

ای نام تو بهترین سر آغاز





حفاظت و رله نرانس فورمانور جریان

مدرس: نبی اله رضانی





۱- ترانسفورماتورهای جریان

۲- ترانسفورماتورهای ولتاژ

❖ مبدل‌ها (Transducers)

❖ ترانسفورماتورهای جریان CT-(Current Transformer)

• وظایف:

✓ مبدل جریان بالا به جریان قابل اعمال به دستگاه‌های اندازه‌گیری رنج پایین و یا حفاظتی

✓ جداسازی دستگاه‌های اندازه‌گیری و یا حفاظتی از شبکه فشار قوی

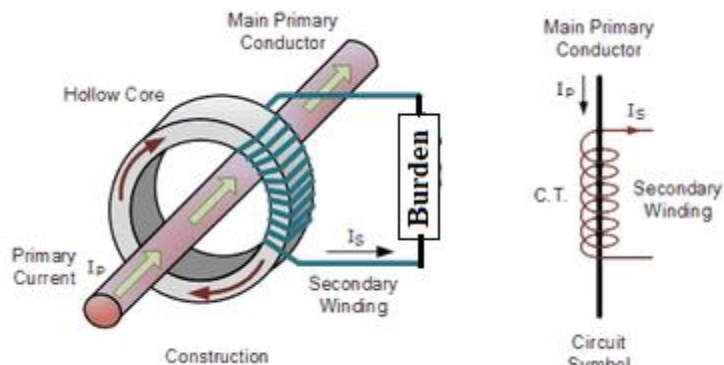
نکته: رله‌های وجود دارند که بطور مستقیم به ۲۰ کیلوولت متصل می‌شوند که به آن‌ها رله‌های Primary گویند. رله‌های که به ثانویه CT ها متصل می‌شوند رله‌های Secondary نامیده می‌شوند.



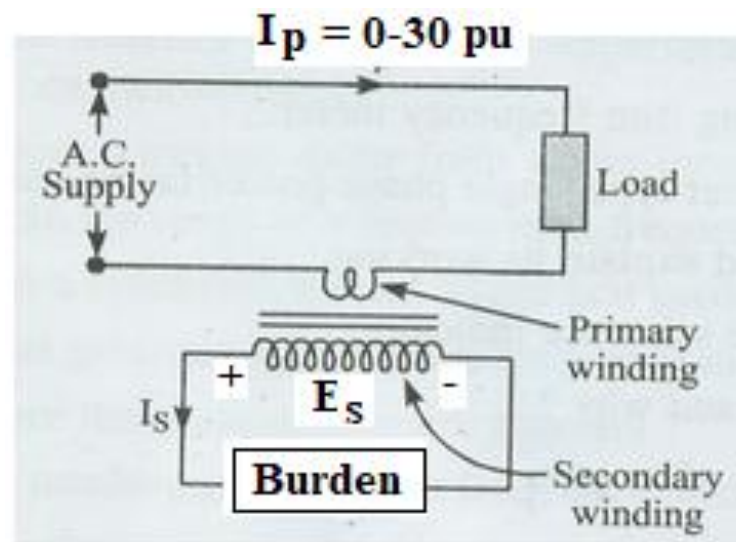
❖ ترانسفورماتورهای جریان (ادامه)

- نحوه استقرار CT در شبکه قدرت بصورت سری است. پس عامل بوجود آورنده شار در هسته جریان است.

نکته: به بار متصل شده در ثانویه مبدل‌ها بردن (Burden) نامیده می‌شود.



