

آزمایش شماره ۱۵

آشنایی با نوسان‌نما

هدف آزمایش

- (۱) آشنایی با نوسان‌نما و اساس کار آن
- (۲) اندازه‌گیری ولتاژ مستقیم
- (۳) اندازه‌گیری ولتاژ و فرکانس متناوب

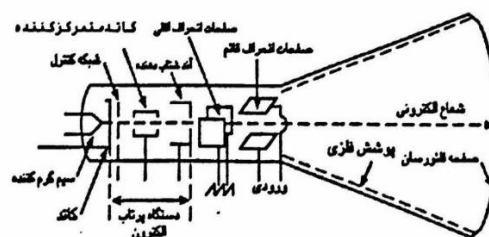
وسایل مورد نیاز

نوسان‌نما، مولتی متر، منبع تغذیه ولتاژ مستقیم، دستگاه موج ساز (سیگنال ژنراتور)، سیم‌های رابط

تئوری آزمایش

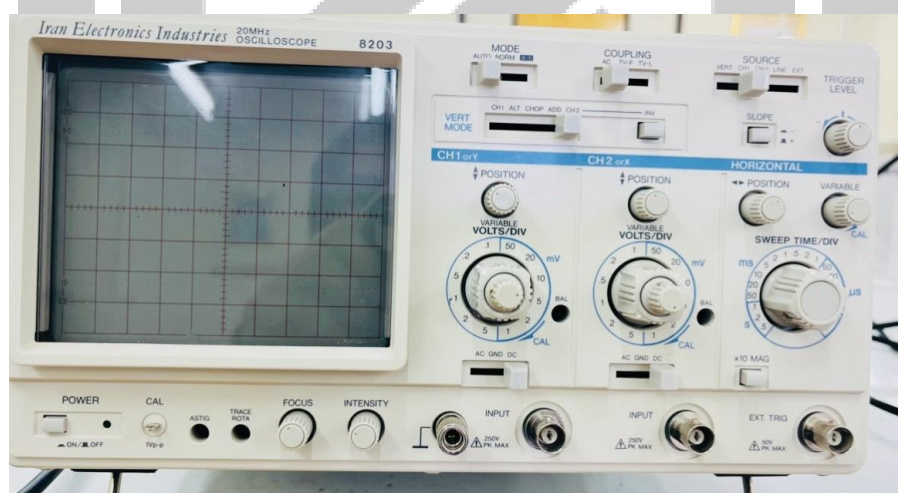
(۱) اساس کار نوسان‌نما

در مدارهای جریان متناوب به کمک وسایل اندازه‌گیری (مولتی متر) می‌توان مقدار مؤثر ولتاژ و جریان را مورد مطالعه قرار داد، اما نمی‌توان در مورد فرکانس و شکل توابع $V(t), I(t)$ اطلاعاتی را به دست آورد. اگر فرکانس تغییرات بسیار کم باشد به کمک مولتی متر جریان مستقیم با اینرسی کم می‌توان تا حدودی تغییرات جریان را دنبال نمود، اما در فرکانس‌های زیاد، این وسایل قادر نیستند از تغییرات ولتاژ و جریان پیروی کنند. بنابراین برای یافتن چگونگی تغییرات ولتاژ و جریان لازم است دستگاهی داشته باشیم که با سرعت بیشتر به این تغییرات پاسخ دهد. نوسان‌نما چنین دستگاهی است.



شکل (۱)

