

به نام خدا

## آزمایشگاه مجازی فیزیک ۲

فاطمه صداقت

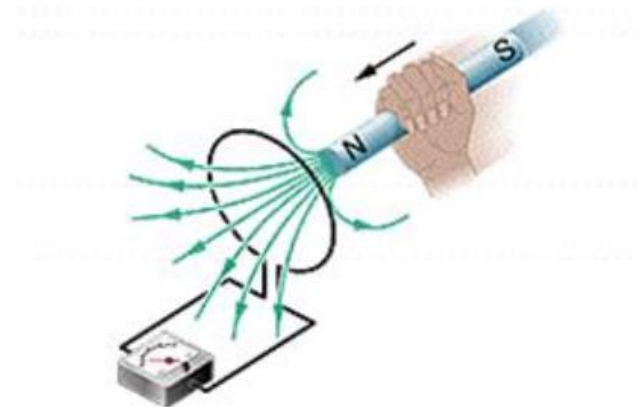
جلسه هشتم - تحقیق قانون القای فارادی



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

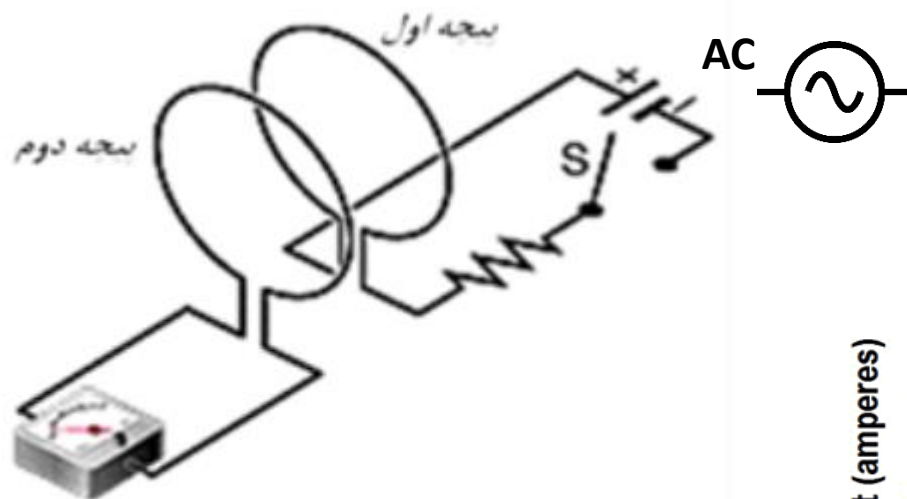
**وسایل آزمایش:** سیملوله و پایه آن، اسیلوسکوپ، مقاومت یک اهم، سیگنال ژنراتور (نوسان ساز)، سیم های رابط

**تئوری آزمایش:** اگر یک آهن ربای تیغه ای را در اختیار داشته باشید و آن را به طرف پیچه (سیم پیچ) یا پیچه را به طرف آهن ربا حرکت دهید، عقربه 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 حرکت آهن ربا و پیچه بیشتر باشد، نیروی محرکه القائی و در نتیجه جریان القائی بزرگتر است.



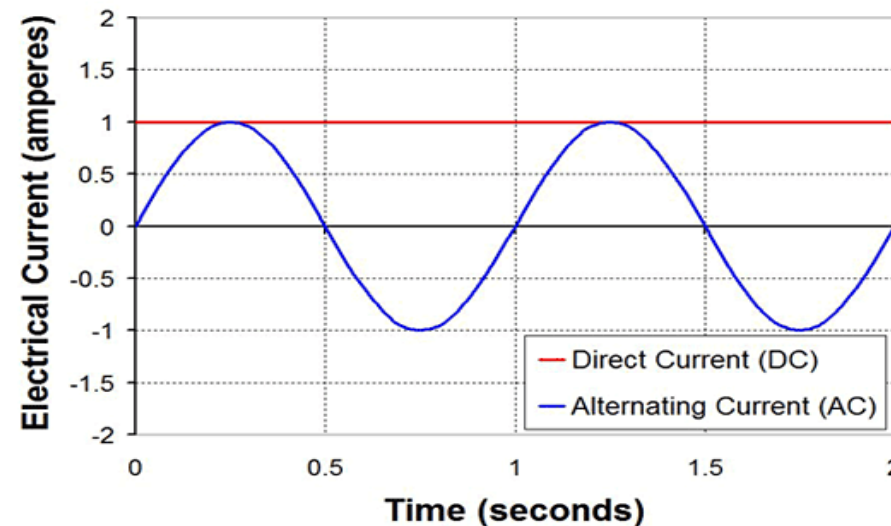
شکل ۱: با نزدیک و یا دور کردن آهن ربا به یک پیچه، روی دو سر آن نیروی محرکه القا خواهد شد

در آزمایش دیگری دو پیچه ساکن را در نظر بگیرید. با زدن کلید S جریان لحظه ای القایی در پیچه دوم به وجود می آید. در لحظه قطع کلید نیز این جریان مجدداً مشاهده می شود.

