

به نام خدا

آزمایشگاه مجازی فیزیک ۲

فاطمه صداقت

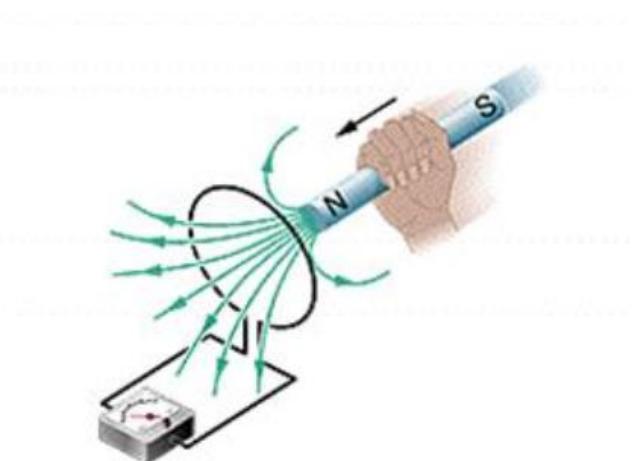
جلسه هشتم - تحقیق قانون القای فارادی



هدف آزمایش: ۱- بررسی وابستگی نیروی محرکه القایی با دامنه و فرکанс
۲- اندازه گیری ضریب نفوذ پذیری مغناطیسی در خلا (μ)
۳- اندازه گیری اختلاف فاز دو موج متناوب

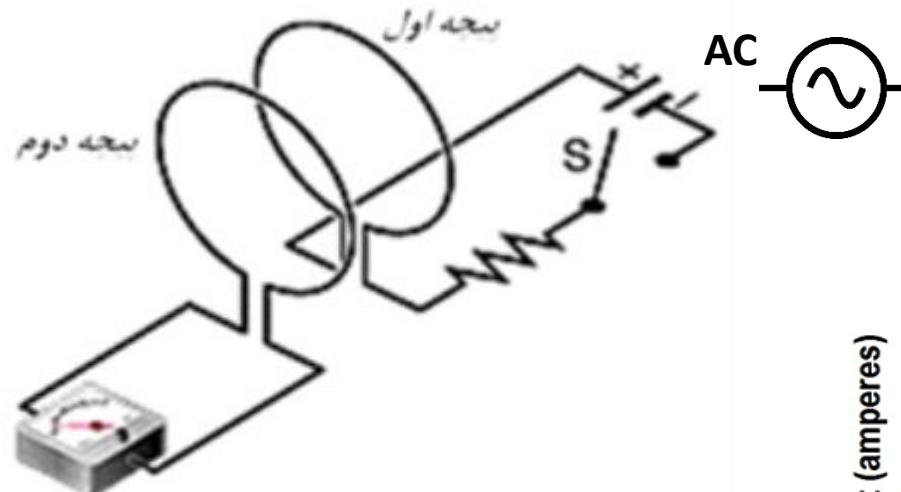
وسایل آزمایش: سیم‌وله و پایه آن، اسیلوسکوپ، مقاومت یک اهم، سیگنال ژنراتور (نوسان ساز)، سیم های رابط

تئوری آزمایش: اگر یک آهن ربا تیغه ای را در اختیار داشته باشد و آن را به طرف پیچه (سیم پیچ) یا پیچه را به طرف آهن ربا حرکت دهد، عقره گالوانومتر (متصل به دو سر پیچه) منحرف خواهد شد. این بدان معناست که علیرغم وجود منبع تغذیه در مدار، در اثر حرکت تیغه آهن ربا جریان لحظه ای در حلقه برقرار شده و نیروی محرکه القائی به وجود می آید. هر چه سرعت نسبی ربا و پیچه بیشتر باشد، نیروی محرکه القائی و در نتیجه جریان القائی بزرگتر است.



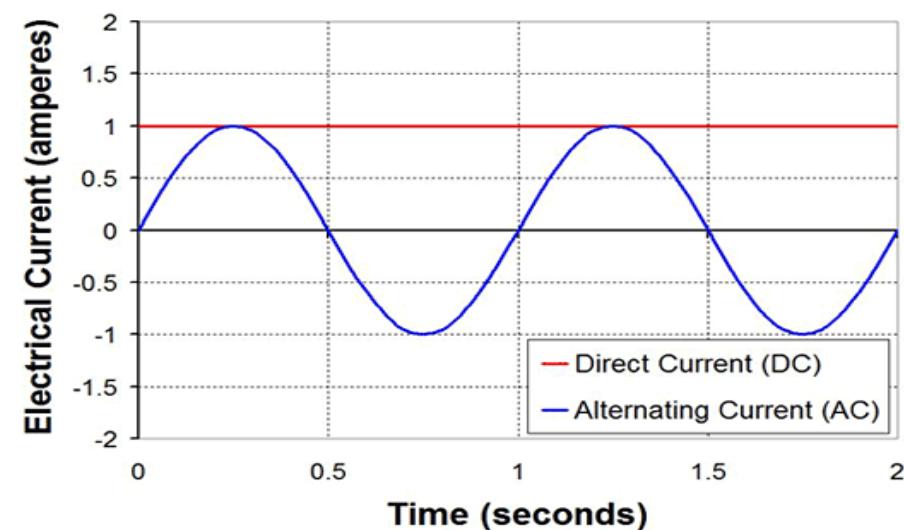
شکل ۱: با نزدیک و یا دور کردن آهن ربا به یک پیچه، روی دو سر آن نیروی محرکه القا خواهد شد

در آزمایش دیگری دو پیچه ساکن را در نظر بگیرید. با زدن کلید S جریان لحظه‌ای القایی در پیچه دوم به وجود می‌آید. در لحظه قطع کلید نیز این جریان مجدداً مشاهده می‌شود.

