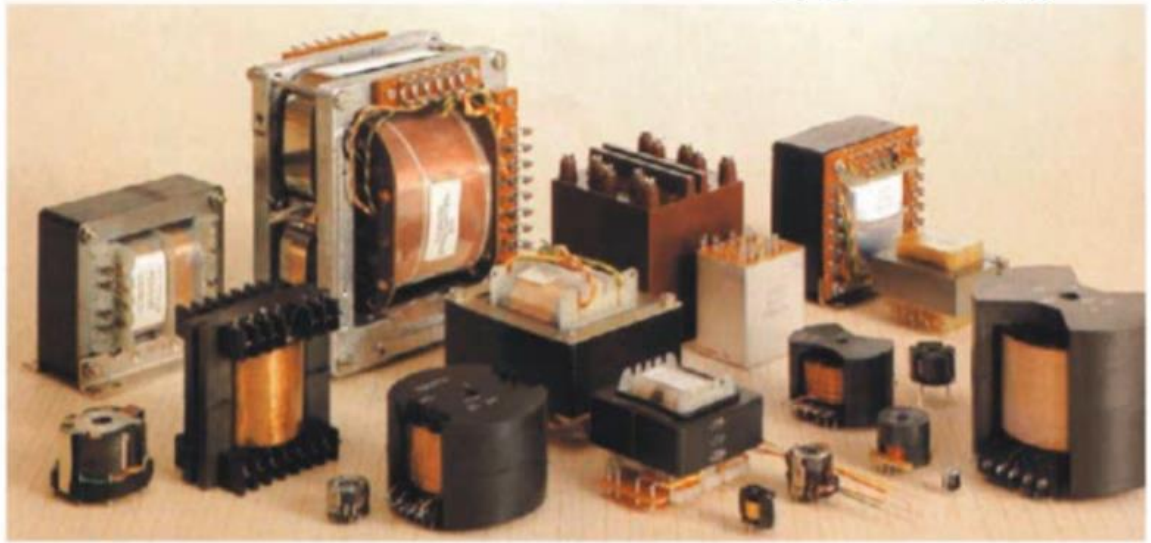
مبانی مهندسی برق

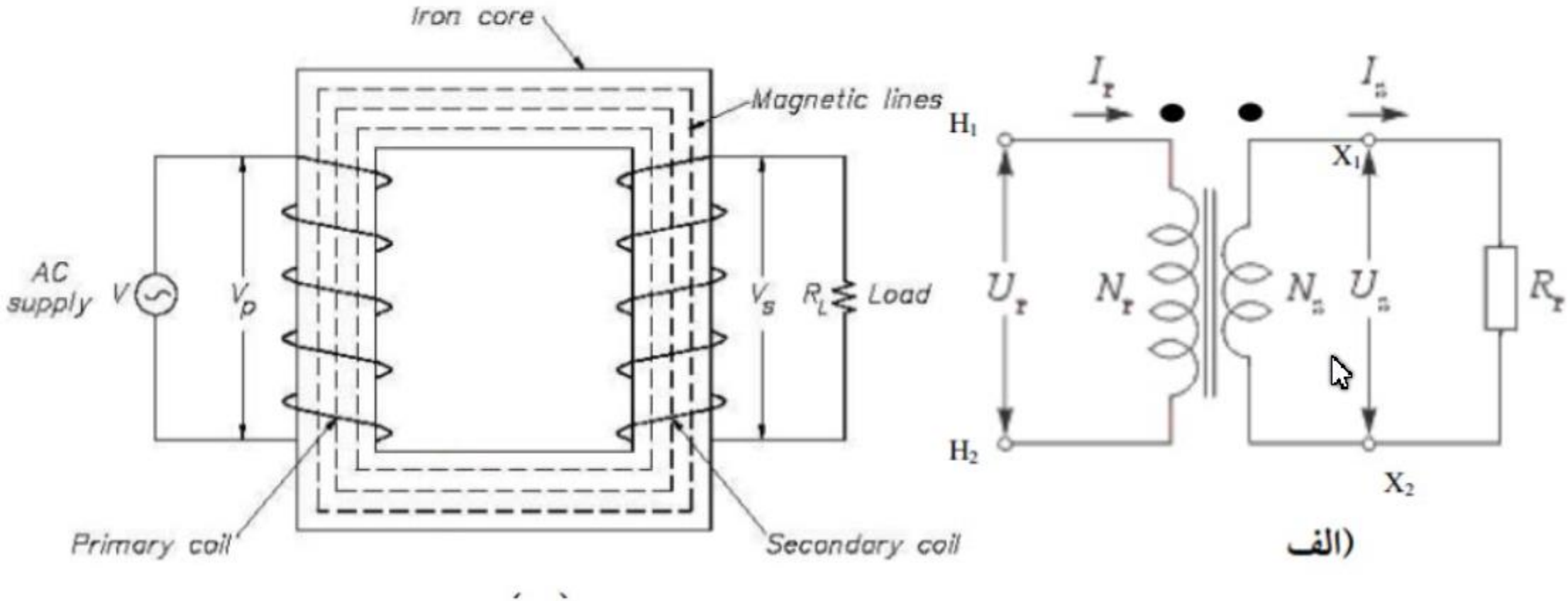
دکتر پدرام پیوندی

معرفی ترانسفورماتور



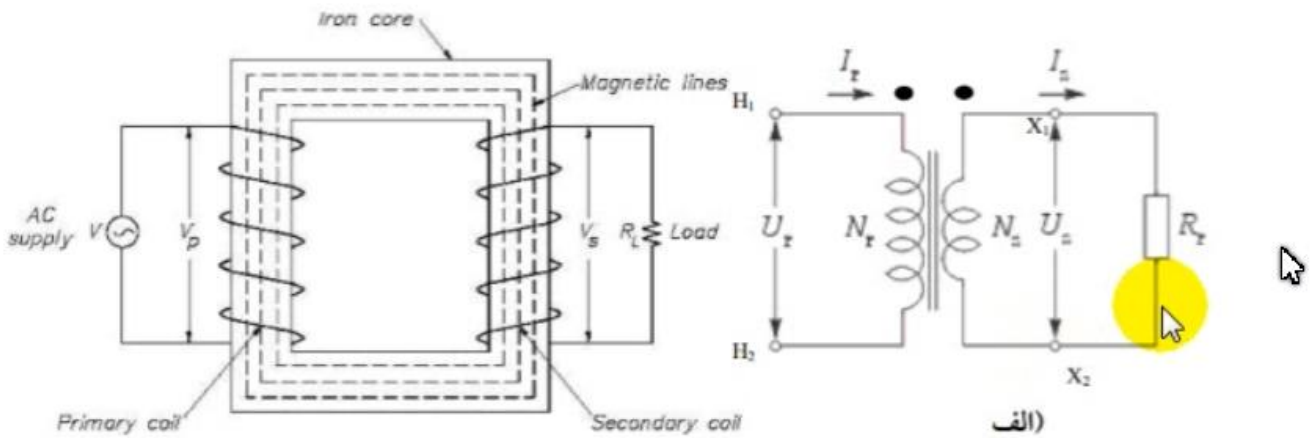
- در انتقال انرژی الکتریکی اهمیت زیادی دارد.
- در خطوط انتقال برای کاهش تلفات اهمی
- با ولتاژهای زیاد ولی جریانهـای کـم انتقـال داده
- کاهش در محل مصرف به حد دلخواه
- مولدهای برق به طورمعمول جریان برق را با ولتاژی بین ۱۲الی ۲۵کیلو ولت
- توسط ترانس های افزاینده به ۱۱۰الی ۱۰۰۰کیلو ولت افزایش یافته

تئوری ترانس ها



تئوری ترانس ها

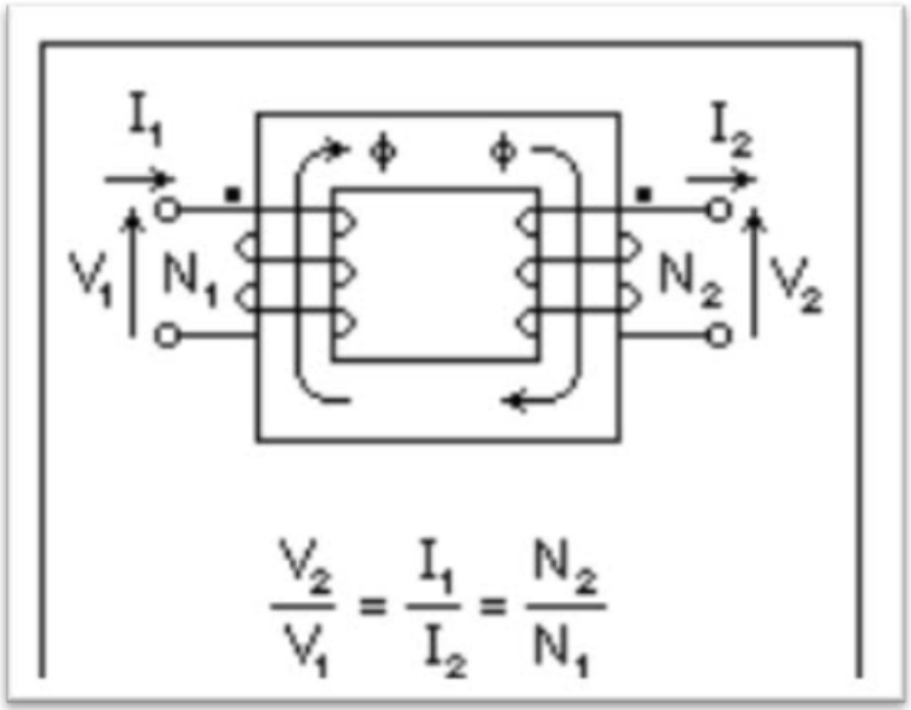
- دو نقطه توپر نشان دهنده پلاریته سیم پیچهای اولیه و ثانویه
