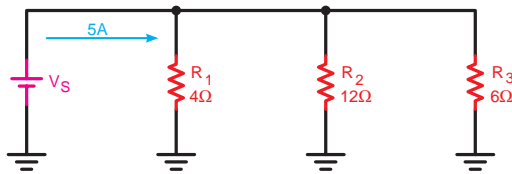


$$I_1 = I \frac{R_r}{R_1 + R_r} \Rightarrow I_1 = 1/5 \times \frac{4}{4+4} = 0.75A$$

$$I_1 = I \frac{R_r}{R_1 + R_r} \Rightarrow I_r = 1/5 \times \frac{4}{4+4} = 0.75A$$

نکته مهم:

در دو شاخه موازی، جریان هر شاخه از حاصل ضرب جریان کل در مقدار مقاومت شاخه‌ای که جریان آن مورد نظر نیست تقسیم بر مجموع دو مقاومت به دست می‌آید.



شکل ۵-۶۴

مثال: مقاومت معادل و ولتاژ کل را در شکل ۵-۶۴ به

دست آورید.

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_r} + \frac{1}{R_r}$$

حل:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{6} + \frac{1}{12} + \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{1}{R_T} = \frac{2+1+3}{12} = \frac{6}{12}$$

$$R_T = \frac{12}{6} = 2\Omega$$

$$V_S = R_T \cdot I_T \Rightarrow V_S = 5 \times 2$$

$$V_S = 10V$$

مثال: مقدار مقاومت R_1 شکل ۵-۶۵ را بدست آورید.

$$(R_r = 1k\Omega, R_r = 1/8 K\Omega)$$

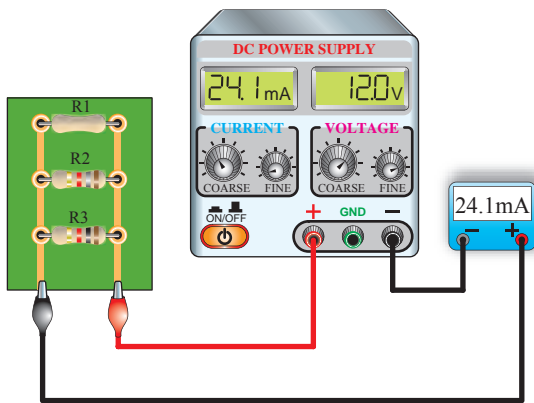
حل:

$$R_T = \frac{V}{I_T} = \frac{12V}{24/1mA} = 498\Omega$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_r} + \frac{1}{R_r} \Rightarrow \frac{1}{R_1} = \frac{1}{R_T} - \left(\frac{1}{R_r} + \frac{1}{R_r} \right)$$

$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{498\Omega} - \left(\frac{1}{1/8k\Omega} + \frac{1}{1k\Omega} \right)$$

$$R_1 = 2/21k\Omega$$



شکل ۵-۶۵

عملیات کارگاهی (کار عملی ۲)



| ساعت | | |
|------|------|-----|
| نظری | عملی | جمع |
| - | ۱ | ۱ |

هدف: بررسی مدارهای مقاومتی موازی در جریان مستقیم

وسایل و تجهیزات مورد نیاز (برای هر گروه کار)

| | |
|-------------------------------|----------|
| ۱- منبع تغذیه dc (الکترونیکی) | ۱ دستگاه |
| ۲- پیل ۱/۵ ولتی | ۴ عدد |
| ۳- بردبرد | ۱ عدد |
| ۴- آوومتر دیجیتالی | ۱ عدد |
| ۵- آوومتر عقربه‌ای | ۱ عدد |
| ۶- میز آزمایشگاهی | ۱ دستگاه |
| ۷- مقاومت‌های اهمی | |
| ۱ وات $R_1 = 1k\Omega$ | |
| ۱ وات $R_2 = 3/3k\Omega$ | |
| ۱ وات $R_3 = 4/7k\Omega$ | |
| ۱ وات $R_4 = 5/6k\Omega$ | |
| ۸- سیم تلفنی | ۵/۵ متر |
| ۹- سیم چین | ۱ عدد |
| ۱۰- سیم لخت کن | ۱ عدد |
| ۱۱- گیره سوسماری | ۶ عدد |

تذکر: قبل از شروع کار عملی کلیه موارد ایمنی که در ابتدای کار عملی ۱ فرا گرفته‌اید را به دقت مطالعه کرده و به کار ببرید.



اندازه گیری و محاسبه مقاومت در مدار موازی مراحل اجرای آزمایش

الف

جدول ۵-۲

| مقاومت | نوارهای رنگی | مقدار تلرانسی خوانده شده | مقدار اندازه گیری شده |
|--------|--------------|--------------------------|-----------------------|
| R_1 | | | |
| R_2 | | | |
| R_3 | | | |
| R_4 | | | |

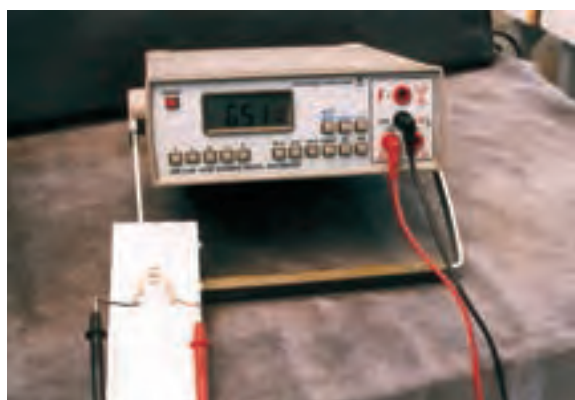
۱- مقدار اهم و درصد خطای مقاومت های R_1 تا R_4 را با توجه به نوارهای رنگی به دست آورید و در جدول ۵-۲ یادداشت کنید.

۲- حوزه کار اهم متر را روی $R \times 1k$ قرار دهید و اهم هر یک از مقاومت ها را اندازه بگیرید و در جدول مقابل ثبت کنید.

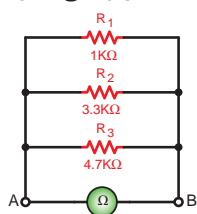
۳- مقاومت های R_1 و R_2 و R_3 را مطابق شکل ۵-۶۶ روی بردبرد به صورت موازی اتصال دهید.

۴- کلید رنج اهم متر را روی ضریب $R \times 1k$ قرار دهید و مقاومت بین دو نقطه A و B را در شکل ۵-۶۶ اندازه گیری کنید.

$$R_{AB_1} = \boxed{}$$

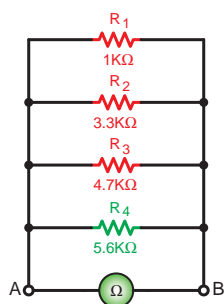


الف- شکل واقعی مدار



ب- شکل مداری

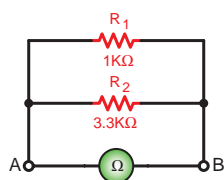
شکل ۵-۶۶



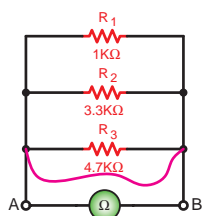
شکل ۵-۶۷

۵- مقاومت R_4 را مطابق شکل ۵-۶۷ به مدار اضافه کنید و کلید اهم متر را روی ضریب $R \times 1k$ قرار دهید. مقاومت مدار را بین نقطه A و B اندازه گیری کنید.

