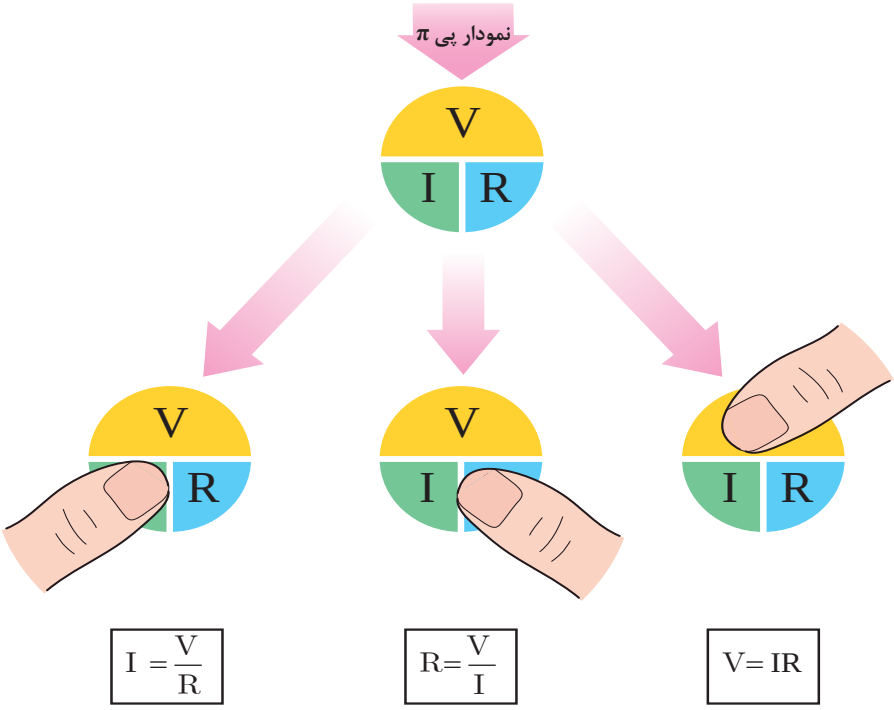
فصل ۳

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

۱ـ۳ 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 ۱ـ۳ـ سه شکل قانون اهم (نمودار π)

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.

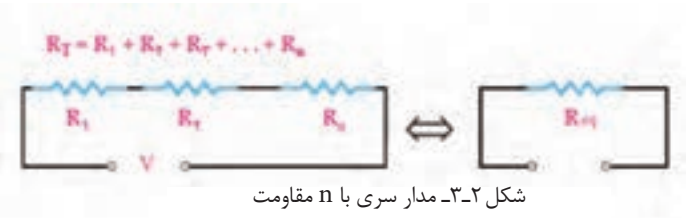
$$P = V.I$$

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

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

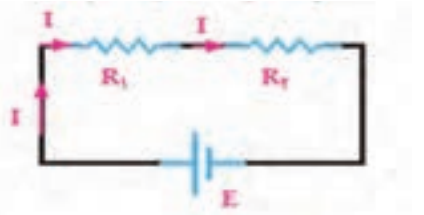
۲ـ۳ـ اتصال مقاومت‌ها و پیل‌ها:

الف) اتصال سری (متوالی):



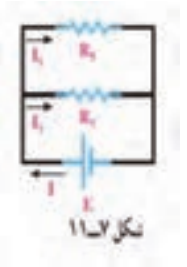
شکل ۲ـ۳ـ مدار سری با n مقاومت

$V_{R_1} = IR_1$ $\qquad$ $V_{R_2} = IR_2$



شکل ۳ـ۳ـ افت ولتاژ در مقاومت سری

ب) اتصال موازی:



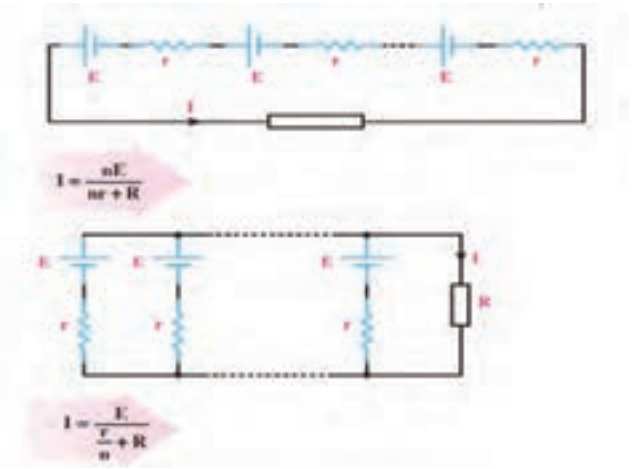
$$R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