- ترمینالها با حرف Hمربوط به طرف فشار قوی
- و ترمینالها با حرف Xمربوط به طرف فشار ضعیف



تئوری ترانس ها

ترانسفور ماتور ایده آل:

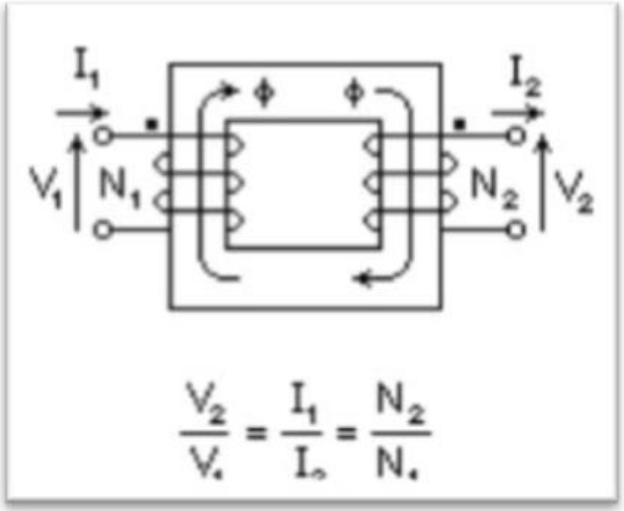
- تشکیل شده از دو سیم پیچ اولیه و ثانویه همراه با هسته
- بدون هیچ گونه تلفات



ترانس ایده ال خواهد بود اگر:

- تمامی شار محدود به هسته
- مقاومت الکتریکی دو سیم پیچ قابل اغماض
- اتلاف انرژی در هسته ناچیز

تئوری ترانس ها



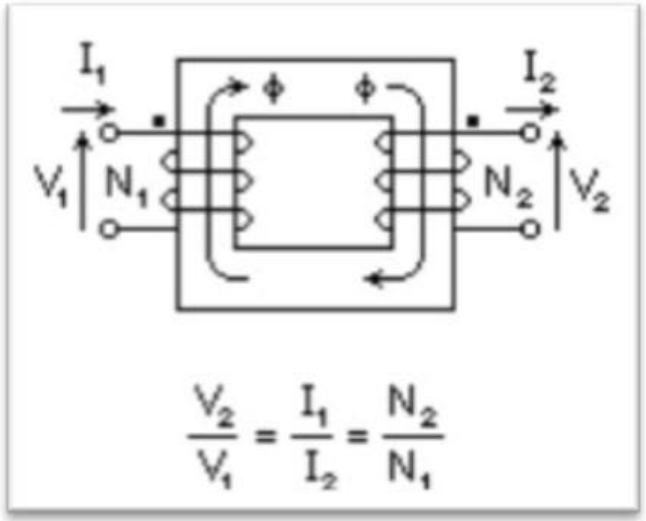
- با عبور جریان متناوب از سیم پیچ اولیه نیروی محرکه MMFباعث بوجود آمدن شـارمتناوبی ϕm
- شار متناوب با عبور از هسته به صورت شار متقابل
- فارادی: ولتاژ القاء شده متناسب با شدت تغییرات شار نسبت بـه زمان