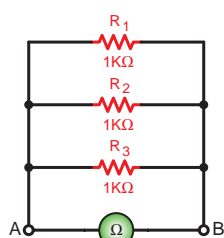
$$R_{AB_2} = \boxed{}$$



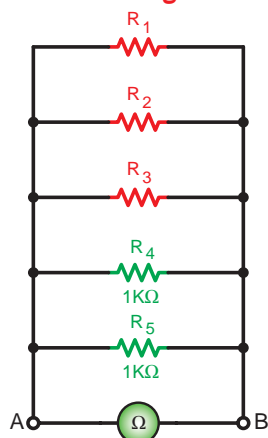
شکل ۵-۶۸



شکل ۵-۶۹



شکل ۵-۷۰



الف-شکل مداری



ب-شکل واقعی مدار

شکل ۵-۷۱

۶- مطابق شکل ۵-۶۸ دو مقاومت R_1 و R_2 را از مدار خارج کنید به وسیله اهم متر مقاومت معادل مدار را بین دو نقطه A و B اندازه گیری کنید.

$$R_{AB_1} = \boxed{}$$

۷- مداری را مطابق شکل ۵-۶۹ اتصال دهید و با یک قطعه سیم دو طرف مقاومت R_3 را به یکدیگر وصل کنید (اتصال کوتاه). مقدار مقاومت معادل بین دو نقطه A و B را اندازه بگیرید.

$$R_{AB_2} = \boxed{}$$

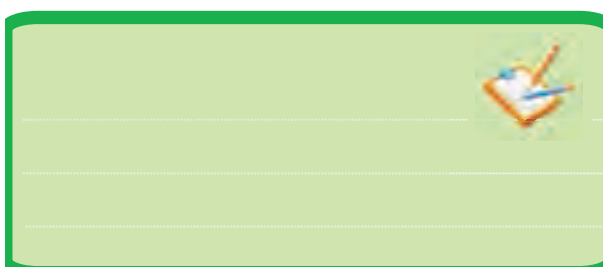
۸- سه مقاومت $1k\Omega$ را مطابق شکل ۵-۷۰ به صورت موازی اتصال دهید و با اهم متر مقاومت معادل بین دو نقطه A و B را اندازه گیری کنید.

$$R_{AB_3} = \boxed{}$$

۹- به مدار شکل ۵-۷۱ دو مقاومت $1k\Omega$ را به صورت موازی طبق شکل ۵-۷۰ اضافه کنید. با اهم متر مقاومت معادل بین دو نقطه A و B را اندازه بگیرید.

$$R_{AB_4} = \boxed{}$$

۱۰- از مقادیر به دست آمده R_{AB_3} در مرحله ۸ و R_{AB_4} در مرحله ۹ چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.



۱۱- با اضافه کردن مقاومت R_4 به شکل ۵-۶۶ یا کم کردن مقاومت های R_3 و R_4 طبق شکل ۵-۶۸ مقاومت معادل مدار بین دو نقطه A و B چگونه تغییر کرده است؟ چرا؟ شرح دهید.

۱۲- در صورت اتصال کوتاه شدن یکی از مصرف کننده های مدار موازی، مقاومت معادل مدار چه تغییری می کند؟ چرا؟ شرح دهید.

۱۳- آیا نتایج به دست آمده از مراحل مختلف آزمایش با مطالب تئوری و روابط مربوط به مدار موازی مطابقت دارد؟ شرح دهید. (با ذکر دلیل)

۱۴- در صورتی که پس از انجام آزمایش نتیجه ای قابل قبول به دست نیامد، یا پاسخ ها صحیح نبود، قطعات، وسایل اندازه گیری و مدار را بررسی کنید و مراحل آزمایش را مجدداً انجام دهید.

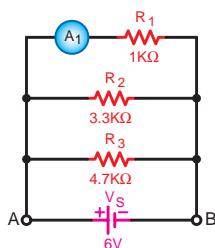
ب اندازه گیری و محاسبه شدت جریان در مدار موازی

- مدار شکل ۵-۷۲ را روی بردبرد ببندید.

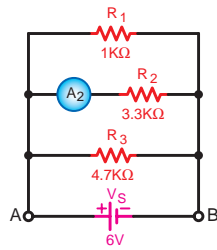
تذکر: دقت کنید که آمپر متر در مدار سری بسته شود و حداقل رنج انتخاب شده برای آن 10mA باشد.

۲- منبع تغذیه dc را وصل کنید و جریان عبوری از مقاومت R_1 را اندازه بگیرید.

$$I_{R_1} = \boxed{}$$



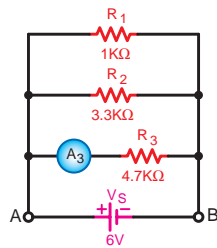
شکل ۵-۷۲



شکل ۵-۷۳



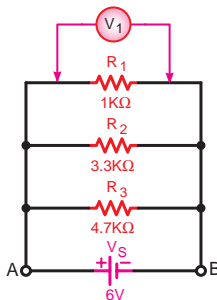
الف-شکل واقعی مدار



ب-شکل مداری
شکل ۵-۷۴



الف-شکل واقعی مدار



ب-شکل مداری
شکل ۵-۷۵

۳- منبع تغذیه را خاموش کنید و محل قرار گرفتن آمپرتر را مطابق شکل ۵-۷۳ تغییر دهید.

۴- کلید منبع تغذیه را وصل کنید و جریان عبوری از مقاومت R_2 را اندازه بگیرید.

$$I_{R_2} = \boxed{}$$

۵- منبع تغذیه را خاموش کنید و محل قرار گرفتن آمپرتر را مطابق شکل ۵-۷۴ تغییر دهید.

۶- کلید منبع تغذیه را وصل کنید و جریان مقاومت R_3 را اندازه بگیرید.

$$I_{R_3} = \boxed{}$$

اندازه گیری و محاسبه ولتاژ در مدار موازی

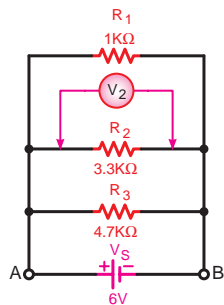
پ

۱- مدار شکل ۵-۷۵ را روی بردبرد ببندید.

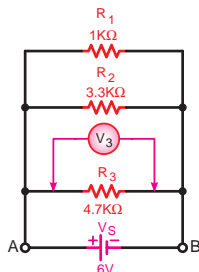
تذکر: دقت کنید که ولت متر باید به صورت موازی در دو سر مصرف کننده قرار گیرد و حداقل رنج را برای ولت متر ۱۰۷ انتخاب کنید.

۲- کلید منبع تغذیه را وصل کنید و افت ولتاژ دو سر مقاومت R_1 را قرائت نمایید.

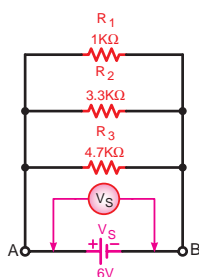
$$V_{R_1} = \boxed{}$$



شکل ۵-۷۶



شکل ۵-۷۷



شکل ۵-۷۸

۳- منبع تغذیه را خاموش کنید و محل قرار گرفتن ولت متر را مطابق شکل ۵-۷۶ برای به دست آوردن ولتاژ مقاومت R_2 تغییر دهید.

۴- منبع تغذیه را روشن کنید و ولتاژ دو سر مقاومت R_2 را اندازه بگیرید.

$$V_{R_2} = \boxed{}$$

۵- منبع تغذیه را خاموش کنید و ولت متر را برای به دست آوردن ولتاژ دو سر مقاومت R_2 مطابق شکل ۵-۷۷ وصل کنید.

۶- منبع تغذیه را روشن کنید و ولتاژ دو سر مقاومت R_2 را اندازه بگیرید.

$$V_{R_2} = \boxed{}$$

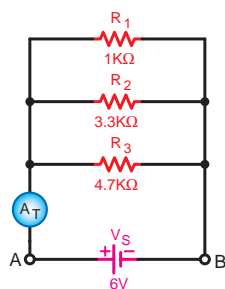
۷- ولت متر مطابق شکل ۵-۷۸ را به دو سر منبع تغذیه اتصال داده و ولتاژ باتری را اندازه بگیرید.

$$V_S = \boxed{}$$

۸- از مقایسه مقادیر ولتاژهای به دست آمده چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

۹- آیا نتایج به دست آمده با مطالب تئوری و روابط مربوط به آن مطابقت دارد؟

۱۰- آیا براساس نتایج به دست آمده از آزمایش ها جریان کل و جریان هر یک از مقاومت ها را می توان به دست آورد؟



شکل ۵-۷۹

۱۱- در آخرین مرحله، آمپرتر را در مسیر ورودی جریان به مدار قرار دهید و طبق شکل ۵-۷۹ جریان کل مدار را اندازه بگیرید. در این حالت باید کلید رنج آمپرتر حداقل 100mA باشد.

