

电子线路分析基础

下 册

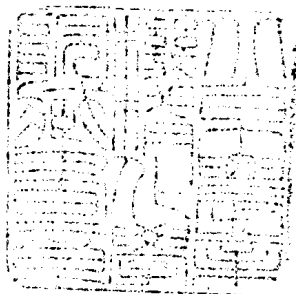
华北电力学院 张瑞华

水利电力出版社

电子线路分析基础

下 册

华北电力学院 张瑞华



水利电力出版社

内 容 提 要

本书分上、下两册。上册包括：常用半导体器件、低频电压放大器、功率放大器、直接耦合直流放大器、线性集成电路和集成运算放大器、调制式直流放大器、直流稳压电源。下册包括：正弦波振荡器、可控硅的应用、分立元件脉冲数字电路、集成数字电路。

本书着重阐述常用电子线路的基本概念、基本原理和基本分析方法。书中收集了工业自动化仪表中的大量典型电路，并对它们进行了详细的分析，各章还配有小结、思考题和练习题。

本书可供从事电子技术的工程技术人员学习之用，也可作为高等院校有关专业的教学参考用书。

电子线路分析基础

下 册

华北电力学院 张瑞华

*

水利电力出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

*

850×1168毫米 32开本 14.25印张 378千字

1983年5月第一版 1983年5月北京第一次印刷

印数00001—17140册 定价1.40元

书号15143·5131

目 录

第八章 正弦波振荡器	539
第一节 自激振荡的条件	539
一、放大器的自激振荡现象(539) 二、自激振荡的条件(540)	
三、正弦波振荡器的组成(542)	
第二节 LC并联谐振回路的选频特性	543
一、LC振荡回路的自由振荡现象(543) 二、LC并联谐振回路 的选频特性(545) 三、其它形式的LC并联谐振回路(550)	
第三节 LC振荡器	554
一、变压器反馈型LC振荡器及LC振荡器的基本分析方法(554)	
二、电感反馈型LC振荡器(561) 三、电容反馈型LC振荡器(563)	
第四节 热工仪表中常用的LC振荡器	565
一、XCT系列动圈式指示调节仪表中的LC振荡器(565)	
二、DDZ-II型杠杆机构力平衡变送器中的高频位移检测放 大器(572) 三、DDZ-II型矢量机构力平衡变送器中的低频LC 振荡器(588) 四、自激调制式直流放大器(594)	
第五节 石英晶体振荡器	600
一、LC振荡器振荡频率的稳定度与品质因数的关系(601)	
二、石英晶体的压电效应和石英晶体谐振器的电抗-频率特性(602)	
三、石英晶体振荡器(606)	
第六节 RC振荡器	613
一、LC振荡器用于低频时的缺点(613) 二、文氏电桥RC振荡器(614)	
三、RC移相振荡器(620)	
第七节 放大器自激振荡的产生和消除	621
一、放大器产生自激振荡的原因(621) 二、消除放大器自激振 荡的方法(625) 小 结(626) 思考题和练习题(628)	
附录(632)	
第九章 可控硅的应用	635
第一节 可控硅	635
一、可控硅的简单结构(635) 二、可控硅的工作特点(635)	

三、可控硅的工作原理(638)	四、可控硅的伏安特性(640)	
五、可控硅的主要参数(643)	六、可控硅的使用(649)	
第二节 单相可控整流电路		654
一、单相半波可控整流电路(655)	二、单相桥式可控整流电路(661)	
第三节 可控硅无触点开关		668
一、用两个可控硅的单相交流无触点开关(669)	二、用一个可控硅的单相交流无触点开关(670)	
第四节 可控硅的触发电路		671
一、单结晶体管(672)	二、单结晶体管自振荡电路(679)	
三、单结晶体管同步振荡电路(683)	四、触发电路参数的选择(687)	
第五节 可控硅应用举例		691
一、振动式给煤机(691)	二、ZLK-5型转差离合器控制装置中的可控整流电路(693)	
三、DKJ型电动执行器中的可控硅交流无触点开关(695)	小结(699)	思考题和练习题(701)
附录(704)		
第十章 分立元件脉冲数字电路		708
第一节 脉冲电路的基础知识		708
一、什么是脉冲技术(708)	二、晶体管的开关特性(710)	
三、反相器(714)	小结(725)	思考题和练习题(726)
第二节 双稳态触发器		728
一、电路的组成(728)	二、工作原理(729)	三、双稳态触发器的触发方式(735)
四、双稳态触发器的设计和简单测试(744)	五、双稳态触发器的应用(750)	小结(758)
思考题和练习题(759)		
第三节 单稳态触发器		761
一、电路的组成(761)	二、工作原理(762)	三、输出脉冲的幅度、宽度和电路的最高工作频率(767)
四、单稳态触发器的改进(771)	五、单稳态触发器的设计(772)	六、单稳态触发器的应用(774)
小结(780)	思考题和练习题(781)	
第四节 多谐振荡器		781
一、电路的组成(782)	二、工作原理(782)	三、多谐振荡器的设计与简单测试(787)
四、多谐振荡器应用举例(790)	五、其它形式的多谐振荡器(794)	小结(811)
思考题和练习题(812)		