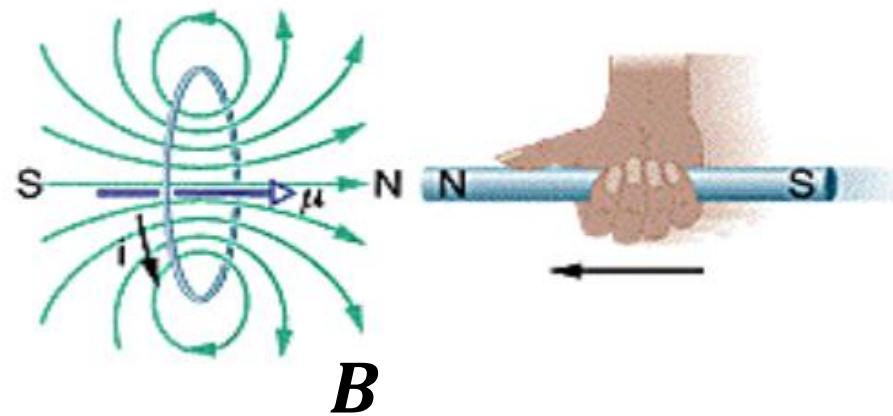


شكل ۲

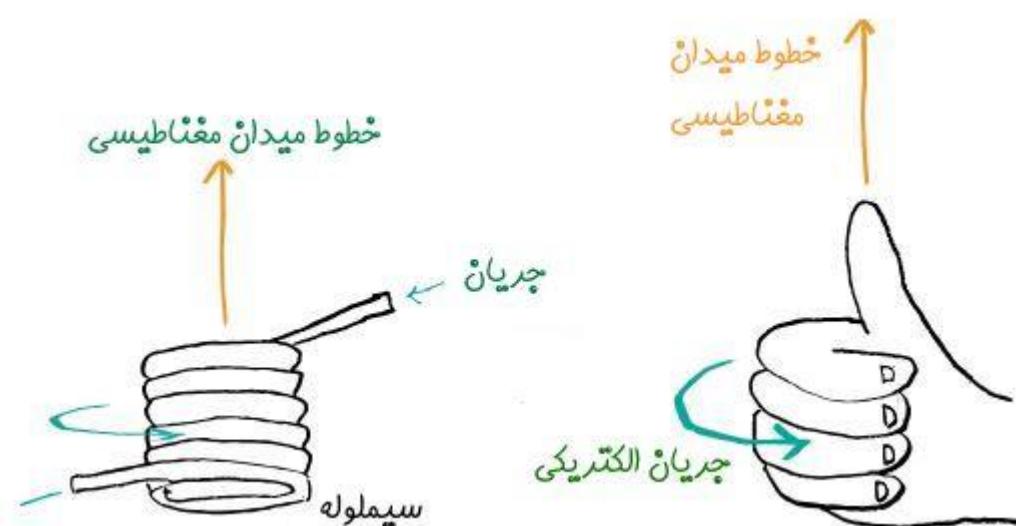
آیا در حالت DC قانون القای فاراده صادق هست؟



سؤال: در شکل زیر قطب شمال یک آهن را به یک حلقه رسانا نزدیک می کنیم. جهت جریان القائی در حلقه چگونه است؟



شكل ۳



هرگاه خطوط میدان مغناطیسی \mathbf{B} از سطح مقطعی به مساحت A عبور کند، شار مغناطیسی عبوری از آن عبارت خواهد بود از:

$$\varphi_B = \int B \cdot dA \rightarrow \varphi_B = B \int dA \rightarrow \boxed{\varphi_B = B * A} \quad (1)$$

با تغییر شار مغناطیسی نسبت به زمان خواهیم داشت:

$$\varepsilon = -\frac{d\varphi_B}{dt} \quad (2)$$

ع نیروی محرکه القایی می باشد. اگر پیچه شامل N دور باشد، نیروی محرکه القایی برابر خواهد شد با:

$$\varepsilon = -N \frac{d\varphi_B}{dt} \quad (3)$$

همان طور که می دانید میدان مغناطیسی داخل سیم‌ولوهای که حامل جریان I می باشد از رابطه زیر به دست می آید:



شکل ۴: سیم‌وله حامل جریان I

$$\nu = N/L$$

μ . ضریب نفوذ پذیری مغناطیسی در خلا

$$B = \mu \cdot \nu I \quad (4)$$

نیروی محرکه القایی



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

قانون القای فارادی

$$\varphi_B = B * A$$

$$B = \mu \cdot v I$$

$$\varepsilon = -NA \frac{dB}{dt} = -NA\mu_0 v \frac{dI}{dt}$$

که در آن μ . ضریب نفوذ پذیری مغناطیسی در خلا است و در این آزمایش $v = N/L = 400$ ، تعداد دور در واحد طول سیم‌لوله اولیه می‌باشد.

که در آن $A = 3/85 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ سطح مقطع سیم‌لوله ثانویه و $N=60$ تعداد دورهای سیم‌لوله ثانویه می‌باشد.

