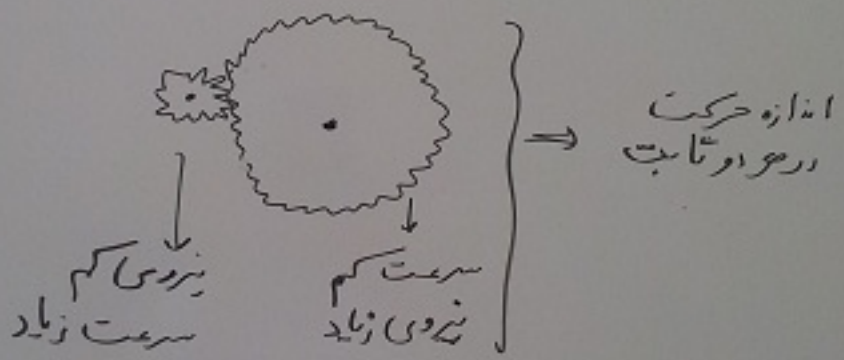
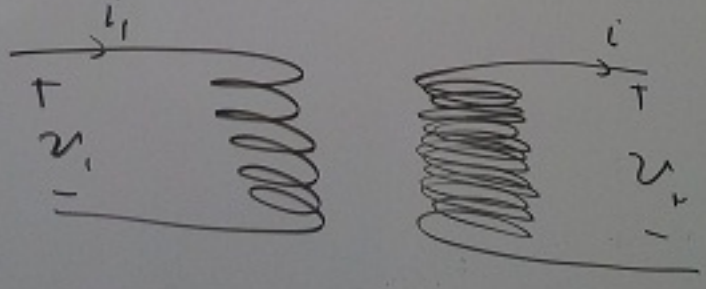
فصل چهارم: ترانسفورماتور

(۶۱) کار ترانسفورماتور در شبکه چیست؟

به جز تلفات بسیار کمی (در حدود ٪۱ یا ٪۱۰) دارد توان را انتقال می دهد فقط ولتاژ یا جریان را کم می کند (مانند چرخ دنده در مکانیک).





(۴۲)

$i_1 V_1 = i_2 V_2$

اگر جریان کم شود ولتاژ زیاد می‌شود و بالعکس.

ولتاژ را بالا می‌بریم تا جریان کم شود تا بتوان راحت‌تر انتقال داد.

فرض کنید هر خانه‌ای 25^A تعت 22000^V می‌خواهد.

اگر ولتاژ 22000^V شود، 25000 خانه با سیمی به همان ضخامت تغذیه می‌شود. اگر قرار بود 22^V انتقال بدهیم باید سیمی برای 25000^A انتخاب می‌کردیم. یعنی 1000 برابر ضخامت.

انتخاب اول: داخل دانشگاه
- $V = 220^V$
- ضخامت = 1000 برابر سیم 25^A

انتخاب دوم: از نیروگاه تا دانشگاه
- $V = 22000^V$
- ضخامت = برابر سیم 25^A

(۶۲) چرا کاربرد D_2 در دنیای پس از آدسون خیلی کم شده؟

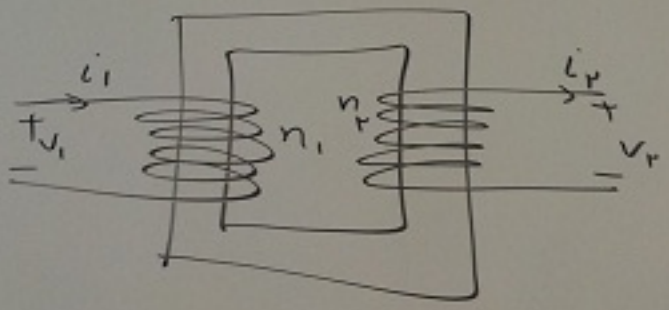
چون ترانس در D_2 کار نمی‌کند.

۲۴ بهمن ۱۳۹۱: ماشین dc و ac:

سلامت ۹ امروز امتحان می‌گیرم.
از این به بعد امتحانات ۵ صبح

(۶۳) رابطه ریاضی بین اولیه و ثانویه ترانس

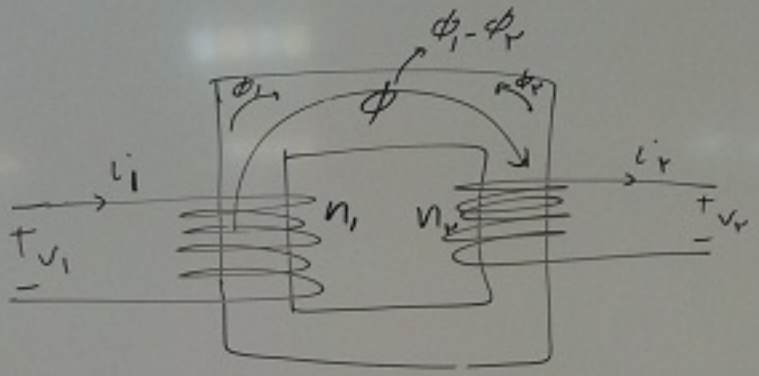
کدام است؟



$$\begin{cases} \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_1}{n_2} \\ \frac{i_2}{i_1} = \frac{n_1}{n_2} \end{cases} \Longrightarrow \begin{cases} \frac{v_1}{v_2} = \frac{i_2}{i_1} \\ v_1 i_1 = v_2 i_2 \end{cases}$$

رابطه جریان با ولتاژ با نسبت دور بالعکس

(۴۴) رابطه $\frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2}$ را اثبات کنید.