第五节 间歇振荡器	814
一、自激式间歇振荡器(814)	
二、他激式间歇振荡器(821)	
小结(828) 思考题和练习题(828)	
第六节 射极耦合双稳态触发器	830
一、电路及工作原理(830)	
二、静态计算(832)	
三、射极耦合双稳态触发器的回差现象(835)	
四、射极耦合双稳态触发器的应用(842)	
小结(846) 思考题和练习题(847)	
第七节 分立元件逻辑门电路	847
一、二极管门电路(848)	
二、其它形式的门电路(861)	
小结(866) 思考题和练习题(867)	
第十一章 集成数字电路	869
第一节 集成逻辑门电路	869
一、DTL“与非”门电路(869)	
二、TTL“与非”门电路(872)	
三、HTL“与非”门电路(883)	
四、发射极耦合逻辑电路(ECL电路)(887)	
五、“与非”门电路的参数及测试方法(890)	
第二节 集成双稳态触发器	897
一、用集成门电路组成的触发器(897)	
二、集成单元触发器(909)	
第三节 十进制数的显示	934
一、辉光数字管显示器(934)	
二、荧光数字管显示器(943)	
第四节 用集成门电路组成的其它脉冲电路	947
一、单稳态触发器(947)	
二、多谐振荡器(955)	
三、施密特触发器(961)	
第五节 MOS集成电路	963
一、P-MOS门电路(964)	
二、P-MOS触发器(968)	
三、CMOS集成电路(972)	
四、动态逻辑电路(977)	
第六节 集成注入逻辑电路简介	981
一、 I^2L 电路的引出(982)	
二、 I^2L 门电路的工作原理(983)	
三、 I^2L 电路组成的触发器(984)	
小结(985) 思考题和练习题(986)	

第 八 章

正 弦 波 振 荡 器

在生产实践和科学实验中，常常需要一种没有外加输入信号作用、一加上直流电源就能输出正弦交流电压的晶体管电路。正弦波振荡器电路就是这样的电路。因此，正弦波振荡器实质上就是一个不需要外加输入信号作用就能将直流电能转换为正弦交流电能的能量转换器。正弦波振荡器是晶体管电路中的一种重要的基础电路。

正弦波振荡器在测量技术、自动控制、无线电通讯、遥控、遥测等许多技术领域中都曾被广泛应用，在热工仪表中也被广泛应用。

正弦波振荡器分LC振荡器和RC振荡器两种。本章主要介绍LC振荡器。学习本章时，应着重掌握自激振荡的相位条件和幅值条件，LC谐振回路和RC选频电路的选频特性，分析正弦波振荡器的基本方法以及热工仪表中常用的LC振荡器。

第一节 自激振荡的条件

一、放大器的自激振荡现象

正弦波振荡器是在反馈放大器的自激振荡现象的基础上发展起来的。现在用一个大家比较熟悉的例子来说明这个问题。

晶体管扩音机是一个典型的交流放大器，它的正常扩音过程是这样的：如图8-1-1(a)所示，人的声音通过话筒转变为电信号，然后送到扩音机中去放大，最后使喇叭发出宏亮的声音来。但是，如果象图8-1-1(b)所示，把喇叭靠近话筒，扩音机就变成了一个反馈放大器。喇叭中的杂音（由干扰和噪声等因素造成）



图 8-1-1 扩音机由正常扩音变成自激振荡

(a)正常扩音; (b)自激振荡

被扩音机放大后, 又反馈回话筒, 由扩音机再放大, 紧接着喇叭又把放大的声音反馈回话筒, …… , 如此循环反复, 喇叭中就会发出刺耳的尖叫声, 这就是扩音机(放大器)的自激振荡现象。

