آزمایش شماره ۹: بررسی ظرفیت خازن با ابزار تغییر

وسایل مورد نیاز:

۱- صفحه تقدیه با قابلیت تغییر ولتاژ خروجی ۲- خازن با قابلیت تنظیم فاصله صفحات ۳- آمپرمتر ایده‌آل

۴- ولتمتر ایده‌آل ۵- صفحات فلزی ۶- چند رشته سیم رابط

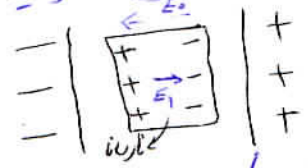
تئوری آزمایش:

خازن از دو صفحه رسانا (هادی) تشکیل شده که بین آنها هوا یا ماده نارسانای (عایق) الکتریکی قرار گرفته است. هریک از دو صفحه را جوشن خازن می نامند که می تواند به شکل کره، استوانه و یا صفحه تخت باشند. اگر دو قطب خازنی را که بین جوشن هایش هوا است به یک باتری وصل کنیم برای مدت کوتاهی جریان برقرار می آید و صفحات دارای بار الکتریکی می شوند. هنگامیکه اختلاف پتانسیل دو سر خازن با اختلاف پتانسیل دو سر باتری برابر شد، جریان به صفر می رسد. درصدیکه جریان الکتریکی از مداری می گذرد مقداری بار الکتریکی روی هریک از صفحات جمع می شود که مقدارشان مساوی ولی دارای علامت مخالف هستند و اگر باتری را از مدار خارج کنیم بارهای الکتریکی روی صفحات خازن باقی می مانند. آزمایش نشان

www.ieuni.ir

می دهد که بین اختلاف پتانسیل دو سر خازن و مقادیر بار الکتریکی جمع شده روی یکی از صفحات آن نسبت مستقیم برقرار است بطوریکه: $Q_0 = C_0 V_0$ که در آن ضریب تناسب C_0 را ظرفیت خازن می نامند اگر چه برحسب کولن و ولت بر حسب ولت باشد C_0 برحسب فاراد خواهد بود. C_0 در یک خازن تخت از رابطه زیر بدست می آید: $C_0 = \frac{\varepsilon_0 A}{d}$ که A سطح جوشن دما برحسب مترمربع و d فاصله آن برحسب متر و ε_0 ضریب ثابتی است که مقدارش برای حالتی که بین صفحات خازن خلاء باشد $8{,}88 \times 10^{-12} \frac{C^2}{N.m^2}$ است. و با تقریب خوبی می توان برای هوا هم همین عدد را بکار برد.

همانطور که میدان الکتریکی E بوجود می آید رابطه ای با کمیات معلوم دیگر خازن بصورت زیر است.



$$E_0 = \frac{Q_0}{\varepsilon_0 A} \quad (3) \qquad E_1 = \frac{Q_1}{\varepsilon_0 A} \quad (5) \qquad V_0 = E_0 d \quad (6) \qquad V_1 = -E_1 d \quad (4)$$

بدیهی است چون جهت E_0 و E_1 مخالف یکدیگر است، با وارد کردن جسم نارسانا، میدان الکتریکی فضای بین صفحات و نیز اختلاف پتانسیل دو سر خازن کاهش می یابد و رابطه های بدست آمده بصورت زیر در می آید:

$$E = E_0 - E_1 = \frac{Q_0 - Q_1}{\varepsilon_0 A} = \frac{Q}{\varepsilon_0 A} \quad (7) \qquad V = V_0 - V_1 = (E_0 - E_1) d = Ed \quad (8)$$

با توجه به رابطه (1) و رابطه های (3) و (5) ملاحظه می شود که با ثابت بودن بارهای الکتریکی روی صفحات خازن، وارد کردن نارسانا باعث کم شدن اختلاف پتانسیل شده است و برای این که رابطه (1) درست باشد باید ظرفیت خازن (C) زیاد شده باشد و همانطور که به C رسیده باشد ($C > C_0$). با توجه به رابطه (2) مشاهده می شود که برای زیاد شدن ظرفیت یک خازن فقط ε_0 می تواند زیاد شود (مساحت صفحات و فاصله آن ها ثابت مانده است) در نتیجه: $C = \frac{\varepsilon A}{d}$ (9) که ε ضریب ثابتی است و به جنس نارسانا بستگی دارد $k = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}$ را ضریب دی الکتریک نارسانا می نامند و خود جسم نارسانا را در اینحالت

