

## فصل هفتم

### بوبین (سلف)

(مطابق فصل چهاردهم کتاب مبانی برق)

هدف کلی: اجرای عملی آزمایش‌های مربوط به بوبین (سلف) در فضای نرم‌افزاری

هدف‌های رفتاری: در پایان این آزمایش که توسط نرم‌افزار مولتی‌سیم اجرا می‌شود، از فراگیرنده

انتظار می‌رود:

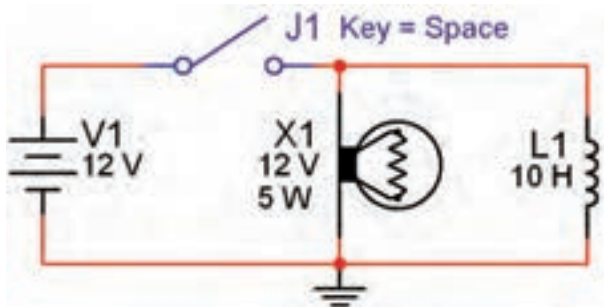
۴- تأثیر فرکانس و هسته را در مقاومت القایی سلف بررسی کند.

۵- سلف معادل را در مدار سری و موازی اندازه‌گیری کند.

۱- ولتاژ خود القایی در هنگام قطع جریان مستقیم از یک سلف را عملاً در فضای نرم‌افزاری مشاهده کند.

۲- تأثیر مقاومت القایی و کنترل شدت جریان را در مدار در فضای نرم‌افزاری بررسی کند.

۳- ثابت زمانی سلف را اندازه‌گیری کند.



شکل ۷-۱ اثر قطع کلید روی ولتاژ سلف و لامپ

#### ۷-۱ آزمایش ۱: سلف در مدار DC

۷-۱-۱ در یک مدار مقاومتی جریان مستقیم، با توجه به شرایط مدار، شدت جریان می‌تواند به طور ناگهانی تغییر کند، مثلاً هنگام بستن کلید، جریان به طور ناگهانی از صفر به ماکزیمم و هنگام قطع کلید، جریان به طور ناگهانی از ماکزیمم به صفر می‌رسد. حال اگر بوبینی (سیم پیچ) به مدار اضافه کنیم، شرایط مدار تغییر می‌کند و با توجه به عکس‌العمل سلف، حالات خاص دیگری را به وجود می‌آورد که در این مبحث به آن می‌پردازیم.

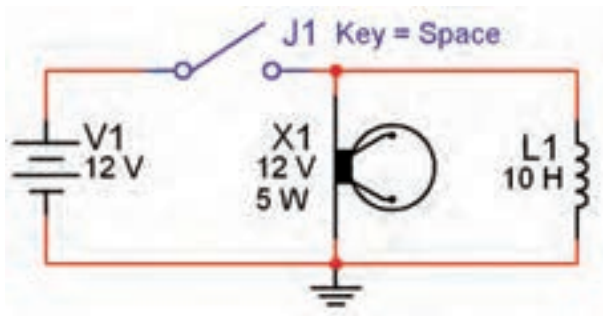
۷-۱-۲ مدار شکل ۷-۱ را روی صفحه‌ی کار آزمایشگاه مجازی ببندید. ولتاژ لامپ را روی ۱۲ ولت و توان آن را روی ۵W قرار دهید مقدار ضریب خودالقای سلف را ۱۰H تنظیم کنید.

نکته ۱: سلف از مسیر:

Select a Component → Basic Indicator Virtual

Basic Virtual ← سیم پیچ از مسیر:

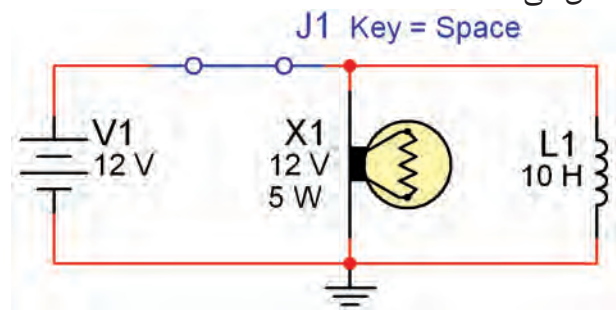
انتخاب شود. در صورتی که از قطعات به جزء قطعات Virtual (مجازی) استفاده کنید، مقادیر قابل تغییر نخواهد بود.