$$E_s = Z_{Burden} \cdot I_s$$

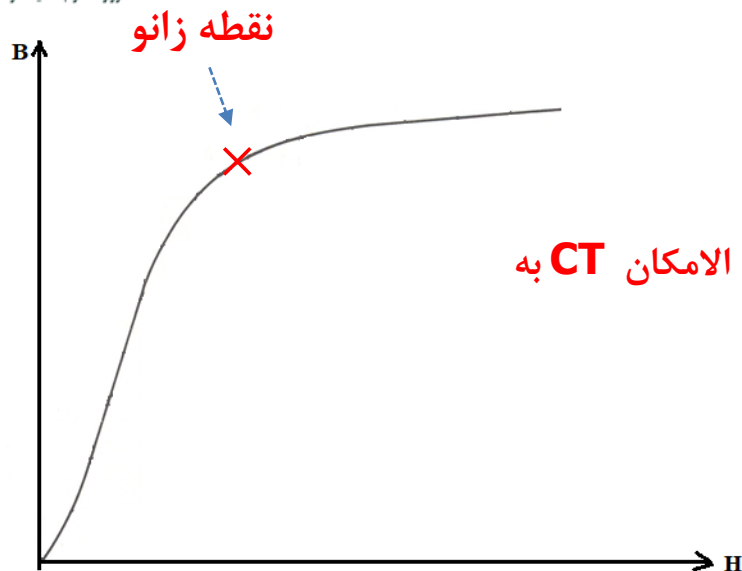


تمرین: چرا نباید ثانویه CT را باز نگهداشت؟



❖ ترانسفورماتورهای جریان (ادامه)

❖ منحنی مشخصه هسته



– نقطه کار عادی را پایین می گیرند تا در بدترین شرایط خطا حتی الامکان **CT** به اشباع نرود.

✓ دسته بندی CTها

– اندازه گیری: در ثانویه آن صرفاً آمپر متر قرار می گیرد (اندازه گیری جریان بار و اضافه بار کم)

تفاوت در رنج اندازه گیری است

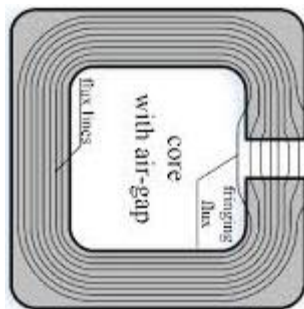
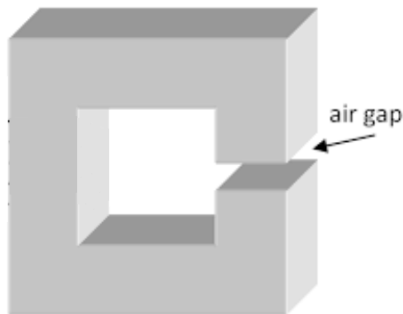
– حفاظتی: در ثانویه آن صرفاً رله قرار می گیرد (اندازه گیری جریان اتصال کوتاه)

• نوع کاربرد



❖ ترانسفورماتورهای جریان (ادامه)

✓ دسته بندی CT ها



- هسته با فاصله هوایی

• CT از نظر ساختمان هسته:

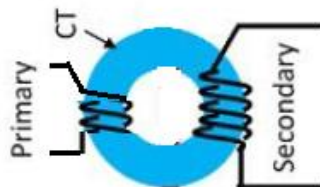
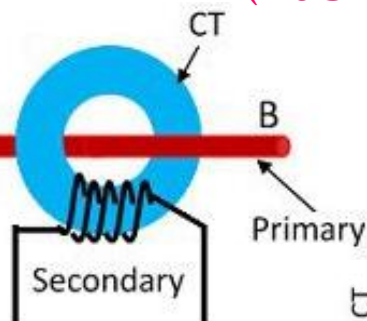


- هسته بدون فاصله هوایی (Ring Type)

- میله ای یا پوشینگی (Bushing (Bar)

$$n_1 = 1$$

• CT از نظر نوع سیم پیچی اولیه :



- سیم پیچی شده

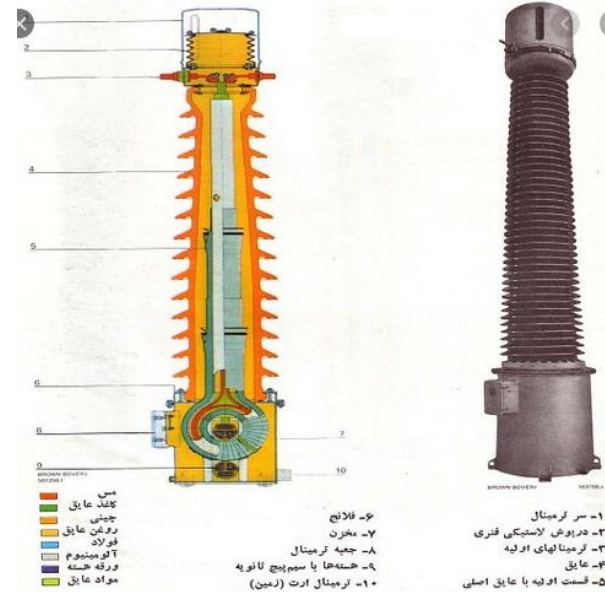


• CT از نظر محل استقرار هسته:

- پاندولی Pendulum
کاربرد: در سطح اتصال کوتاه بالا

- سنجاق سری Hairpin
کاربرد: در سطح اتصال کوتاه بالا

- هسته پایین (Tank Type)



- هسته بالا (Inverted Type)

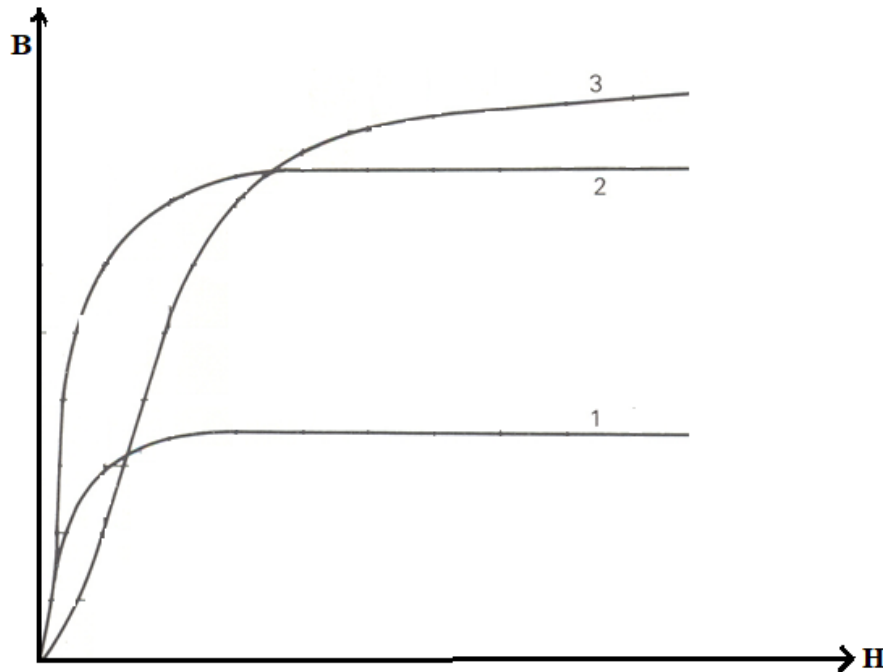




➤ مقایسه CT های هسته پایین و هسته بالا

• هسته بالا از نظر الکتریکی بهتر است زیرا:

- عایق بندی کمتری نیاز دارد.
 - نیروی اتصال کوتاه آن کم است.
 - کمتر بودن مشکل خنک کنندگی سیم پیچ اولیه
- اشکالات هسته بالا:
 - حمل و نقل آن مشکل تر است.
 - وزن سنگین آن ممکن است آن را در برابر زلزله شکننده کند.