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

$$P_t = P_1 + P_2 + \cdots + P_n$$

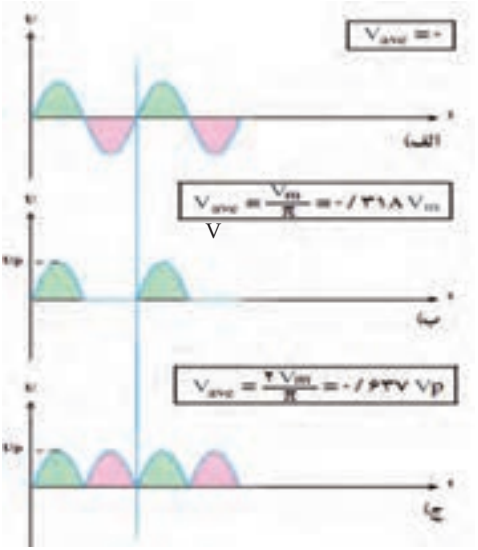
شکل ۴ـ۳

ج) اتصال پیل‌ها

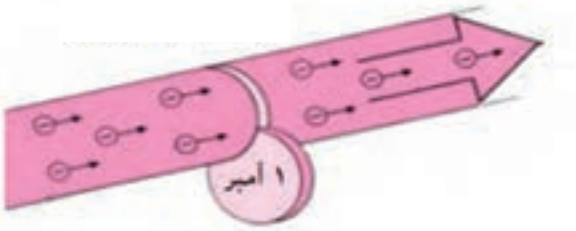


شکل ۵ـ۳ـ اتصال باتری‌ها با مقاومت داخلی به‌صورت سری و موازی

۳ـ۳ـ مقادیر مؤثر و متوسط



شکل ۶ـ۳ـ مقادیر مؤثر و متوسط ولتاژ



$$۱\ \text{آمپر} = \frac{\text{یک کولن}}{\text{یک ثانیه}} = \frac{۶/۲۸ \times ۱۰^{۱۸}}{۱} = ۶/۲۸ \times ۱۰^{۱۸}\ e$$

شکل ۷ـ۳ـ تعریف آمپر

$$L = \frac{\mu . A . N^{۲}}{L}$$

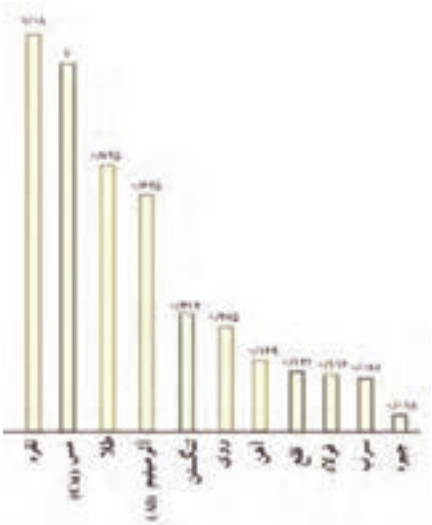
شکل ۸ـ۳ـ پارامترهای مهم در یک سلف

۴ـ۳ـ مقاومت الکتریکی

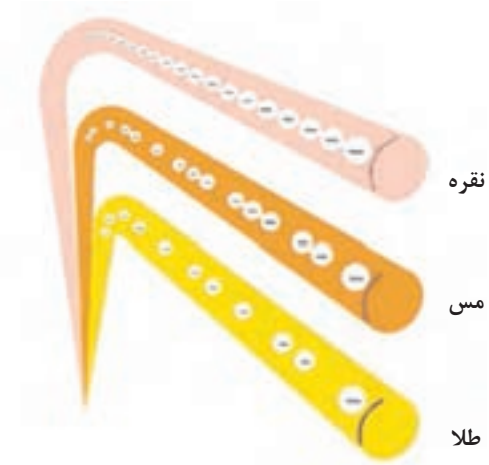
$$R_t = R_۰(۱ \pm \alpha t)$$

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad \text{یا} \quad R = \frac{L}{\kappa . A}$$