$$\varepsilon = -NA \frac{dB}{dt} = -NA\mu_0 v \frac{dI}{dt}$$



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

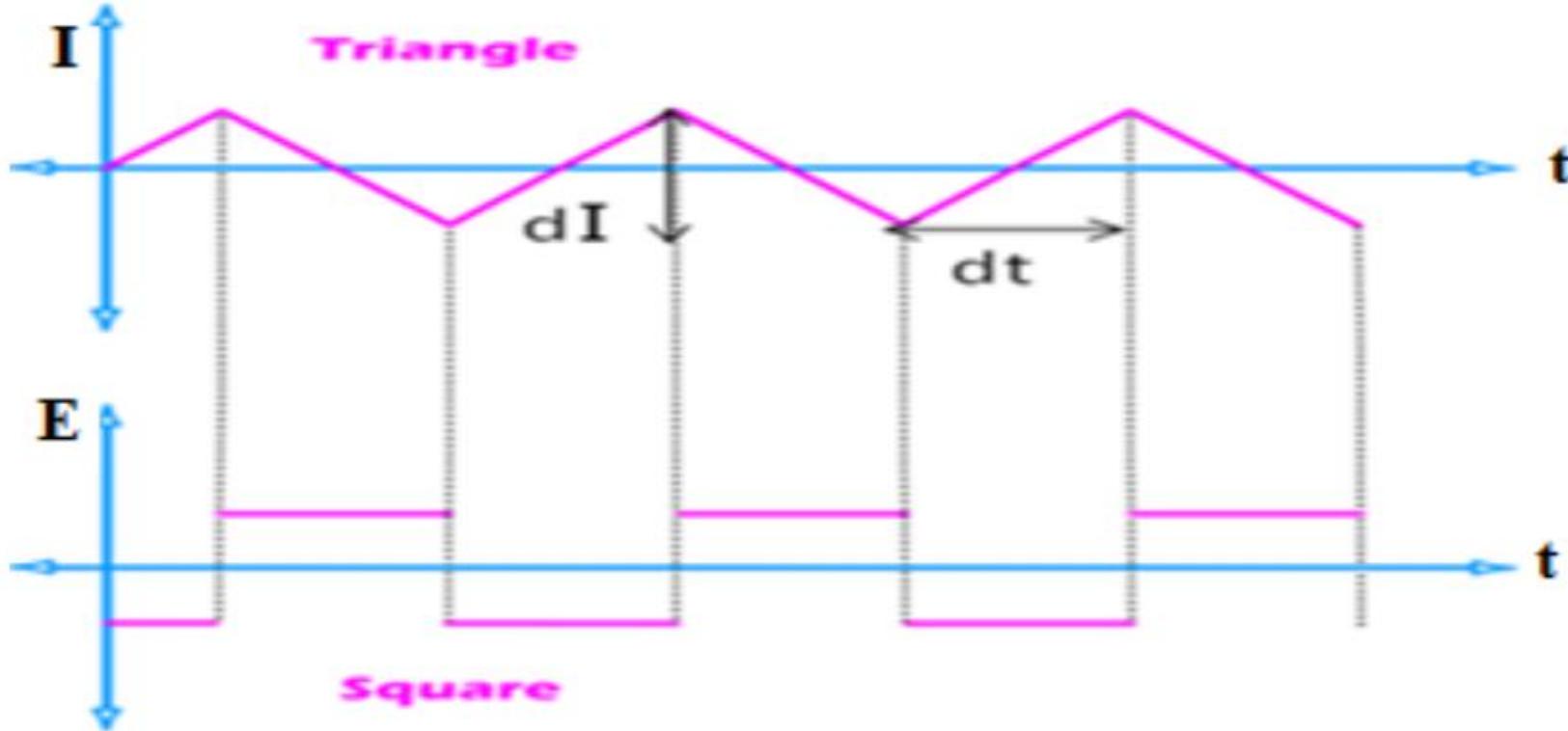
مشتق سینوس ==> کسینوس

مشتق موج دندان اره ای ==> ?

M ضریب القاء متقابل سیم‌لوله بر حسب هانری می باشد. مقایسه روابط (۵) و (۶) نتیجه می دهد که:

$$M = NA v \mu_0 \quad (7)$$

علامت منفی



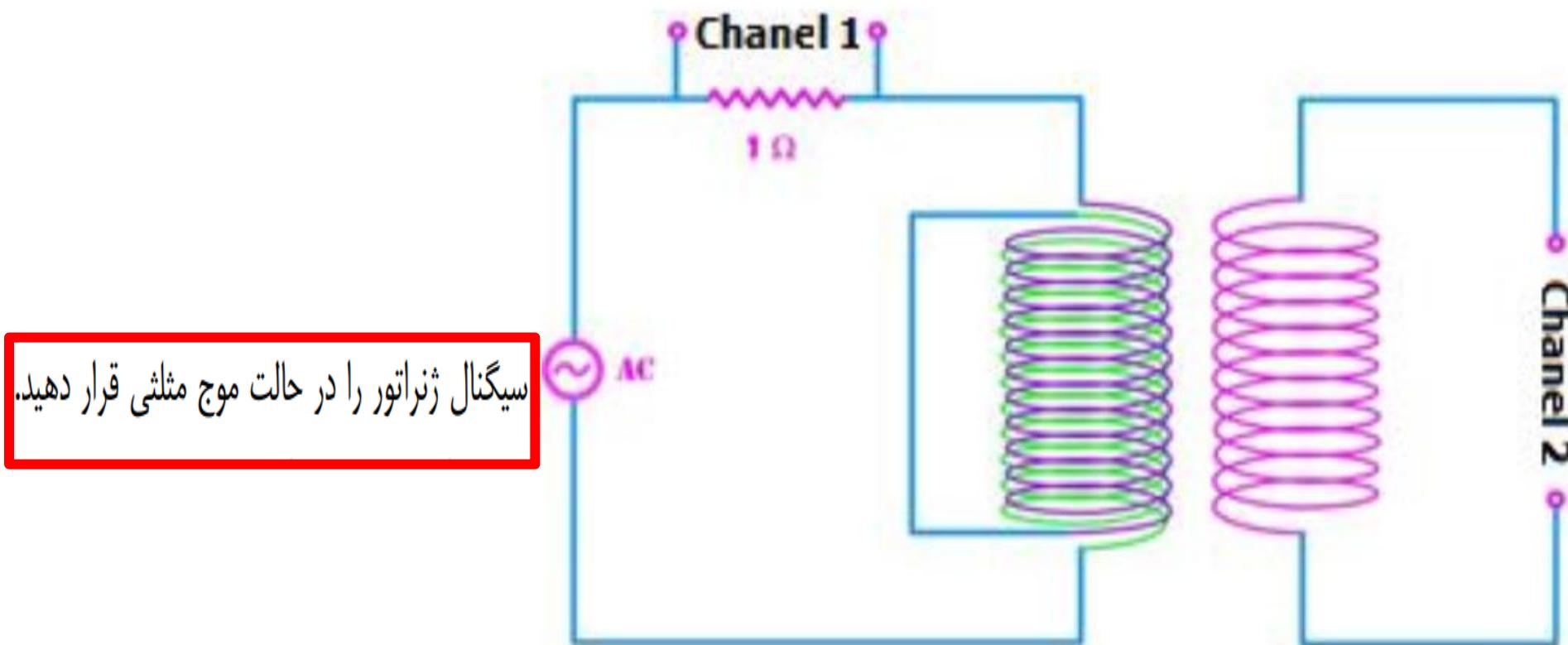
$$\varepsilon = -M \frac{dI}{dt}$$

شكل ۶: موج تحریک و موج القا بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ

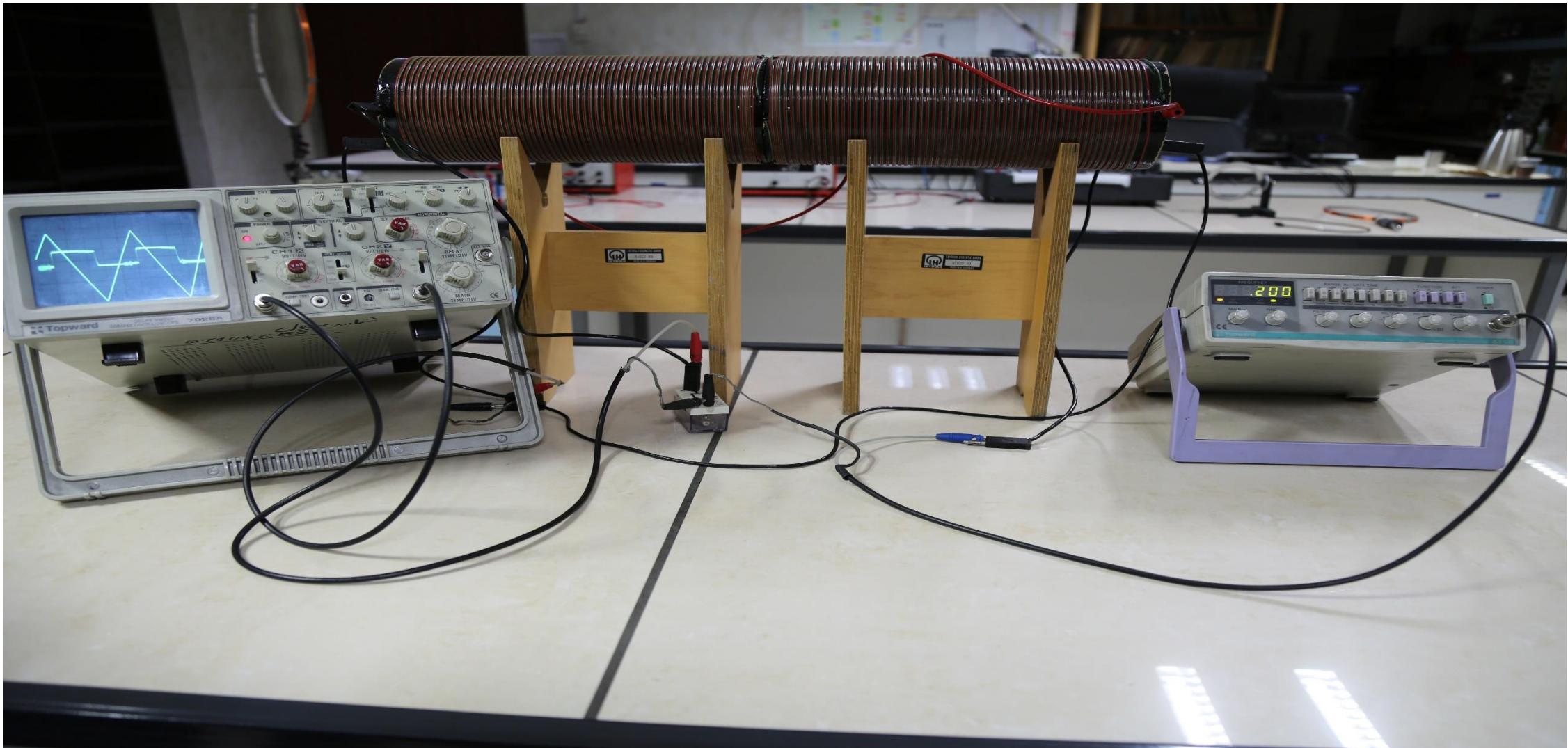
روش آزمایش:

- ابتدا دو سیم‌وله مورد نظر را به طور سری به یکدیگر (از انتهای یک سیم‌وله مثلا سر آبی به ابتدای سیم‌وله دیگر یعنی سر قرمز آن) متصل نمایید.
- مدار شکل (۵) را بیندید. کanal ۱ اسیلوسکوپ به دو سر مقاومت ۱ اهم و کanal ۲ آن را به دو ترمینال سیم‌وله ثانویه متصل کنید.
- سیگنال ژنراتور را در حالت موج مثلثی قرار دهید. کلیدهای مربوط (اسیلوسکوپ) به Main و Source را در حالت Auto تنظیم کنید. با تنظیم کلید volt/Div و Time/Div موج مثلثی ایجاد شده را در کanal ۱ مشاهده نمایید. می توانید تغییرات جریان را از محور قائم قرائت نمایید. آنچه در کanal ۲ ظاهر می شود ولتاژ القای سیم‌وله ثانویه می باشد. با قرار دادن کلید بر روی dual می توانید این دو موج را به طور همزمان مشاهده نمایید.

با قرار دادن کلید بر روی **dual** می توانید این دو موج را به طور همزمان مشاهده نمایید.

