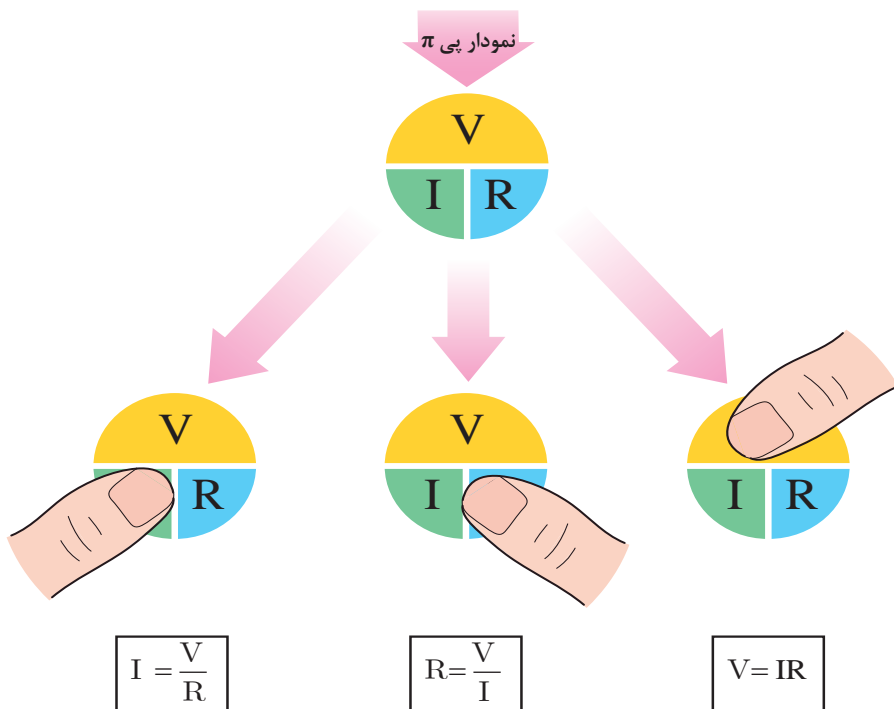


## فصل ۳

دانش فنی، اصول و قواعد، قوانین و مقررات،  
روابط و فرمول‌ها و دستورالعمل‌ها

### ۳-۱ روابط اساسی در مدارهای الکتریکی:

با در نظر گرفتن  $V$  (ولتاژ)،  $I$  (جریان الکتریکی)،  $R$  (مقاومت اهمی)،  $P$  (توان الکتریکی) روابط زیر برقرار است.



شکل ۳-۱ سه شکل قانون اهم (نمودار  $\pi$ )

توان الکتریکی با رابطه  $P=V.I$  معرفی می‌شود. واحد توان الکتریکی وات ( $W$ ) است. با ترکیب این رابطه در روابط بالا، روابط زیر نیز برقرار است.

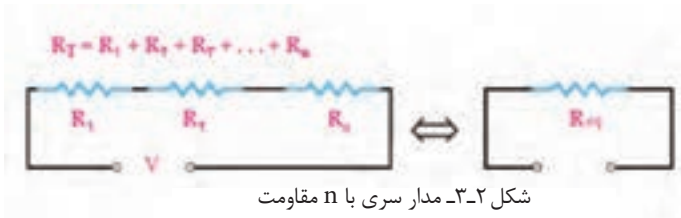
$$P = V.I$$

$$V = RI \rightarrow P = RI.I \rightarrow P = RI^2$$

$$I = \frac{V}{R} \rightarrow P = V.\frac{V}{R} \rightarrow P = \frac{V^2}{R}$$

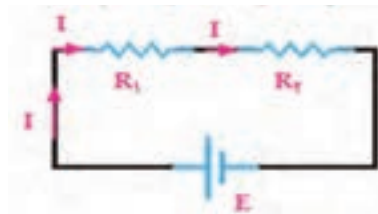
۲-۳. اتصال مقاومت‌ها و پیل‌ها:

الف) اتصال سری (متوالی):



