

میان تم: 5 تنه ، مق آبان
(صبح)

میان تم: فشار قوی الکتریکی ، دکتر محسن
High voltage Eng. Kuffel
Fundamentals

برای ایمل زدن HVE در عنوان

فصل اول : میدان های الکتریکی ، ضم روگوفسکی ، روش اجزای محدود و تفاضل محدود
فصل دوم (فصل 4 کتاب) : تولید و اندازه گیری فشار قوی
فصل سوم (فصل 2 کتاب) : عایق های الکتریکی
فصل چهارم (فصل 3 کتاب) : امواج سیار
فصل پنجم (فصل 3 کتاب) : تخلیه الکتریکی

مربوطی بر روابط : میدان های الکتریکی ایستاتی

$$\vec{E} = -\nabla V \quad \vec{D} = \epsilon \vec{E}$$

(این روش راحت تر است چون در این از اسکالر گرفته می شود.)

$$\nabla \cdot \vec{D} = \rho_v \quad \nabla \cdot \epsilon \vec{E} = \rho_v \quad \nabla \cdot \epsilon \nabla V = \rho_v \quad \epsilon \nabla^2 V = -\rho_v$$

معادله پواسون $\nabla^2 V = -\frac{\rho_v}{\epsilon}$ $\rightarrow \nabla^2 V = 0$ if $\rho_v = 0$ $\rightarrow \nabla^2 V = 0$ معادله لاپلاس

برای حل $\nabla^2 V = -\frac{\rho_v}{\epsilon}$ $\rightarrow \nabla^2 V = 0$ $\rightarrow \nabla^2 V = 0$ $\rightarrow \nabla^2 V = 0$

له در عمل بیشتر این شرایط
به وجود می آید.

$$\nabla = \frac{\partial}{\partial x} \hat{x} + \frac{\partial}{\partial y} \hat{y} + \frac{\partial}{\partial z} \hat{z}$$

$$\nabla^2 V = \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2}$$

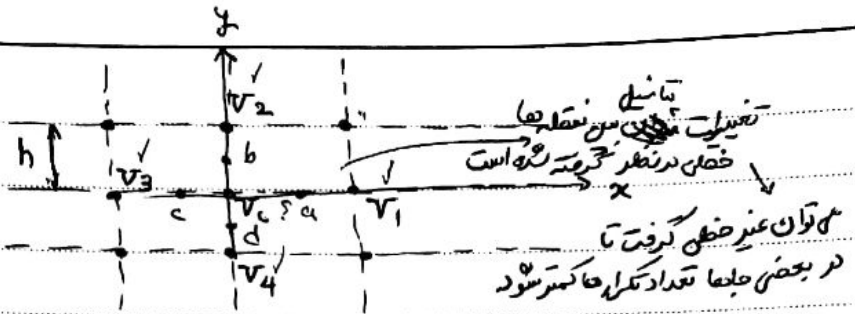
روش های عددی حل معادلات پواسن و لاپلاس :

Finite Difference Method	FDM	روش تفاضل محدود
Element	FEM	روش اجزای محدود
charge simulation	CSM	روش شبیه سازی بار
Surface	SCSM	روش سطح

P4PCO

FDM :

مش بندی
mesh



$$\nabla^2 V = \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} = 0 \quad \frac{\partial V}{\partial x} \Big|_a = \frac{V_1 - V_0}{h}$$

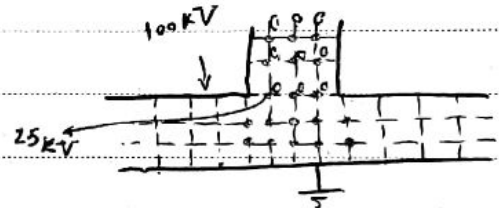
$$\frac{\partial V}{\partial x} \Big|_c = \frac{V_0 - V_3}{h} \quad \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} \Big|_{V_0} = \frac{\frac{\partial V}{\partial x} \Big|_a - \frac{\partial V}{\partial x} \Big|_c}{h} = \frac{V_1 - V_0 + V_3 - V_0}{h^2}$$

$$\frac{\partial V}{\partial y} \Big|_b = \frac{V_2 - V_0}{h} \quad \frac{\partial V}{\partial y} \Big|_d = \frac{V_0 - V_4}{h} \quad \rightarrow \quad \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} \Big|_{V_0} = \frac{V_2 + V_4 - 2V_0}{h^2}$$

$$\nabla^2 V = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + V_4 - 4V_0}{h^2} = 0 \quad \rightarrow \quad V_0 = \frac{1}{4}(V_1 + V_2 + V_3 + V_4)$$

فرض اولیه در نظر می گیریم مثلاً پتانسیل 0

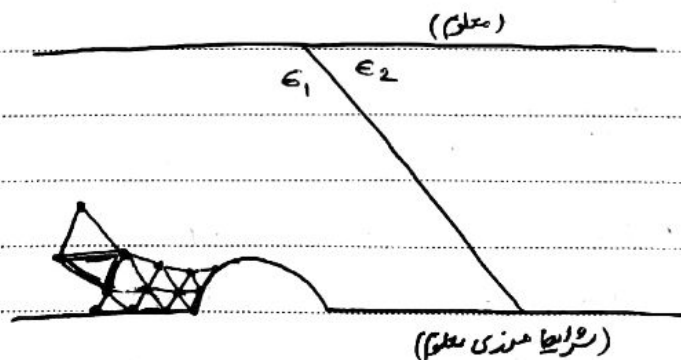
for every point, $|V_{n+1} - V_n| < \epsilon$

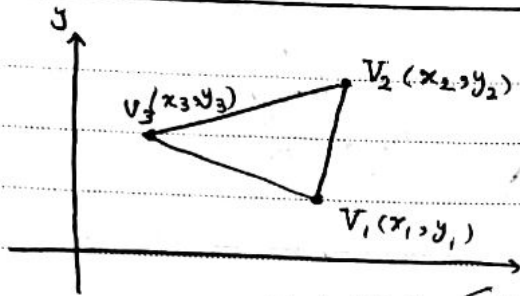


اگر شکل افتاده مثلاً به صورت ϵ باشد باید به صورت پتانسی در بیاید

FEM :

با مش بندی مثلاً
من توان دانسیته
مش ها را در هر جا
لازم بود تغییر دهم





در روش FEM، باروش اینک میدان الاستیک بدست می آید.
در اکثر مسائل انرژی است. جواب را بدست می دهد.

فرض: توزیع پتانسیل در فضای خطی است.

$$V(x, y) = a + bx + cy$$

فرض اولی (علوم)

$$V_1(x_1, y_1) = a + bx_1 + cy_1$$

$$V_2(x_2, y_2) = a + bx_2 + cy_2$$

$$V_3(x_3, y_3) = a + bx_3 + cy_3$$

$$\Rightarrow \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & y_1 \\ 1 & x_2 & y_2 \\ 1 & x_3 & y_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix}$$

معروف

$$\rightarrow \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & y_1 \\ 1 & x_2 & y_2 \\ 1 & x_3 & y_3 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{bmatrix}$$

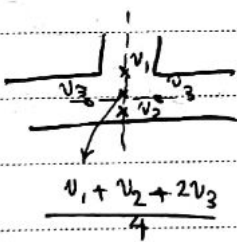
$$V = \sum_{i=1}^3 V_i \alpha_i(x, y)$$

$$W = \frac{1}{2} \iint_A \epsilon |E|^2 dA = \frac{1}{2} \iint_A \epsilon |\nabla V|^2 dA = \frac{1}{2} \int_A \epsilon \left(\left| \frac{\partial V}{\partial x} \right|^2 + \left| \frac{\partial V}{\partial y} \right|^2 \right) dx dy$$

$$W = \frac{1}{2} \int_A \epsilon (b^2 + c^2) dx dy = f_1(b, c) = f_1(V_1, V_2, V_3)$$

$$\frac{\partial W}{\partial V} = 0 \rightarrow V_1, V_2, V_3$$

اگر تعداد مشها افزایش یابد تعدادی سبابت

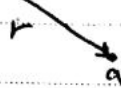


به صورت توانی افزایش میابد

اگر بتوانیم در حل تعداد پیرا کنیم تعداد محاسبات نصف می شود

در روش FEM به بعدی مش بندی با حجم انجام می شود

CSM:

 q 

$$V_r = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

$$E_r = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

اگر توزیع این بارها طوری باشد که در

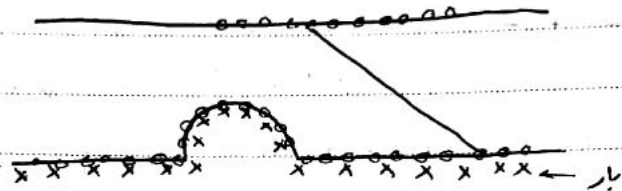
نقاط قرمز مشخص شده پتانسیل

همان مقدار 0، 100 kV، شود

می توان گفت که این توزیع بار معادلی برای

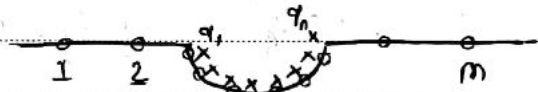
الکترودها است پس می توان در هر نقطه

پتانسیل و میدان را حساب کرد



$$\sum \frac{q_i}{4\pi\epsilon_0 r_i}, \quad \sum \frac{q_i}{4\pi\epsilon_0 r_i^2}$$

$$V_i = \sum_{j=1}^n P_{ij} q_j$$



$$V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} \Rightarrow P = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 r}$$



$$\begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\ P_{21} & & & \\ \vdots & & & \\ P_{m1} & \dots & \dots & P_{mn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} q_1 \\ \vdots \\ q_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_1 \\ \vdots \\ V_m \end{bmatrix}$$

مجاز نیست آمدن q ها باید
دوباره چک کنیم نقاط آزمون رو

5- کنترل پاسخ
بیاورده شد
بیاورده شد
مرحله 1

1- انتخاب نوع بار و محل آن
2- انتخاب نقاط آزمون بر روی شریک میز

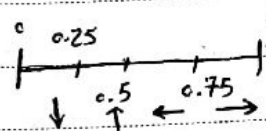
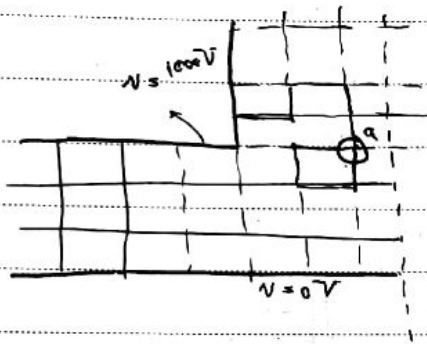
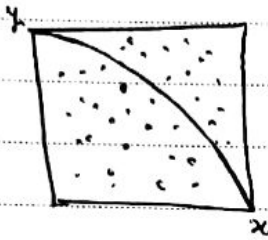
3- تعیین ماتریس P 4- برست آمدن مقدار Q

می توان یک error هم برای رسیدن به ولتاژ نقاط آزمون تعیین کرد

P4PCO

روش مونت کارلو :

اگر تعداد نقاط که به طور تصادفی تولید می شود بسیار زیاد باشد نسبت تعداد نقاط که در مربع است به تعداد در ربع طریقه π می شود با π میل می کند.



$$V_{1a} = 1000$$

$$V_{2a} = 1000$$

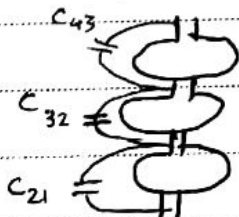
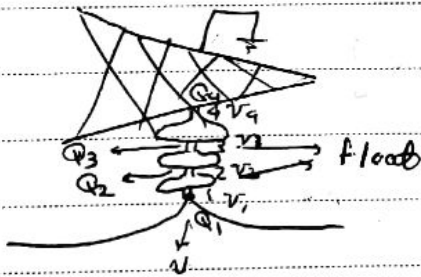
$$V_{3a} = 0$$

$$\vdots$$

$$V_{10000a} = 0$$

$$\Rightarrow V_a = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N V_{ia}$$

در روش مونت کارلو چیزی در محاسبات اضافه نکردیم تا بتوانیم وجود تابع در نظر گرفته شود



$$V_1 = a_{11}Q_1 + a_{12}Q_2 + a_{13}Q_3 + a_{14}Q_4$$

$$V_2 = \dots$$

$$V_3 = \dots$$

$$V_4 = a_{41}Q_1 + \dots + a_{44}Q_4$$

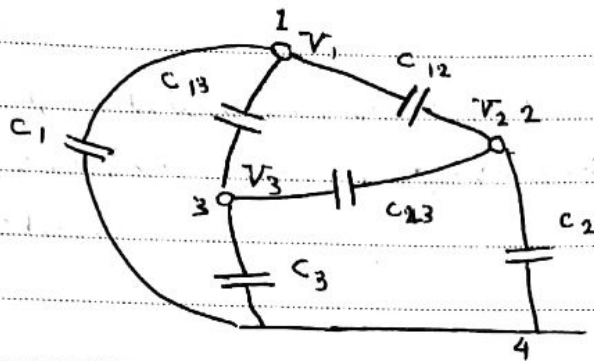
$$[V] = [a][Q]$$

$$Q_1 = b_{11}V_1 + b_{12}V_2 + \dots + b_{14}V_4$$

$$\vdots$$

$$Q_4 = b_{41}V_1 + \dots + b_{44}V_4 \quad [Q] = [b][V]$$

مسا به رابطه خازن



$$Q_1 = C_{12}(V_1 - V_2) + C_{13}(V_1 - V_3) + C_1 V_1$$

$$Q_2 = C_{23}(V_2 - V_3) + C_{12}(V_2 - V_1) + C_2 V_2$$

$$Q_3 = C_{31}(V_3 - V_1) + C_{32}(V_3 - V_2) + C_3 V_3$$

$$\begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ Q_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_1 + C_{12} + C_{13} & -C_{12} & -C_{13} \\ -C_{12} & C_{12} + C_{23} & -C_{23} \\ -C_{13} & -C_{23} & C_{23} + C_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{bmatrix}$$

① نودهایی که ولتاژ مشخص است و بار نامشخص

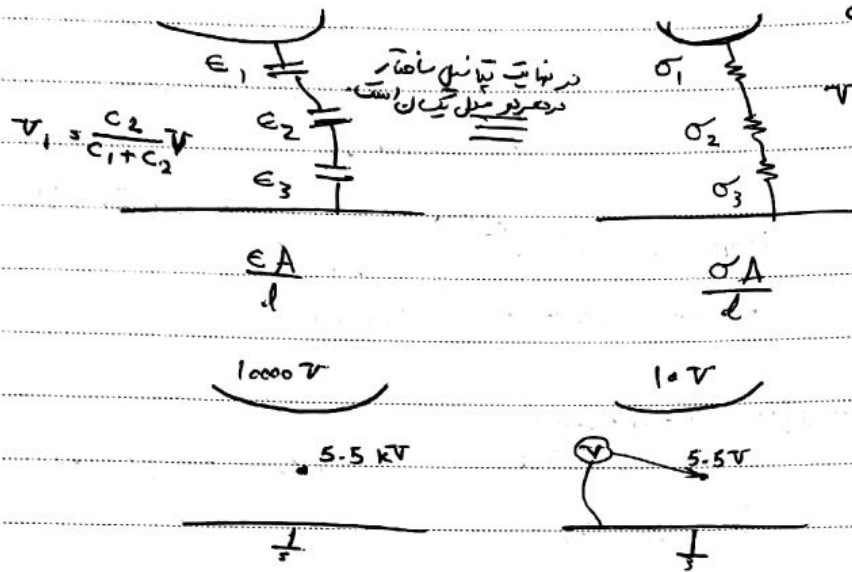
② نودهایی که بار مشخص است و ولتاژ نامشخص

$$\begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} \\ C_{21} & C_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \end{bmatrix}$$

ولتاژ معلوم بار معلوم

$$[C_{21}] [V_1] + [C_{22}] [V_2] = [Q_2]$$

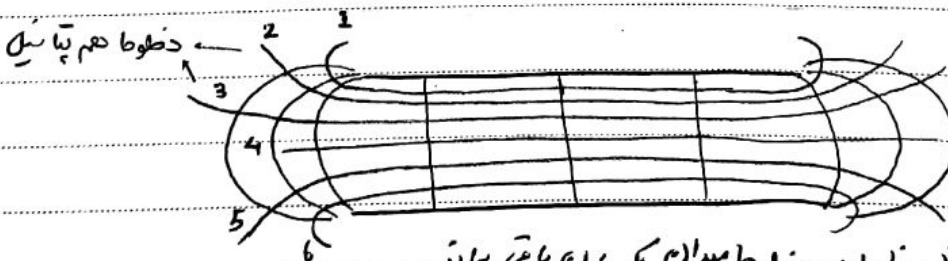
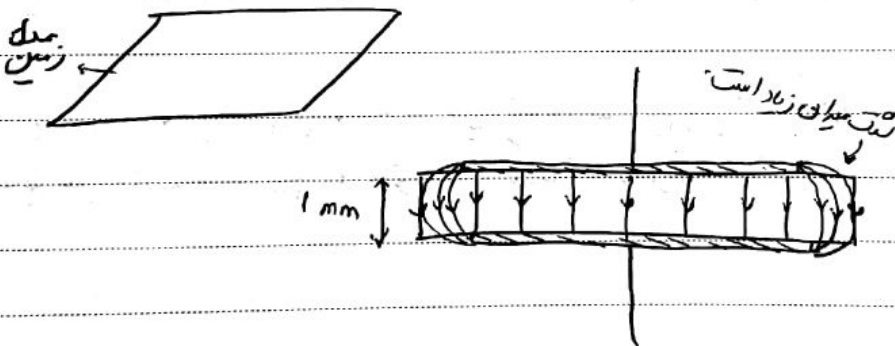
روش مدل کردن برای دیسک آلود
توزیع پتانسیل:



در محل برای مدل کردن سازه‌های با
ماتریس مختلف از الکترولیت یکسان
با ارتفاع مختلف استفاده می‌شود.

الکتروشدها نیز برای مدل کردن استفاده می‌شوند: کربن، سفید، صدف، استوانه
مثلاً برای مدل کردن خط انتقال قبل از ترکیب سوزن و صدف استفاده می‌شود.

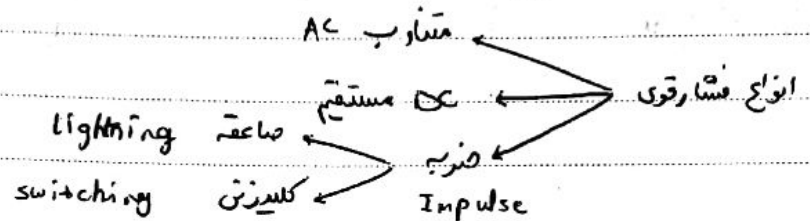
چشم رول و خمی:



الکترونی مناسب است که فاصله‌ی خطوط میدان یک نایتمی باشد.

تولید و اندازه گیری فشار قوی :

که به منظور تست تجهیزات



تولید فشار قوی مناوب AC :

که به وسیله ترانسفورماتور
رزونانس

ترانسفورماتورهای بزرگ برای تست تجهیزات منعقد نیست به دلایل زیر :

- 1- گران بودن
- 2- زمان کمی برای تست نیاز است
- 3- توان ضعیف زیاد کار اند توان مورد نیاز برای تست از چند ده کیلووات تا چند مگاوات است چون برای تست عایق نیازی به جریان ضعیف (پس سطح مقطع سیم کاهش میابد)

مراحل ساخت ترانسفورماتور به شرح کل :

سیم پیچ بدنه ی قرقره ، قرار دادن قرقره بر ستون های هسته ، یوکه (yoke) های هسته قرار داده می شود

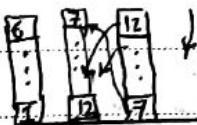
عایق بندی ← بین سیم پیچ و هسته زمین شده ، بین سیم پیچ HV و LV ، بین سیم پیچ فازهای دیگر
عایق بین حلقه های سیم پیچ ، عایق نسبت به تانک که زمین شده است (استفاده از پوشش)

(سیم های وارزگون :

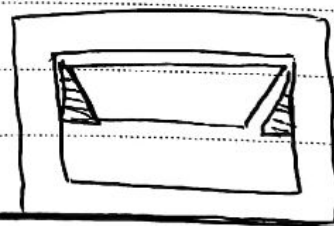
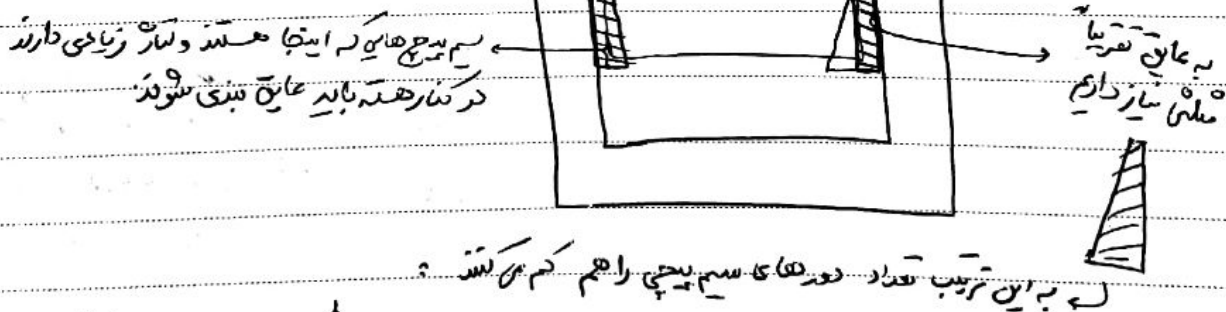
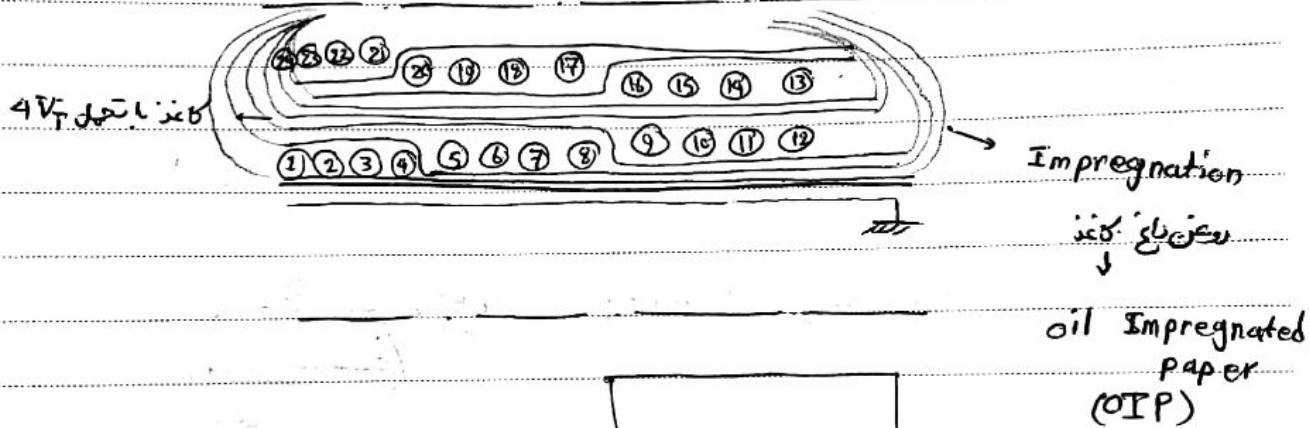
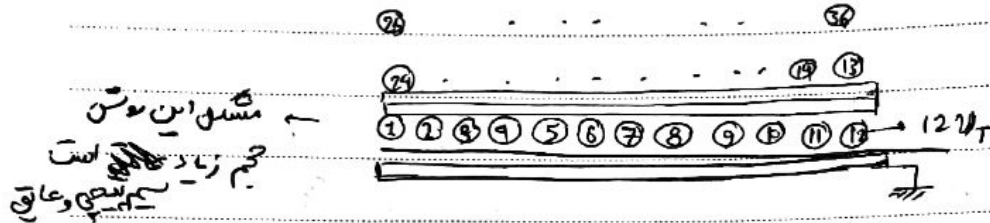


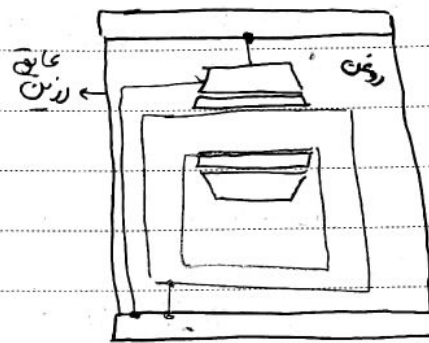
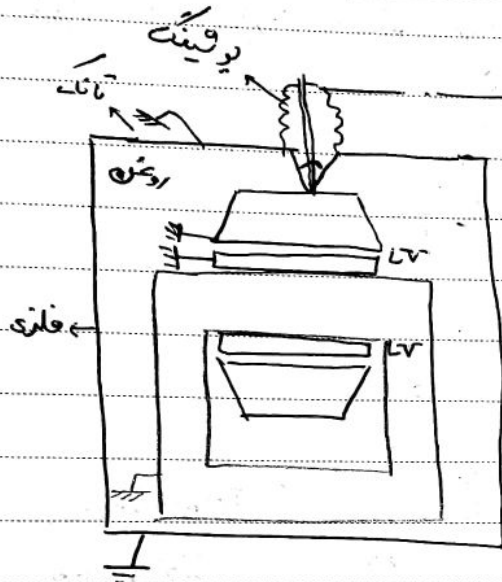
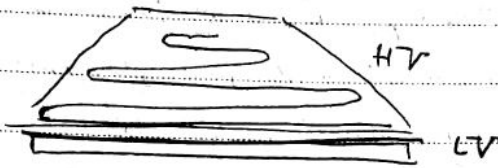
1 2 3

سیم پیچ ترانسفورماتور :

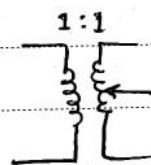
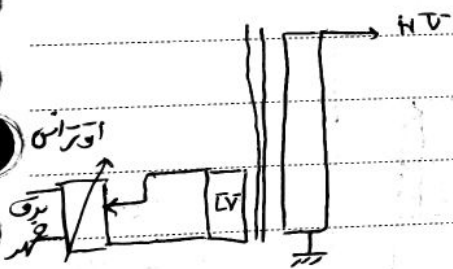
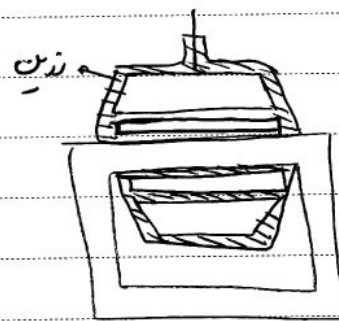


مزیت دیسک وارنکون : ماکسیم ولتاژ بین هر دیسک $2V_T \times N_{disc}$ است. همچنین دیسک ها به تدریج ولتاژشان افزایش میابد، مصرف عایق کاهش میابد و هزینه نیز کاهش میابد.
این ساختار به عنوان ترانس آزمایشگاه استفاده نمی شود چون جریان برای ترانس آزمایشگاه کم است و سیم ها قطر کمی دارند و دایره های هستند و دایره ای را نمی توان به صورت دیسک وارنکون بست.





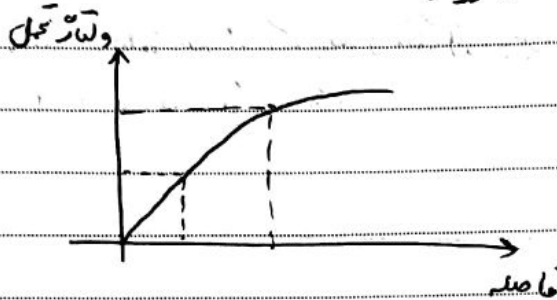
فلز از آن تراز زمین خوب عایقی است



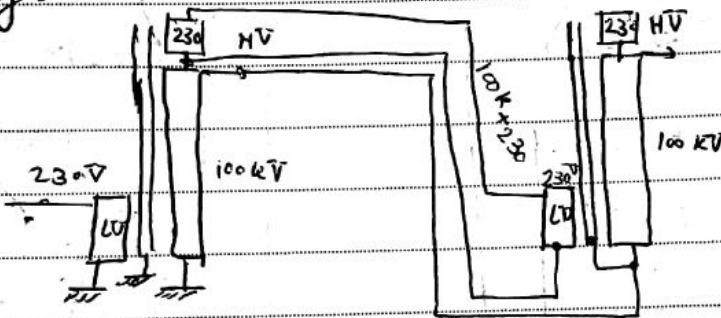
اوتوترانس خوب و ایمن است
که خروجی آن ولت کم است
البته به طور معمول اوتوترانس باید
سیم پیچ در سازند

تخل عایق ها غیر خطی است.
 $2.5 \text{ mm} \rightarrow 75 \text{ kV}$
 $25 \text{ mm} \times \rightarrow 7.5 \text{ kV}$

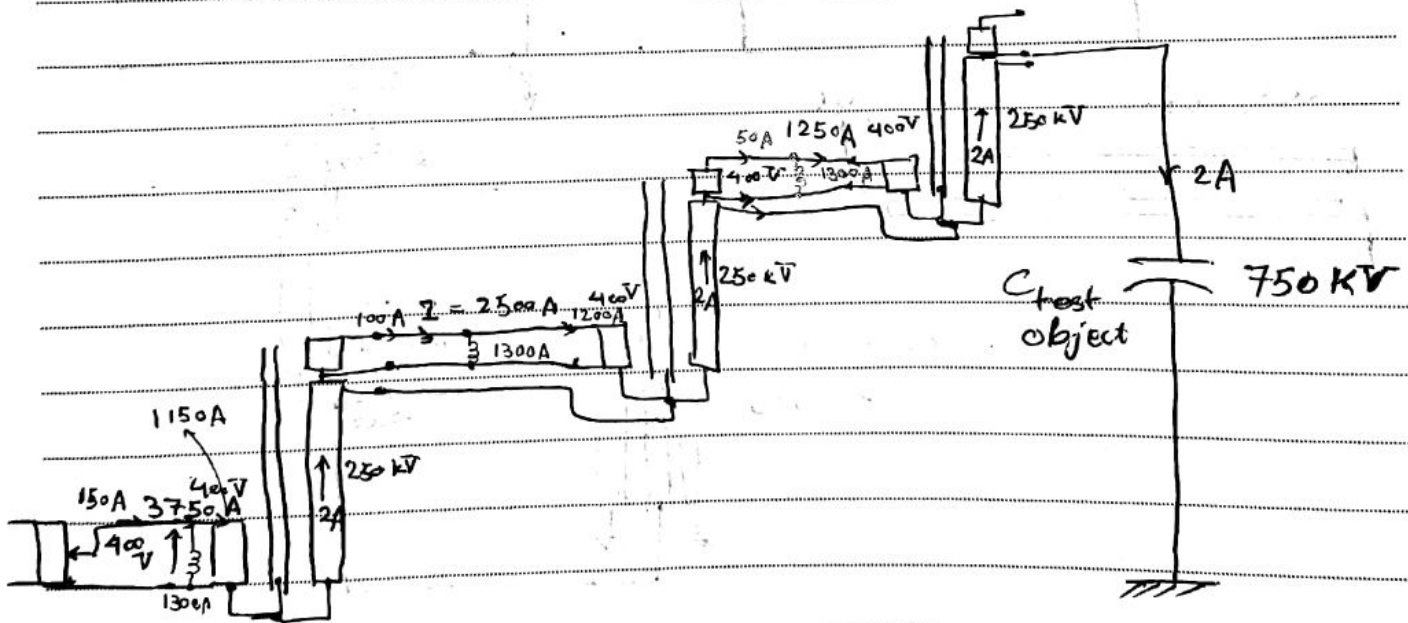
افزایش ارتفاع عایق با حجم عایق به صورت خطی تغییر نمی کند



Cascading :



مزیت این روش :
 هر دو ترانس می توانند
 نیاز به یک ترانس 200 kV
 نسبت که هر دو باعث کاهش
 هزینه می شوند.



$$250000 \times 2 + 1250 \times 400 = 400 \times I \rightarrow I = 2500 \text{ A}$$

برای حل مشکل جریان زیاد 3750 A می توان یک سلف برای جریان سازی قرار داد.

Subject :

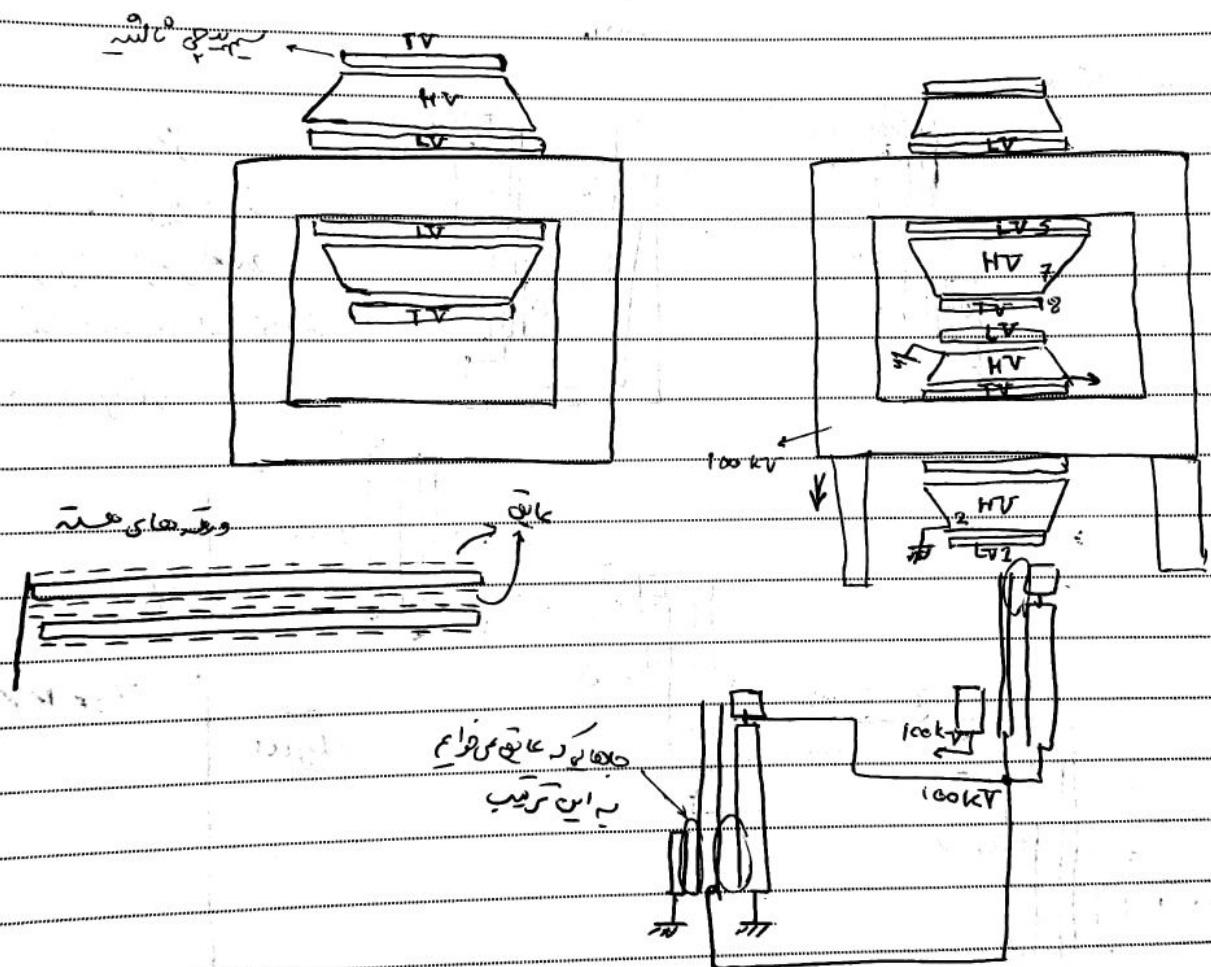
Year.