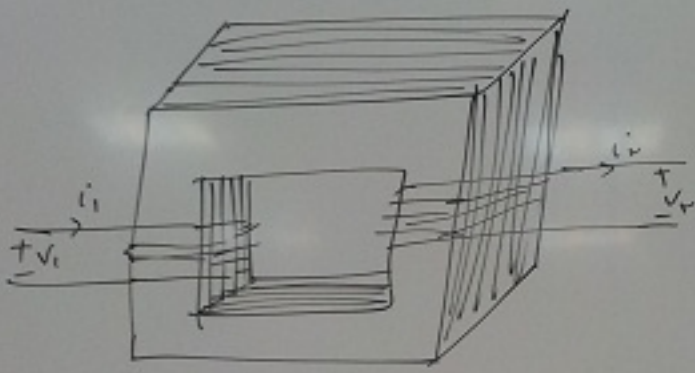


$$v_1 = n_1 \frac{d\phi}{dt}$$

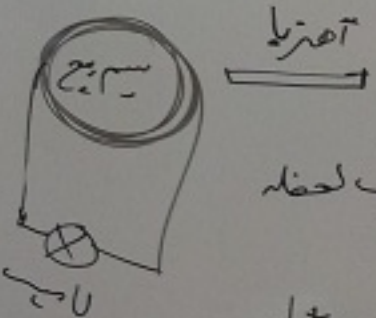
$$v_2 = n_2 \frac{d\phi}{dt}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

(۴۵) چرا تراشِ ورقه ورقه است؟



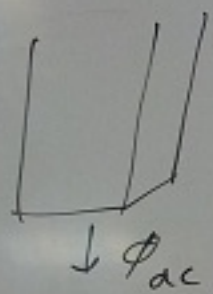
برای توضیح این موضوع جمله نکته می گوییم:



یک آهنربا (خطوط شار دارد)،
خطوط شار سیم بندی را قطع کند یک لحظه
چراغ روشن می شود. چون تغییرات شار
ولتاژ درست می کند.

فرض کنید آهن را نداریم ولی یک شار متغیر

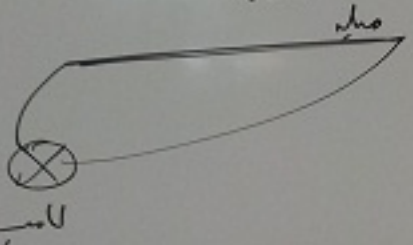
داریم و یک حلقه.



در اینصورت هم در حلقه

ولتاژ القا می‌شود و

چراغ روشن می‌شود.



حال در نظر بگیرید که بجای حلقه

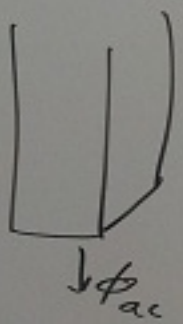
یک صفحه آهنی داریم. شار

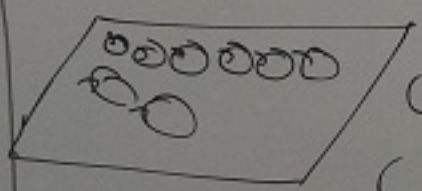
ولتاژ درست می‌کند ولی

چون صفحه آهنی همه جایش

اتصال کوتاه است، جریانهای

ریز درست می‌شود به این جریانها جریانهای گردابی





(۴۷) گ

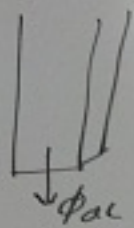
(۴۸) ک

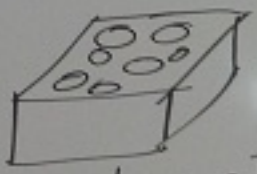
شار a
جریا
گرما
آها
اینجا
خو

(۴۹)

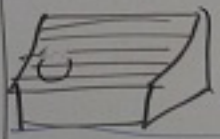
یا فوکو یا سرگردان می گویند. در نتیجه صفحه گرم می شود.

حال فرض کنید به جای صفحه یک تکه آهن باشد. در تمام سطوح آهن جریانهای گردابی داریم که باعث گرم شدن آهن می شوند.

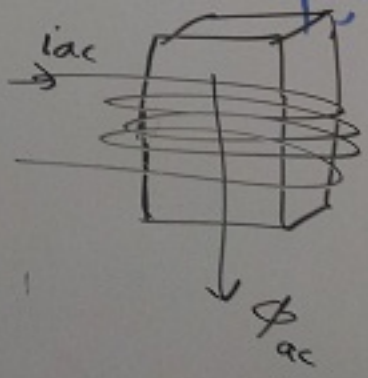




برای جلوگیری از این جریان، تکه آهن را در جهت عمودی ورقه ورقه می کنیم و عایق می کنیم و دوباره بهم می چسبانیم. شار عبوری کند ولی مسیر جریان قطع می شود:



(۴۶) چگونه شار متغیر درست کنیم؟



یک تکه آهن و یک سیم پیچ

اگر جریان ac به هیم شار ac درست می شود.