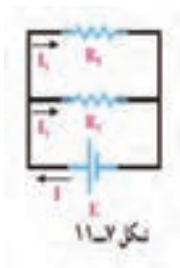
$$V_{R_1} = IR_1$$

$$V_{R_2} = IR_2$$



شکل ۳-۳. افت ولتاژ در مقاومت سری

ب) اتصال موازی:

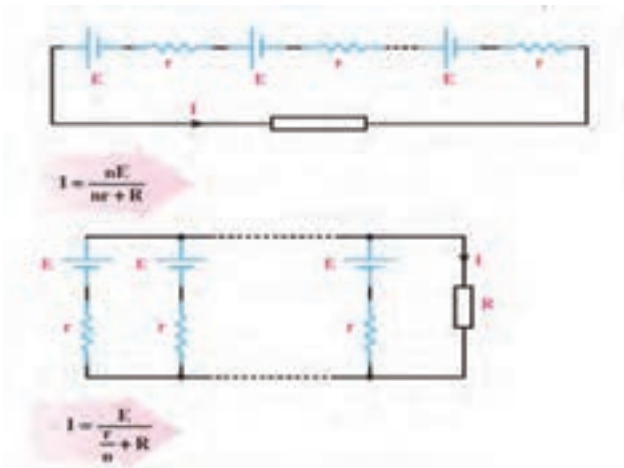


$$R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$I_2 = I \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

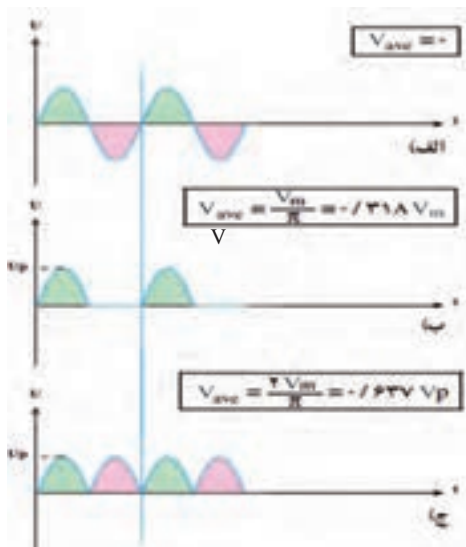
$$P_T = P_1 + P_2 + \dots + P_n$$

شکل ۳-۴

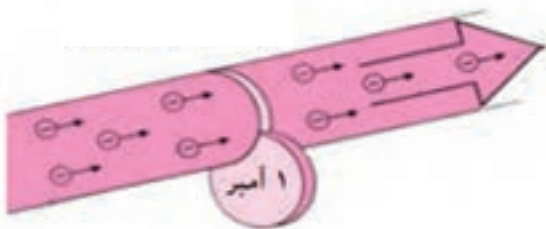


شکل ۵-۳ اتصال باتری ها با مقاومت داخلی به صورت سری و موازی

### ۳-۳ مقادیر مؤثر و متوسط



شکل ۶-۳ مقادیر مؤثر و متوسط ولتاژ



$$1 \text{ آمپر} = \frac{\text{یک کولن}}{\text{یک ثانیه}} = \frac{6/28 \times 10^{18}}{1} = 6/28 \times 10^{18} e$$