ساختمان داخلی نوسان نما همانطور که در شکل (۱) نشان داده شده است از حباب شیشه‌ای بزرگی به شکل یک مخروط ناقص تشکیل شده است که به لوله‌ای باریک منتهی می‌شود. داخل حباب خالی از هواست و صفحه محدب آن با لایه‌ای از ماده‌ی فلورسان پوشیده شده است که هنگام برخورد الکترون به آن می‌درخشد. رنگ نور بستگی به جنس ماده فلورسان دارد. در انتهای لوله باریک، کاتدی قرار دارد که در اثر گرم شدن از خود، الکترون تابش می‌کند. در جلوی کاتد، استوانه‌ای قرار دارد که منفذی برای عبور الکترون‌ها در وسط آن تعبیه شده است. با تغییر ولتاژ استوانه می‌توان تعداد الکترون‌های خارج شده از منفذ استوانه را کنترل کرد. در جلوی این استوانه، آندهای کانونی کننده قرار دارند که به الکترون‌های خارج شده از استوانه شتاب می‌دهند و آنها را به شکل یک پرتو باریک روی صفحه‌ی فلورسان متمرکز می‌کنند. پرتو الکترونی پس از عبور از آندهای کانونی کننده، باید از داخل میدان‌های الکتریکی ناشی از صفحات انحراف دهنده‌ی افقی و عمودی عبور کند. اگر صفحات منحرف کننده به ولتاژ مستقیم وصل شوند پرتو به سمت راست یا چپ و بالا یا پایین منحرف خواهد شد در صورتی که صفحات به ولتاژ متناوب متصل شوند انحراف پرتو الکترونی دارای حرکت رفت و برگشتی است. اگر فرکانس ولتاژ متناوب بالا باشد، با چشم نمی‌توان حرکت الکترون‌ها را تشخیص داد و بدین ترتیب مسیر حرکت الکترون‌ها به صورت یک خط پیوسته دیده خواهد شد. ماده فلورسان نیز تا مدتی، اثر روشنایی را نگه میدارد که این موضوع نیز به پیوسته دیدن مسیر الکترون‌ها کمک می‌کند. بدیهی است صفحات انحراف دهنده عمودی باعث حرکت افقی پرتو الکترونی و صفحات افقی باعث حرکت عمودی آن خواهند شد. یک نوسان نمای نوعی که در شکل (۲) نشان داده شده است از یک صفحه مندرج در سمت چپ، دو ورودی (CH_1 , CH_2)، ولتاژ جاروب ($HORIZONTAL$) که موج دندانه اره‌ای تولید می‌کند و تعدادی کلید و دکمه و پیچ تنظیم تشکیل شده است.



شکل ۲

۱- $Power$ که به وسیله آن دستگاه روشن می‌شود. لامپ مجاور این کلید روشن بودن دستگاه را نشان می‌دهد.

۲- $Intensity$ که شدت پرتو الکترونی را تغییر می‌دهد.

۳- *Focus* که برای باریک کردن پرتو الکترونی به کار می‌رود.

۴- *Mode* که باید در وضعیت اتوماتیک (*Auto*) قرار گیرد، مگر هنگامی که می‌خواهیم شکل لیسازو تولید کنیم که در این صورت باید در وضعیت (*xy*) قرار گیرد.

۵- *Coupling* در وضعیت *AC* قرار داده می‌شود.

۶- *Source* روی کانالی قرار می‌گیرد که توسط دستگاه موج ساز به آن موج داده ایم.

کنترل‌های کانال (CH_1 یا y)

۶- *Position* که در زیر CH_1 قرار دارد و به وسیله آن تمام تصویر به بالا یا پایین منتقل می‌شود.

۷- *Volt/Div* که در زیر *Position* قرار دارد و ارزش ولتی هر واحد (*Div*) از محور قائم را تعیین می‌کند. به شرط آنکه *Variable* مربوط بسته باشد.

۸- *AC/GND/DC* که در زیر پیچ *Volt/Div* قرار دارد و به وسیله آن می‌توان محور عمودی دستگاه را به ولتاژ مستقیم یا متناوب متصل کرد و در وضعیت *GND* هیچ موجی به محور قائم داده نمی‌شود.

۹- *Input* که در زیر *AC/GND/DC* قرار دارد و کلید ورودی ولتاژ کانال CH_1 یا y برای مشاهده و اندازه‌گیری است.

در سمت راست کنترل‌های مربوط به محور عمودی، کنترل‌های مشابه مربوط به محور افقی قرار دارند که به همان ترتیب در زیر CH_2 قرار دارند. در سمت راست نوسان نما نیز کنترل‌های مربوط به ولتاژ جاروب قرار دارند.

۱۰- *Position* که در زیر *HORIZONTAL* قرار دارد تصویر را در امتداد افقی جابجا می‌کند.