www.iauni.ir

دی الکتریک می گویند. برای اندازه گیری ضریب دی الکتریک یک جسم عایق اندازه گیری بار الکتریکی و اختلاف پتانسیل و در نتیجه محاسبه ظرفیت خازن و سپس محاسبه ضریب دی الکتریک معمولاً مشکل است و دقت کافی ندارد و در عمل از جریان متناوب استفاده می کنند. اگر یک خازن در مداری با اختلاف پتانسیل متناوب قرار داده شود، صفحات خازن بطور متناوب دارای بار مثبت و منفی گردیده و بار الکتریکی در مدار متناوباً در جهت مثبت و منفی حرکت نموده و جریان را ایجاد می کند. شدت این جریان در هر لحظه با رابطه زیر مشخص می شود: $I = CV_m \omega \cos \omega t$ (۱۰) و حداکثر جریان از رابطه زیر بدست می آید:

$$I_m = CV_m \omega = \frac{V_m}{\frac{1}{C\omega}} \quad (11)$$

بنابر مشابهت رابطه ۱۱ با قانون اهم $I = \frac{V}{R}$، $\frac{1}{C\omega}$ را مقاومت ظاهری خازن نامیده و با X_C نشان می دهند.

$$I_C = \frac{V_C}{X_C} \quad (12)$$

اگر مقدار C ظرفیت یک خازن مسطح را از رابطه ۹، در رابطه ۱۲، قرار دهیم رابطه زیر بدست می آید:

$$X_C = \frac{1}{C\omega} = \frac{1}{2\pi f C} \quad , \quad I_C = \frac{2\pi f \varepsilon A V_C}{d} \quad (13)$$

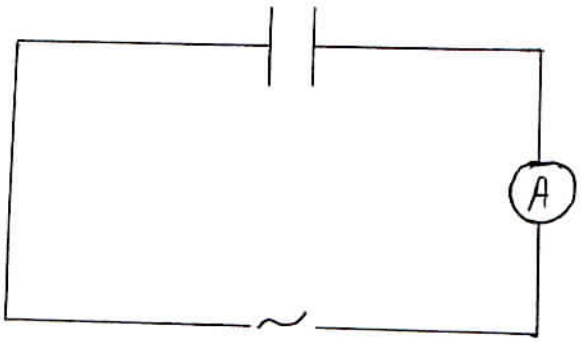
$$\varepsilon_0 = \frac{I_C d}{2\pi f V_C A} \quad .$$

از این صفحات خازن خلاء و یا هوا باشد، بجای ε باید ε_0 را جایگزین کرد و از رابطه ۱۳ نتیجه می گیریم در یک خازن تحت که جریان متناوب از آن می گذرد، شدت جریان با مساحت صفحات، اختلاف پتانسیل، فرکانس و ضریب ثابت ε نسبت مستقیم و با فاصله صفحات نسبت عکس دارد. در رابطه ۱۳، اگر فاصله صفحات برحسب متر، مساحت برحسب متر مربع، اختلاف پتانسیل برحسب ولت، شدت جریان برحسب آمپر و فرکانس برحسب سیکل بر ثانیه باشد، ε_0، برحسب مجذور کولن بر نیوتن متر مربع یا فاراد بر متر می باشد.

www.ieuni.ir

شرح آزمایش:

الف) تحقیق بستگی شدت جریان الکتریکی با فرکانس ($I_c \propto f$)



۱- مداری مانند شکل می بندیم.