شکل ۷-۳- تعریف آمپر

$$L = \frac{\mu \cdot A \cdot N^2}{l}$$



شکل ۸-۳- پارامترهای مهم در یک سلف

### ۳-۴- مقاومت الکتریکی

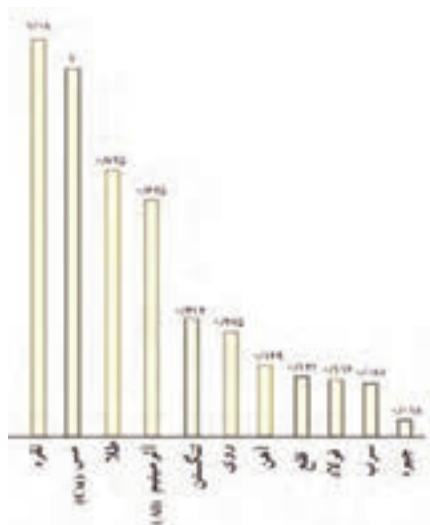


$$R_t = R_0(1 \pm \alpha t)$$

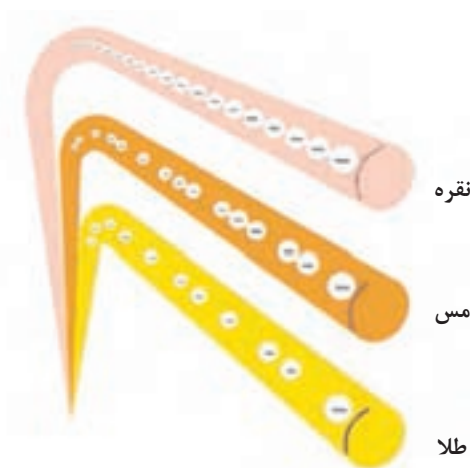
$$R = \rho \frac{L}{A}$$

$$R = \frac{L}{\kappa \cdot A}$$

شکل ۹-۳- رابطه مقاومت الکتریکی و متغیرها



نمودار ۱۰-۳. هدایت مخصوص فلزات مختلف نسبت به مس



شکل ۱۱-۳. مقایسه هادی‌های خوب

۵-۳. چگالی جریان: اگر چگالی جریان با حرف  $J$  و سطح مقطع سیم حامل جریان


با  $A$  نشان داده شود مقدار چگالی جریان برابر  $J = \frac{I}{A}$  است.

شدت جریانی که از هر میلی‌مترمربع سطح مقطع سیم عبور می‌کند، تراکم جریان نامیده می‌شود و آن را با  $J$  نشان می‌دهند.

$$J = \frac{I}{A} \left[ \frac{A}{\text{mm}^2} \right]$$

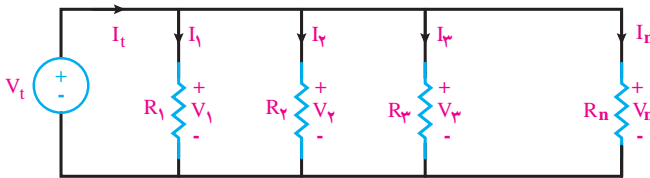
در این رابطه  $I$  جریان عبوری از سیم بر حسب آمپرو  $A$  سطح مقطع سیم بر حسب میلی متر مربع است. در دو سیم با سطح مقطع مساوی هر چه تراکم جریان ( $J$ ) بیشتر باشد، گرمای ایجاد شده در سیم نیز بیشتر خواهد بود.

### جدول ۳-۱- ویژگی های مدارهای سری مقاومتی

<p>جریان عبوری از همه مقاومت های سری مساوی است.</p> $I_T = I_1 = I_2 = I_3 = I_4$	جریان
<p>در مدارهای سری ولتاژ به نسبت مقدار مقاومت ها در دو سر مقاومت های مدار تقسیم می شود.</p> $V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$ <p>طبق قانون اهم</p> $\begin{cases} V_1 = R_1 I_T \\ V_2 = R_2 I_T \\ V_3 = R_3 I_T \\ V_n = R_n I_T \end{cases}$	ولتاژ
$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$	مقاومت معادل
<p>توان هر یک از مقاومت ها</p> $\begin{cases} P_1 = V_1 I_T = R_1 I_T^2 = \frac{V_1^2}{R_1} \\ P_2 = V_2 I_T = R_2 I_T^2 = \frac{V_2^2}{R_2} \\ P_3 = V_3 I_T = R_3 I_T^2 = \frac{V_3^2}{R_3} \\ P_n = V_n I_T = R_n I_T^2 = \frac{V_n^2}{R_n} \end{cases}$ <p>توان و انرژی</p> $P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$ $W_T = W_1 + W_2 + W_3 + \dots + W_n$ $P = \frac{W}{t}$	توان و انرژی
<p>هر گاه <math>n</math> مقاومت مساوی به صورت سری بسته شوند مقاومت معادل از رابطه زیر محاسبه می شود.</p> $R_{eq} = n.R = (\text{تعداد مقاومت ها}) \times (\text{مقدار اهم یک مقاومت})$ <p>هر گاه دو مقاومت به صورت سری بسته شوند تقسیم ولتاژ در دو مقاومت از روابط زیر به دست می آید.</p> $V_{R_1} = V_T \frac{R_1}{R_1 + R_2}$ $V_{R_2} = V_T \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ 	حالت خاص

### ۳-۶ اتصال موازی مقاومت‌ها

هرگاه دو یا چند مقاومت مطابق شکل زیر به یکدیگر اتصال داده شوند اتصال مدار را موازی گویند.