شکل ۷-۳ مرحله‌ی سوختن لامپ

**نکته ۲:** توجه داشته باشید، هنگامی که قطعات مجازی (Virtual) را انتخاب می‌کنید برخی از مشخصات قطعه روی آن نوشته نمی‌شود. به عنوان مثال با انتخاب لامپ فقط ولتاژ کار و شماره‌ی آن روی نقشه درج می‌شود. در این حالت در گزینه‌ی Label می‌توانید آن‌چه را می‌خواهید اضافه کنید. در مدار شکل ۷-۱ مقدار توان لامپ در گزینه‌ی Label برابر  $5W$  نوشته شده است.

**۷-۱-۳** پس از راه‌اندازی مدار، کلید را به مدت ۱۵ ثانیه (از ۱۰۰۰ تا ۱۰۱۵ بشمارید) بسته نگه دارید. در این حالت آیا لامپ بلافاصله روشن می‌شود؟ توضیح دهید. شکل ۷-۲ مدار را در زمان وصل کلید و روشن شدن لامپ نشان می‌دهد.



شکل ۷-۲ اثر وصل کلید روی سلف و لامپ

**نکته‌ی مهم:** پس از هر تغییر در مدار می‌بایستی مدار را از حالت فعال خارج نمائید و سپس آن را دوباره فعال نمائید، تا تغییرات ایجاد شده در مدار توسط نرم‌افزار حس شود.

**توجه کنید:** در صورتی که بدون تاخیر زمانی کلید را خاموش و روشن کنید هیچ اتفاقی نخواهد افتاد فقط لامپ به صورت معمولی خاموش و روشن می‌شود. چرا؟

**سوال ۱:** معمولاً باید لامپ برای مدتی پس از قطع کلید روشن بماند و سپس خاموش شود. چه خاصیتی سبب روشن ماندن لامپ برای چند لحظه می‌شود؟ شرح دهید.

**۷-۱-۴** کلید مدار را قطع کنید. چه اتفاقی برای لامپ می‌افتد؟ چرا؟ توضیح دهید. شکل ۷-۳ این حالت را نشان می‌دهد. راستی چرا لامپ پس از قطع کلید بلافاصله سوخت؟ شرح دهید.



شکل ۷-۵ پنجره‌ی مربوط به انتخاب لامپ

۷-۱-۷ این مرحله را برای مقادیر مختلف ولتاژ لامپ و L انجام دهید و در باره‌ی نتایج به دست آمده توضیح دهید.

---



---



---



---



---

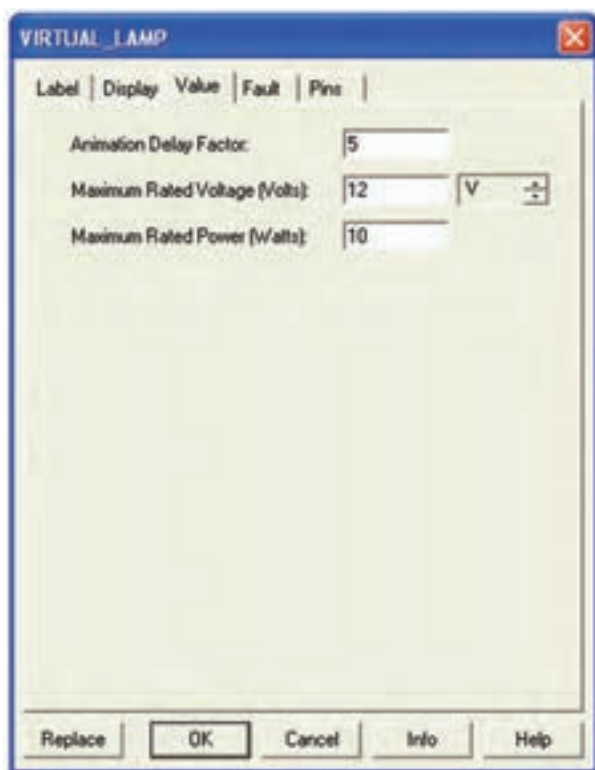
**توجه:** هنگامی که با استفاده از Label توان لامپ را درج می‌کنید، در صورت تغییر توان لامپ، عدد درج شده در Label تغییر نمی‌کند. لذا لازم است در هر مرحله تغییر توان لامپ، مقدار توان نوشته شده در Label را اصلاح کنید.