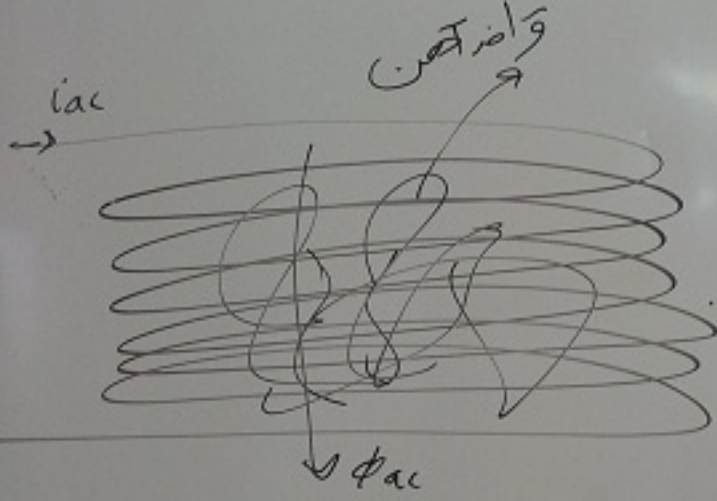
لامپ

گردابی

(۹۷) گرمانفی چی؟

گرمانفی تلفات که مطلوب سیستم برقی نیست

(۹۸) کوره القائی چیست؟



شار ϕ_{ac} در آهن قراضه

جریان فوکو که

گرمای زیاد

آهنا ذوب می شوند

اینجا جریان فوکو

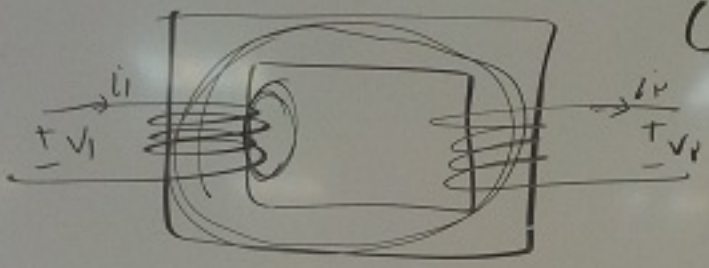
خوب است.

(۹۹) مدل واقعی ترانس را بگو بشود؟

ماشین dc و ac : ۱۳۹۱ ارور

(۶۹) مدل واقعی ترانس را بگویید؟

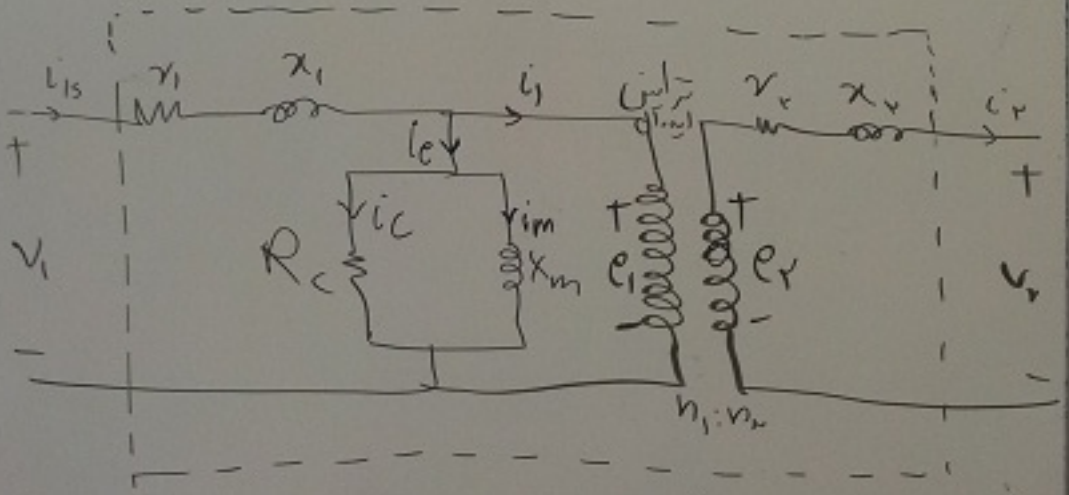
ترانس ایده آل



$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\frac{i_2}{i_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

ترانس واقعی:



ترانس واقعی

r_1 : مقاومت سیم پیچی اولیه

r_2 : " " " ثانویه

x_1 : سلف معادل شار اولیه که در هوا بسته می شود و داخل هسته نمی رود.

x_2 : " " " ثانویه

x_m : سلف معادل شاری که داخل هسته می رود.

R_c : مقاومت تلفات هسته است.

$$\begin{cases} \frac{e_1}{e_2} = \frac{n_1}{n_2} \\ \frac{i_1}{i_2} = \frac{n_2}{n_1} \end{cases}$$

۷۰) معادل شار در سیستم را چگونه نمایش می دهیم؟

هر جا شار وجود دارد می توانیم معادل آن یک سلف بگذاریم به شرطی که جریان عامل این شار را بدانیم.