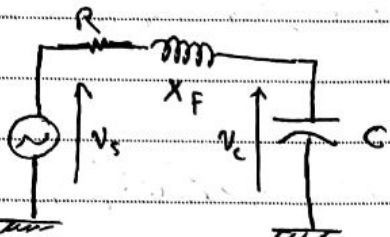
Month.

Date.

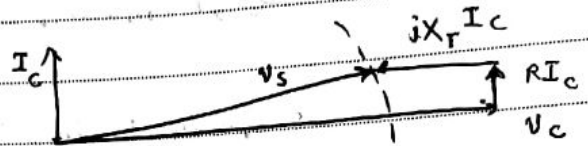
()

فصل‌هایی که برای ترانس‌های طبقه دوم و سوم می‌گذارند برای جلوگیری از آرک زدن و هموار کردن است.
برای اینکه باید انتقال و لغات یکسانی دارند برای طبقه‌های بالاتر یک صفحه حبابی تعبیه مناسب و لغات بین آن‌ها
قرار می‌دهند.
حبابه انتقال و لغات به طبقه بعد از گوی‌های مشکلی‌ترین به‌قاب استفاده می‌کنند برای اینکه سطح بزرگ وجود
نداشته باشد و از آرک زدن جلوگیری شود.

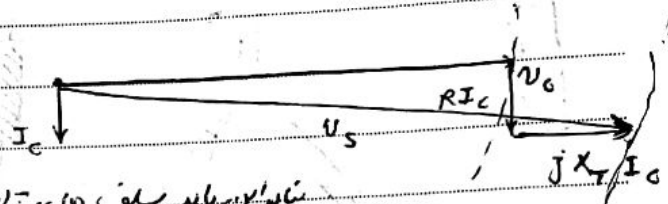




جریان خارجی



به ولتاژ دوسر تست آبیست بیشتر از ولتاژ ورودی می شود یعنی ولتاژ است تا در برابر افت افت ولتاژ داشته باشیم.
 جریان سلف



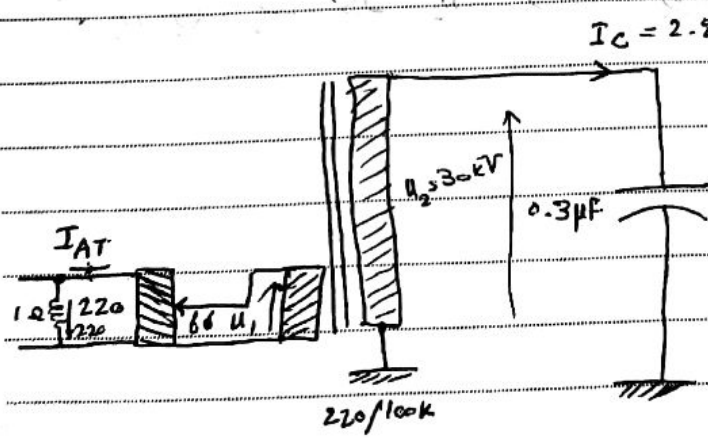
بنابراین باید سلف های ترانس رو به نحی طراحی می کنند که جریان سلفی باشد.

موازی کردن ترانس ها در طبقات پایین برای افزایش جریان است چون امپدانس سلفی کاهش میابد (X_F) پس وقت طبقات زیاد می شود موازی می کنند. دلیل اینکه طبقات پایین را موازی می کنند جریان زیادی است که از آن ها نیت به پیچیدگی طبقات عبور می کند.

منبع ورودی ترانسفورماتور cascade یک ترانسفورماتور دیرال است. به دلیل اینکه باید ولتاژ و فرکانس آن قابل کنترل باشد.

فرکانس : 30 kV , 50 Hz , $0.3 \mu\text{F}$

جریان نامی $\rightarrow 3 \text{ A}$ ترانسفورماتور : $220 \text{ V} / 100 \text{ kV}$



$$I_c = U \omega C = 30 \times 10^3 \times 2\pi \times 50 \times 0.3 \times 10^{-6} = 2.826 \text{ A}$$

$$Q = UI = 2.826 \times 30 \text{ kV} = 85 \text{ kVA}$$

$$I_1 = 2.826 \times \frac{100 \text{ kV}}{220 \text{ V}} = 1285 \text{ A}$$

$$U_1 = 30 \text{ k} \times \frac{220}{100 \text{ k}} = 66 \text{ V}$$

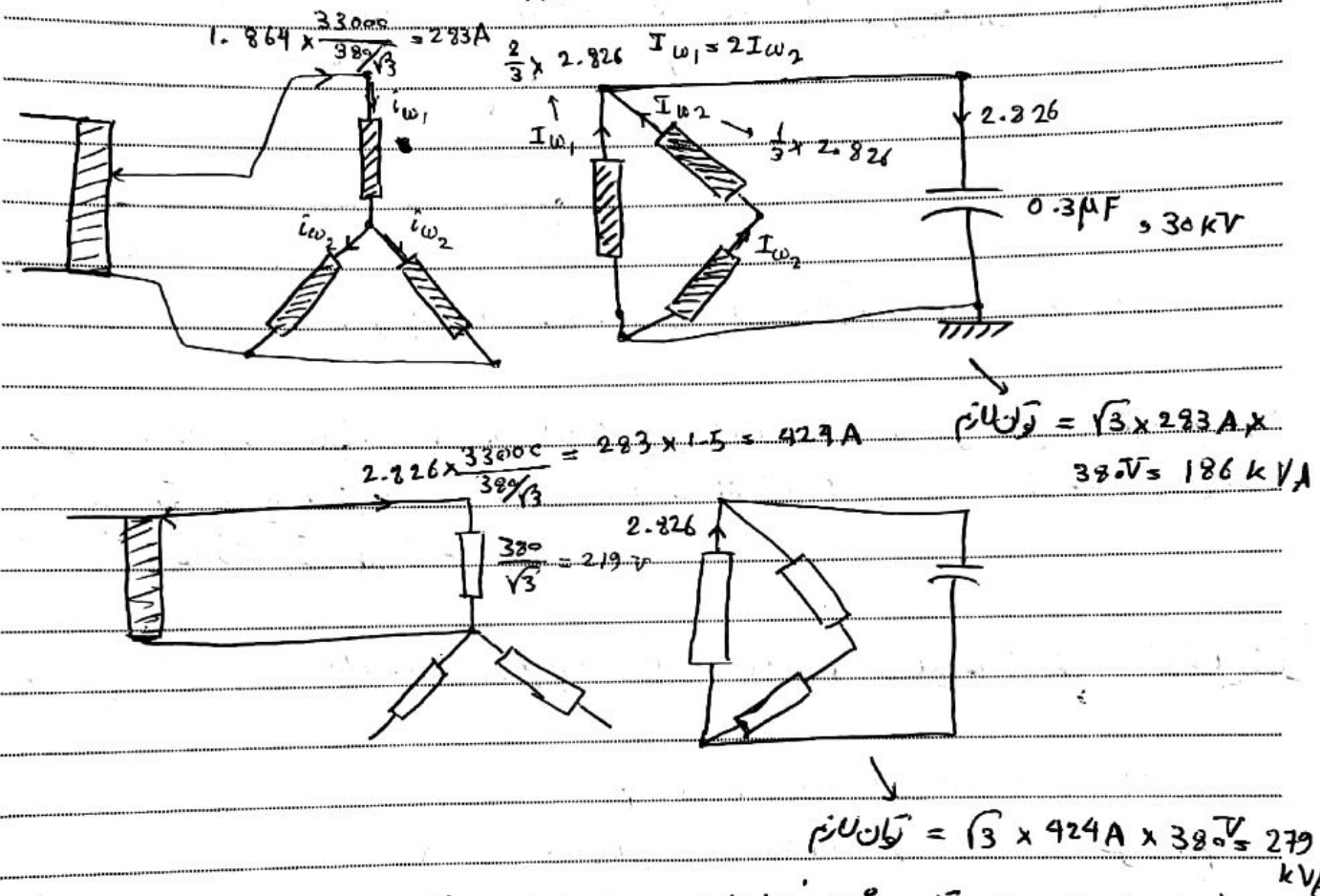
$$I_{AT} = 1285 \times \frac{66}{220} = 385 \text{ A}$$

Subject :

Year. Month. Date. ()

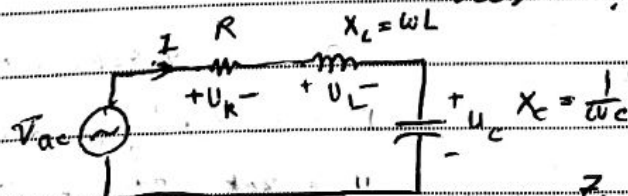
برای کاهش جریان ورودی اتوترانس : 1- منته به 1 ترانس نسبت یک ترانس دیگر می توانی کرد
2- قرار دادن راکتور در ورودی اتوترانس

اگر به جای ترانس از یک سلف استفاده شود : $330V/33kV$ استفاده شود : $Y_n \Delta$



پس این نوع بستن توان بیشتری نیاز دارد و جریان زیادی می خواهد

استفاده از تقوید سری برای تولید ولتاژ متعادل قسا رقی :



$$Z = R + jX_L - jX_C = R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C})$$

$$\rightarrow I = \frac{V_{AC}}{Z} = \frac{V_{AC}}{R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C})}$$

$$|U_c| = |-jX_c I| = X_c I = \left| \frac{\frac{1}{\omega C} U_{AC}}{R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C})} \right|$$

حالت متفاوت ① $\omega L = \frac{1}{\omega C} \rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

در این حالت جریانی که در مدار هست حداکثر می شود و امپدانس مدار صاف می شود $Z_{res} = R$

$$\rightarrow I_{res} = I_{max} = \frac{U_{AC}}{R} \Rightarrow U_{C_{res}} = \frac{X_c U_{AC}}{R} = \frac{\omega L}{R} U_{AC}$$

وقتی $U_{AC} = 10 \text{ kV}$, $R = 10 \Omega$, $X_c = 400 \Omega$, $\omega L = 400 \Omega$; $X_c = \frac{400}{\omega} = \frac{1}{\omega C}$

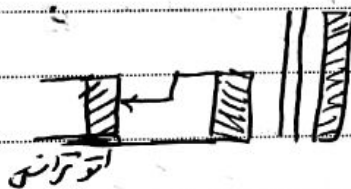
$$I = \frac{U_{AC}}{R} = \frac{10 \text{ k}}{10} = 1 \text{ kA} \Rightarrow |U_c| = X_c I = 400 \Omega \times 1000 \text{ A} = 400 \text{ kV}$$

که این یعنی به کمک مدار رزونانس سری توانیم ولتاژ بزرگ درست کنیم.

ضریب کیفیت مدار $Q = \frac{U_{C_{res}}}{U_{AC}} = \frac{\omega L}{R}$

هر چه Q بهتر باشد، مدار فیلتر بهتر است و از نظر ما هر چه بیشتر، ولتاژ بزرگتر می توان گرفت ارزش.

بلای ما حدود 40 در می آید.



$$= U_{AC}$$

$X_c \Rightarrow$ test object

$X_L \Rightarrow$ جزء مجرب آزمایشگاه

↓

در این مدار جریان زیاد در مدار نوری زیاد.

ما در این مدار دنبال این هستیم که Q زیاد شود و R را عمداً حرارت نمی دهیم و این معمولاً مقاومت سلف است و در نتیجه مهمترین عامل سلف است که سلف بزرگ تر، و مقاومت ما کوچکتر شود Q فاکتور مال سلف است و به وسیله RLC متر می توان این Q را اندازه گیری کرد. نسبت رزونانس برای فشار قوی زیاد استفاده می شود.

Subject :

Year. Month. Date. ()

$$400 = \frac{1}{\omega C} \rightarrow C = \frac{1}{400 \times 2\pi \times 50} = 7.9 \mu F$$

$$400 = \omega L \rightarrow L = \frac{400}{2\pi \times 50} = 1.3 \mu F$$

$$C = 1 nF \rightarrow 50 Hz \rightarrow \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \rightarrow L = 10000 H$$

به این سلف را داریم!

پس تست های رزونانسی زمانی انجام می شود که خازن test object مقدار بزرگ داشته باشد. همیشه خازن های با C زیاد Z کم دارند و جریان زیادی می کشند پس نمی توان با ترانس cascade جریان نش را تأمین کرد پس از تست رزونانسی استفاده می شود.

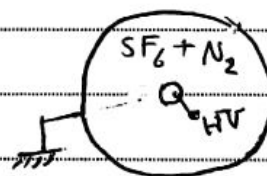
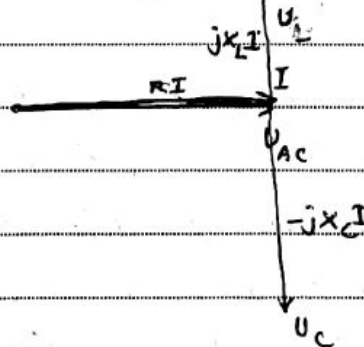
کابل های فشار قوی خازن بزرگ دارند $0.25 \mu F/km$ برای $20 kV$

تست این کابل ها با تست رزونانسی انجام می شود.

گاهی اوقات لازم است با خازن test object که مقدار خیلی کمی دارد یک خازن بزرگ موازی کرد تا میزان سلف مورد نیاز کمتر باشد.

تست عایق که مد نظر از voltage withstand است.

سلف مورد نیاز مدار تست رزونانسی عایق بندی زیادی نیاز دارد
به فرض عایق بندی که ترانس cascade نیاز دارد $= 400 \times 1000 A = 400 kV$



تست های GIS :

Subject :

Year. Month. Date. ()

چگونه می توان تست شده فراموش شود؟

$$\omega^2 = \frac{1}{LC}$$

تست ماسیت

① می توان سلف متغیر ساخت

② میل فرکانس متغیر قرار دسیم و سلف را ثابت می داریم.

چگونه سلف متغیر؟ 1- روتور X به باطری عایق بندی ریزا اعلان ندارد.

2- تپ جعبه X - گسسته است و بیرون آوردن تپ های فشار فوق سفید است.

High tech

3- جابجایی هسته X - نیرو ریزا نیاز دارد

$$L \propto \frac{N^2}{R}$$

روتور

با تغییر طول می توان سلف را

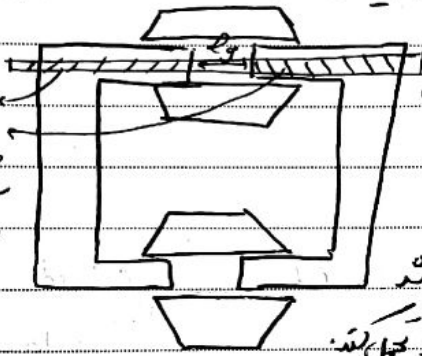
متغیر کرد اما عوفری نیروی زیادی است

که هسته ها بهم وارد می شوند یک پیچ

داخل دو هسته قرار می گیرد البته

سافت این پیچ باید به طور خاص باشد

که نیروهای جذبتن تا فیلدها در آن را تحمل کند



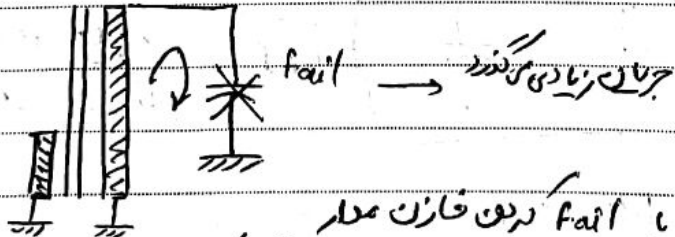
شیرها
حیت مخالف
که هو وها
هم پیچ باشد

همیشه توان میدهد به فاز در زمان قبل :

$$Q_c = U_c I = 400 \text{ kV} \times 1000 \text{ V} = 400 \text{ MVAR}$$

$$S_{\text{source}} = U_{\text{Ac}} I = 10 \text{ kV} \times 1000 \text{ A} = 10 \text{ MVA}$$

در روش رزونانسی ، فیلتر موج کشین است نسبت به cascade



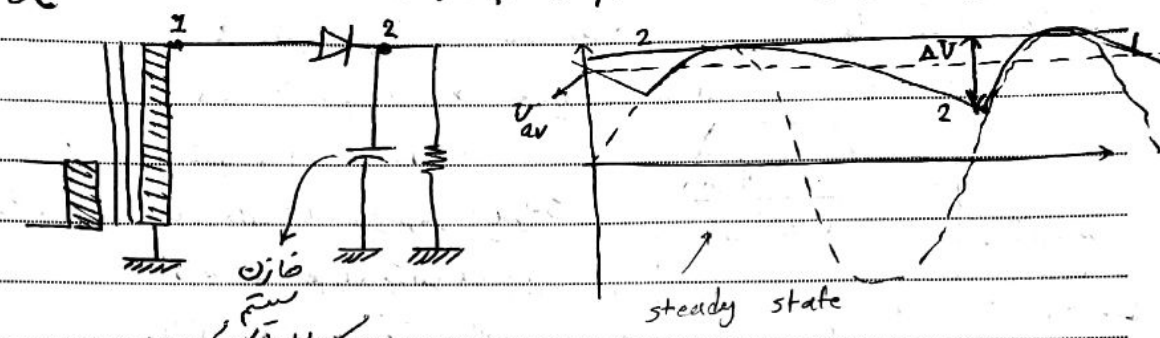
ولی در روش رزونانسی با fail کردن فازن مدار

از حالت ترکید در می آید ، امپدانس زیاد می شود پس خطر آن کمتر است

تست PFW V → power frequency withstand voltage

test object → به برای
 هدف → هدف های متغیر به خاطر حساس بودن باید عایق ها شوند و معمولاً در آزمایشگاه ثابت قرار می گیرند.

تست High pot DC → بعضی تجهیزات باید با تست DC انجام شود چون با ولتاژ DC که می کشند

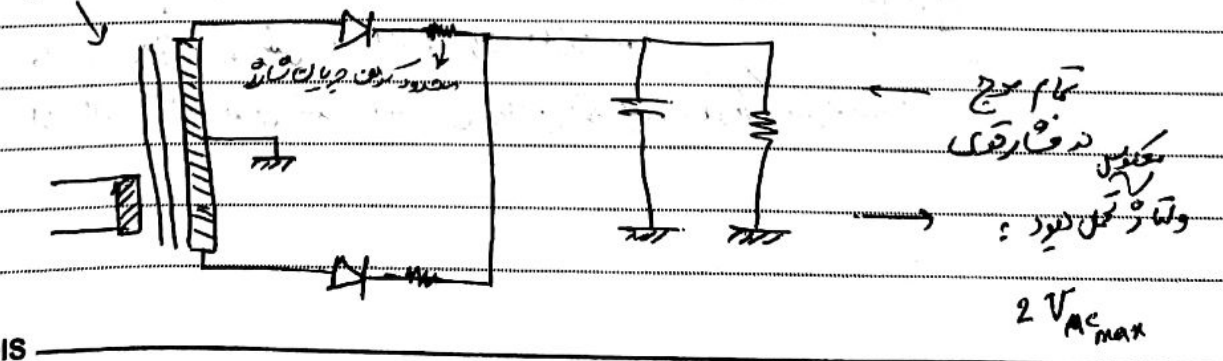
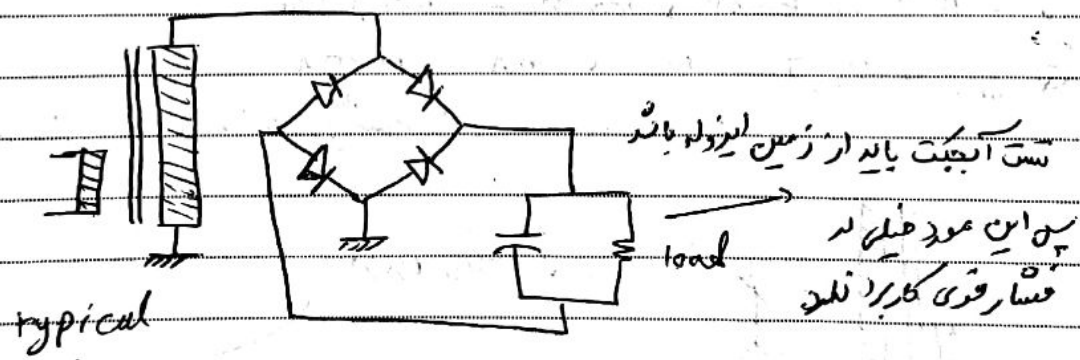


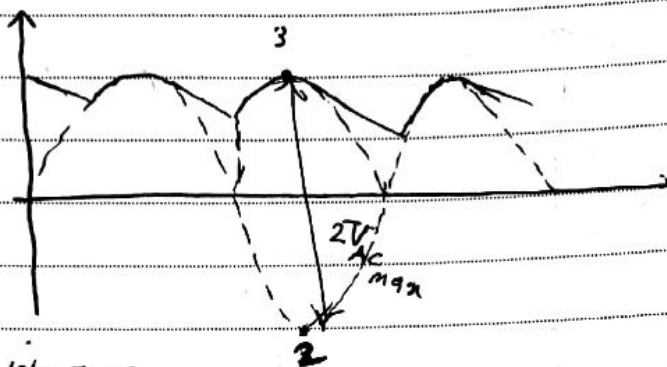
سیستم یکسره نیم موج DC شود
 در مقابل خازن تست آبجکت
 خازن بزرگ است

Ripple factor : $RF = \frac{V_{(av) no load} - V_{(av) load}}{V_{(av) no load}}$

نیروی باید $2V_{AC max}$ تحمل کند

$\approx \frac{\frac{\Delta V}{2}}{V_{max ac}}$





مقاومت داخلی در حالت معکوس معاف است

↓
 می توان با هم دید
 یک ۱۰۰ م اهمی کرد
 تا قسم و تار یکبار

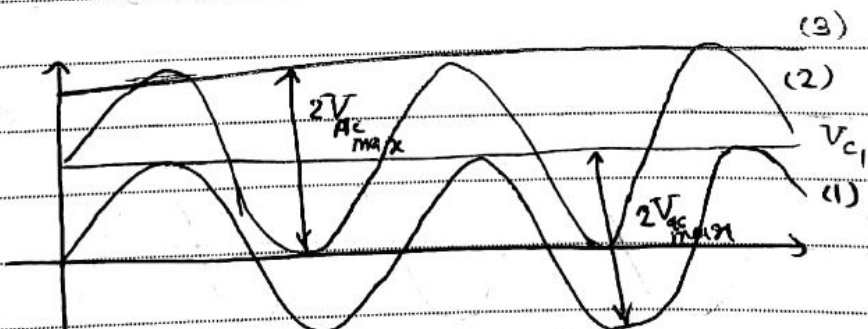
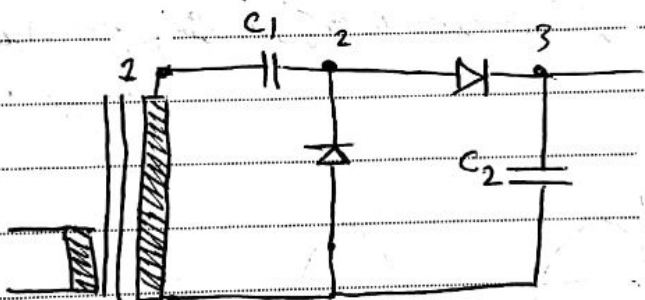
دیونیک به تکرار و تکرار بالا دارد از سبب بودن رفته می شود

به بود RF : - افزایش خازن

- استغناء از سافت تمام موج

- افزایش فرکانس

$$V_{C1} = V_{ACmax}$$

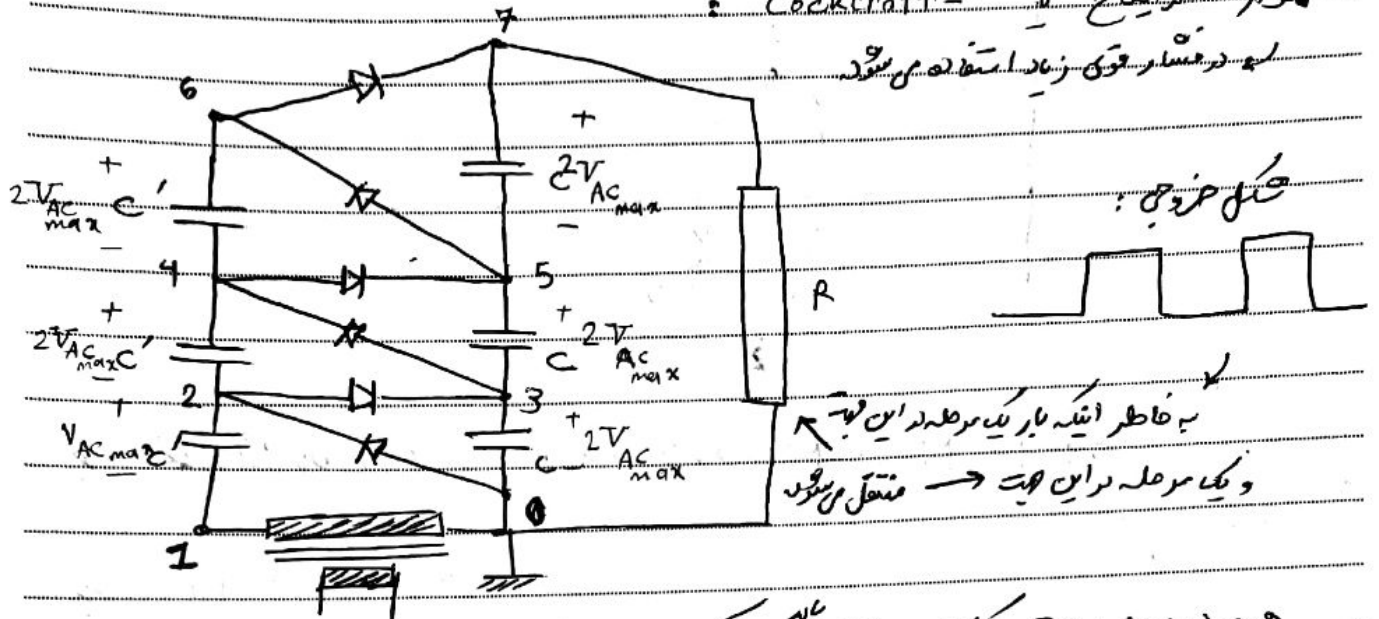


با این که تو برابر V_{ACmax} دوسر بودها ~~می کنند~~ می افتد اما خروجی تو برابر V_{ACmax} است

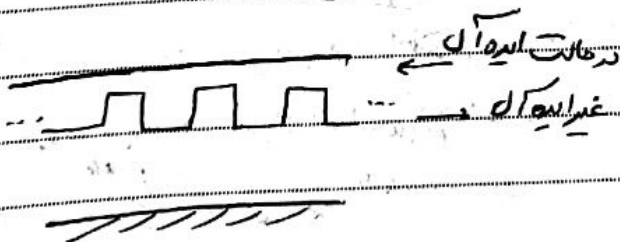
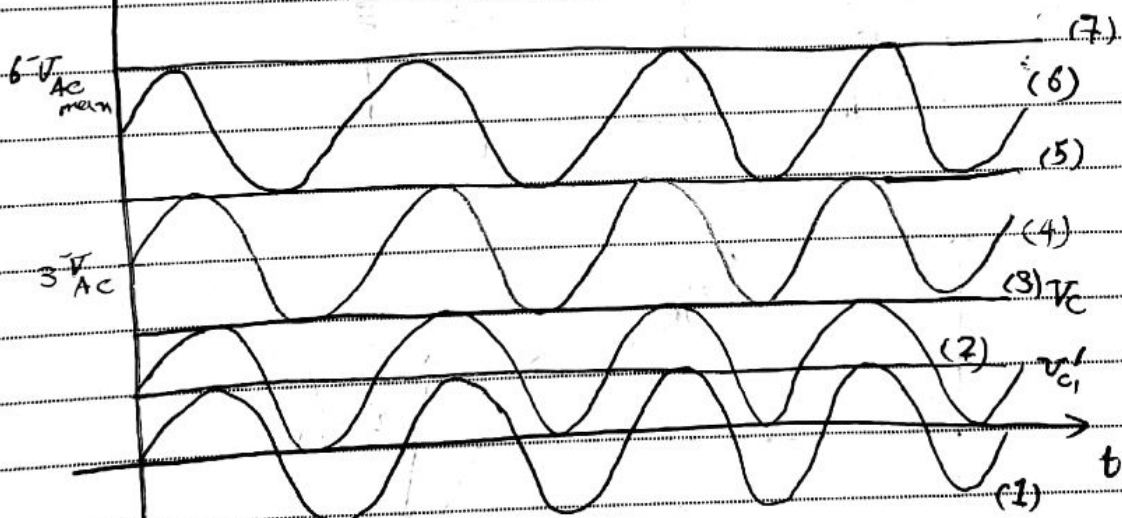
یعنی با ورودی $150kV_{peak}$ خروجی همان $300kV_{peak}$ و دوسر بود $300kV_{peak}$ است در حالت قبل خروجی

$300kV$ و ولتاژ معکوس بود $600kV$ بود

مدار گرایناخ Cockcroft-Walton :
 به در فشار قوی زیاد استفاده می شود



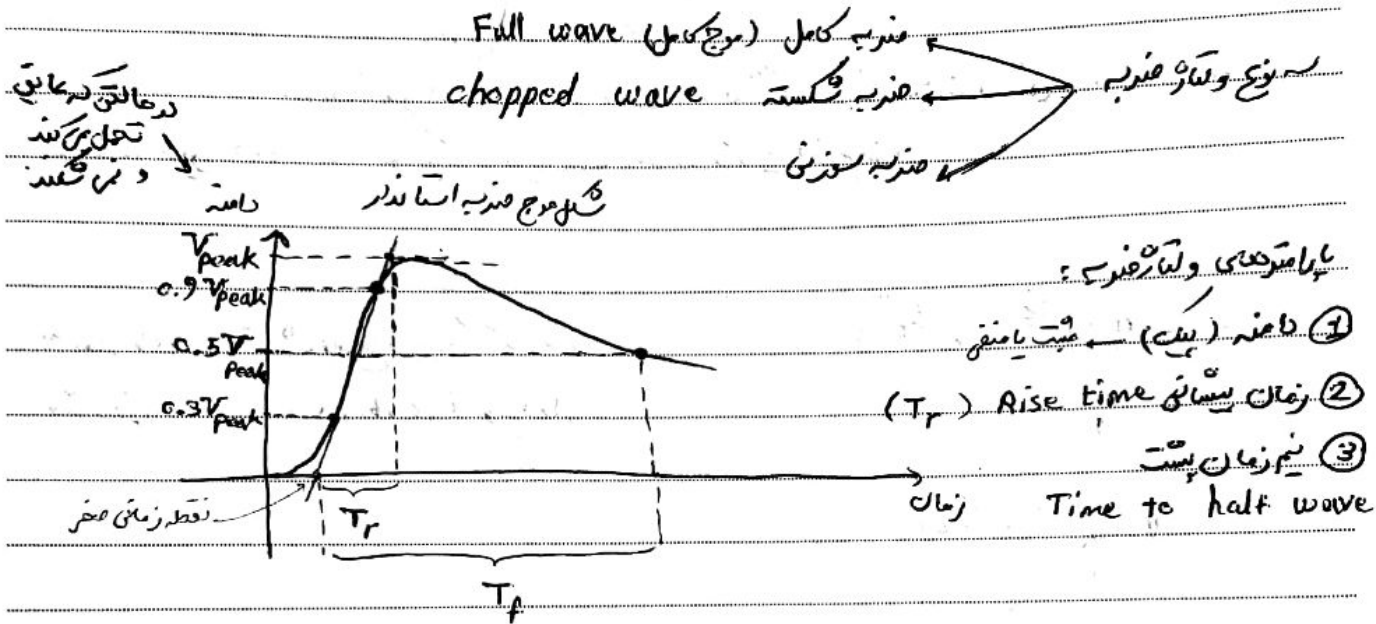
همه ی نود ها در جهت معکوس $2V_{AC max}$ تحمل کنند.
 اگر تعداد طبقات زیاد شود اگر خازن طبقه آخر تخلیه شود چون شارژ
 به صورت پله ای انجام می شود طول می کشد تا خازن طبقه آخر شارژ شود
 یعنی RF کم دارد.



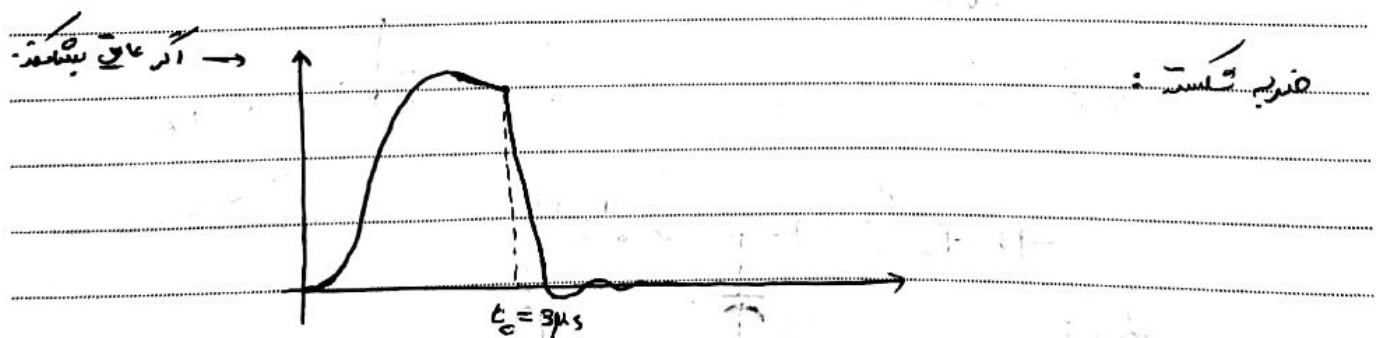
Subject :

Year. Month. Date. ()

ولتاژ ضربه : Impulse
 ضربه : Lightning
 کلیدزنی : Switching
 $T_f = 50 \mu s \pm 20\%$
 $T_r = 1.2 \mu s \pm 30\%$
 (1.2 / 50 μs)
 250 / 2500 μs
 شکل ولتاژ ضربه دارند
 کلیدزنی و ضربه شکل ولتاژ ضربه دارند
 سخت ترین آزمون که ترانسفورماتور می تواند تحمل کند، آزمون ضربه است.

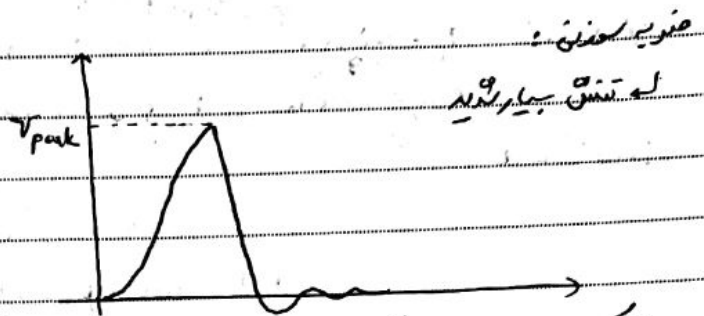


Impulse جریان عمیلم.
 موج های با دم ولتاژی تر برای تجهیزات خطرناک کردن برای تجهیزات که هم بیج دارند نیز برای شکل
 (کم بودن T_r) خطی خطرناک تر است
 ضربه جریان است از 10 kA تا 200 kA اما انرژی که بر می خیزد ندارد به صورت ولتاژ است.