$$e_{(t)} = -N_1 \frac{d\phi m}{dt}$$

$$\Rightarrow \quad \varphi_{(t)} = \varphi_m \sin(\omega t)$$

$$\Rightarrow \omega = 2\pi f$$

$$\Rightarrow e_{(t)} = N_1 \quad \varphi_m \omega \cos(\omega t)$$



تئوری ترانس ها

$$e_{(t)} = -N_1 \frac{d\phi m}{dt}$$

$$\Rightarrow \quad \varphi_{(t)} = \varphi_m \sin(\omega t)$$

$$\Rightarrow \omega = 2\pi f$$

$$\Rightarrow e_{(t)} = N_1 \quad \varphi_m \omega \cos(\omega t)$$

می توان نوشت در لحظه t=0 مقدار شار برابر صفر

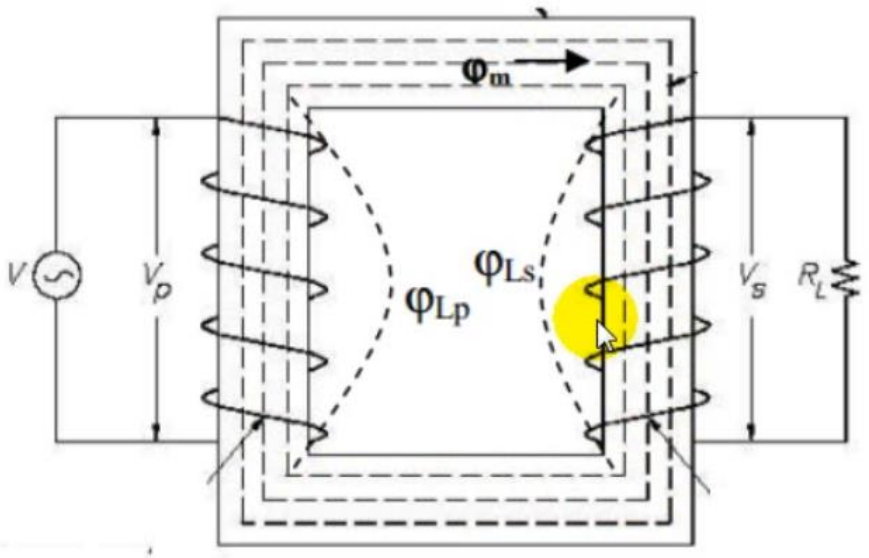
$$t = 0 \Rightarrow \varphi = 0 \Rightarrow e = e_{Max} = N_1 \varphi_m 2\pi f$$

$$e_{Max} = E_1 \sqrt{2}$$

$$E_1 = \frac{\varphi_m N_1 (2)\pi f}{\sqrt{2}}$$

$$E_1 = 4.44 \; f N_1 \varphi_m$$

ترانس رئال(غیر ایده آل)



ترانس واقعی :

شار بوجود آمـده در اولیـه ϕ_pبـه دو بخـش :

- شار متقابل ϕ_m
- شار نشتی در اولیه ϕ_L

$$\varphi_p = \varphi_m + \varphi_{Lp}$$

$$\varphi_s = \varphi_m + \varphi_{Ls}$$

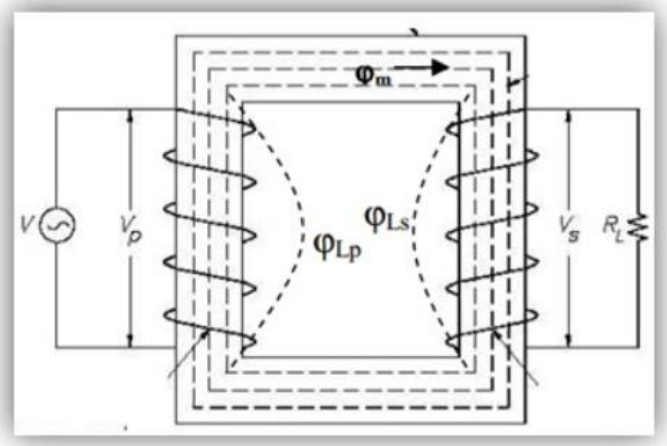
قانون القاء فارادی را برای طرف اولیه :

$$V_{p(t)} = N_p \frac{d\varphi_p}{dt}$$

$$V_{p(t)} = N_p \frac{d\varphi_m}{dt} + N_p \frac{d\varphi_{Lp}}{dt}$$

$$V_{p(t)} = e_{p(t)} + e_{Lp(t)}$$

ترانس رئال(غیر ایده آل)



- ولتاژ در طرف ثانویه نیز به صورت:

$$V_{s(t)} = N_s \frac{d\varphi_s}{dt}$$

$$V_{s(t)} = N_s \frac{d\varphi_m}{dt} + N_s \frac{d\varphi_{Ls}}{dt}$$

$$V_{s(t)} = e_{s(t)} + e_{Ls(t)}$$

$$e_{p(t)} = N_p \frac{d\varphi_m}{dt}$$

$$e_{s(t)} = N_s \frac{d\varphi_m}{dt}$$

$$\Rightarrow \quad \frac{d\varphi_m}{dt} = \frac{e_{p(t)}}{N_p} = \frac{e_{s(t)}}{N_s} = a$$