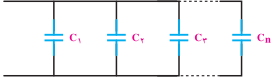
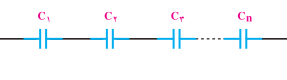


### جدول ۳-۲ ویژگی‌های مدارهای موازی مقاومتی

<p>در مدارهای موازی جریان به نسبت عکس مقاومت‌ها و متناسب با مقدار مقاومت‌ها در بین آنها تقسیم می‌شود.</p> <p>بر اساس قانون اهم</p> $\begin{cases} I_1 = \frac{V_t}{R_1} \\ I_2 = \frac{V_t}{R_2} \\ I_3 = \frac{V_t}{R_3} \\ \vdots \\ I_n = \frac{V_t}{R_n} \end{cases} \quad \Rightarrow \quad I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$	جریان
<p>ولتاژ دو سر هر یک از مقاومت‌ها با هم برابر است.</p> $V_T = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n$	ولتاژ
$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}}$	مقاومت معادل
<p>توان هریک از مقاومت‌ها</p> $\begin{cases} P_1 = V_1 \cdot I_1 = R_1 I_1^2 = \frac{(V_1)^2}{R_1} \\ P_2 = V_2 \cdot I_2 = R_2 I_2^2 = \frac{(V_2)^2}{R_2} \\ P_3 = V_3 \cdot I_3 = R_3 I_3^2 = \frac{(V_3)^2}{R_3} \\ \vdots \\ P_n = V_n \cdot I_n = R_n I_n^2 = \frac{(V_n)^2}{R_n} \end{cases} \quad \Rightarrow \quad \begin{cases} P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n \\ W_T = W_1 + W_2 + W_3 + \dots + W_n \end{cases}$ <p style="text-align: center;"><math>P = \frac{w}{t}</math></p>	توان و انرژی
<p>هرگاه n مقاومت مساوی با یکدیگر موازی باشند مقاومت معادل از رابطه زیر محاسبه می‌شود.</p> $R_{eq} = \frac{R}{n} \quad \begin{matrix} \text{(مقدار اهم یک مقاومت)} \\ \text{(تعداد مقاومت‌ها)} \end{matrix}$ <p>هرگاه دو مقاومت نامساوی به صورت موازی وصل شوند مقاومت معادل و تقسیم جریان در دو مقاومت از روابط زیر به دست می‌آید.</p> $R_{eq} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$ $\Rightarrow I_1 = I_T \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ $I_2 = I_T \frac{R_1}{R_1 + R_2}$	حالت خاص

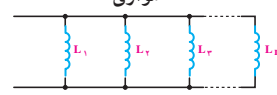
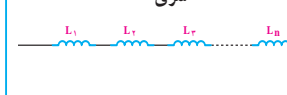
### ۳-۷- ویژگی‌های مدارهای خازنی

تمامی خصوصیات ولتاژی و جریانی مدارهای خازنی سری و موازی در جریان متناوب، مشابه مدارهای سری و موازی مقاومتی است. فقط از نظر محاسبه دو عامل ظرفیت خازنی و راکتانس با یکدیگر تفاوت دارند که در محاسبه آنها به نکات زیر باید توجه کرد.