شکل ۹ـ۳ـ رابطه مقاومت الکتریکی و متغیرها



نمودار ۱۰ـ۳ـ هدایت مخصوص فلزات مختلف نسبت به مس



شکل ۱۱ـ۳ـ مقایسه هادی‌های خوب

۵ـ۳ـ 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 می شود و آن را با J نشان می‌دهند.

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

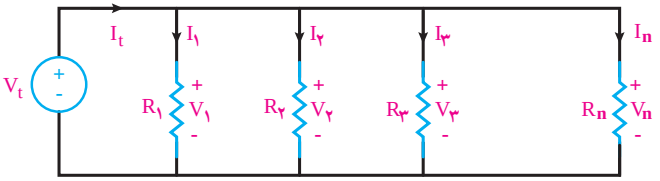
در این رابطه I جریان عبوری ازسیم برحسب آمپرو A سطح مقطع سیم برحسب میلی‌متر مربع است. در دو سیم باسطح مقطع مساوی هرچه تراکم جریان (J) بیشتر باشد، گرمای ایجاد شده در سیم نیز بیشترخواهد بود.

جدول ۱ـ۳ـ ویژگی‌های مدارهای سری مقاومتی

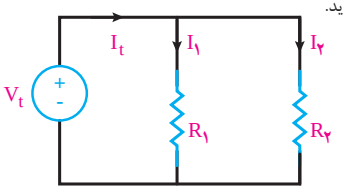
جریان	جریان عبوری از همه مقاومت‌های سری مساوی است. $I_T = I_1 = I_2 = I_3 = I_n$
ولتاژ	در مدارهای سری ولتاژ به نسبت مقدار مقاومت‌ها در دو سر مقاومت‌های مدار تقسیم می‌شود. $V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \cdots + V_n$ طبق قانون اهم: $V_1 = R_1 I_1$، $V_2 = R_2 I_2$، $V_3 = R_3 I_3$، $V_n = R_n I_n$
مقاومت معادل	$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n$
توان و انرژی	توان هر یک از مقاومت‌ها: $P_1 = V_1 I_1 = R_1 I_1^2 = \frac{V_1^2}{R_1}$، $P_2 = V_2 I_2 = R_2 I_2^2 = \frac{V_2^2}{R_2}$، $P_3 = V_3 I_3 = R_3 I_3^2 = \frac{V_3^2}{R_3}$، $P_n = V_n I_n = R_n I_n^2 = \frac{V_n^2}{R_n}$ $P = \frac{W}{t}$ $P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \cdots + P_n$ $W_T = W_1 + W_2 + W_3 + \cdots + W_n$
حالت خاص	هرگاه n مقاومت مساوی به صورت سری بسته شوند مقاومت معادل از رابطه زیر محاسبه می‌شود. $R_{eq} = n.R$ = (تعداد مقاومت‌ها) × (مقدار اهم یک مقاومت) هرگاه دو مقاومت به صورت سری بسته شوند تقسیم ولتاژ در دو مقاومت از روابط زیر به‌دست می‌آید. $V_{R_1} = V_t \frac{R_1}{R_1 + R_2}$ $V_{R_2} = V_t \frac{R_2}{R_1 + R_2}$