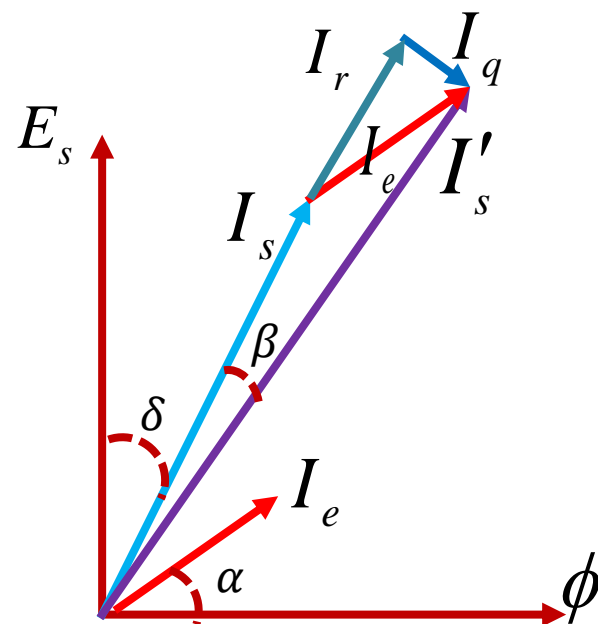
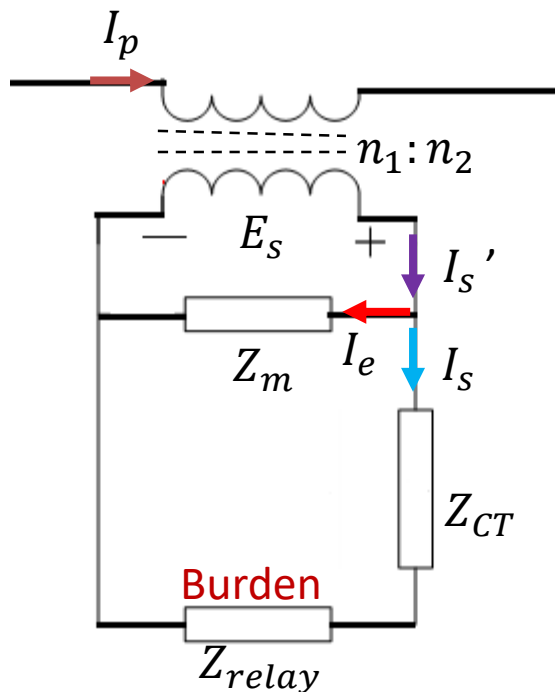


❖ CT ها از نظر جنس هسته

- ❖ CT ها از نظر ولتاژ
- فشار قوی
- فشار ضعیف



✓ بررسی عملکرد ماندگار CT ها



$$\left. \begin{aligned} \text{خطای نسبی دامنه} &\leftarrow \frac{I_e \sin(\alpha + \delta)}{I_s'} \\ \text{خطای نسبی فاز} &\leftarrow \frac{I_e \cos(\alpha + \delta)}{I_s'} \end{aligned} \right\}$$

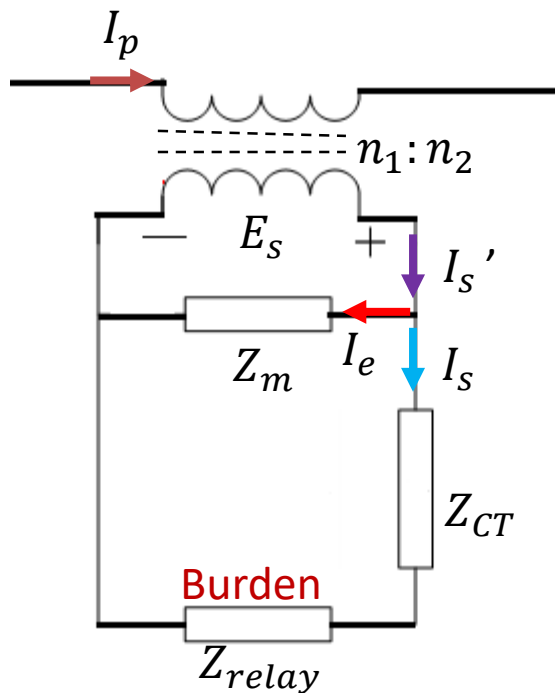
$$\left. \begin{aligned} \text{خطای فاز} &: I_q \\ \text{خطای نسبت تبدیل} &: I_r \end{aligned} \right\} I_e$$

خطای مرکب

تمرین (نیاز به تحویل نیست): روابط روبرو را اثبات کنید:



✓ بررسی عملکرد ماندگار CT ها (ادامه)