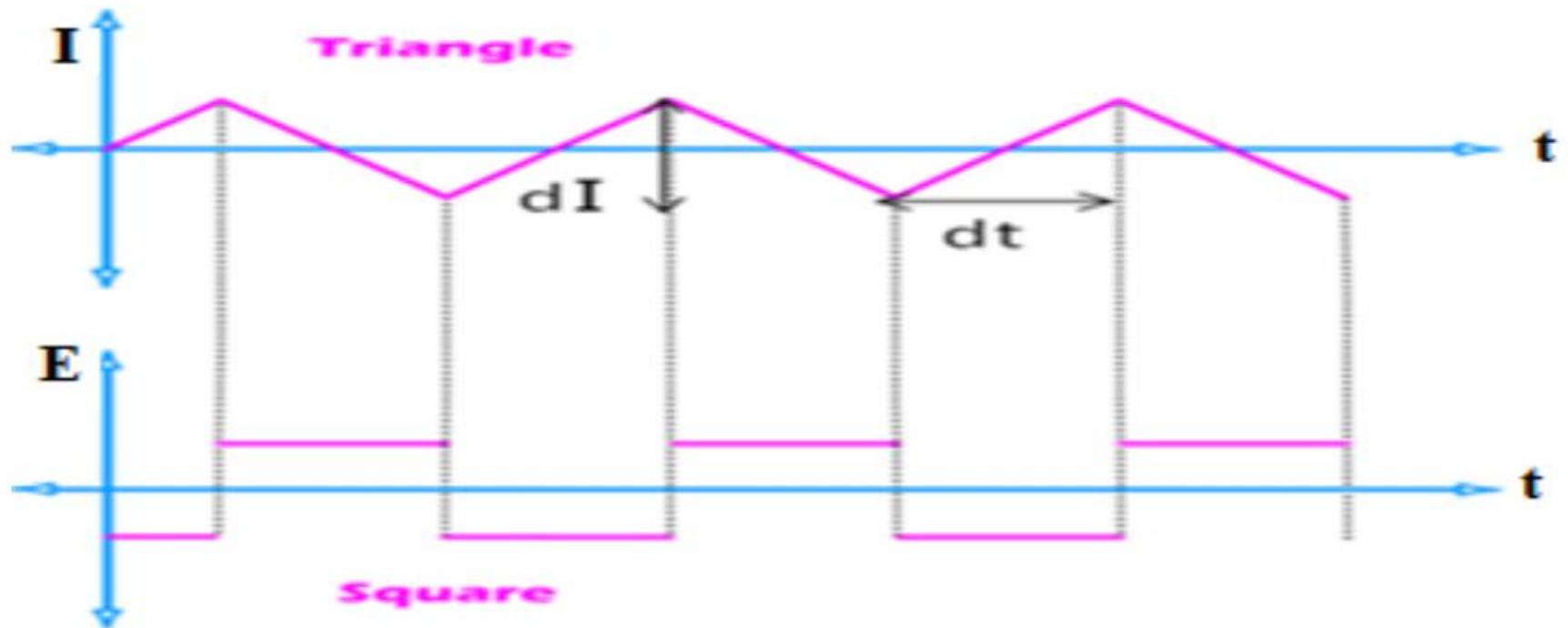


شكل ۵



الف) تحقیق بستگی نیروی محرکه القائی با فرکانس موج تحریک

- مقدار دامنه (ولتاژ) موج مثلثی را ثابت نگهداشت و فرکانس موج را مطابق جدول (۱) تغییر دهید.



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

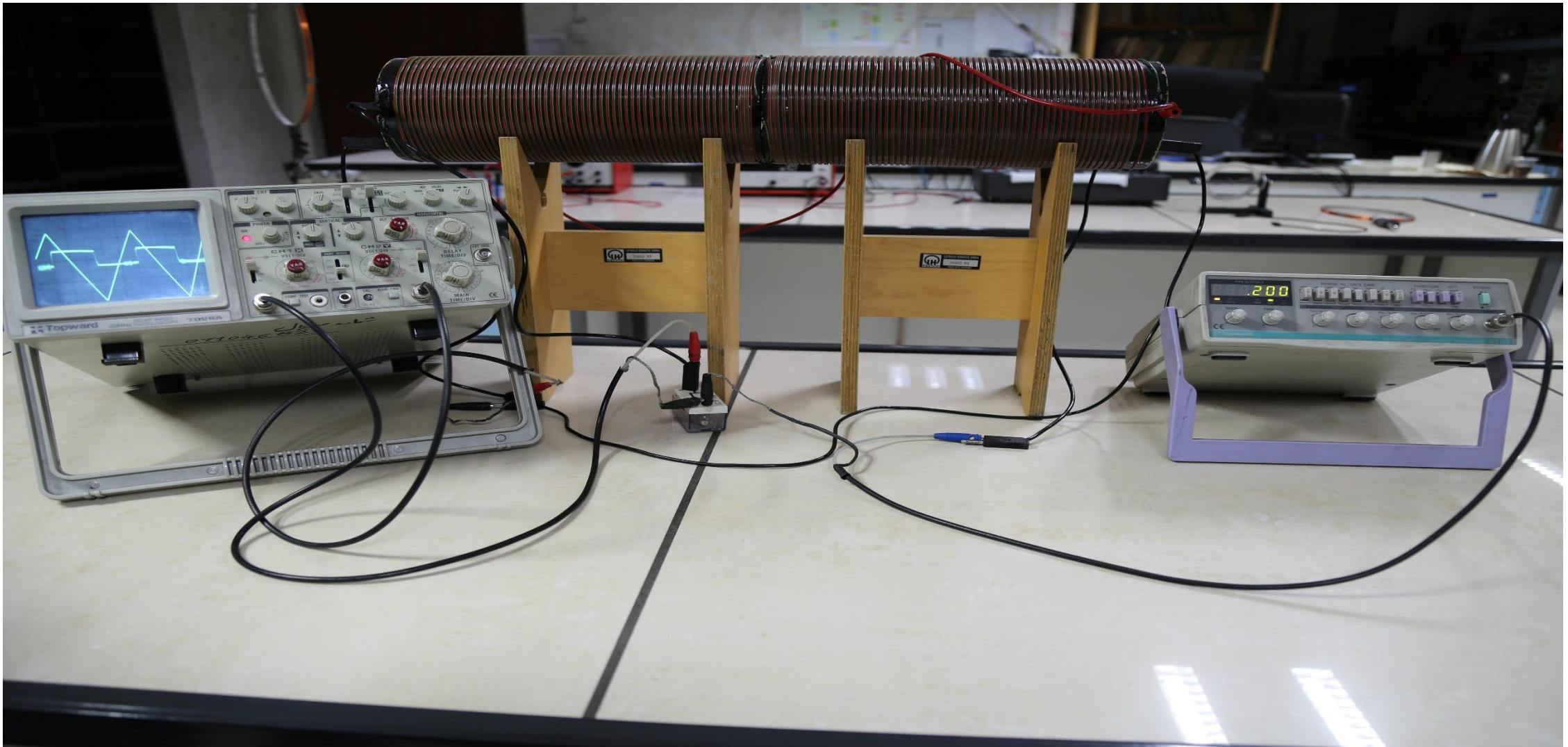
شكل ۶: موج تحریک و موج القا بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ

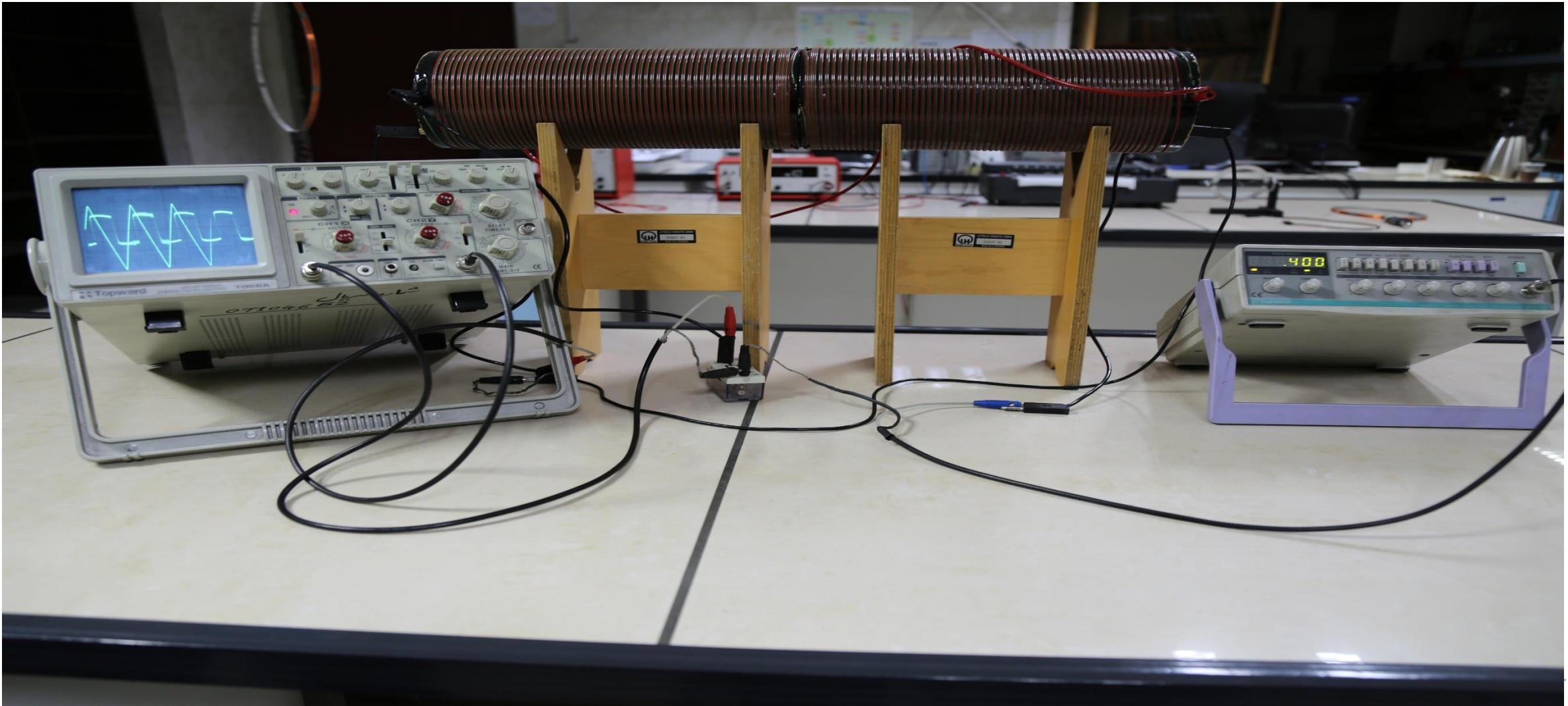
- تغییرات جریان (dI) فاصله ای که در آن تغییرات جریان یکنواخت است) را از روی محور قائم و مقدار dt را از روی محور افقی قرائت نمایید. (dt نصف دوره تناوب موج می باشد). سپس از روی کanal ۲ مقدار نیروی محرکه القایی ϵ را یادداشت نمایید.

جدول ۱

| $f(\text{Hz})$ | ۲۰۰ | ۴۰۰ | ۶۰۰ | ۸۰۰ | ۱۰۰۰ |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|------|
| $dI(\text{A})$ | | | | | |
| $dt(\text{s})$ | | | | | |
| $dI/dt(\text{A/s})$ | | | | | |
| $\epsilon(v)$ | | | | | |

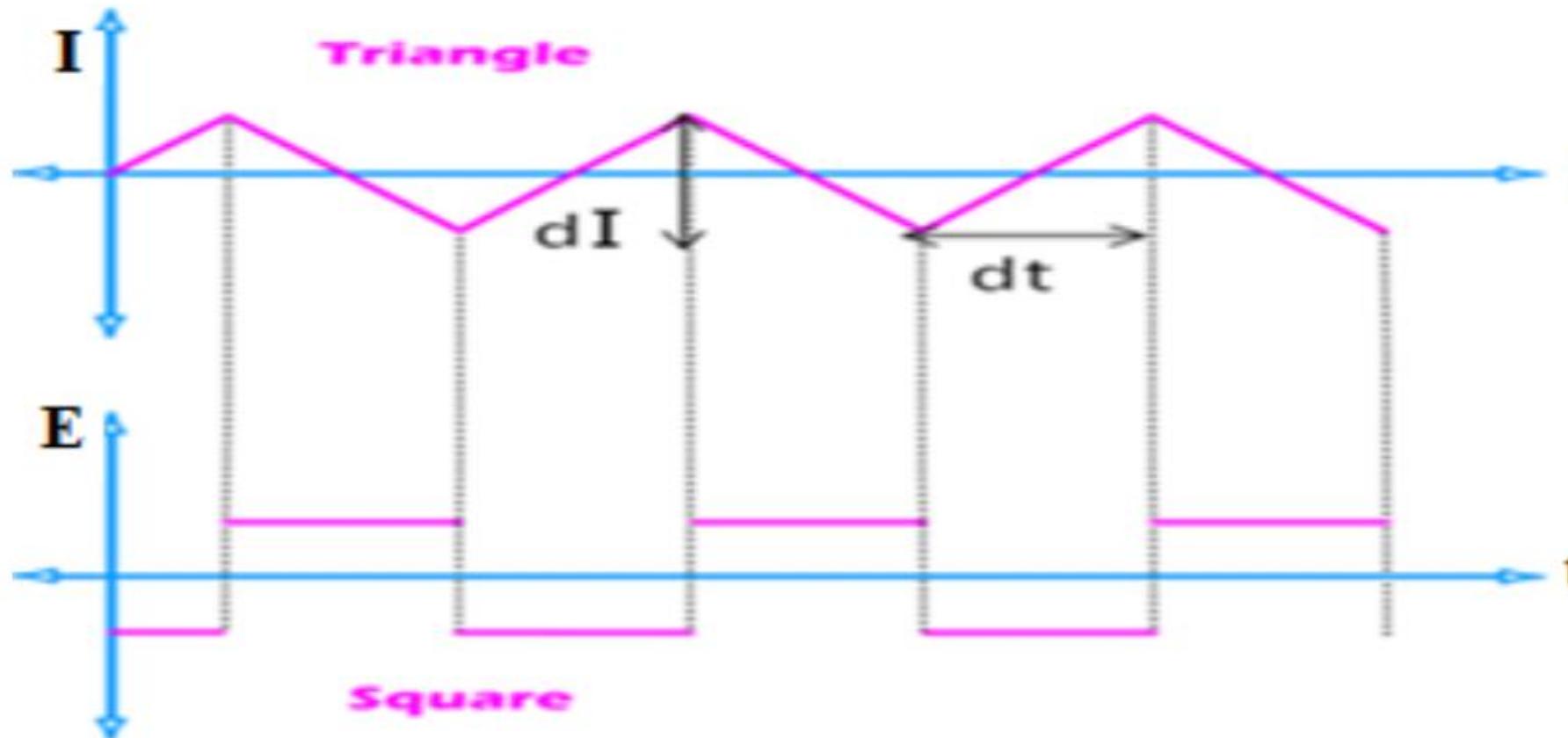
- منحنی ϵ بر حسب dI/dt را بر روی کاغذ میلیمتری رسم کنید، و با استفاده از شیب خط μ را بدست آورید.