۶ـ۳ـ اتصال موازی مقاومت‌ها

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

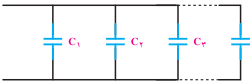


جدول ۲ـ۳ـ ویژگی‌های مدارهای موازی مقاومتی

جریان	در مدارهای موازی جریان به نسبت عکس مقاومت‌ها و متناسب با مقدار مقاومت‌ها در بین آنها تقسیم می‌شود. براساس قانون اهم $\begin{cases} I_1 = \frac{V_1}{R_1} \\ I_2 = \frac{V_2}{R_2} \\ I_3 = \frac{V_3}{R_3} \\ I_4 = \frac{V_n}{R_n} \end{cases} \Rightarrow I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \cdots + I_n$
ولتاژ	ولتاژ دو سر هر یک از مقاومت‌ها با هم برابر است. $V_T = V_1 = V_2 = V_3 = V_n$
مقاومت معادل	$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_n}}$
توان و انرژی	توان هریک از مقاومت‌ها $\begin{cases} P_1 = V_1.I_1 = R_1 I_1^2 = \frac{(V_1)^2}{R_1} \\ P_2 = V_2.I_2 = R_2 I_2^2 = \frac{(V_2)^2}{R_2} \\ P_3 = V_3.I_3 = R_3 I_3^2 = \frac{(V_3)^2}{R_3} \\ P_n = V_n.I_n = R_n I_n^2 = \frac{(V_n)^2}{R_n} \end{cases}$ $P = \frac{W}{t}$ $P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \cdots + P_n$ $W_T = W_1 + W_2 + W_3 + \cdots + W_n$
حالت خاص	هرگاه n مقاومت مساوی با یکدیگر موازی باشند مقاومت معادل از رابطه زیر محاسبه می‌شود. $R_{eq} = \frac{\text{(مقدار اهم یک مقاومت)}}{\text{(تعداد مقاومت‌ها)}} = \frac{R}{n}$ هرگاه دو مقاومت نامساوی به‌صورت موازی وصل شوند مقاومت معادل و تقسیم جریان در دو مقاومت از روابط زیر به‌دست می‌آید. $R_{eq} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$ $\Rightarrow I_1 = I_T \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ $I_2 = I_1 \frac{R_1}{R_1 + R_2}$ 

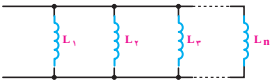
۳ـ۷ـ ویژگی‌های مدارهای خازنی

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 دارندکه در محاسبه آنها به نکات زیر باید توجه کرد.

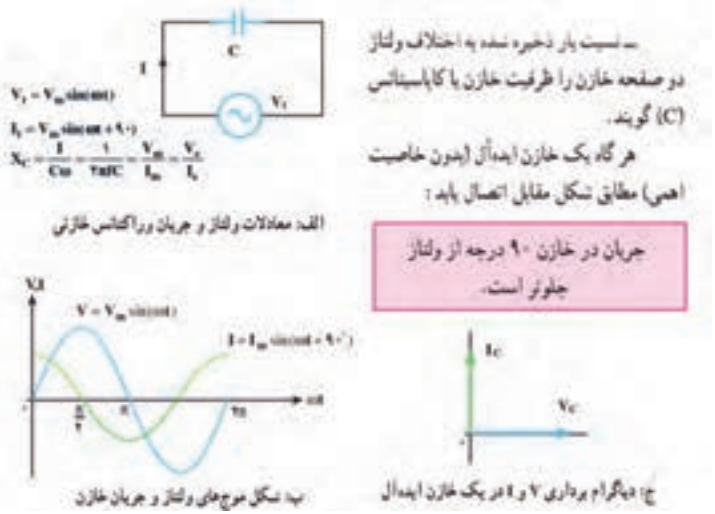
	سری	موازی
		
ظرفیت معادل C_T	$C_T = \frac{1}{\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}+\cdots+\frac{1}{C_n}}$	$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \cdots + C_n$
راکتانس معادل X_{C_T}	$X_{C_T} = X_{C_1} + X_{C_2} + X_{C_3} + \cdots + X_{C_n}$ $X_{C_T} = \frac{1}{C_T \omega}$	$X_{C_T} = \frac{1}{\frac{1}{X_{C_1}}+\frac{1}{X_{C_2}}+\frac{1}{X_{C_3}}+\cdots+\frac{1}{X_{C_n}}}$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

۳ـ۸ـ 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 وراکتانس وجود دارند که در محاسبه آنها به نکات زیر باید توجه کرد (شکل ۱۳ـ۳).

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

۹ـ۳ـبررسی مدارهای خازنی (C)



- نسبت بار ذخیره شده به اختلاف ولتاژ دو صفحه خازن را ظرفیت خازن یا کاپاسیتانس (C) گویند.
- هر گاه یک خازن ایده‌آل (بدون خاصیت اهمی) مطابق شکل مقابل اتصال یابد:

جریان در خازن ۹۰ درجه از ولتاژ جلوتر است.