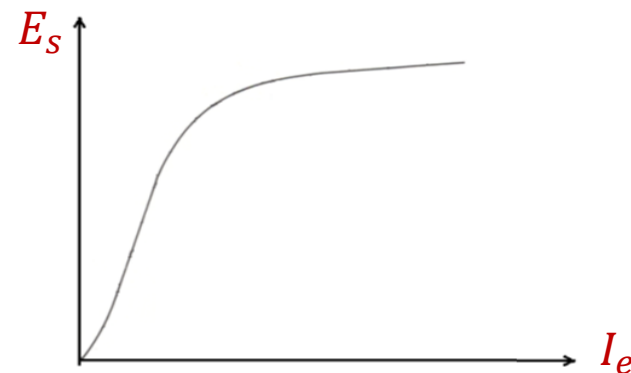
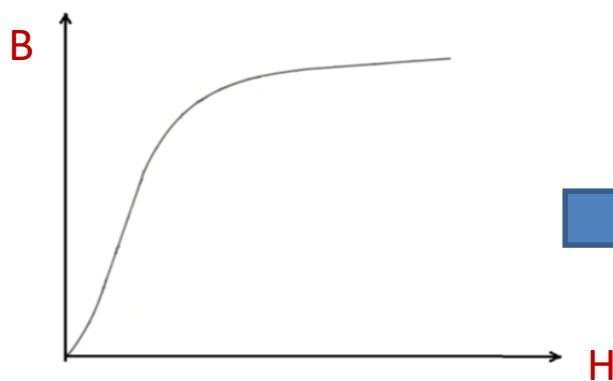


$$I_s' = \frac{n_1}{n_2} I_p$$

$$E_s = (Z_{CT} + Z_{relay}) \left(\frac{n_1}{n_2} I_p - I_e \right)$$
$$= Z_t \left(\frac{n_1}{n_2} I_p - I_e \right)$$

Annotations: Blue arrows point from terms in the equations to the circuit diagram. A red checkmark is placed under the final equation. Red question marks are placed near the first and last terms of the equations.

1



2



✓ بررسی عملکرد ماندگار CT ها (ادامه)

• الف - محاسبه E_s

$$e_s = n_2 \frac{d\varphi}{dt}, \quad \varphi = \varphi_{max} \sin(2\pi f)t$$

$$\Rightarrow e_s = 2\pi f n_2 \varphi_{max} \cos(2\pi f)t \quad \Rightarrow E_s = \frac{2\pi f n_2 \varphi_{max}}{\sqrt{2}} \text{ و } \varphi_{max} = A \cdot B_{max}$$

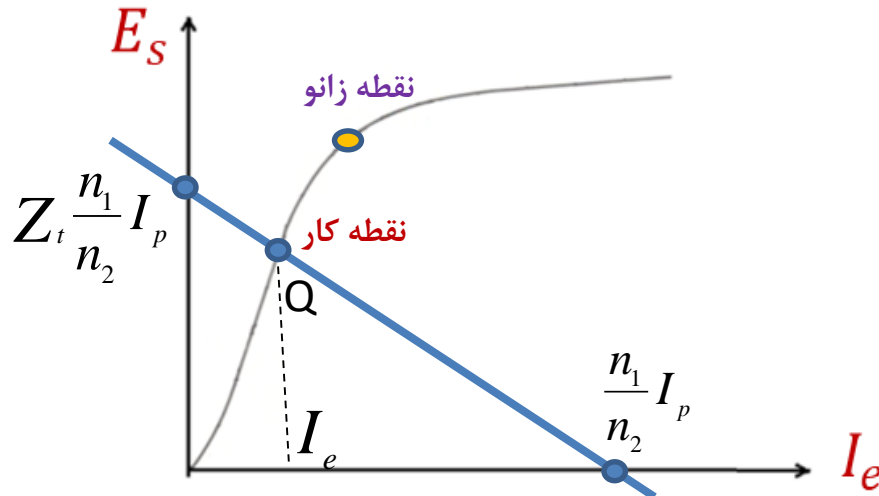
مقدار موثر

$$\Rightarrow E_s = 4.44 f n_2 A \cdot B_{max}$$

• ب - محاسبه I_e

$$n_2 I_e = H \cdot l \quad \Rightarrow I_{e \text{ rms}} = \frac{H \cdot l}{\sqrt{2} n_2}$$

