**中山大学**

**电路基础实验报告**

**完成人： 雷俊峰、李冬**

**学号： 19308069、19308072**

**一、****实验目的**

通过本次实验， 达到以下目的：

1. 一阶、二阶动态电路：

·加深对 RC 微分电路和积分电路过渡过程的理解。

·研究 R 、 L 、C 电路的过渡过程。

1. R、L、C 元件性能的研究：

·用伏安法测定电阻、电感和电容元件的交流阻抗及其参数 R 、L 、C 之值。

· 研究 R 、 L 、C 元件阻抗随频率变化的关系。

·学会使用交流仪器。

**二、仪器设备**

1.TPE-DG2L电路分析实验箱，主要使用：

不同阻值电阻（1kΩ、510kΩ、滑动变阻器）、电线等

2.SIGLENT SDM3065X 数字万用表

3.SIGLENT SPD3303X 可编程线性直流电源

4.SIGLENT SDS5000X 双踪示波器

5.SIGLENT SDG-6000X-E 函数信号发生器

**三、实验原理与内容**

1. 含有受控源电路的研究

（1）实验目的

1.加深对 RC 微分电路和积分电路过渡过程的理解。

2.研究 R 、 L 、C 电路的过渡过程。

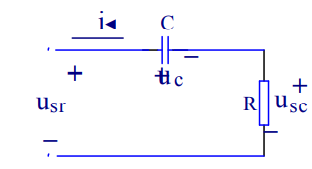
（2）实验原理

Ⅰ.微分电路

电容上的电压电流关系为 ，如图1-1所示电路中

当时间常数 很小，也即 时，输入电压与电容电压近似相等，也即 。导出公式

也即是，当 很小时，输出电压近似与输入电压的导数成正比，此电路称为“微分电路”。

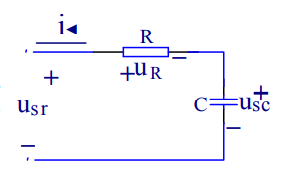


**图1-1**

Ⅱ.积分电路

将上图中电阻电容对调得到电路图1-2，采用类似方法分析可导出公式

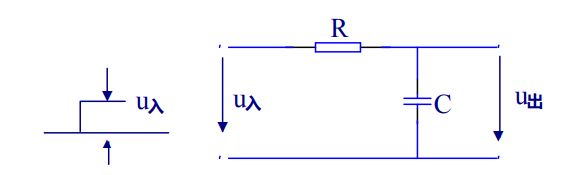
当 很大时，输出电压近似于输入电压对时间的积分成正比，此电路称为“积分电路”。



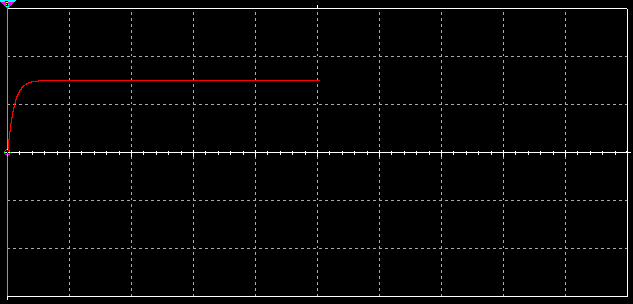
**图1-2**

（3）预习内容

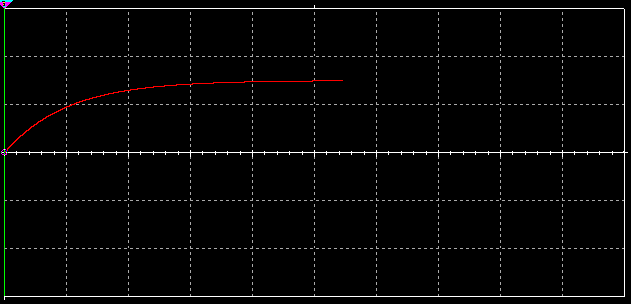
1．图1-3电路中，设 为一阶跃电压，其幅度为U=3V，C=20μF。试分别画出R=100K、R=10K、R=1K时的 曲线。