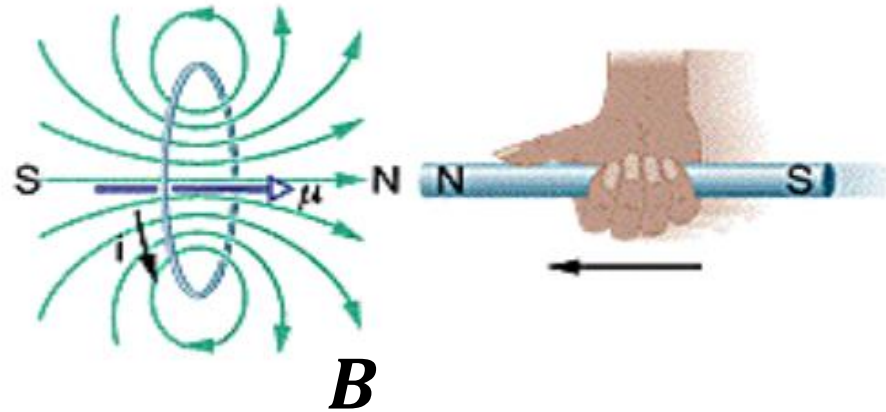


شکل ۲

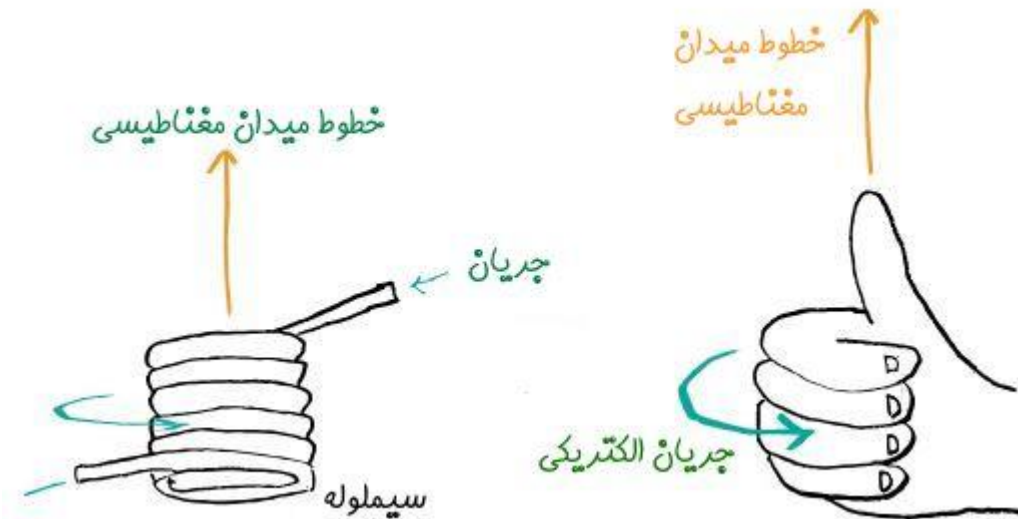
آیا در حالت DC قانون القای فاراده صادق هست؟



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



شکل ۳



هرگاه خطوط میدان مغناطیسی  $B$  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:

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

$\varepsilon$  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 سیملوله‌ای که حامل جریان  $I$  می باشد از رابطه زیر به دست می آید:



$$v = N/L$$

$\mu$ . ضریب نفوذ پذیری مغناطیسی در خلا

شکل ۴: سیملوله حامل جریان  $I$

$$B = \mu . v I$$

(۴)



نیروی محرکه القایی



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

قانون القای فارادی

$$\varphi_B = B * A$$

$$B = \mu \cdot \nu I$$

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

که در آن  $\mu$  ضریب نفوذ پذیری مغناطیسی در خلا است و در این آزمایش  $\nu = N/L = 400$ ، تعداد دور در واحد طول سیملوله اولیه می باشد.