Subject :

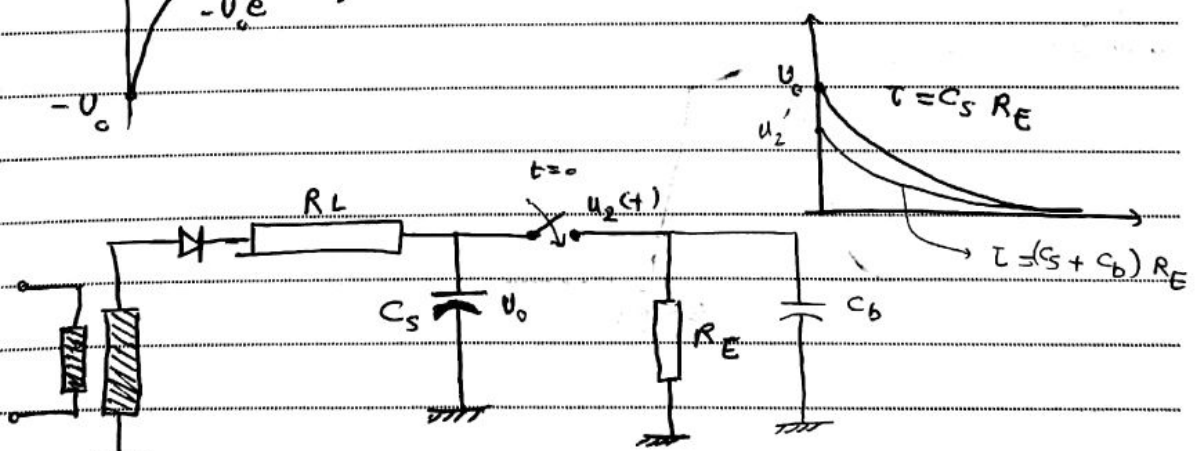
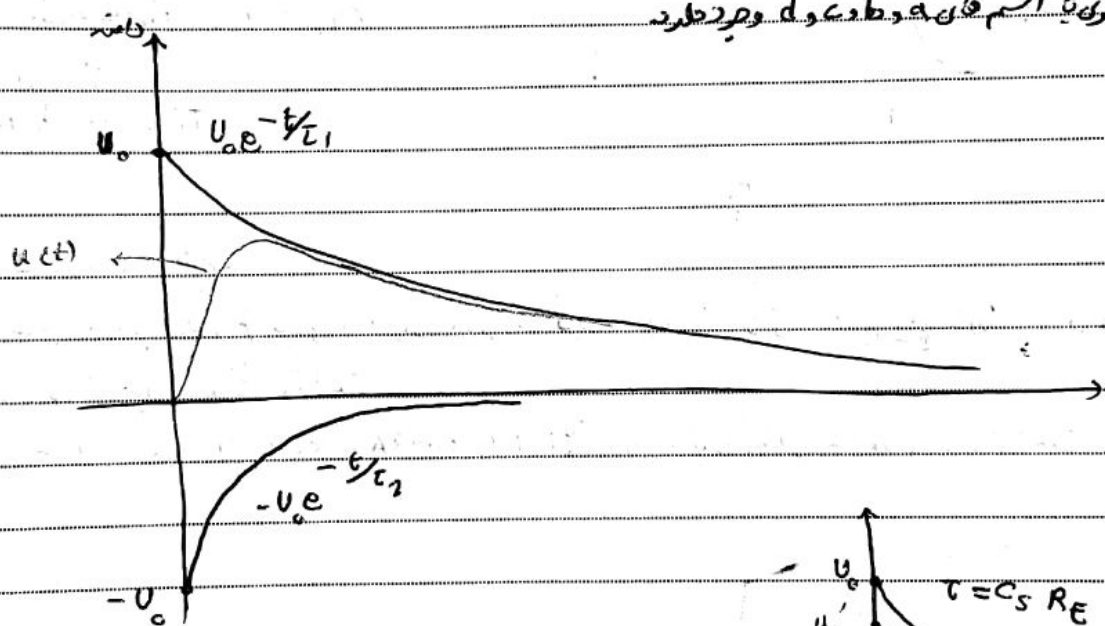
Year. Month. Date. ()



صاف کردن به خاطر روند شکست است در مسیر رسیدن به پهنای ترانس بستند (مثل در برخورد با مقعره) به خاطر همین دلیل روی پهنای باید تست فشرده انجام شود.

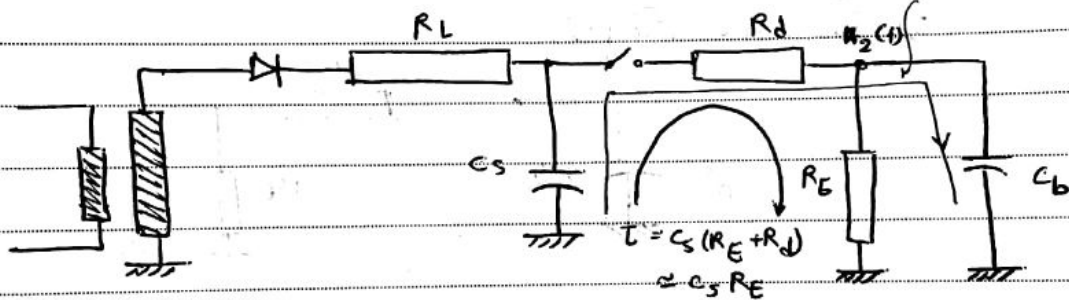
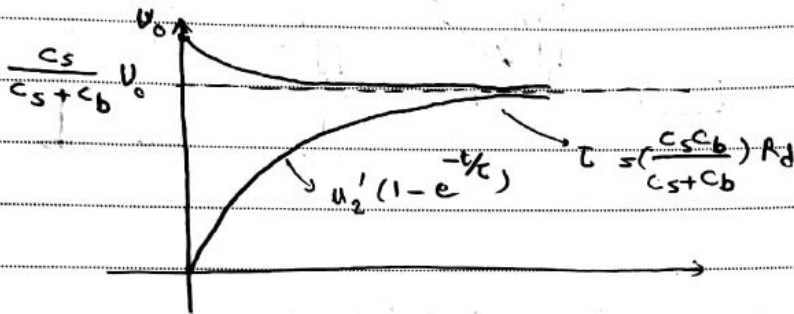
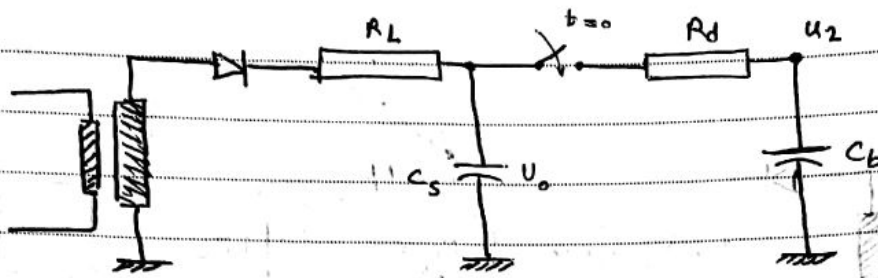
$$u(t) = U_0 (e^{-t/\tau_1} - e^{-t/\tau_2})$$

۴ عدد برای سافت شکل موج فشرده در کتاب های فشار قوی و اسم های a و b و c و d و هر دو طرف

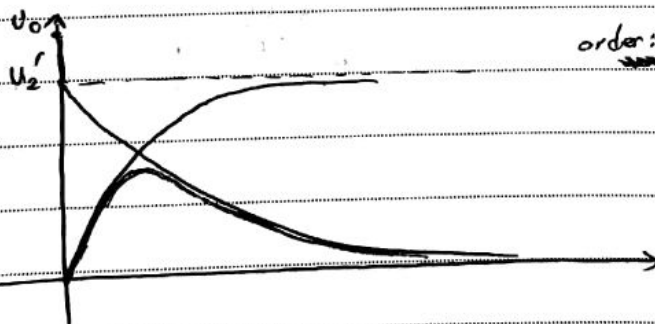


$$Q = C_S U_0 \rightarrow U_2' = \frac{Q}{C_S + C_b} = \frac{C_S}{C_S + C_b} U_0$$

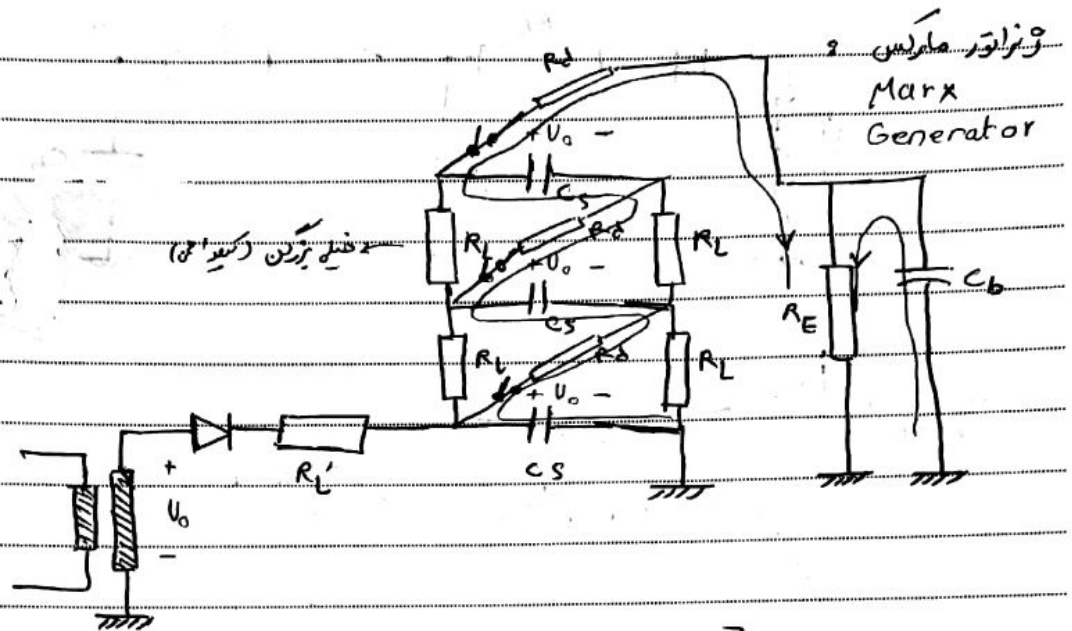
PARDIS



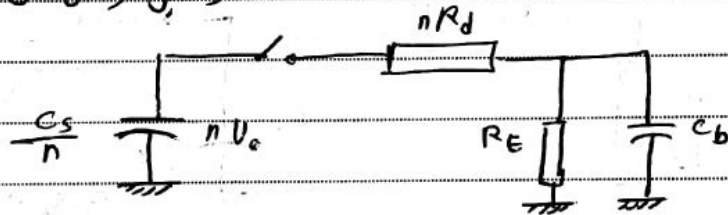
$R_E \gg R_D$
 $C_S \gg C_B$



- order: nF
- C_B خازن الکترولیت
 - C_S خازن الکترولیت
 - R_D مقاومت
 - R_E مقاومت



وقتی خازن ها تا V_0 شارژ شدند؟ مقاومت های R_L به خاطر بزرگ بودن ثابت زمانی زیاد در مقابل آنترانی های مورد نظر دارند.

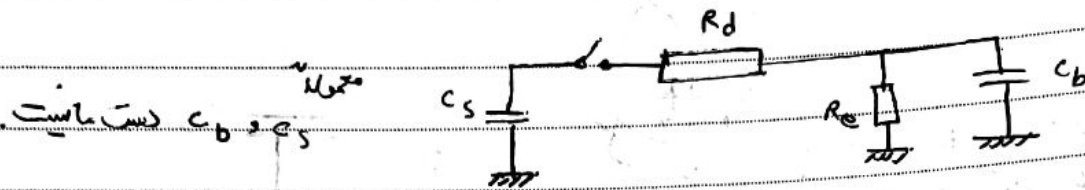


τ_r ثابت زمانی سری $\approx C_b \cdot nR_L$
 τ_f ثابت زمانی شریک $\approx \frac{C_s}{n} R_E$

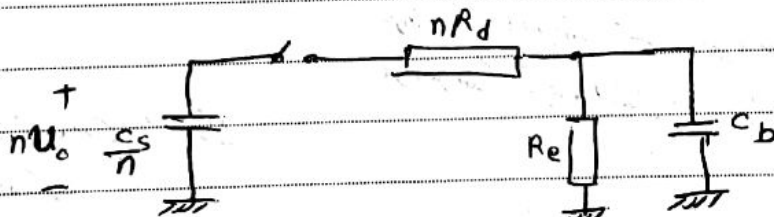
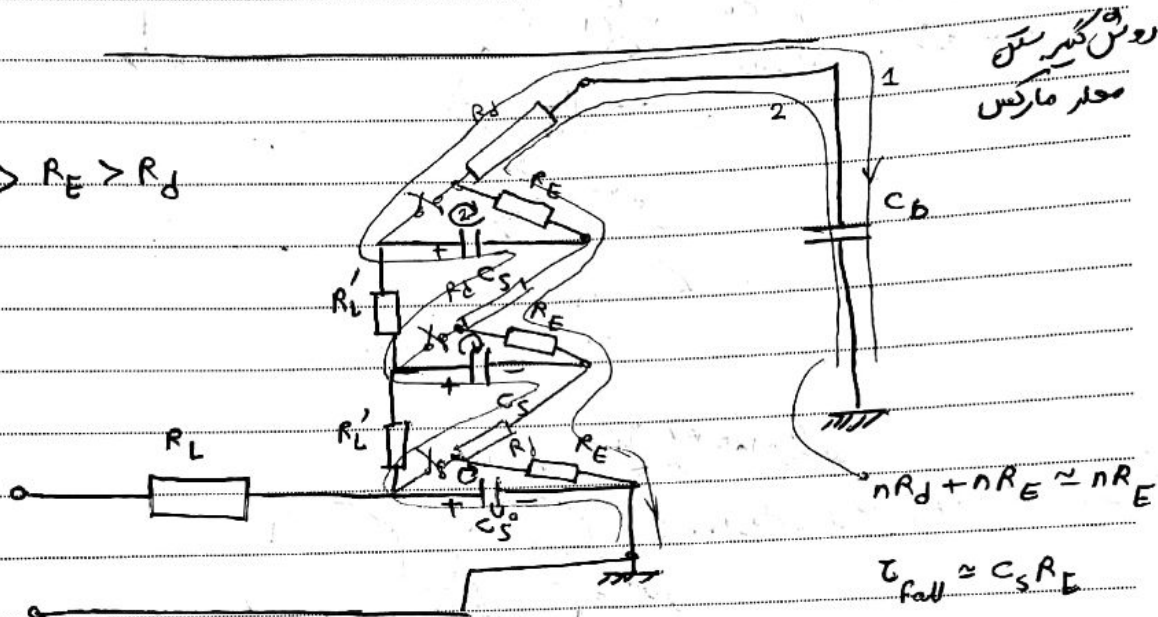
$4 \cdot 3 \times \tau_r = 1.2 \mu s \rightarrow \tau_r \xrightarrow{C_b} R_L$
 $V_0 e^{-t/5\mu s / C_F} = \frac{1}{2} V_0$
 $\frac{-50 \mu s}{\tau_f} = \frac{1}{2} \rightarrow \tau_f \xrightarrow{C_s} R_E$

Subject :

Year. Month. Date. ()



$$R_L' \gg R_E > R_d$$

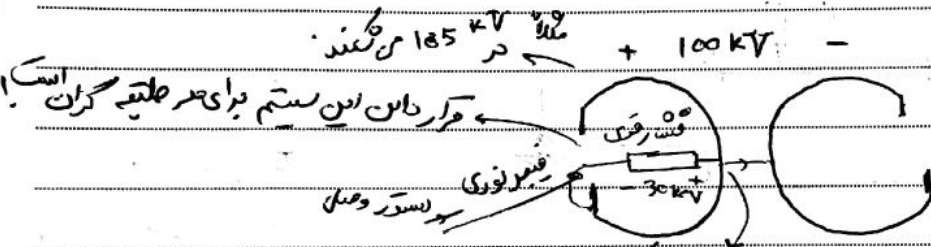
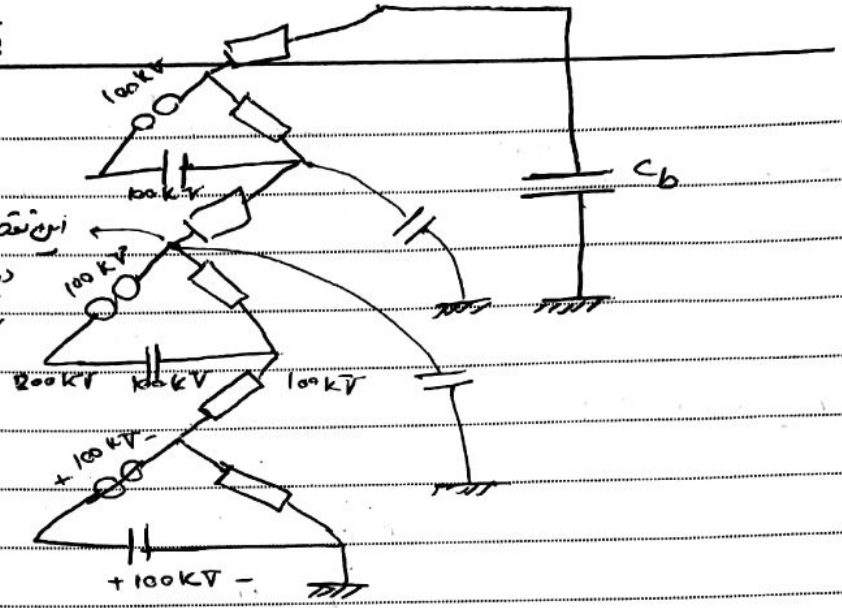


برای ساخت و تبار ضربی switching باید مقادیر مقاومت های بالا عین شود

کلیه های استفاده شده در ژنراتور مارکس ، spark gap است .

Subject :
 Year. Month. Date. ()

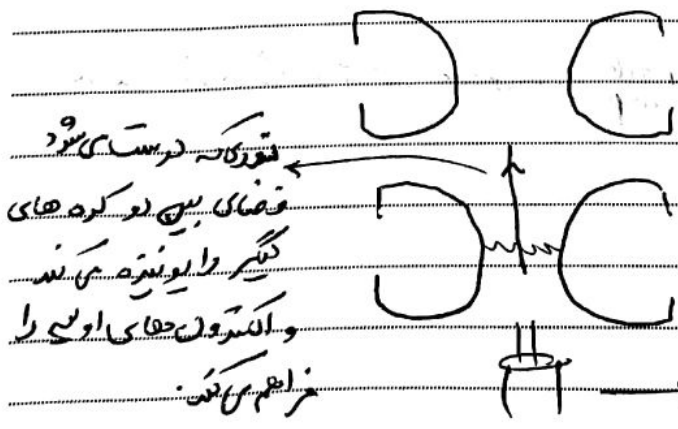
این نقطه به خاطر خازنهای پارازیتیک
 دیگر که 100 KV می شود و تا به 100 KV برسد
 کلید دور وصل شده است



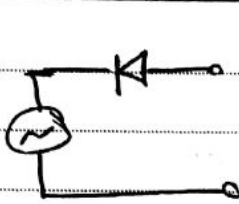
حیثیته ای که این می شود ترانسها می کشند، یون هادی زیادی در فضا
 آزاد می کنند و حریق و اتصال اصلی را قطع می کنند.

برای اینکه کابل این شکل موجب فوریته باید
 فیبر نوری استفاده کرد

فاصله زمانی بین وصل کننده در این حالت حدود چند ده نانوثانیه است.



برای ترانزاورهای
 با t_{rise} نانوثانیه
 استفاده می شود



بر تغییر جهت ضرب و منف کردن آن جهت دیود را برعکس می‌کنیم.
 مشخصاتی که در معرزه‌ها درج شده باید داشت:

- ولتاژ بارگیری هر طبقه
- خازن هر طبقه
- تعداد پله‌ها
- انرژی زنانه ضرب $\frac{1}{2} CV^2 \times n$

$d_{max} : C_s = 0.5 \mu F$

24

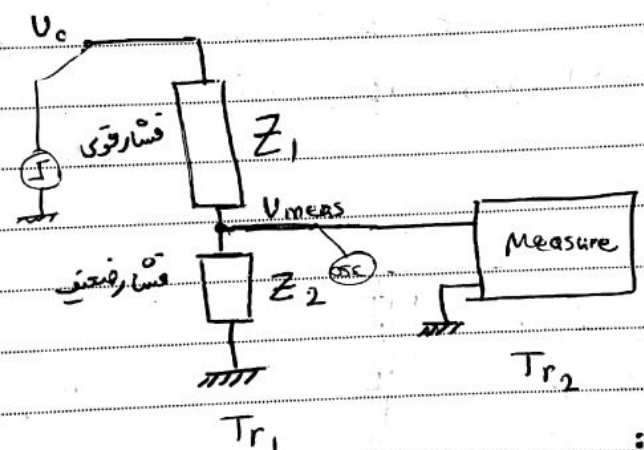
200kV

$$W = 24 \times \frac{1}{2} \times (200 \times 10^3)^2 \times 0.5 \times 10^{-6} = 240 \text{ kJ}$$

انرژی‌های فشاری :
 مقسم‌های ولتاژ

100V → 100V

$$U_{meas} = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} U_c$$

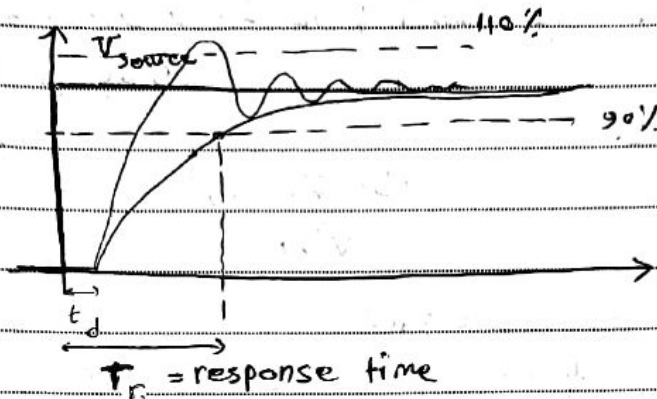


ویژگی‌های مقسم‌ها :

- 1- بارگذاری یا بی‌ممانعت بودن - عدم تأثیر سیستم اندازه‌گیری بر روی نیت مقسم
- 2- قابلیت تبدیل نیت مقسم با فرکانس

ولتاژ (فصل بدون یا ولتاژ) \leftarrow دما
 سلاک (مقاومت آرماتورها) \leftarrow عدم تأثیر خازن‌های پارازیتی

اندازه‌گیری دما و خروجی با پله و فرکانس‌های مختلف



$$T_r = (T_{r1}^2 + T_{r2}^2 + \dots)^{\frac{1}{2}}$$

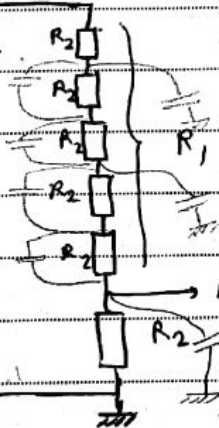
داشتن T_r برای اندازه گیری ولتاژ مزبور
 اضربه دارد

برای AC $T_r \approx 2.2T$

انواع معقسم ها : - مقاومتی
 - خازنی
 - خازنی جبرانی شده
 - خازنی با مقاومتی سری
 - مقاومتی با جبران زمانی میرانی (خازنی پراکنده)

معقسم مقاومتی :

از یک معقسم گواشتن مقاومتی ها
 مزیت دارد که همه تغییرات یکسانی
 خواهند داشت.

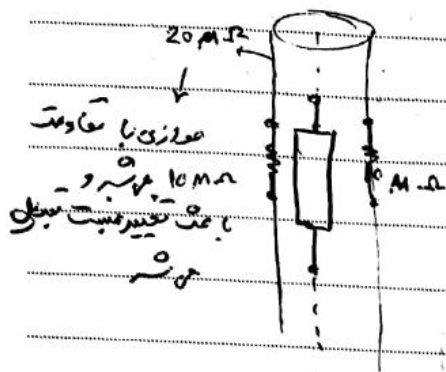


$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{in}$$

این رابطه فقط در حالت DC
 معتبر است. در خطای خازنی
 پراکنده

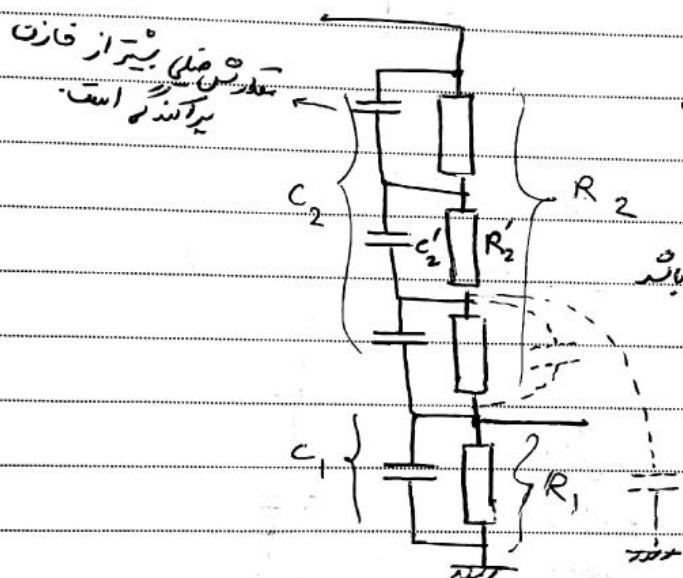
که حتی در فرکانس 50Hz در عمل

مقاومت خازن های پراکنده حتی تا 100 در تغییر نسبت تبدیل دارد - تا 2 برابر یا نصف



مثلاً اگر مجموع کل مقاومت های داخلی لوله 26 Ω باشد
 نشستن سردوخاک روی لوله باعث افزایش مقاومت روی آن
 تا order می شود
 26 Ω
 این مشکل در DC هم وجود دارد

مقسم های متوالی جبران کننده ی خازنی :
 Compensated



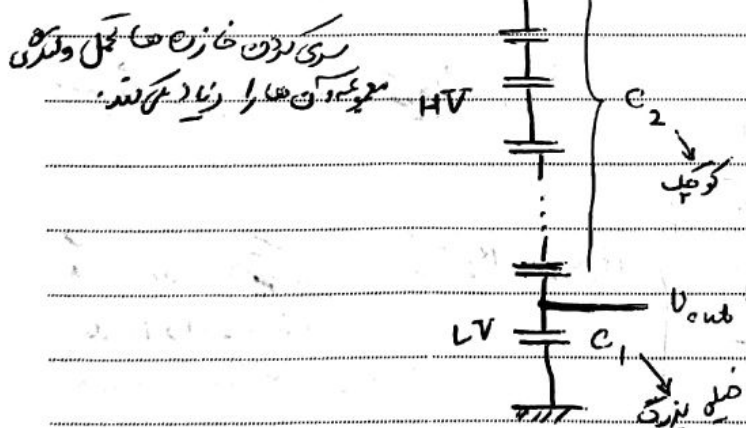
$$\frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{C_2}{C_1 + C_2}$$

$$R_1 C_1 = R_2 C_2 = R_2' C_2'$$

برای اینکه وابستگی به فرکانس نداشته باشد
 باید این رابطه برقرار باشد

به علت قیمت بالا برای ولتاژهای بالا استفاده نمی شود

مقسم های خازنی :



$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{C_2}{C_1 + C_2}$$

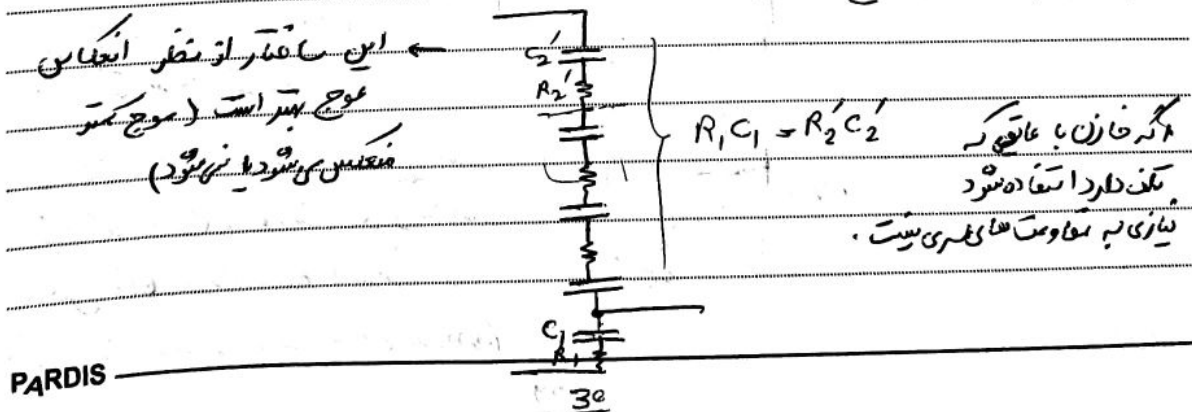
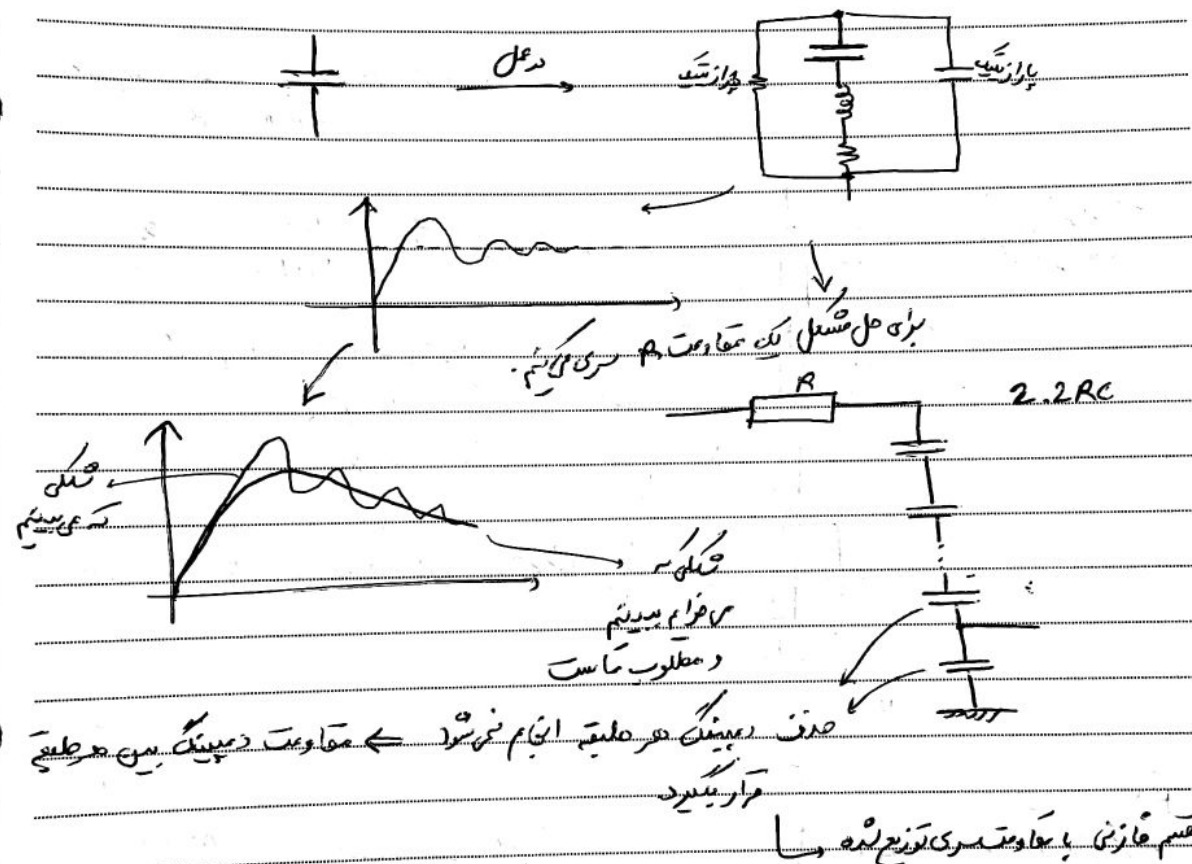
برای ولتاژ ضربه
 باید سازهای متفاوتی استفاده شود

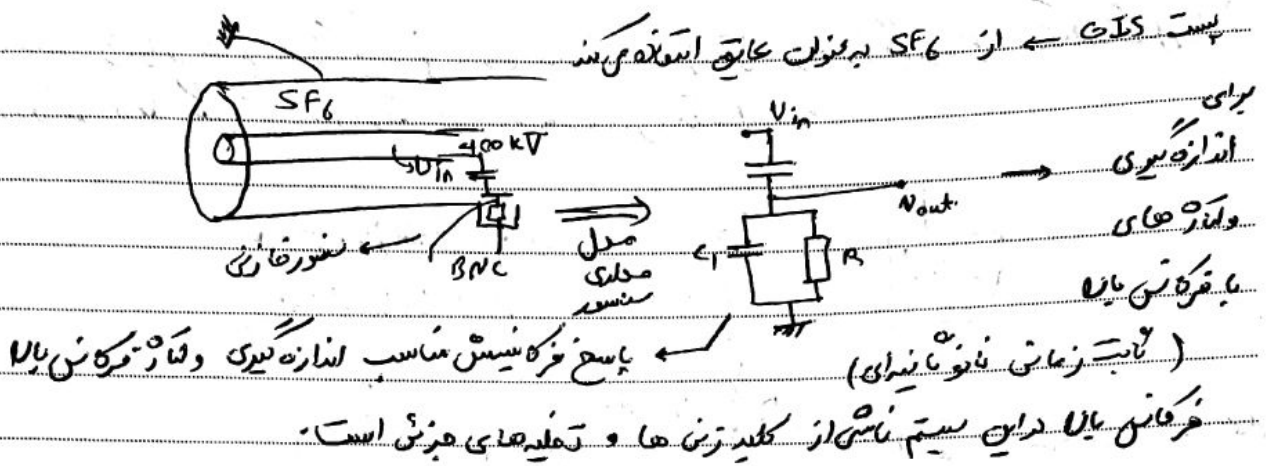
در حالت DC ، مقاومت ها تعیین کننده ی
 نسبت سیگنال است و مقاومت عایق آن ها دست نیست
 به همین خاطر در حالت AC استفاده نمی کنیم
 (در حالت AC ε نسبت به ε غلبه دارد)

Subject :

Year. Month. Date. ()