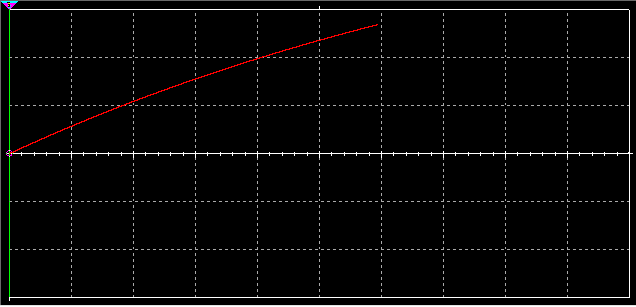
**图1-3**



**R=1K**



**R=10K**

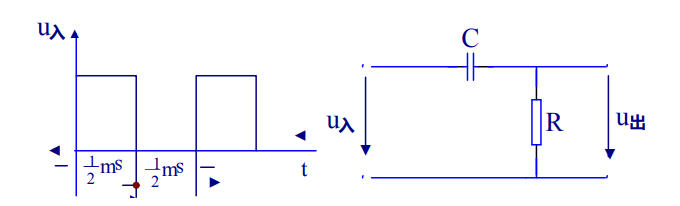


**R=100K**

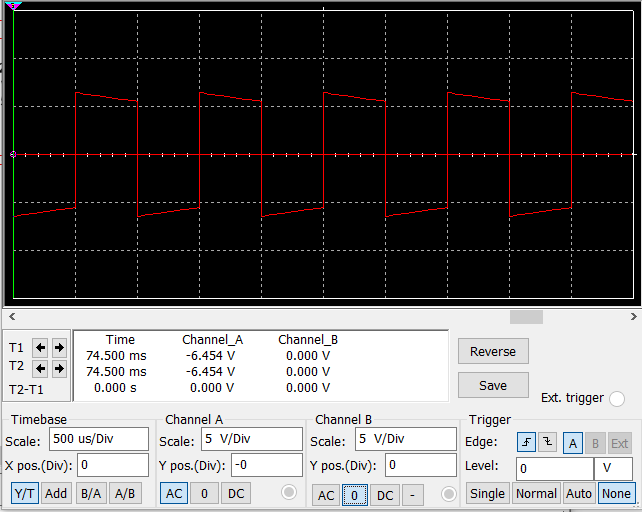
**图像分析：**

**当RC电路中的R的阻值越来越大时，积分特性越来越良好，R越小，输出波形越接近阶跃信号。**

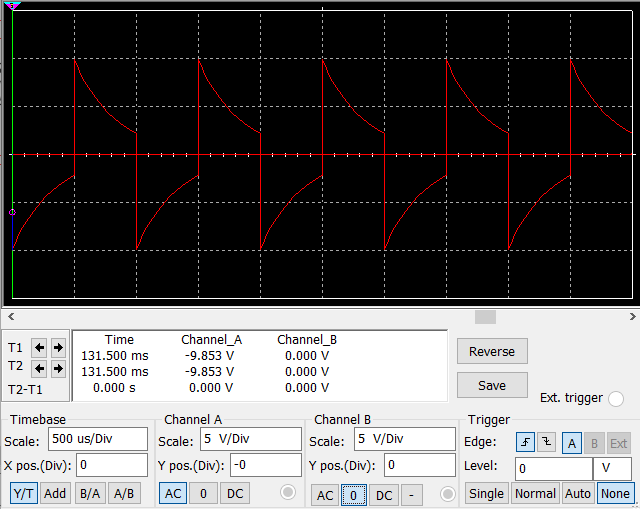
2．图1-5电路中，设 为一矩形脉冲电压，其幅度为U=6V，频率为1KHz，C=0.033μF。试分别画出R=100K以及R=10K时的 波形。