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



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



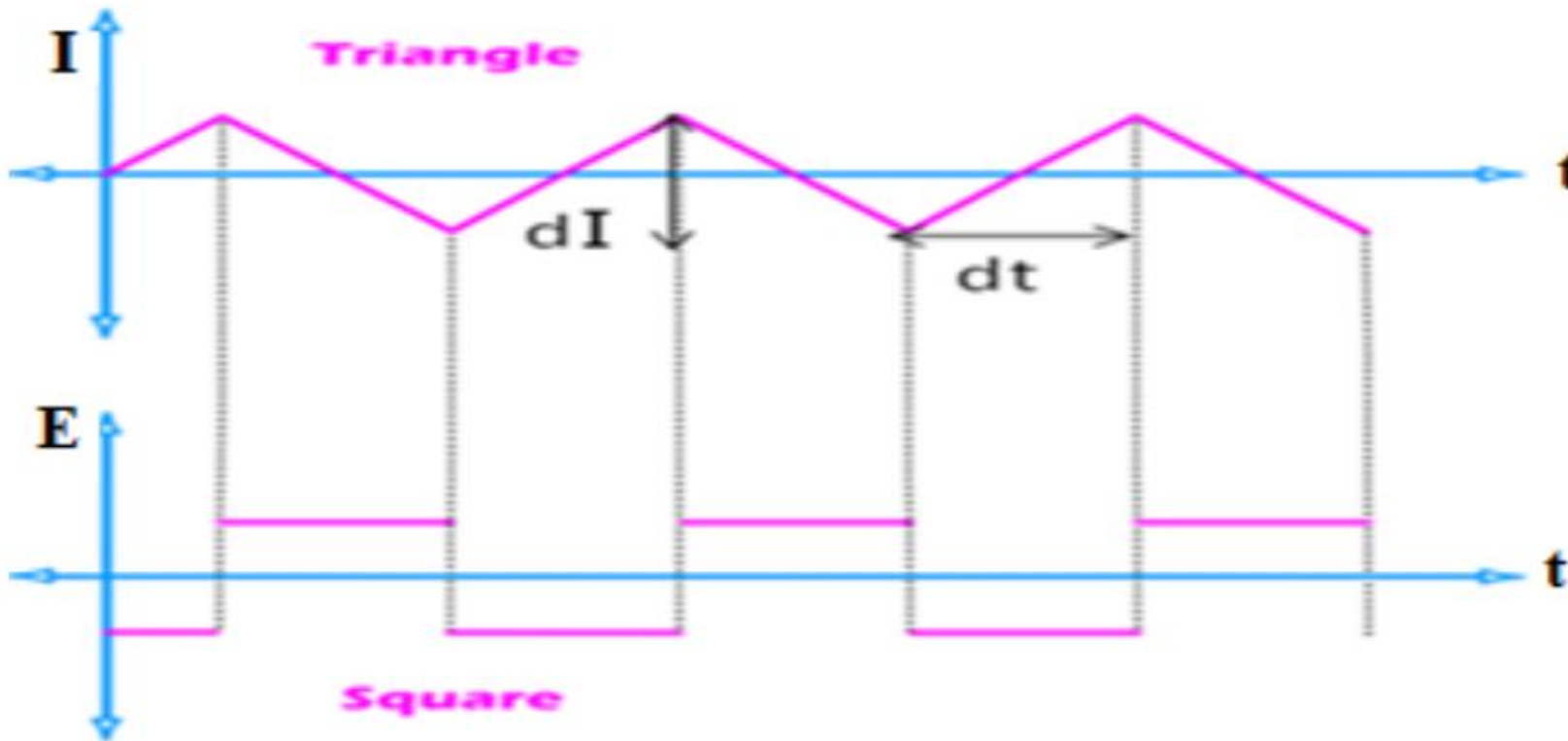
$$\varepsilon = -M \frac{dI}{dt}$$

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

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

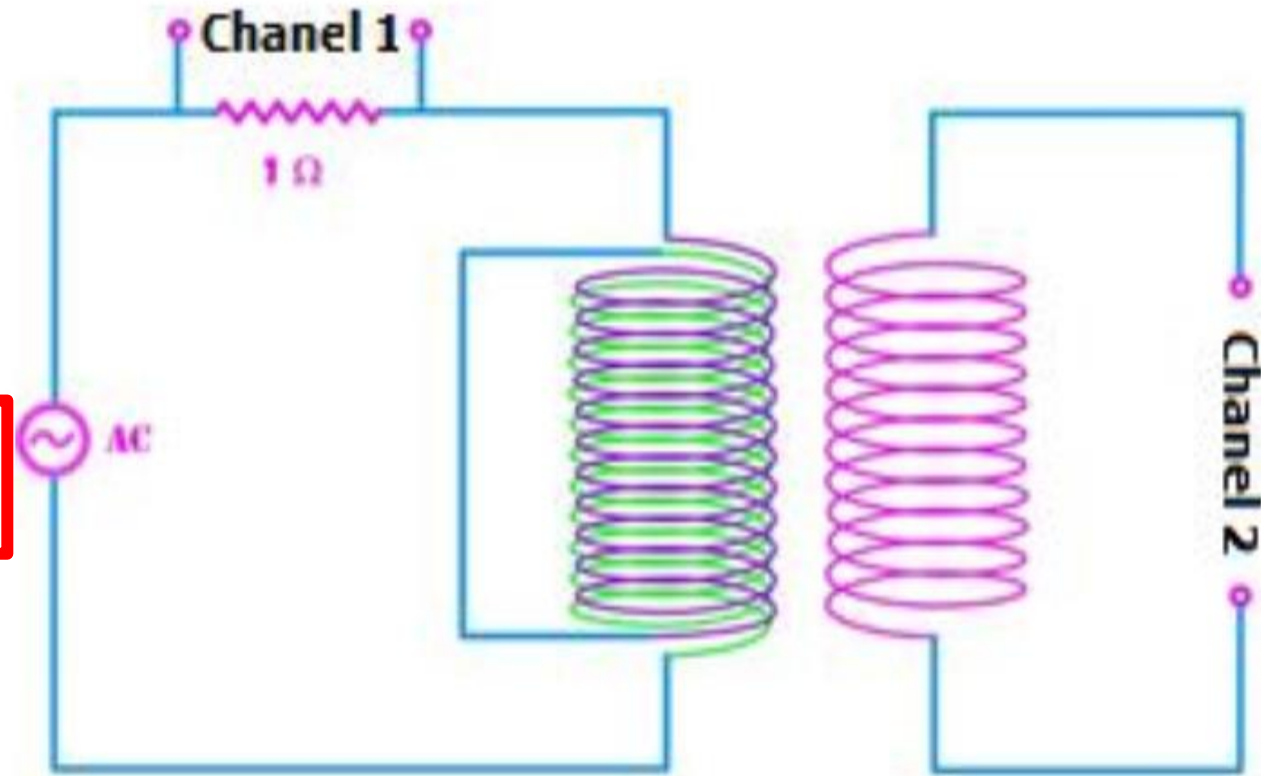
شکل ۶: موج تحریک و موج القا بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ

## روشی آزمایشی:

- ابتدا دو سیملوله مورد نظر را به طور سری به یکدیگر (از انتهای یک سیملوله مثلاً سر آبی به ابتدای سیملوله دیگر یعنی سر قرمز آن) متصل نمایید.
- مدار شکل (۵) را ببندید. کانال ۱ اسیلوسکوپ به دو سر مقاومت ۱ اهم و کانال ۲ آن را به دو ترمینال سیملوله 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 ۱ مشاهده نمایید. می توانید تغییرات جریان را از محور قائم قرائت نمایید. آنچه در کانال ۲ ظاهر می شود ولتاژ القایی سیملوله ثانویه می باشد. با قرار دادن کلید بر روی **dual** می توانید این دو موج را به طور همزمان مشاهده نمایید.