موازی	سری	
		
$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$	$C_T = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}}$	ظرفیت معادل $C_T$
$X_{C_T} = \frac{1}{\frac{1}{X_{C_1}} + \frac{1}{X_{C_2}} + \frac{1}{X_{C_3}} + \dots + \frac{1}{X_{C_n}}}$ $X_{C_T} = \frac{1}{C_T \omega}$	$X_{C_T} = X_{C_1} + X_{C_2} + X_{C_3} + \dots + X_{C_n}$ $X_{C_T} = \frac{1}{C_T \omega}$	راکتانس معادل $X_{C_T}$

### ۳-۸- ویژگی‌های مدارهای سلفی

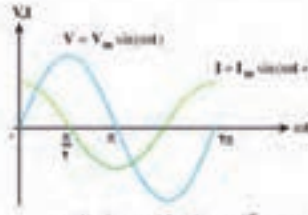
تمامی خصوصیات ولتاژی و جریانی مدارهای سلفی سری و موازی در جریان متناوب مشابه مدارهای سری و موازی مقاومتی است فقط دو عامل ضریب خودالقایی و راکتانس وجود دارند که در محاسبه آنها به نکات زیر باید توجه کرد (شکل ۳-۱۳).

موازی	سری	
		
$L_T = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots + \frac{1}{L_n}}$	$L_T = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n$	اندوکتانس معادل $L_T$
$X_{L_T} = \frac{1}{\frac{1}{X_{L_1}} + \frac{1}{X_{L_2}} + \frac{1}{X_{L_3}} + \dots + \frac{1}{X_{L_n}}}$ $X_{L_T} = L_T \omega$	$X_{L_T} = X_{L_1} + X_{L_2} + X_{L_3} + \dots + X_{L_n}$ $X_{L_T} = L_T \omega$	راکتانس معادل $X_{L_T}$

### ۳-۹- بررسی مدارهای خازنی (C)



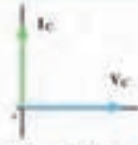
الف: معادلات ولتاژ و جریان و راکتانس خازنی



نسبت بار ذخیره شده به اختلاف ولتاژ دو صفحه خازن را ظرفیت خازن یا کاپاسیتانس (C) گویند.

هرگاه یک خازن ایده آل (بدون خاصیت اهمی) مطابق شکل مقابل اتصال باشد:

جریان در خازن ۹۰ درجه از ولتاژ جلوتر است.



ج: دیگرام برداری  $I$  و  $V$  در یک خازن ایده آل

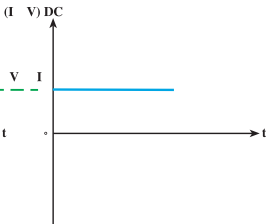
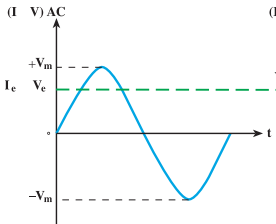
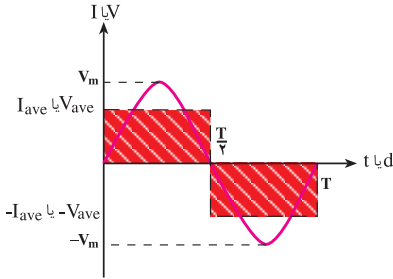
### ۳-۱۰- مقدار مؤثر و متوسط

$$V_{ave} = \frac{1}{\pi} \times V_m = 0.637 \times V_m$$

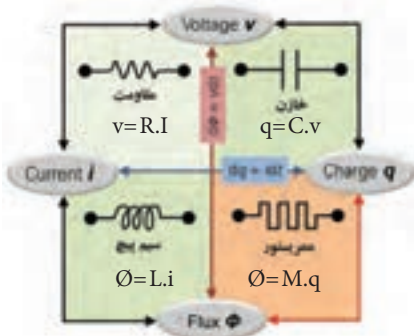
$$I_{ave} = \frac{1}{\pi} \times I_m = 0.637 \times I_m$$

