

درس ۳ (توان در مدارهای الکتریکی و ترکیب مقاومت‌ها)

توان الکتریکی برای منبع نیروی محرکه مانند باتری و یا مصرف‌کننده مانند مقاومت از رابطه مقابل محاسبه می‌شود.
توان الکتریکی مصرفی در یک مقاومت را می‌توانیم از رابطه‌های زیر نیز محاسبه کنیم.

$$P = I\Delta V$$

$$P_{\text{مصرفی}} = RI^2$$

$$P_{\text{مصرفی}} = \frac{V^2}{R}$$

$$P = \frac{U}{t}$$

یکای توان J/s است که وات (W) نامیده می‌شود.

مثال ۵ بر روی یک بخاری برقی دو عدد ۱۱۰۰W و ۲۲۰V نوشته شده است. الف) جریانی که از این بخاری وقتی روشن است، می‌گذرد، چند آمپر است؟
ب) مقاومت الکتریکی آن وقتی روشن است، چند اهم است؟ پ) اگر این بخار را روزی ۱ ساعت روشن کنیم، انرژی مصرفی ماهانه آن چند ژول و چند کیلووات ساعت است؟

$$P = IV \Rightarrow 1100 = 220I \Rightarrow I = 5A$$

پاسخ: الف)

$$P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow 1100 = \frac{220^2}{R} \Rightarrow R = 44\Omega$$

ب)

$$P = \frac{U}{t} \Rightarrow 1100 = \frac{U}{3 \cdot \text{day} \times 10^3 \frac{\text{h}}{\text{day}} \times 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}}} \Rightarrow U = 1/188 \times 10^9 \text{J}$$

پ)

هر کیلووات ساعت، ۳۶۰۰۰۰۰J است.

$$U = 1/188 \times 10^9 \text{J} \times \frac{1 \text{kWh}}{3.6 \times 10^6 \text{J}} = 33 \text{kWh}$$

توان مولد: توان تولیدی، توان مصرفی در مقاومت داخلی باتری و توان خروجی باتری از رابطه‌های زیر محاسبه می‌شود.

$$P = \varepsilon I$$

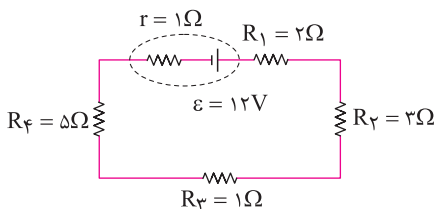
توان تولیدی باتری:

$$P = rI^2$$

توان مصرفی در مقاومت داخلی باتری:

$$P = \varepsilon I - rI^2$$

توان خروجی باتری:



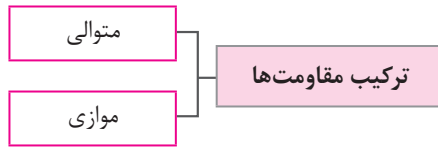
مثال ۶ در مدار شکل زیر، توان خروجی باتری و توان مصرفی مقاومت R_1 را حساب کنید.

$$I = \frac{\varepsilon}{r + (R_1 + R_2 + R_3 + R_4)} = \frac{12}{12} = 1A$$

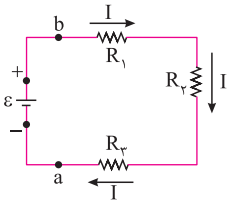
پاسخ:

$$P_{\text{out}} = \varepsilon I - rI^2 = 12 \times 1 - 1 \times 1 = 11W$$

$$P_1 = R_1 I^2 = 2 \times 1 = 2W$$



به هم بستن متوالی مقاومت‌ها: متوالی به معنای بسته شدن مقاومت‌ها یکی پس از دیگری است، به طوری که هیچ انشعابی بین آن‌ها وجود نداشته باشد (شکل زیر).



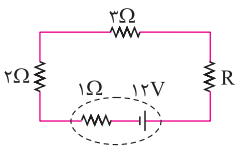
در بستن متوالی مقاومت‌ها، از همه مقاومت‌ها جریان یکسانی عبور می‌کند. مقاومت معادل (R_{eq}) به مقاومتی گفته می‌شود که می‌توانیم تمام مقاومت‌ها را با آن جایگزین کنیم، به طوری که خللی در کار مدار ایجاد نشود. در مقاومت‌های متوالی مقاومت معادل از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

نکته

۱. وقتی مقاومت‌ها به طور متوالی بسته شده‌اند، مقاومت معادل آن‌ها بزرگ‌تر از مقاومت هر یک از آن‌ها است.
۲. اختلاف پتانسیل دو سر مجموعه مقاومت‌های متوالی برابر است با جمع اختلاف پتانسیل دو سر تک‌تک مقاومت‌ها.

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$



مثال ۷ در مدار داده شده اگر مقاومت معادل مدار ۱۱Ω باشد؛

الف) مقاومت R چند اهم است؟

ب) اختلاف پتانسیل دو سر باتری چند ولت است؟

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 \Rightarrow 11 = 2 + 2 + R \Rightarrow R = 6\Omega$$

$$I = \frac{\varepsilon}{r + R_{eq}} = \frac{12}{1 + 11} = 1A$$

$$V = \varepsilon - Ir = 12 - 1 \times 1 = 11V$$

پاسخ: الف) مقاومت‌های مدار متوالی هستند.

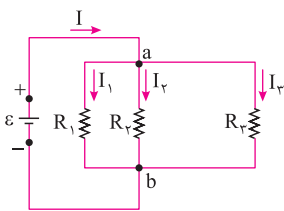
ب) ابتدا جریان را در مدار حساب می‌کنیم.

