فصل ۶

سِلْف

هدف‌های رفتاری : در پایان این فصل، از هنرجو انتظارمی‌رود :

۱ــ مغناطیس و الکترومغناطیس را توضیح دهد.

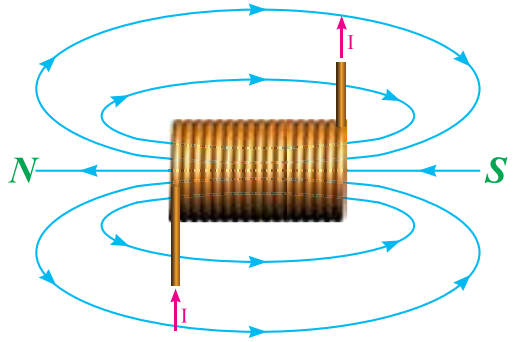
۲ــ بارهای مقاومتی و بارهای القایی را توضیح دهد.

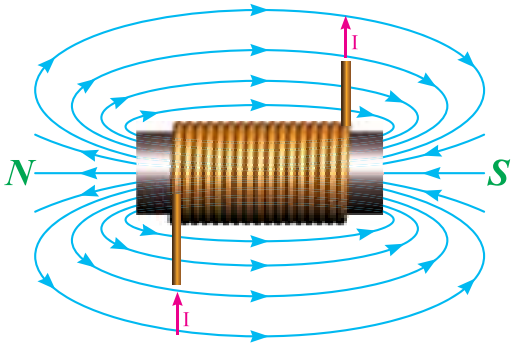
۳ــ سلف را تعریف کند.

۴ــ ساختمان سلف را شرح دهد.

۵ــ عملکرد سلف را در جریان مستقیم و متناوب توضیح دهد.

۶ــ اختلاف فاز جریان و ولتاژ در مدار سلفی را با رسم شکل توضیح دهد.





سیمای فصل ۶

ـ مغناطیس و الکترومغناطیس
ـ بارهای مقاومتی و بارهای القایی
ـ سلف (سیم‌پیچ)
ـ ساختمان بوبین
ـ عملکرد سلف
ـ سلف در جریان مستقیم
ـ سلف در جریان متناوب

آشنایی با دانشمندان

هانری

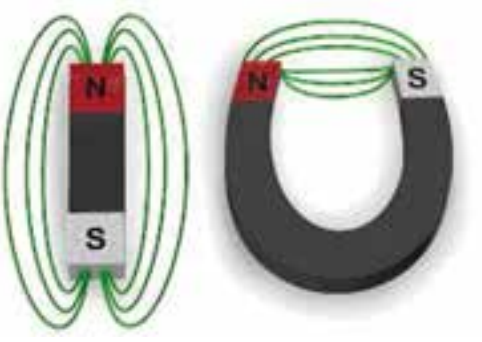
(۱۷۹۷ـ۱۸۷۸ / Henrye, Joseph)

هانری در شهر آلنبی در ایالت نیویورک به دنیا آمد. او در خانوادهٔ فقیری می‌زیست و از جوانی ناگزیر به کار کردن بود. در نتیجه تحصیلات خود را با وقفه و نامرتب ادامه داد. از سیزده‌سالگی شاگرد ساعت سازی شد ولی شبانه به تحصیل نیز روی آورد و با کوشش بسیار توانست در یکی از مدارس روستایی به شغل معلمی بپردازد. ضمن این‌که به تحصیل طب و مهندسی نیز علاقه‌مند بود و سرانجام به سمت استاد ریاضیات و فیزیک انتخاب گردید. او از سال ۱۸۶۸ تا پایان عمر ریاست آکادمی ملی علوم را عهده‌دار بود. او در خصوص الکترومغناطیس تجربیات زیادی کسب کرد. از جمله او با پیچیدن سیم‌های ظریف و عایق‌بندی شده به دور هسته‌های آهنی مغناطیس‌های الکتریکی پر قدرتی را به‌وجود آورد. سپس به کشف پدیدهٔ خودالقایی نائل آمد. او هم‌چنین یک موتور الکتریکی ساخت که بعداً در تلگراف بسیار مورداستفاده قرار گرفت. یکای ضریب خودالقایی به احترام او هانری نامیده می‌شود.