很明显, 放大器中出现自激振荡是坏事, 因为放大器一旦振荡起来, 就会失去对输入信号的放大能力。因此, 在放大器中应设法消除自激振荡。

但是, 在一定条件下, 坏的东西可以引出好的结果。我们正是利用放大器的自激振荡原理, 制成了各种类型的正弦波振荡器。

二、自激振荡的条件

既然正弦波振荡器是由反馈放大器发展而来的, 那么, 反馈放大器在什么条件下才能产生自激振荡呢? 为了讨论方便, 我们用图8-1-2(a)所示的反馈放大器的方块图来说明这个问题。

在图8-1-2(a)中, 当开关K合在“1”端时, 放大器由信号

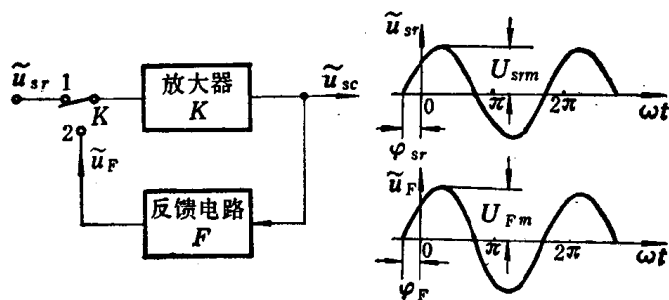


图 8-1-2 反馈放大器产生自激振荡的条件

(a)反馈放大器的方块图; (b)波形图

源获得正弦波输入电压 $\tilde{u}_{sr}$ ，设

$$\tilde{u}_{sr} = U_{sr} \sin(\omega t + \varphi_{sr}) \quad (8-1-1)$$

$\tilde{u}_{sr}$ 经放大器和反馈电路后，在“2”端得到一个与 $\tilde{u}_{sr}$ 同频率的正弦波反馈电压 $\tilde{u}_F$ ，其波形如图8-1-2(b)所示，即

$$\tilde{u}_F = U_{Fm} \sin(\omega t + \varphi_F) \quad (8-1-2)$$

式(8-1-1)和式(8-1-2)中， U_{sr} 和 U_{Fm} 分别是 $\tilde{u}_{sr}$ 和 $\tilde{u}_F$ 的幅值； φ_{sr} 和 φ_F 分别是 $\tilde{u}_{sr}$ 和 $\tilde{u}_F$ 的初相角； ω 是 $\tilde{u}_{sr}$ 和 $\tilde{u}_F$ 的角频率。若放大器和反馈电路的参数选择合适，能使 $\tilde{u}_F$ 的幅值和初相角满足以下两个条件：

$$U_{Fm} = U_{sr} \quad (8-1-3)$$

$$\varphi_F = \varphi_{sr} \pm 2n\pi (n=0, 1, 2, \dots) \quad (8-1-4)$$

则当开关K合到“2”端而把外加信号电压 $\tilde{u}_{sr}$ 除去时，由于 $\tilde{u}_F = \tilde{u}_{sr}$ ，放大器仍能由反馈电路得到与原来完全相同的输入电压，这样，反馈放大器就不需要外加输入信号的作用而仍能输出与有输入信号时完全相同的正弦交流电压，于是，反馈放大器就变成一个角频率为 ω （频率为 $f = \frac{\omega}{2\pi}$ ）的正弦波振荡器。

式(8-1-3)和式(8-1-4)就是反馈放大器产生自激振荡的条件。式(8-1-3)表示反馈电压 $\tilde{u}_F$ 的幅值与输入电压 $\tilde{u}_{sr}$ 的幅值相等，称为自激振荡的幅值条件。式(8-1-4)表示反馈电压 $\tilde{u}_F$ 的相位与输入电压 $\tilde{u}_{sr}$ 的相位相同，称为自激振荡的相位条件。

