

ای نام تو بهترین سر آغاز





حفاظت و رله

نرانس فورمان نور جریان

مدرس: نبی اله رمضانی

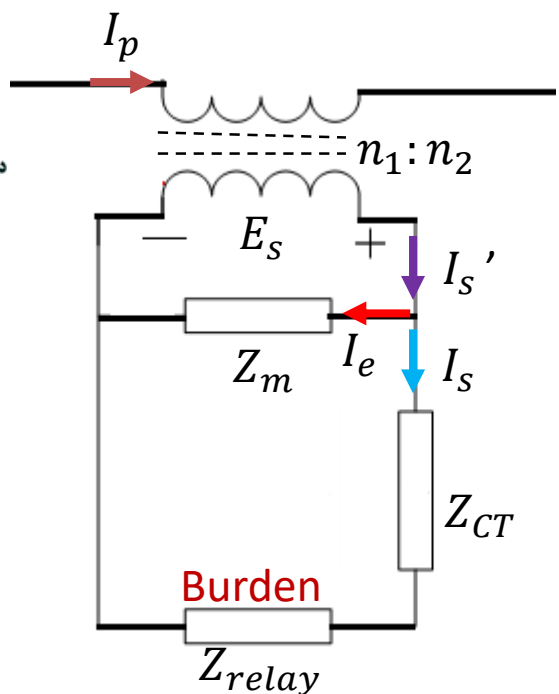




✓ بررسی عملکرد ماندگار CT ها بدون اشباع (ادامه)

❖ عوامل موثر بر نقطه کار و خطا

الف- عوامل بیرونی



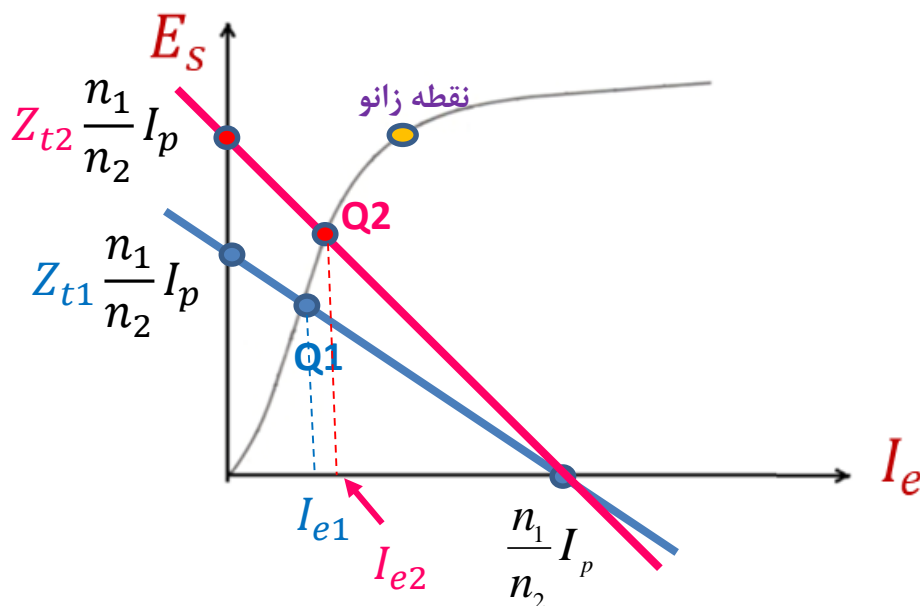
$$E_s = Z_t \left(\frac{n_1}{n_2} I_p - I_e \right)$$

الف- ۱- افزایش بردن

$$|Z_{t1}| < |Z_{t2}| \quad \text{و} \quad I_p = cte$$



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





✓ بررسی عملکرد ماندگار CT ها بدون اشباع (ادامه)

– حد دقت (Accuracy Limit Factor)