**图1-5**



**R=100K**

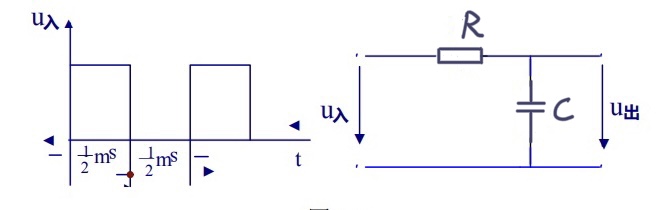


**R=10K**

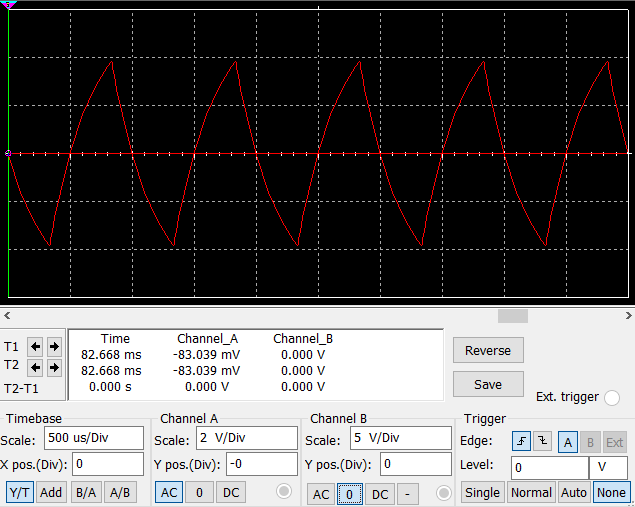
**图像分析：**

**当R=100K时，微分特性较差，R两端的输出电压接近输入电压。当R=10K时，电容两端电压接近输入电压，微分特性良好，输出波形呈尖脉冲状。**

3．图电路中，设 为一矩形脉冲电压，其幅度为U=6V，频率为1KHz，C=0.033μF，R=10K。试画出 波形。



**图1-7**



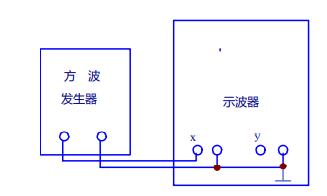
**R=10K**

**图像分析：**

**输出波形呈现出积分特性，近似为三角波，直线略有弯曲是因为R对电路有影响。**

（4）实验内容及步骤

1．按图8-9接线, 用示波器观察作为电源的矩形脉冲电压。周期 T=1ms。



**图1-8**

·数据计算：

·波形记录：

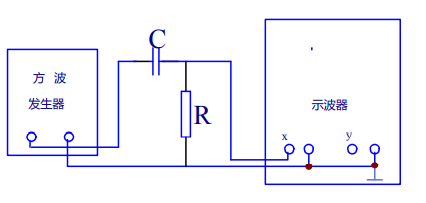


**图1-9 直连函数发生器**

**·波形分析：**

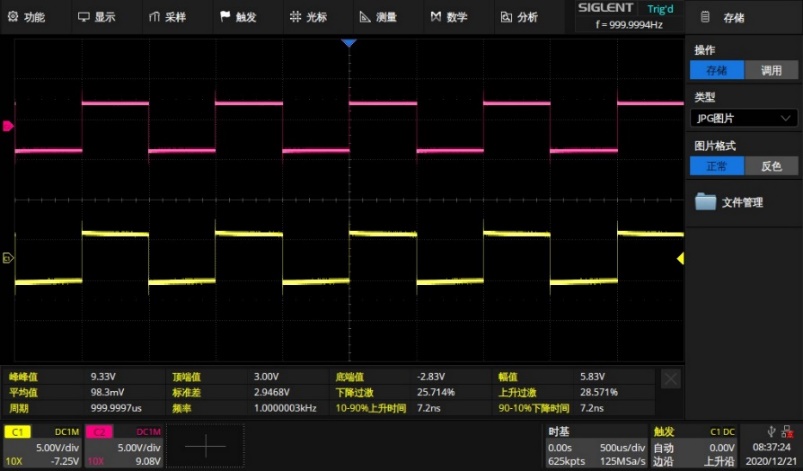
**由于示波器直连函数发生器，所以波形应该是未失真的电源输出的矩形脉冲电压。**