对于自激振荡的幅值条件还可作进一步推导。若放大器的电压放大倍数为K，则放大器的输出电压幅值为

$$U_{scm} = KU_{sr} \quad (8-1-5)$$

而反馈电路的反馈系数为

$$F = \frac{U_{Fm}}{U_{scm}} \quad (8-1-6)$$

把式(8-1-5)和式(8-1-6)代入式(8-1-3)中，可得自激振荡的幅值条件为

$$KF = 1 \quad (8-1-7)$$

实际上,为了使反馈放大器容易产生自激振荡,一般常取

$$KF > 1 \quad (8-1-8)$$

由以上分析可知,要使反馈放大器产生自激振荡,必须满足两个条件:①放大器的反馈必须是正反馈,以保证 $\tilde{u}_r$ 与 $\tilde{u}_{s,r}$ 同相位;②放大器的电压放大倍数 K 应足够大,以保证 $KF \geq 1$ 。

三、正弦波振荡器的组成

通过上面的讨论知道,一个反馈放大器如果能同时满足自激振荡的幅值条件和相位条件,就一定能够产生自激振荡。但是,并不见得一定能够产生正弦波自激振荡,即输出信号不一定是正弦波。这是因为,如果同时有多种频率的正弦波信号都能满足自激振荡条件,那么反馈放大器就能够在多种频率下产生自激振荡,它的输出波形就是一个由多种频率的正弦波信号合成的非正弦波信号。图8-1-3表示了频率相差一倍的两个正弦波信号 $\tilde{u}_1$ 和

$\tilde{u}_2$ 合成为非正弦波信号 $\tilde{u}_{s,s}$ 的情况。

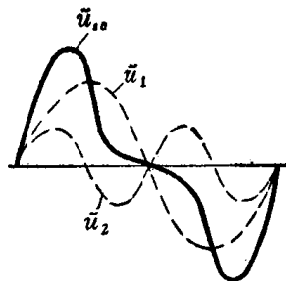


图 8-1-3 频率相差一倍的两个正弦波合成非正弦波的情况

怎样才能获得单一频率的正弦波振荡呢?为了做到这一点,可在反馈放大器中引进选频电路。有了选频电路后,放大器对于不同频率的正弦波信号就有不同的相位移和放大倍数,就可使电路只让某一特定频率的正弦波信号满足自激振荡条件,从而保证电路的输出为正弦波信号。

因此,一个正弦波振荡器应由以下三部分组成:

(1) 放大电路:利用晶体管的电流放大作用,使电路具有足够大的电压放大倍数,以满足自激振荡的幅值条件。

(2) 反馈电路:把放大电路的输出信号反馈到输入端,作为放大电路的输入信号,并使反馈信号与原来的输入信号同相位,以满足自激振荡的相位条件。

(3) 选频电路:使振荡电路只能让某一特定频率的正弦波

信号满足自激振荡条件,以保证振荡器输出正弦波信号。

选频电路可以由电感 L 和电容 C 组成,也可以由电阻 R 和电容 C 组成。根据选频电路组成元件的不同,正弦波振荡器可分为 LC 振荡器和 RC 振荡器两种。

第二节 LC 并联谐振回路的选频特性

由 LC 并联谐振回路组成的选频电路是 LC 振荡器的一个重要组成部分。在讨论 LC 振荡器以前,有必要先复习一下 LC 振荡回路中所发生的物理现象和 LC 并联谐振回路的选频特性。

一、 LC 振荡回路的自由振荡现象

由电感和电容组成的 LC 振荡回路如图8-2-1所示。我们来讨论回路中产生的物理过程。

(一) 无阻尼自由振荡

如图8-2-1(a)所示,当开关 K 合在“1”端时,电源 E 向电容 C 充电,一直充到电容两端的电压等于 E 为止。然后,将开关 K 倒向“2”端,电容 C 就要向电感 L 放电,回路中便有电流出现,如图8-2-1(b)所示。由于电感线圈有自感,放电电流是从零开始逐渐增大的。随着电容 C 的不断放电,储存在电容 C 中的电场能量逐渐转化为电感线圈 L 中的磁场能量,电容 C 上的电压逐渐下降。在电容 C 上的电荷放完的瞬间, C 上电压为零,回路电流达最大值,电容 C 中的电场能量全部转化为线圈 L 中的磁场能量。

当电容 C 放电完毕,回路电流达最大值时,由于线圈 L 中所储存的磁场能量不可能一下子全部释放出来,所以回路中的电流不能突变,它还要沿原方向继续流动,因而对电容 C 进行反向充电,使 C 上出现极性与原极性相反的电压,如图8-2-1(c)所示。在向电容 C 反向充电的过程中,随着 C 上电压的逐渐升高,反向充电电流逐渐减小,线圈 L 中的磁场能量逐渐转化为电容 C 中的电场能量。当反向充电电流减小到零时, C 上电压达最大