۷-۱-۸ مدار شکل ۷-۶ را ببندید. در این مدار می‌خواهیم تاخیر در روشن شدن لامپ را مشاهده کنیم. ولتاژ کار لامپ را روی ۱۲ ولت، توان آن را روی ۱۰ وات و ضریب خودالقای سلف را روی ۱۰ هانری بگذارید.

**تحقیق کنید:** روی نرم‌افزار مولتی‌سیم تجربه کنید

و با تغییر مقادیر ضریب خودالقایی سیم‌پیچ، ولتاژ کار لامپ و توان لامپ در مدار موازی، شرایطی را به وجود آورید که بتوانید تاخیر در روشن شدن لامپ در زمان وصل کلید و تاخیر در خاموش شدن لامپ در زمان قطع کلید را مشاهده کنید.

۷-۱-۵ در صورتی که لامپ برای مدت طولانی روشن بماند، ممکن است در زمان قطع کلید، لامپ بسوزد. در این حالت برای جایگزینی لامپ، روی لامپ دو بار کلیک کنید، پنجره‌ی شکل ۷-۴ باز می‌شود.



شکل ۷-۴ پنجره‌ی مشخصات لامپ

۷-۱-۶ روی گزینه‌ی Replace کلیک کنید. پنجره‌ی Select Component مطابق شکل ۷-۵ ظاهر می‌شود. Ok را بزنید، به جای لامپ سوخته لامپ سالم را جایگزین کنید.

حالت خاموش می‌رود و پس از ۱۵ تا ۲۰ ثانیه دوباره روشن می‌شود. این عمل را تکرار کنید تا موضوع کاملاً برای شما جا بیفتد.

**توجه:** حالت ۷-۱-۱۰ در هر مرحله فقط یک بار قابل مشاهده است و در صورت تکرار یا گذر زمان پاسخ نمی‌دهد. در این شرایط باید کلیه مراحل را به ترتیب از فعال کردن نرم‌افزار شروع کنید.

**۷-۱-۱۱** به چه دلیل لامپ برای یک لحظه روشن می‌شود و سپس به حالت خاموش می‌رود و بعد از ۱۵ تا ۲۰ ثانیه دوباره روشن می‌شود؟ در باره‌ی آن توضیح دهید.

---



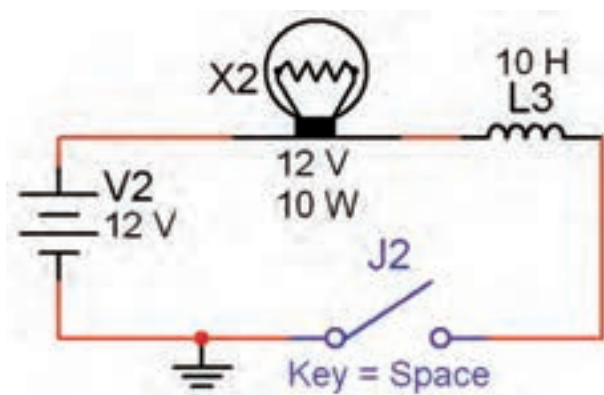
---



---

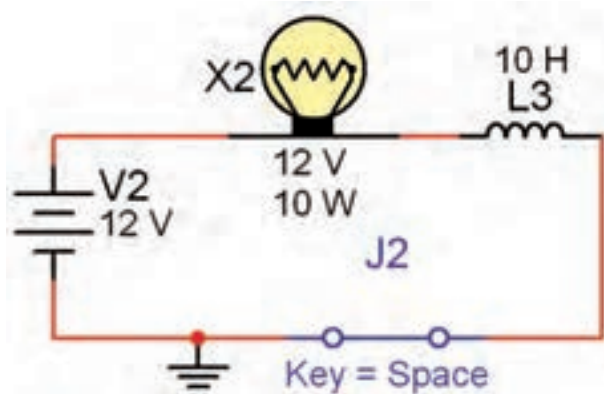
**نکته‌ی مهم:** توجه داشته باشید که در خلال خاموش و روشن کردن لامپ در مرحله‌ی ۷-۱-۱۰ نباید نرم‌افزار را غیرفعال کنید. در صورتی که آن را غیرفعال نمودید، برای فعال کردن مجدد آن باید مراحل ۷-۱-۹ و ۷-۱-۱۰ را دوباره اجرا کنید. همچنین در صورت تکرار مراحل تا فعال ماندن نرم‌افزار برای مدت طولانی، ممکن است نرم‌افزار پاسخ ندهد. در این حالت نرم‌افزار را یک بار غیرفعال و مجدداً فعال کنید.