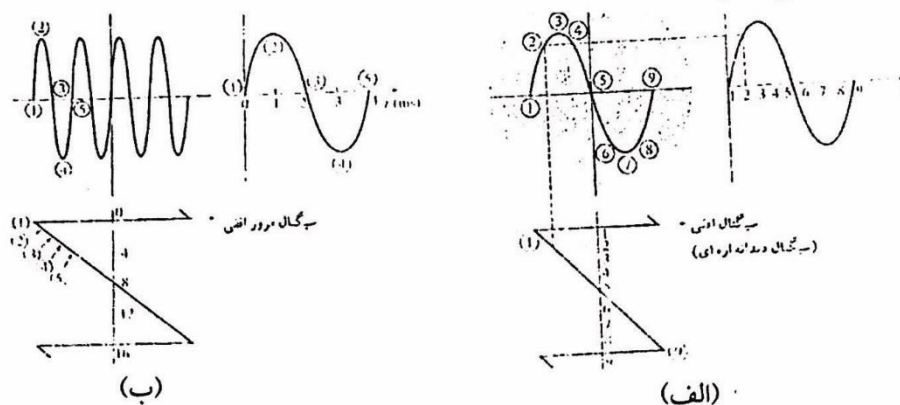
۱۱- *Time/Div* ارزش زمانی هر واحد (*Div*) از محور افقی را مشخص می‌کند. به شرط آنکه *Variable* مربوطه بسته باشد. به علاوه، به وسیله آن می‌توان فرکانس موج جاروب را چنان اختیار نمود که به تعداد مناسب سیکل ولتاژ بر روی صفحه نوسان نما ظاهر شود.

چنانچه یک موج سینوسی به محور عمودی داده شود و به محور افقی هیچ موجی داده نشود، این موج از طریق صفحات منحرف کننده قائم، روی شعاع الکترونی اثر گذاشته و سبب می‌شود یک خط قائم بر روی پرده فلورسان ایجاد شود. به شکل (۳-الف) مراجعه کنید. حال اگر یک موج دنداناره‌ای به محور افقی داده شود و به محور قائم هیچ موجی داده نشود، این موج سبب می‌شود یک خط افقی بر روی پرده فلورسان ایجاد شود. به شکل (۳-ب) مراجعه کنید.



شکل (۳)

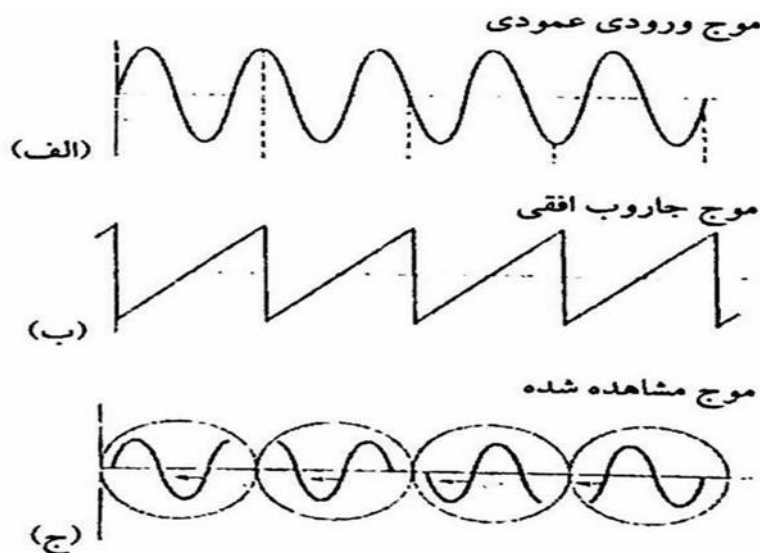
اگر همزمان با اتصال موج دندانه اره‌ای به محور افقی، یک موج سینوسی به محور قائم داده شود ضمن اینکه شعاع الکترونی تحت تأثیر ولتاژ اعمال شده می‌خواهد در امتداد قائم حرکت کند در امتداد افقی نیز گسترش یافته و شکل آن روی صفحه نوسان نما ظاهر می‌شود. اگر هماهنگی و همزمانی بین دو موج وجود داشته باشد، مثلاً زمان تناوب موج افقی برابر با زمان تناوب موج اعمال شده به محور قائم باشد در این صورت یک سیکل کامل بر روی صفحه نوسان نما مشاهده خواهد شد. شکل (۴-الف). اگر زمان تناوب موج جاروب دو برابر زمان تناوب موج اعمال شده به محور قائم باشد دو سیکل کامل و اگر چهار برابر باشد چهار سیکل کامل بر روی صفحه نوسان نما مشاهده خواهد شد. شکل (۴-ب).



