

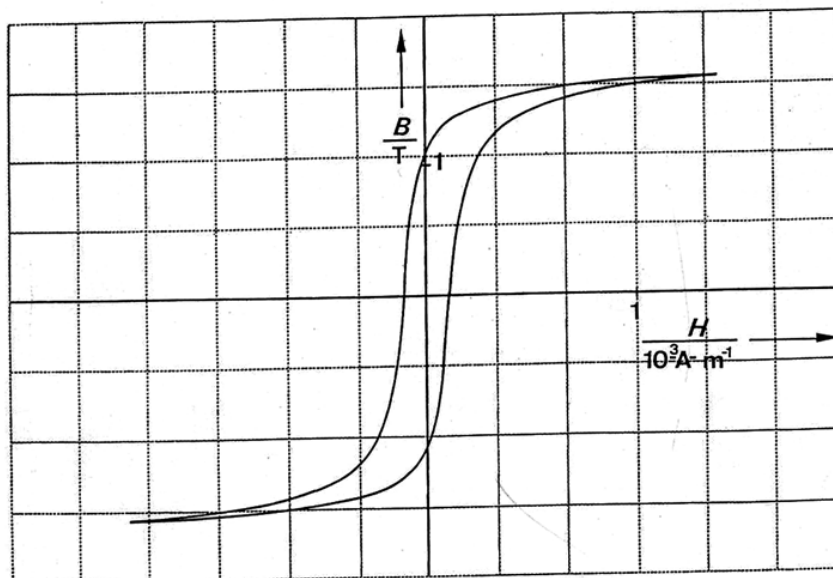
# مطالعه حلقه پسماند مغناطیسی فلزات

## ۱ اهداف آزمایش

- (۱) بررسی پسماند در مواد مغناطیسی و غیرمغناطیسی
- (۱) تعیین مغناطش اشباع و مغناطش پسماند و پهنای حلقه پسماند

## ۲ تئوری آزمایش

در نظریه فرومغناطیس دیده‌اید که بین  $M$  و  $H$  رابطه خطی  $\chi = M/H$  برقرار می‌باشد. این رابطه یک رابطه خطی بین  $B$  و  $H$  را به صورت  $B = \mu H$  ایجاب می‌کند که در آن  $\mu$  تراوایی مغناطیسی خوانده می‌شود و از روابط  $B = \mu_0 (H + M)$  و  $\chi = M/H$  بدست می‌آید که  $\mu_0$  تراوایی مغناطیسی خلاء می‌باشد و بنابراین  $\mu = \mu_0 (1 + \chi)$  خواهد بود. کمیت بدون بعد  $\mu/\mu_0$  گاهی به جای  $\chi$  در جداول نوشته می‌شود و به تراوایی مغناطیسی نسبی موسوم است که با  $\mu_r$  نمایش داده می‌شود.  $\mu_r$  کمیتی است وابسته به خصوصیات ماده‌ای که درون سیم‌پیچ قرار می‌گیرد و بیانگر نسبت افزایش  $B$  در مقایسه با حالتی است که فقط سیم‌پیچ تنها استفاده می‌شود.  $\mu_r$  برای مواد فرومغناطیسی یک مقدار ثابت نمی‌باشد و بیشتر به  $H$  و رفتار اولیه ماده مغناطیسی وابسته است و این وابستگی هنگامی که تغییرات  $B$  بر حسب کاهش و یا افزایش شدت میدان  $H$  بررسی می‌شود آشکار می‌گردد. طبق رابطه  $B = \mu_0 (H + M)$  اگر در یک ماده فرومغناطیس که در ابتدا خاصیت مغناطیسی نداشته است



شکل (۱)

شدت میدان مغناطیسی را از صفر به طور یکنواخت افزایش دهیم  $M$  افزایش می یابد و در نتیجه آن  $B$  فزونی می گیرد به طوری که در نهایت مقدار  $B$  تقریباً به یک حد ثابتی به نام  $B_s$  رسیده که حاصل از مغناطش اشباع است. چنانچه دوباره  $H$  به مقدار صفر برگردد  $M$  دیگر صفر نخواهد بود و لذا پس از حذف میدان  $H$ ،  $M$  و به دنبال آن  $B$  وجود خواهد داشت. این مقدار  $B$  به اندوکسیون پسماند معروف است و آن را با  $B_r$  نمایش می دهند. چنانچه بخواهیم  $B$  صفر شود نیاز به افزایش  $H$  در جهت معکوس داریم تا بردار  $M$  را خنثی سازد. اگر در جهت جدید باز هم میدان  $H$  را افزایش دهیم ماده در جهت عکس مغناطیس می شود به طوری که اندوکسیون  $B$  معکوس خواهد شد. حال دوباره برای رسیدن  $B$  به صفر باز هم نیازمند  $H$  معکوس می باشیم.