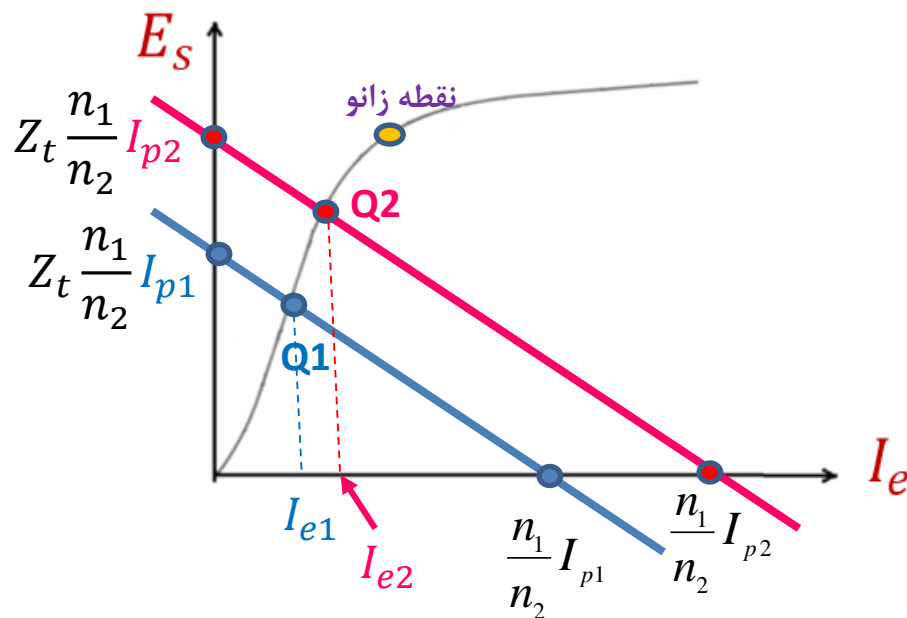
$$ALF = ALF_n \frac{(VA)_n + Z_s |I_n|^2}{(VA)_{Burden} + Z_s |I_n|^2}$$

الف - ۲- افزایش جریان اولیه

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



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

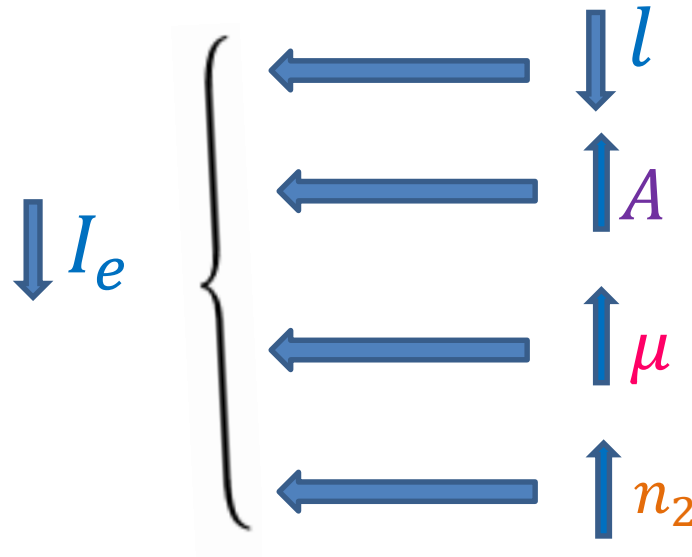




✓ بررسی عملکرد ماندگار CT ها بدون اشباع (ادامه)

ب- عوامل درونی

$$I_e = \frac{H.l}{\sqrt{2} n_2} = \frac{B.l}{\sqrt{2} n_2 \mu} = \frac{\varphi.l}{\sqrt{2} n_2 \mu A}$$





✓ بررسی عملکرد ماندگار CT ها بدون اشباع (ادامه)

❖ تصحیح دور مطابق استاندارد IEC 185

(استتار خطا)

دور اولیه

۱

۱۰۰ آمپر

دور ثانویه

۱۰۰

۱ آمپر



بدلیل خطا

۰/۹ آمپر

دور اولیه

۱

۱۰۰ آمپر

دور ثانویه

۹۰

۱/۱ آمپر



بدلیل خطا

۱ آمپر



✓ بررسی عملکرد ماندگار CT ها بدون اشباع (ادامه)

➤ انتخاب مشخصات CT

۱- جریان نامی اولیه (آمپر)

مضارب ده از $I_P = 10-12/5-15-20-25-30-40-50-60-75$

شبکه بار جریان \geq جریان نامی اولیه

۲- جریان ثانویه (آمپر)