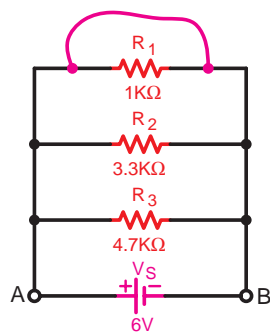
$$I_T = \boxed{}$$

۱۲- از مقایسه جریان های اندازه گیری شده با یکدیگر چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

۱۳- آیا نتایج به دست آمده از آزمایش با مطالب تئوری و روابط مربوط به آن مطابقت دارد؟ شرح دهید.

۱۴- آیا براساس نتایج به دست آمده از آزمایش مرحله ۱۰ می توان مقاومت کل مدار را به دست آورد؟ محاسبه کنید.

۱۵- در شرایطی که منبع تغذیه خاموش است مدار شکل ۵-۸۰ را اتصال دهید و با یک قطعه سیم دو سر مقاومت R_1 را اتصال کوتاه کنید.



شکل ۵-۸۰

توجه

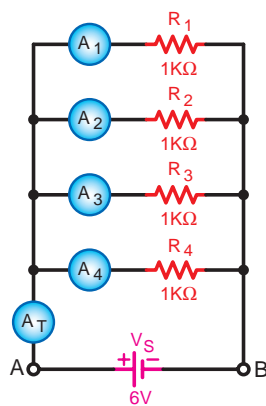
۱۶- هیچ گاه منبع تغذیه را در این حالت

وصل نکنید.



۱۷- چرا در حالت اتصال کوتاه مدار موازی، منبع تغذیه را نباید وصل کرد؟ شرح دهید.

۱۸- برای حفاظت مدار شکل ۵-۸۰ در مقابل اتصال کوتاه چه قطعه‌ای را پیشنهاد می‌کنید؟



شکل ۵-۸۱

۱۹- مدار شکل ۵-۸۱ را روی بردبرد اتصال دهید و در مراحل جداگانه جریان هر یک از مقاومت‌ها را اندازه‌گیری کنید. (کلید رنج آمپر متر حداقل روی 1mA باشد).

$$I_{R_1} = \boxed{}$$

$$I_{R_2} = \boxed{}$$

$$I_{R_3} = \boxed{}$$

$$I_{R_4} = \boxed{}$$

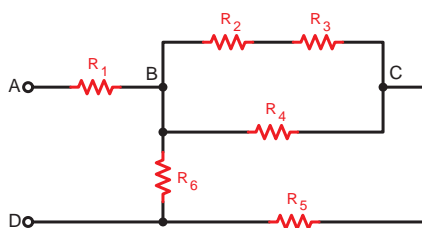
$$I_T = \boxed{}$$

۲۰- از مقادیر به دست آمده در مدار شکل ۵-۸۱ چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

۳- ۱- ۵- اتصال ترکیبی

«سری - موازی» مقاومت‌ها:

مدارهای «سری - موازی» به مدارهایی گفته می‌شود که برخی از عناصر موجود در آن به صورت سری و تعدادی دیگر به صورت موازی قرار گیرند. شکل ۵-۸۲ نمونه‌ای از این نوع مدارها را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۸۲

در محاسبه مقاومت معادل این گونه مدارها باید به نکات زیر توجه کنید.

۱- برای ساده کردن مدار باید از انتهای مدار، یعنی نقاطی که منبع تغذیه وجود ندارد یا نقاط باز مشخص شده در مدار هستند آغاز کنیم.

۲- برای محاسبه R_T در هر قسمت مدار، لازم است از روابط مقاومت معادل در مدارهای سری و مدارهای موازی استفاده کنیم. (شکل های ۵-۸۳ و ۵-۸۴)

نمونه هایی از مدارهای ترکیبی سری موازی به همراه نحوه قرار گرفتن مقاومت ها را در کنار هم نشان می دهند. برای آشنایی بیشتر با این مدارها به ذکر مثال هایی می پردازیم:

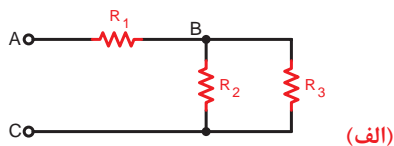
مثال: رابطه کلی محاسبه R_T را برای شکل ۵-۸۵ بنویسید.

حل: همان گونه که مشاهده می شود مقاومت های R_3 و R_4 به صورت موازی بسته شده اند. مقاومت معادل این دو مقاومت با دو مقاومت R_1 و R_2 به صورت سری قرار دارد. پس می توان نوشت:

$$R_T = R_1 + (R_3 \parallel R_4) + R_2$$

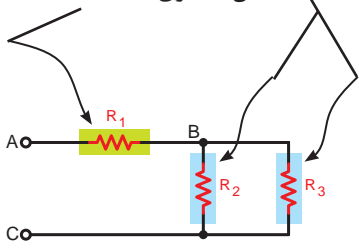
مثال: نحوه محاسبه مقاومت معادل مدار شکل ۵-۸۶ را به ترتیب بنویسید و مدار را در هر یک از حالت رسم کنید.

۱- در برخی موارد برای خلاصه نویسی از علامت (||) برای مشخص کردن مقاومت های موازی و از علامت (+) برای مشخص کردن مقاومت های سری استفاده می شود.



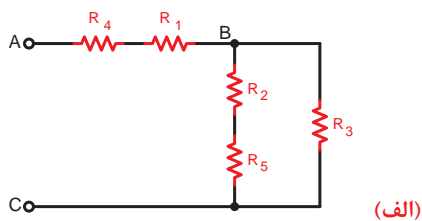
(الف)

مقاومت های R_2 و R_3 موازی و R_1 با آن ها سری است.



(ب)

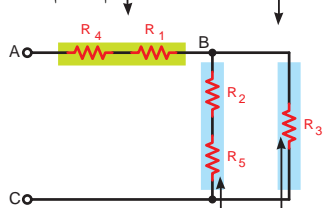
شکل ۵-۸۳



(الف)

گروه های سایه دار به طور سری قرار گرفته اند.

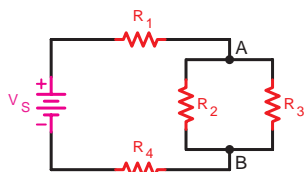
R_1 و R_4 به طور سری قرار گرفته اند



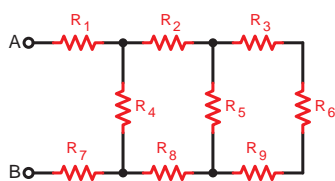
(ب)

گروه آبی رنگ به طور موازی قرار گرفته اند

شکل ۵-۸۴



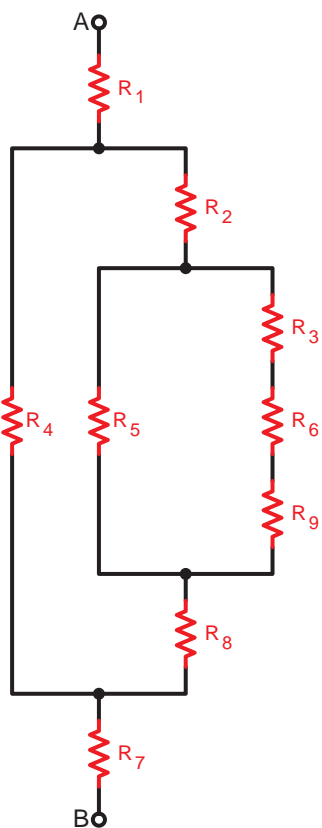
شکل ۵-۸۵



شکل ۵-۸۶

حل:

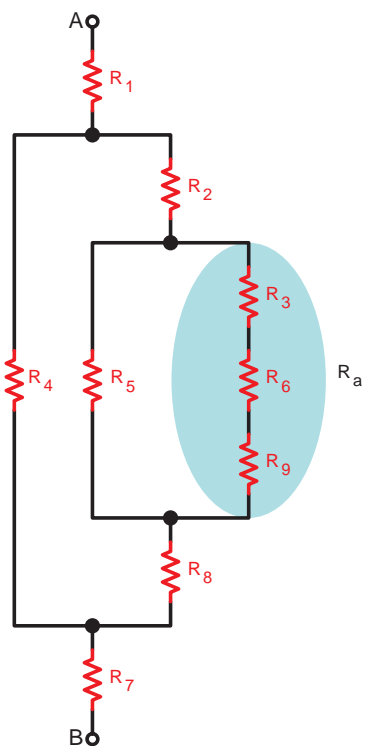
مرحله ۱: شکل ۵-۸۷ را به صورت ساده تر رسم می کنیم تا مفهوم سری - موازی در مدار مورد نظر بهتر مشخص شود.