**۷-۱-۱۲** مدار شکل ۷-۸ را ببندید. ابتدا نرم‌افزار را راه‌اندازی کنید. سپس کلید را وصل نمایید، به تغییرات جریان در دستگاه آمپرتر توجه کنید. چه مدت زمان طول می‌کشد تا جریان به مقدار حداکثر خود یعنی حدود ۲ آمپر برسد؟ در این مدار مقدار مقاومت داخلی آمپرتر صفر اهم در نظر گرفته شده است. برای اندازه‌گیری زمان طبق شکل ۷-۸ از تایمر کامپیوتر استفاده کنید تا میزان خطا کم‌تر شود.



شکل ۷-۶ مشاهده‌ی تأخیر در روشن شدن لامپ به دلیل وجود سیم‌پیچ در مدار

**۷-۱-۹** ابتدا نرم‌افزار را فعال کنید، سپس کلید  $J_2$  را ببندید. از شماره‌ی ۱۰۰۰ تا ۱۰۲۰ (حدود ۲۰ ثانیه) بشمارید. طبق شکل ۷-۷ لامپ روشن می‌شود.



شکل ۷-۷ لامپ بعد از حدود ۱۵ تا ۲۰ ثانیه روشن می‌شود

همان‌طور که ملاحظه می‌کنید، تأخیر در روشن شدن لامپ در این مدار کاملاً قابل مشاهده است.

#### دقت کنید که: ترتیب فعال کردن نرم‌افزار و روشن

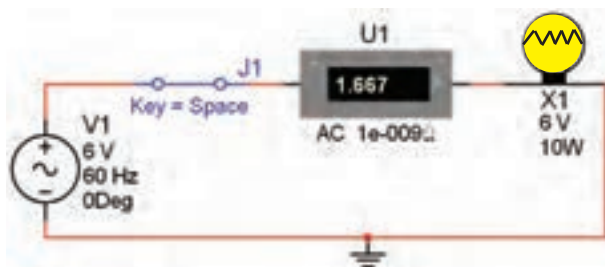
کردن کلید  $J_2$  در این آزمایش اهمیت دارد. همچنین برای گرفتن زمان می‌توانید از تایمر نرم‌افزار نیز استفاده کنید. این تایمر در پایین صفحه قرار دارد.

**۷-۱-۱۰** به محض روشن شدن لامپ کلید  $J_2$  را به حالت خاموش ببرید و بلافاصله روشن کنید. چه اتفاقی می‌افتد؟ ابتدا لامپ برای چند لحظه روشن می‌شود و به

## ۷-۲ آزمایش ۲: سلف در مدار AC

۷-۲-۱ در مدارهای AC چون جریان همواره در حال تغییر است، اندوکتانس اثری دائمی بر کار مدار می‌گذارد.

۷-۲-۲ مدار شکل ۷-۹ را ببندید. نرم‌افزار را راه‌اندازی کنید و سپس کلید مدار را در حالت وصل بگذارید. آیا لامپ روشن می‌شود؟ آیا آمپر متر عددی را نشان می‌دهد؟ نتیجه‌ی مشاهدات خود را بنویسید.



شکل ۷-۹ روشن شدن لامپ با ولتاژ AC

---



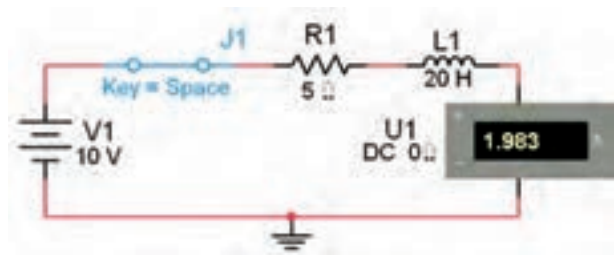
---



---

**نکته:** هنگام اندازه‌گیری جریان در مدار AC، آمپر متر را روی حالت AC بگذارید. هم چنین برای این که بتوانید مقدار جریان را با هر تغییر در مدار مشاهده کنید، باید پس از هر تغییر کمی صبر کنید تا میلی‌آمپر متر فعال شود.

