

آزمایش ۸: تحقیق قانون القای فارادی

بخش ۱

شماره دانشجویی: ۹۷۳۱۱۱۱	نام و نام خانوادگی: دانیال حمدي
نام مربی: استاد صداقت جلیل‌آبادی	روز و ساعت آزمایشگاه: چهارشنبه - ۱۰ تا ۱۲:۳۰

هدف آزمایش:

- بررسی وابستگی نیروی محرکه القایی با دامنه و فرکانس
- اندازه‌گیری ضریب نفوذپذیری مغناطیسی در خالا (μ_0)
- اندازه‌گیری اختلاف فاز دو موج متنابع

وسایل آزمایش: سیم‌وله و پایه آن، اسیلوسکوپ، مقاومت یک اهم، سیگنال ژنراتور (نوسان‌ساز)، سیم‌های رابط

تعریف کمیت مورد اندازه‌گیری و تعیین واحد آن: ضریب تراوایی خالا با واحد H/m ، اختلاف فاز سیگنال ورودی و نیروی محرکه‌ی القایی ناشی از آن، بدون واحد

تئوری آزمایش (با ترسیم مدار الکتریکی):

شار مغناطیسی عبوری از سطح را به صورت زیر تعریف می‌کنیم.

$$\varphi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

که این کمیت، برای هر واحد دیفرانسیلی از سطح، وابسته به شدت میدان مغناطیسی در آن نقطه و زاویه میدان مغناطیسی با بردار عمود بر سطح می‌باشد.

طبق قانون القای فارادی، تغییر شار یک سطح منجر به ایجاد نیروی محرکه‌ی القایی در آن سطح می‌شود.

$$\varepsilon = -\frac{d\varphi_B}{dt}$$

و در نتیجه اگر سطح مورد نظر به صورت یک پیچه با N دور باشد، نیروی محرکه‌ی القایی برابر خواهد بود با عبارت زیر، که در آن در واقع شار عبوری N برابر شده است.

$$\varepsilon = -N \frac{d\varphi_B}{dt}$$

همچنین به کمک قانون لنز، می‌توانیم جهت نیروی محرکه‌ی القایی ایجاد شده را محاسبه کنیم. بنا بر قانون لنز، جهت جریان القایی به گونه‌ای است که با تغییر شار مغناطیسی عبوری از سطح مخالفت می‌کند. به عنوان مثال، در صورتی که

شار مغناطیسی در حال کاهش باشد، نیروی محرکه‌ی القایی در جهتی خواهد بود که میدان مغناطیسی ناشی از آن، شار را افزایش دهد.

حال به بررسی روابط نیروی محرکه‌ی القایی برای سیم‌وله می‌پردازیم. می‌دانیم میدان مغناطیسی درون سیم‌وله‌ای با تعداد دور در واحد طول v و جریان I برابر خواهد بود با:

$$B = \mu_0 \nu I$$

با تغییر جریان این سیم‌وله، نیروی محرکه‌ی القایی ایجاد خواهد شد. اگر نیروی محرکه‌ی القایی را برای یک سیم‌وله‌ی دوم در نظر بگیریم، این مقدار برابر خواهد بود با

$$\varepsilon = -\frac{d\varphi_B}{dt} = -NA \frac{dB}{dt} = -NA\mu_0 \nu \frac{dI}{dt}$$

که در آن N تعداد سیم‌وله‌ی دوم، A سطح مقطع سیم‌وله‌ی دوم و v تعداد دور در واحد طول سیم‌وله‌ی اول است.