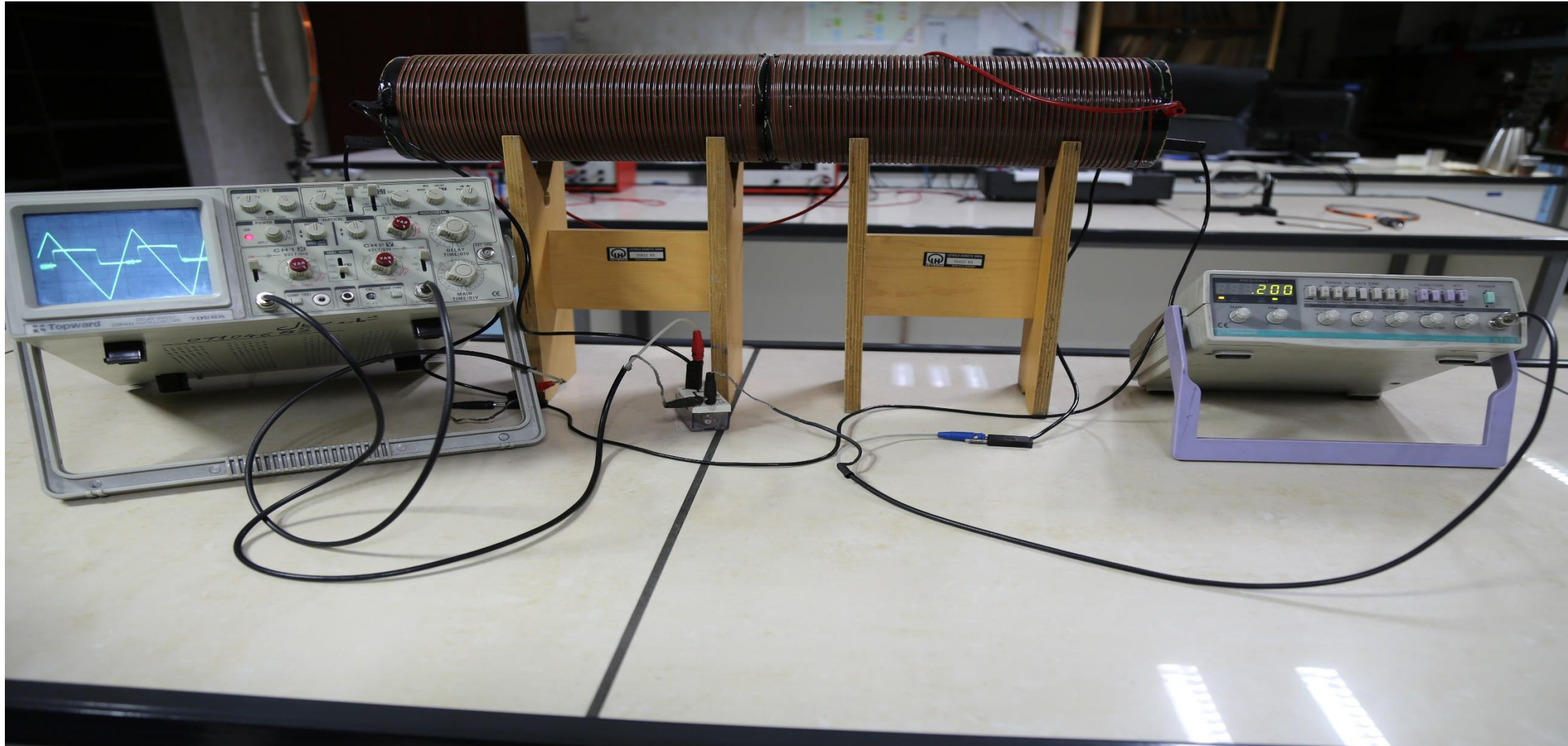
با قرار دادن کلید بر روی dual می توانید این دو موج را به طور همزمان مشاهده نمایید.

سیگنال ژنراتور را در حالت موج مثلی قرار دهید.



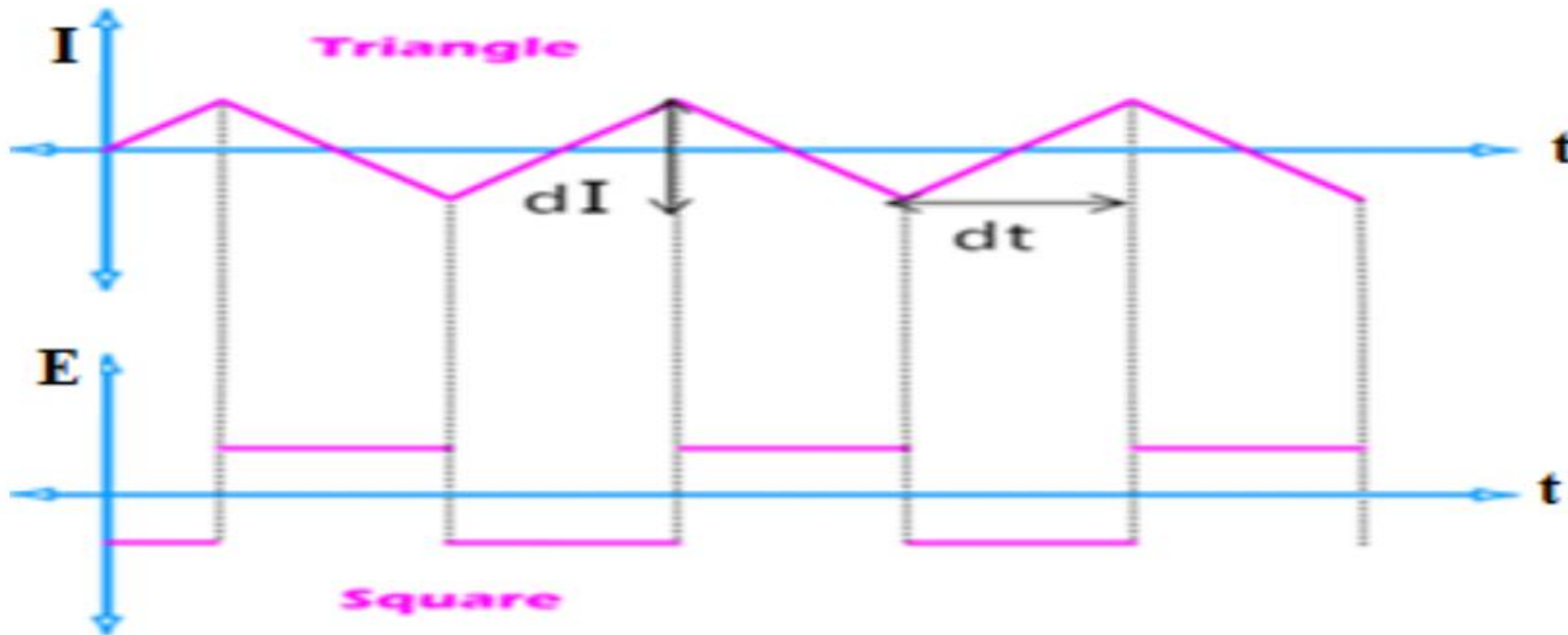
شکل ۵





## الف) تحقیق بستگی نیروی محرکه القائی با فرکانس موج تحریک

● مقدار دامنه (ولتاژ) موج مثلی را ثابت نگهداشته و فرکانس موج را مطابق جدول (۱) تغییر دهید.