شکل (۴)

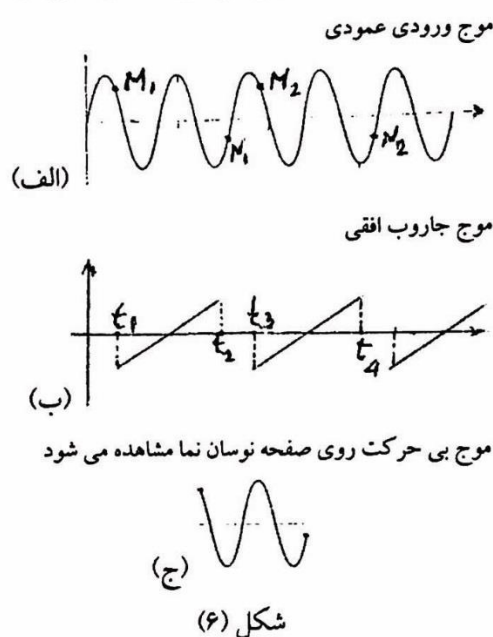
البته در حالت کلی این هماهنگی وجود ندارد و باید عامل سومی آن را بوجود بیاورد. در عمل، این هماهنگی را می‌توان توسط مدار تریگر بوجود آورد. مدار تریگر (فرمان) را می‌توان در داخل نوسان نما قرار داد و یا از خارج به آن اعمال کرد.

به این ترتیب اگر موجی سینوسی به محور قائم (شکل (۵-الف)) و موجی دندانه اره‌ای به محور افقی (شکل (۵-ب)) نوسان نما داده شود پرتو الکترونی پس از هر مرور، ردی مانند شکل (۵-ج) بر جای خواهد گذاشت. بنابراین شخصی که به صفحه نگاه می‌کند مشاهده می‌کند که شکل حاصل به سمت چپ حرکت می‌کند. به عبارت دیگر نقطه شروع دائماً تغییر می‌کند. و عملاً غیر قابل استفاده خواهد بود.



شکل (۵)

اما اگر موج جاروب به طور حساب شده تولید شود، یعنی به مدار جاروب فرمان داده شود که هنگامی که دامنه موج سینوس به نقطه M_1 رسید (لحظه t_1) یک سیکل موج جاروب (دندانه اری) تولید و هنگامی که دامنه موج سینوسی به نقطه N_1 رسید (لحظه t_2) موج جاروب قطع گردد و دوباره هنگامی که دامنه موج سینوسی به نقطه M_2 رسید (لحظه t_3) یک سیکل موج جاروب (دندانه اری) تولید و هنگامی که دامنه موج سینوسی به نقطه N_2 رسید (لحظه t_4) موج جاروب قطع گردد، (به شکل (۶) مراجعه کنید). در این صورت تمام ردهایی که پرتو الکترونی بر جای خواهد گذاشت برهم منطبق شده و شکل ثابتی بر روی صفحه نوسان نما مشاهده خواهد شد. مداری که این فرمان‌ها را به مدار جاروب می‌دهد مدار تریگر (فرمان) نامیده می‌شود.



شکل (۶)

۲) آشنایی با امواج متناوب

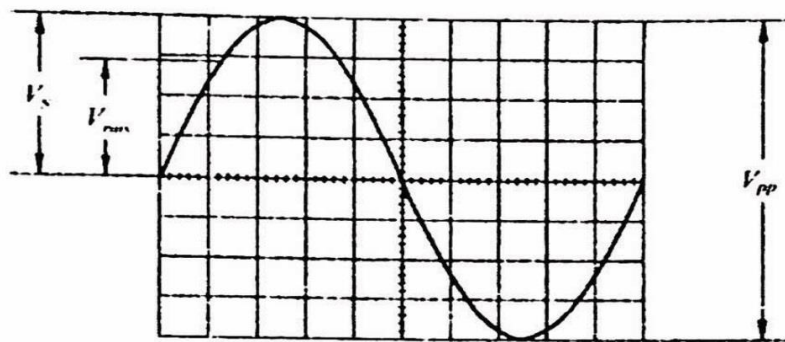
زمان تناوب یک موج، مدت زمانی است که طول می‌کشد تا موج یک دور کامل را طی کند. بنابراین زمان تناوب، فاصله بین دو نقطه مشابه متوالی موج (مثلاً فاصله بین دو کمینه و بیشینه متوالی) است. برای اندازه‌گیری زمان تناوب یک موج با استفاده از نوسان‌نما، فاصله بین دو کمینه یا دو بیشینه متوالی را از روی صفحه نوسان‌نما اندازه گرفته و عدد به دست آمده را در مقیاس محور افقی ($Time/Div$) ضرب می‌کنیم. فرکانس موج، عکس زمان تناوب و واحد آن هرتز است.