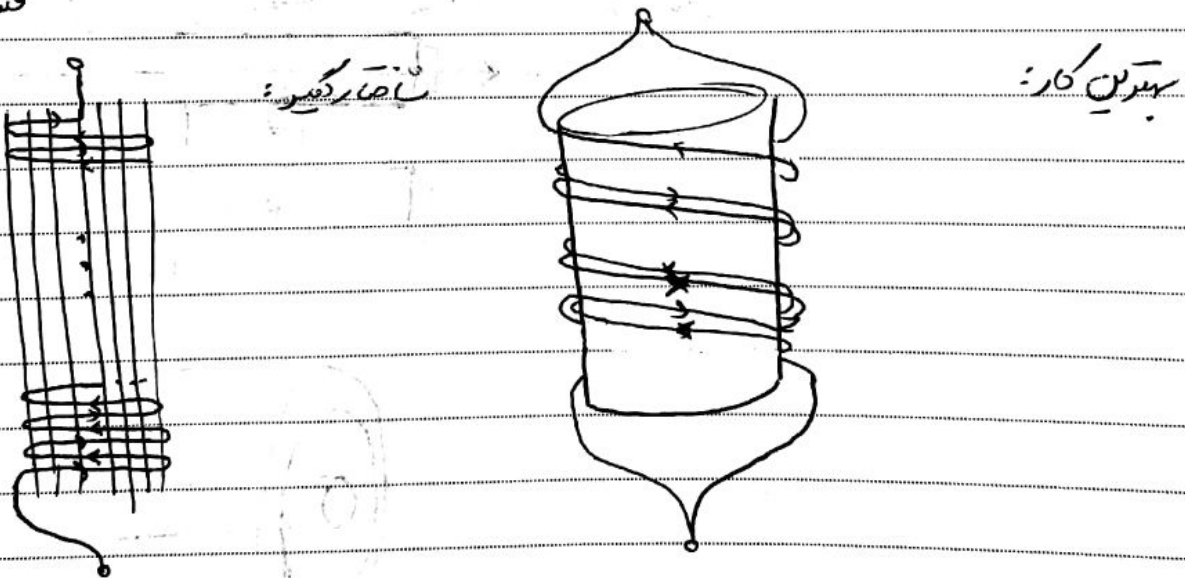
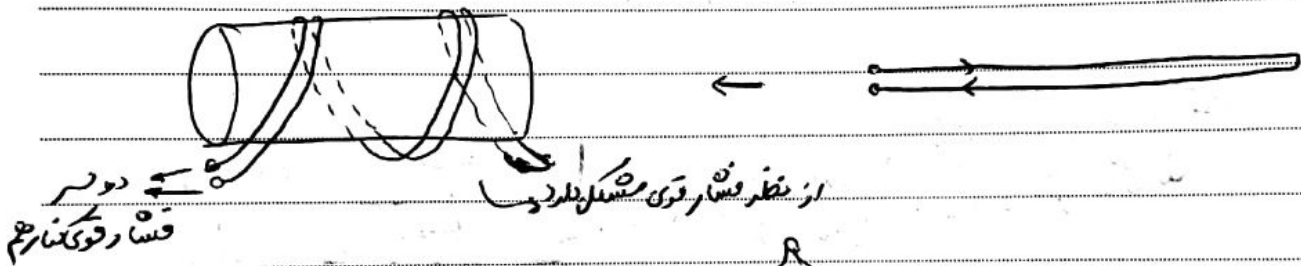
تأثیر خازن های پارازیتی : چون اندازه خازن های انتخابی برای مقسم بیشتر هستند تأثیر خازن های پارازیتی کم است . همیشه اگر چه ممکن است کمی نسبت تبدیل را تغییر دهد ولی پاسخ فرکانسی را تغییر نمی دهد (مقدار ثابتی خواهد داشت)
این تغییر را هم با کالیبره کردن می توان بطور دقیق



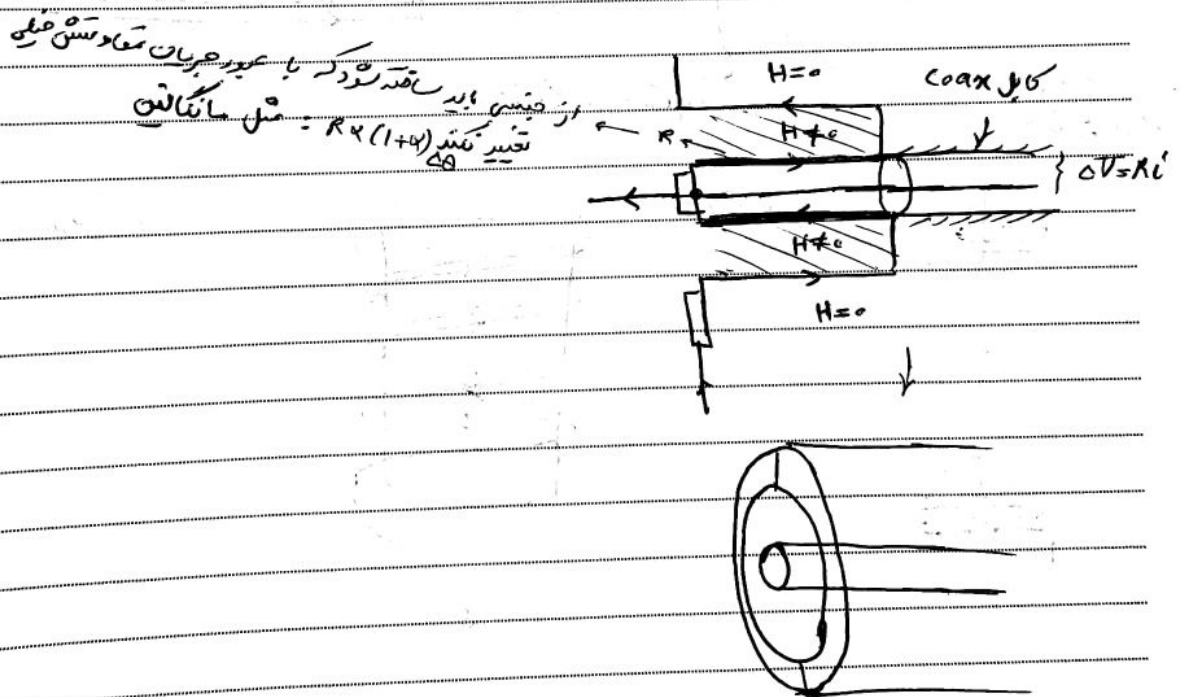
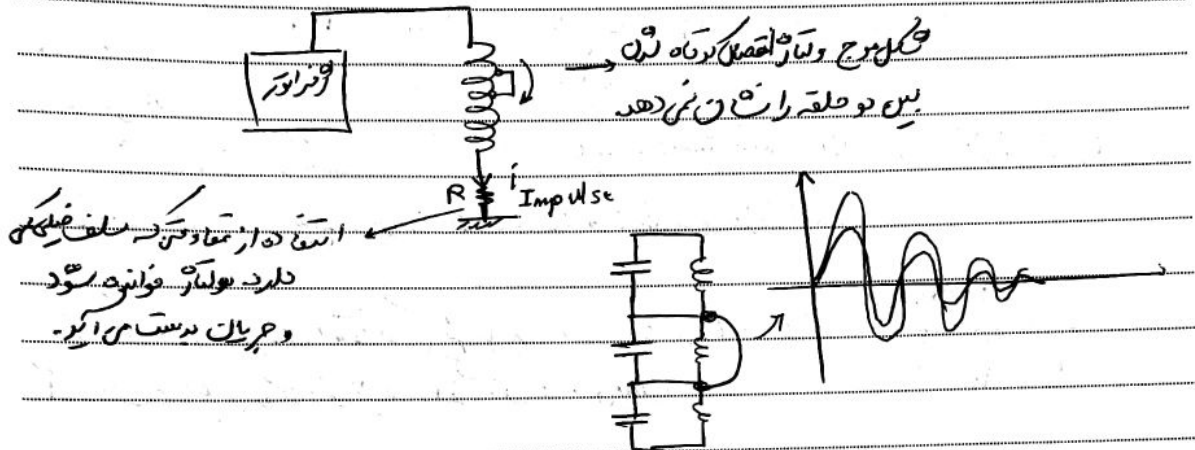


معادله که در فشار قوی استفاده می شود باید رلف زیادی داشته باشد

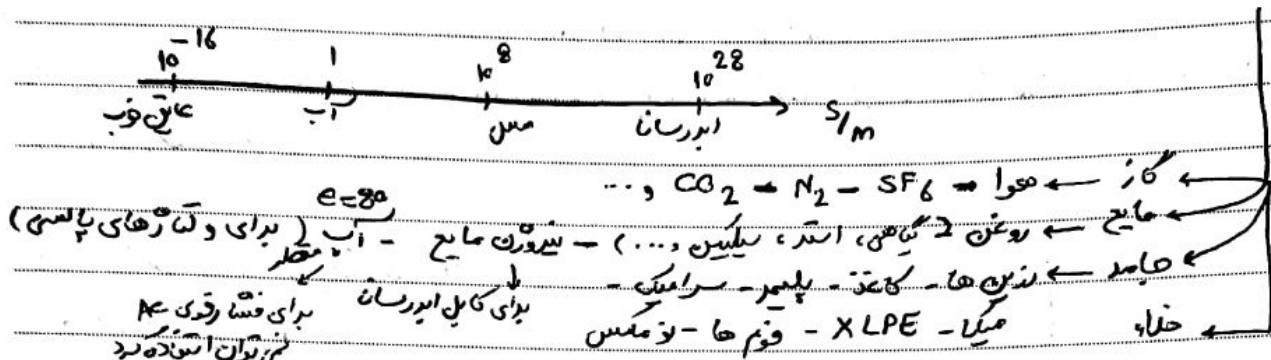
اگر میدان مغناطیسی رو به پیش رهم رلف آن کاهش میابد



جریان مغناطیسی را نیاز داریم اندازه گیری کنیم چون سافتور داخل ترانسفورماتور به گونه ای است که شکل ولتاژ مغناطیسی نمی تواند کامل بگیرد که چه اتفاقی در ترانسفورماتور افتاده است



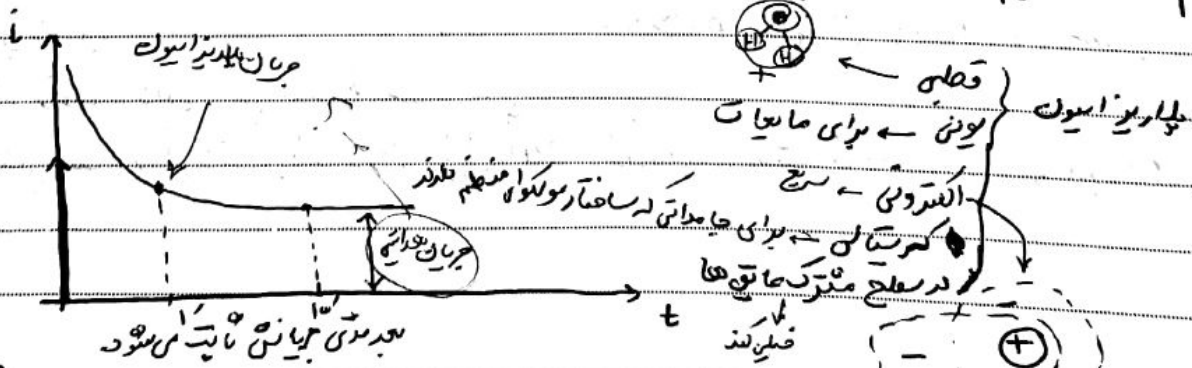
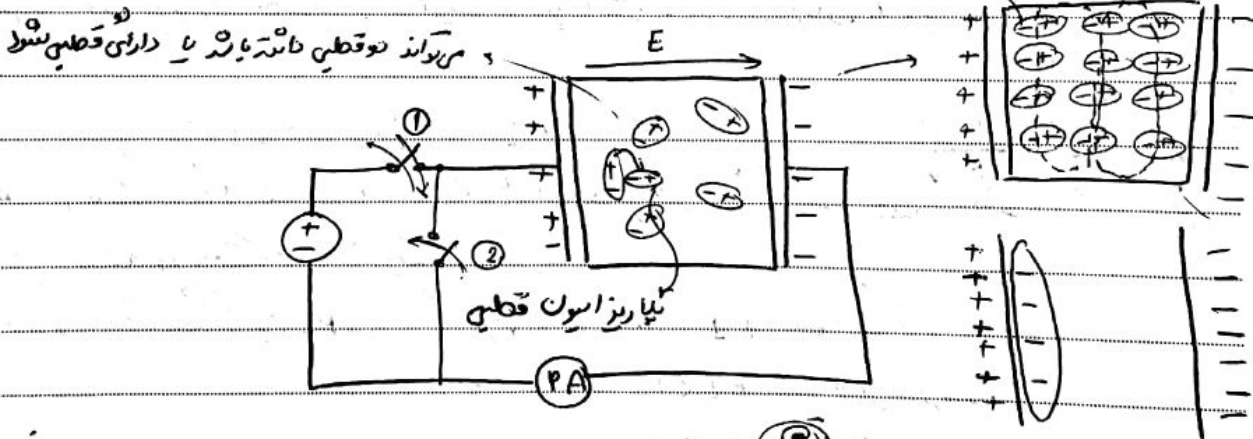
عایق‌های الکتریکی :



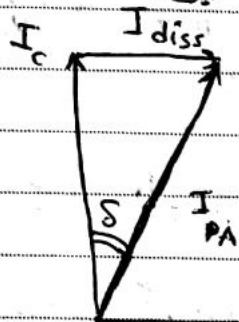
ویژگی‌هایی که عایق باید داشته باشند :

- پایداری شیمیایی در طول زمان
- وزن و هزینه
- استحکام مکانیکی
- هدایت حرارتی

تلفات کم (البته ممکن است این ویژگی در دونفر تکثیرم)

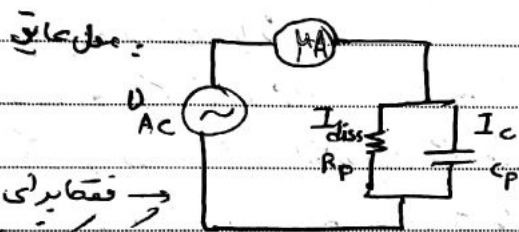


در حالت AC تعداد زیادی از انواع پلاریزاسیون ها می توانند در زمان کوتاه رخ دهند. تلفات عایق در این حالت بیشتر: تلفات پلاریزاسیون + تلفات هدایتی (هدایتی و پلاریزاسیون)



$$\tan \delta = \frac{I_{diss}}{I_C}$$

میزبان تلفات عایق
Dielectric Dissipation Factor
DDF



$$\tan \delta = \frac{I_{diss}}{I_C} \times \frac{V_{AC}}{V_{AC}} = \frac{P}{Q}$$

$$|\tan \delta| = \frac{I_{diss}}{I_C} = \frac{V_{AC}/R}{V_{AC}/Z_C} = \frac{1/R}{\omega C} = \frac{1}{\omega C R_P}$$

که از این رابطه می توان گفت با تغییر ω ، $\tan \delta$ هم تغییر می کند

$$10^{-4} < \tan \delta < 0.1$$

رنج $\tan \delta$ عایق ها

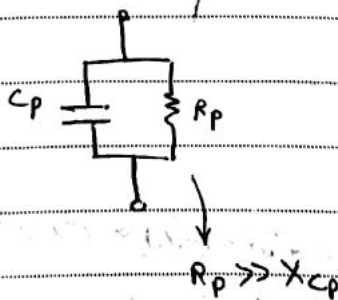
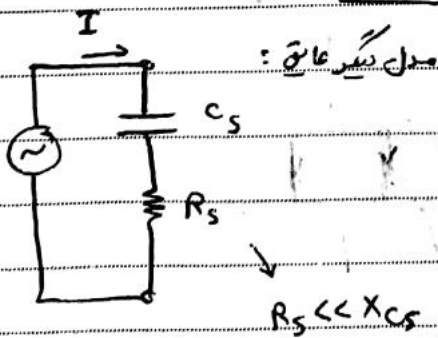
$$\tan \delta \times 100 \rightarrow \%$$

با درصد بیان می شود

$$\rightarrow 0.01\% < \tan \delta < 10\%$$

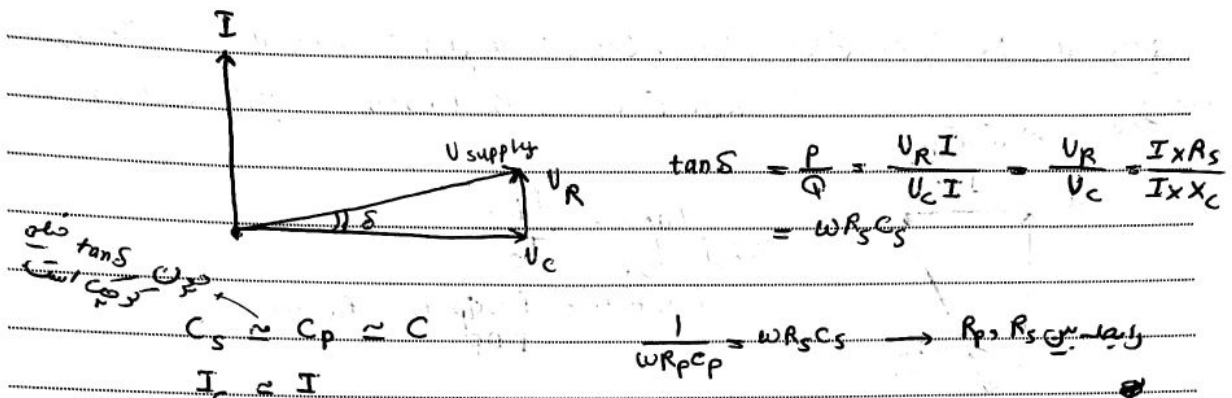
برای ترانس زیر 0.5% باقی خوب است.

$\tan \delta$ به ابعاد ربطی ندارد. برعکس خازن مثلا برای ترانس گواهی برده ϵ معیار خوبی برای بررسی سلامت ترانس نیست.



Subject :

Year. Month. Date. ()



$\tan \delta$ به ابعاد بستگی ندارد، پس ممکن است test obj یک نمونه از عایق باشد. جریان کل از عایق می‌گذرد.

با یک دستگاه باشد.

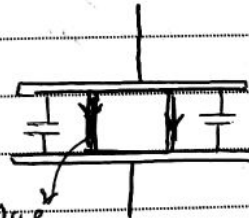
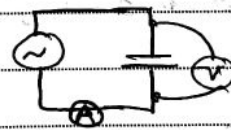
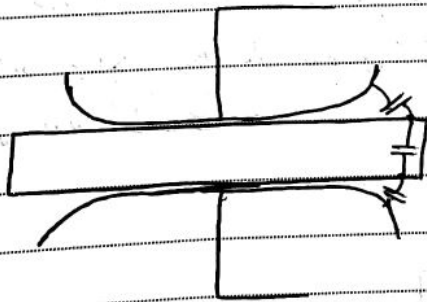
دما و فرکانس در ضرایب $\tan \delta$ تأثیر می‌گذارد. مقدار $\tan \delta$ روغن را در دمای 90° اندازه گیری می‌کنند. اگر در دمای 20° اندازه گیری شود مقدار $\tan \delta$ را برابر بدست می‌دهند.

با افزایش دما ضرایب ویسکوزیته ماده عایق کمتر می‌شود و مولکول‌ها راحت‌تر حرکت می‌کنند و راحت‌تر پل‌های یونیون را می‌سازند.

اندازه گیری ضرایب عایق در محیط‌های مختلف: - مقاومت عایق \rightarrow $\tan \delta$ - تغییرات ϵ با تغییرات ابعاد - تغییرات ϵ با دما زیاد نیست برخلاف $\tan \delta$

اندازه گیری ϵ :

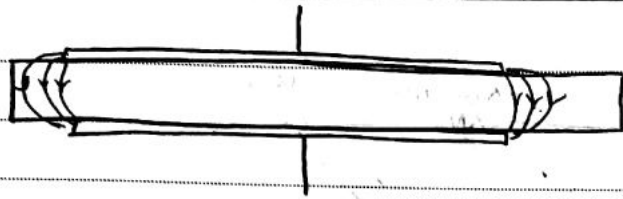
$$C = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{A}{d}$$



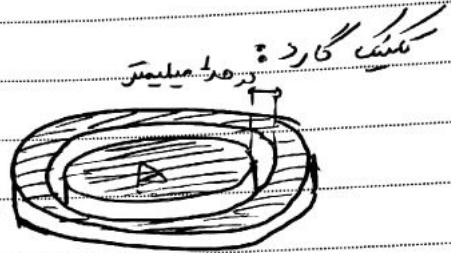
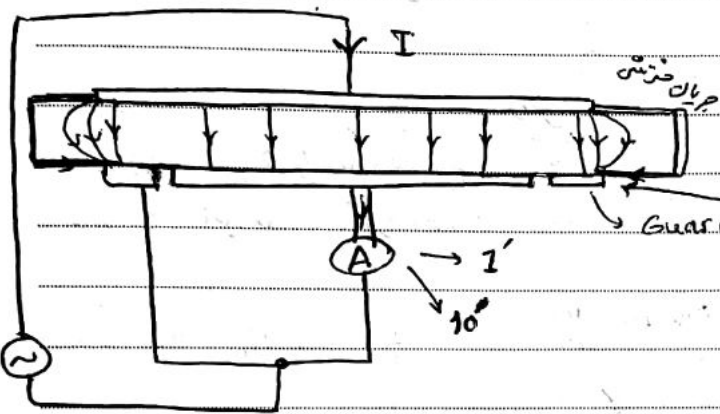
اندازه گیری ϵ

جریان دمای فرکانس قابل توجه هستند و جریان از مقاومت هم می‌گذرد.

این روش مناسب نیست زیرا از نظر شدت دمای عایق چون ابعاد زیاد است.



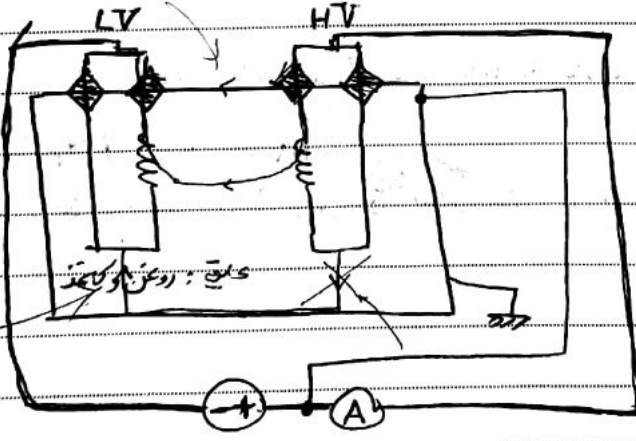
سردار در این حالت شکل است
 میدان مغناطیسی



از همین مقدار می توان استفاده کرد برای اندازه گیری مقاومت عایقی و مقاومت ویژه
 $R = \rho \frac{l}{A}$ منبع دc قرار می دهیم

جریان خزشی به خاطر عیار و رطوبت که روی سطح عایق هست و چون در سطح عیار و رطوبت عیار قوی تر است (ب. خاطر سطح ناهموار و تنوع) عبور جریان خزشی رخ می دهد

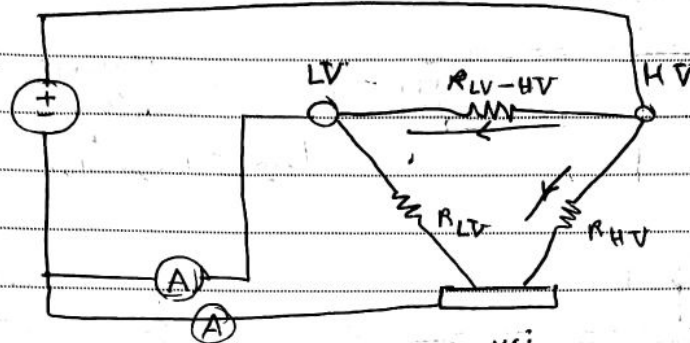
تراشه ها و مایه - دو نیم میچ - فشار قوی و فشار ضعیف و گشادگی - اندازه گیری PI و مقاومت عایقی



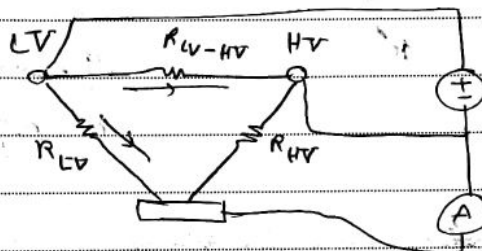
در این حالت جریان های ناپایسته نیز اندازه گیری می شوند

Subject :

Year. Month. Date. ()



گیربجوی R_{HV} را اندازه گیری کنیم
باید جایی که پتانسیل را تغییر دهیم.
نشان دهنده



اندازه گیری R_{LV} :

$R_{LV-HV} \rightarrow PI$

$R_{LV} \rightarrow PI$

$R_{HV} \rightarrow PI$

با این روش می توان هم اندازه گیری کرد

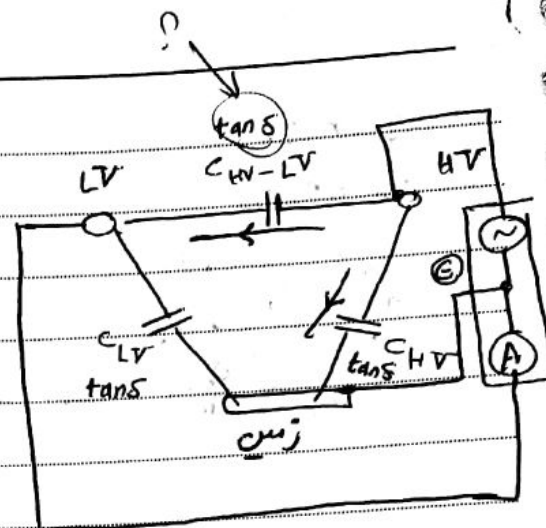
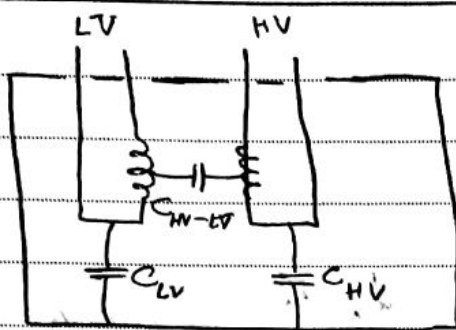
درستگاه هر که این اندازه گیری را انجام می دهد نگاه متر است

(مقیاس) سه تا باید دارد + - 0

در ترانس به فاز نمی توان مقاومت عایق های HV یا فازهای LV را اندازه گیری کرد چون

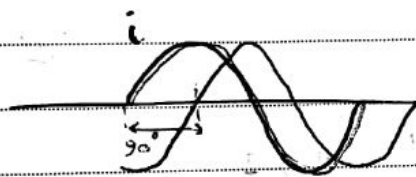
از نظر الکتریکی به هم وصل هستند.

تمرین : تعداد مقاومت های عایق یک ترانز و اندازه گیری آن ها



ولتاژ گیریها
 500V
 1000V
 2-5 kV
 5 kV

اندازه گیری $\tan \delta$:



$\tan \delta$ با این تأخیر شکل موج می شود.

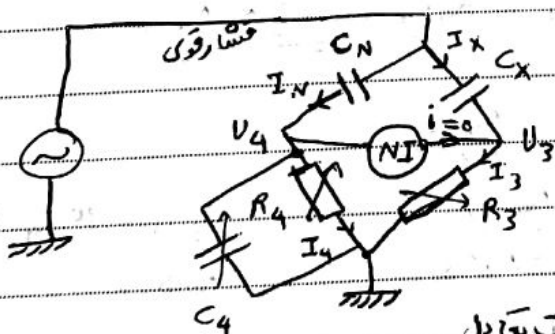
$$\tan \delta = 1 \times 10^{-3} = 0.1\%$$

$$\tan \delta \approx \delta \rightarrow \delta = 1 \times 10^{-3}$$

$$t_{\delta} = \frac{1 \times 10^{-3}}{2\pi} \times 20 \text{ ms} \approx 3 \mu\text{s}$$

برای اندازه گیری δ باید با دقت خیلی بالا نمونه برداری از جریان و ولتاژ انجام شود و نیاز هست که گذر از صفر جریان و ولتاژ تشخیص داده شود.

البته هیچ کدام از سیستم های صنعتی در دنیا به تنهایی با این روش نمی توانند دقیق اندازه گیری کنند. در گذشته از روش بی سیم استفاده می شده.



فاز C_N باید کاملاً معلوم باشد
 و با دقت 1 یکپارچه

NI متغیر دقیق و حساس
 null indicator

$$\text{در حالت تعادل} \rightarrow V_4 = V_3$$

$$U_{C_N} = U_{C_X}$$

$$I_N = I_4$$

$$I_X = I_3$$

Subject :

Year. Month. Date. ()

$$U_3 = R_3 I_3$$

$$U_4 = R_4 I_4$$

$$U_{C_N} = \frac{1}{\omega C_N} \times I_N$$

$$U_{C_X} = \frac{1}{\omega C_X} \times I_X$$

$$\frac{U_{C_N}}{U_4} = \frac{U_{C_X}}{U_3}$$

$$\frac{\frac{1}{\omega C_N} I_N}{R_4 I_4} = \frac{\frac{1}{\omega C_X} I_X}{R_3 I_3} \rightarrow C_X R_3 = C_N R_4$$

$$\rightarrow C_X = \frac{R_4}{R_3} C_N$$

اگر C_X تلفات داشته باشد مدار به تعادل نرسد چون جریان C_N و C_X اختلاف فاز خواهند داشت پس ولتاژ U_3 و U_4 اختلاف فاز دارند

برای جبران از اختلاف فاز می‌توانیم استفاده کنیم یک خازن متغیر با R_4 موازی شود. هر توانی که مقاومت هم با C_N سری کرد برای این تعادل اما برای اینکه خازن ها فقط قسمت قسما قوی باشند

$$\begin{array}{c} C_S \quad R_S \\ \text{---} \end{array} \rightarrow \tan \delta = \omega C_S R_S$$

معادلات جدید:

$$U_3 = R_3 I_3$$

$$U_X = \left(\frac{1}{j\omega C_S} + R_S \right) I_X$$

$$U_{C_N} = \frac{1}{j\omega C_N} I_N$$

$$U_4 = Z_4 I_4 = \left(\frac{1}{j\omega C_4} \parallel R_4 \right) I_4 = \frac{R_4}{1 + j\omega C_4 R_4} I_4$$

$$\frac{U_{C_N}}{U_4} = \frac{U_{C_X}}{U_3}$$

$$\frac{\frac{1}{j\omega C_N}}{\frac{R_4}{1 + j\omega C_4 R_4}} = \frac{\frac{1}{j\omega C_S} + R_S}{R_3} \rightarrow \frac{R_3 (1 + j\omega C_4 R_4)}{j\omega C_N} = \frac{R_4 (1 + j\omega C_S R_S)}{j\omega C_S}$$

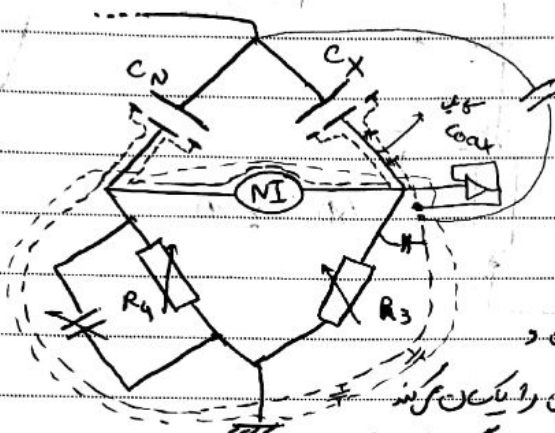
$$R_3 C_S + j\omega C_4 R_4 R_3 C_S = R_4 C_N + j\omega C_S R_S R_4 C_N$$

$$\rightarrow R_3 C_S = R_4 C_N \rightarrow C_S = \frac{R_4}{R_3} C_N$$

$$\omega C_4 R_4 R_3 C_S = \omega C_S R_S R_4 C_N \rightarrow \underbrace{\omega C_S R_S}_{\tan \delta} = \omega C_4 R_4$$

$$\rightarrow \tan \delta = \omega C_4 R_4$$

خازن های پارازیتیک که به ولاد و ولاد عمل می شود اندازه گیری را مشکل می کنند
 برای حل مشکل :



این روش یازیک ساله
 دارد و اون خازن
 قابل کوکسیال است که
 خیلی بزرگتر است.

برای حل این مشکل یک بافر ولتاژ بین معزنی و

شیلدها به C_{ox} قرار می دهیم (تایمل را یکسان می کنند)
 در حالتی که جریان نمی کشد در این حالت یک شیلد نباید در مسیر وصل به و باید خودش در فصل یک
 محافظه قرار بگیرد و اون محافظه باید زمین بشه.