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

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

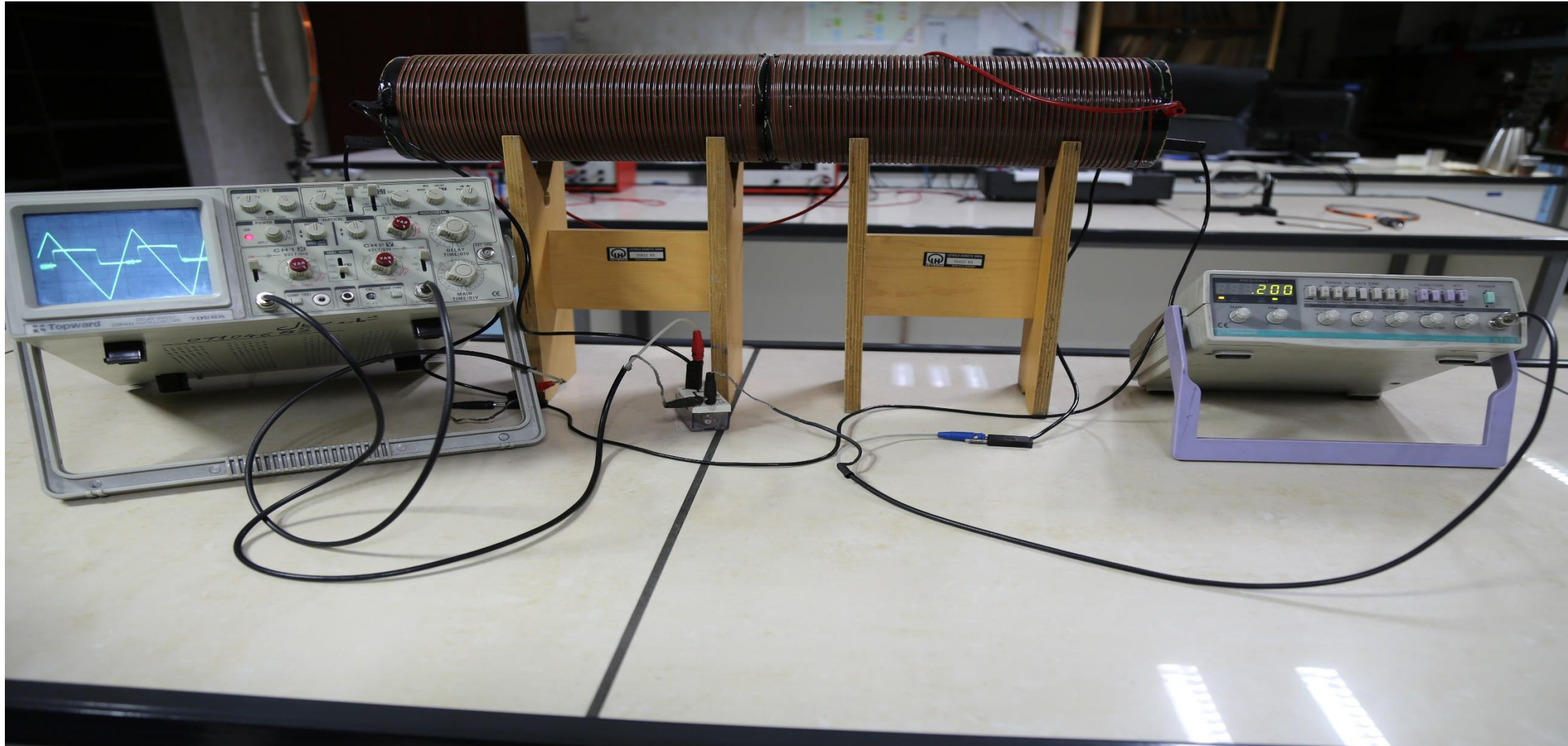
- تغییرات جریان ( $dI$ ) فاصله ای که در آن تغییرات جریان یکنواخت است) را از روی محور قائم و مقدار  $dt$  را از روی محور افقی قرائت نمایید. ( $dt$  نصف دوره تناوب موج می باشد). سپس از روی کانال ۲ مقدار نیروی محرکه القایی  $\mathcal{E}$  را یادداشت نمایید.