$I_S = 5-2-1$

۳- توان نامی (ولت - آمپر)

$$(VA)_{CT} = (VA)_{relay} + (VA)_{wire}$$

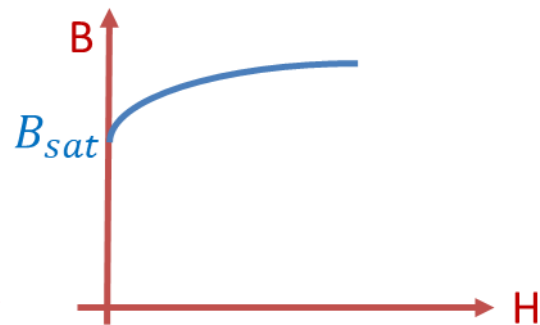
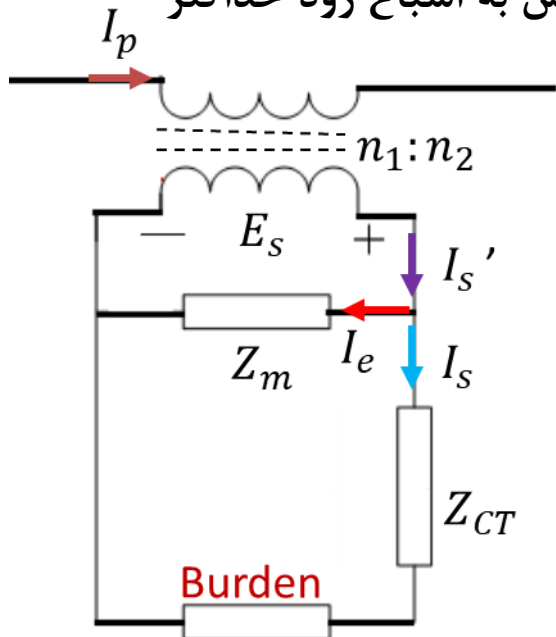
۴- حد و کلاس دقت

$$\frac{\text{حداکثر جریان اتصال کوتاه}}{\text{جریان نامی اولیه}} \leq \text{حد دقت}$$



✓ بررسی عملکرد ماندگار CT ها بدون اشباع (ادامه)

مثال: یک CT میله ای (Bar Type) با نسبت تبدیل ۲۰۰۰/۵ مفروض است. سطح مقطع ترانسفورماتور جریان $A=20 \text{ cm}^2$ و $Z_{CTs}=0.31\Omega$ است. می خواهیم CT تا جریان اتصال کوتاه ۴۰ کیلو آمپر در ناحیه خطی کار کند. در صورتیکه هسته CT ایده آل بوده و در حوالی ۱۰۸۵۰ گوس به اشباع رود حداکثر بردنی که می توان به ثانویه متصل کرد چقدر است؟



$$n_1 = 1, n_2 = 400$$

$$E_{sat} = 4.44 f n_2 A \cdot B_{sat}$$

$$\Rightarrow E_{sat} = 4.44 \times 50 \times 400 \times 20 \times 10^{-4} \times 10850 \times 10^{-4}$$

$$\Rightarrow E_{sat} = 192.5 \text{ V}$$

$$E_{sat} = (Z_{CT} + Z_{relay}) \left(\frac{n_1}{n_2} I_{max} - I_e \right) = 192.5$$

40 kA 0

$$\Rightarrow Z_{relay} = 1.615\Omega$$



✓ بررسی عملکرد ماندگار CT ها بدون اشباع (ادامه)

تمرین: یک CT بوشینگی (Bar Type) با نسبت تبدیل ۱۰۰/۵ مفروض است. یک رله VA ۴ با جریان نامی ۱ آمپر در ثانویه آن قرار دارد. می‌خواهیم CT تا ۱۰ برابر جریان تنظیمی در ناحیه خطی باقی بماند. Z_{CT} $+ Z_{wire}=1\Omega$ و $B_{sat} = 10500$ گوس باشد. سطح مقطع هسته ترانسفورماتور جریان را در حالات زیر بدست آورید؟

الف- در تنظیم ۱ آمپری رله

ب- در تنظیم ۵ آمپری رله

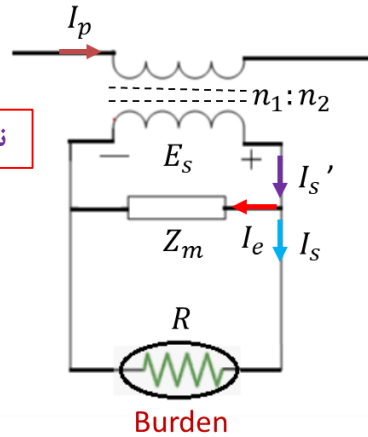
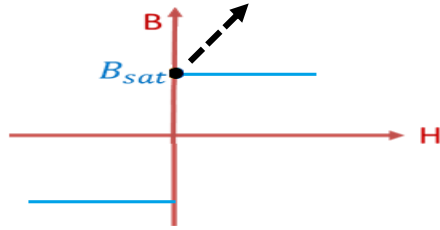