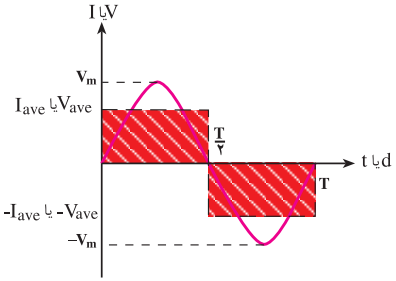
۱۰ـ۳ـمقدار مؤثر و متوسط

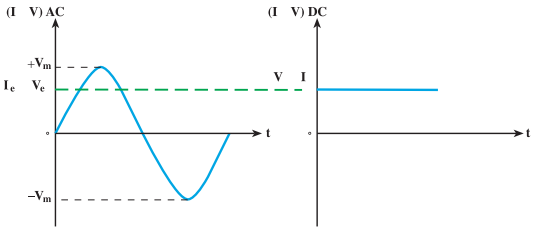
$$V_{ave} = \frac{2}{\pi} \times V_m = 0/637 \times V_m$$

$$I_{ave} = \frac{2}{\pi} \times I_m = 0/637 \times I_m$$

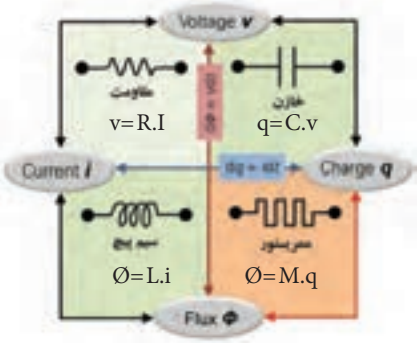
$$Ve = \frac{1}{\sqrt{2}} \times Vm = 0/707 \times Vm$$

$$Ie = \frac{1}{\sqrt{2}} \times Im = 0/707 \times Im$$





۱۱ـ۳ـارتباط 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	$P_\Delta = 3V_P I_P \cos\varphi = 3V_L \cdot \frac{V_L}{z}\cos\varphi = 3\frac{V_L^2}{z}.\cos\varphi$
توان در حالت ستاره	$P_\lambda = 3(\frac{V_L}{\sqrt{3}})(\frac{V_L}{\sqrt{3}z})\cos\varphi = \frac{V_L^2}{z}\cos\varphi$
مقایسهٔ توان ستاره و مثلث	$P_\Delta = 3P_\lambda$
مقایسهٔ جریان خط ستاره و معادل خط مثلث	$I_{L_\lambda} = \frac{1}{3}I_{L_\Delta}$
محاسبهٔ سطح مقطع کابل تک فاز	$A = \frac{2 \times L \times I \times \cos\varphi}{\kappa \times \%\Delta V \times V}$
محاسبهٔ 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 سیم‌پیچ	$E = -N\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$
محاسبهٔ تعداد دور اولیه و ثانویه ترانسفورماتور	$U_1 = 4/44 \times N_1 \times B_{Max} \times S_{Fe} \times f$ $U_2 = 4/44 \times N_2 \times B_{Max} \times S_{Fe} \times f$
رابطهٔ اساسی ترانسفورماتور	$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1}$
محاسبهٔ سطح مقطع هسته	$S_{F_e} = K\sqrt{P_{S_1}}$
محاسبهٔ سطح مقطع هسته ترانسفورماتور	$S_{F_e} = 1/2\sqrt{P_{S_1}}$