از طرف دیگر قانون زیر را هم برای القای متقابل داریم، که در آن M ضریب القای متقابل سیم‌وله بر حسب هانری است.

$$\varepsilon = -M \frac{dI}{dt}$$

از مقایسه‌ی دو رابطه‌ی اخیر داریم:

$$M = NA\nu\mu_0$$

روش انجام آزمایش:

- ابتدا دو سیم‌وله مورد نظر را به طور سری به یکدیگر (از انتهای یک سیم‌وله مثلاً سر آبی به ابتدای سیم‌وله دیگر یعنی سر قرمز آن) متصل نمایید.
- مدار شکل (5) را بیندید. کانال 1 اسیلوسکوپ به دو سر مقاومت 1 اهم و کانال 2 آن را به دو ترمینال سیم‌وله ثانویه متصل کنید.
- سیگنال ژنراتور را در حالت موج مثلثی قرار دهید. کلیدهای مربوط (اسیلوسکوپ) به Source را در حالت Main و Auto تنظیم کنید. با تنظیم کلید volt/Div و Time/Div موج مثلثی ایجاد شده را در کانال 1 مشاهده نمایید. می‌توانید تغییرات جریان را از محور قائم قرائت نمایید. آنچه در کانال 2 ظاهر می‌شود ولتاژ القایی سیم‌وله ثانویه می‌باشد. با قرار دادن کلید بر روی Dual می‌توانید این دو موج را به طور همزمان مشاهده نمایید.
- حال به دو روش ذیل مقدار نیروی محرکه‌ی القایی در مدار را اندازه‌گیری می‌نماییم.

شماره دانشجویی: نام مربی: استاد صداقت جلیل‌آبادی	نام و نام خانوادگی: روز و ساعت آزمایشگاه: چهارشنبه - ۱۰ تا ۱۲:۳۰
---	---

الف) تحقیق بستگی نیروی محرکه القایی با فرکانس موج تحریک

- مطابق دستور کار عمل کرده و جدول ۱ را کامل کنید:

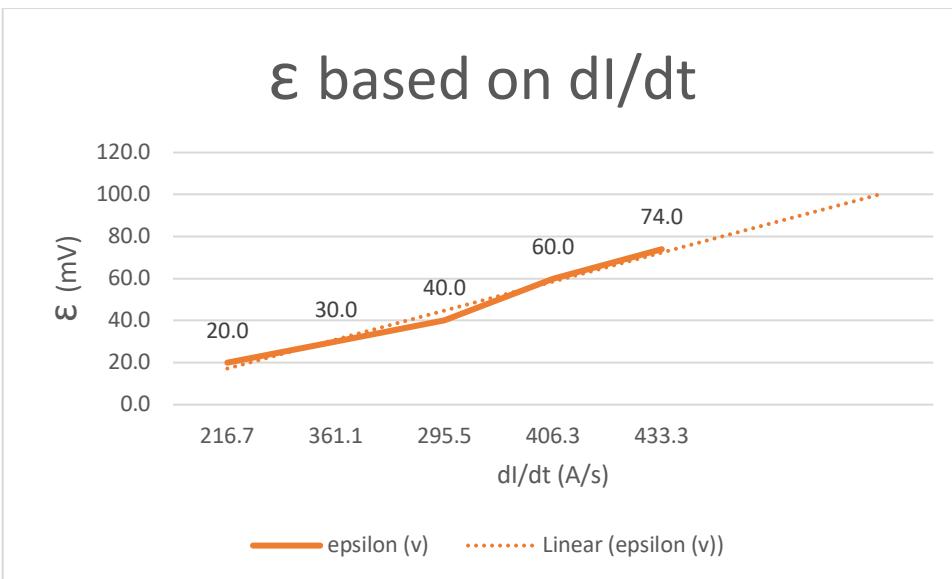
با توجه به متقارن نبودن مثلثهای موج‌های داده شده، زمان dt برای فاصله‌ی قله تا دره محاسبه شد.

f (Hz)	200	400	600	800	1000
dI (A)	0.325	0.325	0.325	0.325	0.325
dt (s)	0.0015	0.0009	0.0011	0.0008	0.00075
dI/dt (A/s)	216.667	361.111	295.455	406.250	433.333
ϵ (v)	0.02	0.03	0.04	0.06	0.074

شیب گزارش شده توسط نرم‌افزار اکسل برای خط ϵ بر حسب $\frac{dI}{dt}$:

Slope 0.00021793

- منحنی ϵ بر حسب $\frac{dI}{dt}$ را بر روی کاغذ میلی‌متری رسم کنید:



از روی نمودار مقدار M را محاسبه نموده و از آن جا مقدار μ_{02} را به دست آورید:

$$\left\{ \begin{array}{l} M = -\frac{\varepsilon}{dI} = Slope = -2 \times 10^{-4} \\ \mu_{01} = \frac{M}{NA\nu} = \frac{2 \times 10^{-4}}{60 \times 3.85 \times 10^{-3} \times 400} = 2 \times 10^{-6} \end{array} \right.$$

ب) تحقیق بستگی نیروی محرکه القایی با دامنه موج تحریک

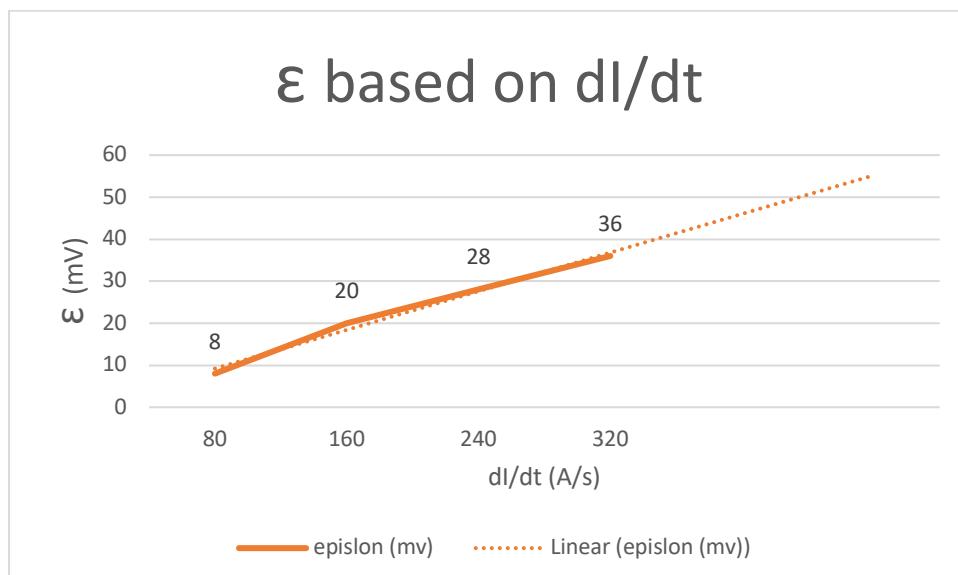
مطابق دستور کار عمل کرده و جدول ۲ را کامل کنید:

V_{source}	1/4 source	2/4 source	3/4 source	4/4 source
$dl (A)$	0.1	0.2	0.3	0.4
$dt (s)$	0.00125	0.00125	0.00125	0.00125
$dl/dt (A/s)$	80	160	240	320
$\epsilon (v)$	0.008	0.02	0.028	0.036

شیب گزارش شده توسط نرم افزار اکسل برای خط ε بر حسب $\frac{dl}{dt}$:

Slope **0.000115**

منحنی ε بر حسب $\frac{dl}{dt}$ را بر روی کاغذ میلی متری رسم کنید:



از روی نمودار مقدار M را محاسبه نموده و از آن جا مقدار μ_{01} را به دست آورید:

$$\left\{ \begin{array}{l} M = -\frac{\varepsilon}{dI} = Slope = 1 \times 10^{-4} \\ \mu_{02} = \frac{M}{NA\nu} = \frac{1 \times 10^{-4}}{60 \times 3.85 \times 10^{-3} \times 400} = 1 \times 10^{-6} \end{array} \right.$$

با توجه به مقدار $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ ، درصد خطای نسبی را حساب کنید.

$$\frac{|\mu_{01} - \mu_{02}|}{\mu_0} \times 100 = \frac{2 \times 10^{-6} - 1 \times 10^{-6}}{4\pi \times 10^{-7}} \times 100 = \frac{10}{4\pi} \times 100 = 79.5\% (!)$$