۶ــ سلف

۱ــ۶ــ مغناطیس و الکترومغناطیس

به خاصیت مغناطیسی که در اطراف یک آهنربای دائمی وجود دارد و بر اجسام مغناطیسی دیگر اثر می‌گذارد «مغناطیسی طبیعی» گفته می‌شود (شکل ۱ــ۶). مغناطیس از جمله مباحثی است که در بخش ماشین‌های الکتریکی کاربرد دارد. استفاده از مغناطیس به‌صورت مغناطیس طبیعی کاربرد زیادی ندارد.

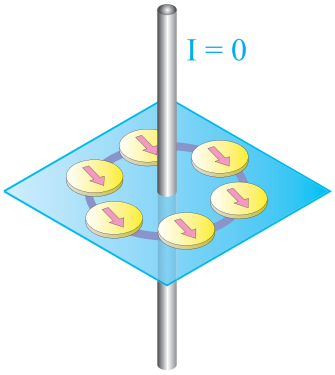


شکل ۱ــ۶

با عبور جریان الکتریکی از داخل یک سیم، خاصیت مغناطیسی در فضای اطراف آن سیم پدید می‌آید که اصطلاحاً به آن «خاصیت الکترومغناطیسی» می‌گویند (شکل ۲ــ۶).

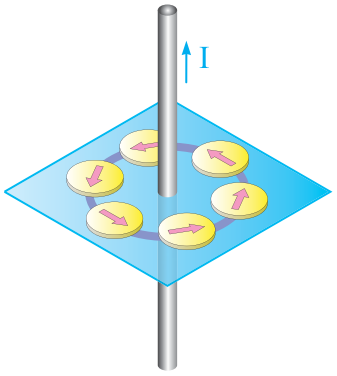
شکل ۲ــ۶

با یک آزمایش ساده می‌توان از وجود میدان الکترومغناطیسی اطراف جسم اطمینان پیدا کرد. شکل ۳ــ۶ سیمی را نشان می‌دهد که از داخل صفحه‌ای مقوایی عبور کرده و روی آن چند عقربهٔ مغناطیسی (قطب نما) قرار گرفته است. در این‌حالت چون جریانی از سیم عبور نمی‌کند، لذا عقربه‌ها همگی در یک جهت (قطب شمال) منحرف شده‌اند.



شکل ۳ــ۶

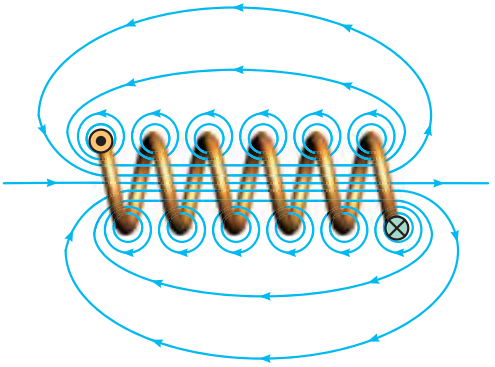
هرگاه از سیم مورد نظر مطابق شکل ۴ــ۶ جریانی برابر I آمپر عبور کند جهت عقربه‌های مغناطیسی که در اطراف سیم قرار دارند تغییر می‌کند و همهٔ آن‌ها در یک راستا و به‌صورتی قرار می‌گیرند که در دور سیم مسیر دایره‌ای شکل را به‌وجود می‌آورند.