$$V_e = \frac{1}{\sqrt{2}} \times V_m = 0.707 \times V_m$$

$$I_e = \frac{1}{\sqrt{2}} \times I_m = 0.707 \times I_m$$



### ۳-۱۱- ارتباط پارامترهای الکتریکی



## فرمول‌ها و روابط

ولتاژ و جریان خط و فاز اتصال ستاره	$V_L = \sqrt{3} V_p$ $I_L = I_{ph}$
ولتاژ و جریان خط و فاز اتصال مثلث	$V_L = V_{ph}$ $I_L = \sqrt{3} I_p$
توان در حالت مثلث	$P_{\Delta} = 3 V_p I_p \cos \varphi = 3 V_L \frac{V_L}{Z} \cos \varphi = 3 \frac{V_L^2}{Z} \cos \varphi$
توان در حالت ستاره	$P_{\lambda} = 3 \left( \frac{V_L}{\sqrt{3}} \right) \left( \frac{V_L}{\sqrt{3} Z} \right) \cos \varphi = \frac{V_L^2}{Z} \cos \varphi$
مقایسه توان ستاره و مثلث	$P_{\Delta} = 3 P_{\lambda}$
مقایسه جریان خط ستاره و معادل خط مثلث	$I_{L_{\lambda}} = \frac{1}{\sqrt{3}} I_{L_{\Delta}}$
محاسبه سطح مقطع کابل تک فاز	$A = \frac{r \times L \times I \times \cos \varphi}{\kappa \times \% \Delta V \times V}$
محاسبه سطح مقطع کابل سه فاز	$A = \frac{\sqrt{3} L \times I \times \cos \varphi}{\kappa \times \% \Delta V \times V_L}$
ولتاژ القایی در سیم پیچ	$E = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$
محاسبه تعداد دور اولیه و ثانویه ترانسفورماتور	$U_1 = \frac{4}{\pi} \times N_1 \times B_{Max} \times S_{Fe} \times f$ $U_2 = \frac{4}{\pi} \times N_2 \times B_{Max} \times S_{Fe} \times f$
رابطه اساسی ترانسفورماتور	$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1}$
محاسبه سطح مقطع هسته	$S_{Fe} = K \sqrt{P_{S_1}}$
محاسبه سطح مقطع هسته ترانسفورماتور	$S_{Fe} = 1/\sqrt{2} \sqrt{P_{S_1}}$

محاسبه سطح مقطع هسته آهنی	$S'_{Fe} = \frac{S_{Fe}}{K_{Fe}}$
محاسبه دور بر ولت ترانسفورماتور	$N_V = \frac{r_V / \Delta}{S_{Fe}}$
محاسبه تعداد دور ثانویه	$N_r = n \times V_r (1 + \Delta V_r / \%)$
محاسبه قطر سیم پیچ اولیه	$d_1 = 1/13 \sqrt{A_1}$
محاسبه قطر سیم پیچ ثانویه	$d_r = 1/13 \sqrt{A_r}$
محاسبه توان تیپ	$P_{ST} = P_{Sr} \frac{U_1 - U_r}{U_1}$
محاسبه چگالی جریان	$J = \frac{I}{A} \left[ \frac{A}{mn^r} \right], A_1 = \frac{I_1}{J}, A_r = \frac{I_r}{J}$
مقایسه مقاومت اهمی آلومینیوم و مس	$R_{Al} = 1/\Delta \wedge R_{Cu}$
تبدیل قطر سیم مسی به آلومینیوم	$d_{Cu} = 0/793 d_{Al}$
تبدیل سیم لاکه به چند لایه سیم با قطر دیگر	$d = \frac{D}{\sqrt{n}}$
معادل سازی سیم های لاکه برای شماره بزرگتر	$d = \sqrt{d_1^r + d_r^r}$
محاسبه ارتباط تعداد دور و قطب	$P = \frac{f \times f}{n_s}$
محاسبه گام قطبی	$Y_p = \frac{Z}{r_p}$
محاسبه زاویه الکتریکی شیارها	$\alpha_{ez} = \frac{r \phi \times P}{Z}$
محاسبه تعداد شیار زیر هر قطب مربوط به هر فاز	$X = \frac{Z}{r P.m}$