فاصله بین قله تا دره موج، ولتاژ نوک (V_{pp}) نامیده می‌شود. در امواج متقارن این فاصله دو برابر دامنه است. به شکل (۷) مراجعه کنید. برای اندازه‌گیری V_{pp} با استفاده از نوسان‌نما، فاصله بین قله تا دره موج را اندازه گرفته و در مقیاس محور عمودی ($Time/Div$) ضرب می‌کنیم. بنابراین دامنه یک موج متقارن برابر است با:

$$V_s = \frac{V_{pp}}{2} \quad (۱)$$

لازم به ذکر است که با مولتی متر یا ولت‌مترهای AC نمی‌توان دامنه یک موج متناوب را اندازه گرفت. این وسایل ولتاژ مؤثر (V_{eff}) را اندازه می‌گیرند که مقدار آن بر حسب دامنه موج برابر است با:

$$V_{eff} = \frac{V_s}{\sqrt{2}} = \frac{V_{eff}}{2\sqrt{2}} \quad (۲)$$



شکل (۷)

روش آزمایش

اگر بخواهید یک موج سینوسی، مربعی و یا ... را عیناً به شکل طبیعی خود روی صفحه نوسان‌نما مشاهده کنید باید آن را به محور قائم ($Input$) دستگاه، و موج جاروب ($Sweep$) با زمان تناوب مناسبی را به کمک کلیدهای مربوطه به محور افقی داده و کنترل‌های مربوط به مدار تریگر را به طور مناسب تنظیم نمایید. هرچند، هر یک از کانال‌های ۱ و ۲ را می‌توان به منبع تغذیه ولتاژ مستقیم و یا دستگاه موج ساز وصل نمود، اما در تمام مراحل آزمایش، سعی کنید اگر با ولتاژ DC کار می‌کنید کانال ۱ نوسان‌نما ($CH1$) را به منبع تغذیه ولتاژ

مستقیم DC و در صورتی که با ولتاژ متناوب کار می‌کنید کانال ۲ نوسان نما ($CH2$) را به دستگاه موج ساز (سیگنال ژنراتور) ولتاژ AC وصل کنید. قبل از هر اندازه‌گیری مراحل زیر را انجام دهید.

(۱) نوسان نما را روشن کنید و موج حاصل از منبع نوسان نما مربعی یا دندانه اره‌ای است. به کمک استاد، این موج را روی صفحه نوسان نما ایجاد کنید. به منظور جلوگیری از صدمه زدن به صفحه نوسان نما، شدت نور تصویر را روی مقدار متوسط قرار دهید.

(۲) نوسان نما را کالیبره کنید. پیچ‌های مربوط به $Volt/Div$ و $Time/Div$ باید کاملاً در جهت حرکت عقربه‌های ساعت (Cal) بسته باشند. با توجه به محل انتخابگر ($Time/Div$) مقدار (n) را یادداشت کنید. فاصله‌ی افقی بین دو نقطه یکسان از موج (x) را روی صفحه نوسان نما اندازه‌گیری کنید. از رابطه زیر زمان تناوب T را محاسبه کنید.

$$T = nx \quad (۳)$$

با توجه به محل انتخابگر ($Volt/Div$) مقدار (m) را یادداشت کنید. فاصله نوک تا نوک موج (y) را روی صفحه نوسان نما اندازه‌گیری کنید. از رابطه زیر ولتاژ V را محاسبه کنید.

$$V = my \quad (۴)$$

(۳) کلیدها و پیچ‌های دستگاه را به صورت زیر تنظیم نمایید.

کلیدهای $Mode$ در وضعیت $Auto$ ، $Coupling$ در وضعیت AC ، $Source$ در وضعیت $CH2$ ، و $Vert Mode$ روی $Chop$ ، قرار داده شوند. دکمه‌های INV در وضعیت OFF ، $Slope$ در حالت $+$ ، و $10MAG \times$ در وضعیت OFF قرار گیرند. پیچ $Variable$ کاملاً در جهت عقربه‌های ساعت (Cal) بسته باشد.