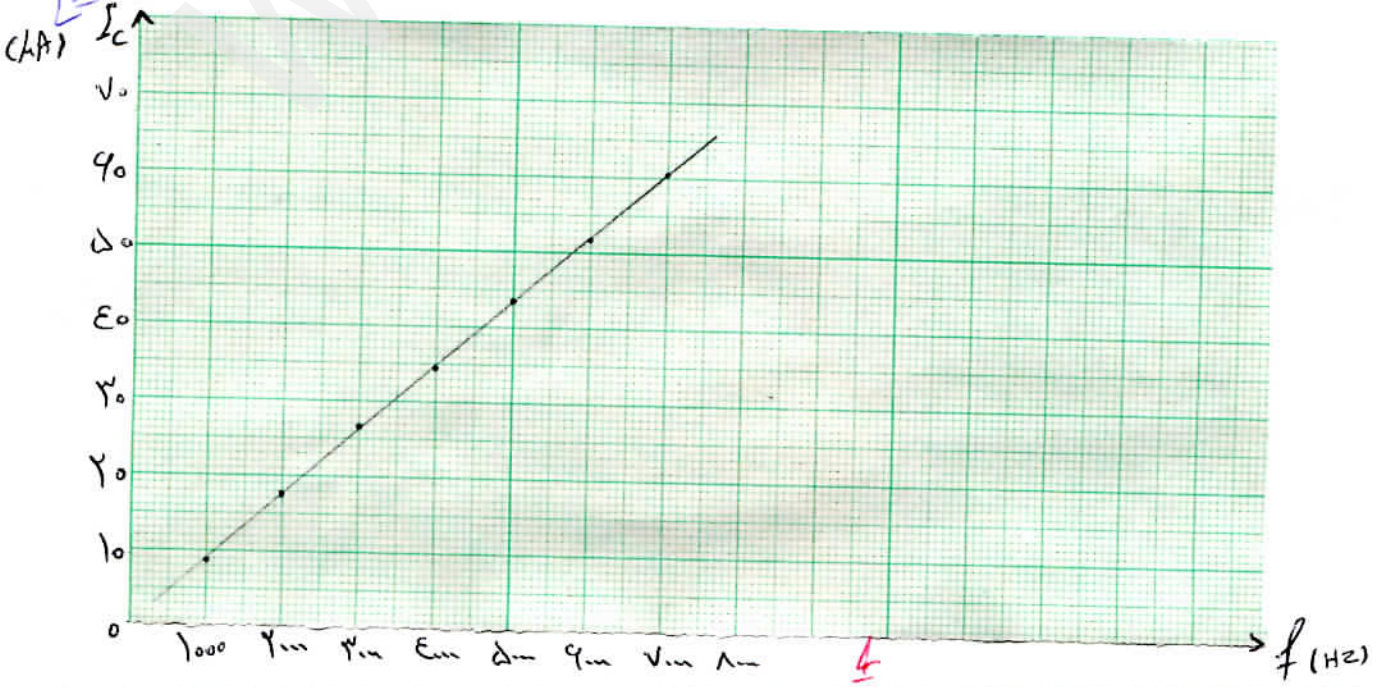
۲- فاصله دو جوشن را با کمک پیچ تنظیم ریز سنج خازن به اندازه ۱٫۵ mm میزانی دهیم و در مدت انجام قسمت الف ثابت نگه می داریم.

۳- فرکانس نوسان ساز را مطابق جدول زیر تغییر داده و هر بار شدت جریان را یادداشت می کنیم و جدول را کامل می کنیم.

فرکانس (Hz)	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۳۰۰۰	۴۰۰۰	۵۰۰۰	۶۰۰۰	۷۰۰۰
I (μA)	۸٫۶	۱۷٫۳	۲۶٫۸	۳۴٫۶	۴۳٫۳	۵۱٫۸	۶۰٫۵

$V_C = 5{,}V$ $\quad d = 1{,}5\ mm$

۴- با توجه به جدول نمودار شدت جریان (I) - فرکانس (f) را رسم کرده و ارتباط بین آن دو را پیدا می کنیم.



www.ieuni.ir

ب) تحقیق بستگی شدت جریان با فاصله جوشن ها ($I_c \propto \frac{1}{d}$)

۱- مدار این قسمت نیز مانند قسمت الف می باشد و ولتاژ را روی ۵۰۰۰ ثابت می کنیم.

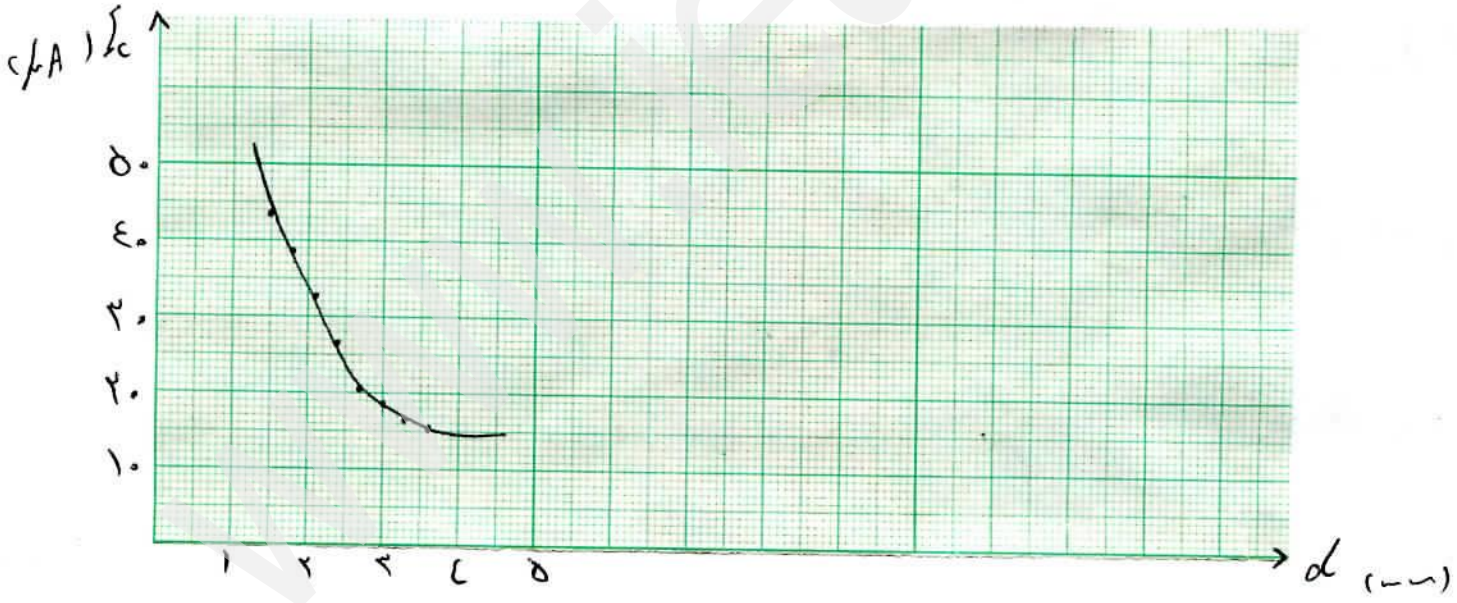
۲- فاصله جوشن ها را به کمک پیچ تنظیم ریز سنج مطابق اعداد جدول زیر قرار می دهیم و هر بار شدت جریان را اندازه گرفته و در جدول یادداشت می کنیم.