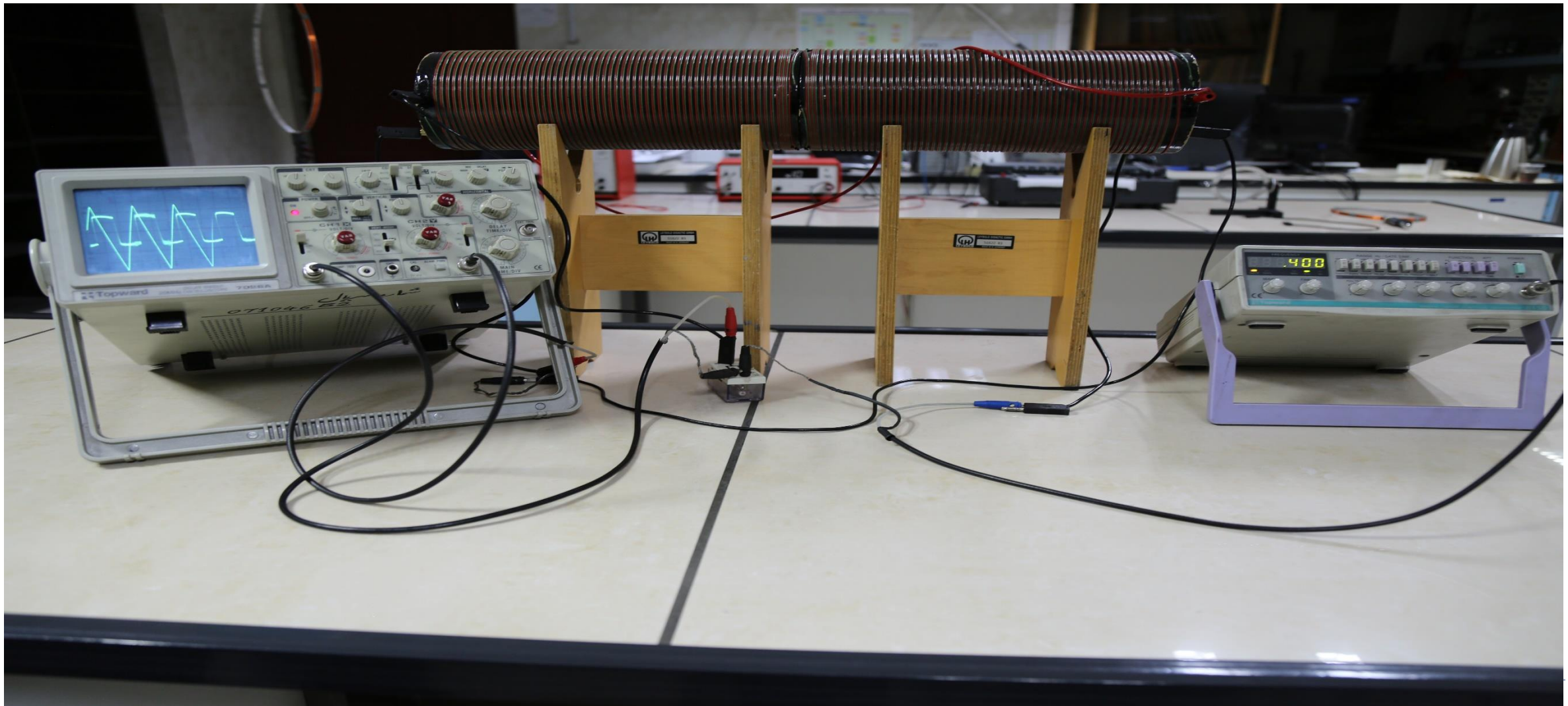
جدول ۱

$f(\text{Hz})$	۲۰۰	۴۰۰	۶۰۰	۸۰۰	۱۰۰۰
$dI(\text{A})$					
$dt(\text{S})$					
$dI/dt(\text{A/S})$					
$\mathcal{E}(\text{V})$					

- منحنی  $\mathcal{E}$  بر حسب  $dI/dt$  را بر روی کاغذ میلیمتری رسم کنید، و با استفاده از شیب خط  $\mu$  را بدست آورید.