$\Phi = LI$

Φ: شار حاصل از جریان

I: جریان

L: سلف

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

N: تعداد دور سیم پیچ

R: رلوکتانس

۷۱) معادل تلفات به صورت گرما یا کار انجام شده چیست؟

یک مقاومت
- هر جا گرما داریم.
- نور داریم.
- موتور کاری انجام می دهد.

(ac موتور)

(۷۲) ترانس داریم با مشخصات زیر

$$\begin{cases} r_1 = j.1 \\ r_2 = j.4 \end{cases} \quad \begin{cases} x_1 = j.2 \\ x_2 = j.8 \end{cases} \quad \begin{cases} R_c = 100 \\ X_m = 50 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{v_{1n}}{v_{2n}} = \frac{400^V}{200^V} & \text{نسبت تبدیل} \\ S_n = 100^{VA} & \text{توان نامی} \end{cases}$$

الف) مقادیر نامی اولیه و ثانویه چنداست؟

ب) آیا مقادیر ترانس درست است؟

ج) آیا می توان به اولیه 12^V داد؟ 100 ولت چطور؟

(۷۴)

الف)
$$\begin{cases} V_{1n} = 1.^{V} \\ V_{2n} = 1..^{V} \\ S_n = 1.. \end{cases} \Rightarrow i_{1n} = \frac{S_n}{V_{1n}} = \frac{1..}{1.} = 1.^{A} \quad (\text{ضریب ac})$$

$$i_{2n} = \frac{S_n}{V_{2n}} = \frac{1..}{1..} = 1^{A}$$

ب) r_1 و r_2 و x_1 و x_2 ↓ ✓

R_c و X_m ↑ ✓

$$\begin{cases} r_1 \simeq r_2 \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \Rightarrow \simeq \left(\frac{1}{2.}\right)^2 \times \quad \simeq \quad & \checkmark \\ x_1 \simeq x_2 \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \Rightarrow \simeq \left(\frac{1}{2.}\right)^2 \times \quad \simeq \quad & \checkmark \end{cases}$$

مقادیر درست است.

(۷۴)

ج) چون نامی اولیه 50^{Hz} است و 42^{Hz} کمی بالاتر است ولی 100^{Hz} نمی‌تواند باشد ترانس آسیب می‌بیند.

(۷۳) رابطه بین مقادیر برآنس چگونه است؟

$\begin{cases} R_c \uparrow \\ X_m \uparrow \end{cases} \Longrightarrow i_{el}$ جریان نامی $\Rightarrow$ ٪۵ تا ۱۰ i_n

$\begin{cases} r_1 \downarrow \\ r_2 \downarrow \\ x_1 \downarrow \\ x_2 \downarrow \end{cases} \Longrightarrow \begin{cases} r_1 \approx r_2 \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \\ x_1 \approx x_2 \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \end{cases}$

$\begin{cases} V_1 \approx e_1 \\ V_2 \approx e_2 \end{cases}$

(۷۴) منظور از مقادیر نامی ترانس چیست؟

مقادیری است که ترانس در آن مقادیر بدون آسیب دیدن می‌تواند کار خودش را ادامه دهد.

V_{1n} و V_{2n} و $S_n \Longrightarrow \begin{cases} i_{n_1} = \frac{S_n}{V_{1n}} \\ i_{n_2} = \frac{S_n}{V_{2n}} \end{cases}$

V_{1n}: ولتاژ نامی اولیه

V_{2n}: ولتاژ نامی ثانویه

S_n: توان ظاهری نامی

جریان نامی اولیه

جریان نامی ثانویه

الف)

$\begin{cases} V_{1n} \\ V_{2n} \\ S_n = \end{cases}$

ب)

ج)

(۷۵) انقامات سیستم برق چند نوع است؟

- جریان زیاد { ظرفیت بالا و آب شدن سیم
  { تاخیر کلیدزنی

- ولتاژ بالا { جرقه: منعجر شدن
  { دارای جرقه احتمالاً صدمه به فاصله عایق.

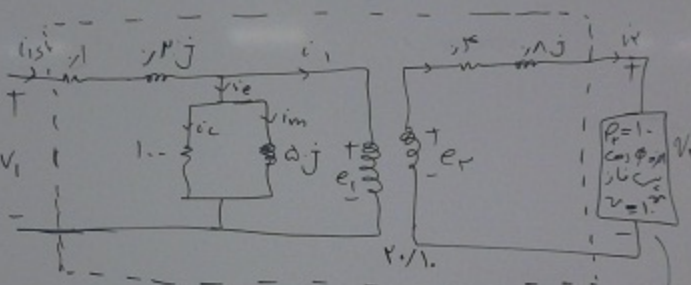
(۷۶) ولتاژ نامی و جریان نامی چه مزیتی دارند؟