2．按图8-10接线, 使R为 10K, 分别观察和记录**C=1μ、0.1μ、0.01μ时**荧光屏上显示的波形。

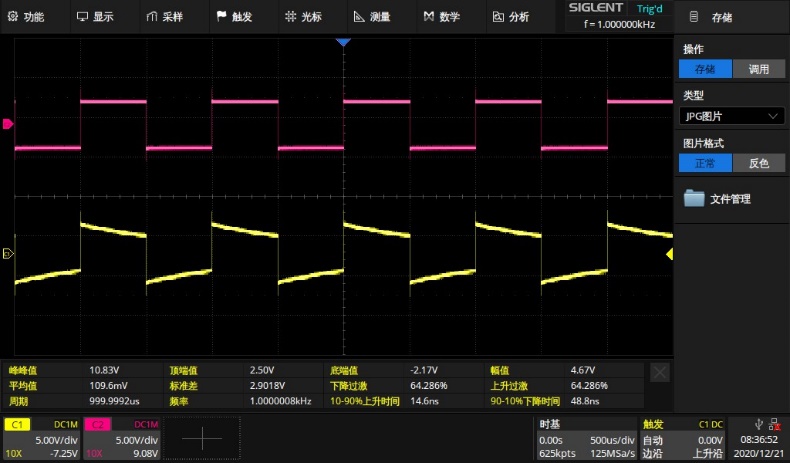


**图1-10**

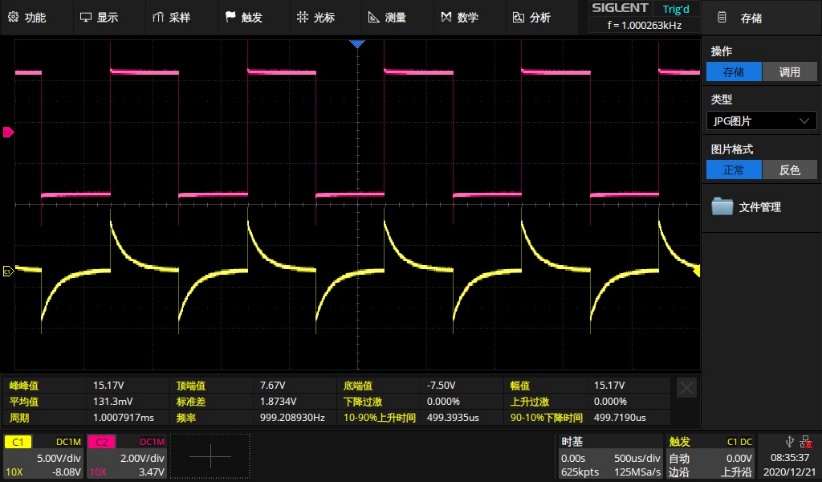
·波形记录：



**图1-11 1μ**



**图1-12 0.1μ**



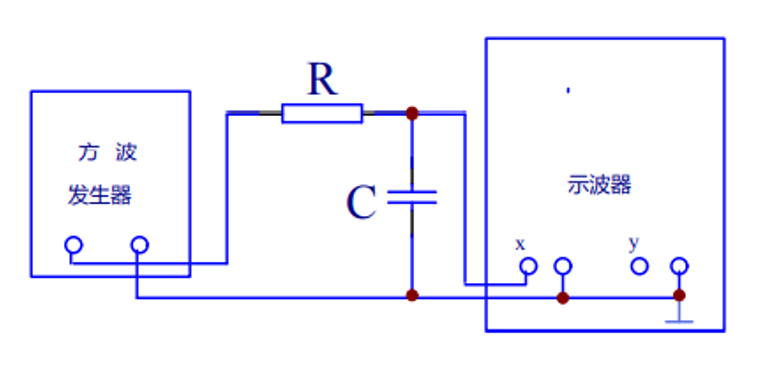
**图1-13 0.01μ**

**·波形分析：**

**该电路实现的功能为微分电路 。当时间常数τ越小时，微分现象越明显。**

**由实验得到的波形很容易看出，随着电容逐渐减小，输出波形中微分现象越来越明显。当C=0.01μF时，满足时间常数很小的条件，波形符合周期矩形波的微分波形——尖脉冲波。**

3．按图 8-11 接线。使R为10K, 分别观察和记录C=0.5μ、0.01μ两种情况 下荧光屏上显示的波形。



**图1-14**

·波形记录：



**图1-15 0.01μ**



**图1-16 0.5μ**

**·波形分析：**

**该电路实现的功能为积分电路。当时间常数τ越大时，积分现象越明显。**

**由实验得到的波形很容易看出，当C=0.01μF时，输出波形接近周期矩形波的积分波形，当C=0.5μF时，满足时间常数很大的条件，波形符合周期矩形波的积分波形——三角波。**

（6）实验分析及思考

微分电路与积分电路的异同及比较：

·条件：积分电路要求 很大；微分电路要求 很小。

具体条件为积分电路的时间常数 要大于或者等于10倍输入脉冲宽度  
微分电路的时间常数 要小于或者等于1/10倍的输入脉冲宽度。

·原理：都利用了电容上电压与电流关系式 。

·电路结构：积分电路电阻串联在主电路中，电容在干路中，微分电路则相反。

·波形转换：积分电路可以使输入方波转换成**三角波（斜波）**；微分电路可以使使输入方波变为**尖脉冲波**。

2. R、L、C 元件性能的研究

（1）实验目的

1. 用伏安法测定电阻、电感和电容元件的交流阻抗及其参数 R 、L 、C 之值。

2. 研究 R 、 L 、C 元件阻抗随频率变化的关系。

3. 学会使用交流仪器。

（2）实验原理

1.电阻元件：

在仍何时刻电阻两端的电压与通过它的电流都服从欧姆定律。即

式中是一个常数，称为线性非时变电阻，其大小与uR、i的大小

及方向无关，具有双向性。它的伏安特性是一条通过原点的直线。在正弦电路

中，电阻元件的伏安关系可表示为：

式中为常数，与频率无关，只要测量出电阻端电压和其中的电流

便可计算出电阻的阻值。电阻元件的一个重要特征是电流I与电压UR同相。

2.电感元件：

电感元件是实际电感器的理想化模型。它只具有储存磁场能量的功能。