✓ محاسبه نقطه کار در ناحیه خطی
منحنی اشباع CT ها



$$E_s = Z_t \left(\frac{n_1}{n_2} I_p - I_e \right)$$



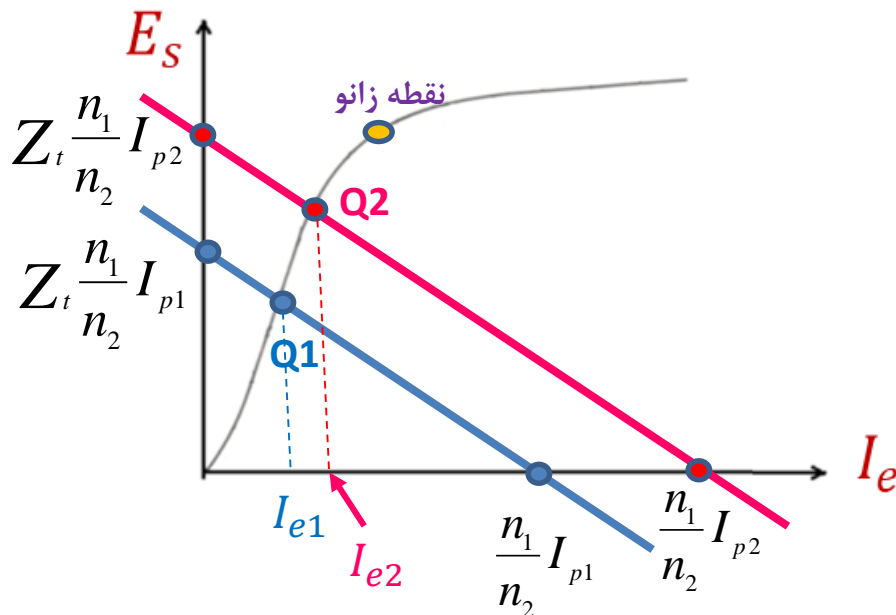
✓ بررسی عملکرد ماندگار CT ها (ادامه)

➤ افزایش جریان اولیه

$$Z_t = cte \quad \text{و} \quad I_{p2} > I_{p1}$$



$$I_{e2} > I_{e1}$$



- در این ارتباط دو سوال مطرح می شود:

- ۱- تا چند برابر جریان نامی شبکه نقطه کار در محدوده خطی باقی می ماند؟
- ۲- حداکثر مقدار خطا در این حالت چه قدر است؟

- برای پاسخ به این دو سوال:

کلاس و حد دقت CT ها مطرح می شود.



✓ بررسی عملکرد ماندگار CT ها (ادامه)

نکته: در ترانسفورماتور جریان اندازه گیری نقطه کار در نزدیکی نقطه اشباع است. زیرا انتظار نداریم که میترها جریان اتصال کوتاه را نشان دهد.

➤ حد دقت و کلاس دقت CT اندازه گیری (در بار نامی)

- **حد دقت در حالت کلی ۱۲۰ درصد است.** مگر غیر آن قید شود.

- **کلاس دقت**

0.1, 0.2, 0.5, 1, 3, 5

- **توان خروجی CT بر اساس استاندارد IEC 185**

2.5 VA, 5VA, 10 VA, 15 VA, 30 VA

مثال : CT اندازه گیری با کلاس ۵.

چنانچه تا ۱۲۰ درصد جریان در بار نامی از CT عبور کند میتر ۵ درصد خطا را نشان می دهد.

مثال : 15 VA, class 0.5, ext. 200%

چنانچه ۲ برابر جریان در بار نامی از CT عبور کند میتر ۵٪+ درصد خطا را نشان می دهد.



✓ بررسی عملکرد ماندگار CT ها (ادامه)

➤ کلاس دقت و حد دقت CT حفاظتی

- کلاس دقت

$\overbrace{5P, 10P, S, T, U, X}$
5%, 10%, 3%, 10%, 5%, ≈ 0

- حد دقت مطابق استاندارد IEC 185

5, 10, 15, 20, 30

مثال : 15 VA, 5P10

در بار نامی (در ضریب قدرت پس فازی ۸/۰ تا ۱) چنانچه تا ۱۰ برابر جریان از CT عبور کند ۵ درصد خطا ایجاد می شود.

تعریف حد دقت: حداکثر مضرب جریان که اندازه خطا در مقدار مورد نظر باقی می ماند.



با آرزوی سلامتی، بهروزی و موفقیت