = \frac{0.025}{2} = 1.25\%$$

برای دستگاه ب داریم:

$$\frac{\Delta I}{I}|_{100\%} = 1\% \rightarrow \Delta I|_{100\%} = 3 \times 1\% = 0.03\ A$$
$$\rightarrow \frac{\Delta I}{I}|_{40\%} = \frac{0.03}{2} = 1.5\%$$

لذا مشاهده می‌شود که از بین این دو مورد، دستگاه الف برای اندازه‌گیری جریان ۲ آمپر مناسبتر است.

مورد ج یک دستگاه آهن گردان است، چون گستره آن ۲.۵ آمپر است لذا در اندازه‌گیری جریان ۲ آمپر تقریبا به انحراف کامل میرسد که از این حیث خوب است. اما چون این دستگاه قانون مربعی است لذا دارای یک گستره مربعی خواهیم بود که یک عیب برای آن به شمار می‌رود.

۹. در دستگاه الکترودینامیکی داریم:

$$\tau_d = i_1 i_2 \frac{\partial M}{\partial \theta},\quad \tau_c = k\theta$$
$$\tau_d = \tau_c \rightarrow k\theta = \frac{V^2}{z^2}\frac{\partial M}{\partial \theta} = \frac{45^2}{780^2}\frac{82.7 - 74.5}{(37-14) \times \frac{\pi}{180}} = 0.061\ m\ Nm$$
$$= 61 \times 10^{-6}\ Nm$$
$$\tau_d = 61 \times 10^{-6}\ Nm$$

توجه: همانطور که مشاهده می‌کنید با کمی تأمل به راحتی همه سؤالات در چند خط قابل حل هستند. سؤالات میان‌ترم هم به همین سادگی خواهند بود، بنابراین از زیاده‌نویسی اکیداً خودداری فرمائید! تمیز نوشتن هم بسیار مهم می‌باشد و خواسته یا ناخواسته در نمره شما تأثیرگذار خواهد بود.

موفق باشید.

جواد رضوانی جلال