۷-۲-۳ به مدار ۷-۹ یک سلف به ضریب خود القایی ۲۰ میلی‌هانری اضافه کنید. شکل ۷-۱۰ این مدار را نشان می‌دهد. مدار را ببندید و به تغییرات شدت جریان در مقایسه با مدار شکل ۷-۹ توجه نمائید. نتیجه‌ی تغییرات را بنویسید.



Tran: 19.468 s

شکل ۷-۸ مقدار جریان عبوری از مدار پس از حدود ۲۰ ثانیه

$$T_{\max} = \dots \text{ sec}$$

**سوال ۲:** زمانی که جریان به حداکثر خود می‌رسد، مقدار آن از چه رابطه‌ای قابل محاسبه است؟ توضیح دهید.

---



---



---

**سوال ۳:** آیا مقدار محاسبه شده با مقدار اندازه‌گیری شده تا حدودی انطباق دارد؟ شرح دهید.

---



---



---

**نکته:** ثابت زمانی سلف (سیم‌پیچ) از رابطه  $\tau = L/R$  به دست می‌آید.

۷-۱-۱۳ کلید مدار شکل ۷-۸ را قطع کنید. آیا به محض قطع کلید، جریان مدار صفر می‌شود؟ آزمایش را انجام دهید و نتیجه‌ی به دست آمده را تشریح کنید.

---



---



---

**سوال ۵:** آیا با افزایش اندوکتانس سلف جریان عبوری از مدار کاهش می‌یابد؟ شرح دهید.

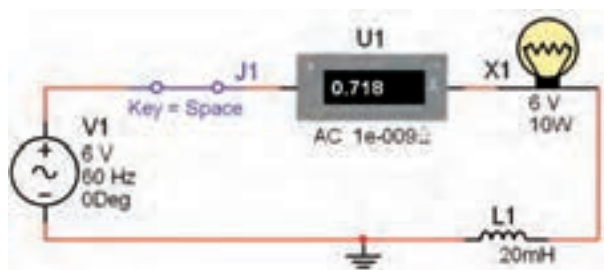
---



---



---



شکل ۱۰-۷ تاثیر سلف در مدار با ولتاژ AC

---

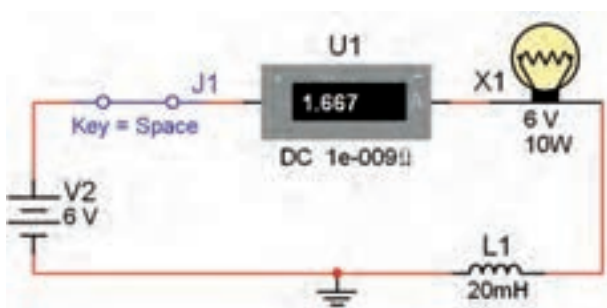


---



---

**۷-۲-۶** مدار مرحله‌ی ۳-۲-۷ را ببندید و به جای منبع AC از یک منبع DC استفاده کنید. ولتاژ منبع را بر روی ۶ ولت تنظیم نمایید. در شکل ۱۱-۷ مدار مورد آزمایش را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۱-۷ اثر قطع و وصل کلید روی نور لامپ و ولتاژ سلف

**۷-۲-۷** در آزمایش مدار شکل ۱۱-۷ تغییرات جریان را بنویسید. آیا در این مدار نور لامپ تغییری دارد؟ شرح دهید.

---



---



---

**۷-۲-۸** در مدار شکل ۱۲-۷ از منبع DC و یک سلف ۱۰۰ میلی‌هانری استفاده شده است. مدار را راه‌اندازی نمائید و به نور لامپ و شدت جریان عبوری توجه کنید. نتیجه‌ی مشاهدات خود را با نتایج مدار شکل ۱۱-۷ مقایسه کنید و در مورد آن توضیح دهید. توان لامپ را روی ۱۰ W بگذارید.

**سوال ۴:** در مدار شکل ۱۰-۷ پس از بستن کلید، نور لامپ چگونه تغییر می‌کند؟ شرح دهید.

---



---



---

**۷-۲-۴** در مدار شکل ۱۰-۷ به جای سلف ۲۰ میلی‌هانری یک سلف ۱۰۰ میلی‌هانری قرار دهید. جریان مدار چه تغییری دارد؟ شرح دهید.