مشخصات C_N :

1- مقدار خازن مشخص

2- طایفه زمان و رطوبت یا ... تغییر می کنند $\epsilon \propto \frac{A}{d}$

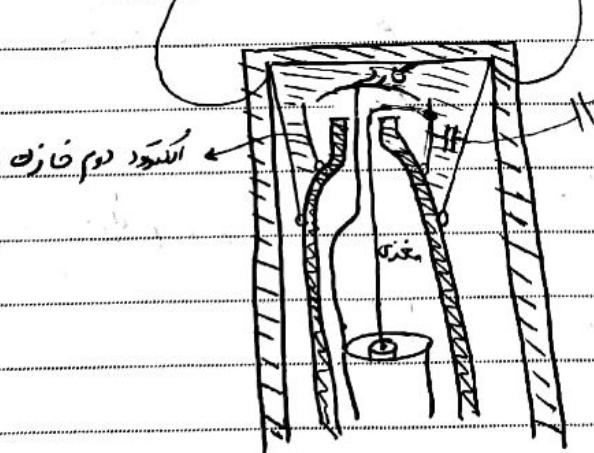
3- $\tan \delta$ خازن استاندارد باید بسیار کوچک باشد معادل ۱۰ برابر کمتر از C_x

4- مقدار خازن با عمل قرار گرفتن آن تغییر می کنند

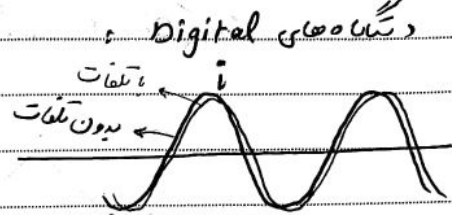
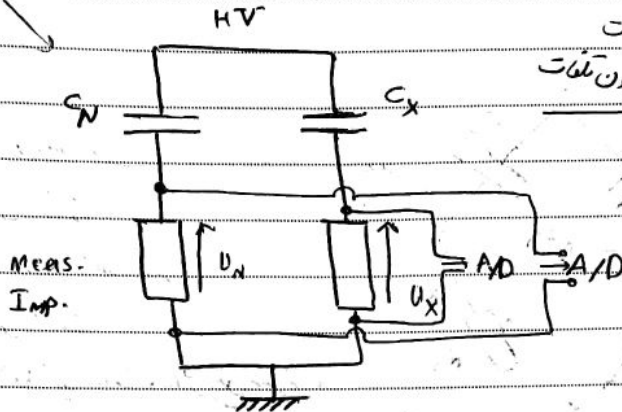
(همه ی $\tan \delta$ خیلی کم دارند)

$\epsilon_r = 1.00 \dots$ گازه با رطوبت خیلی هم تغییر نمی کند

5- تمیل ولتاژ آزمون را داشته باشد - از گاز بی روش استفاده می شود (قانون پاسن)



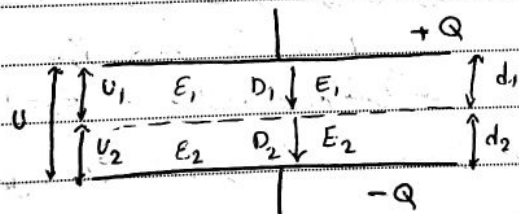
8



فصل مشترک عایق ها :

در راستای خطوط
 عمود بر خطوط
 موازی

در راستای خطوط هم پتانسیل



$$D_{1n} = D_{2n}$$

$$\epsilon_1 E_1 = \epsilon_2 E_2 \rightarrow \frac{E_1}{E_2} = \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}$$

$$\text{فرض: } \epsilon_1 < \epsilon_2 \rightarrow E_1 > E_2$$

$$U_1 = d_1 E_1 = d_1 \frac{D_1}{\epsilon_1}$$

$$U_2 = d_2 E_2 = d_2 \frac{D_2}{\epsilon_2}$$

$$U = U_1 + U_2 = d_1 \frac{D_1}{\epsilon_1} + d_2 \frac{D_2}{\epsilon_2}$$

$$= D \left(\frac{d_1 \epsilon_2 + d_2 \epsilon_1}{\epsilon_1 \epsilon_2} \right)$$

$$\frac{U_1}{U} = \frac{\frac{d_1}{\epsilon_1}}{\frac{d_1 \epsilon_2 + d_2 \epsilon_1}{\epsilon_1 \epsilon_2}} = \frac{d_1 \epsilon_2}{d_1 \epsilon_2 + d_2 \epsilon_1}$$

$$E_1 = U \frac{\epsilon_2}{d_1 \epsilon_2 + d_2 \epsilon_1}$$

$$E_2 = U \frac{\epsilon_1}{d_1 \epsilon_2 + d_2 \epsilon_1}$$

Subject :

Year. Month. Date. ()

$$C_1 = \frac{A_1 \epsilon_1}{d_1} \quad C_2 = \frac{A_2 \epsilon_2}{d_2} \Rightarrow C = A \frac{\epsilon_1 \epsilon_2}{d_1 \epsilon_2 + d_2 \epsilon_1}$$

مثال : $\epsilon_1 = 1$ $d_1 = 0.2 \text{ mm}$

زیرین : $\epsilon_2 = 4.5$ $d_2 = 9.8 \text{ mm}$

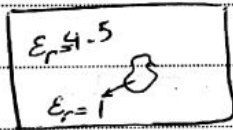
$U = 30 \text{ kV}$

$E_1 = 30 \frac{4.5}{0.2 \times 4.5 + 9.8 \times 1} = 12.6 \text{ kV/mm}$

$E_2 = 30 \frac{1}{0.2 \times 4.5 + 9.8 \times 1} = 2.9 \text{ kV/mm}$

مثال دیگر : $d = 1 \text{ mm}$, $U = 30 \text{ kV}$ و $\epsilon_1 = 1$

$E = 30 \text{ kV/cm}$ در مرز شکست



اگر یک یا چند عایق در زیرین یا قی جانبد میدان داخل عایق خالی بتر از داخل زیرین است و به مرور باعث از بین رفتن زیرین می شود به خاطر تخلیه جزئی Partial Discharge
با تخلیه جزئی جای جای بار صورت می گیرد

در سیستم های که چند عایق طبقه فاصلی بین هم عایق ها باید زیاد باشد

نکات :

1- عدد دی الکتریک در عایق های کنار هم ضلع متفاوت نباشد

2- عایق با ضریب دی الکتریک کوچکتر کم عرض نباشد

(عایق با ϵ زیاد را در جای قرار می دهیم که میدان قوی تر است)

3- عایق با ϵ بزرگتر در محل باشد که میدان شدیدتر است

(بزرگ بودن عدد ϵ ملاک فواید برای عایق نیست) درجه بندی

عدد ϵ های ۵۰ است آب ϵ حدود ۸۰ طرد و نزدیک های است و میدان اطراف خود را

2- ای 3 برابر کند و این باعث تبخیر و تحریف از آب می شود و می گاز شد تحمل این میدان زیاد را نمی دهد

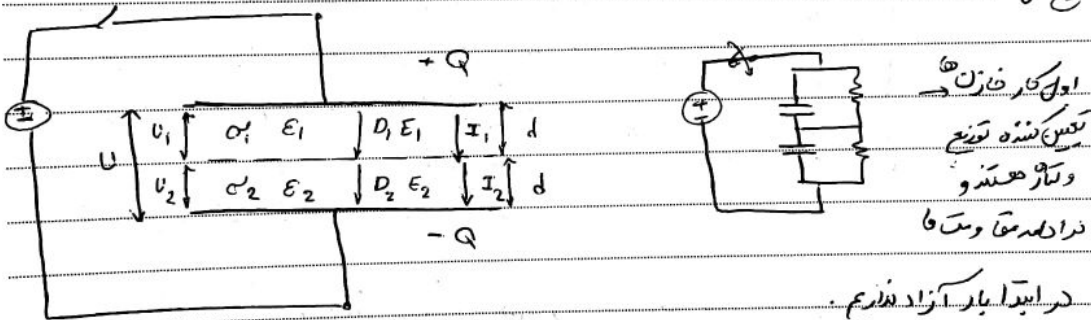
Subject :

Year. Month. Date. ()

70 KV → در 2.5 mm روغن خوب
اگر داخل روغن ترانس یک جاب صوا درست شود هوا تحمل این عیدال زیاد را ندارد و PD رخ می دهد
به مرور زمان این PD باعث تبخیر روغن می شود و جاب به مرور بزرگ می شود و باعث تخلیه کلی می گردد

برای جلوگیری از این مشکل هواگیری یا خلا کردن انجام می شود
جاب دگانه ها اینجای جمع می شود و اگر از حدی زیاد شود خودش فرمان قطع می دهد
رله بوخلتز Buchholz
رله مکانیکی
رله جاسوت کاربردش مثل بوخلتز

گاهی Gap به وجود آمده در عایق ها به خاطر انقباض و انقباض عادی یا لایه های عایق ها رخ می دهد



$$U_{10} = U \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1 + \epsilon_2} ; U_{20} = U \frac{\epsilon_1}{\epsilon_1 + \epsilon_2}$$

$$E_{10} = \frac{U_{10}}{d} ; E_{20} = \frac{U_{20}}{d}$$

$$J_{10} = \sigma_1 E_{10} ; J_{20} = \sigma_2 E_{20}$$

$$I_{10} = A \sigma_1 E_{10} ; I_{20} = A \sigma_2 E_{20}$$

$$I_{10} = U A \sigma_1 \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1 + \epsilon_2} ; I_{20} = U A \sigma_2 \frac{\epsilon_1}{\epsilon_1 + \epsilon_2}$$

$$I_{10} \neq I_{20} \rightarrow \text{باعث جمع بار آزاد می شود}$$

PARDIS

Subject :

Year. Month. Date. ()

تجسيع بار تازمانى ادامه ميدهند تا ميدان ها به گونه اي تغيير يابند

$$I_{1\infty} = I_{2\infty} \rightarrow A\sigma_1 E_{1\infty} = A\sigma_2 E_{2\infty} \rightarrow \frac{E_{1\infty}}{E_{2\infty}} = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$$

$$U = \frac{E}{d}$$

$$U_{1\infty} = U \frac{\sigma_2}{\sigma_1 + \sigma_2} ; U_{2\infty} = U \frac{\sigma_1}{\sigma_1 + \sigma_2}$$

$$D_{1\infty} = U \frac{\epsilon_1 \sigma_2}{d(\sigma_1 + \sigma_2)}$$

$$D_{2\infty} = U \frac{\epsilon_2 \sigma_1}{d(\sigma_1 + \sigma_2)}$$

$$D_{1\infty} = D_{2\infty} \frac{\sigma_2 \epsilon_1}{\sigma_1 \epsilon_2}$$

باري كه جمع مي شود به صورت هوائي جابجايي شود

كاغذ (پير - مرطوب) : $\epsilon_{r1} = 4.5$, $\sigma_1 = 10^{-11} [\frac{A}{m}]$

روغن : $\epsilon_{r2} = 2.2$, $\sigma_2 = 10^{-14} [\frac{A}{m}]$

$$U = 2kV \quad A = 1m^2 \quad d = 1mm$$

$$U_{2\infty} = 2kV \times \frac{4.5}{2.2+4.5} = 1343V \quad U_{1\infty} = 2kV \times \frac{2.2}{2.2+4.5} = 657V$$

$$U_{1\infty} = 2kV \times \frac{10^{-14}}{10^{-11} + 10^{-14}} \approx 2V \quad U_{2\infty} = 2kV \times \frac{10^{-11}}{10^{-11} + 10^{-14}} \approx 1998V$$

$$C = A \frac{\epsilon_1 \epsilon_2}{d\epsilon_2 + d\epsilon_1} = 1 \times \frac{2.2 \times 4.5}{2.2 + 4.5} \times 10^3 \times 8.85 \times 10^{-12} = 13.1 nF$$

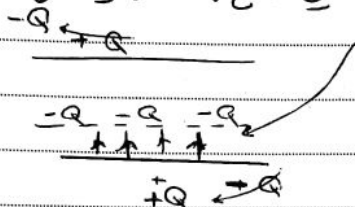
$$E_2 = \frac{U_2}{d} = \frac{1998}{1mm} = 1.998 \times 10^6 \frac{V}{m} \quad D_2 = \epsilon_2 \epsilon_0 E_2 = 1.998 \times 10^6 \times 2.25 \times 10^{-12} \times 2.2 = 3.89 \times 10^{-5} \frac{As}{m^2}$$

$$Q_2 = D_2 A = 3.89 \times 10^{-5} As \rightarrow C = \frac{Q_2}{U} = \frac{3.89 \times 10^{-5}}{2000} = 19.45 nF$$

type آفر يلازينه ايون به ميزبين دو عايق به علت تغيير خازن سيستم مي شود
↓
زيان هوائي

Subject :
 Year. Month. Date. ()

در سیستم HVDC باید مراقب حالت اولیه و نهایی توزیع ولتاژ باشیم
 و قویج صافه باعث می شود که خازن دوباره یکسین نشه باید (مقاومت بار) در حالت
 ممکن است جهت ولتاژ عکس شود و این موضوع باعث از بین رفتن یکی از عایق های می شود



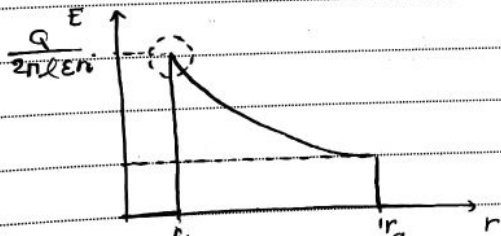
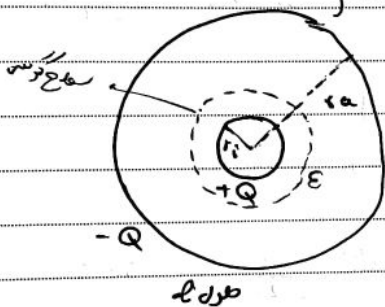
در حالت نهایی تغییر می کنند یعنی با تغییر دما ولتاژ
 در حالت نهایی تغییر می کنند

$$\oint \vec{D} \cdot d\vec{l} = Q \quad 2\pi r l \cdot D = Q \rightarrow D = \frac{Q}{2\pi r l}$$

$$E = \frac{Q}{2\pi r \epsilon l}$$

$$V = \int_{r_i}^{r_a} \frac{Q}{2\pi r \epsilon l} dr = \frac{Q}{2\pi \epsilon l} \ln \frac{r_a}{r_i}$$

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{2\pi \epsilon l}{\ln \frac{r_a}{r_i}}$$



$$\epsilon_1 > \epsilon_2 > \epsilon_3$$

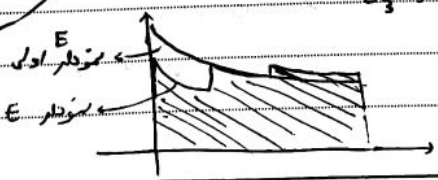
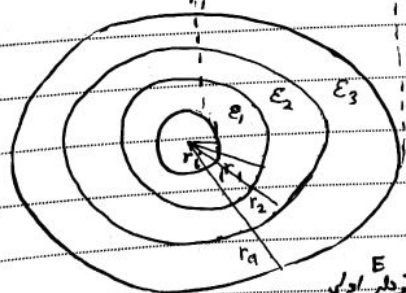
با فرض اینکه در حالت جدید
 هم بار Q وجود دارد

$$D = \frac{Q}{2\pi r l}$$

$$E_1 = \frac{Q}{2\pi r l \epsilon_1} \quad r_i < r < r_1$$

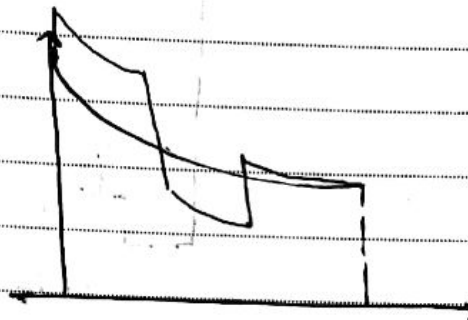
$$E_2 = \frac{Q}{2\pi r l \epsilon_2} \quad r_1 < r < r_2$$

$$E_3 = \frac{Q}{2\pi r l \epsilon_3}$$



باید یکی باشد
 $U = \int E \cdot dl$
 PARDIS

اگر $\epsilon_2 > \epsilon_1 > \epsilon_3$:



برای همگام سازی میدان ها متعادل می شوند
 متعادل سازی میدان
 Field Grading
 تغییر میدان

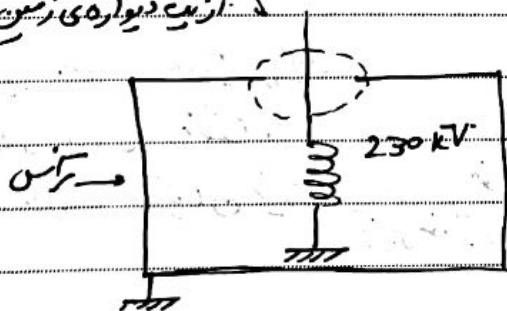
به این حالت فاکتور با تغییر ϵ حاصل انجام می شود ← Field Displacement
 جابجایی میدان

ضرر به استفاده از عایق : در حالت اول که یک عایق قرار داده باید از یک عایق با تحمل بالا و هزینه بالاتر استفاده شود در حالی که تنها از چند سانتی متر و طول محدود آن استفاده می شود اما اگر چند عایق با تحمل کمتر و از آن تر قرار داده شود ممکن است به صرفه تر باشد و انوعده طول عایق ها استفاده شود.

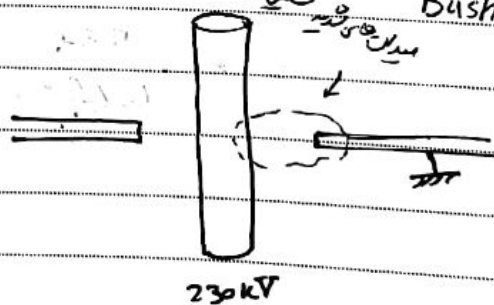
یک میدان : ضرر به استفاده
 متعادل میدان

از این روش Field grading امروز خیلی کم استفاده می شود.
 گرادیگ
 ولی در GIS استفاده می شود. (تمرین HW4)

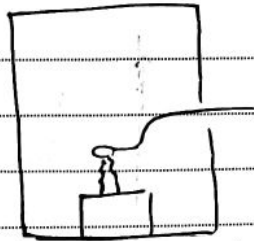
خروج یک هادی در تار طار
 از یک دیواره ی زمین شده



بوئینگ :
 Bushing
 میله های چوبی (سخت)

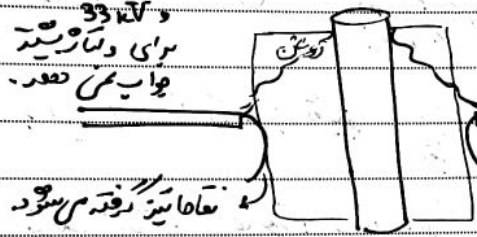


داخل آزمایشگاه فضا رادی
 همین پدیده رخ می دهد



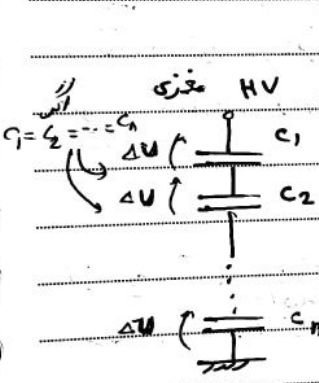
راه حل استفاده از پوشش است.

در ران های 20 kV
 و 33 kV
 برای واکوئیت
 جواب نمی دهد.

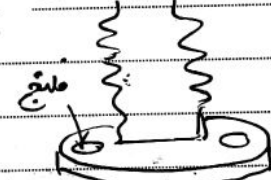
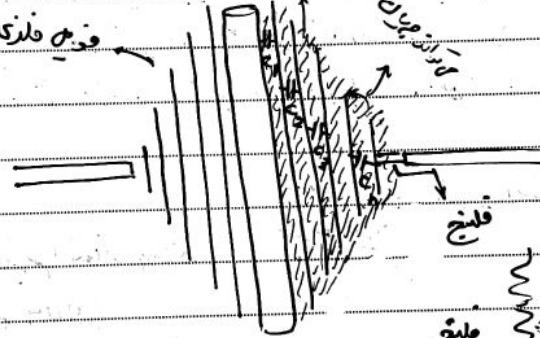


تعداد نیز گرفته می شود

خوشه باعث آلودگی می شود
 و خورد و خوراک



فیلد فلزی



$\Delta V = \int E \cdot dl$
 و در هر قسمت
 یکسان است

$$C = \frac{2\pi \epsilon_0 l}{\ln\left(\frac{r_{out}}{r_{in}}\right)}$$

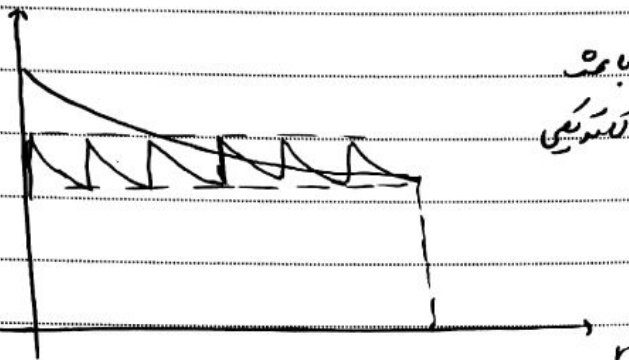
با تغییر r_{out} می توان

حالت های مختلف ساخت

البته در عمل C ها یکسان نیستند

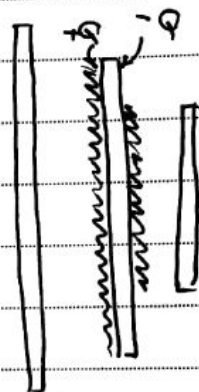
(آلودگی فضا رادی)

ε

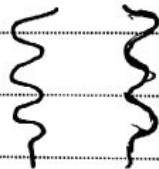


در اینجا ε ثابت است و چیزی در بار
 جوش و تغییر میدان میسرود بارهای الکتریکی
 روی فولادها است.

حالت این که D غیر یکنواخت می شود متفاوت بودن چگالی بار
 روی سطح دو طرف هر فولاد است با اینکه معیاری بار روی
 دو سطح صفر است.

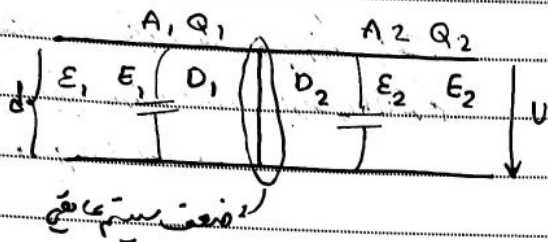


فاصله خازن که بیرون پوشش وجود دارد به خاطر اینکه جریان خازن می ریزد می کشند چون بیرون پوشش
 که داخل ترانس نیست گرد و خاک و باران می آید.



از تغییر خازن پوشش می توان فهمید که پوشش آسیب دیده است یا خیر

فصل ششم در رانندگی میدان :
 مضافاً



$$E_{t1} = E_{t2} \Rightarrow E_1 = E_2 = \frac{V}{d}$$

$$D_1 = \epsilon_1 E_1 \quad D_2 = \epsilon_2 E_2$$

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2} = \frac{E_{v1}}{E_{v2}}$$

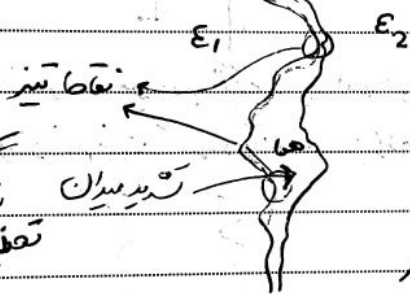
$$Q_1 = D_1 A_1 = \epsilon_1 \frac{V}{d} A_1 \quad Q = CV \quad C_1 = \frac{\epsilon_1 A_1}{d}$$

$$Q_2 = D_2 A_2 = \epsilon_2 \frac{V}{d} A_2 \quad C_2 = \frac{\epsilon_2 A_2}{d}$$

و غیر یکثبات

بار Q_1 و Q_2 متفاوت است پس چگالی بار به خاطر یکثبات بودن plate ، متفاوت است.

سوفتن عالی و جریان خزشی → آلودگی و تغییر در ولت → از دید مهندسی و سازه



در طراحی

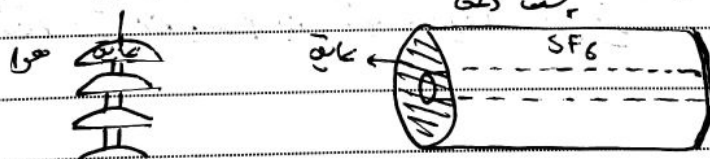
به دلیل های گفته شده از این سیستم عالی

استفاده نمی شود ولی بعضی جاها به اجبار باید استفاده شود

کجا پس در ناحیه هوا تعریف می شود و جود دارد

اگر مشکلات بالا را نداشته باشد به خاطر مزیت آن بلکه به خاطر

اجبار باید از این سیستم استفاده می شد :
 بست SF6

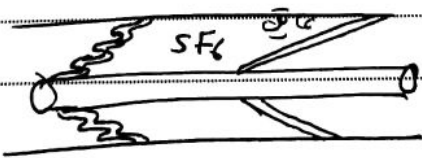


برای جلوگیری از نشت سطحی Surface Discharge

برای حل مشکل برای مقوره فاعلای خزشی را افزایش می دهند پس راه حل :

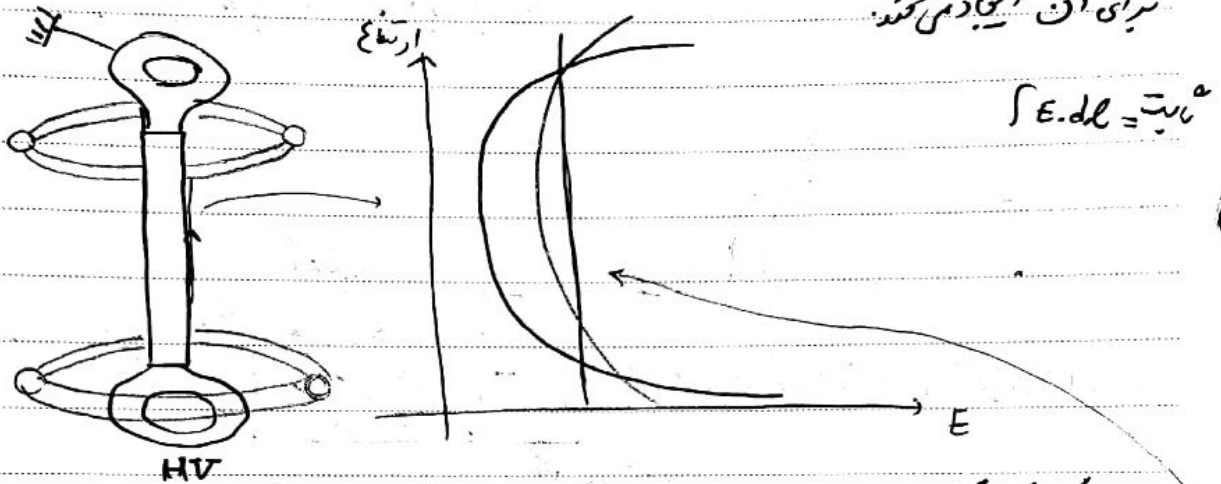
- 1- افزایش فاعلای خزشی به نحوی که 1- طول میدان از الکترولیت 2 افزایش یابد.
- 2- سوزن متدک کاملاً در انتهای میدان نباشد (مورد ب)

برای GIS :



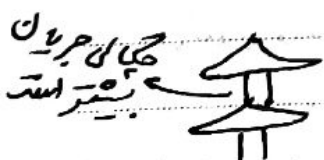
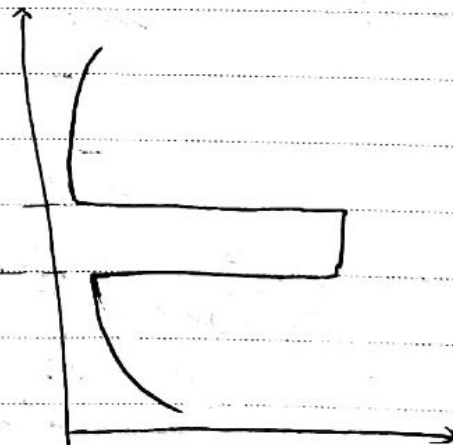
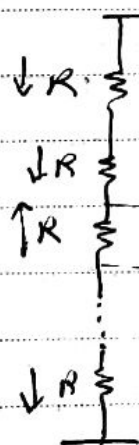
① کنترل آلودگی و رطوبت: مثلاً در مورد GIS فضا بسته است و این کار انجام می شود
در سافت خازن ها: در clean room می سازند در محیطی که خالی از بخار و هوای آلوده

شیشه و سرامیک به طور یکنواخت ضعیف می شود و این برای مقره های شل قبل یک نوع گسست به
برای آن ایجاد می کند



تا زمانی که آلودگی ایجاد شده روی سطح هدایت کم دارد مشکل درست نمی کند
اگر رطوبت به وجود بیاید سطح تبدیل به ایزوله می شود و هدایت افزایش می یابد. در نتیجه توزیع
حدهای متفاوت می شود

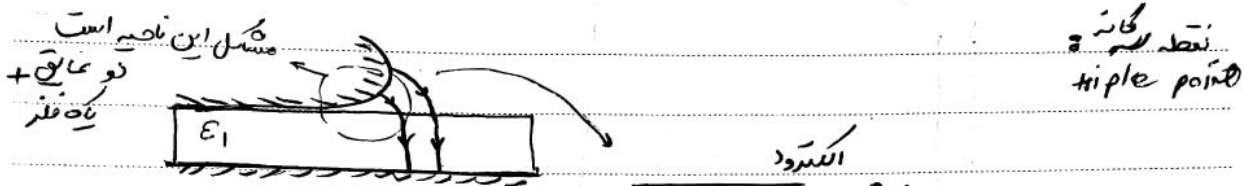
اما محاسبه این که آلودگی و رطوبت به طور یکنواخت نیست یعنی
به جاهایی مقاومت زیاد و به جاهایی مقاومت کم است



تعلیمی باید خشک: به خاطر هم زیاد بود جریان در بعضی جاهای مقره و بعضی آن جاها فک می شود
و باعث تغییر مقاومت های آن در جاهای مختلف می شود
Dry-band Arcing

PAPCO

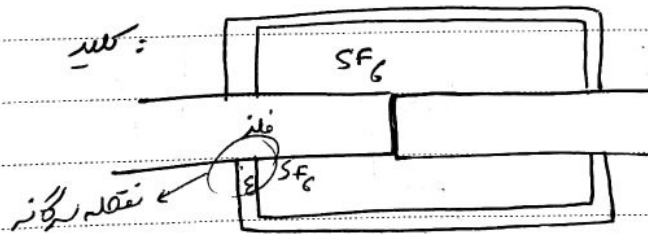
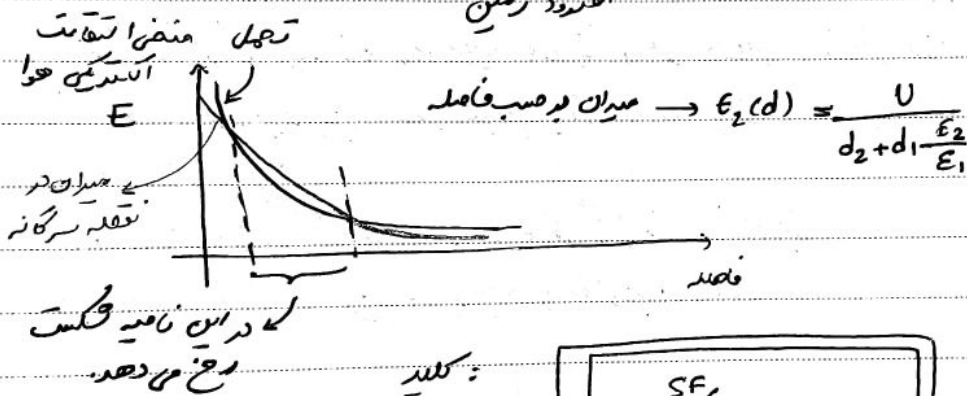
برای جلوگیری از پدیده ی تخلیه باید خشک از مقره های پلیمری استفاده می شود چون رطوبت به صورت قطره های یکنواخت قرار می گیرند.
جایه که اگر دگر زرد هست بهر جهت از مقره سرامیکی استفاده شود چون پلیمری هم شکلات خورده را دارد. مثلاً نمی توان به آن زنجیره اضافه کرد و طولش ثابت است. برای مقره سرامیکی ممکن است بعد از نیاز باشد که تعداد طبقات مقره زیاد باشد.



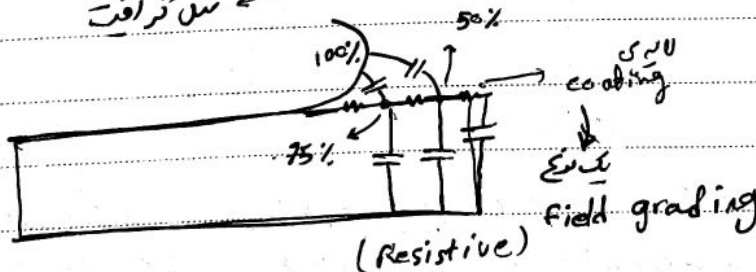
میدان قوی این ناحیه مشکل ساز است.

$$\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} = \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2} > 1$$

اکسید زرد

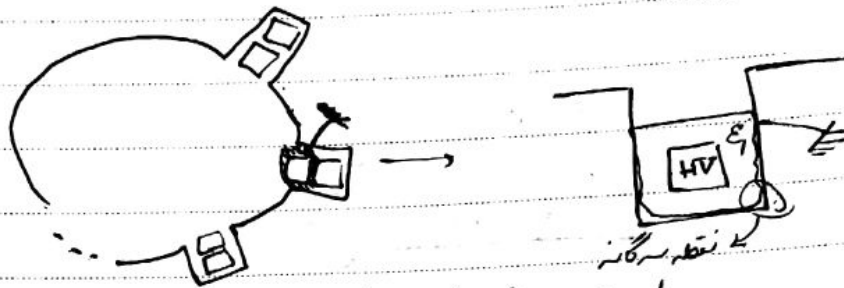


راه های زیادی برای شکل وجود دارد یکی اینکه از یک نیمه هادی (به عنوان) روی عایق کوبیدن اینم بشود.



اگر از یک ماده با مقاومت غیر خطی استفاده شود بهتر است چای که میدان قوی تر است مقاومت کمتر باشد.

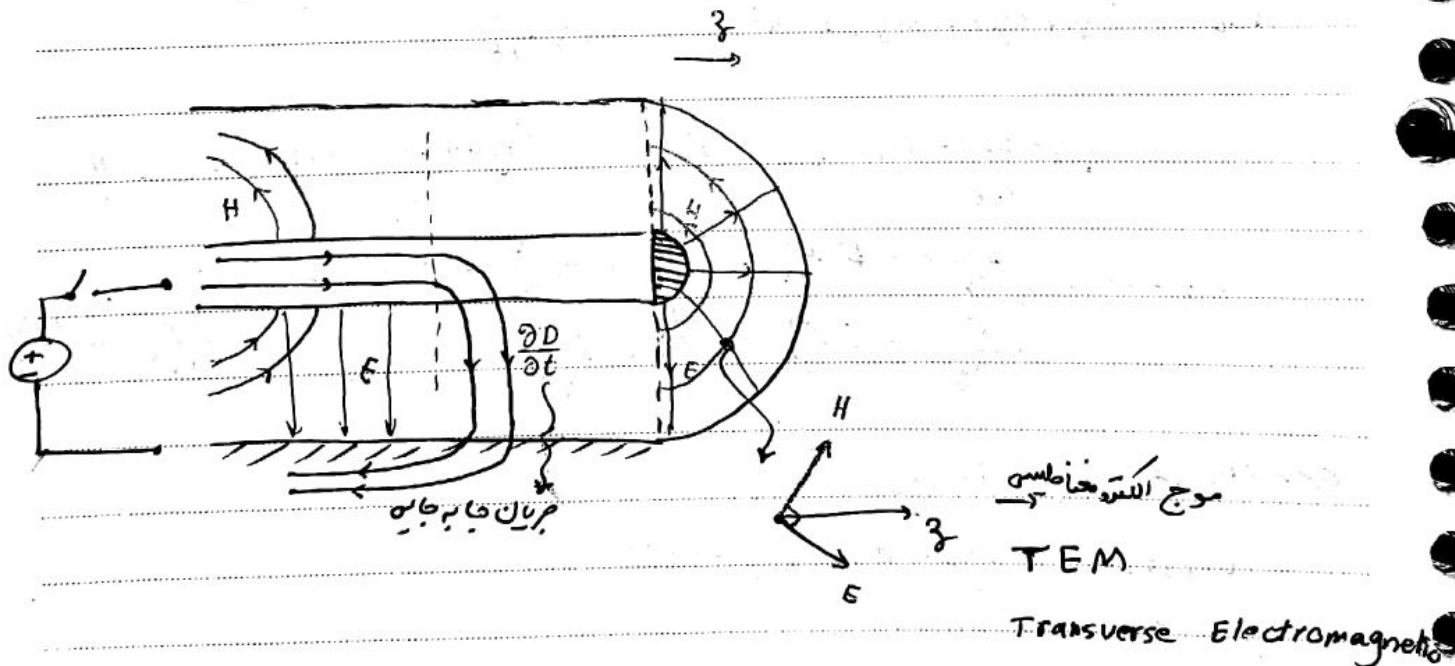
اندازه گیری:

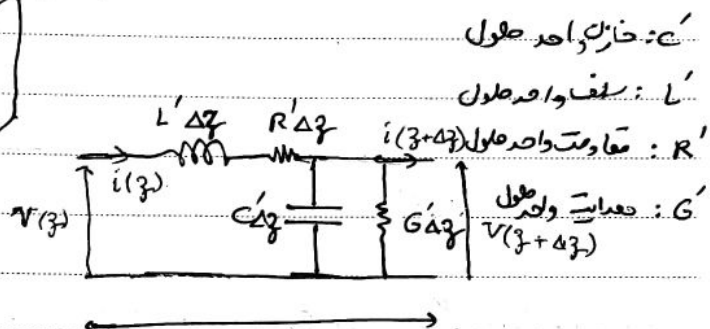
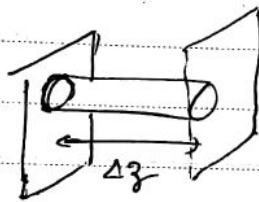
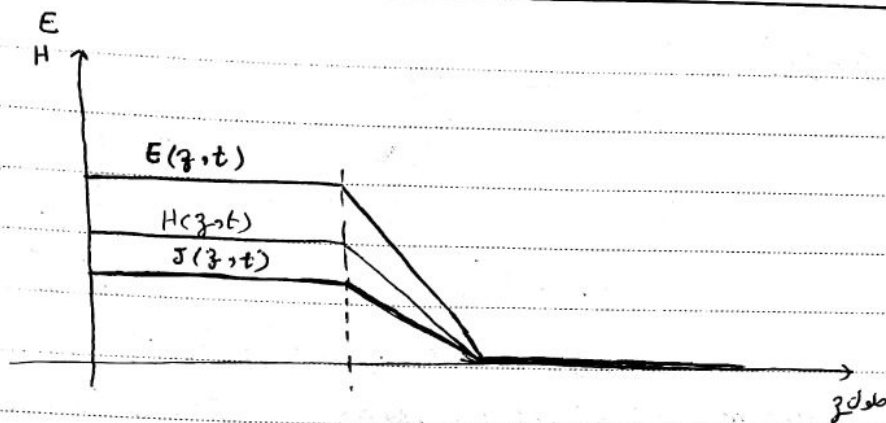


لا برای حل مشکل یک لایه رنگ‌های نوری عایق می‌زنند
نوعی اندازگیری استقامت عایق (درم ~~فصل~~ چهارم می‌شود) که مسطح است (در آزمایه
بیشتر توضیح داده می‌شود).