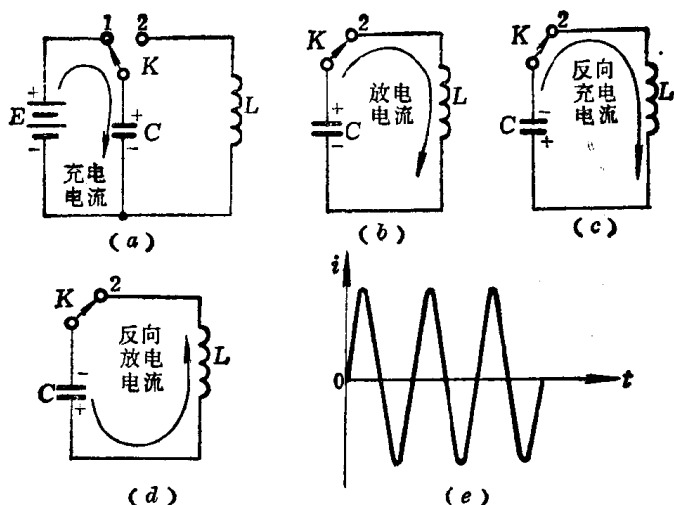


图 8-2-1 LC 振荡回路中的自由振荡现象

(a) E 对 C 充电; (b) C 向 L 放电; (c) L 对 C 反向充电; (d) C 向 L 反向放电; (e) 振荡电流波形

值, L 中的磁场能量全部转化为 C 中的电场能量。此后, 电容 C 要向线圈 L 反向放电, 如图 8-2-1(d) 所示, 放电电流方向与图 8-2-1(b) 所示的相反, 随着反向放电电流的逐渐增大, C 中的电场能量又逐渐转化为 L 中的磁场能量。当 C 上的电荷放完, 其上的电压为零时, 回路中的电流又达最大值, C 中的电场能量又全部转化为 L 中的磁场能量。接着, 线圈 L 又把储存的磁场能量放出来, 使回路电流仍维持原来的方向, 电容 C 又被充电, 其情况与图 8-2-1(c) 相似, 但回路电流方向相反。当回路电流减小到零时, C 上电压达到最大值, 电路就回复到起始状态。以后, 电路中不断重复上述一系列过程, 在回路中就形成正弦波振荡电流, 这种现象叫做 LC 振荡回路的自由振荡。如果回路中没有任何形式的能量损耗, 振荡过程将一直进行下去, 振荡电流的幅值将保持不变, 这种振荡就叫做无阻尼等幅振荡。

(二) 阻尼振荡

实际上, LC 振荡回路中总会有各种形式的能量损耗的, 例

如, 电感线圈的铜电阻要消耗能量, 回路带负载时, 负载要取走能量, 电容器有漏电阻, 也要消耗能量。此外, 回路向空间发射电磁波也要损失能量等。如图8-2-2(a)所示, 设回路中的各种能量是由 R 损耗的。 R 越大, 表示回路的能量损耗越大。由于 R 的存在, LC 回路在自由振荡时, 就会有一部分能量被 R 消耗掉, 使回路的总能量越来越小, 振荡电流的幅度逐渐衰减, 这种振荡称为阻尼振荡, 其振荡电流的波形如图8-2-2(b)所示。

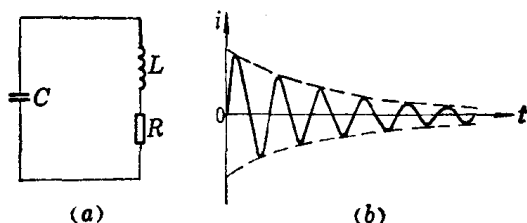


图 8-2-2 LC 振荡回路的阻尼振荡

(a) 有损耗电阻存在的 LC 回路; (b) 阻尼振荡时, 振荡电流的波形

由于 LC 回路中有损耗电阻存在, 所以如果没有能量及时补充, 则当回路中的能量全部消耗完时, 振荡就要停止。因此, 在 LC 回路有损耗电阻存在的情况下, 欲产生等幅振荡, 就必须给回路补充能量, 振荡器中的放大电路和反馈电路就是起这个作用的。