تعداد کلاف‌های هر فاز در سیم پیچی دو طبقه	$\gamma_r = \frac{Z}{m}$
محاسبه اندازه تعداد کلاف‌های هر فاز در سیم پیچی	$\gamma_1 = \frac{Z}{rm}$
محاسبه شیار شروع هر فاز در سیم پیچی سه فاز	$\begin{bmatrix} R: 1 \\ S: 1 + \frac{120}{\alpha_{ez}} \\ T: 1 + \frac{240}{\alpha_{ez}} \end{bmatrix}$
معادلات ولتاژ سه فاز	$V_A = V_m \sin \omega t$ $V_B = V_m \sin(\omega t - 120^\circ)$ $V_C = V_m \sin(\omega t - 240^\circ)$
توان ظاهری سه فاز	$S = \sqrt{3} V_L I_L$
توان مفید (حقیقی)	$P = \sqrt{3} V_L I_L \cos \phi$
توان غیر مفید (غیر حقیقی)	$Q = \sqrt{3} \sqrt{L} I_L \sin \phi$
رابطه توان ظاهری با حقیقی و غیر حقیقی	$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$
تلفات ترانسفورماتور	$\Delta P = P_{Fe} + P_{Cu}$
ولتاژ اتصال کوتاه	$\% V_K = \frac{V_{SC}}{V_{In}} \times 100$
جریان اتصال کوتاه	$I_{SC} = \frac{I_n}{U_K}$
شیار شروع فاز الکتروموتور یک فاز	$U = 1$ $W = 1 + \frac{90}{\alpha_{ez}}$

## ادامه فرمول های کاربردی:

ردیف	کاربرد	فرمول
۱	مقدار مؤثر جریان	$I_e = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$
۲	مقدار مؤثر ولتاژ	$V_e = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$
۳	محاسبه برآیند دو بردار	$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos \alpha}$
۴	محاسبه تفاضل دو بردار	$A' = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos \alpha}$
۵	توان غیرمؤثر	$Q = V_e I_e \sin \phi$
۶	توان مؤثر	$P = V_e I_e \cos \phi$
۷	زاویه بین فاز ولتاژ با فاز جریان $\phi$	$\phi = \theta_v - \theta_i$
۸	محاسبه مقدار توان ظاهری	$S = V_e I_e$
۹	محاسبه مقدار توان ظاهری	$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$
۱۰	محاسبه توان مؤثر شبکه	$P = P_1 + P_2 + \dots + P_n \text{ [W]}$
۱۱	محاسبه توان غیرمؤثر شبکه	$Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n \text{ [VAR]}$
۱۲	مقاومت القایی	$X_L = \omega L$
۱۳	ولتاژ دو سر سلف	$V_L = X_L \cdot I_L$
۱۴	مقاومت ظاهری مدار	$Z = \frac{V_e}{I_e}$
۱۵	ضریب کیفیت در RL سری	$\tan \phi = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}} = \frac{V_L}{V_R}$
۱۶	مقاومت ظاهری مدار در RL سری	$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$
۱۷	محاسبه توان غیرمؤثر در مدار RL	$Q_L = X_L I_L^2$
۱۸	محاسبه توان مؤثر در مدار RL	$P_e = RI_R^2$
۱۹	محاسبه توان ظاهری	$S = ZI_e^2 \text{ [VA]}$

$V_e = \sqrt{V_R^2 + V_L^2}$	مقدار مؤثر ولتاژ در مدار RL سری	۲۰
$S = \sqrt{P^2 + Q_L^2} \text{ [VA]}$	محاسبه توان ظاهری در مدار	۲۱
$\cos \phi = \frac{R}{Z}$	ضریب توان مؤثر در RL سری	۲۲
$\cos \phi = \frac{\text{ضلع مجاور}}{\text{وتر}} = \frac{I_R}{I_e}$	ضریب توان مؤثر در مدار RL سری	۲۳
$\sin \phi = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}} = \frac{I_L}{I_R}$	ضریب توان غیرمؤثر در مدار RL سری	۲۴
$V_C = X_C I_C$	ولتاژ دو سر ظرفیت خازن	۲۵
$X_C = \frac{1}{\omega C}$	RC مقاومت خازنی در مدار	۲۶
$\omega = 2\pi f$	سرعت زاویه‌ای	۲۷
$Q_C = -X_C I_C^2$	RC محاسبه توان غیرمؤثر در مدار	۲۸
$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$	مقاومت ظاهری در مدار در RC سری	۲۹
$Q = Q_L + Q_C$	توان غیرمؤثر در مدار RLC	۳۰
$S = \sqrt{P^2 + Q_C^2} \text{ [VA]}$	محاسبه توان ظاهری در مدار RC سری	۳۱
$S_{r\phi} = 3V_p I_p$	توان ظاهری مصرف‌کننده سه‌فاز	۳۲
$S = \sqrt{P^2 + (Q_L - Q_C)^2} \text{ [VA]}$	توان ظاهری در مدار RLC	۳۳
$n_s = \frac{120 \times f}{P}$	سرعت چرخش روتور سرعت	۳۴
$n_r = \frac{120 \times f \times (1-s)}{P}$	سرعت چرخش روتور را بر اساس فرکانس ورودی و لغزش آن	۳۵
$f = \frac{n_r \times P}{120(1-s)}$	فرکانس برق ورودی به موتور	۳۶
$P_L = R_L \cdot I_L^2$	تلفات خط	۳۷