$V_n \Rightarrow$ از ۵٪ بالاتر یا پایین‌تر

$I_n \Rightarrow$ از ۰ تا ۱۰۰٪ بالاتر

(۷۷) در ترانس با مشخصات زیر یک بار ۱۰^{W} و $\cos\phi = ۰/۸$ پس‌فاز با ولتاژ ۱۰^{V} وصل کرده‌ایم. ولتاژ اولیه چند است؟

$$\begin{cases} r_1 = ۰/۱ \\ r_2 = ۰/۴ \end{cases} \quad \begin{cases} x_1 = ۰/۲ \\ x_2 = ۰/۸ \end{cases} \quad \begin{cases} R_c = ۱۰ \\ X_m = ۵۰ \end{cases} \quad \begin{cases} \frac{V_{1n}}{V_{2n}} = \frac{۵}{۱} \\ S_n = ۱۰۰\,VA \end{cases}$$



$$V_2 = ۱۰ \angle ۰$$

$$P_2 = V_{2_{rms}} \times i_{2_{rms}} \times \cos\phi \Rightarrow i_{2_{rms}} = \frac{۱۰}{۱۰ \times ۰/۸} = ۱/۲۵\,A$$

$$\cos\phi = ۰/۸ \Rightarrow \phi = ۳۶/۸۷ \Rightarrow \phi_v - \phi_i = ۳۶/۸۷ \Rightarrow$$

$$\phi_v = ۰ \Rightarrow \phi_i = -۳۶/۸۷ \Rightarrow \underline{i_2 = ۱/۲۵ \angle -۳۶/۸۷}$$

$$e_r = v_r + i_r(0.4 + 0.8j) \Rightarrow \boxed{e_r = 11.1 \angle 2.4}$$

$$\frac{e_1}{e_r} = \frac{5}{10} \Rightarrow e_1 = 0.5 e_r \Rightarrow \boxed{e_1 = 5.55 \angle 2.4}$$

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{10}{5} \Rightarrow i_1 = 2 i_c \Rightarrow \boxed{i_1 = 2.5 \angle -27.87}$$

$$\begin{cases} i_c = \dfrac{e_1}{100} = 0.555 \angle 2.4 \\ i_m = \dfrac{e_1}{50j} = 0.111 \angle -87.6 \end{cases} \rightarrow i_c = 0.555 \angle 2.4 + 0.111 \angle -87.6 \Rightarrow \boxed{i_c = 0.125 \angle -41.37}$$

$$i_{1s} = i_c + i_1 \Rightarrow \boxed{i_{1s} = 2.41 \angle -38}$$

$$v_1 = e_1 + i_{1s} \times (0.1 + 0.2j) \Rightarrow \boxed{v_1 = 4.05 \angle 2.7}$$

$= \frac{V_{oc}^2}{P_{oc}}$

$\frac{1}{\quad} + \frac{1}{X_{m\,LV}^2} = \frac{I_{oc}}{V_{oc}}$

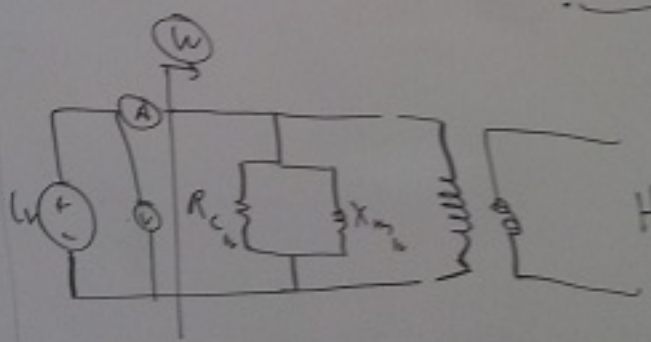
(۷۸) تراس داریم که سبت تبدیل برای داینم یک
کمپرسور یک سرامیک و ۳ مگر هم داریم چگونه می‌توان
پارامترهای تراس را بدست آورد؟

آزمایش اتصال کوتاه ⟹ R_1 و R_2 و X_1 و X_2 تعیین می‌شوند

آزمایش مدار باز ⟹ R_c و X_m تعیین می‌شوند

نکته:

آزمایش مدار باز: بهتر است طرف HV مدار باز شود و طرف LV را ولتاژ بدهیم. چون درست کردن LV ساده‌تر است.



۷۹

$$\begin{cases} V_{oc} & \text{ولتمتر} \\ i_{oc} & \text{آمپرمتر} \\ P_{oc} & \text{واتمتر} \end{cases} \Rightarrow P_{oc} = \frac{V_{oc}^2}{R_{cLV}} \Rightarrow R_{cLV} = \frac{V_{oc}^2}{P_{oc}}$$

$$Z_{LV} = \frac{V_{oc}}{i_{oc}} \Rightarrow \frac{1}{Z_{LV}} = \frac{i_{oc}}{V_{oc}} \Rightarrow \sqrt{\frac{1}{R_{cLV}^2} + \frac{1}{X_{mLV}^2}} = \frac{i_{oc}}{V_{oc}}$$

$$X_{mLV} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{i_{oc}}{V_{oc}}\right)^2 - \frac{1}{R_{cLV}^2}}}$$