محاسبهٔ سطح مقطع هستهٔ آهنی	$S'_{F_e}=\frac{S_{F_e}}{K_{F_e}}$
محاسبهٔ دور بر ولت ترانسفورماتور	$N_V=\frac{۳۷/۵}{S_{Fe}}$
محاسبهٔ تعداد دور ثانویه	$N_۲=n\times V_۲(۱+\Delta V_۲٪)$
محاسبهٔ قطر سیم‌پیچ اولیه	$d_۱=۱/۱۳\sqrt{A_۱}$
محاسبهٔ قطر سیم‌پیچ ثانویه	$d_۲=۱/۱۳\sqrt{A_۲}$
محاسبهٔ توان تیپ	$P_{ST}=P_{S۲}\frac{U_۱-U_۲}{U_۱}$
محاسبهٔ چگالی جریان	$J=\frac{I}{A}\left[\frac{A}{mn^۲}\right], A_۱=\frac{I_۱}{J}, A_۲=\frac{I_۲}{J}$
مقایسهٔ مقاومت اهمی آلومینیوم و مس	$R_{Al}=۱/۵۸R_{Cu}$
تبدیل قطر سیم مسی به آلومینیوم	$d_{Cu}=۰/۷۹۳d_{Al}$
تبدیل سیم لاکی به چند لایه سیم با قطر دیگر	$d=\frac{D}{\sqrt{n}}$
معادل‌سازی سیم‌های لاکی برای شماره بزرگ‌تر	$d=\sqrt{d_۱^۲+d_۲^۲}$
محاسبهٔ ارتباط تعداد دور و قطب	$P=\frac{۶۰\times f}{n_s}$
محاسبهٔ گام قطبی	$Y_p=\frac{Z}{۲p}$
محاسبهٔ زاویه الکتریکی شیارها	$\alpha_{ez}=\frac{۳۶۰\times P}{Z}$
محاسبهٔ تعداد شیار زیر هر قطب مربوط به هر فاز	$X=\frac{Z}{۲P.m}$

تعداد کلاف‌های هر فاز در سیم پیچی دو طبقه	$\gamma_2 = \frac{Z}{m}$
محاسبهٔ اندازه تعداد کلاف‌های هر فاز در سیم‌پیچی	$\gamma_1 = \frac{Z}{2m}$
محاسبهٔ شیار شروع هر فاز در سیم‌پیچی سه‌فاز	$\begin{bmatrix} R:1 \\ S:1+\frac{120}{\alpha_{ez}} \\ T:1+\frac{240}{\alpha_{ez}} \end{bmatrix}$
معادلات ولتاژ سه فاز	$V_A=V_m Sinwt$ $V_B=V_m Sin(Wt-120)$ $V_C=V_m Sin(Wt-240)$
توان ظاهری سه فاز	$S = \sqrt{3} V_L I_L$
توان مفید (حقیقی)	$P = \sqrt{3} V_L I_L \cos\varphi$
توان غیر مفید (غیر حقیقی)	$Q = \sqrt{3}\sqrt{L} I_L \sin\varphi$
رابطهٔ توان ظاهری با حقیقی و غیرحقیقی	$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$
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 یک‌فاز	$U=1$ $W = 1+\frac{90}{\alpha_{ez}}$

ادامهٔ فرمول‌های کاربردی:

ردیف	کاربرد	فرمول
۱	مقدار مؤثر جریان	$I_e = \frac{I_m}{\sqrt{۲}}$
۲	مقدار مؤثر ولتاژ	$V_e = \frac{V_m}{\sqrt{۲}}$
۳	محاسبهٔ برآیند دو بردار	$A = \sqrt{A_۱^۲ + A_۲^۲ + ۲A_۱A_۲\cos\alpha}$
۴	محاسبهٔ تفاضل دو بردار	$A' = \sqrt{A_۱^۲ + A_۲^۲ + ۲A_۱A_۲\cos\alpha}$
۵	توان غیرمؤثر	$Q = V_e I_e \sin\varphi$
۶	توان مؤثر	$P = V_e I_e \cos\varphi$
۷	زاویهٔ بین فاز ولتاژ با فاز جریان φ	$\varphi = \theta_v - \theta_i$
۸	محاسبهٔ مقدار توان ظاهری	$S = V_e I_e$
۹	محاسبهٔ مقدار توان ظاهری	$S = \sqrt{P^۲ + Q^۲}$
۱۰	محاسبهٔ توان مؤثر شبکه	$P = P_۱ + P_۲ + ... + P_n\ [W]$
۱۱	محاسبهٔ توان غیرمؤثر شبکه	$Q = Q_۱ + Q_۲ + ... + Q_n\ [VAR]$
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	$\tan\varphi = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}} = \frac{V_L}{V_R}$
۱۶	مقاومت ظاهری مدار در RL سری	$Z = \sqrt{R^۲ + X_L^۲}$
۱۷	محاسبهٔ توان غیرمؤثر در مدار RL	$Q_L = X_L I_L^۲$
۱۸	محاسبهٔ توان مؤثر در مدار RL	$P_e = RI_R^۲$
۱۹	محاسبهٔ توان ظاهری	$S = ZI_e^۲\ [VA]$