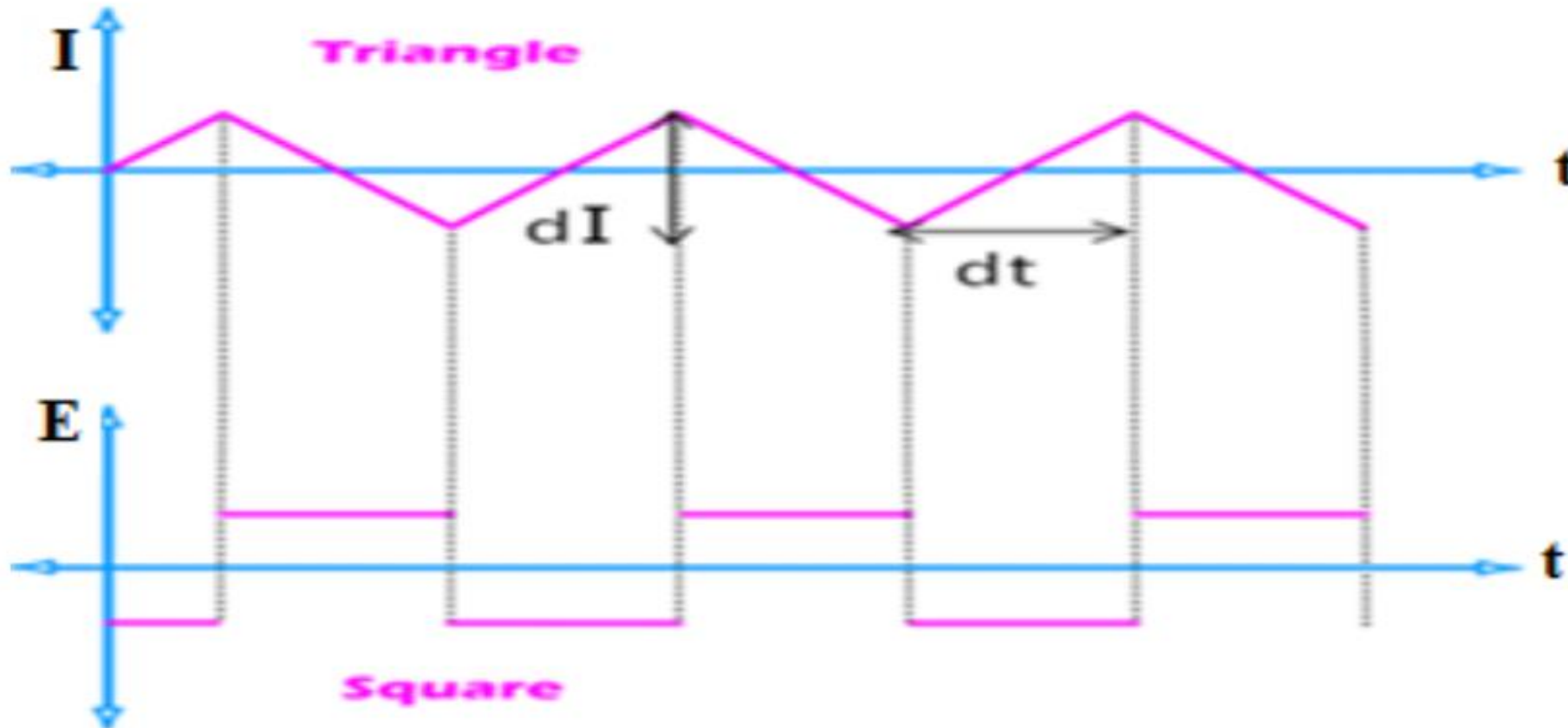


## ب) تحقیق بستگی نیروی محرکه القائی با دامنه موج تحریک

● 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 CH۱ را به طور کامل در تمام صفحه، نمایش دهید. در این حالت ۴/۴ ولتاژ منبع مشاهده می شود.

● مقادیر  $dI$  و  $dt$  را یادداشت کرده و مجدداً  $\epsilon$  را از کانال ۲ بخوانید. با تغییر ولوم دامنه سیگنال ژنراتور، مقادیر ۱/۴ ، ۲/۴ و ۳/۴ ولتاژ ماکزیمم منبع را تنظیم نموده و جدول ۲ را کامل کنید.

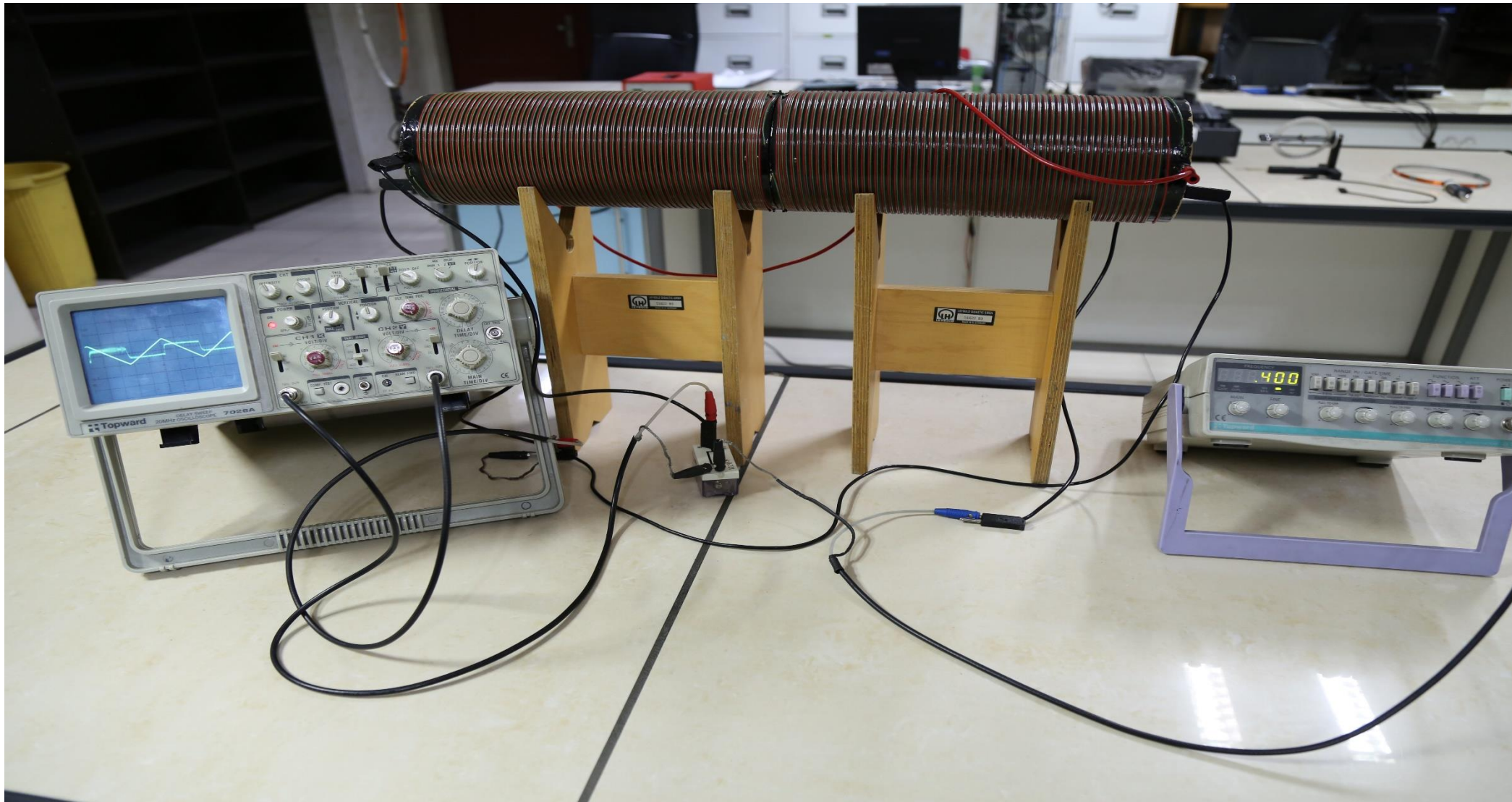


$$\varepsilon = -M \frac{dI}{dt}$$

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  $\mu_0$  را از رابطه (۶) به دست آورید. با توجه به مقدار  $(\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7})$ ، درصد خطای نسبی آن را حساب کنید.