ب) تحقيق بستگی نیروی محرکه القائی با دامنه موج تحریک

- این بار فرکانس را ثابت و برابر (Hz) ۴۰۰ قرار دهید.
- با استفاده از ولوم Amplitude (سیگنال ژنراتور)، دامنه ولتاژ متناوب را در حالت ماکزیمم قرار دهید. سپس به کمک کلید Volt/Div شکل موج $CH1$ را به طور کامل در تمام صفحه، نمایش دهید. در این حالت $4/4$ ولتاژ منبع مشاهده می شود.
- مقادیر dI و dt را یادداشت کرده و مجدداً "۴ را از کanal ۲ بخوانید. با تغییر ولوم دامنه سیگنال ژنراتور، مقادیر $1/4$ ، $2/4$ و $3/4$ ولتاژ ماکزیمم منبع را تنظیم نموده و جدول ۲ را کامل کنید.

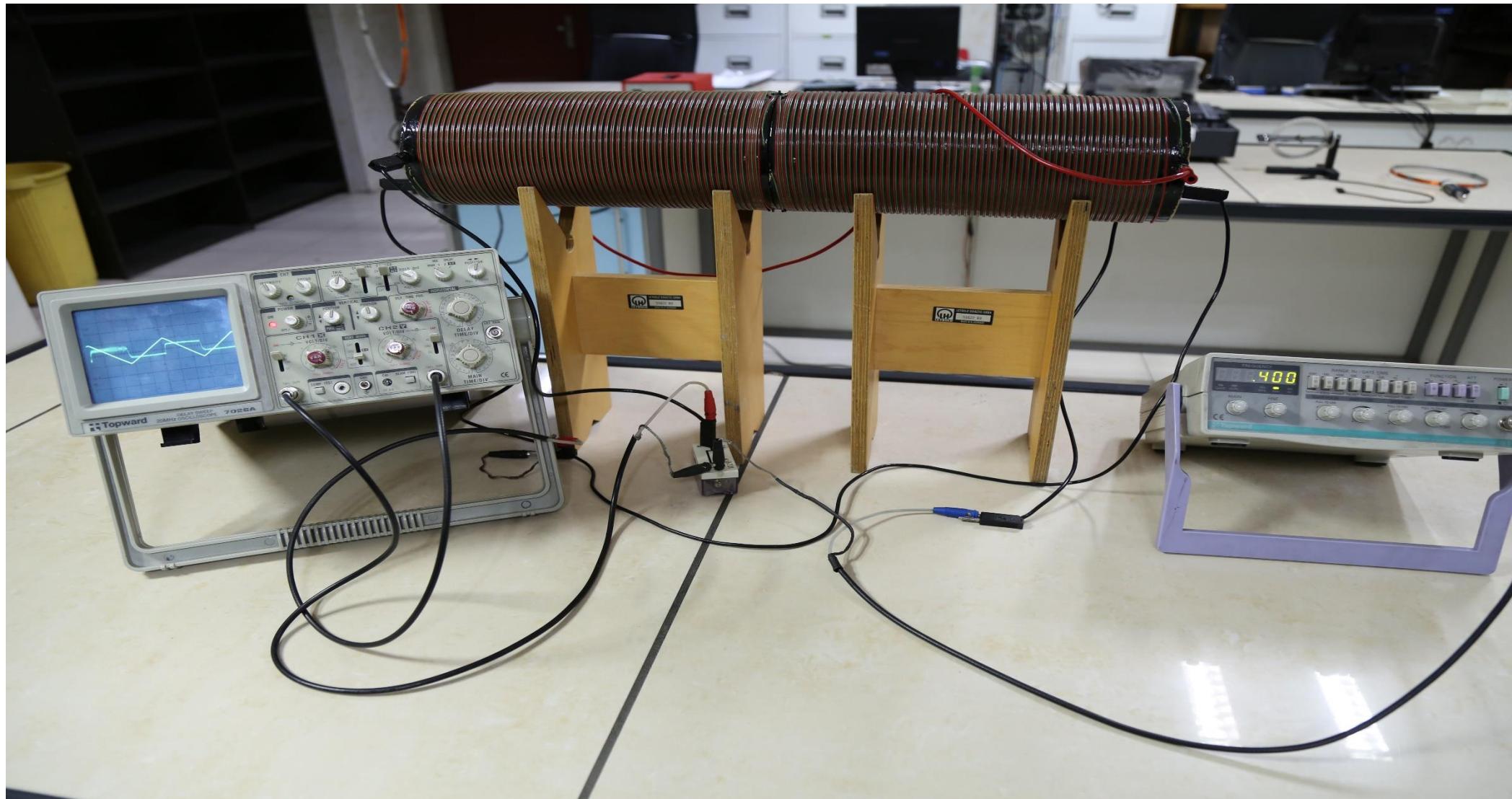


$$\varepsilon = -M \frac{dI}{dt}$$

جدول ۲

| ولتاژ منبع | ۱/۴ منبع | ۲/۴ منبع | ۳/۴ منبع | ۴/۴ منبع |
|------------------|----------|----------|----------|----------|
| $dI(A)$ | | | | |
| $dt(S)$ | | | | |
| $dI/dt(A/S)$ | | | | |
| $\varepsilon(v)$ | | | | |