$$a = \frac{e_{p(t)}}{e_{s(t)}} = \frac{N_p}{N_s}$$

$$a = \frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

$$N_1 I_1 = N_2 I_2$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{a}$$

$$a = \frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

مثال ترانس ایده آل

- برای ساخت ترانسی کاهنده ۲۴/۱۲۰v
- تعداد دور سیم پیچ اولیه ۴۰۰
- فرکانس ۵۰ HZ

تعداد دور ثانویه؟ نسبت دورها ؟ ماکزیمم شار متقابل ؟؟

حل چند مثال

برای ساخت ترانسی کاهنده ۱۲۰/۲۴v

تعداد دور سیم پیچ اولیه ۴۰۰

فرکانس ۵۰ HZ

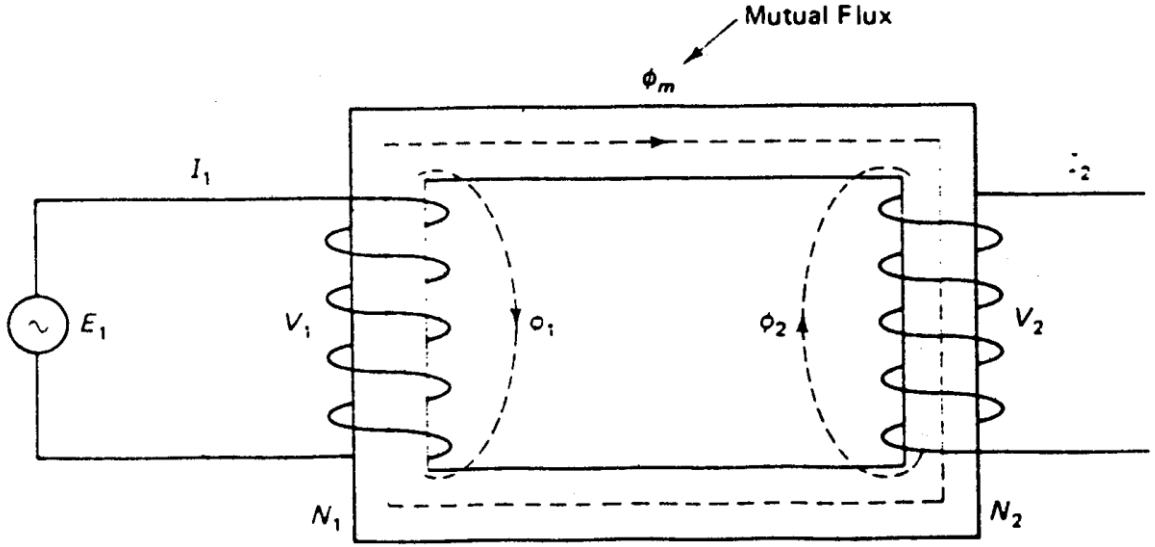
تعداد دور ثانویه؟ نسبت دورها ؟ ماکزیمم شار متقابل ؟؟

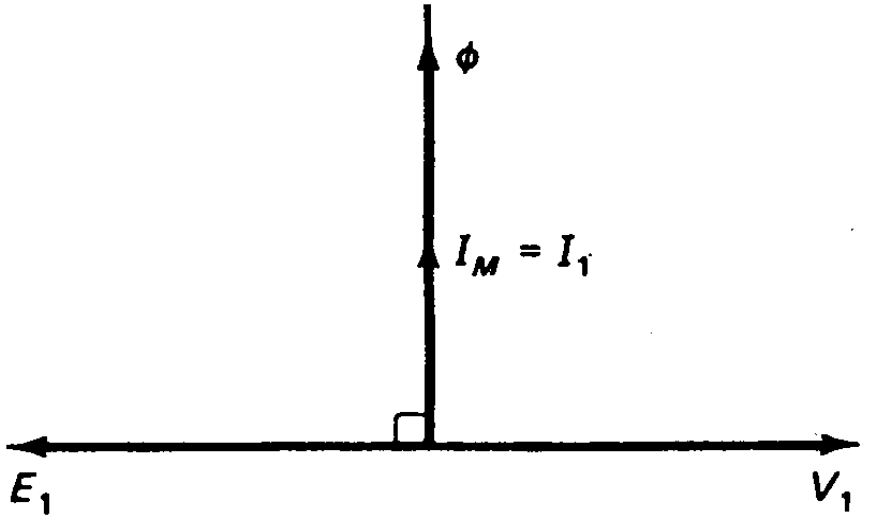
$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = a$$

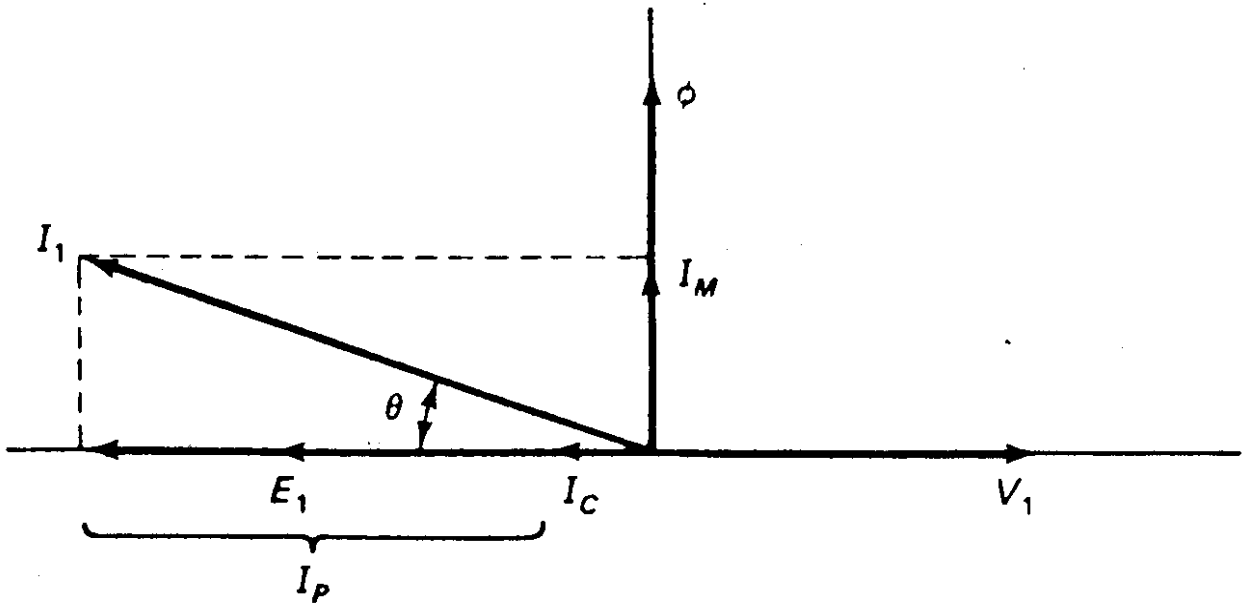
$$N_2 = N_1 \frac{V_1}{V_2} = (400)\frac{24}{120} = 80$$