二、 LC 并联谐振回路的选频特性

(一) LC 并联谐振回路的阻抗与信号源频率的关系

将 LC 并联谐振回路接到一个恒流源 $\dot{I}_{sr}$ 上(因为晶体管 LC 振荡器中的信号源一般为恒流源, 故 LC 并联谐振回路的信号源也用恒流源), 如图8-2-3所示。由于电容器的容抗和电感的感抗均与信号源的频率有关, 因此, 当不同频率的信号加到 LC 并联谐振回路上时, 回路呈现的

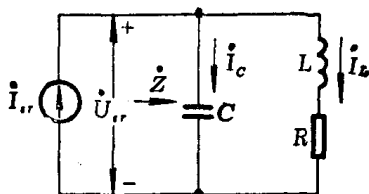


图 8-2-3 把 LC 并联谐振回路接到恒流源上

阻抗是不同的。我们可利用复数阻抗法来分析回路的阻抗与信号频率之间的关系。如信号的角频率为 ω ，则由图 8-2-3 可得电容支路的阻抗为

$$\dot{Z}_1 = -j\frac{1}{\omega C} = -jX_C \quad (8-2-1)$$

式中 $X_C = \frac{1}{\omega C}$ 。

电感支路的阻抗为

$$\dot{Z}_2 = R + j\omega L = R + jX_L \quad (8-2-2)$$

式中 $X_L = \omega L$ 。

LC 并联谐振回路的总阻抗为

$$\dot{Z} = \frac{\dot{Z}_1 \dot{Z}_2}{\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2} \quad (8-2-3)$$

把式 (8-2-1) 和式 (8-2-2) 代入式 (8-2-3) 中，可得

$$\dot{Z} = \frac{-j\frac{1}{\omega C}(R + j\omega L)}{R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)} \quad (8-2-4)$$

当 $\omega L \gg R$ 时，式 (8-2-4) 可简化为

$$\begin{aligned} \dot{Z} &\approx \frac{-j\frac{1}{\omega C} \cdot j\omega L}{R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)} = \frac{\frac{L}{C}}{R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)} \\ &= \frac{\frac{L}{C}}{R + j(X_L - X_C)} \end{aligned} \quad (8-2-5)$$

(二) LC 并联谐振回路的幅频特性

由式 (8-2-5) 可得 LC 并联谐振回路的阻抗的模为

$$Z \approx \frac{\frac{L}{C}}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} \quad (8-2-6)$$

根据式 (8-2-6) 可画出如图 8-2-4(a) 所示的 $Z = f(\omega)$ 曲线，称

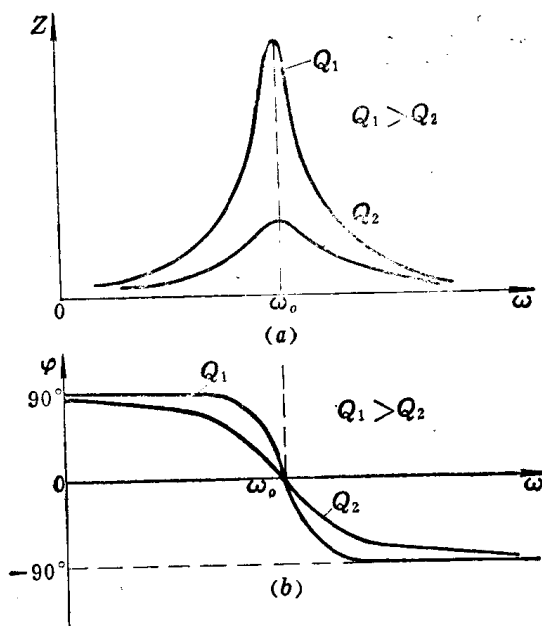


图 8-2-4 LC 并联谐振回路的选频特性

(a) 幅频特性; (b) 相频特性

为 LC 并联谐振回路的幅频特性。关于它的形状, 根据式 (8-2-6) 可以作如下说明:

(1) 当 $\omega L = \frac{1}{\omega C}$ 时, 即 $\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ 或 $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

时, LC 并联谐振回路的阻抗为

$$Z = Z_0 \approx \frac{L}{RC} \quad (8-2-7)$$

Z_0 称为 LC 并联谐振回路的谐振阻抗。

(2) 当 $\omega = 0$ 或 $\omega = \infty$ 时, $Z = 0$ 。

(3) 当 $\omega > \omega_0$ 时, 因为 $\omega L > \frac{1}{\omega C}$, 所以 Z 随 ω 的升高而减小。