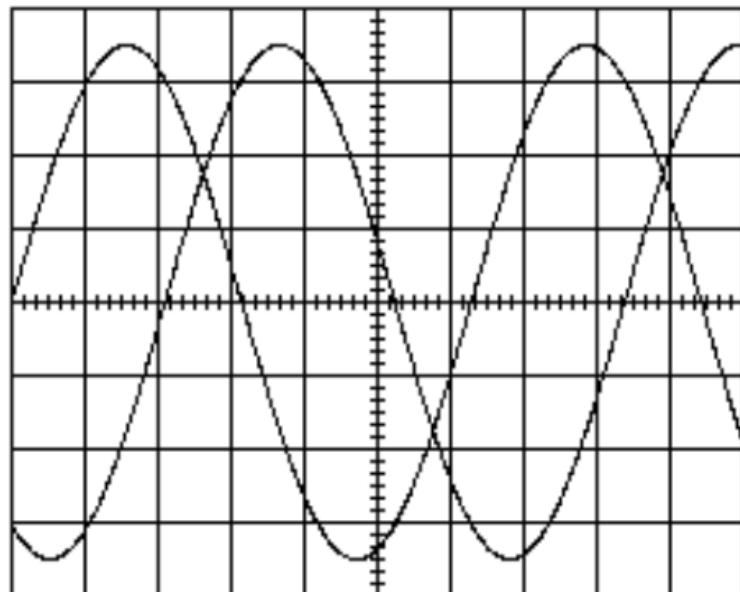
نمودار $\varepsilon - dI/dt$ را رسم نمایید. از روی شیب نمودار های رسم شده مقدار M را محاسبه نموده و مقدار μ را از رابطه (۶) به دست آورید. با توجه به مقدار $(\mu = 4\pi \times 10^{-7})$ درصد خطای نسبی آن را حساب کنید.





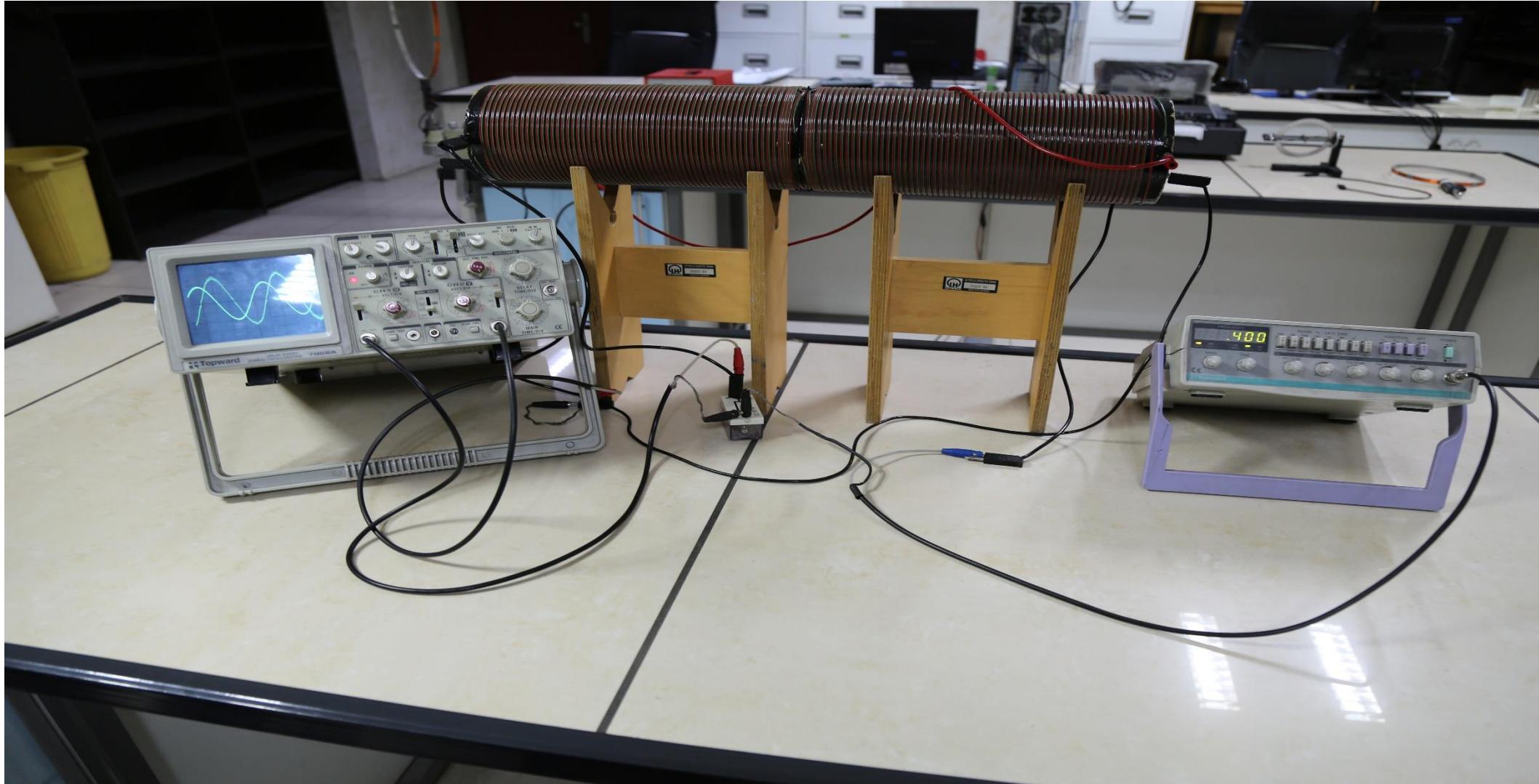
ج) اندازه گیری اختلاف فاز دو موج

- حال به همین طریق که مدار بسته است ولتاژ سیگنال ژنراتور را در حالت سینوسی قرار دهید.
- کلید اسیلوسکوپ را در حالت dual قرار داده و دو موج را به طور همزمان مشاهده کنید. با اندازه گیری فاصله زمانی دو قله موج بر حسب t و براساس رابطه زیر اختلاف فاز دو موج را اندازه گیری نمایید.



$$\Delta\varphi = 2\pi \frac{\text{Time/div} \times \text{ضریب}}{\text{دوره تناوب موج} \times \text{ضریب}}$$

شكل ۷



سؤالات:

- ۱- علت اختلاف فاز بین ولتاژ القایی دو سر سیم‌وله ثانویه و سیگنال ژنراتور را توضیح دهید.
- ۲- علت حضور مقاومت ۱ اهمی در مدار چیست؟
- ۳- چگونه می‌توان دامنه ولتاژ القائی ایجاد شده در سیم‌وله ثانویه را تغییر داد؟
- ۴- در اندازه گیری اختلاف فاز دو موج، شکل موج تشکیل شده در کanal ۱ و ۲ اسیلوسکوپ را از نظر دامنه و فرکانس با یکدیگر مقایسه نمایید.
- ۵- اگر در بستن مدار قانون لنز مورد توجه قرار نگیرد چه تغییری در شکلها حاصل می‌شود؟