شکل ۴ــ۶

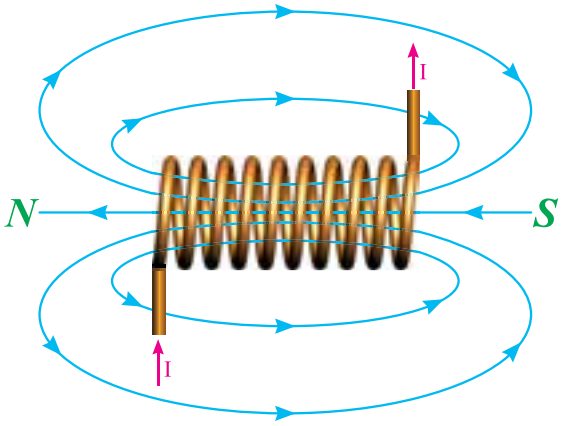
از این آزمایش می‌توان نتیجه گرفت چون عقربه‌های مغناطیسی فقط در مقابل خاصیت مغناطیسی از خود عکس‌العمل نشان می‌دهند لذا تغییر وضعیت آن‌ها در این شرایط به سبب وجود خاصیت مغناطیسی‌ای است که در اثر عبور جریان در اطراف سیم به‌وجود آمده است.

براساس آزمایش‌های صورت گرفته هرگاه سیم صاف را به‌صورت چند حلقه درآورند میدان مغناطیسی به‌وجود آمده در اطراف حلقه‌ها باهم جمع می‌شوند و میدان قوی‌تری پدید می‌آید (شکل ۵ــ۶).

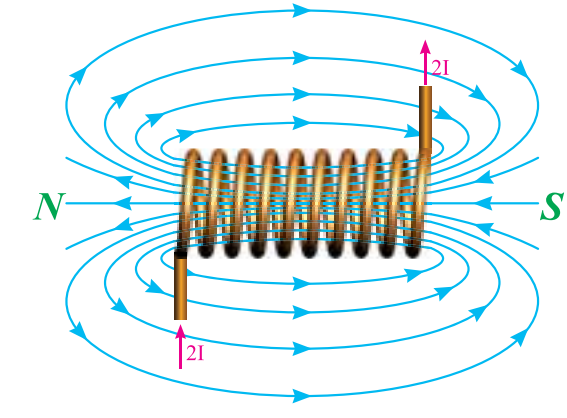


شکل ۵ــ۶

۱ــ هر چه شدت جریان عبوری از بوبین بیش‌تر باشد میدان قوی‌تری به‌وجود می‌آید. شکل ۶ــ۶ میدان مغناطیسی اطراف دو سیم پیچ را با دو جریان کم و زیاد نشان می‌دهد.



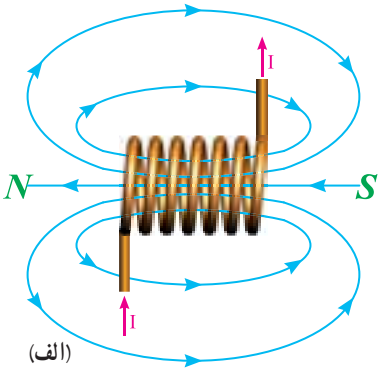
(الف)



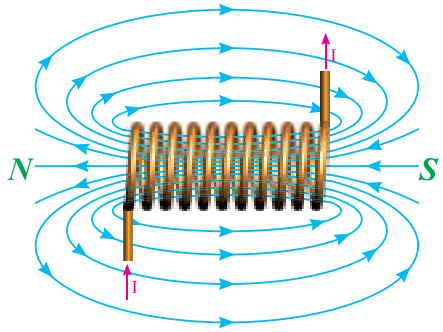
(ب)

شکل ۶ــ۶

۲ــ هرچه تعداد حلقه‌های بوبین بیش‌تر باشد میدان مغناطیسی پدید آمده در اطراف بوبین قوی‌تر است. شکل ۷ــ۶ میدان مغناطیسی اطراف دو سیم پیچ با تعداد دورهای متفاوت را نشان می‌دهد.