چنانچه تغییرات  $H$  یک چرخه کامل طی کند منحنی حاصل شکل ویژه ای خواهد داشت که به حلقه پسماند مغناطیسی معروف است. شکل (۱) نمونه ای از این منحنی را نمایش می دهد که در آن فاصله مبدا تا محل تقاطع حلقه پسماند با محور  $H$  را نیروی پسماند می نامند و آن را با  $H_c$  نمایش

می دهند. این پارامتر در مغناطیس به ویژه در دیسکهای مغناطیسی از اهمیت خاصی برخوردار است و افزایش آن رابطه خطی با افزایش ظرفیت ذخیره اطلاعات بر روی این دیسکها دارد.

### ۳ روش آزمایش

در اینجا یک جریان  $I$  داخل یک سیمپیچ به طول  $l$  و تعداد دور  $n_1$  میدان مغناطیسی  $H$  را با شدت  $H = \frac{n_1 I}{l}$  ایجاد می کند که با اندوکسیون مغناطیسی  $B$  رابطه  $B = \mu_0 \mu_r H$  را داراست.

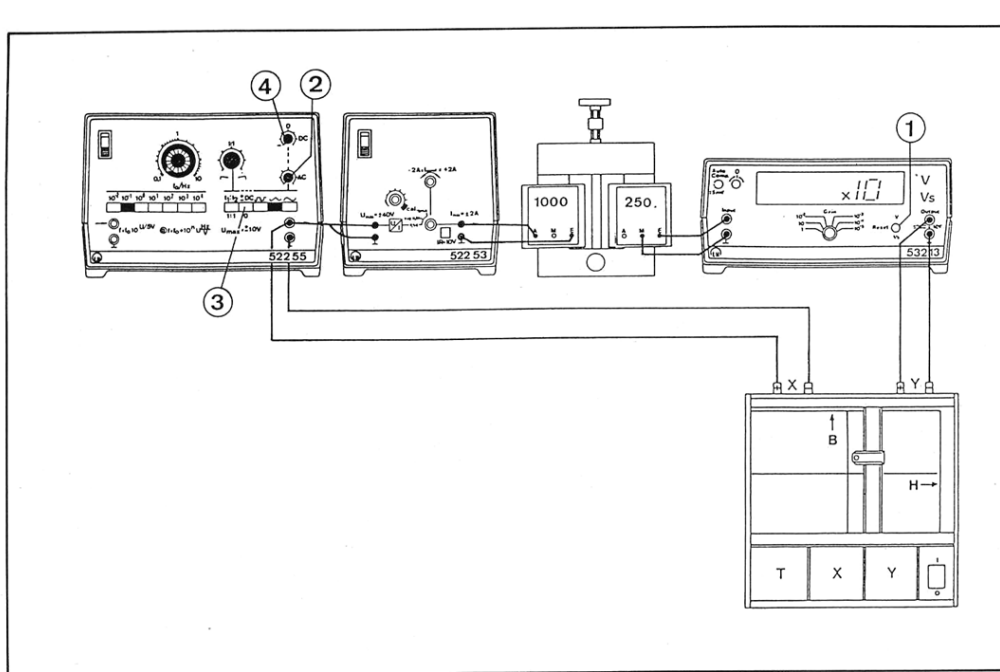
در این آزمایش آهن به عنوان یک فرومغناطیس به کار می رود که داخل یک ترانسفورماتور قرار گرفته است. شدت میدان مغناطیسی  $H$  توسط سیمپیچ اولیه ترانسفورماتور که در آن جریان توسط یک منبع تغذیه قابل کنترل تغییر می کند ایجاد می شود. منبع جریان توسط یک سیگنال لحظه ای با فرکانسی که از یک نوسان ساز می آید کار می کند و به طور همزمان به ورودی  $x$  ثبات داده می شود. بنابراین تغییرات کانال  $x$  با شدت میدان مغناطیسی متناسب است. اندوکسیون مغناطیسی  $B$  با انتگرالگیری از ولتاژ  $u(t)$  القاء شده در سیمپیچ ثانویه بدست می آید و اگر  $A$  سطح مقطع فرومغناطیس و  $n_2$  تعداد دورهای سیمپیچ ثانویه باشد آنگاه طبق قانون القاء داریم

$$u(t) = -n_2 A \frac{dB}{dt} \quad (1)$$

و پس از انتگرالگیری داریم

$$\int u(t) dt = -n_2 A \Delta B \quad (2)$$

که در آن  $\Delta B = B(t) - B(0)$ . این انتگرالگیری توسط یک میکرو ولتمتر انجام می شود که خروجی آنالوگ آن ولتاژی متناسب با  $\Delta B$  تولید می کند که مورد استفاده قرار می گیرد تا کانال  $x$  ثبات را فعال نماید. به این صورت ثبات  $xy$  حلقه پسماند را رسم می نماید.