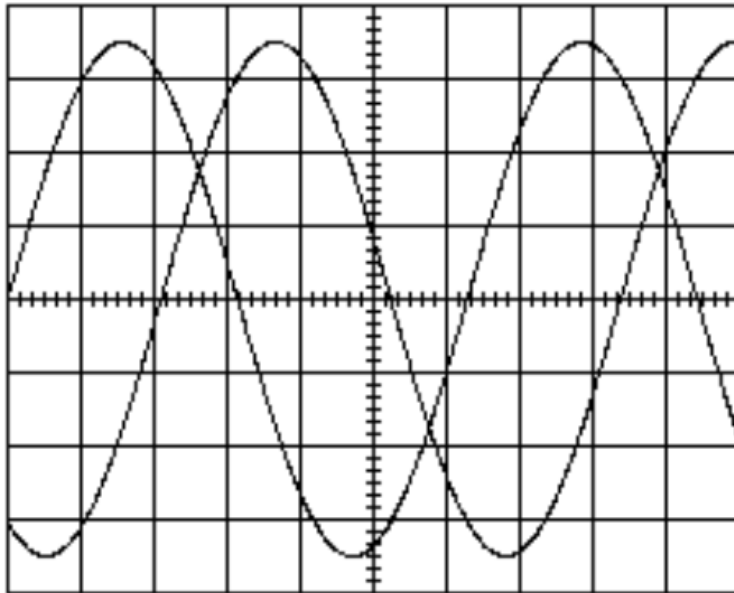




## ج) اندازه گیری اختلاف فاز دو موج

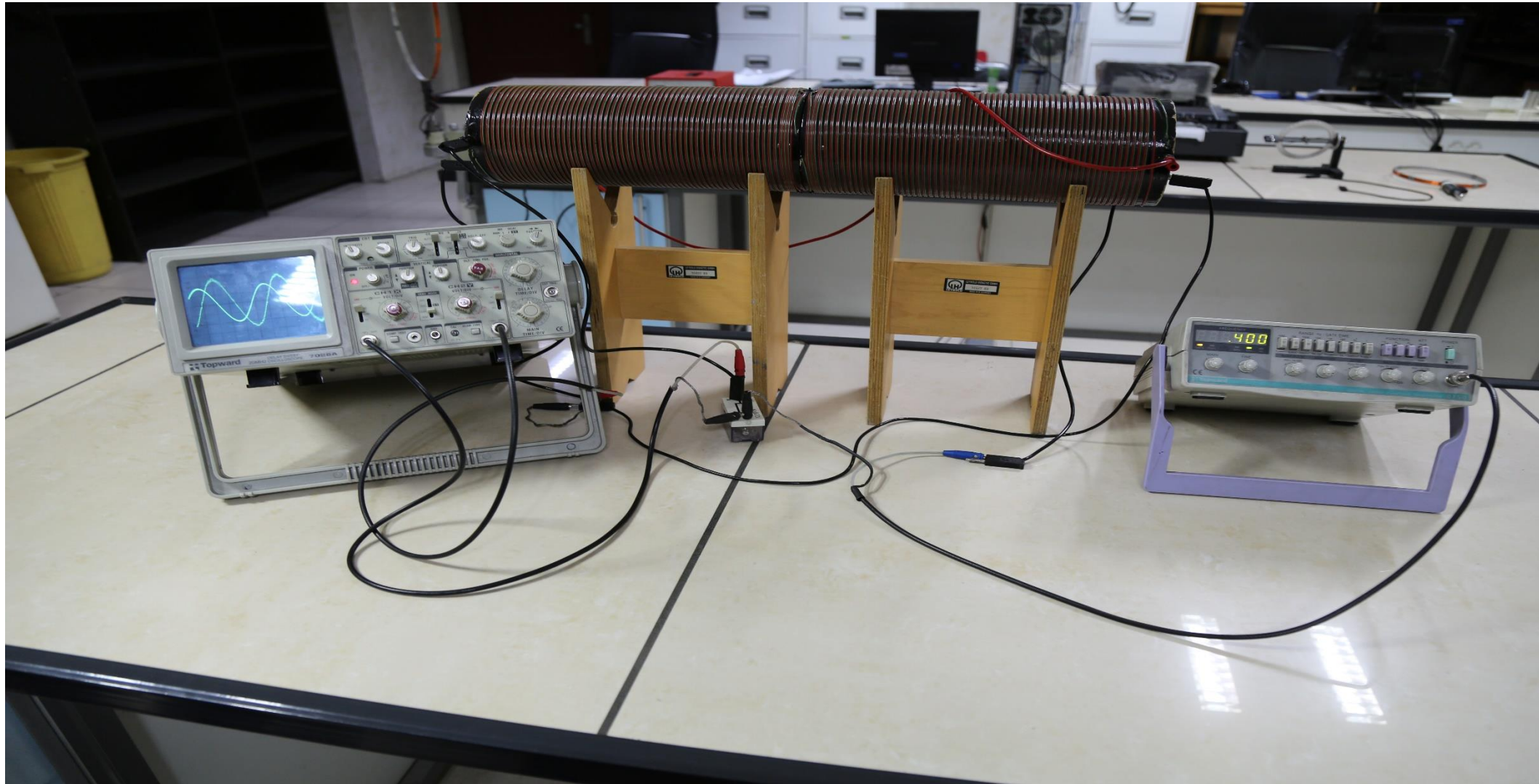
● حال به همین طریق که مدار بسته است ولتاژ سیگنال ژنراتور را در حالت سینوسی قرار دهید.

● 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.



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

شکل ۷





## سؤالات:

- ۱- علت اختلاف فاز بین ولتاژ القایی دو سر سیملوله ثانویه و سیگنال ژنراتور را توضیح دهید.
- ۲- علت حضور مقاومت ۱ اهمی در مدار چیست؟
- ۳- چگونه می توان دامنه ولتاژ القائی ایجاد شده در سیملوله ثانویه را تغییر داد؟
- ۴- در اندازه گیری اختلاف فاز دو موج، شکل موج تشکیل شده در کانال 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 می شود؟