امواج سیار:

در فضای کوانتوم سرعت Reaction بیشتر از سرعت نور هم داریم (با آزمایه اندازگیری شده است).
فضوا انتقال قدرت به خاطر طول بسیار زیاد ضا انتقال هستند (مورگ شده).
transient ها که در خطوا ایجاد می‌شود باعث افتادن و لک‌ها می‌شود بنابراین در طراحی عایق‌ها سهم بسیار
در فضای TEM و پهن‌های کابل coax به عنوان ضا انتقال استفاده می‌شود.





فرض: ضایعات تلف $R' = G' = 0$

$$KVL: V(z+\Delta z) - V(z) = \Delta V = -L' \Delta z \frac{\partial i}{\partial t}$$

$$KCL: i(z+\Delta z) - i(z) = \Delta i = -C' \Delta z \frac{\partial V}{\partial t}$$

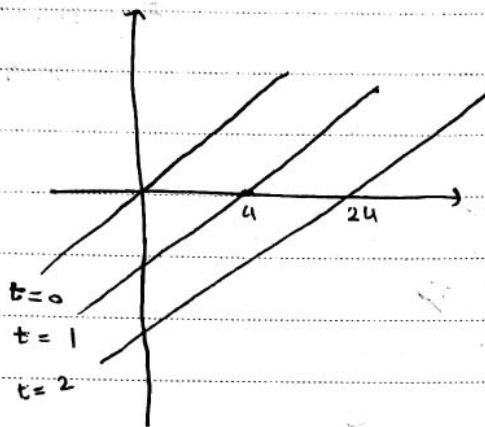
$$\begin{aligned} \frac{V(z+\Delta z) - V(z)}{\Delta z} &= -L' \frac{\partial i}{\partial t} & \frac{i(z+\Delta z) - i(z)}{\Delta i} &= -C' \frac{\partial V}{\partial t} \\ \Delta z \rightarrow 0 \Rightarrow \begin{cases} \frac{\partial V}{\partial z} = -L' \frac{\partial i}{\partial t} & \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = -L' \frac{\partial^2 i}{\partial z \partial t} \\ \frac{\partial i}{\partial z} = -C' \frac{\partial V}{\partial t} & \frac{\partial^2 i}{\partial z \partial t} = -C' \frac{\partial^2 V}{\partial t^2} \end{cases} \Rightarrow \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = L' C' \frac{\partial^2 V}{\partial t^2} \\ &\text{برای موج سینوسی} \rightarrow \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = L' C' \frac{\partial^2 V}{\partial t^2} \end{aligned}$$

رابطه موج: جواب عمومی معادله موج

$$V(z,t) = V(f(z-ut) + g(z+ut))$$

موج رو به راستی z $g(z+ut)$ موج رو به چپ z $f(z-ut)$

اثبات اینکه چرا $y = f(x) = x \rightsquigarrow f(x-ut) \rightarrow y = x-ut$
 فونده حرارتی z است $f(z-ut)$



u همان سرعت موج است.
 $x-ut = cte$
 $\rightarrow dx = u dt$
 $\rightarrow \frac{dx}{dt} = u$

$$\frac{\partial v}{\partial z} = v \left(\frac{\partial f}{\partial z} + \frac{\partial g}{\partial z} \right)$$

$$\frac{\partial^2 v}{\partial z^2} = v \left(\frac{\partial^2 f}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 g}{\partial z^2} \right)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = v \left((-u) \frac{\partial f(z-ut)}{\partial t} + u \frac{\partial g(z+ut)}{\partial t} \right)$$

$$\frac{\partial^2 v}{\partial t^2} = v \left(u^2 \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} + u^2 \frac{\partial^2 g}{\partial t^2} \right) = v u^2 \left(\frac{\partial^2 f}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 g}{\partial t^2} \right)$$

با گذر از حد اصلی $\rightarrow v \left(\frac{\partial^2 f}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 g}{\partial z^2} \right) = L'c' u^2 v \left(\frac{\partial^2 f}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 g}{\partial t^2} \right)$

$$\rightarrow \begin{cases} \frac{\partial^2 f}{\partial z^2} = \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} \\ \frac{\partial^2 g}{\partial z^2} = \frac{\partial^2 g}{\partial t^2} \\ L'c' u^2 = 1 \rightarrow u = \frac{1}{\sqrt{L'c'}} \end{cases}$$

$$\frac{\partial i}{\partial z} = -c' \frac{\partial v}{\partial t} = v \cdot u \cdot c' \left(\frac{\partial f}{\partial t} - \frac{\partial g}{\partial t} \right)$$

$$\int dz \rightarrow i(z,t) = v \cdot u \cdot c' \left(\underbrace{f(z-ut)}_{\text{موج } +z} - \underbrace{g(z+ut)}_{\text{موج } -z} \right)$$

در موج فضا و زمان
 دامنه موج نسبت به طول $= \frac{1}{uc'} = \frac{\sqrt{u'c'}}{c'} = \sqrt{\frac{L'}{C'}}$

دانش موج و تاثیر در رانندگی - $\frac{1}{u \cdot c'} = - \left(\frac{L'}{C'} \right)$

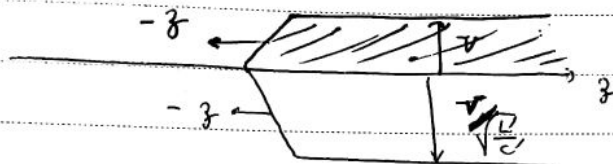
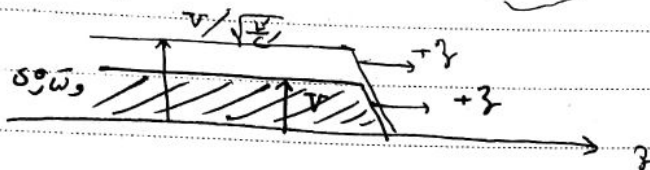
امیدانی
مستقیم

برای خطوط

هوایی 300 تا 400 م

برای کابل ها 30-40 م

برای GIS 60 م



$u = \frac{1}{\sqrt{L' C'}} = \frac{1}{\sqrt{\mu \epsilon}} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}}$

در ظاهر با مشخصات
حفاظت و ایمنی است ولی
آنها نیست
(برای آنها بدون تلف)

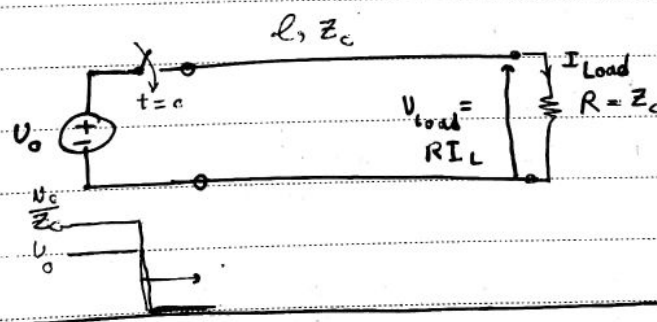
آنها 1 برای سیستم های قفسه

برای خطوط هوایی GIS
 $\epsilon_r = 1 \rightarrow u = c$

$u = 200.000 \frac{km}{s} \leftarrow \epsilon_r = 2.25 \leftarrow \text{کابل XLPE}$

خاص $V(z_0, t_0) = \sum v_f + \sum v_b$

و تاثیر در یک زمان و مکان
مجموع همگی موج های رفت
و برگشت قبل است



$u_f = V_0 \quad i_f = \frac{V_0}{Z_0}$

$u_b = 0$

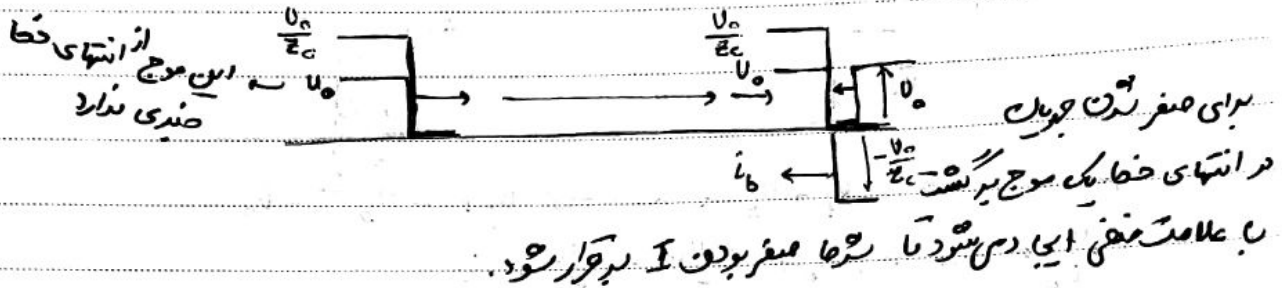
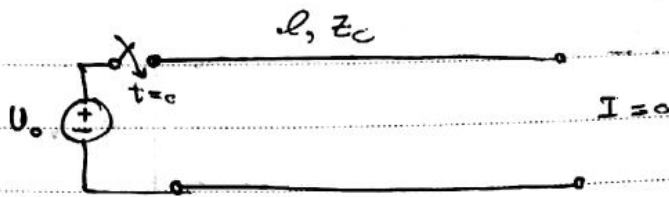
$i_b = 0$

$V_{Load} = V_0$

$I_L = \frac{V_0}{Z_0}$

با وجود چنین باری با رسیدن موج به انتها
حالت گذرا تمام می شود

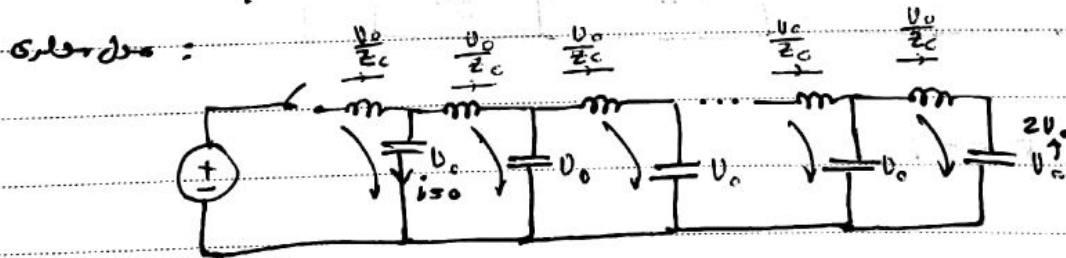
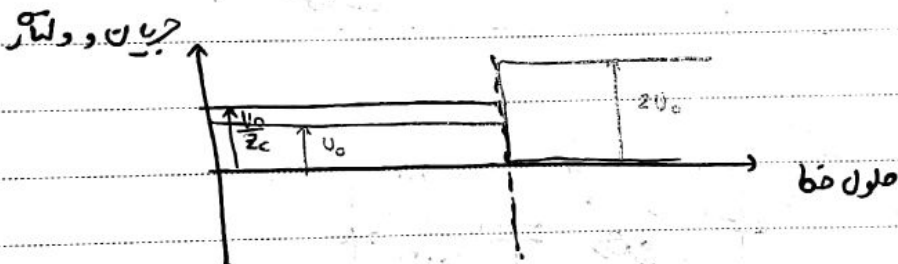
این موج رفت عوارض در حالت به وجود آید و از بین نمی رود



$$i|_{x=l} = i_f + i_b = I = 0 \rightarrow i_b = -i_f$$

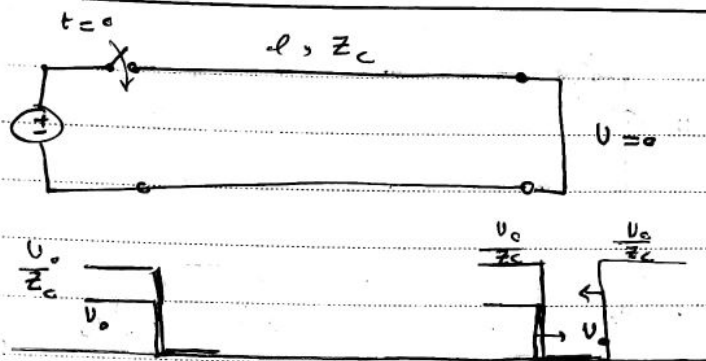
$$\frac{u_b}{i_b} = -Z_c \rightarrow u_b = Z_c i_f = U_0$$

$$U = U_b + U_f = 2U_0$$



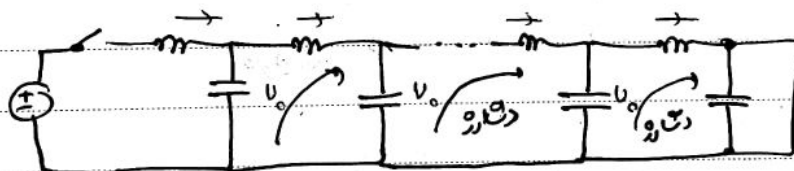
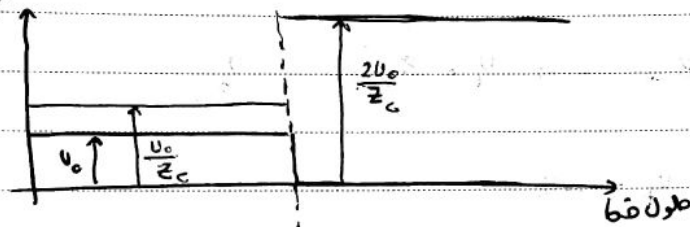
ضریب انعکاس $R = \frac{u_b}{U_f}$ مدار باز $R = 1$

Subject :
Date :

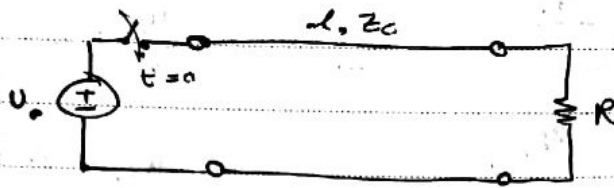


در انتهای خط : $V = V_f + V_b = 0 \Rightarrow V_f = -V_b$
 $\frac{V_b}{i_b} = -Z_c \Rightarrow i_b = \frac{-V_o}{-Z_c} = \frac{V_o}{Z_c} = i_f$

جریان و ولتاژ



$R = -1$



$$\begin{cases} u = u_f + u_b \\ i = i_f + i_b \\ u_f = Z_c i_f \\ u_b = -Z_c i_b \\ U = RI \end{cases}$$

$$u_f + u_b = U = R(i_f + i_b)$$

$$= R \left(\frac{u_f}{Z_c} - \frac{u_b}{Z_c} \right)$$

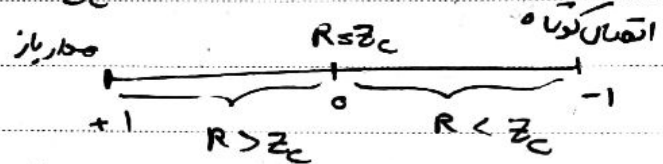
$$u_f + u_b = \frac{R}{Z_c} (u_f - u_b)$$

$$u_f \left(1 - \frac{R}{Z_c} \right) = u_b \left(-1 - \frac{R}{Z_c} \right)$$

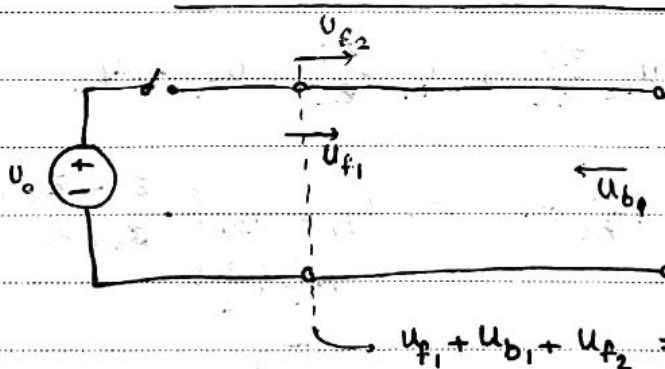
ضریب انعکاس

$$\rho = K_R = \frac{u_b}{u_f} = \frac{1 - \frac{R}{Z_c}}{1 + \frac{R}{Z_c}}$$

$$\rightarrow K_R = \frac{R - Z_c}{R + Z_c}$$



* دنگر در زمان کوتاه باعث شکست می‌شود اگر ما به یک سلف 200 فرکانس شکست می‌دهیم شود یا 10KV هم می‌تواند شکست را ادامه یابد.

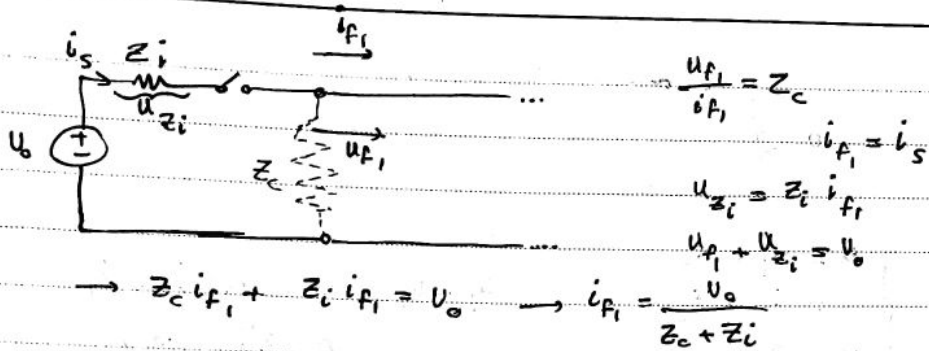


انعکاس از منبع: u_{f2} انعکاس اول به دلیل حضور منبع است

$$u_{f1} + u_{b1} + u_{f2} = U_0$$

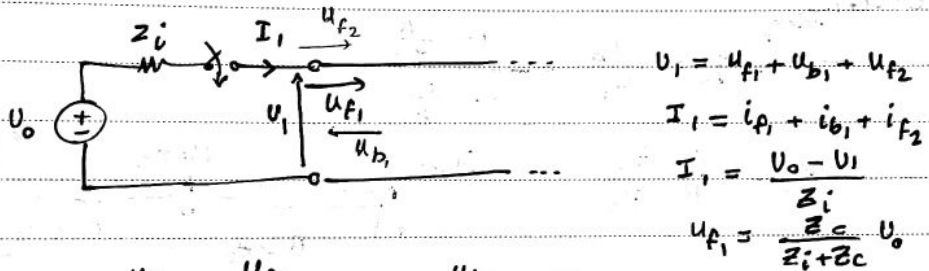
$$U_0 + u_{b1} + u_{f2} = U_0 \rightarrow u_{f2} = -u_{b1}$$

* انعکاس از منبع معادل انعکاس از اتصال کوتاه است چون دنگر منبع خفیس و ثابت است.



$$u_{f1} = \frac{Z_c}{Z_c + Z_i} U_0$$

صواب تقسیم
 متقاومت



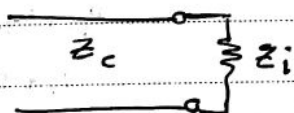
$$\frac{u_{f1}}{i_{f1}} = \frac{u_{f2}}{i_{f2}} = Z_c \quad \frac{u_{b1}}{i_{b1}} = -Z_c$$

$$I_1 = \frac{U_0 - u_1}{Z_i} \rightarrow Z_i (i_{f1} + i_{b1} + i_{f2}) = u_{f1} \frac{Z_i + Z_c}{Z_c} - u_{b1} - u_{f2}$$

$$u_{f1} \frac{Z_i}{Z_c} - u_{b1} \frac{Z_i}{Z_c} + u_{f2} \frac{Z_i}{Z_c} = u_{f1} \frac{Z_i}{Z_c} - u_{b1} - u_{f2}$$

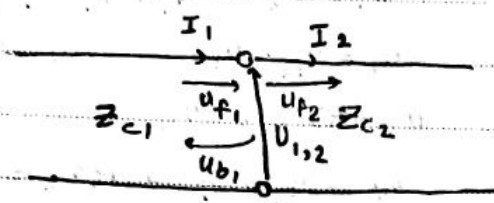
$$u_{f2} \left(1 + \frac{Z_i}{Z_c}\right) = u_{b1} \left(\frac{Z_i}{Z_c} - 1\right) \Rightarrow u_{f2} = u_{b1} \left(\frac{Z_i - Z_c}{Z_i + Z_c}\right)$$

متقاومت



مقاومت

فصل مشترک دو خط انتقال :



$$U_1 = U_{f1} + U_{b1} = U_2 = U_{f2}$$

$$I_1 = I_2 = i_{f1} + i_{b1} = i_{f2}$$

$$\frac{U_{f1}}{i_{f1}} = Z_{c1} \quad \frac{U_{b1}}{i_{b1}} = -Z_{c1} \quad \frac{U_{f2}}{i_{f2}} = Z_{c2}$$

$$\rightarrow \frac{U_{f1}}{Z_{c1}} - \frac{U_{b1}}{Z_{c1}} = \frac{U_{f2}}{Z_{c2}} \quad \begin{cases} U_{f1} - U_{b1} = \frac{Z_{c1}}{Z_{c2}} U_{f2} \\ U_{f1} + U_{b1} = U_{f2} \end{cases}$$

$$\rightarrow 2U_{f1} = \left(\frac{Z_{c1}}{Z_{c2}} + 1 \right) U_{f2} \rightarrow U_{f2} = \frac{2Z_{c2}}{Z_{c2} + Z_{c1}} U_{f1}$$

$$U_{f1} + U_{b1} = \frac{2Z_{c2}}{Z_{c1} + Z_{c2}} U_{f1} \rightarrow U_{b1} = U_{f1} \frac{Z_{c2} - Z_{c1}}{Z_{c2} + Z_{c1}}$$

$$\Rightarrow K_R = \frac{\text{امپدانس پشت سر} - \text{امپدانس رو برو}}{\text{امپدانس پشت سر} + \text{امپدانس رو برو}}$$

$$U_{f2} = U_{f1} + U_{b1} = U_{f1} + K_R U_{f1} \rightarrow U_{f2} = \underbrace{(1 + K_R)}_{K_T} U_{f1}$$

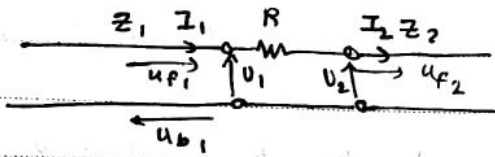
ضریب عبور : $K_T = 1 + K_R$

$$U_{b1} = K_R U_{f1} \rightarrow -Z_{c1} i_{b1} = K_R (Z_{c1} i_{f1})$$

$$\Rightarrow i_{b1} = (-K_R) i_{f1}$$

$Z_{\text{کابل}} = 30 \Omega$
 $Z_{\text{مقاومت}} = 300 \Omega$
 \Rightarrow سمت ضاهوائی
اضافه ولتاژ و جریانی

Subject: _____
Date: _____



$$I_1 = I_2 = i_{f1} + i_{b1} = i_{f2}$$

$$U_1 = U_{f1} + U_{b1} \quad U_2 = U_{f2}$$

$$U_1 - RI_1 = U_2$$

$$U_{f1} + U_{b1} = U_{f2} + RI_2 = U_{f2} + Ri_{f2} = U_{f2} + \frac{R}{Z_2} U_{f2}$$

$$U_{f1} + U_{b1} = \left(1 + \frac{R}{Z_2}\right) U_{f2}$$

$$\begin{cases} \frac{U_{f1}}{Z_1} - \frac{U_{b1}}{Z_2} = \frac{U_{f2}}{Z_2} \\ U_{f1} - U_{b1} = \frac{Z_1}{Z_2} U_{f2} \\ U_{f1} + U_{b1} = \left(1 + \frac{R}{Z_2}\right) U_{f2} \end{cases}$$

$$+ \quad 2U_{f1} = \left(\frac{Z_1}{Z_2} + \frac{Z_2 + R}{Z_2}\right) U_{f2} \rightarrow U_{f2} = \frac{2Z_2}{Z_1 + (Z_2 + R)} U_{f1}$$

$$U_{f1} - U_{b1} = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2 + R} U_{f1}$$

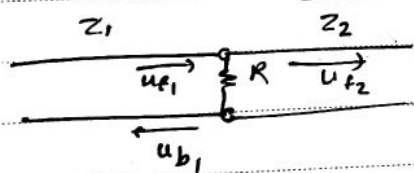
$$U_{b1} = U_{f1} \left(1 - \frac{2Z_1}{Z_1 + Z_2 + R}\right) \rightarrow U_{b1} = U_{f1} \frac{(Z_2 + R) - Z_1}{(Z_2 + R) + Z_1}$$

K_R

$$K_T = \frac{2(Z_2 + R)}{Z_1 + (Z_2 + R)} \times \frac{Z_2}{Z_2 + R}$$

تقسیم هارمون

اگر R عنبر شده بدون فضا 1
فضا 3 را نمی دید



$$K_R = \frac{R \parallel Z_2 - Z_1}{R \parallel Z_2 + Z_1}$$

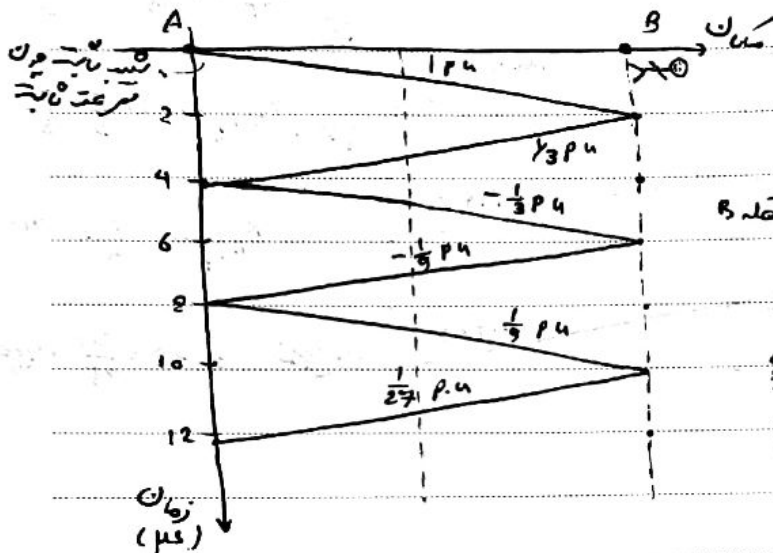
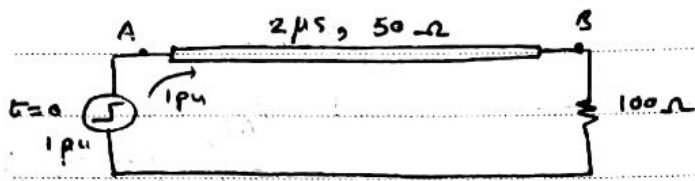
$$K_T = 1 + K_R = \frac{2Z_2 \parallel R}{Z_2 \parallel R + Z_1}$$

سودار نزدیکی :

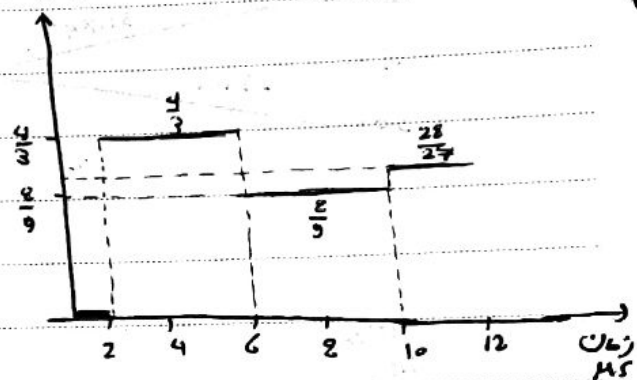
ب زمان، مکان، دامنه ولتاژ
تغییرات سریعی ممکن است اما با
محدود نزدیکی راحت تر است:

$$K_R|_B = \frac{100 - 50}{100 + 50} = \frac{1}{3}$$

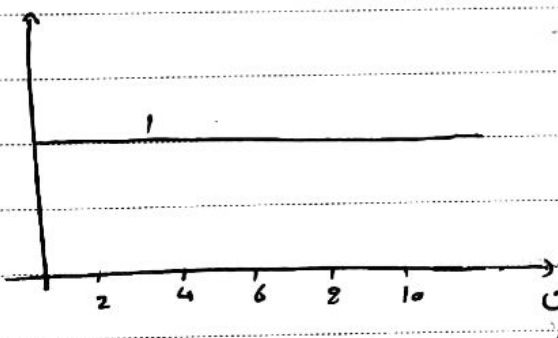
$$K_R|_A = -1$$



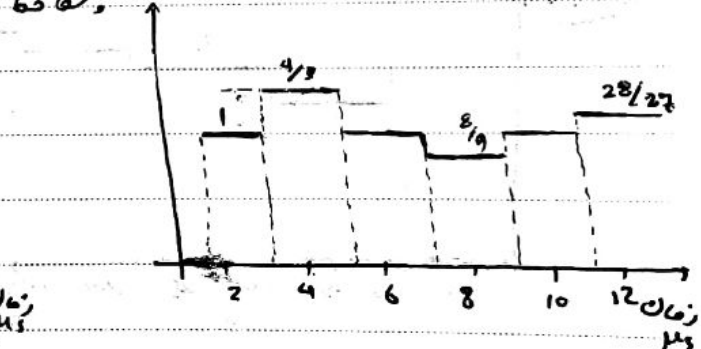
ولتاژ نقطه B



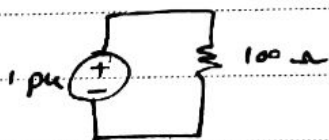
ولتاژ ابتدای خط



ولتاژ نقطه B، معادله

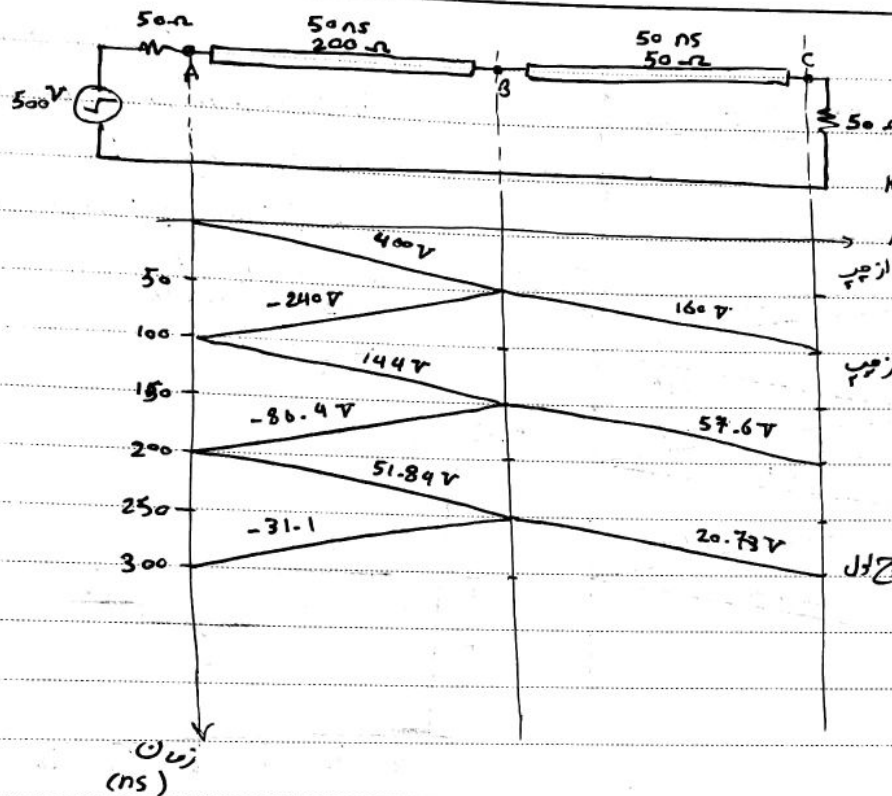


بعد از گذشت transient ها، اگر خط اتصال کوتاه می شود :



اگر جدول فیدبک سیستم کمتر از $\frac{1}{10}$ باشد می توان آن را فشرده فرض کرد

Subject: _____
Date: _____



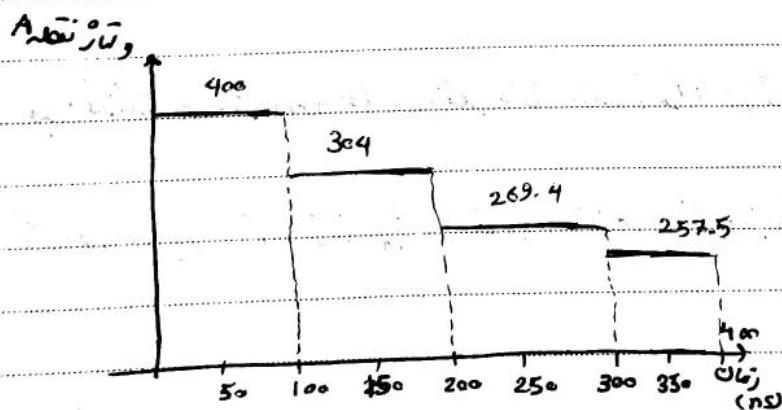
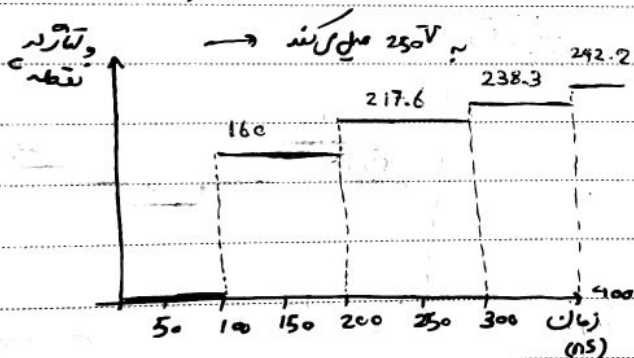
$$K_{R/C} = 0$$

$$K_{R/B} = \frac{50 - 200}{250} = -\frac{3}{5}$$

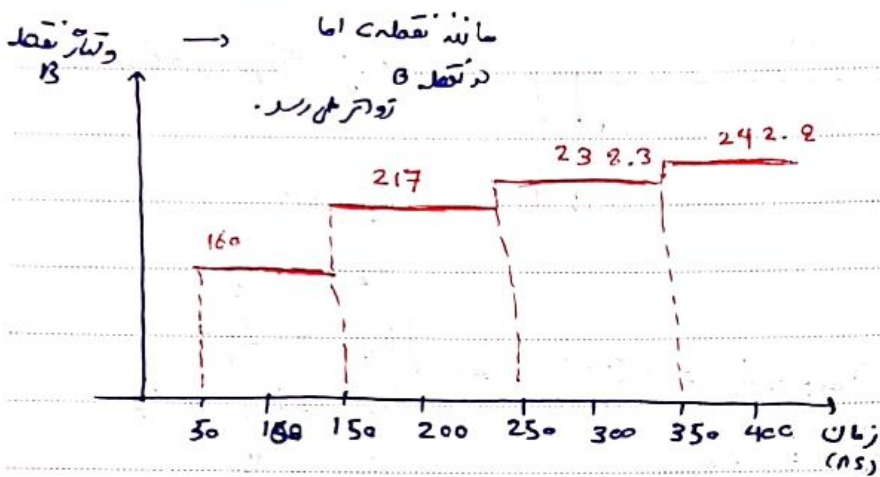
$$K_{T/B} = 1 - \frac{3}{5} = \frac{2}{5}$$

$$K_{R/A} = -\frac{3}{5} = -0.6$$

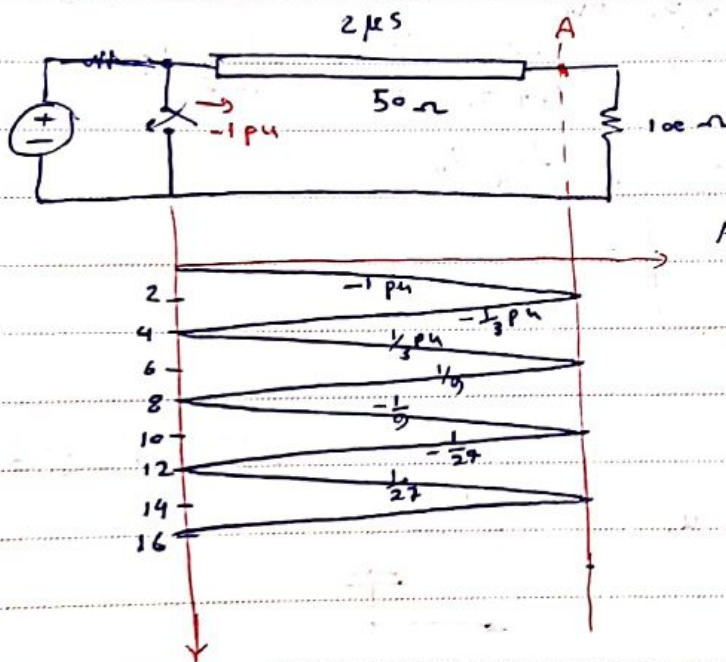
$$\text{دانشگاه} = 500 \times \frac{200}{250} = 400 \text{ V}$$



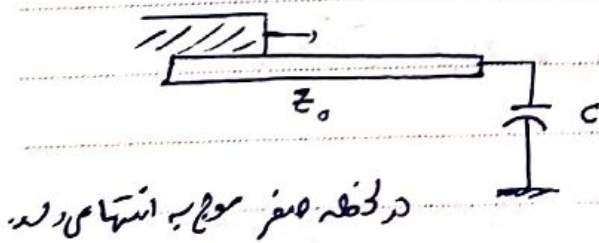
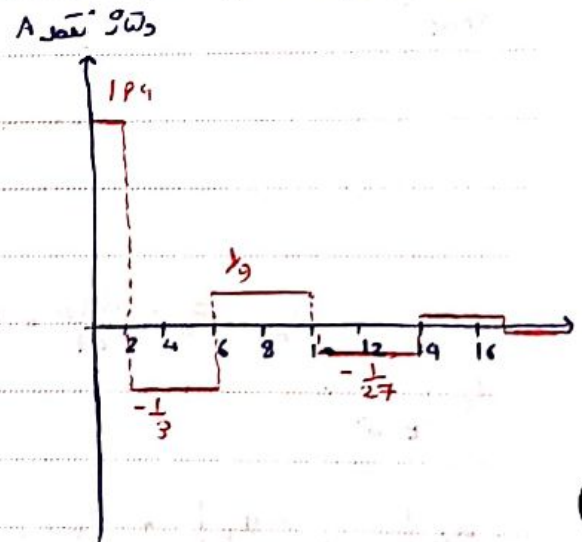
PAPCO



وقتی اسکوپ برای اندازه گیری به نقاط B یا C وصل می شود چون امپدانس ورودی آن زیاد است می توان از امپدانس آن در مقابل 50 اهم در نقاط B و C صرف نظر کرد در نتیجه ضربه مندریب انحصار منوع نمی شود



قبل اتصال ترمه میبر برداریم نه دستار تمام نقاط یکسان باشد و حالت گذرا تمام شده باشد.



