آزمایشگاه فیزیک حالت جامد

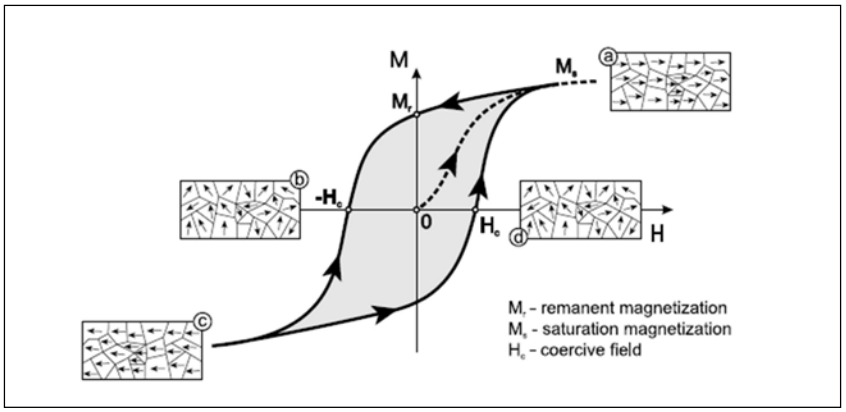
شماره آزمایش:۵

ثبت منحنی پسماند هسته آهنی یک ترانسفورماتور

هدف: ترسیم منحنی پسماند یک ماده فرومغناطیس (هسته آهنی یک ترانسفورماتور) با استفاده از یک دستگاه ثبت کننده XY

- تئوری

فرومغناطیس‌ها موادی هستند که می‌توانند مغناطیس دائم داشته باشند و همچنین عمدتاً وجود آنها تاثیر زیادی بر میدان مغناطیسی دارد. مواد فرومغناطیس خطی نیستند و در نتیجه روابط $\mu=\chi H$ و $B=\mu H$ با مقدارهای ثابت χو μ در موردشان صدق نمی‌کند. در حالت کلی روابط μ به صورت $\mu=\mu(H)$ برقرار است. در بررسی یک نمونه‌ی فرومغناطیس یا مغناطیده ، اگر شدت مغناطیسی که در آغاز صفر است به طور یکنوا افزایش داده شود، منحنی حاصل از رسم رابطه‌ی B-H مشابه شکل ۱ خواهد بود. این منحنی را منحنی مغناطیس ماده می نامند. واضح است که μهایی که با استفاده از رابطه ی $\mu=B/H$ بدست می‌آیند همواره علامتی یکسان (مثبت) دارند ولی مقادیرشان بسیار متفاوت است. بیشترین مقدار تراوایی در زانویی منحنی رخ می‌دهد. علت وجود زانو در منحنی این است که مغناطیس μ در ماده به مقدار بیشینه‌ای می‌رسد و برای مقادیر بسیار زیاد H افزایش میدان مغناطیسی $B=(\mu+H)$ تنها به علت وجود جمله‌ی μH ادامه می‌یابد. مقدار بیشینه‌ی μ را "مغناطیس اشباع" ماده می‌نامند.



شکل ۱

همان‌طور که در شکل ۱ دیده می‌شود، اگر شدت مغناطیسی H را کاهش دهیم، رابطه‌ی B-H از روی منحنی شکل بالا برنمی‌گردد، بلکه از روی منحنی جدید شکل زیر حرکت می‌کند و به نقطه‌ی M_r می‌رسد. مغناطیس پس از برقرار شدن دیگر با جذب H از میان نمی‌رود. در واقع باید یک شدت مغناطیسی معکوس به کار گرفته شود تا مغناطیس به صفر کاهش یابد. اگر افزایش H در جهت معکوس ادامه یابد، آن وقت μ در جهت معکوس برقرار شده، حالت تقارن منحنی آغاز خواهد شد. سرانجام وقتی بار دیگر H افزایش یابد، نقطه در عمل در شکل منحنی پایینی را طی می کند. پس منحنی B-H وقتی H در حال افزایش است با وقتی که H در حال کاهش است، کاملاً متفاوت است. این پدیده را "پسماند" می‌گویند. مغناطیس در واقع از میدان محرک عقب می‌ماند. مقدار B در نقطه‌ی M_r را پسماند می‌گویند. اندازه ی H در نقطه ی C به نیروی وادارندگی و یا وادارندگی مغناطیسی ماده موسوم است.

اگر از سیم‌پیچی به طول l و تعداد دور n_1 جریان I عبور کند، میدان مغناطیسی ایجاد شده به صورت $H=I\times n_1/l$ خواهد شد. در عین‌حال القای مغناطیسی B نیز ایجاد می‌شود که برابر با $B=\mu\times\mu_r\times H$، که μ نفوذ پذیری مغناطیسی خلا و μ_r نفوذ پذیری نسبی است.