تنها یک باتری در مدار قرار دارد، پس این باتری محرک است.

قاعده انشعاب و به هم بستن موازی مقاومت‌ها: یک نقطه انشعاب یا گره در مدار، نقطه‌ای است که در آن سه یا چند سیم به یکدیگر متصل شده‌اند. هر اتصالی بین دو نقطه انشعاب در مدار، شاخه نامیده می‌شود.

قاعده انشعاب: مجموع جریان‌های ورودی به هر نقطه انشعاب برابر با مجموع جریان‌های خروجی از آن نقطه است.

به هم بستن موازی مقاومت‌ها: وقتی دو سر مقاومت‌ها به هم متصل باشد، می‌گوییم آن‌ها موازی هستند. در مقاومت‌های موازی اختلاف پتانسیل دو سر تمام مقاومت‌ها با هم برابر است و برابر است با اختلاف پتانسیل اعمال شده به دو سر تمام مقاومت‌ها. در شکل مقابل مقاومت‌ها به طور موازی به هم بسته شده‌اند. مقاومت معادل چند مقاومت موازی از رابطه زیر محاسبه می‌شود.



$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

نکته

اگر تنها دو مقاومت موازی داشته باشیم، معادل آن‌ها از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

در صورتی که مقاومت معادل را جایگزین مقاومت‌ها کنیم، جریان گذرنده از مقاومت معادل (I) برابر است با مجموع جریان گذرنده از تک‌تک مقاومت‌ها.

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

نکته

هر گاه چند مقاومت به صورت موازی به هم بسته شوند، مقاومت معادل آن‌ها کوچک‌تر از هر یک از مقاومت‌های موجود در آن ترکیب است.

مثال ۸ در شکل مقابل، آمپرسنج ۲A را نشان می‌دهد.

الف) مقاومت معادل مدار چند اهم است؟

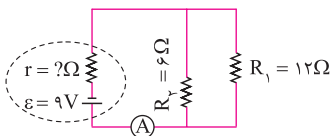
ب) مقاومت داخلی باتری چقدر است؟

پ) توان مصرفی مقاومت R_1 چند وات است؟

پاسخ: الف)

ب)

پ) اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌های R_1 و R_2 با اختلاف پتانسیل دو سر مولد برابر است.



$$R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{12 \times 6}{12 + 6} = 4\Omega$$

$$I = \frac{\varepsilon}{r + R_{eq}} \Rightarrow 2 = \frac{9}{r + 4} \Rightarrow r = 0.5\Omega$$

$$V = \varepsilon - Ir = 9 - 1 = 8V$$

$$P = \frac{V^2}{R_1} = \frac{64}{12} = \frac{16}{3} W$$

گلبگ

فصل دوم: (جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم)

سؤالات امتحانی درس سوم

۲

| | |
|-----|---|
| ۳۵. | جاهای خالی را با عبارت مناسب پر کنید. الف) مقاومت الکتریکی یک لامپ ۱۰۰W خاموش از مقاومت الکتریکی یک لامپ ۱۰۰W روشن است. ب) لامپ‌های یک درخت زینتی به طور متصل شده‌اند. اگر یکی از لامپ‌ها بسوزد، بقیه لامپ‌ها خاموش می‌شوند. پ) طبق قانون گرمای تولید شده توسط جریان I عبوری از مقاومت R در مدت زمان t برابر RI^2t است. ت) اگر باتری باشد، توان خروجی آن با توان تولیدی آن برابر است. |
| ۳۶. | عبارت درست را از درون پرانتز انتخاب کنید. الف) یکای کیلووات ساعت، یکای (انرژی - توان) است. ب) در مقاومت‌های (موازی - متوالی) جریان‌ها یکسان است. پ) برای اینکه مقاومت معادل سه مقاومت الکتریکی مشابه بیشترین مقدار شود، باید آن‌ها را به طور (متوالی - موازی) ببندیم. |
| ۳۷. | درستی یا نادرستی جمله‌های زیر را تعیین کنید. الف) در مقاومت‌های موازی، مقاومت معادل بزرگ‌تر از تک تک مقاومت‌ها است. ب) جریان گذرنده از مقاومت‌های موازی با هم برابر است. پ) مقاومت یک ولت‌سنج باید خیلی کوچک باشد تا قرار گرفتن آن در مدار، ولتاژ اجزای مدار را به طور محسوسی تغییر ندهد. |
| ۳۸. | با رسم شکل و شرح کافی، آزمایشی طراحی کنید که توسط آن بتوان نشان داد، جریان کل در مدارهای موازی برابر است با مجموع جریان‌های هر یک از شاخه‌ها. |
| ۳۹. | آزمایشی برای تحقیق قانون ژول در مدار الکتریکی طراحی کنید. |
| ۴۰. | با توجه به قانون پایستگی بار الکتریکی، توضیح دهید چرا در مدار تک حلقه جریان در همه قسمت‌های مدار یکسان است؟ (هماهنگ کشوری - فرورداد ۸۳ - تهری) |
| ۴۱. | در مدار شکل مقابل، $R_1 < R_2$ است و ولت‌سنج‌ها با هم مشابه و آمپرسنج‌ها نیز با هم مشابه‌اند و همگی آرمانی‌اند. با توضیح کامل بنویسید، کدام آمپرسنج و کدام ولت‌سنج به ترتیب جریان و اختلاف پتانسیل بیشتری را نشان می‌دهند؟ (هماهنگ کشوری - دی ۸۷ - تهری) |