در لحظه صفر موج به انتهای می رسد

فازت در انتهای خط :

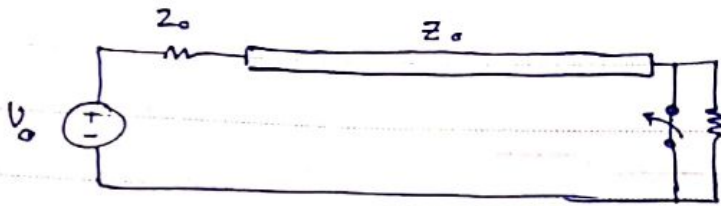
$$\begin{cases} u_c = u_f + u_b \\ i_c = i_f + i_b = \frac{u_f}{Z_0} - \frac{u_b}{Z_0} = C \frac{du_c}{dt} \\ u_f = Z_0 i_f \\ u_b = -Z_0 i_b = C \frac{d}{dt} (u_f + u_b) \\ i_c = C \frac{du_c}{dt} \end{cases}$$

دورگی $u_f = u_0$

$$u_f - u_b = Z_0 C \left(\frac{du_f}{dt} + \frac{du_b}{dt} \right)$$

چون موج به انتهای می رسد $\frac{du_f}{dt} = 0$

برای $t > 0$



اتصال کوتاه را می‌فراهمیم باز کنیم.

$$V_{bef} = 0$$

$$I_{bef} = \frac{V_0}{Z_0}$$

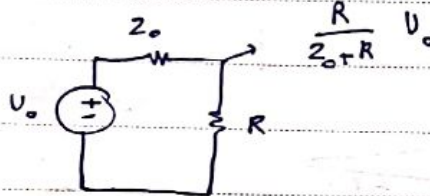
$$I_{bef} + i_b = -\frac{Z_0}{R} i_b \Leftrightarrow \begin{cases} I_{new} = \frac{V_{new}}{R} \\ I_{new} = I_{bef} + i_b \\ V_{new} = u_b \\ u_b = -Z_b i_b \end{cases}$$

$$\rightarrow i_b \left(1 + \frac{Z_0}{R}\right) = -I_{bef}$$

$$i_b = -\frac{R}{R + Z_0} I_{bef}$$

$$u_b = -Z_0 i_b = \frac{Z_0 R}{R + Z_0} \frac{V_0}{Z_0} = \frac{R}{R + Z_0} V_0$$

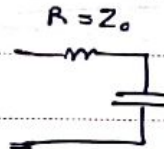
steady state
state



دامه فازن در انتهای قضا:

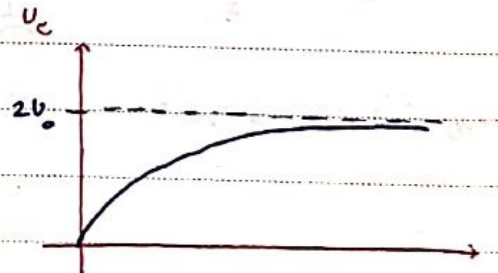
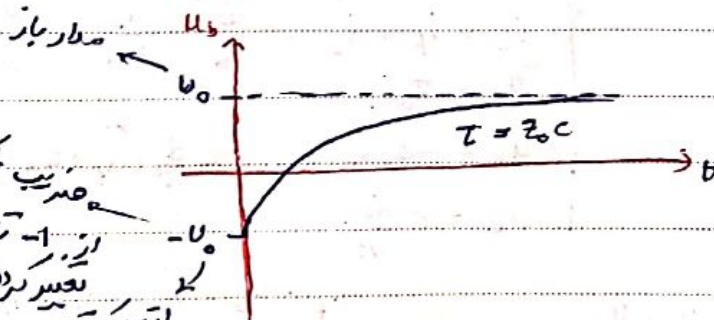
$$u_b + Z_0 C \frac{du_b}{dt} = u_0$$

$$u_c \Big|_{t=0^+} = 0$$

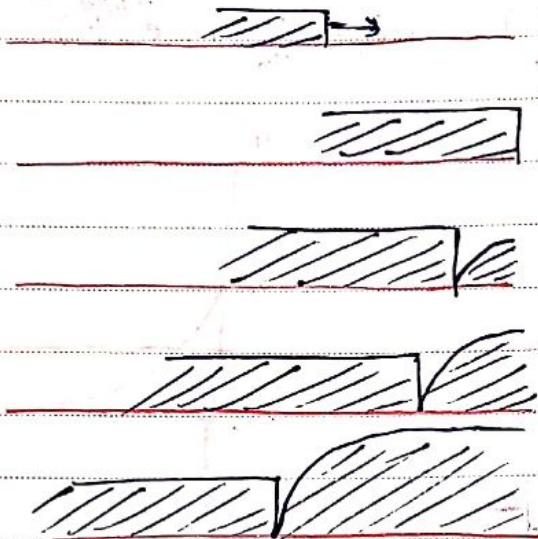


$$u_c \Big|_{t=0^+} = u_f \Big|_{0^+} + u_b \Big|_{0^+} = e \rightarrow u_b \Big|_{0^+} = -u_0$$

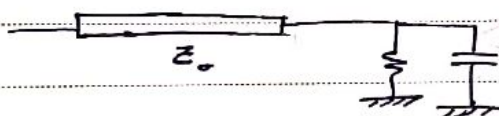
$$u_b = V_0 (1 - 2e^{-\frac{t}{Z_0 C}}) \rightarrow u_c = 2V_0 (1 - e^{-\frac{t}{Z_0 C}})$$



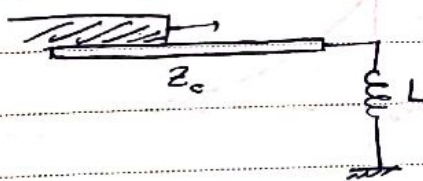
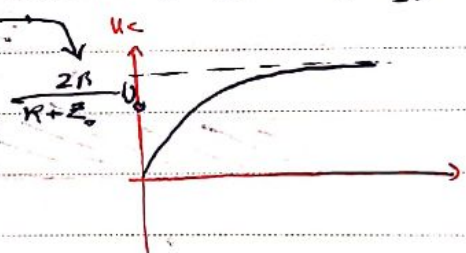
مقدار بار
از 1-1
تعبیر کرده است
اتصال کوتاه



$$i_c = c \frac{du_c}{dt} = \frac{2V_0}{Z_0} e^{-\frac{t}{CZ_0}} = 2i_f e^{-\frac{t}{CZ_0}}$$



تمرین: بدست آوردن پهنای باند



سلف در انتهای خط:

$$\begin{cases} u_L = u_f + u_b \\ i_L = i_f + i_b \\ u_f = Z_0 i_f \\ u_b = -Z_0 i_b \\ u_L = L \frac{di_L}{dt} \end{cases}$$

$$u_L = u_f + u_b = Z_0 (i_f - i_b)$$

$$= L \frac{di_L}{dt} = L \frac{d(i_f + i_b)}{dt}$$

$$i_f - i_b = \frac{L}{Z_0} \left(\frac{di_f}{dt} + \frac{di_b}{dt} \right)$$

$$t = 0^+ \quad i_f = \frac{u_f}{Z_0} = \frac{V_0}{Z_0}$$

$$\frac{di_f}{dt} = 0$$

$$\rightarrow i_b + \frac{L}{Z_0} \frac{di_b}{dt} = \frac{V_0}{Z_0}$$

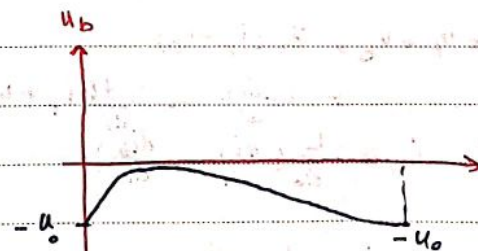
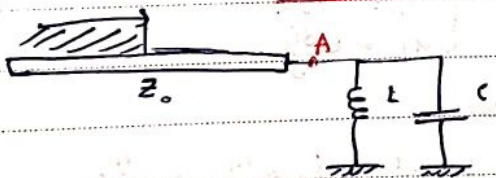
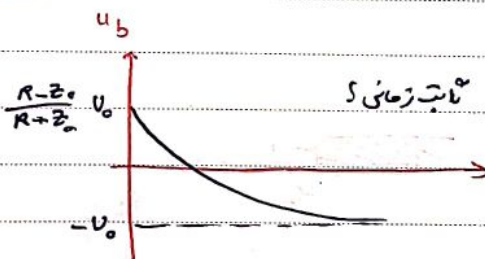
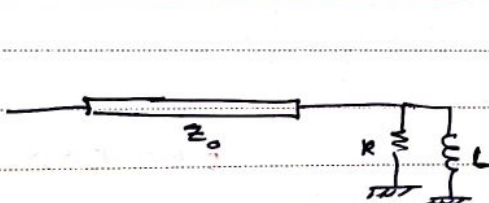
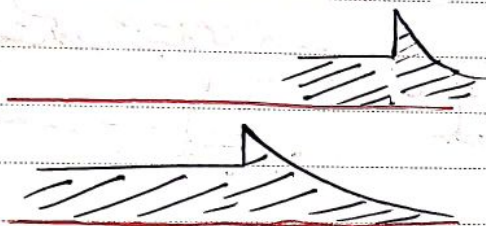
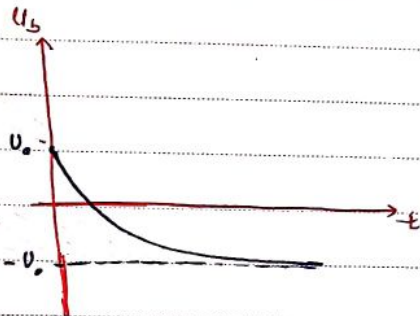
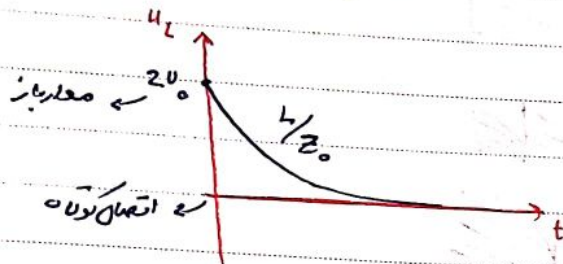
$$i_L|_{0^+} = i_f|_{0^+} + i_b|_{0^+} = 0$$

$$\Rightarrow i_b|_{0^+} = -i_f|_{0^+} = -\frac{V_0}{Z_0}$$

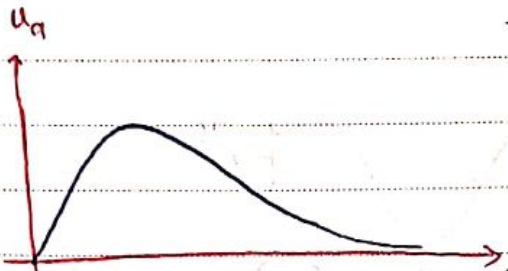
Subject: _____
Date: _____

$$i_b = \frac{V_o}{Z_o} (1 - 2e^{-t \frac{Z_o}{L}}) \rightarrow i_L = \frac{V_o}{Z_o} (1 - e^{-t \frac{Z_o}{L}})$$

$$\rightarrow u_L = 2V_o e^{-t \frac{Z_o}{L}}$$



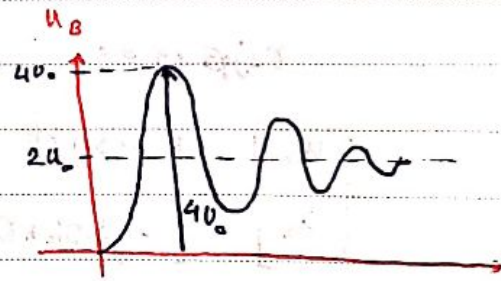
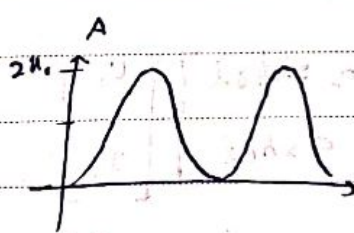
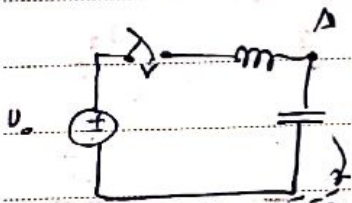
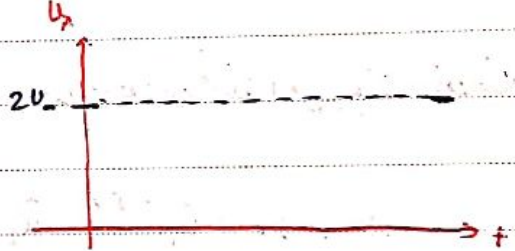
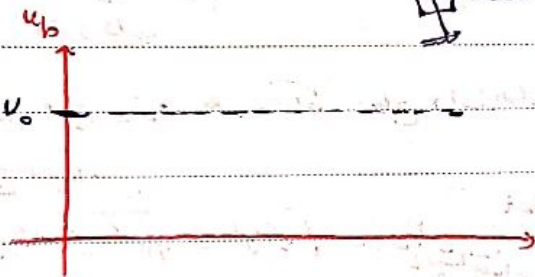
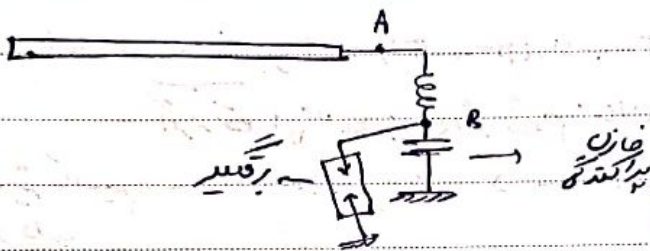
در شبکه نوسان می کند



انتهای زمان شده
ترانس با سلف و خازن حول می شود
پس اگر یک پالس بیاید و تدار
استهاسی خطا مانند ضرب می شود
سویچینگ

به خاطر همین وقتی می خوانیم سوئیچینگ تست کنیم شکل موج بتیبه هند باید درست کنیم

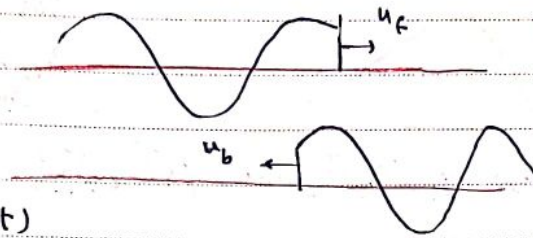
اگر انتهای سیم به هیچ ترانس باز باشد:



وقتی u_0 شد در سیم u_0 می شود
ولی جریان سلف صفر نمی شود
و خازن را به اندازه u_0 دوباره
می ریزد



امواج ایستا:
Standing wave



موج رفت $y_1 = y_0 \sin(\beta x - \omega t)$

موج برگشت $y_2 = y_0 \sin(\beta x + \omega t)$

$$y_1 + y_2 = y_0 (\sin(\beta x - \omega t) + \sin(\beta x + \omega t)) = 2y_0 \sin \beta x \cos \omega t$$

اگر نقطه ای $\sin \beta x = 0$ باشد در تمام زمان ها مقدار موج در آن نقطه صفر است.

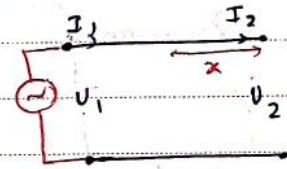
در نقاطی همیشه ماکسیمم وجود دارد $\sin \beta x = 1 \rightarrow 2y_0 \cos(\omega t)$

در مورد موج روزه همی تعاد سطح دامنه های مختلف را در زمان های مختلف می بینیم بر خلاف موج ایستا.

$$u(x, t) = (\hat{u}_1 e^{-\gamma x} + \hat{u}_2 e^{\gamma x}) e^{j\omega t} \quad \gamma = \sqrt{z' y'} = \sqrt{(R' + j\omega L')(G' + j\omega C')}$$

نسبت فاز $\gamma = \alpha + j\beta$ $\alpha = \text{مقاومت خطی}$ $\beta = \text{ردیانس خطی}$ $\delta = \beta l$ $\alpha = 0$ $\delta = \beta l$

$$\begin{bmatrix} u_2 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cosh \delta & -Z_0 \sinh \delta \\ -\frac{1}{Z_0} \sinh \delta & \cosh \delta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ I_1 \end{bmatrix}$$



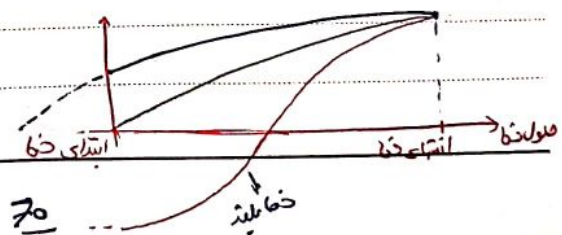
$$\begin{bmatrix} u_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cosh \delta & Z_0 \sinh \delta \\ \frac{1}{Z_0} \sinh \delta & \cosh \delta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_2 \\ I_2 \end{bmatrix}$$

Case 1: انتهای خط مدار باز

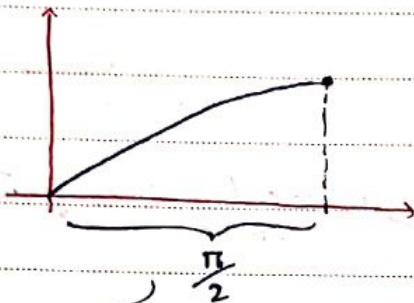
$I_2 = 0 \Rightarrow u_1 = \cosh \delta u_2$ $I_1 = \sinh \delta u_2$ $\beta = \omega \sqrt{L' C'}$

$u_1 = u_2 \cos(\omega \sqrt{L' C'} l)$

$u_1(x) = u_2 \cos(\omega \sqrt{L' C'} x)$



یک 50 Hz می تواند چندین هارمونیک در طول خط ایجاد کند.
اگر انتهای خط مدله باز باشد، در انتهای آن چشم به وجود می بیند.



$$\begin{aligned} u(x, t) &= (\hat{u}_1 e^{-j\beta x} + \hat{u}_2 e^{j\beta x}) e^{j\omega t} \\ &= \hat{u}_1 e^{j(\omega t - \beta x)} + \hat{u}_2 e^{j(\omega t + \beta x)} \\ &= \hat{u}_1 e^{j(\frac{\omega}{\beta} t - x)} + \hat{u}_2 e^{j(\frac{\omega}{\beta} t + x)} \end{aligned}$$

$$f(z - ut) + g(z + ut)$$

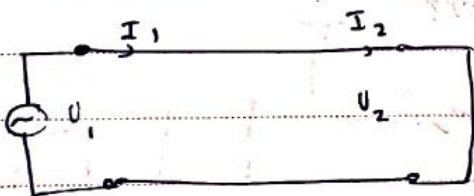
$$\Rightarrow u = \frac{\omega}{\beta} = c \Rightarrow \beta = \frac{\omega}{c}$$

$$\beta l = \frac{\pi}{2}$$

$$\frac{\omega}{c} l = \frac{\pi}{2} \Rightarrow l = \frac{\pi}{2} \times \frac{c}{\omega}$$

$$\frac{\pi}{2} \times \frac{300000 \text{ km/s}}{2\pi \times 50} = 1500 \text{ km}$$

خط 1500 کیلومتری نداریم اما همیشه منبع 50 Hz نداریم و ممکن است فرکانس بیشتر باشد ← طول موج کمتر می شود
(معادله موج برقرار است اریتمیت)

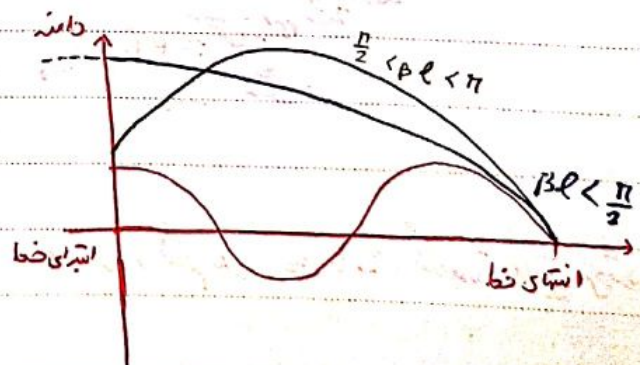


Case 2: انتهای خط اتصال کوتاه:

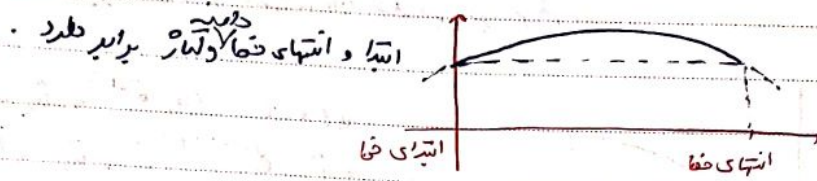
$$\begin{aligned} U_2 &= 0 \rightarrow U_1 = Z_0 I_2 \sinh \beta l \\ &= Z_0 I_2 \sinh(j\beta l) \\ &= j Z_0 I_2 \sin(\beta l) \end{aligned}$$

$$|U_1| = |Z_0 I_2 \sin(\beta l)| = Z_0 I_2 \sin(\beta x)$$

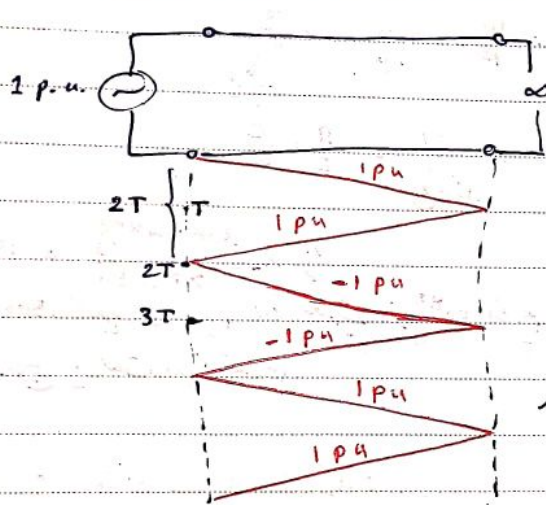
$$\text{@ } x=0 \rightarrow |U_1|=0$$



اگر بار در انتهای خط برابر $\frac{1}{2}$ باشد:

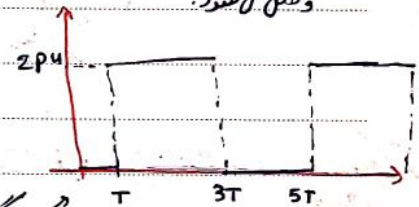


امواج ایستای حالت *steady state* امواج سیار هستند.



یک *case* واقعی:

نکته: ترانسفورماتورها از فاصله دور وصل می شوند.



اگر خط بدون تلفات باشد
با فرض ω و θ بولن
منبع



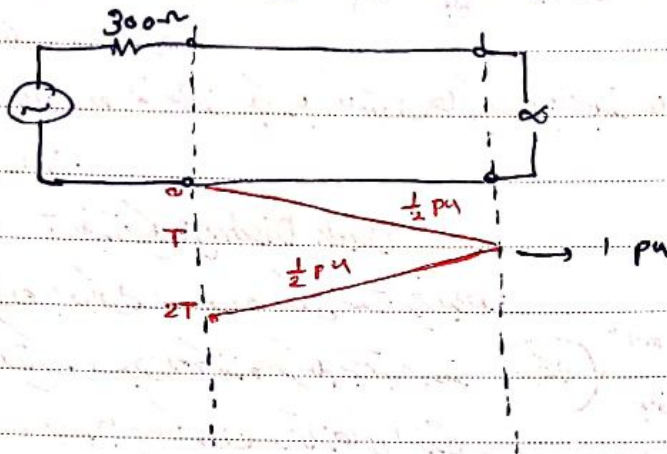
که فرکانس اگر حساب شود حدود ۵۰ هرتز است.

در سیستم انتقال هر چند که ω و θ بولن

درست است که ω و θ بولن نیستند.

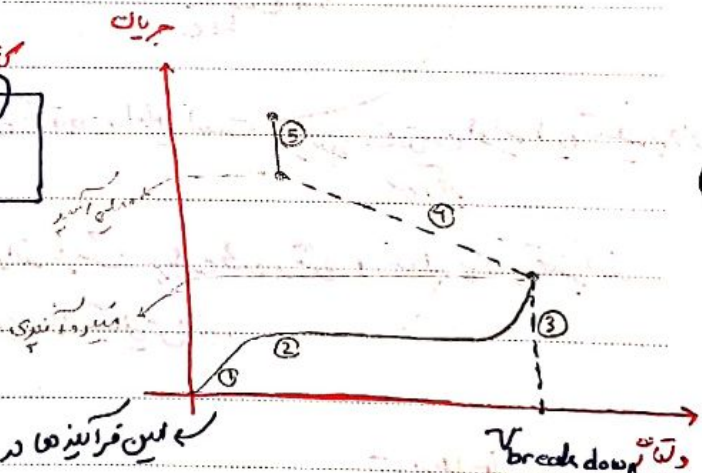
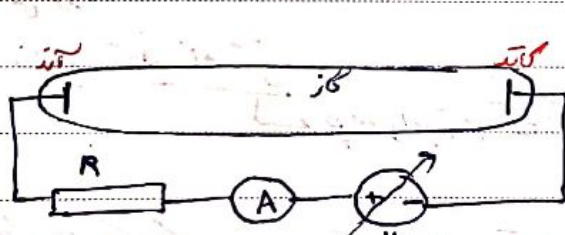
طول سیستم ترانس ω و θ بولن هر دو یکسان است.

اگر در خروجی یک مقاومت 300Ω قرار داده شود این مسئله می شود البته باید مقاومت بعد از مدتی از مدار خارج شود چون تلف دارد. به کلیه مقاومت برسد و وصل



شدت الکتریسیته در گازها

شدت در گازها ضعیف قابل پیش بینی و فرموله شده است. شدت در جامد و مایع قابل پیش بینی نیست و ضعیف مدلسازی نمی توان کرد. بیشتر گازها یونیزه است. مدلسازی ماهیات هم در ۱۵ سال اخیر انجام شده است و در مورد جامدات محققان مدلسازی وجود ندارد.



این فرایندها در بازه ی نانوشده ای رخ می دهد

گاز حاوی مولکول خنثی و الکترون + یون است که وجود یون و الکترون به خاطر انرژی های که به طور طبیعی

وجود دارد، به وجود می آید. مثلاً از نور تابش می آید. الکترون + یون \Rightarrow مولکول خنثی

یونیزاسیون

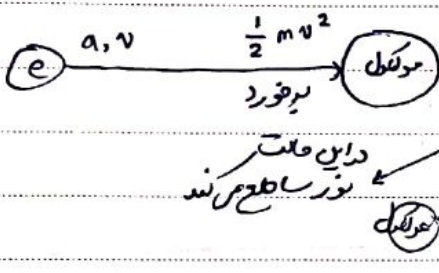
بازترتیب
recombination

در ابتدای کار چون میدان ضعیف است تعادل بین الکترون و یون برقرار است و مقاومت خطی است.

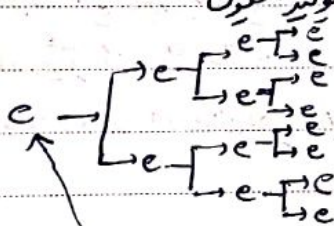
② تعداد الکترون‌هایی که در مرحله 2 و 1 هستند همان هستند بنابراین در واقع سیستم اشیاء می‌شود و فعلاً هیچ الکترون جدیدی درست نمی‌شود پس $\frac{dq}{dt}$ ثابت می‌ماند و جریان ثابت است مگر یک عاملی باعث افزایش الکترون‌ها شود.
یون‌ها وارد الکترون‌ها نمی‌شوند بلکه با الکترون‌ها که از کاتد خارج می‌شوند باز ترکیب می‌شوند و مولکول هفتمی می‌سازند.

① و ② - تپله تاریک Dark Discharge

- ③ در برخورد الکترون با مولکول سه پدیده ممکن است رخ دهد:
- 1- برخورد الاستیک، برخورد می‌شوند و حرکتی به هم می‌دهند
 - 2- تحریر - جابجایی الکترون در ترازهای انرژی
 - 3- یونیزاسیون، جدا شدن الکترون
- در این نوع یونیزاسیون ناشی از برخورد است.



در مرحله 3 با افزایش نمایی الکترون‌ها روبرو می‌شویم به خاطر عمل یونیزاسیون سرعت افزایش تعداد الکترون‌ها به صورت فزاینده‌ای است چون باز ترکیب رخ می‌دهد بنابراین جریان یکدفعه زیاد نمی‌شود.

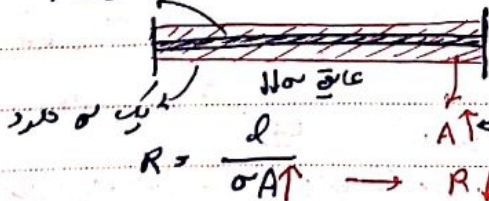


③ ناحیه تپله نامستقر

چون وابسته به آن الکترون اولیه است که در یونیزاسیون اولیه این تپله بر وجود می‌گذارد.

④ حساسیت الکتریکی، وجود مقاومت R می‌تواند باعث جریان محدود شود و نقطه‌ای که شار تغییر کند در Spark رخ می‌دهد. - در این حالت عایق به رسانا تبدیل می‌شود.