در این آزمایش، هسته آهنی یک ترانسفورماتور به عنوان ماده فرو مغناطیس به کار می‌رود. با اعمال جریان متغیر به سیم پیچ اولیه ترانسفورماتور به وسیله یک منبع تغذیه قابل کنترل، شدت میدان H پدید می‌آید. در نتیجه در نمودار بدست آمده H محور X خواهد بود و B محور Y القای مغناطیسیB که با انتگرال گیری ولتاژ U(t) که در حین تغییر و برگشت مغناطیسی سیم پیچ ثانویه ترانسفورماتور القا می‌گردد، بدست می‌آید. پس بر طبق قانون القای مغناطیسی $U(t)= -n_2 A\, dB/dt$ است که در آن A سطح مقطع هسته و n_2 تعداد دور سیم پیچ ثانویه می‌باشد. از انتگرال‌گیری زیر که توسط میکرو ولت‌متر انجام می‌گیرد ΔB بدست می‌آید.

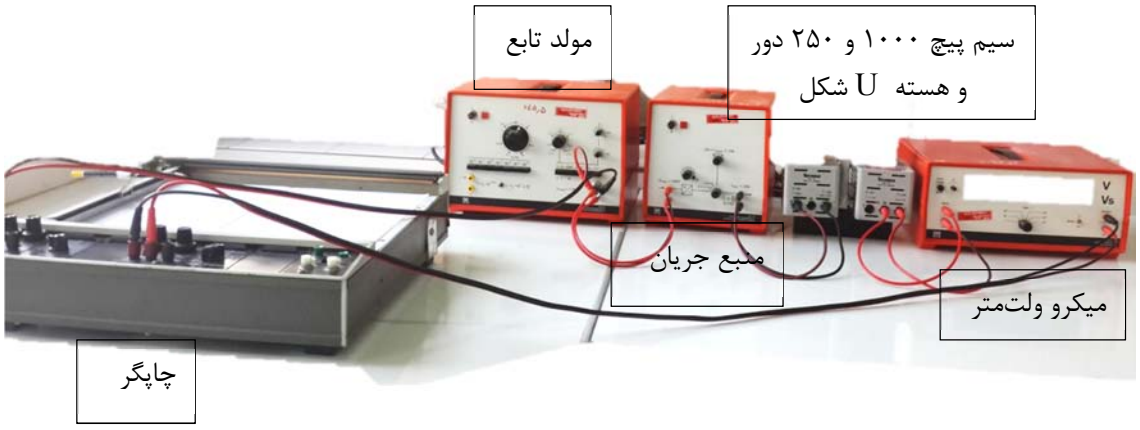
$$\int_0^t U(t)dt = -nA\Delta B$$

- **وسایل مورد نیاز**

منبع جریان قابل کنترل، میکرو ولت متر، مولد تابع D، هسته U شکل، سیم پیچ $n_1=1000$ و $n_2=125$ دور، دستگاه چاپگر یا ثبت کننده XY

- **تنظیمات لازم قبل از شروع آزمایش:**

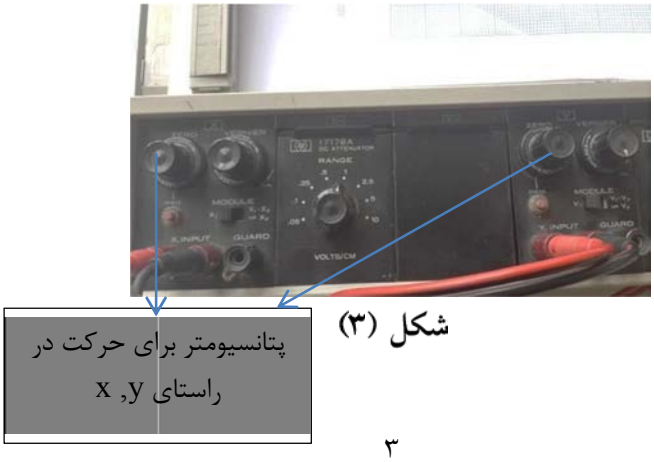
- **دستگاه آزمایش را مطابق شکل (۲) سوار کنید و اتصالات لازم را برقرار سازید.**



شکل (۲)

۱. تنظیم دستگاه چاپگر یا ثبت‌کننده (Recorder)

ابتدا باید مبدا مختصات را برای حرکت مداد بر روی کاغذ رسم (برگه میلی‌متری) در دستگاه چاپگر مشخص کنیم. بدین منظور میکروولت‌متر و مولد تابع باید در این مرحله خاموش باشند و با استفاده از پتانسیومترهای روی دستگاه مطابق نمایش شکل (۳) مداد را در راستای x و y آنقدر جابه‌جا کنید تا در وسط برگه میلی‌متری قرار بگیرد و نقطه شروع رسم منحنی پسماند از این مبدا باشد.