$S = \sqrt{3} V_L \cdot I_L$	توان خروجی ژنراتورهای سه فاز	۳۸
$M = K \sqrt{L_1 L_2}$	M القای متقابل	۳۹
$E_1 = 4/44 N_{10} B_m \cdot A \cdot f$	مقدار نیروی محرکه القایی در سیم پیچی‌ها	۴۰
$I_o = \frac{V_1 - E_1}{Z_1}$	جریان بی باری	۴۱
$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$	رابطه نیروها با نسبت دور سیم پیچ‌ها	۴۲
$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$	رابطه ولتاژ با نسبت دور سیم پیچ‌ها	۴۳
$a = \frac{N_1}{N_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{V_1}{V_2}$	نسبت تبدیل	۴۴
$\frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$	رابطه جریان با نسبت دور سیم پیچ‌ها	۴۵
$V_{X1} = X_1 \cdot I_1$	افت ولتاژ القایی در سیم پیچی اولیه	۴۶
$V_{X2} = X_2 \cdot I_2$	افت ولتاژ القایی در سیم پیچی ثانویه	۴۷
$\Delta V_2 = \sqrt{V_{R2}^2 + V_{X2}^2}$	محاسبه مقدار افت ولتاژ ثانویه در حالت اهمی خالص	۴۸
$\Delta V_2 \approx V_{R2} \cdot \cos \phi_2 \pm V_{X2} \cdot \sin \phi_2$	محاسبه مقدار افت ولتاژ ثانویه به ازای بارهای اهمی - سلفی و اهمی - خازنی	۴۹
$E \approx \Delta V + V$	به صورت تقریبی E نیروی محرکه	۵۰
$P_{fe} = P_h + P_f$	تلفات کل هسته	۵۱
$P_{fe} = \frac{(V_i)^2}{R_C}$	تلفات کل هسته	۵۲
$\Delta P = \Delta P_{core} (P_{fe} + P_{ic}) + \Delta P_{winding} (P_{cu} + P_{lw})$	تلفات ترانسفورماتور	۵۳
$\Delta P = \text{winding } (P_{cu}) + \text{core } (P_{fe})$	تلفات پراکندگی	۵۴

$P_{CU1} = P_{CU1} + P_{CU}$	تلفات مسی کل ترانسفورماتور	۵۵
$P_{CU1} = R_1 \cdot (I_1)^2$	تلفات مسی سیم پیچ اولیه	۵۶
$P_{CU} = P_{CU1} + P_{CU2}$ $= (R_1 \cdot I_1^2) + (R_2 \cdot I_2^2)$	تلفات مسی (تلفات متغیر ترانسفورماتور)	۵۷
$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100$ یا $\eta = \frac{S_2}{S_1} \times 100$	ضریب بهره یا راندمان	۵۸
$\Delta P = P_1 - P_2 = P_{cu} + P_{fe}$	تلفات ترانسفورماتور	۵۹
$S_1 = V_1 \cdot I_1$	توان ظاهری	۶۰
$P_1 = S_1 \cdot \cos \phi_1$	توان حقیقی	۶۱
$S_B = (V_1 - V_2) \cdot I_1$	توان تیپ یا توان انتقالی	۶۲
$S_B = \frac{V_H - V_L}{V_H} S$	توان تیپ یا توان انتقالی	۶۳