---



---



---

**۷-۲-۵** آزمایش مرحله‌ی قبل را با سلف‌های ۳۰۰ میلی‌هانری و یک هانری نیز تکرار کنید و نتیجه‌ی تغییرات را توضیح دهید.

---

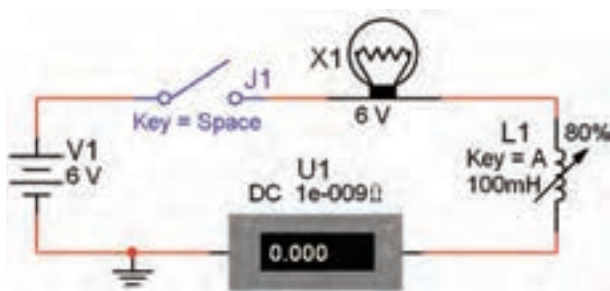


---



---





شکل ۷-۱۳ بررسی اثر تغییر مقدار اندوکتانس در شدت جریان در اتصال سلف به صورت سری در مدار DC

$$I = \dots\dots\dots A$$

۷-۳-۲ اندوکتانس سلف را با فشار دادن بر روی کلید A به طور لحظه‌ای تغییر دهید (کم و زیاد کنید). این عمل معادل به حرکت درآوردن هسته داخل سلف است. نتایج به دست آمده را تشریح کنید.

---

---

---

---

---

۷-۳-۳ با نگه داشتن کلید Shift و فشار دادن مرحله‌ای کلید A، مقدار سلف شروع به کاهش می‌کند. این امر به منزله‌ی بیرون آوردن هسته از داخل سلف است. این مرحله را به طور کامل انجام دهید و نتایج به دست آمده را تشریح کنید.

---

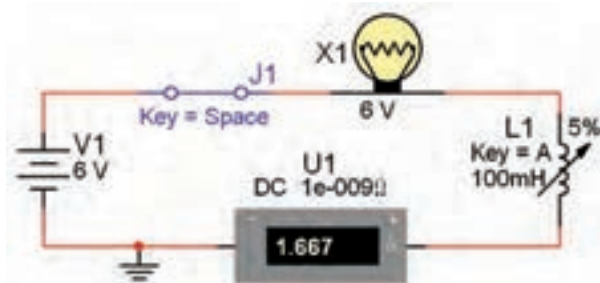
---

---

---

---

۷-۳-۴ با توجه به شکل ۷-۱۴، به چه دلیل هنگام کاهش اندوکتانس، فیلامان لامپ سرخ می‌شود؟



شکل ۷-۱۲ تغییر مقدار ضریب خود القایی سلف و اثر آن روی مدار سری

سوال ۶: در حالات مختلف کلید مدار شکل ۷-۱۲ را قطع کنید، چه اتفاقی در نور لامپ ایجاد می‌شود؟ بنویسید.

---

---

---

---

---

سوال ۷: توجه داشته باشید در صورتی که کلید خیلی سریع قطع و وصل شود لامپ می‌سوزد، این موضوع را تجربه کنید و در مورد علت آن توضیح دهید.

---

---

---

---

---

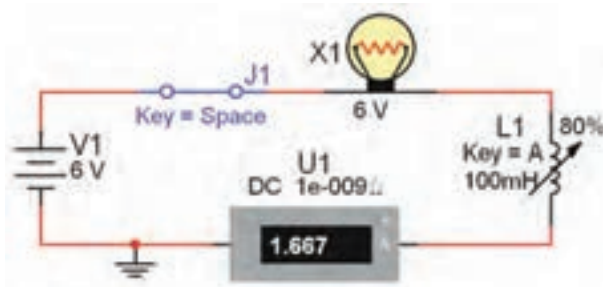
## ۷-۳ آزمایش ۳: بررسی تأثیر هسته‌ی سیم پیچ و فرکانس سیگنال در مقاومت القایی سلف

**نکته:** در این آزمایش بجای یک بوبین با هسته مغناطیسی از یک بوبین متغیر استفاده می‌شود.

۷-۳-۱ مدار شکل ۷-۱۳ را ببندید. نرم‌افزار را راه‌اندازی کنید. سپس کلید را وصل نمایید. شدت جریان عبوری از مدار را یادداشت کنید. توجه داشته باشید که در این حالت سلف روی ۸۰ درصد قرار دارد و توان لامپ ۱۰ وات است.