ج) اندازه‌گیری اختلاف دو موج

مطابق دستور کار عمل کرده و برای یک موج سینوسی اختلاف فاز دو موج را تعیین کنید:

$$\begin{aligned} \Delta\varphi &= 2\pi \frac{\text{TimeDiv} \times \text{TimeDiff of two Waves Crests}}{\text{TimeDiv} \times \text{Period of Waves}} = 2\pi \frac{1.4}{5} = 0.56 \times \pi \\ &\approx \frac{\pi}{2} \end{aligned}$$

جواب به سوالات:

۱. علت اختلاف فاز بین ولتاژ القایی دو سر سیم‌لوله ثانویه و سیگنال ژنراتور را توضیح دهید.

ولتاژ القایی، تابع مشتق جریان ورودی (سیگنال ژنراتور) می‌باشد، و مشتق تابع لزوماً با خود تابع هم‌فاز نیست. به عنوان مثال اگر فرض کنیم جریان ورودی به صورت سینوسی باشد، خواهیم داشت:

$$I = f(t) = \sin(\omega t) \rightarrow \varepsilon = -M \frac{dI}{dt} = -M \cos(\omega t) = -M \cdot f(t + \frac{\pi}{2})$$

در مثال بالا، جریان ورودی و ولتاژ القایی $\frac{\pi}{2}$ اختلاف دارند.

۲. علت حضور مقاومت ۱ اهمی در مدار چیست؟

در محاسبات خود، برای به دست آوردن M ، نیاز به مقدار dI داریم، اما اسیلوسکوپ مقدار v را نشان می‌دهد. پس مقدار مقاومت را ۱ اهم می‌گذاریم تا طبق قانون اهم $RI = v$ ، مقادیر ولتاژ و جریان برابر شوند.

۳. چگونه می‌توان دامنه ولتاژ القایی ایجاد شده در سیمولوه ثانویه را تغییر داد؟

می‌توانیم از روش‌های الف و ب آزمایش، یعنی تغییر فرکانس یا دامنه‌ی موج تحریک استفاده کنیم.

۴. در اندازه‌گیری اختلاف فاز دو موج، شکل موج تشکیل شده در کانال ۱ و ۲ اسیلوسکوپ را از نظر دامنه و فرکانس با یکدیگر مقایسه نمایید.

از لحاظ فرکانس دو موج یکسان و برابر 5 TimeDiv هستند، و از لحاظ دامنه به صورت زیر هستند:

$$\begin{cases} Ch1: 2.5 \times VoltDiv_{ch1} \\ Ch2: 1.8 \times VoltDiv_{ch2} \end{cases}$$

اما مقادیر VoltDiv کانال‌ها خوانا نبودند.

۵. اگر در بستن مدار قانون لنز مورد توجه قرار نگیرد چه تغییری در شکل‌ها حاصل می‌شود؟

در این صورت، مقادیر نیروی محرکه‌ی القایی قرینه خواهد شد.

در مورد نتایج به دست آمده بحث کنید:

در این آزمایش، ابتدا آموختیم بنا بر قانون القای فارادی با تغییر شارعبوری از یک سطح، یک نیروی محرکه‌ی القایی در آن سطح ایجاد خواهد شد. این اثر را برای دو سیمولوه، بررسی کردیم. با تغییر جریان یک سیمولوه، در شارعبوری از سیمولوه‌ی دوم تغییر ایجاد کردیم، و نتایج این تغییر را بررسی کردیم. در قسمت‌های الف و ب، با تغییر فرکانس و دامنه‌ی جریان سیمولوه‌ی اول، تغییرات نیروی محرکه‌ی القایی در سیمولوه‌ی دوم را دیدیم. در نهایت با کمک قانون دوم فارادی، ضریب تراوایی خلا را تخمین زدیم.

همچنین میزان اختلاف فاز سیگنال ورودی و نیروی محرکه‌ی القایی ناشی از آن را برای یک موج سینوسی بررسی کردیم.