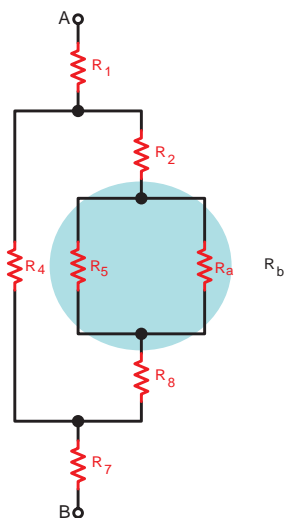
شکل ۵-۸۷

مرحله ۲: مقاومت معادل سه مقاومت R_p , R_e و R_q را که به صورت سری قرار گرفته اند R_a می نامیم و مقدار مقاومت معادل آن را چنین به دست می آوریم.
(شکل ۵-۸۸)

$$R_a = R_p + R_e + R_q$$



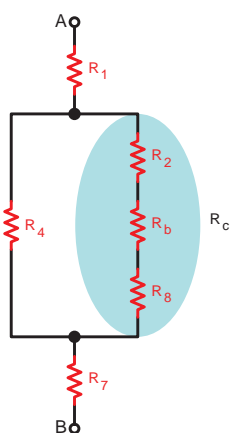
شکل ۵-۸۸



شکل ۵-۸۹

مرحله ۳: مقاومت معادل دو مقاومت R_a و R_b که به صورت موازی قرار گرفته اند را R_b می نامیم و معادل آن را بدست می آوریم. (شکل ۵-۸۹)

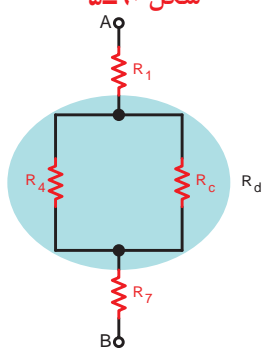
$$R_b = \frac{R_a \times R_b}{R_a + R_b}$$



شکل ۵-۹۰

مرحله ۴: در این مرحله مقاومت معادل به دست آمده در مرحله قبل را که به صورت سری با مقاومت های R_p و R_a قرار دارد را محاسبه می کنیم. (شکل ۵-۹۰)

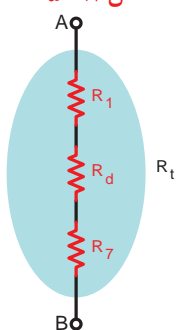
$$R_c = R_p + R_b + R_a$$



شکل ۵-۹۱

مرحله ۵: مقاومت معادل R_c در این مرحله با مقاومت R_p به صورت موازی قرار می گیرد. مقاومت معادل آن ها را R_d می نامیم و مقدار آن را محاسبه می کنیم. (شکل ۵-۹۱)

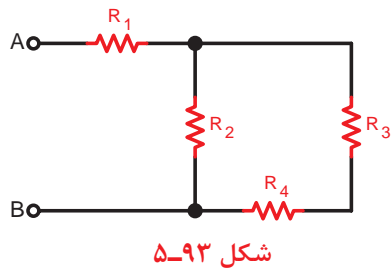
$$R_d = \frac{R_p \times R_c}{R_p + R_c}$$



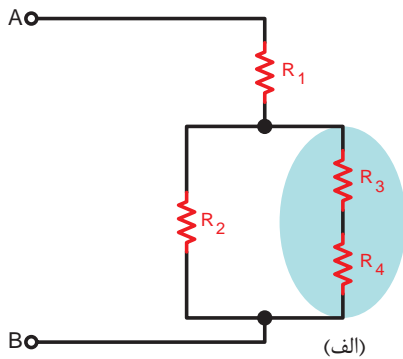
شکل ۵-۹۲

مرحله ۶: در این مرحله مقاومت R_d با دو مقاومت R_1 و R_v به صورت سری قرار می گیرد. با محاسبه مقاومت معادل این سه مقاومت مقدار مقاومت معادل کل مدار به دست می آید. (شکل ۵-۹۲)

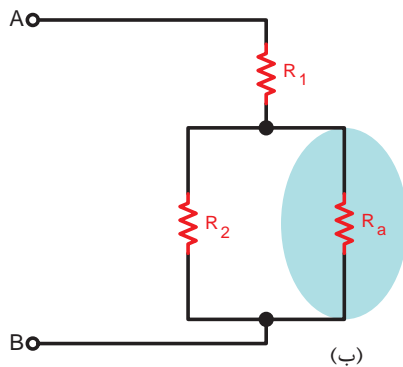
$$R_{AB} = R_t = R_1 + R_d + R_v$$



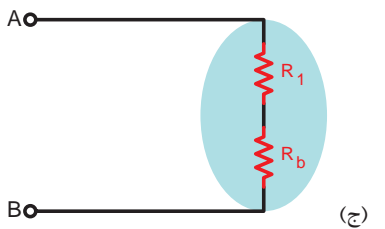
مثال: مقدار مقاومت معادل شکل ۵-۹۳ را در صورتی که $R_1 = 12\Omega$, $R_2 = 10\Omega$, $R_3 = 4\Omega$, $R_4 = 2\Omega$ است را حساب کنید.



حل: ابتدا مدار را به صورت شکل ساده شده (۵-۹۴ الف) در می آوریم و معادل دو مقاومت سری R_3 و R_4 را محاسبه می کنیم.

$$R_a = R_3 + R_4 = 10 + 2 = 12\Omega$$


مقاومت معادل مقاومت های R_a و R_2 را که به صورت موازی هستند و مقدار آن ها نیز مساوی است حساب می کنیم.

$$R_b = \frac{R_a}{2} = \frac{4 \times 12}{4 + 12} = 3\Omega$$


مقاومت های معادل به دست آمده مرحله قبل (R_b) را با مقاومت R_1 صورت سری در نظر می گیریم و مقاومت معادل آن برابر خواهد شد با:



$$R_c = R_1 + R_b = 3 + 12 = 15\Omega$$

مقاومت به دست آمده برابر با مقاومت معادل کل مدار است، (شکل ۵-۹۴ د)

$$R_c = R_t = 15\Omega$$

شکل ۵-۹۴

۲-۵- افت ولتاژ در هادی ها

همان طوری که می دانید سیم های رابط دارای مقاومت الکتریکی هستند. هم چنین طبق قانون اهم با عبور جریان الکتریکی از یک مقاومت ولتاژی در دو سر آن به وجود می آید.

هر قدر فاصله بین منبع تغذیه (مولد) و مصرف کننده بیشتر باشد، مقدار مقاومت سیم های رابط بیشتر می شود و افت ولتاژ در طول مسیر نیز زیادتر خواهد شد.

شکل ۵-۹۵ شبکه ای را نشان می دهد که بین تولید کننده (نیروگاه) و مصرف کننده فاصله زیاد است.

چون این ولتاژ به صورت ناخواسته در مدار به وجود می آید لذا باعث کاهش ولتاژ منبع تغذیه اصلی (V_S) می شود و ولتاژ کمتری برای مصرف کننده (V_L) جهت انجام کار فرستاده می شود. لذا ولتاژ تلف شده در مسیر بین مولد و مصرف کننده را افت ولتاژ می نامند و آن را با (ΔV) نشان می دهند.

شکل ۵-۹۶ نمونه ای از تلف شدن ولتاژ در سیم را نشان می دهد.

طبق شکل ۵-۹۶ اگر فاصله بین منبع تغذیه و مصرف کننده L متر باشد، افت ولتاژ مسیر از رابطه مقابل به دست می آید.