$V_c = 5/1\ V$

$f = 5000\ Hz$

فاصله جوشن ها (mm)	۱٫۵	۱٫۸	۲٫۱	۲٫۴	۲٫۷	۳٫۰	۳٫۳	۳٫۶
I_c (μA)	۴۳٫۳	۳۸٫۹	۳۲٫۲	۲۶٫۷	۲۰٫۵	۱۸٫۹	۱۹٫۷	۱۵٫۲

۳- با توجه به مقادیر داخل جدول بالا نمودار تغییرات شدت جریان (I_c) را برحسب فاصله جوشن ها (d) را در کاغذ میلیمتری رسم کرده و بستگی بین شدت جریان و فاصله را نتیجه گیری می نمائیم.



ج) اندازه‌گیری (ε_0)

۱- مدار ما تقسیم الف و ب میباشد. فاصله بین دو صفحه خازن را بر روی ۱٫۵ mm ثابت کرده و فرکانس را بر روی ۲۰۰۰ Hz قرار دادیم و ولتاژ خازن ۵٫۷ ولت.

۲- جدول زیر را کامل کرده و خطای آزمایش را بدست می آوریم.

V_C (V)	I_C (μA)	d (mm)	f (Hz)	R (cm)	$A=\pi R^2$ (m^2)	ε_0 عملی	ε_0 تئوری	درصد خطای ε_0
۵٫۷	۱۷٫۳	۱٫۵	۲۰۰۰	۱۰	۰٫۰۳۱۴	$11,54\times10^{-12}$	$8,85\times10^{-12}$	۳۰٪

د) اندازه‌گیری ضریب دی الکتریک چند محیط

۱- چند ورقه کاغذ پوستی نازک تهیه می کنیم، هر بار یکی از آن ها را بین دو صفحه خازن قرار می دهیم و پیچ تغییر فاصله خازن را به آرامی آنقدر می چرخانیم تا دو صفحه خازن از دو طرف ورقه را در بر گیرند و فاصله ای بین صفحات و ورقه نماند و سپس فاصله خازن را اندازه بگیرید.

۲- مقدار فرکانس را بر روی ۲۰۰۰ Hz قرار داده و ولتاژ ۵٫۷ ولت می باشد، مدار نیز همان مدار تقسیم ولتاژ است.

۳- با استفاده از رابطه $k=\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}$ ضریب دی الکتریک ها را محاسبه نموده و جدول زیر را پر می نماییم.

نمونه	V_C (V)	I_C (A)	d (mm)	f (Hz)	A (cm^2)	ε ($C^2/N.m^2$)	$k=\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}$
کنروپی	۵٫۷	۲۲٫۴	۱٫۱۶	۲۰۰۰	۰٫۰۳۱۴	$11,57\times10^{-12}$	۱٫۳۰۶
〃	۵٫۷	۱۹٫۷	۱٫۴۲	۲۰۰۰	۰٫۰۳۱۴	$12,44\times10^{-12}$	۱٫۴۰۵
〃	۵٫۷	۲۵٫۰	۰٫۴	۲۰۰۰	۰٫۰۳۱۴	$4,44\times10^{-12}$	۰٫۵۰۱