(4) 当 $\omega < \omega_0$ 时, 因为 $\omega L < \frac{1}{\omega C}$, 所以 Z 随 ω 的下降而减小。

小。

(三) LC并联谐振回路的相频特性

由式(8-2-5)可得阻抗 $\dot{Z}$ 的相角为

$$\varphi = \operatorname{tg}^{-1} \frac{\frac{1}{\omega C} - \omega L}{R} \quad (8-2-8)$$

根据式(8-2-8)可以画出如图8-2-4(b)所示的 $\varphi=f(\omega)$ 曲线,称为LC并联谐振回路的相频特性。关于它的形状,根据式(8-2-8)可以作如下说明:

(1) 当 $\omega=\omega_0$ 时, $\omega L=\frac{1}{\omega C}$, $\varphi=0$ 。

(2) 当 $\omega<\omega_0$ 时, 因为 $\omega L<\frac{1}{\omega C}$, 所以 $\varphi>0$, 且 φ 随 ω 的降低而增大。当 $\omega\rightarrow 0$ 时, $\varphi\rightarrow 90^\circ$ 。

(3) 当 $\omega>\omega_0$ 时, 因为 $\omega L>\frac{1}{\omega C}$, 所以 $\varphi<0$, 且 φ 随 ω 的升高而负向增大。当 $\omega\rightarrow \infty$ 时, $\varphi\rightarrow -90^\circ$ 。

$Z=f(\omega)$ 和 $\varphi=f(\omega)$ 总称为LC并联谐振回路的选频特性。由以上讨论我们可以得到以下几个结论:

(1) LC并联谐振回路的阻抗 Z 是随外加信号源的频率变化而变化的。由式(8-2-5)可知, 在忽略回路损耗(即 $R\ll\omega L$)的情况下, 当外加信号源的频率使两个并联支路的电抗之和等于零(即 $X_L-X_C=0$)时, LC回路将发生并联谐振, 此时回路的阻抗为最大, 且呈纯电阻性, 即 $\dot{Z}_0\approx\frac{L}{RC}$ 。当LC回路发生并联谐振时, 回路的谐振频率为

$$f_0\approx\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (8-2-9)$$

式(8-2-9)中, 当 L 的单位为“亨”(H), C 的单位为“法”(F)时, f_0 的单位为“赫”(Hz)。

例如, 当LC并联谐振回路的电感 $L=2\mu\text{H}$ (微亨), 电容

$C = 62\text{pF}$ (微微法) 时, 回路的谐振频率为

$$f_0 \approx \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{2 \times 10^{-6} \times 62 \times 10^{-12}}} \\ \approx 14.3\text{MHz} \text{ (兆赫)}$$

(2) 当外加信号源的频率 f 低于回路的谐振频率 f_0 时, 随着 f 的降低, $\omega L = 2\pi fL$ 将减小, $\frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC}$ 将增大, 故 $\omega L < \frac{1}{\omega C}$ 。由于两个阻抗并联时, 总阻抗主要由较小的阻抗决定, 所以当 $f < f_0$ 时, 回路的阻抗呈电感性。

(3) 当外加信号源的频率 f 高于回路的谐振频率 f_0 时, 随着 f 的升高, $\omega L = 2\pi fL$ 将增大, $\frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC}$ 将减小, 故 $\omega L > \frac{1}{\omega C}$ 。可见, 当 $f > f_0$ 时, 回路的阻抗呈电容性。

(4) 当外加信号源的频率 f 偏离谐振频率 f_0 (即 $f > f_0$ 或 $f < f_0$) 时, 认为 LC 并联谐振回路处于失谐状态。在失谐状态下, LC 并联谐振回路的阻抗将随着信号源频率 f 的升高或降低而明显减小, 这时回路的阻抗不是呈电容性就是呈电感性。

(四) LC 并联谐振回路的品质因数

品质因数是 LC 并联谐振回路的一个重要参数, 它按下式定义,

$$Q = \frac{\text{谐振时 } LC \text{ 回路的感抗}}{LC \text{ 回路中的损耗电阻}}$$

$$\text{即} \quad Q = \frac{\omega_0 L}{R} \quad (8-2-10)$$

由于回路谐振时 $\omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C}$, $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, 故式 (8-2-10)

可写成

$$Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 C R} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (8-2-11)$$