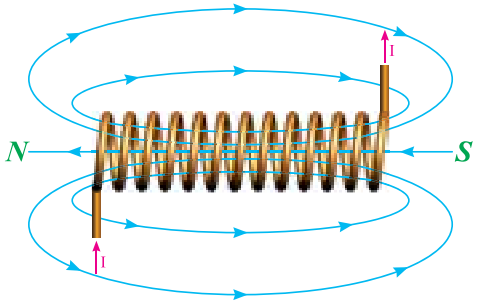
(الف)



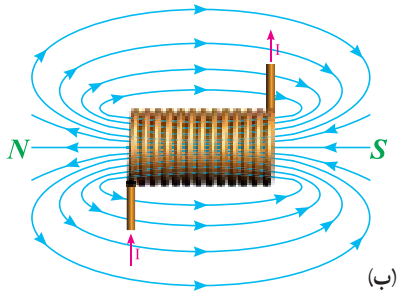
(ب)

شکل ۷ــ۶

۳ــ اگر تعداد حلقه‌های بوبین به‌صورت خیلی فشرده و کنار هم پیچیده شده باشد، میدان مغناطیسی بیش‌تری در سیم‌پیچ پدید می‌آید. شکل ۸ــ۶ دو بوبین را، از نظر فشردگی و انسجام سیم پیچی (و میدان مغناطیسی به‌وجود آمده در اطراف آن‌ها) نشان می‌دهد.



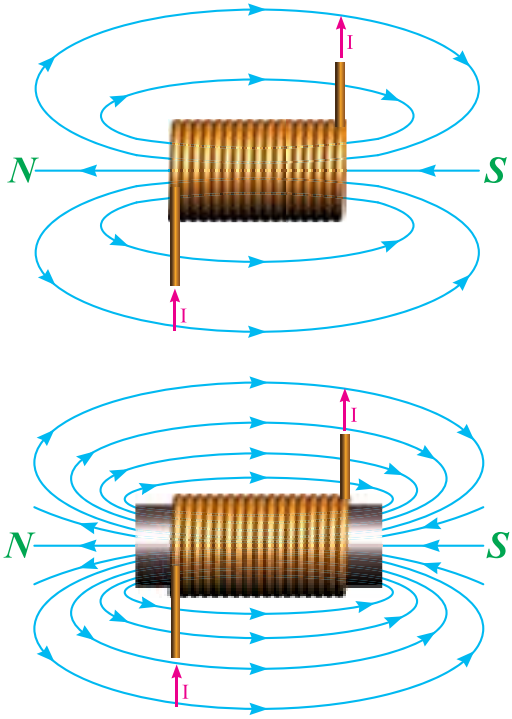
(الف)



(ب)

شکل ۸ــ۶

۴ــ اگر هستهٔ آهنی در داخل بوبین قرار گیرد میدان مغناطیسی قوی‌تری در سیم‌پیچ، نسبت به سیم‌پیچی که بدون هسته است، به‌وجود می‌آید. شکل ۹ــ۶ تصویر دو سیم‌پیچ با هسته و بدون هسته را نشان می‌دهد.



(الف)

(ب)

شکل ۹ــ۶

۲ــ۶ــ بارهای مقاومتی و بارهای القایی[1]

وسایل الکتریکی (بارهای الکتریکی) زیادی وجود دارند که وقتی در سیستم جریان متناوب (ac) قرار گیرند مانند قرار گرفتن مقاومت‌ها در سیستم جریان مستقیم (dc) عمل می‌کنند. لامپ‌ها و هیترها در این گروه‌بندی واقع می‌شوند. شما می‌توانید مقاومت آن‌ها را با یک اهم‌متر اندازه‌گیری کنید و مقدار آمپر آن را وقتی به عنوان مصرف‌کننده در یک مدار هستند محاسبه کنید این‌ها «بارهای مقاومتی» نامیده می‌شود.

بارهای دیگری هستند که متفاوت عمل می‌کنند این‌ها وسایلی هستند که تولید مغناطیس جزیی از کار آن‌هاست. شامل وسایلی است که از سیم‌پیچ استفاده می‌کند. موتورها نمونه‌ای از این نوع بار می‌باشد، بارهایی که در آن‌ها از سیم‌پیچ استفاده شده است «بارهای القایی» نامیده می‌شوند مقاومت مؤثر آن‌ها خیلی بیشتر از مقاومتی است که با اهم‌متر اندازه‌گیری می‌شود. جریانی که از سیم‌پیچ عبور می‌کند خطوط نیروی مغناطیسی تولید می‌کند. سیم‌های جانبی به‌طور مؤثری این خطوط نیرو را قطع می کنند و ولتاژی در جهت مخالف ولتاژ اعمال شده به سیم‌پیچ تولید می‌کنند. تولید ولتاژ مخالف عبور جریان را سخت می‌کند. به این خاصیت مقاومتی که تنها درصورت وجود یک سیم‌پیچ در یک مدار ایجاد می‌شود اندوکتانس (خودالقایی) گفته می‌شود و مقدار آن ضریب خودالقایی است. این ضریب با L نشان داده می‌شود و واحد آن هانری است.