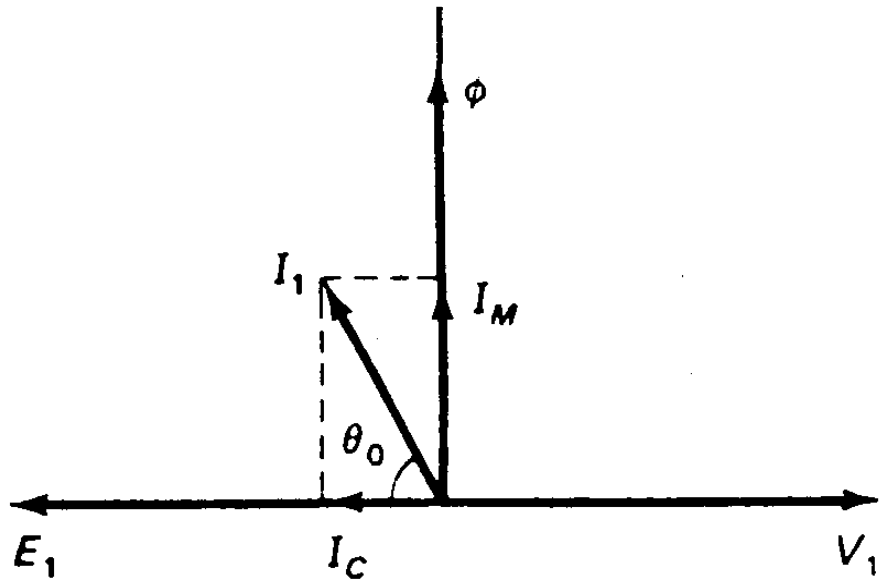
$$a = \frac{N_1}{N_2} = \frac{400}{80} = 5$$

$$\varphi_m = \frac{V_1}{4.44 \times f \times N_1} = \frac{120}{(4.44)(50)(400)} = 1.35 \times 10^{-3}\ wb$$


Mutual Flux
ϕ_m
I_1
E_1
V_1
ϕ_1
ϕ_2
V_2
N_1
N_2


ϕ
$I_M = I_1$
E_1
V_1


ϕ
I_1
I_M
θ
E_1
I_C
V_1
I_P


ϕ
I_1
I_M
θ_0
E_1
I_C
V_1

مثال ۱۰ ــ ۷:

ترانسفورماتوری با مشخصات اسمی ذیل مفروض است:

ولت ۱۲۰/۶۰۰ = ولتاژ ثانویه/ ولتاژ اولیه

هرتز ۶۰ = فرکانس

کیلو ولت آمپر ۲ = توان اسمی

اگر مدار اولیه به ولتاژ اسمی وصل شود و ثانویه باز باشد در اینصورت واتمتر و آمپرمتر در اولیه بترتیب ۱۰ وات و ۰/۵ آمپر رانشان میدهد. مطلوبست:

(الف): ضریب توان در حالت بی‌باری

(ب): جریان مغناطیس شوندگی

(ج): جریانی که تلفات هسته را تامین میکند.

(د): اگر یک مقاومت به ثانویه وصل شود واتمتر ۱/۵ کیلووات را نشان دهد، ضریب توان را حساب کنید.

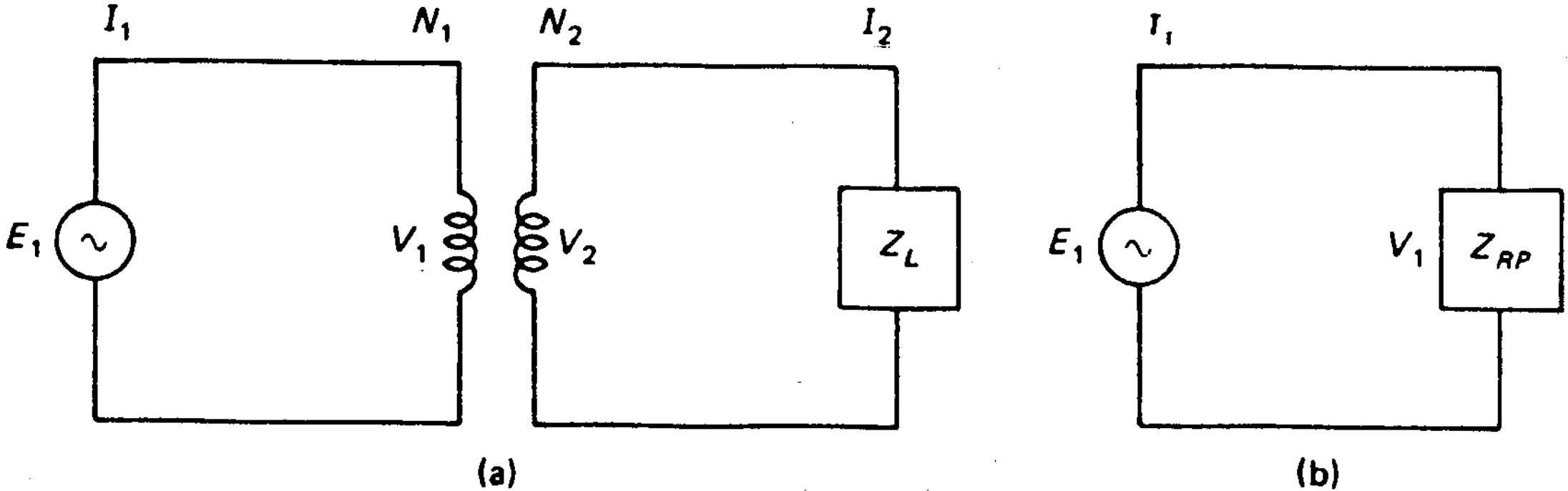
۱ ـ ۲ ـ ۳ ـ ۷: بازتاب امپدانس در اولیه وثانویه ترانسفورماتور

7-3.2.1 Reflecting Impedance.