✓ بررسی عملکرد ماندگار CT ها با اشباع

الف- بردن اهمی خالص (مقاومتی)

نقطه خروج از اشباع

فرض:



$$I_p = i_m \sin \omega t \quad I_e = 0 \quad \text{۱- ناحیه خطی}$$

$$I_s = -\frac{n_1}{n_2} i_m \sin \omega t = I_s'$$

$$e_s = R \cdot I_s = -\frac{n_1}{n_2} R i_m \sin \omega t$$

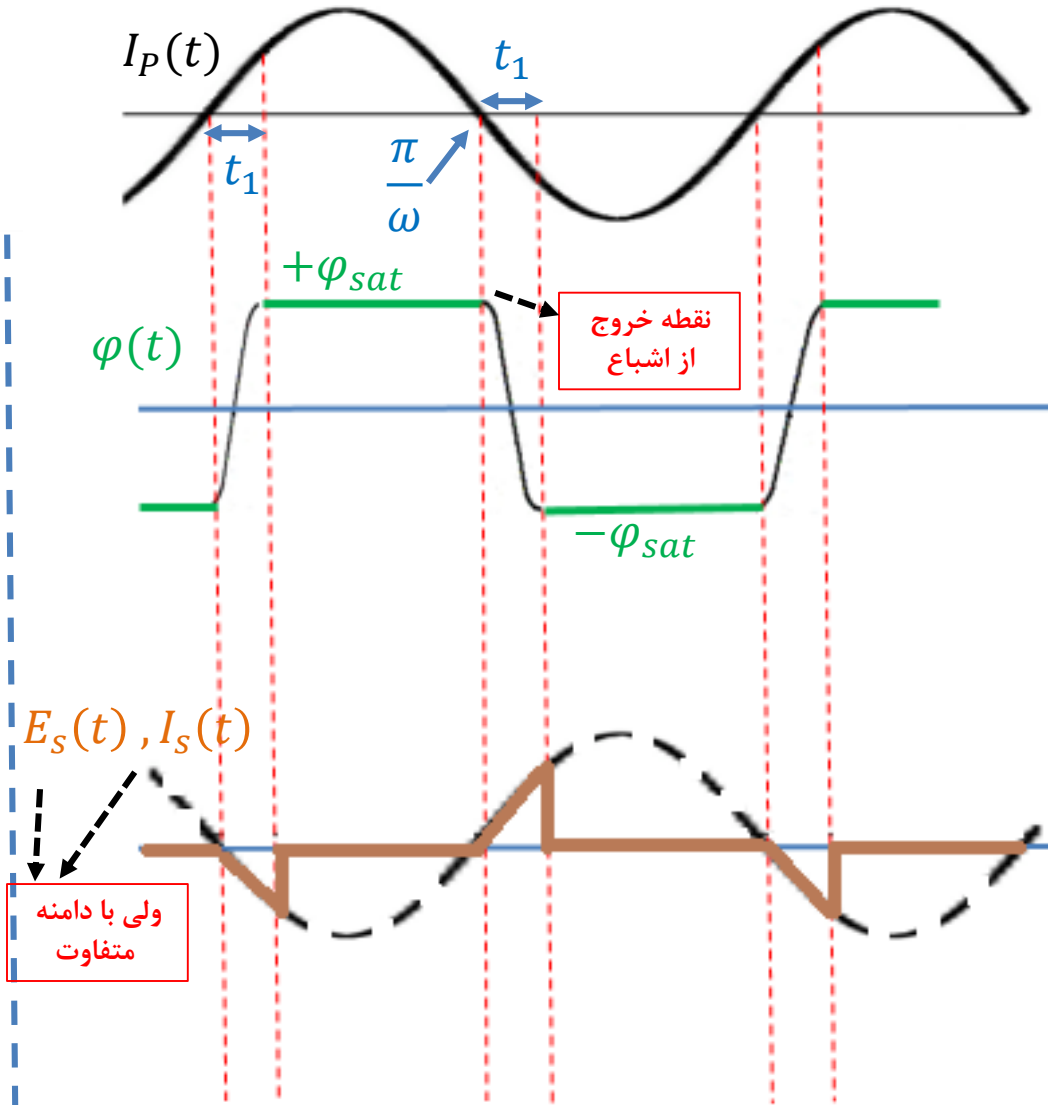
$$\varphi(t) = -\frac{1}{n_2} \int e_s dt = -\frac{n_1 R}{n_2^2 \omega} i_m \cos \omega t + K$$