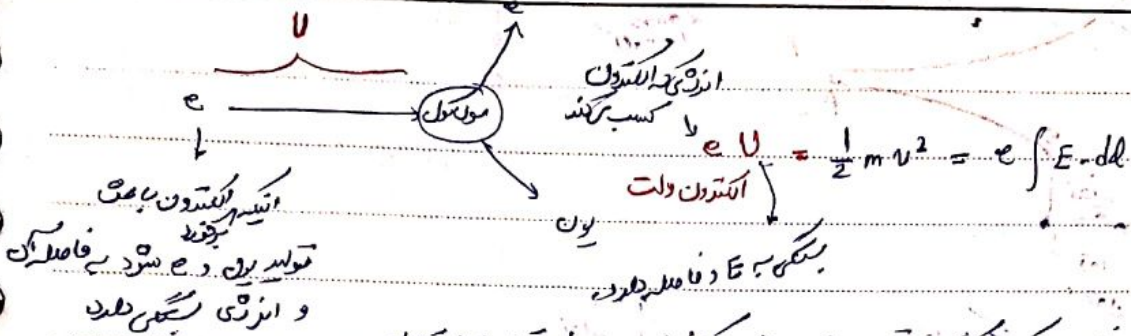
سدن پلازما



$$⑤ \quad U = R \cdot I \quad \text{ثابت}$$

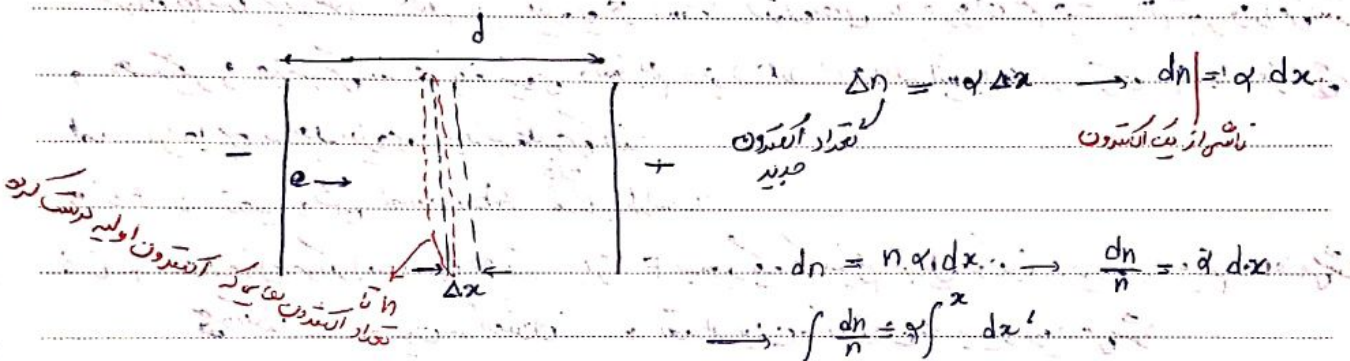
(Normal) glow Discharge





فاصله آزاد: فاصله ای که آنترون تا برخورد طیف می کنند و البته به بارهای
ماتریس کوچکی (قفسار، تعداد...)

۱- متوسط فاصله آزاد
۲- هرگز به طور متوالی در هر ماده حرکت نمی کنند، چند بار برخورد انجام می دهند و منقبض می شوند
۳- تعداد یونیزاسیون ناشی از برخورد آنترون در طول یک متر $[m^{-1}]$
تعداد آنترون های تولید شده ناشی از برخورد آنترون در طول یک متر



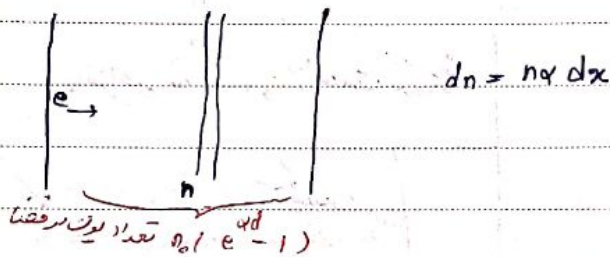
$n(d) = n_0 e^{d/d}$
 $\Delta n(d) = n_0 (e^{d/d} - 1)$
تعداد آنترون های اولیه: n_0
تعداد آنترون های ثانویه: Δn
تولید شده اند

تولید شده اند = تعداد یونیزاسیون = تعداد یون های تولید شده
(مغلاف فرقی که در آن به ترکیب می آید)
یون های تولید شده در جهت میدان حرکت می کنند
و در برخورد با آنترون می توانند آنترون ایجاد کنند چون یون ها متغین هستند و می توانند انرژی زیادی
بدست بیاورند (اما آنترون ها یک هستند نمی توانند آنترون بسازند) یون ها در نزدیک آنترون ها می مانند و با آنترون ها
با ترکیب می شوند
۴- تعداد آنترون های تولید شده از کاتد در اثر برخورد یک یون به کاتد

تعداد الکترون‌های خارج شده $= \gamma n_0 (e^{\alpha d} - 1)$
از کاتد در اثر برخورد یون‌ها

شرط تطبیق متغیر α $\gamma n_0 (e^{\alpha d} - 1) \geq n_0 \rightarrow \gamma (e^{\alpha d} - 1) \geq 1$

ممکن است یون‌ها در مسیر رسیدن به کاتد با موگول برخورد کنند و یون‌های یون انجام شود.
 β : تعداد یون‌های یون که یک یون در یک متر انجام می‌دهد \equiv تعداد الکترون‌های تولید شده ناشی از یک یون
به دلیل برخورد یون به موگول‌ها کمتر



تعداد الکترون‌های که تعداد $(e^{\alpha d} - 1)$ یون در فاصله x در دست می‌دهد
اگر این تعداد یون‌ها بتواند به اندازه همان الکترون‌ها
الکترون تولید کنند، شرط تطبیق متغیر برقرار می‌شود
$$dn_e = \beta (e^{\alpha d} - 1) dx$$

$$\beta (e^{\alpha d} - 1) dx = \alpha dx$$

$$e^{\alpha d} = \frac{\alpha}{\beta} + 1 = \frac{\alpha + \beta}{\beta}$$

$$\alpha d = \ln\left(\frac{\alpha + \beta}{\beta}\right)$$

$$\beta \propto \alpha \sim E$$

$$\beta \propto \alpha \sim \frac{1}{p}$$

$$\beta \propto \alpha \sim p$$

$$\gamma \propto E$$

$$\gamma \propto \frac{1}{p}$$

و اینکه α و β و γ به پارامترهای ماکروسیستمی:

$$\alpha = p f\left(\frac{E}{p}\right)$$

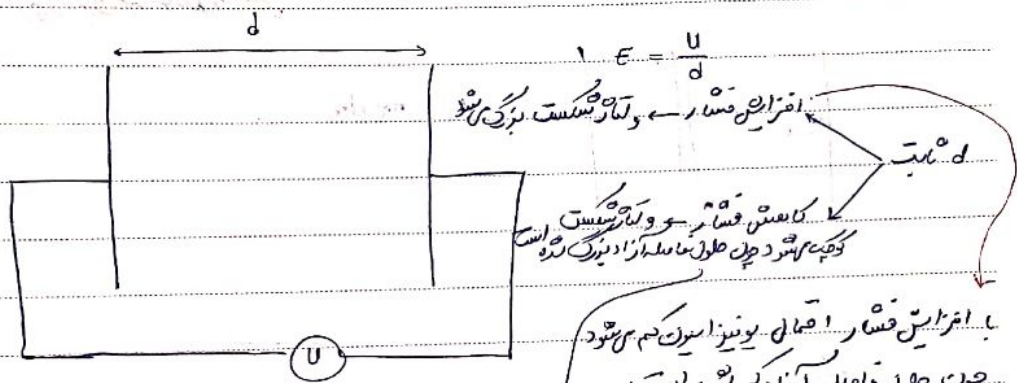
$$\beta = p g\left(\frac{E}{p}\right)$$

$$\gamma = h\left(\frac{E}{p}\right)$$

که بخش فشار به افزایش طول فاصله آزاد

هرچه فشار بیشتر باشد می‌تواند بیشتر و وجود دارد تا به خود صورت گیرد.

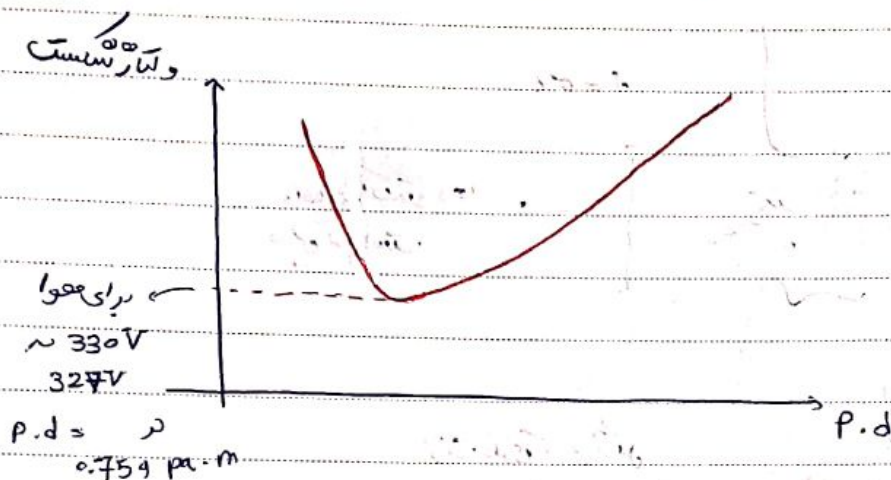
الکترون هم به همین شکل است و جنبش و دما



محدود فشارهای ضایع کم، و وکتار شکست خیلی بزرگ می‌شود
وقتی میدان زیاد می‌شود تعداد انکسرون‌های خارج شده از کاتد بیشتر شود، بیشتر می‌شود
احتمال اینکه
چون تعداد موکول‌های موجود در فضا کم شده است و افزایش میدان باعث خروج انکسرون‌های بیشتر از کاتد و افزایش احتمال برخورد‌های متناهی به یونیزاسیون می‌شود
افزایش فاصله: و وکتار شکست افزایش می‌یابد چون برای رسیدن به میدان عملی که شریک شکست در آن فراهم بوده است به وکتار بیشتر فاصله می‌پیماید
کاهش فاصله: و وکتار شکست کم می‌شود به دلیل باال فاصله خیلی کم (۱۸ و ۱۹) و وکتار شکست بزرگ می‌شود چون با افزایش میدان احتمال برخورد یونیزاسیون انکسرون‌ها به موکول‌ها در این نزدیکی زیاد می‌شود و افزایش می‌یابد
طول فاصله آزاد از چند مایه متر تا چند متر است (معمولاً کولیدهای خطی)

فلون یا پاشن:

ولتاژ شکست در میدان و فنواکت به حاصل ضرب فشار در فاصله وابسته است.



شرط تخلیه مستقر $\rightarrow \delta(e^{\alpha d} - 1) = 1$ جایگزاری $\rightarrow h(\frac{E_{bd}}{p})(\exp(p d f(\frac{E_{bd}}{p})) - 1) = 1$

$$E = \frac{V}{d}$$

$$\rightarrow h(\frac{V_{bd}}{p d}) [\exp(p d f(\frac{V_{bd}}{p d})) - 1] = 1$$

$$\Rightarrow V_{bd} = f(p d)$$

$$\alpha d = \ln(\frac{\alpha + \beta}{\beta}) \rightarrow p d f(\frac{V}{p d}) = \ln(\frac{p \Gamma f(\frac{V}{p d}) + g(\frac{V}{p d})}{p g(\frac{V}{p d})})$$

در شرایطی تخلیه مستقر که به صورت دیگری برست کند نشان می دهد که حاصل ضرب $p \cdot d$ همین نکته ای تساوی شرط تخلیه و ولتاژ شکست است که منطبق بر قانون پاشن است.

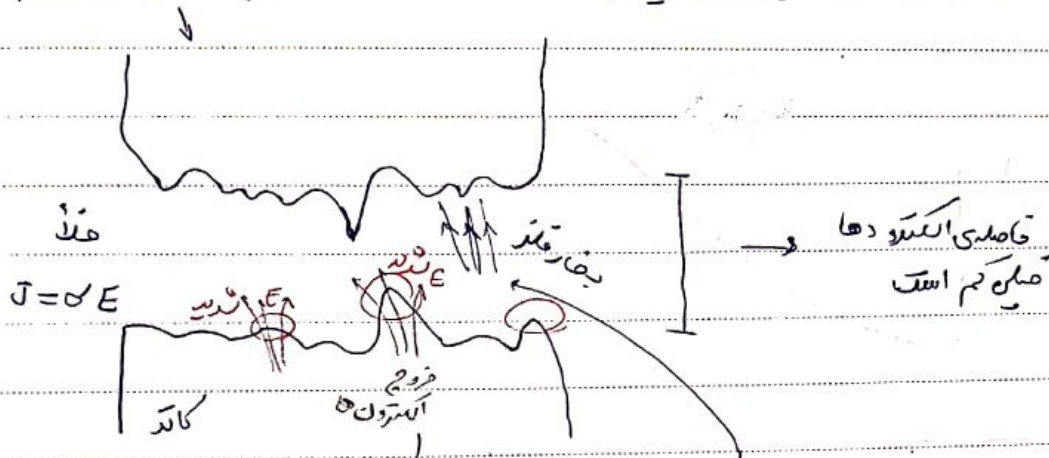
در فشار 1 atm $\rightarrow V_s = 2490 \frac{d}{m} + 61 \sqrt{\frac{d}{m}} \text{ kV}$

\downarrow \downarrow
 برای هوا m m

کاربرد منحنی پاشن: - افزایش فشار برای افزایش ولتاژ شکست \leftarrow GIS
- جابجایی که صخره ای شکست رخ دهد \leftarrow کاهش فشار

Date _____

در فشار خفیه هم، خلاصه و در شکست پس نهایت میل نم کنند. و بعد از آن در سطح سینه و سینه



ذرات فلزی که به شکل پلاها هستند → باقی دای می شود و از کانه کنده می شود
باقی دای می شود و از کانه کنده می شود
(وجود فلز باقی نمانده در آهن را آب گرم می شود)

۱۱- نوآوری درباره وقوع سلسل و جود دارد:

۱۔ بخارِ دہلیا کو کہ (بہادر) ہے۔ یا عین وقوعِ محسوس ہے۔

2- بر خورد این ذرات با عن کنده رنگ یون ها و اذامه ی روند برای وقوع شکست می شود.
با الکترون دیگر

بزرگ‌نمایی‌های فلا از این مکانیزم برای صاف کردن سطح آلوده‌ها و افزایش و تراز سطح می‌شود

در کتیبه فلا و هم قطع صورت می‌شود، قوس درست می‌شود و این قوس به طالع خودکار و اعموش می‌شود

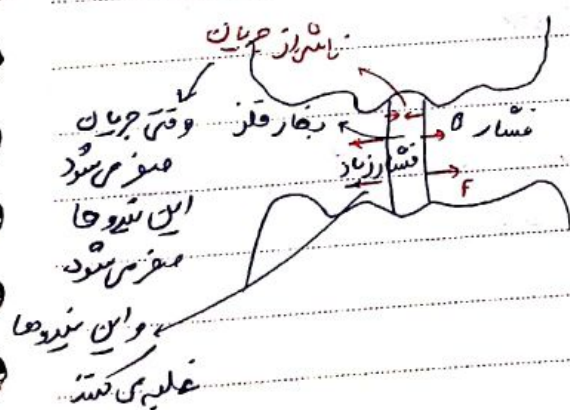
چون جریان ~~صفر~~ شد و فشار در بخار فلز که محوس است زیاد و فضای اطراف آن

فشار تقریباً صفر است در سیج بر اجها و الکترولها در قضا پخش می شوند و قوس قضا می شود.

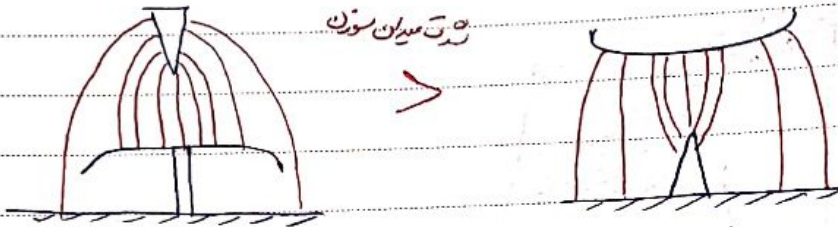
میرای و لکتر DC نمیتوان به این صورت قطع کرد

و فعلا برای انصار راه حل درستی وجود ندارد

ولس ایدہا سی ہس کہ با انفجار تمام کشتہ



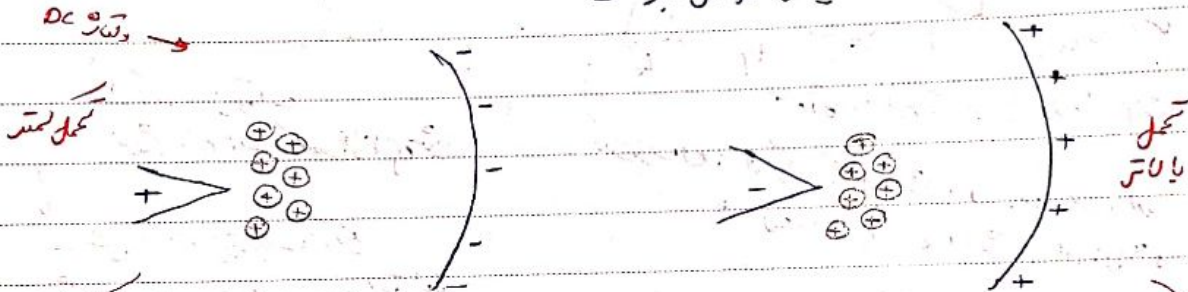
شکست هوا: و الکترون‌های یون - منفی
برای و تبار متناوب اهمیت ندارد که یون زمین شده با یون منفی در هر دو حالت و تبار شکست تقریباً یکی است.



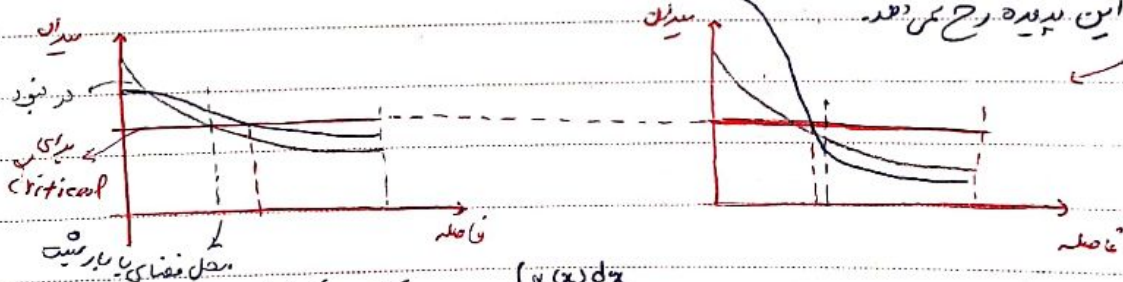
ریت میدان یون



وضعیت از نظر تخیل بهتر است.



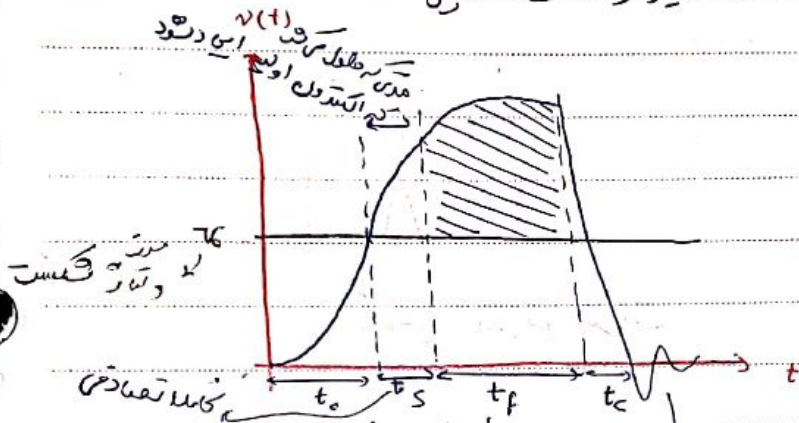
الکترون‌ها سریع‌تر و راحت‌تر از یون‌های مثبت حرکت می‌کنند. این الکترون‌ها و یون‌ها در معیبه وجود دارند و در آن‌ها بر یون‌ها در دست می‌شوند. پس یک فضای با بار مثبت در هر دو حالت ایجاد می‌شود برای و تبار AC. این پدیده رخ نمی‌دهد.



به فاصله غیرکنفوت $\int q(x) dx$
بودن یکنواخت $r(e^{-1}) = 1$ اگر E یکنواخت
در بخش از فضا که شکست می‌دهد
بخش از فضا که شکست می‌دهد

برای حالت یون منفی بخش از فضا که شکست می‌دهد بیشتر است برعکس حالت یون مثبت است. و تبار شکست معرکه متغیر و تبار شکست یون مثبت و PD برای حالت یون منفی زودتر اتفاق می‌افتد چون یک میدان قوی‌تر است.

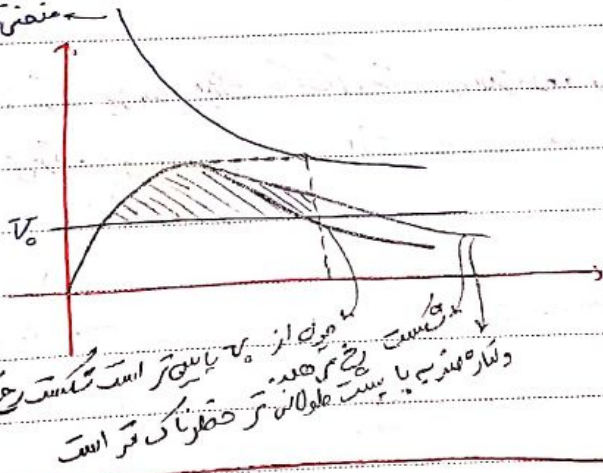
در حالت AC به فاصله اینکه زمان ولتاژ در حدود صفر باشد است ، ولتاژ برای ما همچنان کند است
اما در مورد ولتاژ فزاینده که زمان فعلی کوتاه است (میکرو ثانیه) تاخیر وجود میدان مهم می شود . یعنی مدت زمانی
جلو گرفته یونیزاسیون انجام شود مهم می شود . تاخیر در شکست الکتریکی



$$\int_{t_0+t_s+t_f}^{t_0+t_s} (v(t) - V_c) dt = A = \text{const.}$$

مقدار که به ازای آن انرژی لازم جهت شکست فراهم می شود
مقدارش با آرایش پلست می آید
به فشار دما و فاصله و ... وابسته است

علت نوسان: قوس که شکست می شود و تلف و مقاومت دارد
+ خازن پراکنده می باشد باعث نوسان می شود
منحنی تاخیر در شکست



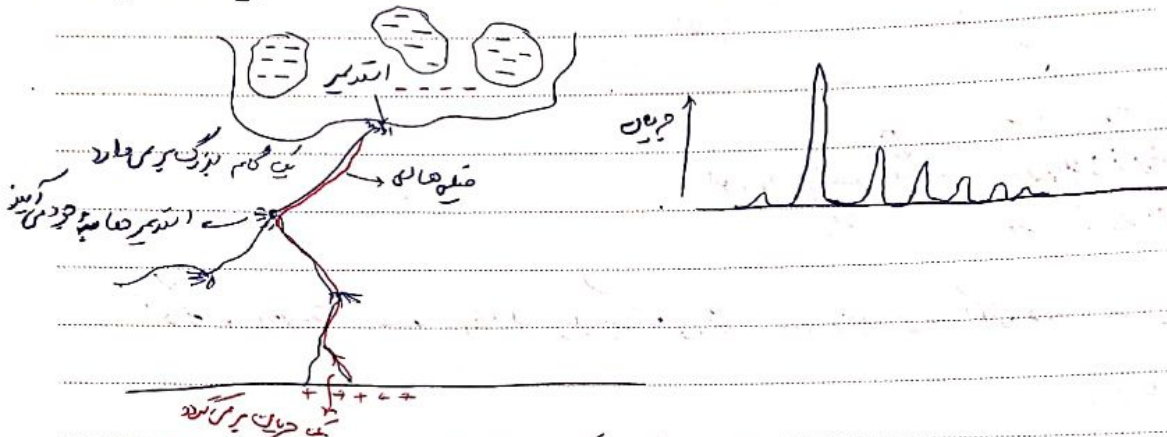
با افزایش ولتاژ از V_c تا بیشتر است شکست رخ نمی دهد
ولتاژ فزاینده یا بیشتر طولانی تر خطرناک تر است

تخلیه الکتریکی: فوتو یونیزاسیون: یونیزاسیون که در اثر نور
برu discharge
الکترون
فوتو یونیزاسیون



تخلیه لیدر: در فواصل بلند ایجاد می شود

که کانال در اثر میدان بیار زیاد که در یک ناحیه ایجاد شده است، درست می شود. در صاعقه چینه تخلیه های مرتب می شود.



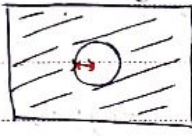
آن نوری که در صاعقه دیده می شود به خاطر این میدان است

در جریان ضربه همین جریان است
جریان در اندام زمین می ریزد
ضربه نیست در حد 200، 300 آمپر است

در فواصل بالا ولتاژ یونیزیشن مثبت از همه حالت ها کمتر است
به خاطر اینکه یونیزیشن مثبت طولانی ندارد و مانند DC است

تخلیه الکتریکی در مایع:

اطلاعاتی که برای تخلیه در مایعات وجود دارد همگی به صورت آزمایشی بدست آمده است.
به عوامل مختلف بستگی دارد و پیش بینی آن دشوار است.



① یونیزاسیون در حباب های گاز

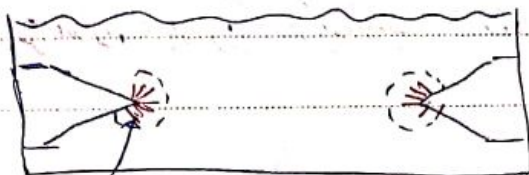
② یونیزاسیون در مایع

دو تئوری

وقتی از مرحله عبور می کند
در مرحله ایستادن می ریزد
انرژی ناشی از تخلیه باعث تعظیم فضای اطراف این حباب می شود
و باعث گسترش تخلیه می شود

انگشتون در مایع در اثر میدان شتاب می گیرد
متوسط فاصله زیاد کوچک است بنابراین برای شکست میدان باید قوی باشد پس در مایعات دشارژ تجمیل بالا است
در مایعات هم مکانیزم استریم اتفاق می افتد

شکست در اثر ناخالصی:
↓
الودگی



مواد با بری بزرگتر
چون پلازا نیز می شوند و
جذب میدان قوی می شوند
این موافق شکست
باعث

آلودگی + رطوبت → ϵ_r میدان بزرگ می شود ← راحت تر ب. الکترونها جذب می شوند



با خود این جریان باعث
شکست می شود یا باعث
تجزیه می شود و یک میدان گازی
بین دو الکترود درست می شود که باعث تخلیه شود.
 $R \propto d^2$
اینجا می بیند
الودگی عبوری
اینجا قرار می گیرد
با میدان شدیدتر

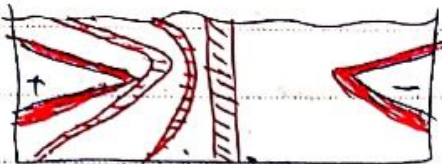
برگاره ها می بینیم شکست در اثر ناخالصی وجود ندارد چون ناخالصی در گاز
نفس نمی کشد

عملی که در ~~شکست~~ عمل عایق می کشند:

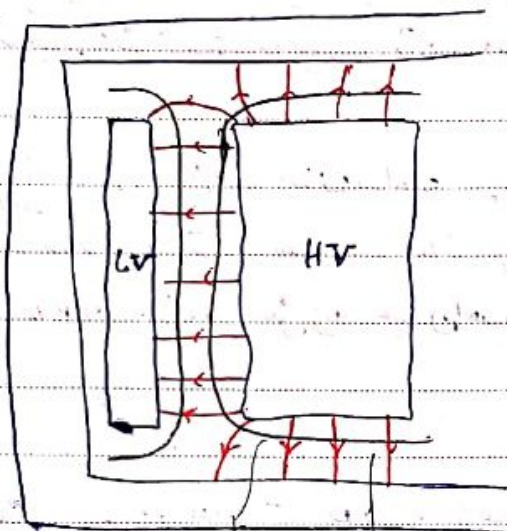
① پوشاندن الکترودها و خصوصاً الکترود میز تر پیچار موثر است
 $\epsilon > \epsilon_{air}$ Coating
وقتی یک آلودگی با رطوبت ب. الکترود با coating
بجای می آید، پتانسیل را نمی تواند منتقل کند چون یک مقاومت زیاد
در بین الکترود و آلودگی قرار گرفته است.

② استفاده از حائل ها در فاصله عایق و تبدیل یک فاصله بزرگ به چند فاصله عایق کوچکتر باعث
افتتاح الکتریکی عایق می شود ← جلوگیری از شکل پل → چون چند فاصله عایق کوچکتر بجای یکی بزرگ
نفس بر یک فاصله عایق بزرگ دارد

PAPCO
105 KV 5mm oil gap
120 KV 2x2.5mm oil gap 84



حائل عارضه طوری که نمی تواند مؤلفه مهم باشد عارض
وجود نداشتند باشند حائل ها باید منقطع بر خطوط
هم پایی نباشند



تا مددی شست در روغن بزرگسبز است
اگر قشر به شست بخورده و کربنیزه شده
در کل ترانس پخش شود

پریس بورڈ
بین کا منہا یا یہ روحی حرکات دانستہ یا نرس

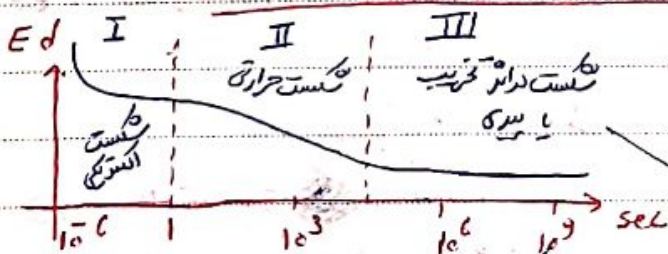
⑤ و کائنات سلسلہ بہ نوح القدود وابتنہ است

4. وَلَكَ فِي حُزْنِهِ مَقَاتِلٌ — بِرِزْمَانِ هَيْتِ لِي وَنَحْنُ زِمَانِ بَسْتِ رُكْنِ مَقَاتِلِ

⑤) ولتاژ شکست به سرعت افزایش ولتاژ نیز بستگی دارد. $\frac{3kV}{s}$, $\frac{2kV}{s}$, $\frac{1kV}{s}$

تفعل بغير ملود
تفعل بغير ملود
تفعل بغير ملود

⑥ دکنار کھجور بہ الودھد رطوبت وابقہ است۔



گفت در عاقبتی جامه :

در علم کتب مستند به زمان احوال و کتابت کتب

برای کارهای و مایات در نظر گرفته چون قابل احوال هستند.

شکست الکترونی هرف (I):

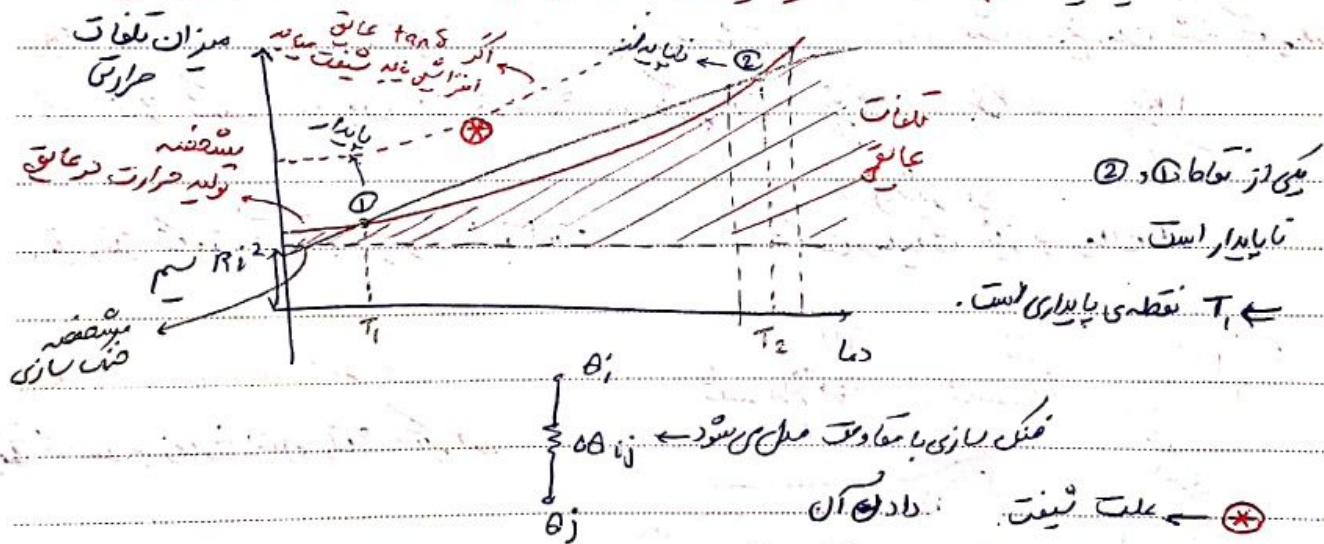
- 1- یونیزاسیون الکترون آزاد در فضای بین مولکول ها - البته تعداد الکترون ها ضعیف تر است
- 2- الکترون مولکول خود را ترک می کند
- 3- با اعمال میدان الکتریکی شدید، نیروی مکانیکی به عایق می رسد. نیروی مکانیکی باعث شکست می شود و بعد از آن شکست الکتریکی اتفاق خواهد افتاد.

همه این ها نیازمند میدان به اندازه چند میلیون ولت بر cm است.
 فاصله تر جامدات به بعد شکست در جامدات می شود هر چند خیلی کم باشد (تقل در ساختار جامد)
 کربن های XLP E که تحت تنش زیاد میدان است با ساختارش با X-ray کنترل می شود.

شکست حرارتی (II):

همواره عایق ها در محاوره های قرار دارد. در اثر عوامل زیر عایق گرم می شود:

- 1- تلفات هدایتی به رمان Ri^2
- 2- تلفات هدایتی خود عایق - با افزایش دما هدایت عایق افزایش میابد.
- 3- تلفات پلازما یون - با دما پلازما یون راحت تر انجام می شود و لذا تلفات افزایش میابد.

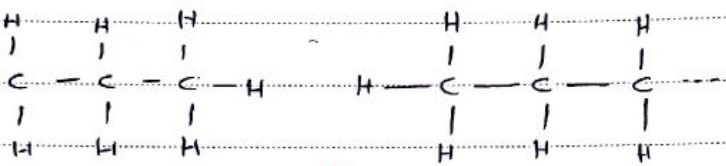


فنک سازی با مقاومت می شود - زنا θ_1
 به علت شینت - داد به آن θ_2
 پیر شدن عایق و افزایش ولتاژ است.
 فرآیند شکست حرارتی نیازمند زمان است.

حکایت در اثر تخریب یا پیری (III) :

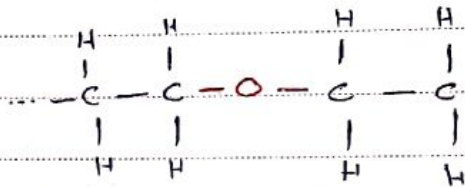
تغییر در ساختار شیمیایی جابجایی، مثلاً وجود آب، الیه و... (هیدرولیز) باعث تخریب محلول می شود.
پیرولیز (Pyrolysis) : محلول در اثر حرارت دچار تخریب می شود.
حامل دیگر تخریب ← PD ← همان مکانیزم پیرولیز اتفاق می افتد.
↓ چون پیش روی آن حادثه درخت است به آن treeing می گویند.

X-wax :



O_2 ↑

مولکول های کوچک با کسر کم تر کار می گیرند و مولکول سنگین تر می سازند



لا باعث افزایش دیگونیته روغن می شود ← لجن تراشیده و آلوده یا X-wax
تحلل قلیه می دهد