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

۳۸	توان خروجی ژنراتورهای سه‌فاز	$S = \sqrt{۳}\, V_L . I_L$
۳۹	M القای متقابل	$M = K\sqrt{L_۱ L_۲}$
۴۰	مقدار نیروی محرکهٔ القایی در سیم‌پیچی‌ها	$E_۱ = ۴/۴۴ N_۱ B_m . A . f$
۴۱	جریان بی‌باری	$I_۰ = \frac{V_۱ - E_۱}{Z_۱}$
۴۲	رابطهٔ نیروها با نسبت دور سیم‌پیچ‌ها	$\frac{E_۱}{E_۲} = \frac{N_۱}{N_۲}$
۴۳	رابطهٔ ولتاژ با نسبت دور سیم‌پیچ‌ها	$\frac{V_۱}{V_۲} = \frac{N_۱}{N_۲}$
۴۴	نسبت تبدیل	$a = \frac{N_۱}{N_۲} = \frac{E_۱}{E_۲} = \frac{V_۱}{V_۲}$
۴۵	رابطهٔ جریان با نسبت دور سیم‌پیچ‌ها	$\frac{N_۱}{N_۲} = \frac{I_۲}{I_۱}$
۴۶	افت ولتاژ القایی در سیم‌پیچی اولیه	$V_{X_۱} = X_۱ . I_۱$
۴۷	افت ولتاژ القایی در سیم‌پیچی ثانویه	$V_{X_۲} = X_۲ . I_۲$
۴۸	محاسبهٔ مقدار افت ولتاژ ثانویه در حالت اهمی خالص	$\Delta V_۲ = \sqrt{V_{R_۲}^۲ + V_{X_۲}^۲}$
۴۹	محاسبهٔ مقدار افت ولتاژ ثانویه به ازای بارهای اهمی ـ سلفی و اهمی ـ خازنی	$\Delta V_۲ \simeq V_{R_۲} . \cos\varphi_۲ \pm V_{X_۲} . \sin\varphi_۲$
۵۰	به‌صورت تقریبی E نیروی محرکه	$E \approx \Delta V + V$
۵۱	تلفات کل هسته	$Pfe = P_h + P_f$
۵۲	تلفات کل هسته	$Pfe = \frac{(V۱)^۲}{R_C}$
۵۳	تلفات ترانسفورماتور	$\Delta P = \Delta Pcore\ (P_{fe} + P_{IC}) + \Delta Pwinding\ (P_{cu} + P_{lw})$
۵۴	تلفات پراکندگی	$\Delta P = winding\ (P_{cu}) + core\ (P_{fe})$

۵۵	تلفات مسی کل ترانسفورماتور	$P_{CU۱} = P_{CU۱} + P_{CU}$
۵۶	تلفات مسی سیم‌پیچ اولیه	$P_{CU۱} = R_{۱}.(I_{۱})^{۲}$
۵۷	تلفات مسی (تلفات متغیر ترانسفورماتور)	$P_{CU} = P_{CU۱} + P_{CU۲} = (R_{۱}.I_{۱}^{۲}) + (R_{۲}.I_{۲}^{۲})$
۵۸	ضریب بهره یا راندمان	$\eta = \frac{P_{۲}}{P_{۱}} \times ۱۰۰$ یا $\eta = \frac{S_{۲}}{S_{۱}} \times ۱۰۰$
۵۹	تلفات ترانسفورماتور	$\Delta P = P۱ - P۲ = P_{cu} + P_{fe}$
۶۰	توان ظاهری	$S_{۱} = V_{۱}.I_{۱}$
۶۱	توان حقیقی	$P_{۱} = S_{۱}.\cos\varphi_{۱}$
۶۲	توان تیپ یا توان انتقالی	$S_{B} = (V_{۱} - V_{۲}).I_{۱}$
۶۳	توان تیپ یا توان انتقالی	$S_{B} = \frac{V_{H} - V_{L}}{V_{H}} S$