$$n_1 I_p = n_2 I_s + n_2 I_e \xrightarrow{I_e = 0} n_1 I_p = n_2 I_s$$

$$\varphi(t) = cte \xrightarrow{\quad} e_s = 0 = R \cdot I_s$$

$$\xrightarrow{\quad} I_s = 0 \xrightarrow{\quad} n_1 I_p = n_2 I_e$$

۲- ناحیه اشباع





✓ بررسی عملکرد ماندگار CT ها با اشباع

الف- بردن اهمی خالص (مقاومتی) (ادامه)

- هدف: محاسبه t_1

$$\begin{cases} +\varphi_{sat} = \varphi(t) \Big|_{t=\frac{\pi}{\omega}} \\ -\varphi_{sat} = \varphi(t) \Big|_{t=\frac{\pi}{\omega}+t_1} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} +\varphi_{sat} = -\frac{n_1 R}{n_2^2 \omega} i_m \cos \pi + K \\ -\varphi_{sat} = -\frac{n_1 R}{n_2^2 \omega} i_m \cos(\pi + \omega t_1) + K \end{cases}$$

کم

$$\Rightarrow \omega t_1 = \cos^{-1} \left(1 - \frac{2\varphi_{sat}}{\frac{n_1}{n_2^2} i_m R} \right)$$

- شرط عدم اشباع:

$$t_1 \geq \frac{\pi}{\omega} \quad \text{یا} \quad \omega t_1 \geq \pi$$

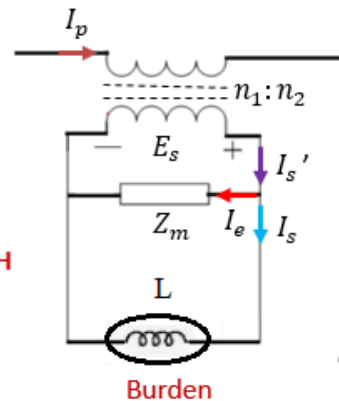
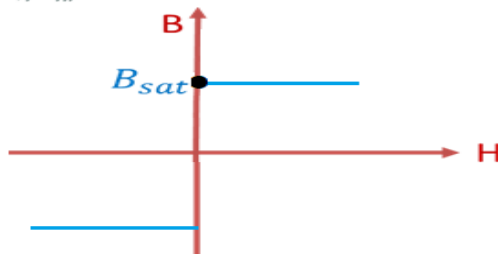
$$\Rightarrow \varphi_{sat} \geq \frac{n_1 R}{n_2^2 \omega} i_m$$



✓ بررسی عملکرد ماندگار CT ها با اشباع

الف- بردن سلفی خالص

فرض:



$$I_p = i_m \sin \omega t \quad I_e = 0 \quad \text{۱- ناحیه خطی}$$

$$I_s = -\frac{n_1}{n_2} i_m \sin \omega t = I_s'$$

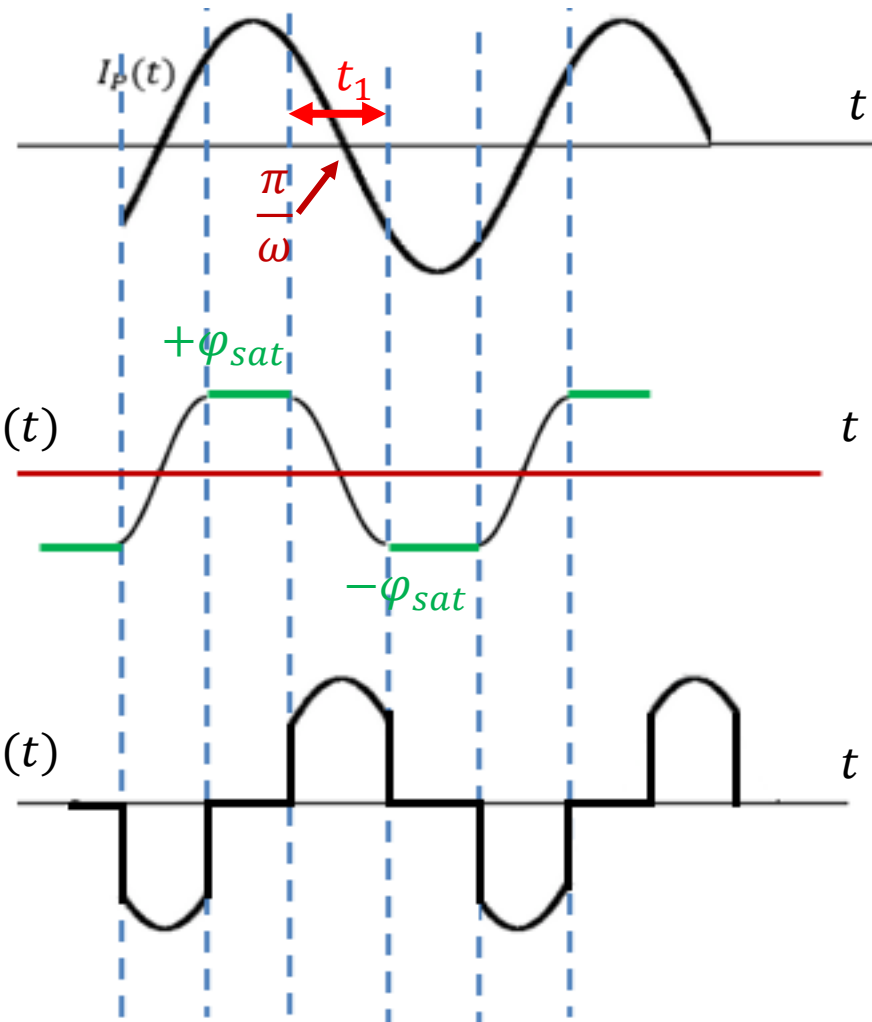
$$e_s = L \frac{dI_s}{dt} = -\frac{n_1}{n_2} \omega L i_m \cos \omega t$$

$$\varphi(t) = -\frac{1}{n_2} \int e_s dt = \frac{n_1 L}{n_2^2} i_m \sin \omega t + K$$

$$n_1 I_p = n_2 I_s + n_2 I_e \xrightarrow{I_e = 0} n_1 I_p = n_2 I_s \quad \text{۲- ناحیه اشباع}$$

$$\varphi(t) = cte \xrightarrow{\quad} e_s = 0 = L \frac{dI_s}{dt}$$

$$\xrightarrow{\quad} I_s = cte$$





✓ بررسی عملکرد ماندگار CT ها با اشباع

الف- بردن سلفی خالص (ادامه)

$$\left\{ \begin{array}{l} +\varphi_{sat} = \varphi(t) \Big|_{t=\frac{\pi}{\omega}-\frac{t_1}{2}} \\ -\varphi_{sat} = \varphi(t) \Big|_{t=\frac{\pi}{\omega}+\frac{t_1}{2}} \end{array} \right. \xrightarrow{\text{کم}} \left\{ \begin{array}{l} +\varphi_{sat} = \frac{n_1}{n_2^2} Li_m \sin(\pi - \frac{1}{2}\omega t_1) + K \\ -\varphi_{sat} = \frac{n_1}{n_2^2} Li_m \sin(\pi + \frac{1}{2}\omega t_1) + K \end{array} \right.$$

$$\xrightarrow{\text{کم}} \omega t_1 = 2\sin^{-1} \left(\varphi_{sat} \frac{n_2^2}{n_1 Li_m} \right)$$

- شرط عدم اشباع:

$$t_1 \geq \frac{\pi}{\omega} \quad \text{یا} \quad \omega t_1 \geq \pi$$

$$\xrightarrow{\text{کم}} \varphi_{sat} \geq \frac{n_1 L}{n_2^2} i_m$$



✓ بررسی عملکرد ماندگار CT ها با اشباع

تمرین ۱: در حالت بردن سلفی خالص، منحنی I_s را ترسیم کنید.

نکته: در حالت بردن سلفی خالص، چنانچه منحنی $B-H$ هسته واقعی باشد
عدم تقارن در منحنی E_s ایجاد خواهد شد.



با آرزوی سلامتی، بهروزی و موفقیت