۳ــ۶ــ سلف (سیم پیچ)

اگر مقداری سیم به دور محور یا هسته‌ای پیچیده شود بوبین یا سیم‌پیچ به‌وجود می‌آید. این سیم‌پیچ می‌تواند انرژی الکتریکی را به‌صورت میدان مغناطیسی در خود ذخیره کند. درشکل ۱۰ــ۶ تصویر ظاهری چند نمونه بوبین به‌همراه علامت اختصاری آن نشان داده شده است از سیم پیچ‌ها یا سلف‌ها در ساخت انواع رله‌های مغناطیسی استفاده می‌شود.

۱ــ Res st ve and nduct ve oads

الف) تصویر ظاهری چند نمونه بوبین

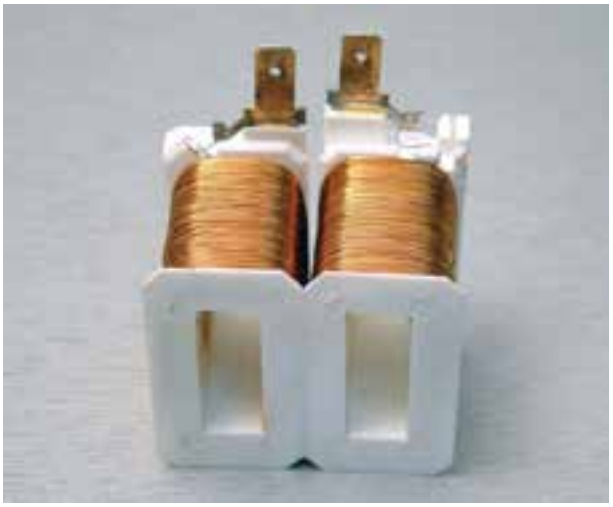
ب) علامت اختصاری بوبین

شکل ۱۰ــ۶ــ چند نمونه سلف

۴ــ۶ــ ساختمان بوبین

یک بوبین از دو قسمت اصلی تشکیل می‌شود.

الف) سیم‌پیچ : مقداری سیم با روکش عایق لاکی که بر روی یک قرقره پیچیده شده است.



شکل ۱۱ــ۶

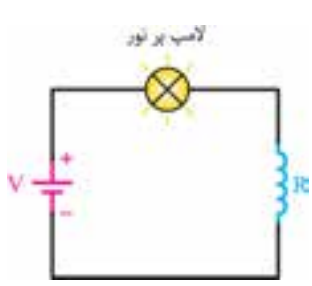
شکل ۱۲ــ۶

ب) هسته : جنس هسته معمولاً از مواد مغناطیسی ساخته می‌شود. مواد مغناطیسی، مانند آهن تمام خطوط میدان مغناطیسی ایجاد شده توسط سیم‌پیچ را به‌راحتی از خود عبور می‌دهد. نقش «هسته» تمرکز دادن به میدان مغناطیسی تولید شده توسط سیم‌پیچ است. هم‌چنین باعث می‌شود فوران مغناطیسی با تلفات کم‌تری از داخل سیم‌پیچ عبور کند. یک بوبین می‌تواند با هسته و بدون هسته باشد. در شکل ۱۲ــ۶ یک نمونهٔ هسته نشان داده شده است.