它是磁链与电流相约束的二端元件。即：

*L* (*t*)  *Li*

式中 L 表示电感，对于线性非时变电感，L 是一个常数。电感电压在图

示关联参考方向下为：

在正弦电路中：*U L*  *JX L I*

式中 *X L*  *L*  2*fL* 称为感抗，其值可由电感电压、电流有效值之比求得。

即，当 *L*  常数时，与频率 *f* 成正比， *f* 越大，越大， *f* 越小，*X L*

越小，电感元件具有低通高阻的性质。若 *f* 为已知，则电感元件的电感为：

理想电感的特征是电流 *I* 滞后于电压

3.电容元件：

电容元件是实际电容器的理想化模型，它只具有储存电场能量的功能，它是电荷与电压相约束的元件，即：

*q*(*t*)  *Cuc*

式中*C* 表示电容，对于线性非时变电容，*C* 是一个常数。电容电流在关

联参考方向下为：

在正弦电路中

式中称为容抗。其值为，可由实验测出。当*C* =常数时， *X c* 与 *f* 成反比， *f* 越大， *X c* 越小， *f*   ， *X c*  0 电容元件具有高通低阻和隔断直流的作用。当 *f* 为已知时，电容元件的电容为：

电容元件的特点是电流 *I* 的相位超前于电压

（3）实验仪器

1.电路分析实验箱 一台

2.功率信号发生器 一台

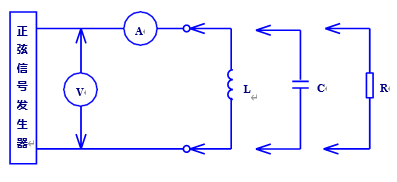
3.交流毫伏表 一只

4.数字万用表 一只

（4）实验内容及步骤

1.测定电阻、电感和电容元件的交流阻抗及其参数：

（1）按图2-1接线确认无误后，将信号发生器的频率调节到 50Hz，并保持不变，分别接通 R 、L 、C 元件的支路。改变信号发生器的电压（每一次都要用万用表进行测量），使之分别等于表2-1中的数值，再用万用表测出相应的电流值，并将数据记录于表2-1中。（注意：电感 L 本身还有一个电阻值）



**图2-1**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 输出电压 | *U* （伏） | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 4.5 |
| *R* =1KW | *I R*（mA） | 0 | 0.9162 | 2.01 | 3.0176 | 4.0852 | 5.0202 | 6.0412 | \ |
| *L* =0.2H | *I L*（mA） | 0 | 12.77871 | 24.0528 | 36.0206 | 48.0013 | \ | \ | 54.0017 |
| *C* =2mF | *IC*（mA） | 0 | 0.622552 | 1.243577 | 1.869509 | 2.49738 | 3.11855 | \ | \ |