مقدار ΔV با استفاده از مقدار مقاومت سیم های رابط نیز قابل محاسبه است. چون هر مسیر از دو سیم تشکیل می شود لذا رابطه دقیق برای ΔV به صورت زیر درمی آید.

$$\Delta V = 2RI$$

که در این رابطه:

R - مقاومت یک رشته سیم در طول مسیر

I - جریان عبوری از سیم



شکل ۵-۹۶ افت ولتاژ بین مولد و مصرف کننده

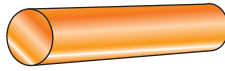
ولتاژ مصرف کننده - ولتاژ تولید کننده = افت ولتاژ مسیر

$$\Delta V = V_S - V_L$$

جدول ۳-۵

| محل مورد نظر | استاندارد | شرح |
|--------------------------|-----------|--|
| مصارف (روشنایی (لامپ ها) | ۱/۵ % | $\Delta V = \frac{1}{5} \times \frac{VS}{100}$ |
| مصارف (صنعتی (موتورها) | ۳ % | $\Delta V = \frac{3}{100} \times VS$ |

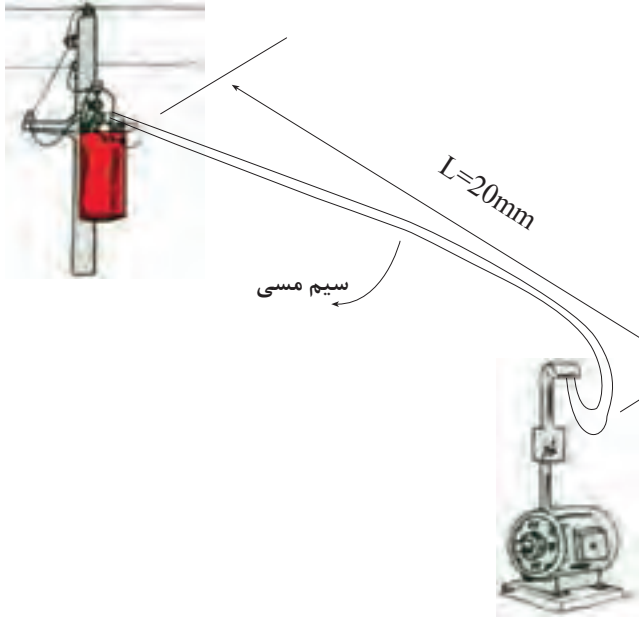
$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{V} \times 100$$



مقطع بزرگ
برای جریان زیاد



مقطع کوچک
برای جریان کم



شکل ۹۷-۵ محاسبه افت ولتاژ در خط

افت ولتاژ مجاز معمولاً برحسب درصدی از ولتاژ منبع تغذیه بیان می شود. برای اینکه مقدار افت ولتاژ در مدارهای روشنایی و صنعتی بیش از حد قابل قبول نشود آن را به صورت استاندارد طبق جدول ۳-۵ تعریف می کنند. برای محاسبه ΔV بر حسب درصد از رابطه مقابل می توان استفاده کرد. در این رابطه ΔV مقدار افت ولتاژ مدار و V مقدار ولتاژ شبکه است.

برای کاهش افت ولتاژ ΔV در طول مسیر باید متناسب با نوع مصرف کننده و مقدار جریان عبوری، سیمی با سطح مقطع مناسب انتخاب کرد. (سطح مقطع کوچک برای جریان کم و سطح مقطع بزرگ برای جریان زیاد).

مثال: یک موتور الکتریکی با جریان مصرفی $10A$ در فاصله ۲۰ متری از منبع تغذیه ۲۰۰ ولتی قرار دارد. اگر بخواهیم با استفاده از سیم مسی ($\chi_{cu} = 56$) به آن برق رسانی کنیم، سطح مقطع سیم مناسب را حساب کنید.

حل: چون مصرف کننده موتور است با توجه به جدول ۳-۵ در صد ΔV را برابر با ۳٪ در نظر می گیریم و مقدار آن را محاسبه می کنیم.

$$\Delta V = \frac{3}{100} \times 200 = 6V$$

پس از به دست آوردن ΔV مقدار R را تعیین

می کنیم:

$$\Delta V = 2RI$$

$$R = \frac{\Delta V}{2I} = \frac{6}{2 \times 10} = \frac{6}{20} = 0.3 \Omega$$

با استفاده از رابطه $R = \frac{L}{\chi \cdot A}$ مقدار A را به دست

می آوریم:

$$A = \frac{L}{\chi \cdot R}$$

$$A = \frac{20}{56 \times 0.3} = 119 \text{ mm}^2$$



شکل ۹۸-۵ بخاری برقی

مثال: برای یک بخاری برقی با جریان نامی ۱۰ آمپر که در فاصله ۲۰ متری از کنتور قرار گرفته و با ولتاژ ۲۲۰ ولت کار می کند سطح مقطع سیم مناسب از جنس مس چقدر است؟

حل: چون مصرف کننده موتوری نیست و محل قرار گرفتن آن بعد از کنتور می باشد لذا طبق جدول ۳-۵ برای مقدار ΔV داریم:

$$\% \Delta V = \% 1/5$$

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{V} \times 100 \Rightarrow \Delta V = \frac{\% \Delta V \times V}{100} = \frac{1/5 \times 220}{100} = 3/3 \text{ V}$$

$$\Delta V = rRI = r \frac{L}{\chi} \cdot I$$

$$A = \frac{rLI}{\chi \cdot \Delta V} = \frac{2 \times 20 \times 10}{56 \times 3/3} = \frac{400}{184/8} = 2/16 \text{ mm}^2$$

مثال: یک موتور جریان dc به وسیله کابل مسی دو رشته به سطح مقطع 4 mm^2 در فاصله ۲۸ متری از شبکه ۲۲۰ ولت نصب شده و جریان مصرفی آن ۲۳ آمپر می باشد حساب کنید:

الف - افت ولتاژ

ب - درصد افت ولتاژ

ج - بررسی کنید که آیا سطح مقطع انتخاب شده مناسب

است و درصد افت ولتاژ در حد مجاز می باشد؟

حل:

$$\Delta V = rRI = \frac{rLI}{\chi \cdot A}$$

الف -

$$\Delta V = \frac{2 \times 28 \times 23}{56 \times 4} = 5/75 \text{ V}$$

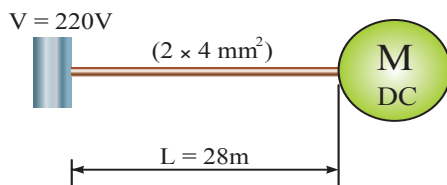
$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{V} \times 100$$

$$\% \Delta V = \frac{5/75}{220} \times 100 = \% 2/6$$

ب -

ج - چون افت ولتاژ به دست آمده کمتر از حد مجاز

برای موتورها (۳٪) است لذا می توان سطح مقطع کابل انتخاب شده را مناسب دانست.



شکل ۹۹-۵

۳-۵- انواع پیل ها

قبل از معرفی انواع پیل ها لازم است با دو مفهوم زیر آشنا شویم:

الف - پیل الکتروشیمیایی^۱: مجموعه ای است که می تواند انرژی شیمیایی را به انرژی الکتریکی تبدیل کند. مانند باتری اتومبیل.

ب - باتری: از کنار هم قرار گرفتن چند پیل الکتروشیمیایی یک باتری تشکیل می شود. در بین عامه به اشتباه از اصطلاح باتری به جای پیل استفاده می شود. پیل ها به دو دسته «پیل های اولیه^۲» و «پیل های ثانویه^۳» تقسیم می شوند.

۱-۳-۵- پیل های اولیه

پیل هایی هستند که پس از تخلیه نمی توان آن ها را مجدداً استفاده کرد زیرا قابل پر کردن (شارژ) نیستند. این پیل ها در صنعت اصطلاحاً تحت عنوان «پیل های خشک» معروف هستند.