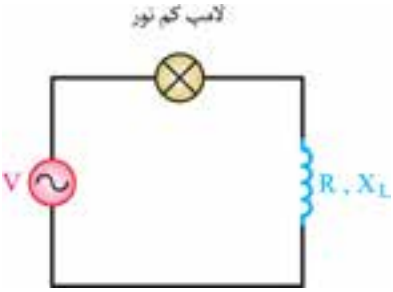
۵ــ۶ــ عملکرد سلف

در شکل ۱۳ــ۶ــ الف در سلفی که به ولتاژ مستقیم وصل شده است، فقط مقاومت اهمی سلف (R)، جریان را محدود می‌کند. ولی در صورتی که آن را به یک منبع ولتاژ متناوب وصل کنیم، علاوه بر مقاومت اهمی مقاومت دیگری به نام «راکتانس سلفی» نیز از خود نشان می‌دهد. در نتیجه مقاومت کل سلف افزایش می‌یابد و نور لامپی که مطابق شکل ۱۳ــ۶ــ ب در مسیر

آن قرار گیرد، کاهش می‌یابد.



(الف)



(ب)

شکل ۱۳ــ۶

به مقاومتی که سلف در جریان متناوب از خود نشان می‌دهد «راکتانس سلفی» می‌گویند. این مقاومت به فرکانس وابسته است. در نتیجه فقط در اتصال سلف با منبع جریان متناوب ظاهر می‌شود و از آن‌جایی که فرکانس منبع جریان مستقیم صفر است مقدار این مقاومت در این مدار صفر خواهد شد.

راکتانس سلفی را با X_L نشان می‌دهند و مقدار آن از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$X_L = 2\pi . f . L$$

- X_L: راکتانس
- f: فرکانس منبع تغذیه
- L: ضریب خودالقایی

در این رابطه، X_L راکتانس سلفی برحسب اهم، f فرکانس ولتاژ یا جریان سینوسی برحسب هرتز و L ضریب خودالقایی سلف برحسب هانری است.

مثال : در مدار شکل ۱۴ــ۶ مقدار راکتانس سلفی را محاسبه کنید.

شکل ۱۴ــ۶

حل :

$$X_L = L.2\pi.f = 100 \times 10^{-3} \times 2\pi \times 50 = 31/4\ \Omega$$

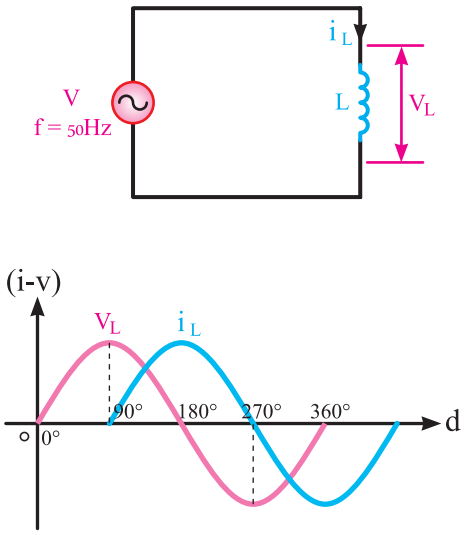
جریان عبوری از مدار، با استفاده از قانون اهم به‌دست می‌آید. لذا داریم :

$$I = \frac{V}{X_L} = \frac{220}{31/4} = 7 \quad A$$

۶ــ۶ــ اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ در مدار سلفی

اگر در یک مدار الکتریکی با منبع جریان متناوب سینوسی، فقط یک سلف بدون مقاومت اهمی وجود داشته باشد، جریان در مدار به اندازهٔ ۹۰ درجه با ولتاژ دو سر آن اختلاف فاز پیدا می‌کند. در شکل ۱۵ــ۶ شکل موج جریان گذرنده از سلف و شکل موج ولتاژ دو سر آن رسم شده است.

همان‌طور که از شکل ۱۵ــ۶ مشخص است جریان به اندازهٔ ۹۰ درجه از ولتاژ عقب‌تر است.



شکل ۱۵ــ۶ــ شکل موج ولتاژ و جریان سلف

پرسش‌های فصل ششم

◄پرسش‌های چهار گزینه‌ای

۱ــ به میدان مغناطیسی ایجاد شده در اطراف یک سیم حامل جریان میدان ..... گویند.