شکل ۷-۱۵ بررسی اثر تغییر مقدار سلف در مدار با منبع AC



شکل ۷-۱۴ بررسی علت سرخ شدن فیلامان لامپ

**نکته:** اگر لامپ شما سوخت مجدداً آن را جایگزین کنید.

**نکته:** فرکانس منبع را بر روی ۱۰ هرتز تنظیم نمائید.

**سوال ۹:** اگر فرکانس منبع را افزایش دهیم، آیا تغییری در نور لامپ و شدت جریان عبوری ایجاد می‌شود؟ تجربه کنید و نتایج آن را بنویسید.

**سوال ۸:** جریان آمپر متر در مدار شکل ۷-۱۳ چگونه تغییر می‌کند؟ آیا به نظر شما نور لامپ در مدار واقعی کاهش می‌یابد؟ چرا؟ شرح دهید.

**۷-۳-۵** مقدار سلف را در مدار تغییر دهید و روی مقادیر ۲۰۰ میلی‌هانری و ۵۰۰ میلی‌هانری بگذارید. سپس مراحل آزمایش را تکرار کنید، در مورد نتایج به دست آمده توضیح دهید.

## ۷-۴ آزمایش ۴: سری و موازی کردن سلف‌ها

**۷-۴-۱** مدار شکل ۷-۱۶ را ببینید. پس از راه‌اندازی مدار شدت جریان مدار را اندازه‌گیری کنید.



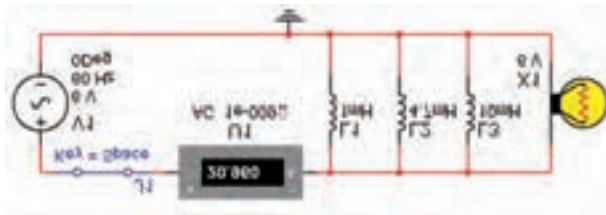
شکل ۷-۱۶ بررسی اثر تغییر فرکانس روی مدار AC شامل سلف و لامپ

**۷-۳-۶** مدار شکل ۷-۱۵ را ببینید. مدار را فعال کنید. سپس کلید A روی صفحه کلید را تغییر دهید و به روشنایی لامپ توجه کنید. آیا جریان مدار متغیر است؟ توضیح دهید.



$$I = \dots\dots\dots A$$

**۷-۴-۴** مدار شکل ۷-۱۸ را ببینید. شدت جریان مدار را اندازه‌گیری کنید و با مدار شکل ۷-۱۷ مقایسه نمایید. نتیجه را بنویسید.



شکل ۷-۱۸ موازی کردن سه سلف با یک لامپ در جریان AC

$$I = \dots\dots\dots A$$

**سوال ۱۱:** میزان نور لامپ نسبت به مدار شکل ۷-۱۷ چه تغییری کرده است؟ شرح دهید.

---

---

---

---

---

---

---

---

**۷-۴-۲** به مدار شکل ۷-۱۶ یک سلف با ضریب خودالقایی ۴/۷ میلی هانری به صورت سری اضافه کنید. پس از راه اندازی مدار تغییرات شدت جریان و نور لامپ را یادداشت نمایید.

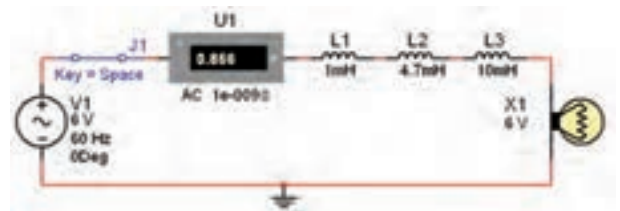
---

---

---

---

**۷-۴-۳** در مدار شکل ۷-۱۷ سه سلف را به صورت سری قرار داده‌ایم. شدت جریان این مدار نسبت به مدار شکل ۷-۱۶ چه تغییری کرده است؟ توضیح دهید.



شکل ۷-۱۷ سری کردن سه سلف و یک لامپ با هم در مدار AC

---

---

---

---

**سوال ۱۰:** جریان عبوری از مدار شکل ۷-۱۷ نسبت به مدار شکل ۷-۱۶ افزایش پیدا کرده است یا کاهش؟ چرا؟ توضیح دهید.

---

---

---

---

**یادآوری:** اگر سلف‌ها را با هم سری کنیم، مقدار اندوکتانس سلف معادل افزایش می‌یابد. هم چنین در صورتی که چند سلف را به صورت موازی ببندیم، مقدار اندوکتانس سلف معادل کاهش می‌یابد.