هرگاه ترانسفورماتور باردار را بررسی می‌کنیم باید دو مدار جداگانه را مورد تحلیل قرار دهیم:

الف: مدار اولیه

ب: مدار ثانویه



مثال ۱۱ ــ ۷:

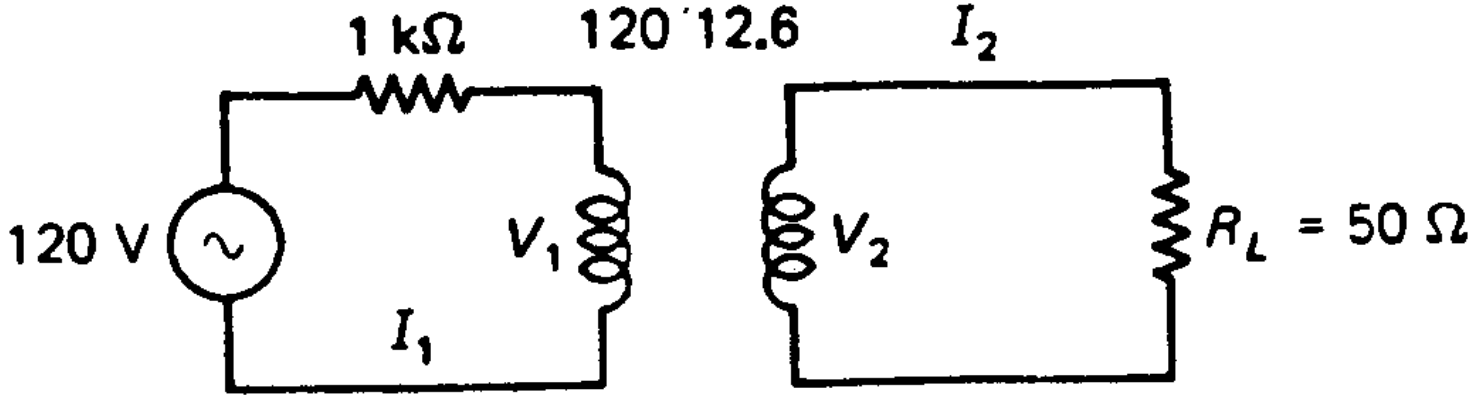
یک ترانسفورماتور با مشخصات اسمی ذیل مفروض است:

ولت ۱۲۰/۱۲/۶ = ولتاژ ثانویه/ ولتاژ اولیه

هرتز ۶۰ = فرکانس

ولت آمپر ۱۵ = توان اسمی

این ترانسفورماتور مطابق شکل (a ۱۶ ــ ۷) بمصرف کننده متصل است. جریان اسمی اولیه و ثانویه را پیدا کنید و در اینحالت خاص مقادیر واقعی جریانهای اولیه وثانویه را مشخص نمایند.



(a)

7-3.2.2 Transformer Equivalent Circuit.

۲ ــ ۲ ــ ۳ ــ ۷: مدار معادل ترانسفورماتور:

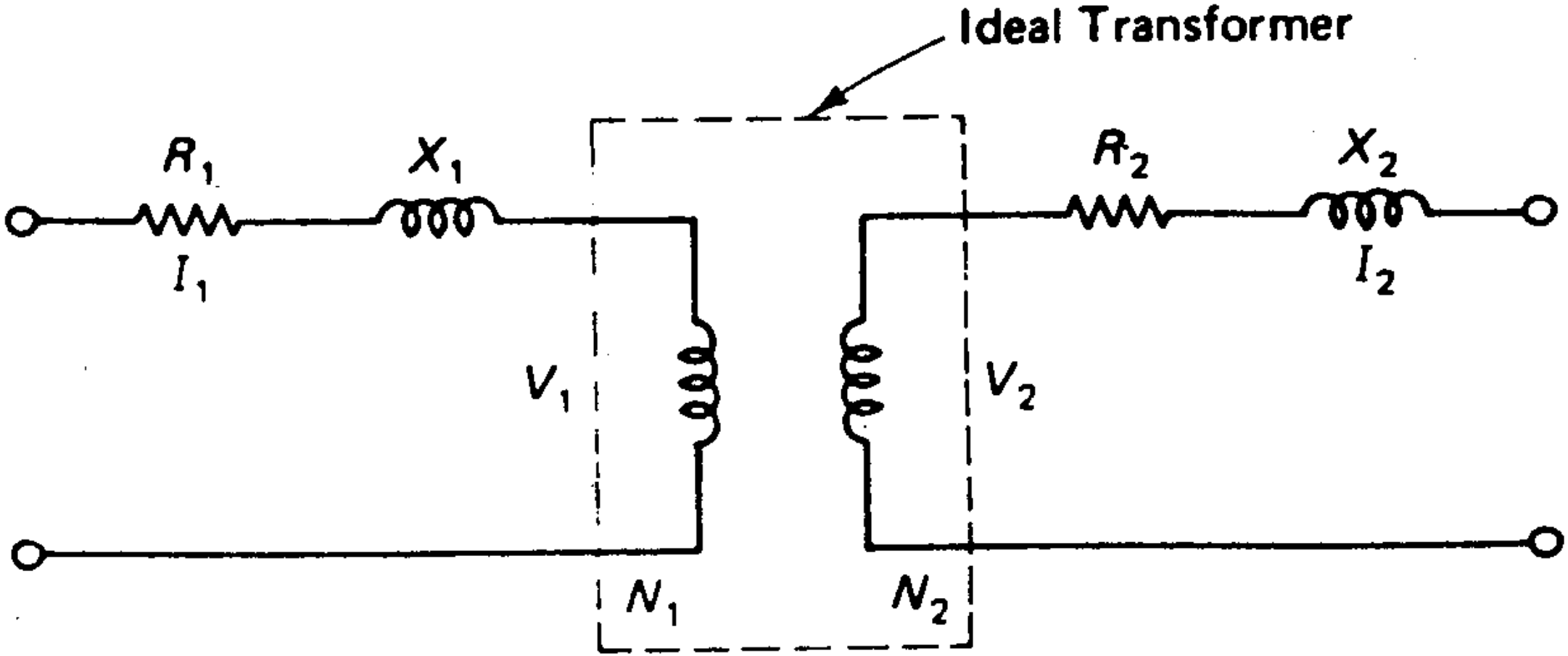
برای آنکه بتوان بطور دقیق رفتار ترانسفورماتور را در شرایط بارداری بررسی کنیم در اینصورت باید مدار معادل دقیق آنرا بدست آوریم . مثال (۱۱ ــ ۷) یک حل تقریبی از مدار ترانسفورماتور میباشد ، برای حل دقیق باید مقاومت و شارهای نشتی را درمدارمعادل وارد سازیم.شکل (۱۷ ــ ۷) مدار معادل نسبتا " ساده‌ای از ترانسفورماتور را نشان میدهد که در آن:

R_1 : مقاومت سیم پیچ اولیه

R_2 : مقاومت سیم پیچ ثانویه

X_1 : راکتانس نمایش دهنده شار نشتی در اولیه

X_2 : راکتانس نمایش دهنده شار نشتی در ثانویه


Ideal Transformer
R1
X1
R2
X2
I1
I2
V1
V2
N1
N2

$$R_{e1} = R_1 + a^2 R_2$$

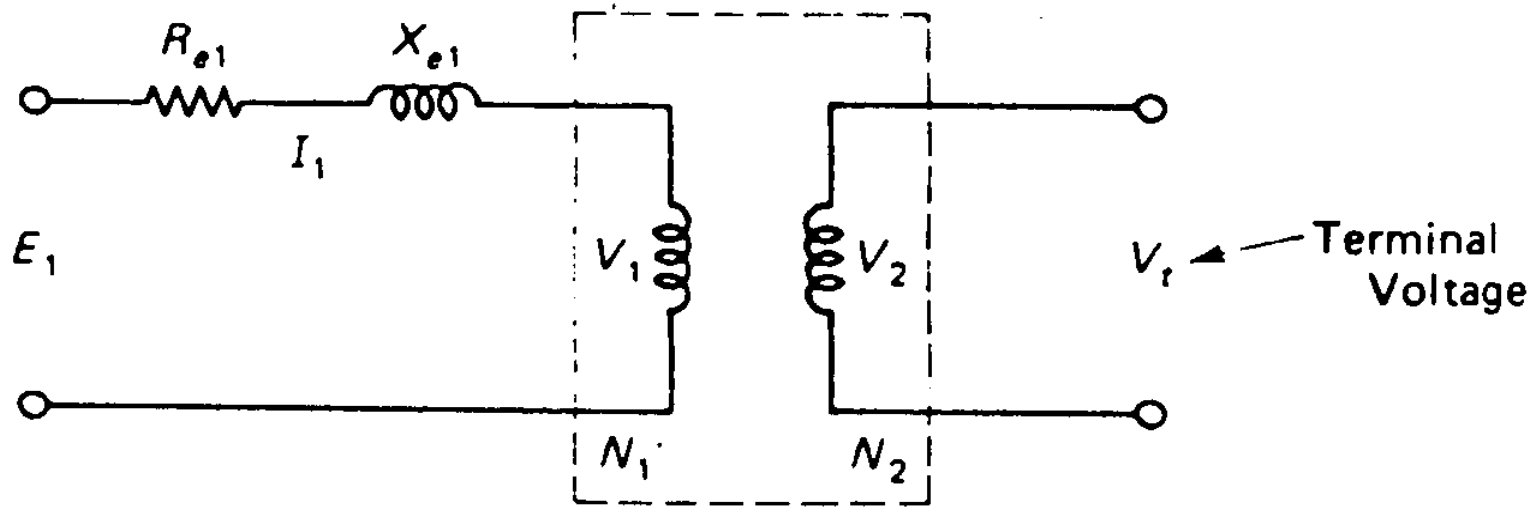
$$X_{e1} = X_1 + a^2 X_2$$

$$R_{e2} = \frac{R_1}{a^2} + R_2$$

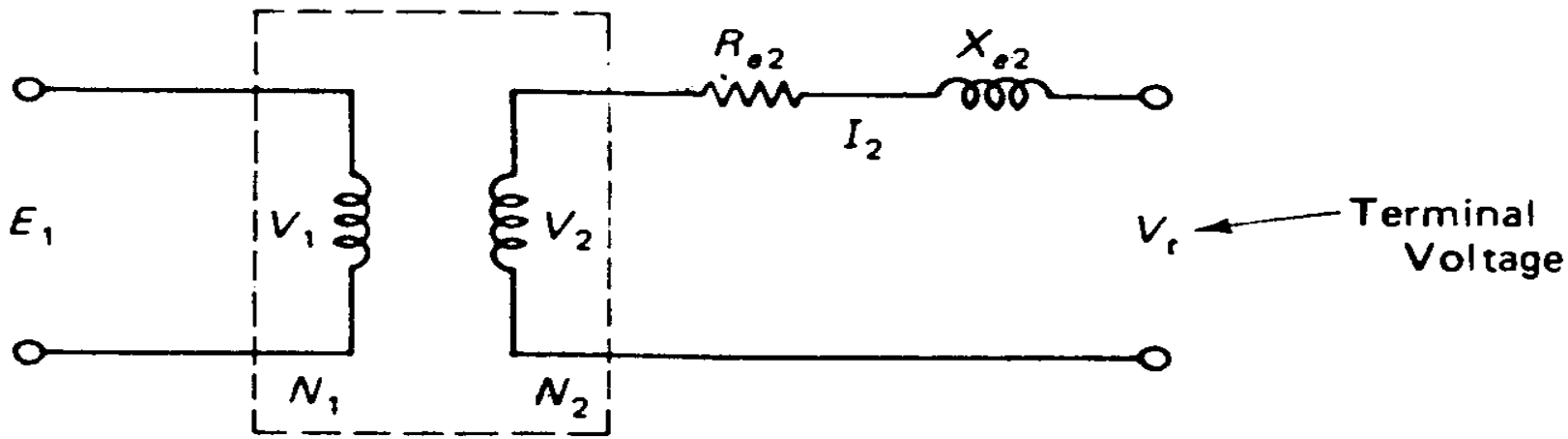
$$X_{e2} = \frac{X_1}{a^2} + X_2$$

$$Z_{e1} = \sqrt{R_{e1}^2 + X_{e1}^2}$$

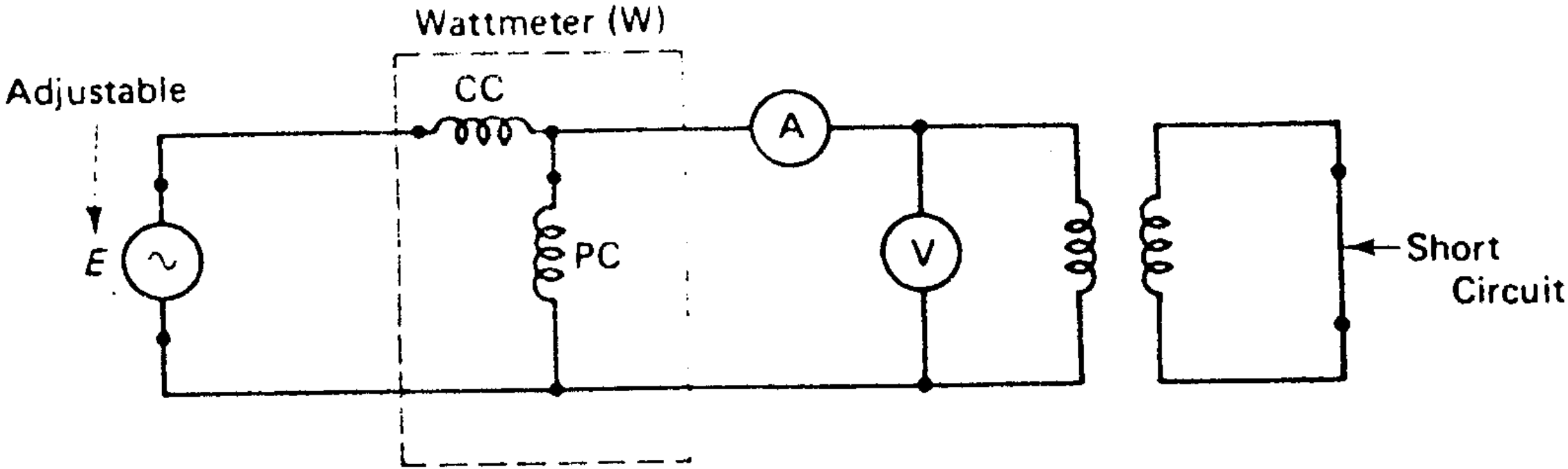
$$Z_{e2} = \sqrt{R_{e2}^2 + X_{e2}^2}$$



(a)