انتخابگر $Volt/Div$ روی $1V$ و انتخابگر $Time/Div$ روی $0.5ms$ قرار گیرند و کلید $AC/GND/DC$ در کانال $CH1$ در وضعیت DC و کلید $AC/GND/DC$ در کانال $CH2$ در وضعیت AC قرار داده شوند.

(۱) اندازه‌گیری ولتاژ DC

برای اندازه‌گیری ولتاژ مستقیم نوسان نما را از طریق $Input$ کانال ۱ به منبع تغذیه ولتاژ مستقیم وصل کنید. خط نورانی بر صفحه نوسان نما ظاهر خواهد شد. کلید $AC/GND/DC$ را در وضعیت GND قرار دهید تا مبنا (ولتاژ صفر) معلوم شود. سپس آن را به وضعیت DC ببرید. در حالی که به خط نورانی نگاه می‌کنید ولوم ولتاژ را زیاد کنید. خط نورانی به سمت بالا یا پایین حرکت خواهد کرد. میزان جابجایی خط نورانی (y) را اندازه گرفته و با توجه به محل انتخابگر $Volt/Div$ مقدار (m) و با استفاده از رابطه (۴) ولتاژ مربوط به هر حالت را

محاسبه کنید. ولتاژ مستقیم اندازه‌گیری شده را با مولتی متر نیز تعیین کرده و در جدول (۱) یادداشت نمایید. این عمل را برای چند مقدار مختلف ولتاژ تکرار کرده و جدول (۱) را کامل کنید.

تعداد آزمایش	$m(\text{Volt/Div})$	$y(\text{mm})$	ولت V نوسان نما	ولت V مولتی متر
۱				
۲				
۳				
۴				

جدول (۱)

۲) اندازه‌گیری زمان تناوب و ولتاژ AC

برای اندازه‌گیری ولتاژ متناوب نوسان نما را از طریق کانال ۲ به دستگاه موج ساز وصل کنید. فرکانس دستگاه موج ساز را با نظر استاد مربوطه تنظیم کرده و در حالی که به صفحه نوسان نما نگاه می‌کنید ولوم دستگاه موج ساز را به آهستگی زیاد کنید و تنظیمات لازم را طوری انجام دهید که شکل موج بی حرکت دیده شود. در این حالت، فاصله نوک تا نوک (y) را روی صفحه نوسان نما اندازه‌گیری کنید. سپس با توجه به محل انتخابگر Volt/Div مقدار (m) و با استفاده از رابطه (۴) ولتاژ نوک تا نوک (V_{pp}) را محاسبه کنید. با استفاده از روابط (۱) و (۲) ولتاژ مؤثر (V_{eff}) را محاسبه کرده و تمام مقادیر را در جدول (۲) یادداشت نمایید. ولتاژ AC را با مولتی متر نیز تعیین کرده و در جدول (۲) یادداشت کنید. برای اندازه‌گیری زمان تناوب فاصله افقی بین دو نقطه یکسان از موج (x) را اندازه‌گیری نموده و با توجه به محل انتخابگر Time/Div مقدار n را در جدول (۲) یادداشت کنید. با استفاده از رابطه (۳) زمان تناوب را محاسبه کرده و در جدول (۲) بنویسید. با توجه به اینکه $f=1/T$ است، فرکانس موج را به دست آورید.

تعداد آزمایش	m	$y(\text{mm})$	V_{pp}	V_{eff}	V مولتی متر	n	$x(\text{mm})$	T	f نوسان نما	$f=1/T$
۱										
۲										
۳										
۴										

جدول (۲)

محاسبات، بررسی نتایج، پرسش‌ها

- (۱) با استفاده از مقادیر جدول (۱) ولتاژ اندازه‌گیری شده به کمک نوسان نما را با ولتاژ اندازه‌گیری شده توسط مولتی متر مقایسه کرده و درصد انحراف را تعیین نمایید.
- (۲) با استفاده از مقادیر جدول (۲) ولتاژ مؤثر اندازه‌گیری شده به کمک نوسان نما را با ولتاژ اندازه‌گیری شده توسط مولتی متر مقایسه کرده و درصد انحراف را تعیین نمایید.
- (۳) با استفاده از مقادیر جدول (۲) فرکانس اندازه‌گیری شده به کمک نوسان نما را با فرکانس نوشته شد بر روی نوسان نما مقایسه کرده و درصد انحراف را تعیین نمایید.

دانشگاه بوعلی سینا