الف) استاتیکی ب) مغناطیسی ج) الکتریکی د) الکترومغناطیسی

۲ــ با تغییر شکل سیم راست به شکل سیم‌پیچ میدان الکترومغناطیسی چه تغییری می‌کند.

الف) کاهش می‌یابد ب) افزایش می‌یابد ج) تغییر نمی‌کند د) هیچ وابستگی ندارد

۳ــ خاصیت مقاومتی سلف در جریان متناوب را ..... سلفی گویند.

الف) اندوکتانس ب) راکتانس ج) رزیستانس د) کاپاسیتانس

۴ــ در صورت افزایش فرکانس در یک مدار سلفی، جریان مدار چه تغییری می‌کند؟

الف) زیاد می‌شود ب) کاهش می‌یابد ج) ثابت می‌ماند د) هیچ‌کدام

◄پرسش‌های پرکردنی

۵ــ با قرار دادن هسته آهنی در داخل یک سیم‌پیچ حامل جریان میدان مغناطیسی آن ..... می‌یابد.

۶ــ اگر به یک لامپ که به سلفی به صورت سری متصل شده است ولتاژ متناوب دهیم نور آن نسبت به موقعی که به منبع جریان مستقیم وصل شده، ..... است.

◄پرسش‌های درست و نادرست

۷ــ هرچه فشردگی بین حلقه‌های بوبین بیش‌تر باشد میدان مغناطیسی کاهش می‌یابد.

درست ☐ نادرست ☐

۸ ــ میدان مغناطیسی حاصل از یک سیم‌پیچ از میدان مغناطیسی حاصل از یک حلقه سیم قوی‌تر است.

درست ☐ نادرست ☐

۹ــ مقاومت کل یک سلف در جریان مستقیم از جریان متناوب بیش‌تر است.

درست ☐ نادرست ☐

۱۰ــ با افزایش L مقدار راکتانس سلفی کاهش می‌یابد.

درست ☐ نادرست ☐

◄پرسش‌های تشریحی

۱۱ــ ساختمان سلف را شرح دهید.

۱۲ــ حاصل عبور جریان مستقیم از یک سیم راست و یک سلف چیست؟

۱۳ــ ضریب خودالقا را توضیح دهید.

۱۴ــ عملکرد سلف در جریان متناوب را شرح دهید.

۱۵ــ اختلاف فاز بین جریان گذرنده از سلف و ولتاژ دو سر آن را رسم کنید.

۱۶ــ یک سلف با ضریب خودالقایی ۲ هانری و مقاومت اهمی ۰/۵ اهمی به ولتاژ ۱/۵ ولت مستقیم وصل می‌کنیم. حداکثر جریانی که از سلف می‌گذرد چند آمپر است؟

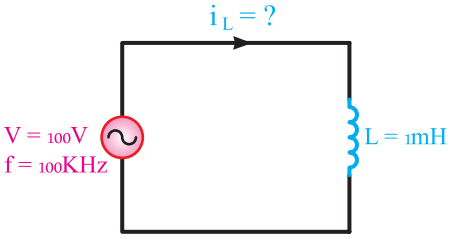
پاسخ : (۳ آمپر)

۱۷ــ از یک سلف با ضریب خودالقایی ۱۰ میلی هانری جریان متناوبی با فرکانس ۵۰ هرتز عبور می‌کند. مقاومت القایی سلف چند اهم است؟ اگر فرکانس به یک کیلو هرتز تغییر یابد، مقاومت القایی بوبین چند اهم می‌شود؟

پاسخ : (۳/۱۴ و ۶۲/۸)

۱۸ــ در شکل ۱۶ــ۶، جریان i_L چند میلی‌آمپر است؟ از مقاومت اهمی سیم‌پیچ صرف‌نظر کنید.

پاسخ : (۱۵۹ میلی‌آمپر)



شکل ۱۶ــ۶

۱۹ــ مقاومت سیم‌پیچ اصلی یخچال را با اهم‌متر اندازه‌گیری کردیم عدد ۱۱ اهم را نشان می‌دهد. یخچال در حین کار شدت جریان ۱ آمپر را از شبکه دریافت می‌کند علت را توضیح دهید.