۸۰

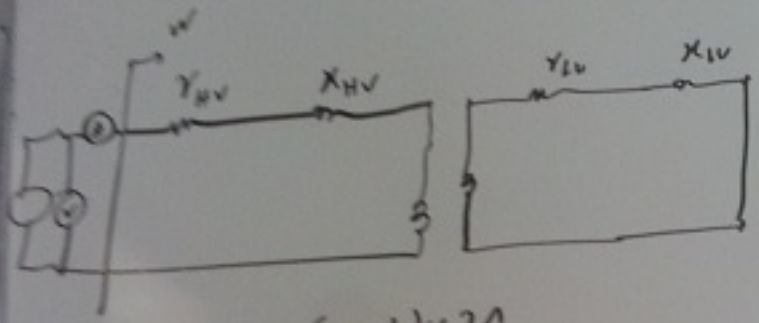
$$\begin{cases} V_{oc} = V_{LV} \\ i_{oc} = (5-10)\% \, i_{nLV} \end{cases}$$

نکته: اتصال کوتاه باز

۸۱

آزمایش اتصال کوتاه: ازناخه موازی صرفنظر می کنیم. طرف LV را اتصال کوتاه می کنیم. ولی ولتاژ V_{nHv} را به Hv نمی دهیم. ۱۰٪ ولتاژ Hv را به V_{nHv} می دهیم که جریان تقریباً جریان نامی باشد تا ترانس نسوزد.

ادامه (۸):



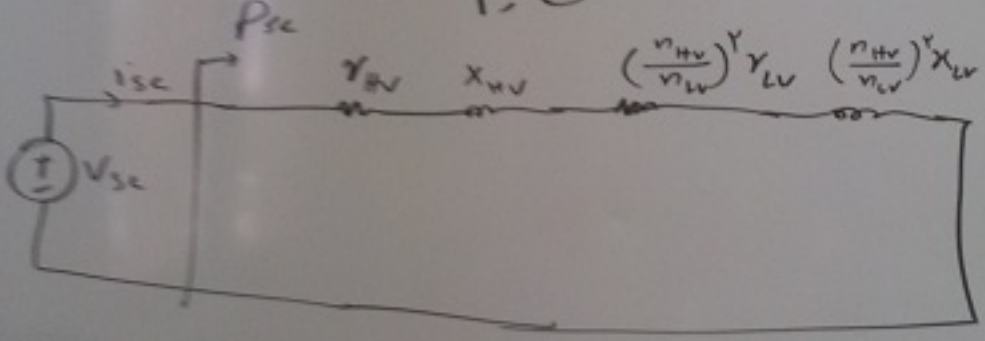
$$\begin{cases} V_{sc} = (5-12)\% V_{nHV} \\ i_{sc} \approx i_{nLV} \end{cases}$$ تذکر:

$$\begin{cases} V_{oc} \\ i_{oc} \\ P_{oc} \end{cases}$$

$Z_{LV} =$

X_m

حالا اصولاً را منتقل به HV می‌کنیم:



$$r_{HV} + \left(\frac{n_{HV}}{n_{LV}}\right)^2 r_{LV} = \frac{P_{sc}}{i_{sc}^2} \checkmark$$

نصف مقاومت برابر r_{HV}

نصف برابر $\left(\frac{n_{HV}}{n_{LV}}\right)^2 r_{LV}$

$$\underbrace{X_{HV} + \left(\frac{n_{HV}}{n_{LV}}\right) X_{LV}}_{\text{نصف}} = \sqrt{\left(\frac{V_{sc}}{i_{sc}}\right)^2 - \left(r_{HV} + \left(\frac{n_{HV}}{n_{LV}}\right)^2 r_{LV}\right)^2}$$

اتصال کوتاه

ن

(۷۹) اولیه و ثانویه بهتر است با HV و LV ؟

چون در ترانس $\frac{1}{10}$ مطمئن هستیم کدام اولیه است،

کدام ثانویه از کلمات HV و LV استفاده می‌کنیم:

HV : 1..^{n}

LV : 1.^{n}

(۸۰) وضعیت جریان و ولتاژ در HV و LV چیست؟

HV: $n \uparrow$, $i \downarrow$

LV: $n \downarrow$, $i \uparrow$

(۸۱) فرض کنید امپدانس در یک طرف ترانس قرار دارد. این امپدانس از طرف دیگر چگونه دیده می‌شود؟ (انتقال امپدانس)

V_{oc}
i_{oc}
P_{oc}

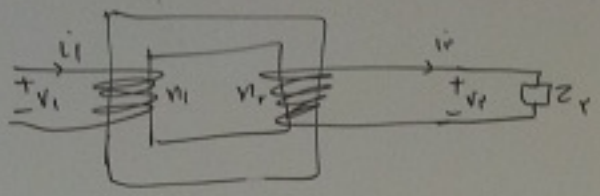
$Z_{LV} =$

$X_{m_{LV}}$

V_{oc}
i_{oc}

...یش اتصال کوتاه

جریان



$$\frac{v_2}{i_2} = Z \Rightarrow \frac{v_1}{i_1} = ?$$

$$\begin{cases} \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow v_1 = \frac{n_1}{n_2} v_2 \\ \frac{i_1}{i_2} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow i_1 = \frac{n_2}{n_1} i_1 \end{cases} \Rightarrow$$

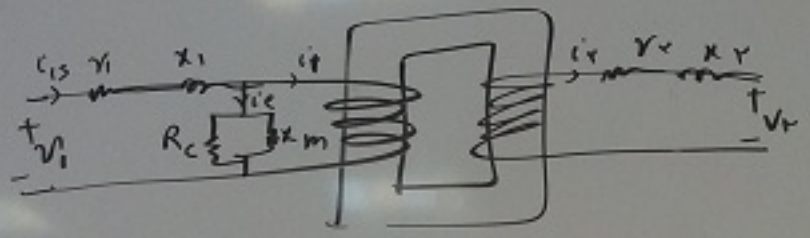
$$\frac{v_1}{i_1} = \frac{\frac{n_1}{n_2} v_2}{\frac{n_2}{n_1} i_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \frac{v_2}{i_2} \rightarrow$$

$$\frac{v_1}{i_1} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 Z_2 \Rightarrow \boxed{Z_1 = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 Z_2}$$

آنپرف

انپرف ←

(۸۲) جریان بی باری چیست؟ در این حالت از کدام عناصر می توان صرفنظر کرد.