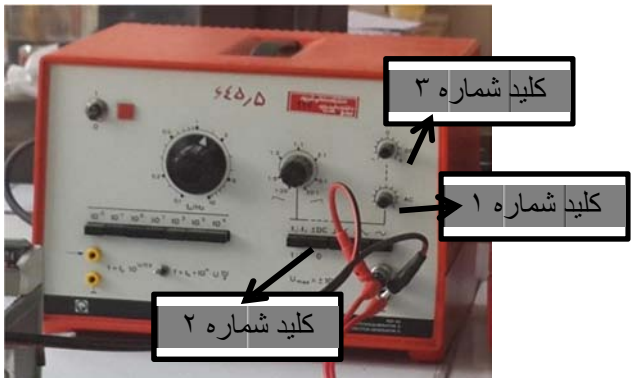


شکل (۳)

- محور x و محور y چاپگر را بر روی مقدار ۱V/cm تنظیم کنید.

۲. تنظیم صفر میکرو ولت‌متر

بعد از روشن کردن میکرو ولت‌متر، تقریباً ۱۵ دقیقه صبر کنید و سپس میکرو ولت‌متر را روی ضریب تقویت ۱۰ وحالت V قرار دهید. منبع جریان را روشن کرده و روی مقدار ۰/۴ آمپر تنظیم کنید. دستگاه مولد تابع (شکل (۴)) را روشن کرده و دامنه AC (کلید شماره ۱) را صفر کنید. افست DC (کلید شماره ۲) را فشار داده و سپس با پتانسیومتر (کلید شماره ۳) میکروولتمتر را روی صفر تنظیم کنید.



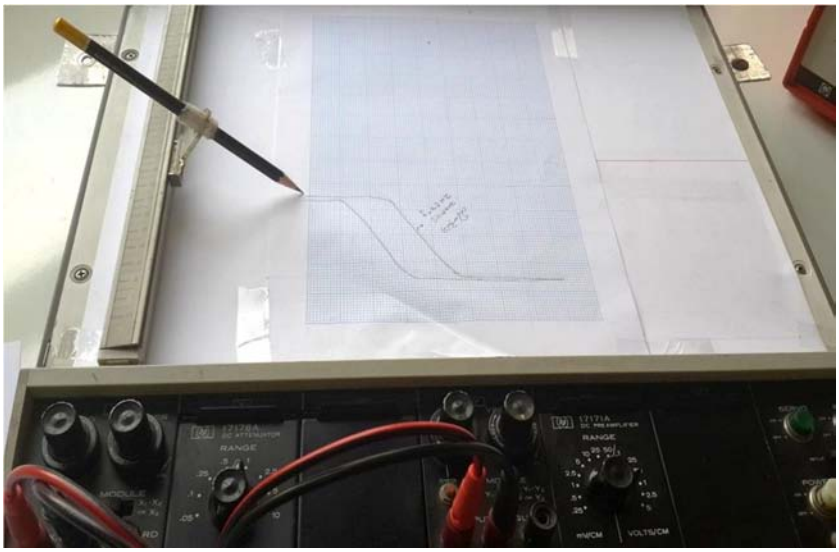
شکل (۴)

بعد از تنظیم صفر میکروولتمتر، کلید آفست (شماره ۲) را خاموش کنید و میکرو ولت‌متر را به حالت Vs تغییر دهید و مولد تابع را روی ۰/۲ هرتز گذاشته و دامنه AC (کلید شماره ۱) را ماکزیمم کنید.

روش انجام آزمایش

در این آزمایش از یک ترانسفورماتور استفاده می‌کنیم که سیم پیچ اولیه آن به مولد جریان متناوب و تشدید کننده متصل است . میکرو ولت‌متر ولتاژ سیم پیچ ثانویه را به ΔB تبدیل می‌کند. منحنی پسماند را به ازای فرکانس‌های مختلف برای مولد (0.05, 0.5, 1 Hz) و با استفاده از چاپگر رسم می‌کنیم.

نمونه‌ای از یک سیکل منحنی پسماند در شکل (۵) برای تابع موجی سینوسی نشان داده شده است.



شکل (۵)

سوالات پیشنهادی

۱- توضیح کیفی تغییرات شکل منحنی پسماند به ازای تغییر فرکانس.

۲- حوزه مغناطیسی چیست و چطور با میدان تغییر می کند؟

۳- چگونه می‌توان یک ماده فرومغناطیس را مغناطش زدایی کرد؟

۴- مقدار القای پس‌ماند آهن در را بر حسب $H=0$ تسلا بدست آورید.

۵- در چه شدت میدانی آهن خاصیت خود را از دست می‌دهد؟

۶- اشباع مغناطیسی چه زمانی رخ می‌دهد؟

۷- مقدار القای پس‌ماند آهن نسبت به فرکانس چه تغییری می‌کند؟چرا؟

اطلاعات مفید:

تعداد دور سیم پیچ اولیه= ۱۰۰۰ دور

تعداد دور سیم پیچ ثانویه= ۱۲۵ دور

محیط متوسط هسته ترانسفورماتور= ۰/۴۸ متر

$1V= 0.1 Vs$ (برای خروجی میکرو ولت‌متر)

سطح مقطع هسته= $۱/۲۵\times۱۰^{-۳}$ متر مربع