电工电子学

第二章 电路分析基础

正弦交流电路

相量表示法

设有个正弦电压为$u = \sqrt{2}\sin(\omega t + \varphi)$，那么相量法表示该电压即为$\dot{U} = U\angle\varphi$，这里$U$表示正弦电压的有效值。
只有在各个正弦量均为同一频率时，各正弦量变换成相量进行运算才有意义。

电阻

$$\dot{U} = R\dot{I}$$

电感

$$\dot{U} = jX_L\dot{I}$$

其中$X_L = \omega L = 2\pi fL$，称为感抗。X_L是电压有效值与电流有效值之比，而不是它们的瞬时值之比。当电流的频率为零即直流时，感抗为零，故电感在直流稳态时相当于短路。

电容

$$\dot{U} = -jX_C\dot{I}$$

其中$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC}$，称为容抗。对于一定的$C$来说，频率越高，则容抗越小，对正弦电流的“阻止”能力越弱，即意味着高频电流容易通过电容。直流时频率为零，容抗为无穷大，故电容在直流电路处于稳定状态时不能通过电流,相当于开路。

基尔霍夫的相量形式

KCL的相量形式为

$$\sum\dot{I} = 0$$

在电路任一节点上的电流相量代数和为零。

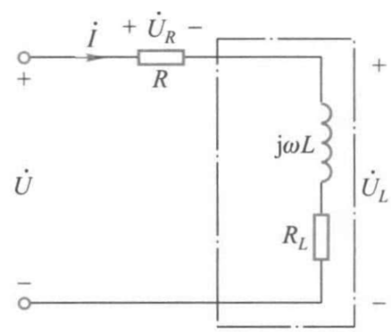
KVL的相量形式为

$$\sum \dot{U}=0$$

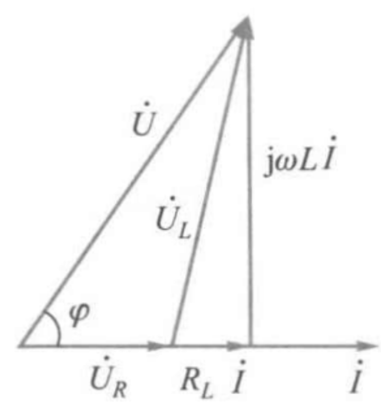
沿任一回路，各支路电压相量的代数和为零。P65

例题1

有时为了测量电感线圈的电感和电阻,将它和一个电阻R串联后接在工频交流电源上,如右图所示。现测得$U=220V, U_R=79V, U_L=193V, I=0.4A$。试求线圈的电阻$R_L$和电感$L$。



以电流为参考相量作出电路的相量图。



$$\cos\varphi=\frac{U^2+U_R^2-U_L^2}{2UU_R}=0.5, \varphi=60^\circ$$

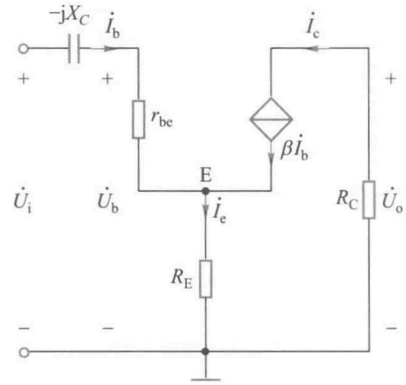
由$U\sin\varphi=\omega LI$，可知

$$L=\frac{U\sin\varphi}{\omega I}=1.517H$$

又由$U_R+R_LI=U\cos\varphi$，可知

$$R_L=\frac{U\cos\varphi-U_R}{I}=77.5\Omega$$

例题2



如右图所示电路中含有一个晶体管的小信号模型。已知$r_{be}=700\Omega,\beta=30,R_E=30\Omega,R_C=2.4k\Omega,C=5\mu F,\dot{U}_i=20\angle 0^\circ mV$，求外加信号$u_i$的频率为$1000Hz$时的$\dot{U}_b$和$\dot{U}_o$

$f=1000Hz$时

$$X_C=\frac{1}{2\pi fC}=31.8\Omega$$

$$\dot{I}_e=\dot{I}_b+\beta\dot{I}_b=(1+\beta)\dot{I}_b$$

$$\dot{U}_i=(r_{be}-jX_C)\dot{I}_b+R_E\dot{I}_e=1630.3\angle-1.1^\circ\dot{I}_b$$

$$\dot{I}_b=12.27\times10^{-6}\angle1.1^\circ$$

$$\dot{U}_b=[r_{be}+(1+\beta)R_E]\dot{I}_b=0.02\angle1.1^\circ$$

$$\dot{U}_o=-R_C\dot{I}_c=-\beta R_C\dot{I}_b=0.88\angle-178.9^\circ$$

瞬时功率

$$p=ui=UI\cos\varphi(1-\cos2\omega t)+UI\sin\varphi\sin2\omega t$$

有功功率

电路中的电感和电容并不消耗功率,只是起能量吞吐作用。电路中的平均功率等于电阻所消耗的功率，因此平均功率又称为有功功率。
对于正弦电路，其平均功率

$$P=UI\cos\varphi$$

$\cos\varphi$称为功率因数(用λ表示)，φ称为功率因数角