(b)


Wattmeter (W)
Adjustable
CC
A
E
PC
V
Short
Circuit

مثال ۱۲ ـ ۷:

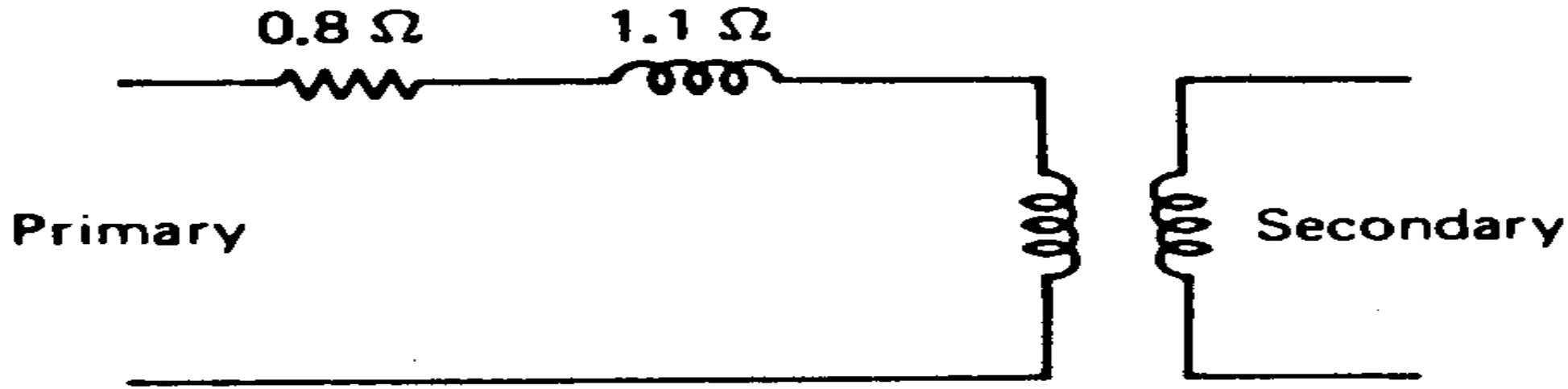
یک ترانسفورماتور با مشخصات زیر مفروض است:

ولت ۱۲۰/۲۴ = ولتاژ ثانویه/ ولتاژ اولیه

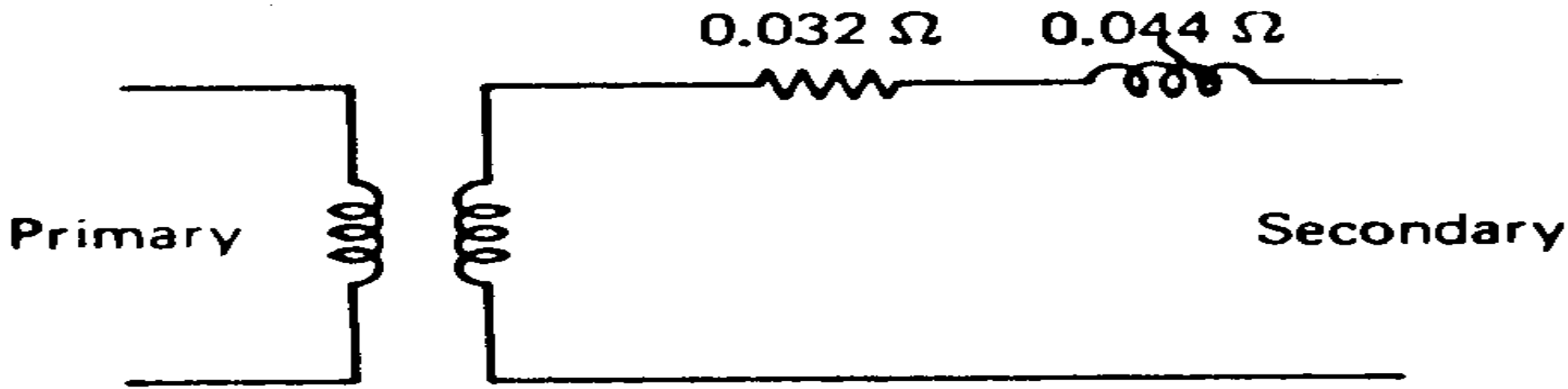
هرتز ۶۰ = فرکانس

ولت آمپر ۲۴۰ = توان اسمی

طرف فشار ضعیف (ثانویه) را اتصال کوتاه میکنیم و اندازه‌گیری‌های لازم را در طرف فشارقوی (اولیه) انجام میدهیم. واتمتر عدد ۳/۲ وات، واتمتر عدد ۲/۸ ولت و آمپرمتر جریان اسمی را نشان میدهند. مطلوبست محاسبه پارامترهای مدار معادل نسبت به طرف اولیه و ثانویه.



(a)



(b)