شکل (۲)

### انجام آزمایش

۱) سیستم را مطابق شکل (۲) برای هسته آهنی ببندید. ثبات را به صورت زیر تنظیم کنید.

$$x - axis = VAR, 1V, \text{ set to } 0.2V/cm$$

$$y - axis = VAR, 1V, \text{ set to } 0.5V/cm$$

۲) ابتدا فقط ثبات را روشن کنید. مداد ثبات را پایین بیاورید. دستگاه مختصات را به کمک پیچ

تنظیم صفر رسم کنید. مداد را درست روی مبدأ مختصات ببرید.

۳) میکروولتметр را روشن کنید و زمان روشن کردن را یادداشت نمایید و پیچ تنظیم ضریب تقویت را

روی ۱۰ بگذارید. کلید (۱) آن را مطابق شکل روی Reset بگذارید.

۴) منبع جریان را روشن کنید و آن را روی ۴/۰ تنظیم کنید.

۵) نوسان ساز را روشن نمایید و دامنه AC را توسط پتانسیومتر (۲) مطابق شکل روی صفر قرار

دهید (آن را به منتهالیه سمت چپ بچرخانید). دکمه (۳) را فشار دهید و پتانسیومتر (۴) را روی صفر قرار دهید.

(۶) دوباره ثبات را کنترل کنید. دقت کنید که مداد روی صفر مختصات باشد. اگر چنین نیست آن را دوباره تنظیم کنید.

(۷) اجازه دهید از زمانی که میکرو ولتمتر روشن شده است ۱۵ دقیقه بگذرد.

(۸) ثبات xy را دوباره روشن کنید. کلید (۱) را روی موقعیت "V" قرار دهید. دکمه comp را فشار دهید. با این کار در حقیقت نقطه صفر ولتاژ را تعیین می کنید. پس از آن دکمه (۱) را به حالت "Vs" برگردانید. در این حالت اگر به صفحه شمارنده میکرو ولتمتر نگاه کنید عدد نمایشی با زمان تغییر می کند. پیچ تنظیم که در سمت چپ میکرو ولتمتر و کنار دکمه comp قرار دارد را آنقدر تغییر دهید تا عدد نمایشی روی صفحه تقریباً ثابت شود. پس از آن دکمه (۱) را روی Reset قرار دهید. دوباره کلید (۱) را روی "Vs" تنظیم کنید.

(۹) نوسان ساز را روی ۰/۰۵ هرتز تنظیم نمایید.

(۱۰) با کمک پتانسیومتر (۲) دامنه را افزایش دهید تا ثبات به طور فرضی یک حلقه پسماند نسبتاً بزرگ را رسم نماید. مداد ثبات را پایین بیاورید و آنگاه حلقه پسماند را رسم کنید.

(۱۱) مداد را بالا ببرید و مطابق دستورالعمل زیر محورهای مختصات را مقیاس بندی نمایید.

الف) محور x: میدان مغناطیسی H از قانون آمپر طبق رابطه زیر بدست می آید:

$$H = \frac{n_1 I}{l}$$

که در آن  $n_1 = 1000$  تعداد دورهای سیم پیچ اولیه است و  $l = 0.48m$  محیط متوسط هسته ترانسفورماتور است. از طرفی برای منبع جریان هر ولت تقریباً برابر ۰/۴ آمپر است. بنابراین طبق تنظیم اولیه برای ثبات داریم

$$1cm = 0.2V = 0.8A$$

از آنجایی که رابطه  $H = (n_1 I)/l$  اعمال می شود می توان نوشت

$$1\text{ cm} = \frac{0.08 \times 1000}{0.48} A/m = 166.7 A/m$$

ب) محور y: اندوکسیون مغناطیسی بر روی محور y از رابطه زیر بدست می آید:

$$B = \frac{\int U dt}{n_2 A}$$

که در آن  $n_2 = 125$  تعداد دور سیم پیچ ثانویه و  $A = 0.38\text{ mm} \times 40\text{ mm} = 0.00152\text{ mm}^2$  سطح مقطع هسته مغناطیسی است. از طرفی برای ولتاژ خروجی میکروولتمتر یک ولت برابر است با 0/1 ولت ثانیه است. لذا می توان نوشت

$$1\text{ cm} = 0.5V = 0.05V_s = \frac{0.05V_s}{125 \times 0.00152\text{ mm}^2} = 0.263T$$

(۱۲) مقدار  $B_r$  و  $H_c$  و  $B_s$  را بدست آورید.