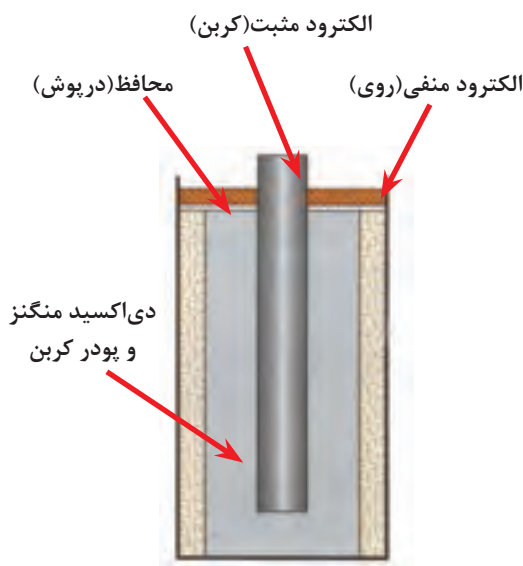
مهم ترین آن ها به شرح زیر است:

- پیل روی - کربن: پایه مثبت این پیل از یک میله کربنی و پایه منفی آن از یک ظرف استوانه ای از جنس روی تشکیل می شود. پایه مثبت در درون ظرف قرار دارد و فضای بین آن ها توسط محلولی (الکترولیت) از جنس پودر کربن و موادی دیگر که به صورت خمیر است پر می شود. ولتاژ این پیل ها در حدود ۱/۵ ولت است و دارای عمر نسبتاً طولانی هستند ساختمان داخلی و شکل ظاهری یک نمونه از این پیل را در شکل ۵-۱۰۱ مشاهده می کنید.

- پیل اکسید نقره: الکترود مثبت این نوع پیل از جنس روی و الکترود منفی آن از جنس اکسید نقره و محلول الکترولیت آن هیدروکسید پتاسیم یا هیدروکسید سدیم است.



شکل ۵-۱۰۰



الف - ساختمان داخلی



ب - شکل ظاهری

شکل ۵-۱۰۱

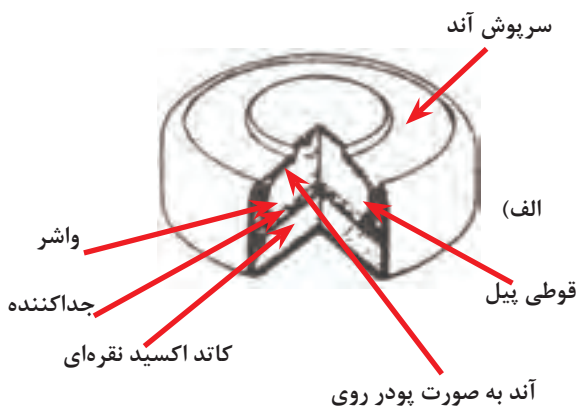


الف

1-Electrochemical Cell

2-Primary Cell

3-Secondry Cell



شکل ۵-۱۰۲

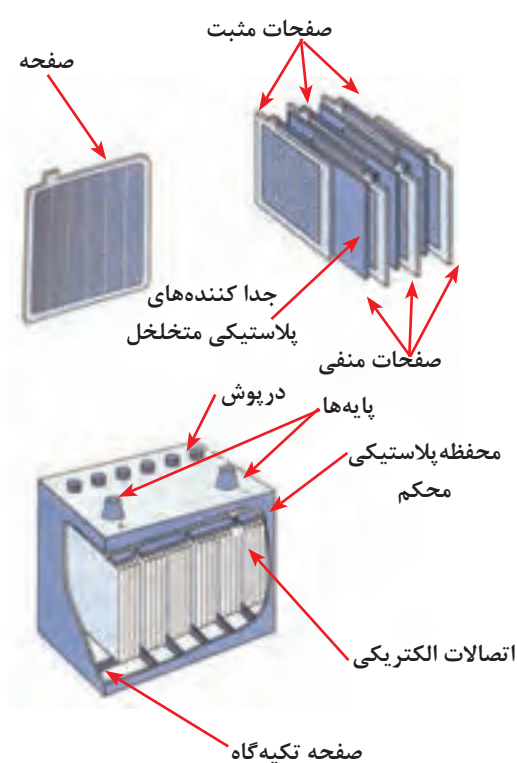
(ب)



شکل ۵-۱۰۳



شکل ۵-۱۰۴



شکل ۵-۱۰۵- ساختمان باتری سرب-اسید

ابعاد پیل اکسید نقره کوچک است و ولتاژی در حدود ۱/۵ ولت دارد. این پیل در انواع ماشین حساب ها، ساعت های مچی و ... مورد استفاده قرار می گیرد. شکل ۵-۱۰۲ این نوع باتری ها را نشان می دهد.

- پیل قلیایی: این نوع پیل از نظر ساختمان و طرز کار شبیه پیل روی - کربن است. الکتروود مثبت آن از جنس دی اکسید منگنز و الکتروود منفی آن از جنس روی است. الکتروولیت پیل قلیایی از جنس هیدروکسید پتاسیم است. ولتاژ کار این نوع پیل در حدود ۱/۵ ولت می باشد. داشتن قابلیت جریان دهی بالا و عمر زیاد را می توان از خصوصیات این قبیل پیل ها ذکر کرد. این پیل را در شکل ۵-۱۰۳ مشاهده می کنید.

- پیل لیتیوم: این پیل ها دارای ولتاژی در حدود ۱/۵ ولت هستند. داشتن طول عمر زیاد و تنوع ساخت در شکل های مختلف از جمله خصوصیات آن ها است. (شکل ۵-۱۰۴)

۲-۳-۵- پیل های ثانویه

پیل هایی هستند که قابلیت پر شدن (شارژ) و خالی شدن (دشارژ) مکرر را دارند. از انواع این نوع پیل ها می توان پیل های سرب - اسید و نیکل کادمیوم را نامبرد.

- پیل سرب - اسید: از این نوع پیل ها در باتری های اتومبیل استفاده می شود. الکتروود مثبت پیل سرب - اسید از جنس سرب اسفنجی و الکتروود منفی آن از جنس سرب است. محلول آب و اسید سولفوریک به عنوان الکتروولیت در این پیل به کار می رود. ولتاژ هر پیل سرب - اسید حدود ۲ ولت است. چون باتری اتومبیل معمولاً ۶ خانه دارد لذا ولتاژ این باتری ها برابر با ۱۲ ولت خواهد شد. تصویر ظاهری و اجزای تشکیل دهنده پیل سرب - اسید در شکل ۵-۱۰۵ نشان داده شده است.



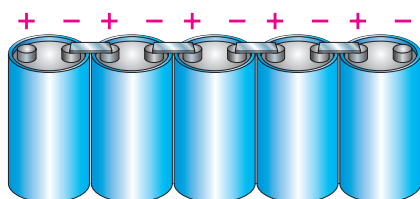
شکل ۵-۱۰۶- پیل نیکل کادمیوم

- پیل نیکل - کادمیوم: در این پیل الکتروود مثبت از جنس هیدروکسید نیکل و الکتروود منفی از جنس کادمیوم است. در پیل نیکل کادمیوم از ترکیب هیدروکسید پتاسیم به عنوان الکترولیت استفاده می شود. ولتاژ پیل نیکل کادمیوم در حدود $1/2$ تا $1/3$ ولت است. شکل ۵-۱۰۶ این پیل ها را نشان می دهد.

از مجموعه مطالب ارائه شده در خصوص هر یک از انواع پیل ها می توان جمع بندی را بصورت جدول (۴-۵) استخراج کرد.

جدول ۴-۵

| انواع پیل ها | روی - کربن | اکسید نقره | قلیائی | سرب - اسید | نیکل - کادمیوم |
|---------------|------------------------|---------------------------|-------------------|--------------------|-----------------------|
| الکتروود مثبت | میله کربن | روی | دی اکسید منگنز | سرب اسفنجی | هیدرواکسید نیکل |
| الکتروود منفی | استوانه روی | اکسید نقره | روی | سرب معمولی | کادمیوم |
| الکترولیت | پودر کربن و خمیر نشادر | هیدرواکسید پتاسیم یا سدیم | هیدرواکسید پتاسیم | اسید سولفوریک | ترکیب هیدرواکسید نیکل |
| ولتاژ کار | $1/5$ | $1/5$ | $1/5$ | ۲ | $1/2$ تا $1/3$ |
| مشخصه | عمر خوب | حجم کم | جریاندهی بالا | قابل شارژ (ثانویه) | قابل شارژ (ثانویه) |



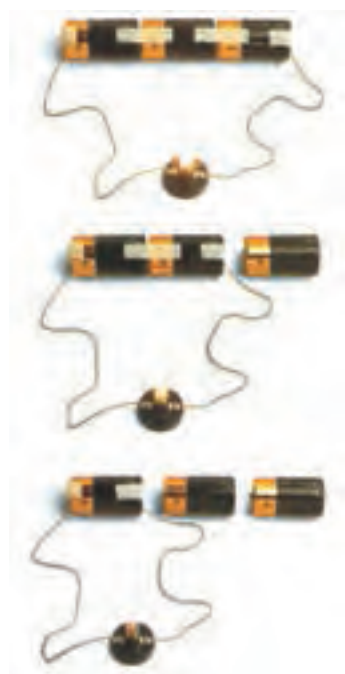
شکل ۵-۱۰۷- اتصال سری پیل ها

۴-۵- اتصالات پیل ها

۴-۵-۱- اتصال سری پیل ها:

اگر (n) پیل را طوری اتصال دهیم که قطب منفی پیل اول به قطب مثبت پیل دوم اتصال داشته باشد و این کار تا آخرین پیل (پیل n ام) ادامه یابد این نوع اتصال را «سری» گویند. (شکل ۵-۱۰۷).