**表2-1**

（2）以测得的电压为横坐标，电流为纵坐标，分别作出电阻、电感和电容元件的有效值的伏安特性曲线，见图2-2，2-3，2-4：



**图2-2 电阻的伏安特性曲线**



**图2-3 电感的伏安特性曲线**



**图2-4 电容的伏安特性曲线**

根据公式，可以出：

2.测定阻抗与频率的关系：

（1）按图2-1接线，经检查无误后，把信号发生器的输出电压调至 5 伏，分别测量在不同频率时，各元件上的电流值，将数据记入表 2-2 中。测量 L 、C 元件上的电流值时，应在 L 、C 元件支路中串联一个电阻 R =100，然后用交流毫伏表测量电阻上的电压，通过欧姆定律计算出电阻上的电流值，即 L 、C 元件上的电流值。（注意：电感 L 本身还有一个电阻值）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 被测元件 | *R* =1KW | | | *L* =0.2H | | | *C* =2mF | | |
| 信号源频率(Hz) | 50 | 100 | 200 | 50 | 100 | 200 | 50 | 100 | 200 |
| 电流(mA) | 5.02308 | 5.0280 | 5.029 | 30.122 | 25.0681 | 16.82854 | 3.10098 | 6.15991 | 12.035 |
| 阻抗(W) | 1000 | 1000 | 1000 | 62.83185 | 125.6637 | 251.3274 | 1591.549 | 795.7747 | 397.88 |

**表2-2**

（2）把图 2-1 中，R 、L 、C 全部并联接入电路中，保持信号源频率 f =50Hz，输出电压*U* =5 伏，测量各支路电流及总电流，从而验证基尔霍夫电流定律的正确性。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 外电路电压(V) | 总电流(mA) | R上电流(mA) | L上电流(mA) | C上电流(mA) |
| 3.3096 | 40.3738 | 3.30835 | 41.88 | 2.05771 |

**表2-3**

因为电路并联，所以R、L、C的电压同相。L上的电流比电压落后，C上的电流比电压超前，R上电流与电压同相，所以支路电流之和应为向量相加，即：

与实测总电流几乎一致，由此可以验证基尔霍夫电流定律的正确性。

（5）实验分析及思考

1.（1）电阻的阻抗与自身的材料有关，而电感和电容的阻抗还与电路中电压源信号的频率有关。

（2）因为电阻R的电流和电压在交直流通路中都保持同相，所以电阻在交直流电路中都有限流，分流，分压和降压的作用；

电感具有阻碍电流变化的作用，在直流通路中相当于一根导线，但在交流通路中，电压的相位总是超前于电流相位，且可以储存电能。所以电感具有通直流，阻交流的作用；

电容在直流通路中相当于断路的作用，在交流通路中，电流的相位总是超前于电压相位，且可以储存电能，所以电容在电路中有阻直流，通交流的作用。

2. 因为电路并联，所以R、L、C的电压同相。L上的电流比电压落后，C上的电流比电压超前，R上电流与电压同相，所以支路电流之和应为向量相加，而不能直接进行代数相加。

3.本次实验中支路电流向量之和还是与电路总电流有偏差，原因可能是：

（1）万用表自身有内阻。

（2）万用电流表挡的精度有限。

（3）读数时示数不稳定导致读数有误差。

（4）实验仪器本身存在问题。

**四、实验中的问题和体会**

实验总结：通过实验一阶、二阶动态电路的研究加深了对微分电路和积分电路的理解，观察并记录了电路中时间常数τ不同时对于微分公式

和积分公式 所得到的波形的影响。

电阻的阻抗只与自身材料和性质有关，但是电感和电容的阻抗还与电路的频率有关。在交流电路中，支路电流和总电流的关系是向量的关系。

遇到的问题： 理论上改变输入信号频率，不会影响输入电压的大小，但是实验中却发现，改变输入电压的频率，外电路总电压改变，说明实验仪器出现问题。

解决方法：每次改变输入电压的频率后调整输入电压幅度，使外电路总电压电压保持不变。

获得的经验：对R、L、C自身的性质，和在不同电路中的作用有了更加深刻的理解，解决交流电路中的问题时，应采用向量图的方法解决。