بی باری یعنی $i_2 = 0 \Leftarrow i_1 = 0 \Leftarrow i_{1S} = i_e$ (مقدار کم)

$$\begin{cases} \frac{V_1}{V_2} = \\ \frac{i_1}{i_2} = \end{cases}$$

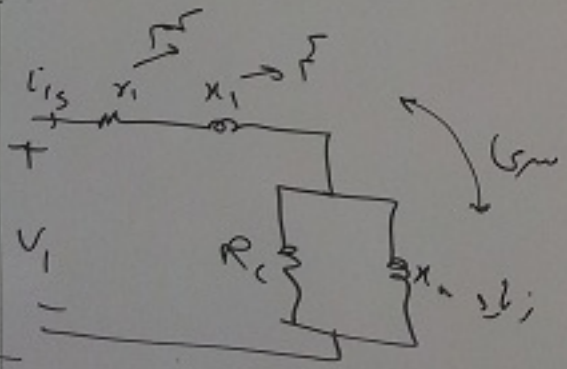
$$\frac{V_2}{i_2} =$$

$$\frac{V_1}{i_1} =$$

$$\frac{V_1}{i_1} = ($$

پس i_{1S} مقدار کمی می شود. حدوداً ۵٪ تا ۱٪ جریان نامی. به این جریان جریان بی باری می گوییم

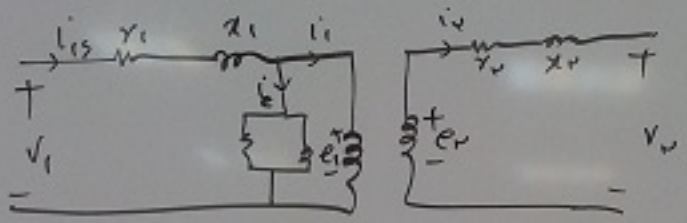
در جریان بی باری



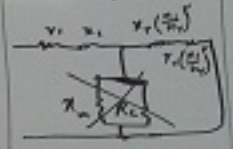
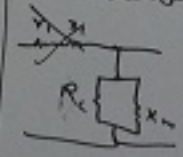
در دو مدار موازی مقاومت خیلی کم حذف می شود.

پس در این باری می توان از Z_1 و Z_2 صرفنظر کرد.

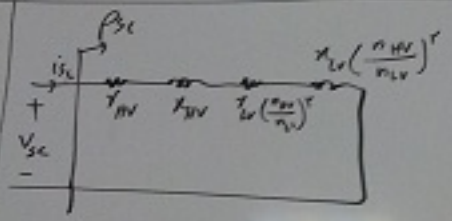
(۸۳) در حالت اتصال کوتاه، چه اتفاقی می افتد؟ از چه بارامتری می توان صرفنظر کرد؟

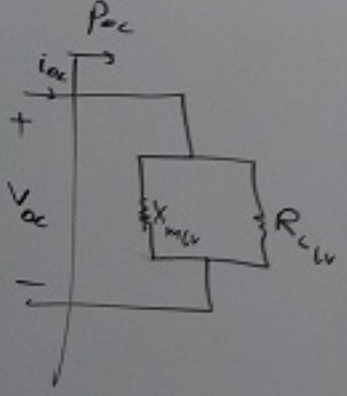


اتصال کوتاه، یعنی دو سر Z_2 را به هم وصل کنیم. جریان I_2 خیلی زیاد شده، پس I_1 خیلی زیاد شده ولی چون e_2 و e_1 کم می شود پس e خیلی در مقابل I_1 کم می شود. پس می توان از شاخه موازی صرفنظر کرد. شکل اصلی اتصال کوتاه این است جریان به حدی بالا است که ترانس می سوزد.

چه چیزهایی صرفنظر می شود	جریان	چه مقدار ولتاژ می دهیم	کدام طرف اعمال می شود	با رابطه‌ای که تعیین می شوند	نوع تست
R_c , X_m صرفنظر چون این دو امپدانس مقدار زیادی هستند که موازنه 	I_{nHV}	(۵-۱)٪ V_{HV}	HV را اتصال کوتاه می کنیم چون طرف HV ولتاژ کمی می دهیم و جریان نامی است وسائل اندازه گیری طرفی که ولتاژ داده ایم	r_1 و r_2 x_1 و x_2	تست اتصال کوتاه
r_1 و r_2 و x_1 و x_2 چون با امپدانس های سری هستند. 	I_{nLV} (۵-۱۰)٪	V_{nLV}	LV را مدار باز می کنیم. طرف LV ولتاژ نامی دهیم وسائل اندازه گیری طرفی که ولتاژ داده ایم	X_m R_c	تست مدار باز