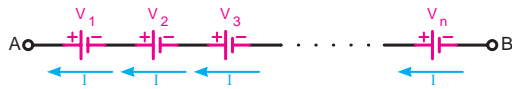
از این نوع اتصال پیل ها زمانی استفاده می شود که ولتاژ مورد نیاز بیشتر از مقدار ولتاژ یک پیل باشد. در شکل ۵-۱۰۸ مشاهده می شود با اضافه شدن تعداد پیل ها نور لامپ افزایش می یابد.



شکل ۵-۱۰۸

در اتصال سری مساوی بودن ولتاژ باتری ها ضرورتی ندارد و می توانند با هم متفاوت باشند.

جریان عبوری از مدار چند پیل که با هم به طور سری قرار گرفته اند برای همه پیل ها یکسان است. (شکل ۵-۱۰۹)
ولتاژ کل (ولتاژ ابتدا نسبت به انتها) در این نوع اتصال به صورت زیر محاسبه می شود.



شکل ۵-۱۰۹- جریان عبوری از اتصال سری پیل ها

$$V_{AB} = V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$

در صورتی که ولتاژ پیل ها مساوی باشند ولتاژ کل برابر

است با:

$$V_{AB} = V_T = n.V$$

که در آن n تعداد پیل ها و V ولتاژ هر پیل است.

اگر پیل های سری شده را به صورت واقعی در نظر بگیریم یعنی دارای مقاومت داخلی (r) باشند. اثر مقاومت پیل ها در مدار مانند چند مقاومت سری ظاهر می شود. مقدار این مقاومت ها از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$r_{AB} = r_T = r_1 + r_2 + r_3 + \dots + r_n$$

در صورتی که مقدار مقاومت باتری ها مساوی باشند،

می توانیم بنویسیم:

$$r_{AB} = r_T = n.r$$

در شکل ۵-۱۱۱ اگر بخواهیم جریان مقاومت R_L را

طبق قانون اهم و توضیحات فوق محاسبه کنیم، می توانیم

$$V_{AB} = V_1 + V_2 + V_3 = n.V$$

بنویسیم:

$$r_{AB} = r_1 + r_2 + r_3 = n.r$$

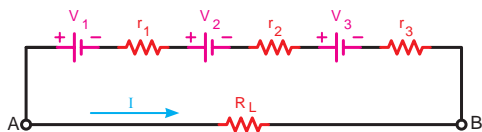
$$V_{RL} = V_{AB}$$

$$nV = I(nr + R_L)$$

$$I = \left(\frac{nV}{nr + R_L} \right)$$

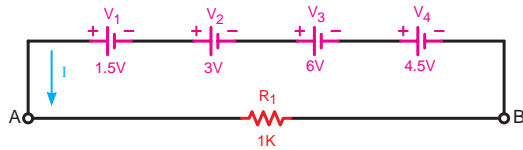


شکل ۵-۱۱۰- اتصال چند پیل به صورت سری با در نظر گرفتن مقاومت داخلی

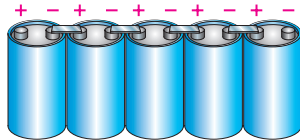


شکل ۵-۱۱۱- اتصال مقاومت بار به سه پیل که به صورت سری بسته شده اند.

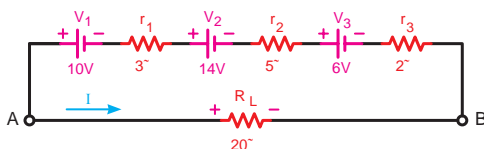
مثال: هرگاه چهار پیل مطابق شکل ۵-۱۱۲ به صورت سری اتصال داده شوند ولتاژ کل مدار چند ولت خواهد شد؟



شکل ۵-۱۱۲- اتصال چهار باتری به صورت سری



شکل ۵-۱۱۳



$$V_T = V_{AB} = V_1 + V_2 + V_3$$

$$V_T = 10 + 14 + 6 \Rightarrow \boxed{V_T = 30V}$$

$$r_T = r_1 + r_2 + r_3$$

$$r_T = 3 + 5 + 2 \Rightarrow \boxed{r_T = 10\Omega}$$

$$I_L = \frac{V_{AB}}{r_T + R_L}$$

$$I_L = \frac{30}{10 + 20} \Rightarrow \boxed{I_L = 1A}$$

شکل ۵-۱۱۴

$$V_T = n.v$$

$$V_T = 3 \times 4/5 \Rightarrow \boxed{V_T = 4/5V}$$

$$r_T = n.r$$

$$V_T = 3 \times 1 \Rightarrow \boxed{r_T = 3\Omega}$$

$$I = \frac{nv}{n.r + R_L} = \frac{V_T}{r_T + R_L}$$

$$I = \frac{4/5}{3 + 6} = \frac{4/5}{9} \Rightarrow \boxed{I = 4/45A}$$

شکل ۵-۱۱۵

حل: برای محاسبه ولتاژ کل باید ولتاژ همه باتری ها را با یکدیگر جمع کنیم.

$$V_{AB} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

$$V_{AB} = 1/5 + 3 + 6 + 4/5$$

$$V_{AB} = V_T = 15V$$

مثال: اگر پنج پیل ۱/۵ ولتی مطابق شکل ۵-۱۱۳ به هم

متصل شوند ولتاژ کل مدار چند ولت است؟

حل: چون ولتاژ باتری ها برابر هستند، لذا می توان نوشت:

$$V_T = n.v$$

$$V_T = 5 \times 1/5$$

$$\boxed{V_T = 1V}$$

مثال: در مدار شکل ۵-۱۱۴ مطلوب است:

الف - ولتاژ کل مدار

ب - مقاومت داخلی کل پیل ها

ج - جریان عبوری از مقاومت R_L

حل: برای محاسبه ولتاژ و مقاومت داخلی کل باید هر یک

را مستقل حساب کنیم:

مثال: با توجه به مدار شکل ۵-۱۱۵ مطلوب است:

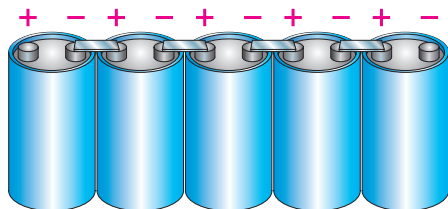
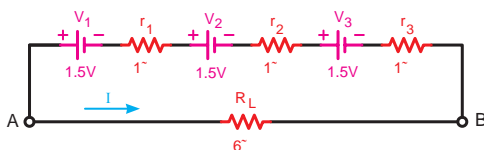
الف - ولتاژ کل مدار

ب - مقاومت داخلی کل باتری ها

ج - جریان عبوری از مقاومت R_L

حل: چون مقدار ولتاژ مقاومت داخلی هر سه باتری

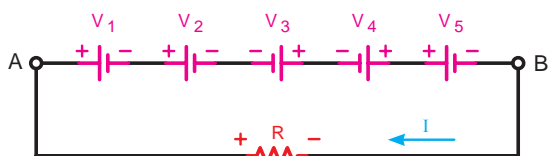
مشابه یکدیگر است، لذا می توان طبق روابط مقابل نوشت:



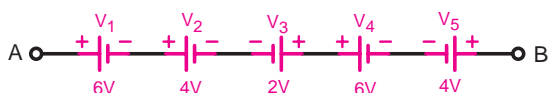
شکل ۵-۱۱۶



شکل ۵-۱۱۷



شکل ۵-۱۱۸- پنج باتری که به صورت متقابل وصل شده اند.