مدار معادل





روابط

$$P_{sc} = \left(\underbrace{r_{HV}}_{\text{نصف}} + \underbrace{r_{LV}\left(\frac{n_{HV}}{n_{LV}}\right)^2}_{\text{نصف}}\right) i_{sc}^2$$

$$Z_{sc} = \frac{V_{sc}}{i_{sc}} \Rightarrow \sqrt{(\quad)^2 + (\quad)^2} = \frac{V_{sc}}{i_{sc}} \Rightarrow$$

$$P_{oc} = \frac{V_{oc}^2}{R_{cLV}} \Rightarrow R_{cLV} = \cdots$$

$$Z_{oc} = \frac{V_{oc}}{i_{oc}} \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R_{cLV}^2} + \frac{1}{X_{mLV}^2}}} = \frac{V_{oc}}{i_{oc}} \Rightarrow X_{mLV} =$$

ماشین: ۱۳۹۱/۹/۸ :dc, ac

(۱۸/۴) حاصل $e_2 = v_2 + i_2(0.4 + 0.8j)$

ترحلی که $i_2 = 1.25 \angle -36.87$ و $v_2 = 10 \angle 0$

را به صورت قطبی بنویسید؟

$$e_2 = 10 + 1.25\angle -36.87 \,(0.4 + 0.8j) =$$

$$= 10 + 1.25\angle -36.87 \times \sqrt{0.4^2 + 0.8^2}\ \angle \tan^{-1}\left(\frac{0.8}{0.4}\right)$$

$$= 10 + 1.25\angle -36.87 \times 0.89 \angle 63.43 =$$

$$= 10 + 1.125 \angle 26.56 =$$

$$= 10 + 1.125(\cos 26.56 + j \sin 26.56) =$$

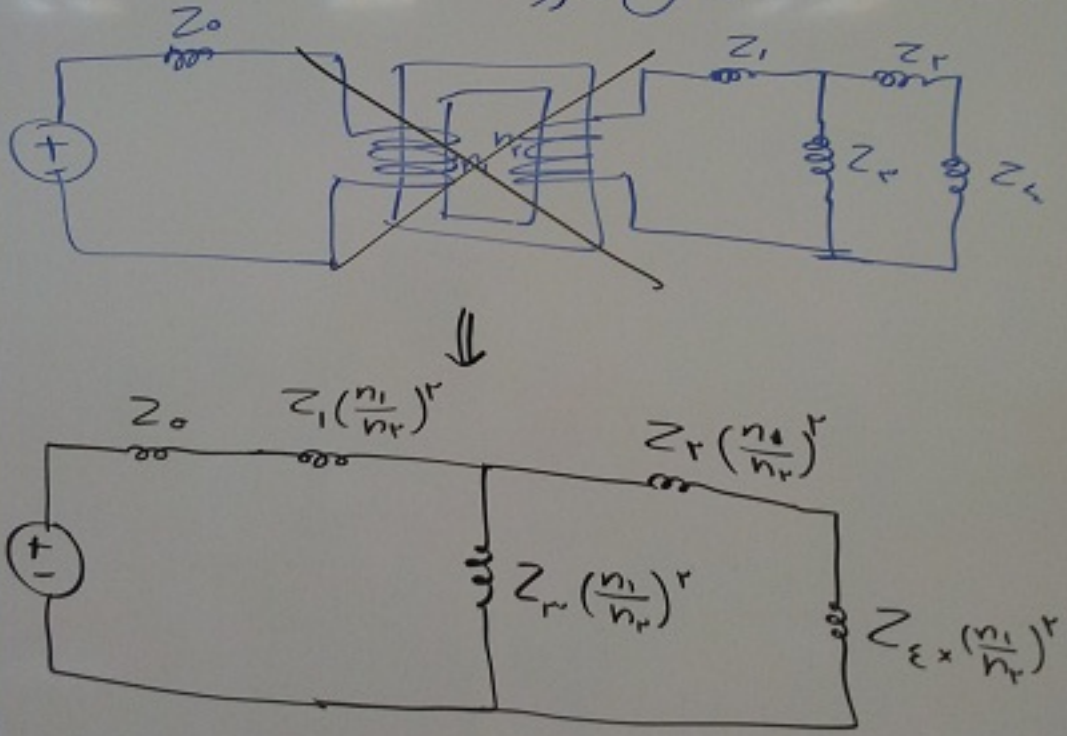
۸۴

$$10+1+j15 = 11+j15 = \sqrt{11^2+15^2}\ \tan^{-1}\left(\frac{15}{11}\right) =$$

$$18.61\angle 53.6^\circ$$

---

۸۵ انتقال امپدانس در حالت موازی و سری چگونه است؟ مثلاً در شکل زیر:



(۸۶) تست اتصال کوتاه چی هست؟
مدار باز

ترانس می خریم. تنها اطلاعاتی که داریم $\frac{V_1}{V_2}$ و ... است

و چار سر ترانس. چگونه می توان r_1 و r_2 و x_1 و x_2 و x_m و R_c را بدست آورد؟