شکل ۵-۱۱۹- اتصال پنج پیل به صورت متقابل

۲-۴-۵- اتصال متقابل پیل ها:

یکی دیگر از روش هایی که می توان پیل ها را به صورت سری به هم اتصال داد، حالت اتصال متقابل است. در این روش نحوه اتصال پلاریته های مثبت و منفی پیل ها ترتیب خاصی ندارد و ممکن است قطب های هم نام موافق یا قطب های غیرهم نام به یکدیگر اتصال داده شوند.

در این نوع اتصال مساوی بودن ولتاژ پیل ها ضرورتی ندارد. برای محاسبه ولتاژ کل مدار ابتدا پلاریته های مثبت و منفی پیل ها و دو سر مقاومت بار را مشخص می کنیم و سپس یک جهت فرضی را برای جریان مدار در نظر می گیریم و طبق آن در حلقه بسته حرکت می کنیم.

اگر جهت فلش جریان به قطب مثبت پیل وارد شود آن را مثبت و اگر به قطب منفی پیل وارد شود آن را منفی در نظر می گیریم.

هرگاه مداری مطابق شکل ۵-۱۱۸ داشته باشیم و بخواهیم جریان مدار را به دست آوریم با در نظر گرفتن مطلب فوق و نوشتن معادله KVL مدار به صورت $\sum V - \sum RI = 0$ می توانیم جریان عبوری از مدار شکل ۵-۱۱۸ را چنین به دست آوریم:

$$V_1 + V_2 - V_3 - V_4 + V_5 - R.I = 0 \quad \text{معادله K.V.L}$$

$$I = \frac{V_1 + V_2 - V_3 - V_4 + V_5}{R}$$

جریان مدار

مثال: ولتاژ خروجی (ولتاژ کل) شکل ۵-۱۱۹ چند ولت است؟

حل: ابتدا مطابق شکل ۵-۱۲۰ پلاریته پیل ها را تعیین می کنیم. سپس یک جهت فرضی برای عبور جریان در نظر می گیریم (مثلاً از نقطه A به B) و بعد در جهت حرکت

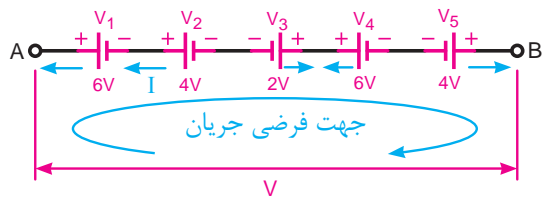
فلش پیش می‌رویم و به هر پلاریته که رسیدیم مقدار ولتاژ

آن پیل را با همان علامت می‌نویسیم:

$$V_{AB} = +V_1 + V_2 - V_3 + V_4 - V_5$$

$$V_{AB} = V_T = 6 + 4 - 2 + 6 - 4$$

$$V = V_T = 10V$$



شکل ۵-۱۲۰- جهت فرضی جریان I

مثال: جریان عبوری از مقاومت R_L شکل (۵-۱۲۱)

چند آمپر است؟

حل: برای محاسبه جریان مدار ابتدا معادله KVL

حلقه را می‌نویسیم و سپس براساس آن جریان را به دست

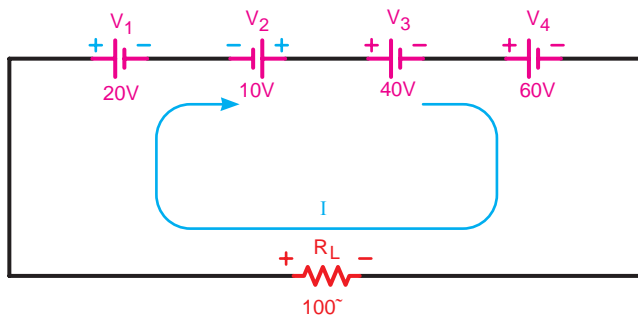
می‌آوریم:

$$+V_1 - V_2 + V_3 + V_4 - R_L \cdot I = 0$$

$$I = \frac{+V_1 - V_2 + V_3 + V_4}{R_L}$$

$$I = \frac{20 - 10 + 40 + 60}{100} = \frac{120}{100} = 1.2$$

$$I = 1.2A$$



شکل ۵-۱۲۱- اتصال چهار پیل به صورت متقابل

عملیات کارگاهی (کار عملی ۳)



| ساعت | | |
|------|------|-----|
| نظری | عملی | جمع |
| - | ۱ | ۱ |

هدف: بررسی اتصال منابع به صورت سری

وسایل و تجهیزات مورد نیاز (برای هر گروه کار)

| | |
|------------------------------------|----------|
| ۱- منبع تغذیه dc (الکترونیکی) | ۱ دستگاه |
| ۲- پیل ۱/۵ ولتی | ۵ عدد |
| ۳- آوومتر دیجیتالی | ۱ عدد |
| ۴- بردبرد | ۱ عدد |
| ۵- مقاومت اهمی $R_L = 1k\Omega 1W$ | ۱ عدد |
| ۶- میز آزمایشگاهی | ۱ دستگاه |
| ۷- سیم تلفنی | ۵/۰ متر |
| ۸- سیم چین | ۱ عدد |
| ۹- سیم لخت کن | ۱ عدد |
| ۱۰- گیره سوسماری | ۶ عدد |

مدت زمان لازم: ۱/۵ ساعت

تذکر: قبل از شروع کار عملی کلیه موارد ایمنی که در ابتدای کار عملی ۱ فرا گرفته اید را به دقت مطالعه کرده و به کار ببرید.



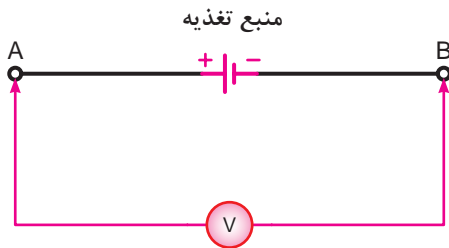
اتصال سری پیل ها

مراحل اجرای آزمایش

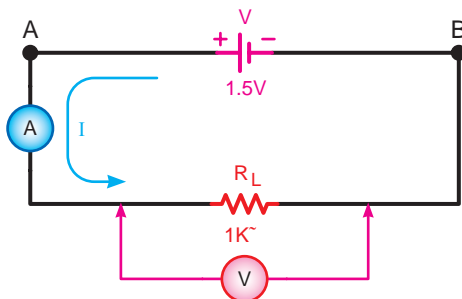


توجه

برای سری کردن چند منبع dc می توانید از خروجی های مختلف یک منبع تغذیه الکترونیکی dc و یا از پیل های ۱/۵ ولتی استفاده کنید. اتصال پیل ها به یکدیگر و یا اتصال به مقاومت ها را با کمک گیره های سوسماری انجام دهید.



شکل ۵-۱۲۲



شکل ۵-۱۲۳

۱- با ولت متر دیجیتالی ولتاژ دو سر منبع تغذیه را

اندازه گیری کنید. (شکل ۵-۱۲۲)

$$V = \boxed{} \text{ V}$$

۲- مدار شکل ۵-۱۲۳ را اتصال دهید و به کمک آمپر متر

و ولت متر جریان و ولتاژ دو سر مقاومت را اندازه گیری کنید.

$$I_{R_L} = \boxed{} \text{ A}$$

$$V_{R_L} = \boxed{} \text{ V}$$

۳- در صورتی که مقادیر ولتاژهای اندازه گیری شده

در مراحل ۱ و ۲ با یکدیگر مساوی بودند نشان می دهد که

مقاومت داخلی منبع تغذیه صفر است و جریان عبوری از

مقاومت R_L را طبق قانون اهم به صورت:

$$I_L = \frac{V_{R_L}}{R_L} = \frac{V}{R_L}$$

۴- اگر مقادیر ولتاژهای اندازه گیری شده در مراحل ۱ و

۲ با یکدیگر مساوی نبودند نشان می دهد که منبع تغذیه،

دارای مقاومت داخلی است که مقدار آن را طبق قانون اهم

و بحث مقاومت های اهمی سری به صورت مقابل محاسبه

می کنیم.

$$R_T = \frac{V - V_{R_L}}{I_{R_L}}$$

$$R_T = R_L + r$$

$$r = R_T - R_L$$